

GioFil Banca Dati Sanitaria Farmaceutica

AOOI

Associazione Otorinolaringologi Ospedalieri Italiani
Vestibolometria Clinica e Strumentale



Documento

GioFil

Tutti i Diritti Riservati



**ASSOCIAZIONE
OTORINOLARINGOLOGI
OSPEDALIERI
ITALIANI
Presidente: DELFO CASOLINO**

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

**a cura di
Claudio Vicini**

QUADERNI MONOGRAFICI DI AGGIORNAMENTO

© *Quaderni Monografici di Aggiornamento A.O.O.I.*

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

a cura di

CLAUDIO VICINI

Direttore Unità Operativa ORLe Servizio di Stomatologia - Osp. Morgagni-Pierantoni - Forlì
Professore a Contratto di Chirurgia della Roncopatia - Università degli Studi di Pavia
Professore a Contratto in Protesi Acustica - Università degli Studi di Parma



La riproduzione di questo volume o di parte di esso e la sua diffusione in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo, elettronico, meccanico, per mezzo di fotocopie, microfilm, registrazioni od altro, sono proibite senza il permesso scritto della A.O.O.I. (Associazione Otorinolaringologi Ospedalieri Italiani).

Realizzazione editoriale e stampa:

TorGraf

S.S. 476 per Lecce - km. 1.700

Galatina (Le) - Tel. 0836.561417

e-mail: torgraf@mail.clio.it

**all'amico e maestro
ALDO DUFOUR**

+

PRESENTAZIONE

La richiesta di presentare un nuovo contributo scientifico rappresenta sempre, per chi ha questo onore, un motivo di compiacimento che diventa grande soddisfazione quando si tratta di un nuovo volume della collana monografica dell'AOOI, ormai giunta al nono volume, e di un argomento quale la "Vestibolometria clinica e strumentale", frutto del lavoro appassionato e competente di un validissimo gruppo di colleghi molto ben coordinati dal caro amico Claudio Vicini.

Ancora oggi, la patologia vertiginosa rappresenta, per lo specialista otorinolaringoiatra, un impegnativo campo di confronto, non solo verso il paziente, cui bisogna dare risposte esaustive in termini di corretta impostazione diagnostica e soprattutto terapeutica, ma anche verso altri specialisti che spesso intervengono, a vario titolo, nella gestione di questa patologia con impostazioni settoriali che risentono di un approccio molto spesso troppo sbilanciato verso altre specialità, togliendo all'apparato vestibolare quel ruolo di centralità che invece deve mantenere nella gestione di quadri patologici che lo vedono direttamente coinvolto.

Il volume sulla Vestibolometria Clinica rappresenta, per lo specialista otorinolaringoiatra, un valido supporto di facile e piacevole consultazione, tale da dare risposte chiare e complete sulle possibili modalità di approccio a questa patologia. Vengono enfatizzati tutti quegli aspetti di fine e specifica semeiologia clinica in quanto, ancora oggi, la patologia in questione, pur potendosi avvalere di importanti e utili aiuti che derivano dall'utilizzo di molteplici e sofisticate tecnologie, rimane profondamente legata all'osservazione del medico e ad un corretto utilizzo e interpretazione di manovre semeiologiche.

Alle numerose Scuole che hanno contribuito alla realizzazione del volume va riconosciuto lo sforzo di presentare, in modo chiaro, la problematica loro assegnata, mentre a Claudio Vicini bisogna riconoscere notevoli capacità organizzative, essendo riuscito ad assemblare, unificandoli, i vari contributi, nonché una grande cultura vestibologica che gli ha consentito di dare al volume, nel suo insieme, quelle caratteristiche di opera completa, elegante, di piacevole e utile consultazione.

MICHELE DE BENEDETTO

+

+

INTRODUZIONE

Strano destino quello della vestibologia (o meglio “otoneurologia”) nel nostro Paese, sempre pericolosamente sospesa tra i due estremi di una entusiastica ma talora sterilmente compiaciuta “erudizione” dei (pochi) passionari ed una aprioristica ed acritica “insofferenza” dei (molti) detrattori. Aben guardare analoga vicenda si gioca comunque con le stesse comparse in tutto il mondo, con identiche logiche non sempre ben comprensibili. Eppure i nostri ambulatori non difettano certamente di pazienti con vertigine ed instabilità, sicuramente bisognosi di diagnosi corrette non sempre immediate o di terapie efficaci ma talora complesse.

Sono numerosissimi poi i giovani specialisti che ogni anno frequentano i corsi di vestibologia, sia in termini di evento singolo che di corsi annuali che in qualche caso annoverano oltre 20 anni di edizioni sempre gremite di partecipanti. Probabilmente una tra le tante spiegazioni della popolarità goduta dalla vestibologia tra i giovani specialisti ORLsi fonda sul fatto che non di rado nei nostri Istituti sono proprio gli ultimi (giovani) arrivati ad essere relegati come scotto del noviziato alla gestione di pazienti ritenuti misteriosi, petulanti, “pesanti” e virtualmente incurabili, in generale comunque mal sopportati in un ambiente preminentemente chirurgico. Questi stessi giovani trovano nei Corsi una risposta immediata ai dubbi quotidiani della routine clinica, alla quale sono chiamati più spesso che in sala operatoria.

Altro aspetto, comune in questo caso alla medicina in generale, è lo sviluppo tecnologico, che non sempre risulta agevole da seguire con la sufficiente quota di aggiornamento. Una delle due anime della moderna vestibologia è proprio quello ipertecnologico, per il quale non si potrebbe fare diagnosi senza complesse e sofisticate apparecchiature, che tra l’altro molto velocemente ed inesorabilmente invecchiano. A questa si contrappone l’altra anima, quella più tradizionalmente fondata sull’osservazione clinica diretta, curiosamente propugnata dalle maggiori Scuole Neuro-Otologiche di lingua inglese (Zee, Halmagyi), che negli ultimi anni hanno sfornato con assoluta continuità un’incredibile messe di ingegnose manovre semiologiche obiettive di squisita intelligenza ed eleganza, che si fondano assai più sulla fisiopatologia applicata che sulla tecnologia avanzata.

Tutto questo si deve poi confrontare ineluttabilmente con il rasoio di Occam delle moderne ed oramai insopprimibili istanze della Medicina Basata sull’Evidenza, al di fuori della quale ogni novità finirebbe per essere rapidamente rigettata come non verificata e pertanto velleitaria e deprecabile.

E' in questo scenario che si iscrive la graditissima sollecitazione dell'amico Michele De Benedetto, durante la sua dirigenza AOOI, a realizzare un quaderno monografico sulla diagnostica vestibolare, che costituisce per me uno dei primi "amori giovanili".

Lo scopo che ci siamo prefissati è quello di fornire al Lettore un "up to date" diagnostico, sia esso clinico che strumentale, con una ottica ben precisa che è quella della *misurabilità* dei fenomeni osservati. Di qui il termine ben evidente di *vestibolometria* anziché più semplicemente quello di vestibologia. Esula di proposito dagli scopi del manuale la trattazione dei singoli quadri nosologici vestibolari e la terapia degli stessi.

Abbiamo cercato per quanto possibile di coinvolgere nell'operazione molte tra le numerose Scuole Italiane di lunghissima e prestigiosa tradizione vestibolare. Ciascuna Scuola è stata stimolata su di un tema per Lei di eccellenza e lungamente rodato sul campo da una pratica quotidiana spesso di lunghi anni. Il mandato specifico è stato quello di elaborare i contenuti con un taglio rigorosamente pratico-operativo e, laddove possibile, con una rigorosa quantizzazione delle osservazioni raccolte.

A tutti gli amici e Colleghi che hanno accettato con entusiasmo l'invito va il mio sincero ringraziamento per l'insostituibile collaborazione e sono certo andrà la vostra gratitudine ed ammirazione per quanto sapranno validamente insegnarVi. Un grazie particolare ad Aldo Campanini ed Alessandro Cappelli per il puntuale supporto tecnico nella realizzazione del volume. Per parte mia mi assumo integralmente la piena responsabilità delle eventuali critiche ad una fatica sempre comunque perfettibile e con il limite intrinseco di rappresentare solo un istantaneo fotogramma dell'incessante e spesso tumultuosa evoluzione della diagnostica vestibolare nel nostro Paese.

CLAUDIO VICINI

RINGRAZIAMENTI

I ringraziamenti ad un'opera come questa sono spesso la parte più difficile da impostare, nel rischio di dimenticare qualche personaggio importante che spero comunque mi perdonerà se non citato, e per il rischio opposto di scivolare nella banalità di maniera. Per dovere di "ospitalità" mi corre l'obbligo di ricordare per primi i nostri Maestri internazionali, reali effettori di quella "globalizzazione" vestibolare che in questo caso presenta solo aspetti positivi. Su molti dei capitoli di questa monografia aleggia la Loro presenza. Al compianto Prof. Pfaltz di Basilea la mia personale gratitudine per un'impostazione diagnostica vestibolare di grande rigore e sistematicità. Al Prof. Norrè di Leuven l'ammirazione per il grande amore di tutti i dettagli della disciplina, in sede di inquadramento e di successiva terapia fisica. Al comune amico David Zee di Baltimora il merito incommensurabile di averci insegnato come non esista gap tra neurofisiologia e clinica, se correttamente impostate. Al simpaticissimo "evergreen" Michael Halmagyi di Sidney, tra le tante intuizioni, il grandissimo merito di avere finalmente reso accessibili i chimerici potenziali evocati vestibolari. Agli apolidi (Baltimore, Miami, Atlanta ...) Ron Tusa e Susan Herdman il sentito ringraziamento di avere accettato lo sforzo non piccolo di condividere con noi ripetutamente le incredibili esperienze nel campo della riabilitazione vestibolare, accentuando gli inviti a divulgare la loro esperienza nel nostro paese. Dal vulcanico Kingma di Maastricht il messaggio di come si possa costruire in casa un patrimonio tecnologico fondato sull'inventiva e sull'intelligenza. Vorrei concludere i ringraziamenti con un corale anche se simbolico abbraccio di tutti i Colleghi del Gruppo che hanno contribuito all'opera al compianto Aldo Dufour, che è stato il vero "maestro" di molti noi e comunque un sincero ed attento amico di tutti coloro che si sono occupati di problemi vestibolari nell'ultimo trentennio in Italia. A lui è dedicata questa monografia.

+

INDICE

Presentazione

Michele De Benedetto pag. 5

Introduzione

Claudio Vicini » 7

Elenco Autori

Vestibolometria clinica

I questionari anamnestici

*Giovanni Felisati, Manuela Bertazzoli,
Alberto Maccari, Alberto Scotti* » 19

Le scale di handicap

Patrizia Giofrè » 33

L'esame otoneurologico clinico della oculomotricità

Giuseppe Agus, Traccis Sebastiano, Roberto Puxeddu » 47

L'esame otoneurologico clinico: il nistagmo spontaneo-posizionale

Giacinto Asprella Libonati » 57

L'esame otoneurologico clinico:

la ricerca del nistagmo evocato da manovre oculari

Beatrice Giannoni » 73

L'esame otoneurologico clinico: le manovre di posizionamento

Mauro Gufoni » 81

L'esame otoneurologico clinico:

interpretazione dei nistagmi parossistici posizionali (NyPP)

Paolo Vannucchi, Paolo Pagnini » 89

L'esame otoneurologico clinico: manovre cefaliche ad alta frequenza

*Daniele Nuti, Valerio Damiani,
Marcella Gabbrielli, Catia Nati* » 97

L'esame otoneurologico clinico: altri esami complementari

Marco Manfrin » 109

L'esame clinico parametrico dell'equilibrio

Aldo Campanini, Claudio Vicini, Chiara Marchi » 117

Vestibolometria strumentale

Le stimolazioni caloriche	
<i>Pier Luigi Ghilardi, Bruno Fattori, Nacci Andrea,</i>	
<i>Cingolani Cristina, Ursino Francesco</i>	pag. 135
Le prove rotatorie	
<i>Augusto Pietro Casani, Renzo Mora,</i>	
<i>Jacopo Dallan, Marco Barbieri</i>	» 157
Elettronistagmografia (ENG)	
<i>Giovanni Felisati, Paolo Lozza, Oreste Pignataro</i>	» 175
VideoOculoGrafia analogica	
<i>Roberto Ciuffolotti, Alessandro Cappelli,</i>	
<i>Sabrina Frassinetti, Claudio Vicini</i>	» 187
VideoOculoGrafia e VideoNistagmoGrafia digitale all'infrarosso	
<i>Enrico Armato, Emanuele Ferri</i>	» 193
I movimenti attivi del capo ad alta frequenza	
<i>Massimo Spanio, Stefano Rigo, Max Renco</i>	» 223
La verticale e/o orizzontale visiva soggettiva	
<i>Paolo Vannucchi</i>	» 235
VEMPs (Vestibular Evoked Myogenic Potentials)	
<i>Claudio Vicini, Aldo Campanini, Michela Sirri,</i>	
<i>Paolo Casadio, Monica Dalpozzo</i>	» 249
VENPs (Vestibular Evoked Neurogenic Potentials)	
<i>Giovanni Carlo Modugno, Giorgio Magnani</i>	» 263
La posturografia statica	
<i>Giorgio Guidetti</i>	» 279
La craniocorpografia	
<i>Roberto Ciuffolotti, Alessandro Cappelli,</i>	
<i>Andrea De Vito, Claudio Vicini</i>	» 289
La posturografia dinamica	
<i>Elio Cunsolo, Pier Paolo Cavazzuti,</i>	
<i>Roberto Consalici, Franca Artioli</i>	» 293

ELENCO ABBREVIAZIONI

ABR: Auditory Brainstem Responses
AEPs: Auditory Evoked Potentials
BVC: Bilancio Vestibolare Calorico
CdG: Centro di Gravità
C.C.G.: CranioCorpoGrafia
CDP: Centro di Pressione.
COG Alignment: Allineamento del Centro di Gravità
COR: Cervical Ocular Reflex
CSA: Canale Semicircolare Anteriore
CSL: Canale Semicircolare Laterale
CSO: Canale Semicircolare Orizzontale
CSP: Canale Semicircolare Posteriore
CSS: Canale Semicircolare Superiore
CTSIB: Clinical Test of Sensory Integration and Balance
DGI: Dynamic Gait Index
DHI: Dizziness handicap inventory
DS: Deviazione Standard
ENG: ElettroNistagmoGrafia
EOG: ElettroOculoGrafia
FLM: Fascicolo Longitudinale Mediale
FP: Fistola Perilinfatica
FRT: Functional Reach Test
HSNy: Head Shaking Nystagmus
HST: Head Shaking Test
HHT: Head Heave Test
HTT: Head Thrust Test
HIT: Head Impulse Test
IFO: Indice di Fissazione Oculare
I.R.: Indice di Romberg
MCT: Motor Control Test
MLF: Medial Longitudinal Fasciculus
NOC: Ny Ottico-Cinetico
OKN: Optokinetic Nystagmus
Ny POS: Nistagmo di Posizione

NyPP: Nistagmo Parossistico Posizionale
OCR: Ocular Counter-Rolling
OTR: Ocular Tilt Reaction
OVS: Orizzontale Visiva Soggettiva
PD: preponderanza direzionale
PL: preponderanza labirintica
P.P.R.F.: Paramedian Pontine Reticular Formation
RMN: Risonanza Magnetica Nucleare
RS: test di Romberg Sensibilizzato
RVO: Riflesso Vestibolo Oculomotore
SCM: muscolo Sterno-Cleido-Mastoideo
SLS: Single Leg Stance
SNC: Sistema Nervoso Centrale
SOT: Sensory Organization Test
SveP: Standard Vestibology Platform
TC: Tomografia Computerizzata
TUG Test: Timed Up and Go Test
UCLA-DQ: UCLA Dizziness Questionnaire
VAFL: Velocità Angolare della Fase Lenta
VAT: Vestibular Autorotation Test
VEMPs: Vestibular Evoked Myogenic Potentials
VENPs: Vestibular Evoked Neurogenic Potentials
VNG: Video NistagmoGrafia
VNS: VideoNistagmoScopia
VOG: VideoOculoGrafia
VOR: Vestibular Ocular Reflex
VOR-FIX: Vestibular Ocular Reflex Fixation
VOS-IR: Video-Oculoscopia all'InfraRosso
VPPB: Vertigine Posizionale Parossistica Benigna
VSR: Vestibular Spinal Reflex
VST: Visual Suppression Test
VVOR: Visual Vestibular Ocular Reflex
VVS: Verticale Visiva Soggettiva

SINONIMI

CSA o CSS
CSL o CSO
HIT o HTT
VOR-FIX o IFO

AUTORI

AGUS Giuseppe

Specialista Otorinolaringoiatra – Libero Professionista - Cagliari

ARMATO Enrico

Dirigente Medico - Unità Operativa ORL - Dolo (VE)

ARTIOLI Franca

Tecnico audiometrista - Unità Operativa di Otorinolaringoiatria
Ospedale Maggiore - Bologna

ASPRELLA LIBONATI Giacinto

Dirigente Medico - Responsabile Ambulatori di Audio-Vestibologia e Foniatria
Unità Operativa ORL - Ospedale “Madonna delle Grazie” - Matera

BARBIERI Marco

Dirigente Medico - Clinica Otorinolaringoiatria - Università degli Studi di Genova

BERTAZZOLI Manuela

Professore a Contratto Corso di Laurea in Audioprotesi - Univ. degli Studi di Milano
Consulente Foniatra - Istituti Clinici di Perfezionamento ORL - Univ. di Milano

CAMPANINI Aldo

Dirigente Medico - Unità Operativa ORL e Servizio di Stomatologia
Ospedale Morgagni-Pierantoni - Forlì

CAPPELLI Alessandro

Frequentatore - Unità Operativa ORL e Servizio di Stomatologia
Ospedale Morgagni-Pierantoni - Forlì

CASADIO Paolo

Tecnico Audiometrista - Unità Operativa ORL e Servizio di Stomatologia
Ospedale Morgagni-Pierantoni - Forlì

CASANI Augusto Pietro

Funzionario Tecnico Medico - Dipartimento Neuroscienze - Sezione ORL
Università degli Studi di Pisa

CAVAZZUTI Pier Paolo

Dirigente Medico Unità Operativa di Otorinolaringoiatria
Ospedale Maggiore, Bologna

CINGOLANI Cristina

Specializzando - Clinica ORL 3° - Dipartimento Neuroscienze - Università di Pisa

CIUFFOLOTTI Roberto

Frequentatore Unità Operativa ORL e Servizio di Stomatologia
Ospedale Morgagni-Pierantoni - Forlì

CONSALICI Roberto

Dirigente Medico - Unità Operativa di Otorinolaringoiatria
Ospedale Maggiore - Bologna

CUNSOLO Elio

Dirigente Medico - Unità Operativa di Otorinolaringoiatria
Ospedale Maggiore - Bologna

DALPOZZO Monica

Tecnico Audiometrista Unità Operativa ORL e Servizio di Stomatologia
Ospedale Morgagni-Pierantoni-Forlì

DALLAN Jacopo

Specializzando ORL - Dipartimento Neuroscienze - Sezione ORL
Università degli Studi di Pisa

DAMIANI Valerio

Specializzando - Istituto di Discipline Otorinolaringologiche
Università degli Studi di Siena

DE VITO Andrea

Dirigente Medico - Unità Operativa ORL e Servizio di Stomatologia
Ospedale Morgagni-Pierantoni - Forlì

FATTORI Bruno

Ricercatore Clinica ORL 3° - Dipartimento Neuroscienze - Università di Pisa

FELISATI Giovanni

Professore Associato – Dipartimento ORL Università degli Studi di Milano
Unità Operativa ORL - Azienda Ospedaliera San Paolo

FERRI Emanuele

Dirigente Medico Unità Operativa ORL - Dolo (VE)

FRASSINETI Sabrina

Dirigente Medico - Unità Operativa ORL e Servizio di Stomatologia
Ospedale Morgagni-Pierantoni - Forlì

GABBRIELLI Marcella

Tecnico Audiometrista - Istituto di Discipline Otorinolaringologiche
Università degli Studi di Siena

GHILARDI Pier Luigi

Professore Associato - Clinica ORL 3° - Dipartimento Neuroscienze
Università di Pisa

GIANNONI Beatrice

Ricercatrice - Cattedra di Audiologia – Dipartimento di Scienze Chirurgiche
Oto-neuro-oftalmologiche - Università degli Studi di Firenze

GIOFFRÈ Patrizia

Dirigente Medico - Clinica Otorinolaringoiatrica
dell'Università di Modena e Reggio Emilia

GUFONI Mauro

Dirigente Medico - Divisione Otorinolaringoiatria - Spedali Riuniti di Livorno

GUIDETTI Giorgio

Responsabile Servizio di Vestibologia e Rieducazione Vestibolare
Clinica Otorinolaringoiatrica dell'Università di Modena e Reggio Emilia

LOZZA Paolo

Dirigente Medico - Unità Operativa ORL - Ospedale San Paolo di Milano

MACCARI Alberto

Dirigente Medico - Unità Operativa ORL - Ospedale San Paolo di Milano

MAGNANI Giorgio

Specializzando ORL Dipartimento di Scienze Chirurgiche ed Anestesiologiche
Sezione di Otorinolaringoiatria - Università di Bologna

MANFRIN Marco

Ricercatore Confermato - Clinica Otorinolaringoiatrica – Dipartimento di Scienze
Sensoriali – IRCCS Policlinico San Matteo – Università di Pavia

MARCHI Chiara

Borsista - Unità Operativa ORL e Servizio di Stomatologia
Ospedale Morgagni-Pierantoni - Forlì

MODUGNO Giovanni Carlo

Dirigente Medico - Dipartimento di Scienze Chirurgiche ed Anestesiologiche
Sezione di Otorinolaringoiatria - Università di Bologna

MORA Renzo

Dirigente Medico - Clinica Otorinolaringoiatria - Università degli Studi di Genova

NACCI Andrea

Dottorando di Ricerca - Clinica ORL 3° - Dipartimento Neuroscienze
Università di Pisa

NATI Catia

Tecnico Audiometrista - Istituto di Discipline Otorinolaringologiche
Università degli Studi di Siena

NUTI Daniele

Professore Ordinario - Istituto di Discipline Otorinolaringologiche
Università degli Studi di Siena

PAGNINI Paolo

Professore Ordinario – Cattedra di Audiologia - Dipartimento di Scienze Chirurgiche
Oto-Neuro-Oftalmologiche – Università di Firenze

PIGNATARO Oreste

Professore Ordinario – Direttore Dipartimento di Otorinolaringoiatria
Università degli Studi di Milano

PUXEDDU Roberto

Professore Associato - Dipartimento di Scienze Chirurgiche e Trapianti d'Organo
sezione ORL - Università degli studi di Cagliari

RENCO Max

Servizio OtoNeurologia Otosalus, Trieste

RIGO Stefano

Responsabile Servizio OtoNeurologia Otosalus - Trieste

SCOTTI Alberto

Dirigente Medico - Unità Operativa ORL - Ospedale San Paolo di Milano

SIRRI Michela

Tecnico Audiometrista Unità Operativa ORL e Servizio di Stomatologia
Ospedale Morgagni-Pierantoni – Forlì

SPANIO Massimo

Direttore Unità Operativa ORL - Casa di Cura Salus - Trieste

TRACCIS Sebastiano

Unità Operativa di Neurologia - Ospedale A. Segni – Ozieri - Cagliari

URSINO Francesco

Professore Ordinario - Direttore Clinica ORL 3° - Dipartimento Neuroscienze
Università di Pisa

VANNUCCHI Paolo

Ricercatore – Cattedra di Audiologia - Dipartimento di Scienze Chirurgiche
Oto-Neuro-Oftalmologiche – Università di Firenze

VICINI Claudio

Direttore Unità Operativa ORL e Servizio di Stomatologia
Ospedale Morgagni-Pierantoni – Forlì
Professore a Contratto di Chirurgia della Roncopatia – Università degli Studi di Pavia
Professore a Contratto in Protesi Acustica – Università degli Studi di Parma

VESTIBOLOMETRIA CLINICA

I QUESTIONARI ANAMNESTICI

Giovanni Felisati, M. Bertazzoli, A. Maccari, A. Scotti

Numerosi questionari sono stati approntati, utilizzati e validati negli ultimi venti anni al fine di affiancare l'indagine anamnestica tradizionale, guidata unicamente dalle conoscenze e dall'esperienza dell'esaminatore (sistema aperto). Tali questionari anamnestici possono essere classificati, a nostro avviso, sulla base dei due scopi principali che essi si prefiggono:

1. la diagnosi di natura della patologia in esame,
2. la valutazione quantitativa dei sintomi e del disagio (handicap) conseguente.

Nel primo gruppo si inseriscono:

- a) questionari guidati, ossia tentativi codificati di indirizzare l'indagine anamnestica (Busis, Grateau, GAPO di Precerutti, Cartella per malattia di Meniere del Gruppo Nazionale di Lavoro sulle Labirintopatie – C.N.R.) ^(1,13),
- b) sistemi esperti a proiezione diagnostica ovvero programmi di intelligenza artificiale, atti ad approdare ad un'indicazione diagnostica presuntiva (VERTIGO di Mira, CARUSSEL di Gavilan) ^(5,9,11,12),
- c) scale diagnostiche atte a selezionare la patologia per l'inserimento in protocolli terapeutici o per indirizzare il medico di famiglia verso un orientamento diagnostico e terapeutico e verso l'eventuale necessità di approfondimenti diagnostici (VDDDS di Felisati, "Quale vertigine?" di Guidetti) ⁽³⁾.

Nel secondo gruppo possono essere incluse diverse proposte formulate a scopo primario di valutazione quantitativa e con vari fini secondari:

- a) questionari autosomministrabili finalizzati alla quantificazione dell'handicap secondario alla sintomatologia vertiginosa (DHI di Jacobson e Neuman, Self-administered survey of ADL performance di Cohen, Disability di Guidetti, Multidimensional Dizziness Inventory di Borello-France) ^(2,7,8).

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

- b) scale valutative quantitative, testate dal medico, e mirate a monitorare l'efficacia di terapie (GISFaV del Gruppo Italiano di Studio della Farmacologia della Vertigine, DARS di Felisati, Scale for evaluation of disability di Shepard)^(3,14)
- c) formule atte ad una valutazione solo temporale della sintomatologia vertiginosa ideate per monitorare la risposta alle terapie nella Malattia di Meniere (Comitato per l'Udito e l'Equilibrio dell'Accademia Americana di Oftalmologia ed Otorinolaringologia).

1) QUESTIONARI DIAGNOSTICI

Si prefiggono di eliminare la soggettività legata al **sistema aperto** in cui l'esaminatore naviga in un universo libero di domande, annotando le risposte e indirizzando l'interrogatorio sulla base di un'ipotesi diagnostica che si forma progressivamente, in funzione delle risposte del paziente. Il medico raccoglie i dati che più gli sembrano significativi su un supporto "in bianco": cartaceo od informatico. E' il sistema diagnostico meno faticoso, ma è esposto ad errori di approssimazione, risente fortemente della personalità e delle opinioni dell'esaminatore, non è utilizzabile per una classificazione formale delle risposte al fine di studi scientifici.

La spiccata componente soggettiva, che è tipica del sistema aperto, rende difficile la raccolta dei dati ai fini di una valutazione statisticamente corretta o di una loro "computerizzazione".

1a) QUESTIONARI GUIDATI

I questionari guidati eliminano i rischi di un'impostazione individuale non corretta, ma faticano a trovare una giusta misura fra due estremi opposti: eccessiva semplicità, con assunzione di scarsi elementi diagnostici, ovvero esagerata complessità, con perfezione teorica, ma inutilizzabilità pratica per l'eccessivo dispendio di tempo ed energie che essi comportano^(6,15). Le categorie minime da precisarsi nella diagnosi, in concordanza con Galetti⁽⁴⁾ e Vicini e Coll.⁽¹⁵⁾, sono:

- tipologia del disturbo
- andamento temporale dei sintomi fondamentali (durata delle crisi)
- evoluzione nel tempo dell'affezione (numero di episodi)
- fattori scatenanti la sintomatologia
- eventuali sintomi concomitanti
- possibili correlazioni con altre patologie note.

- 1.a.1 Il classico **questionario di Busis** (1965) contiene una serie di sezioni in cui viene richiesto o di segnare, circolettando, la presenza di uno

 I questionari anamnestici

più fra vari sintomi elencati, oppure di segnalare, su spazi bianchi, durata, numero e caratteristiche delle crisi, oppure ancora di rispondere affermativamente o negativamente ad alcune precise domande ⁽¹⁾. Si tratta di un questionario utile soprattutto all'esaminatore inesperto o distratto, visto che obbliga ad una raccolta di dati relativamente completa, omogenea e confrontabile ⁽¹⁵⁾. Il limite è dato dalla rigidità del supporto che non consente un'analisi dettagliata di dati talora importanti ed obbliga a ricondurre i sintomi in categorie prefissate con conseguenti, inevitabili, distorsioni.

- 1.a.2 Uno dei primi esperimenti di raccolta guidata dei sintomi e dei segni otoneurologici, al fine di una successiva possibilità di analisi statistica dei dati mediante computer, è del Gruppo Nazionale di Lavoro sulle Labirintopatie – C.N.R., con l'elaborazione di una **cartella clinica per Malattia di Meniere**. Tale cartella, mirava, coraggiosamente, a raccogliere *tutte* le informazioni utili sul paziente menierico con una fitta serie di domande a risposta univoca suddivise in capitoli molteplici (anamnesi patologica, sintomatologia, fattori favorenti, esame obiettivo, esami di laboratorio, esami radiografici, esame audiometrico, esame vestibolare, esame della riflettività, visite di consulenza, ENG, ny da stimolazione termica, ny da stimolazione acceleratoria). E' un classico esempio di questionario *minuzioso*, che rischia di distogliere l'attenzione da elementi clinici fondamentali che possono risultare analizzati in maniera insufficiente. Questionari eccessivamente analitici risultano, di fatto, scarsamente utilizzabili per il troppo tempo e la noia che la loro compilazione richiede, con il risultato di influenzare negativamente il rapporto clinico fiduciario fra medico e paziente. Va inoltre ricordato che i questionari guidati, una volta entrati nella routine clinica, difficilmente subiscono un costante aggiornamento in funzione delle nuove acquisizioni diagnostiche e cliniche. Più il questionario è complesso e minuzioso, minori diventano le probabilità di aggiornamento, con il risultato di produrre un questionario "blindato".
- 1.a.3 Il **questionario figurato di Grateau** (1985) è costituito da disegni che rappresentano attività motorie di vario genere. Il paziente deve individuare figurativamente le situazioni più favorevoli all'insorgenza dei disturbi vertiginosi. Il metodo si ripromette di semplificare l'anamnesi, evitando le tipiche difficoltà esplicative che ogni paziente

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

affronta nel descrivere i propri disturbi vertiginosi e le situazioni scatenanti. Nei fatti ha avuto scarsa diffusione.

- 1.a.4 All'interno di un progetto per la compilazione di un'intera cartella clinica otologica il software **GAPO** di Precerutti (1993) ⁽¹³⁾, assiste e guida anche l'anamnesi otoneurologica ^(10,13).

1b) SISTEMI ESPERTI

Si tratta di sistemi in cui la raccolta anamnestica è guidata e controllata da un software basato su complessi algoritmi di intelligenza artificiale, che gestiscono dati pre-immagazzinati sulla probabilità di coesistenza / correlazione fra differenti sintomi in specifiche patologie.

In tali programmi, che sono finalizzati ad ottenere una diagnosi presuntiva basata unicamente sui dati anamnestici, il percorso di indagine anamnestica viene modificato in funzione delle risposte progressivamente ottenute. Nella letteratura otoneurologica sono stati proposti due sistemi esperti: il **VERTIGO** di Mira e Coll. del 1987 ^(9,11,12) ed il **CARUSSEL** di Gavilan e Coll. del 1990 ⁽⁵⁾.

Il **pregio** dei sistemi esperti è di sostituirsi alla capacità professionale del medico, indispensabile nel sistema aperto, conducendo attivamente l'indagine anamnestica e consentendo, teoricamente, la mediazione, impossibile nei sistemi guidati standard, fra rigidità-limitatezza ed eccessiva analisi.

I sistemi esperti, inoltre, elaborano una proiezione diagnostica su diagnosi presuntive, con valutazione di differenti probabilità per diverse patologie, indirizzando e facilitando le indagini clinico-strumentali. Al proposito merita di ricordare che tali sistemi (quali ad esempio il sistema VERTIGO) anche in mano a soggetti differenti dai realizzatori, si dimostrerebbero capaci di fornire un'ottima correlazione (74 % dei casi esaminati) fra la proiezione diagnostica elaborata dal sistema e la diagnosi conclusiva raggiunta e supportata da un'indagine clinico-strumentale completa ⁽¹⁵⁾.

Il **difetto** principale dei sistemi esperti risiede nella loro complessità strutturale, e nella conseguente impossibilità di un loro periodico e rapido aggiornamento in funzione delle più recenti acquisizioni clinico-diagnostiche. L'Otoneurologia è una delle branche cliniche che, negli ultimi anni, ha compiuto i maggiori progressi in termini sia di acquisizione strumentale, che di interpretazione diagnostica; per molti aspetti è cambiata strutturalmente la filosofia diagnostica e terapeutica che viene applicata ai soggetti affetti da disturbi dell'equilibrio. Ciò nonostante restano ancora moltissime zone d'ombra nelle nostre conoscenze ed è indubbiamente difficile, per i realizzatori di sistemi esperti, fornire dati univoci e sicuri ai software di intelligenza artificiale.

I questionari anamnestici

1c) SCALE DIAGNOSTICHE

Si tratta di scale diagnostiche atte a selezionare la patologia per l'inserimento in protocolli terapeutici, o per individuare i casi che necessitano di approfondimenti terapeutici.

1.c.1 Un esempio del primo caso è la **Vertigo Dizziness Differential Diagnosis Score (VDDDS)** di Felisati e Coll. del 1991 ⁽³⁾. Gli Autori dovevano gestire uno studio multicentrico di grandi dimensioni su un farmaco antivertiginoso, che si voleva testare in pazienti affetti da dizziness di origine centrale (e non da vertigo). L'alto numero dei Centri coinvolti suggeriva l'adozione di criteri rigidi per la selezione dei pazienti da inserire nello studio. A tale scopo venne approntata questa scala anamnestica, che si propone di differenziare le due entità cliniche citate. La scala, sulla base del punteggio raggiunto, consentiva di emettere un giudizio probabilistico sulla presenza di una forma periferica e veniva utilizzata come criterio di esclusione dallo studio. La scala è stata applicata e valutata in oltre mille casi.

1.c.2 Un altro esempio di scala diagnostica finalizzata all'ottenimento di un orientamento diagnostico differenziale, è rappresentato dalla proposta di Guidetti (1997), indirizzata ai medici di famiglia. La scala diagnostica, denominata "**Quale vertigine?** – elementi orientativi per la diagnosi differenziale delle vertigini", pesa differenti sintomi ed i risultati ottenuti in 10 semplici test clinici per indirizzare la diagnosi verso una forma classificabile come: periferica, centrale, parossistica da posizionamento, ovvero di altra natura. Il medico di famiglia può avvalersi di questo pacchetto diagnostico per orientarsi sul comportamento clinico da consigliare al paziente, per individuare un approccio terapeutico iniziale, per decidere in quali casi (e con quale urgenza) richiedere un approfondimento diagnostico, richiedendo un controllo specialistico.

2) QUESTIONARI DI VALUTAZIONE QUANTITATIVA

2a) QUESTIONARI AUTOSOMMINISTRABILI PER LA QUANTIFICAZIONE DELL'HANDICAP

I questionari autosomministrabili sono rivolti, in genere, a quantificare la gravità della patologia (e dell'handicap conseguente) più che ad ottenere una rile-

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

vazione anamnestica esaustiva atta a guidare ad una diagnosi dei disturbi dell'equilibrio. Frequentemente tali questionari sono stati allestiti per la valutazione longitudinale dei pazienti, al fine di monitorare i risultati terapeutico-riabilitativi. Si tratta di questionari che dovrebbero essere affidati, per la loro compilazione, direttamente al paziente, ma che possono essere utilizzati anche interattivamente fra medico e paziente. Il limite di questi questionari è che, nonostante le istruzioni offerte (solo in via preliminare nel caso dell'autosomministrazione), spesso intervengono, da parte del paziente, difficoltà nell'interpretazione dei quesiti. La compilazione delle risposte può risultare fortemente condizionata ed alterata da numerose variabili quali il grado di comprensione, il livello culturale, l'abitudine all'autovalutazione, e altro.

Tra i differenti questionari proposti meritano comunque di essere ricordati i seguenti:

- “Dizziness Handicap Inventory” (DHI) di Jacobson e Newman (1990) ⁽⁸⁾.
- “Disability” di Guidetti, Giofrè e Galetti (1994) ⁽⁷⁾.

2.a.1 Il **DHI** consta di venticinque domande suddivisibili, secondo gli Autori, in tre sottoraggruppamenti: funzionale (9), emozionale (9), e fisico (7). Ad ogni domanda viene attribuito un punteggio che va da 0 a 4, in funzione dell'entità del disturbo accusato. Il valore totale del DHI varia quindi da 0 (assenza di disturbi) a 100 (massimo grado di handicap) ⁽⁸⁾. Lo scopo del DHI è di valutare l'handicap indotto dalla patologia vertiginosa e, in questo senso, la sua compilazione può aggiungere elementi utili alla raccolta anamnestica, ma non la può di certo sostituire.

2.a.2. Il **Disability** è più complesso e prevede settantadue domande (di cui otto dedicate al vissuto psicologico del paziente vertiginoso)⁽⁷⁾. La sufficiente analiticità del Disability consente di evidenziare numerosi movimenti o particolari situazioni scatenanti, permettendo di acquisire dati di notevole utilità anche per la programmazione terapeutico-riabilitativa. Anche il Disability, peraltro, è solo un utile complemento ad un'anamnesi esaustiva.

2b) SCALE QUANTITATIVE PER STUDI LONGITUDINALI DI EFFICACIA TERAPEUTICO-RIABILITATIVA

Gli studi longitudinali possono utilizzare, quale criterio di valutazione di efficacia terapeutica, il confronto fra punteggio finale e basale del DHI o del Disability.

I questionari anamnestici

In quest'ambito meritano però di essere ricordate anche due scale specificamente allestite: la GISFaV del Gruppo Italiano di Studio della Farmacologia della Vertigine (1991) e la DARS di Felisati e Coll. del 1991 ⁽³⁾:

- 2.b.1 La scala **GISFaV** del Gruppo Italiano di Studio della Farmacologia della Vertigine (1991) prevede 5 items (intensità vertigine, sintomatologia associata, durata delle crisi, frequenza delle crisi, qualità di vita). Per ognuno degli item è previsto un punteggio pesato in funzione della gravità clinica.
- 2.b.2. La **DARS** di Felisati e Coll. (1991) ⁽³⁾ è una scala semiquantitativa specifica che permette di scomporre alcuni aspetti della sintomatologia vertiginosa e di valutarli separatamente attribuendo specifici punteggi in riferimento a situazioni cliniche campione precisamente definite. Si compone di 7 items, di cui cinque rappresentati da specifici sintomi (disequilibrio in stazione eretta, disequilibrio in deambulazione, sensazione vertiginosa, intensità delle vertigini nell'ultima settimana, stato di coscienza) e due costituiti dal giudizio globale sulla sintomatologia espresso sia dal paziente che dal medico. La scala è stata applicata e valutata in oltre mille casi.

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Bibliografia

1. BUSIS S.N.: *History*. In: *A guide to neuro-otological diagnosis for the practicing otolaryngologist*. Acta Oto-Laryngologica Suppl. 209, 1965.
2. COHEN H.: *Vestibular rehabilitation reduces functional disability*. Otolaryngol Head Neck Surg 1992; 107: 638-643.
3. FELISATI G., NOVELLINI R., VALZELLI S., BATTAGLIAA.: *Proposta per la valutazione diagnostica e quantitativa delle vertigini di origine centrale*. In: Atti del LXXV Congresso Nazionale della Società Italiana di Otorinolaringologia e Chirurgia Cervico-Facciale, 1991: 147-8.
4. GALETTI G. *L'anamnesi*. In: *Guidetti G (ed.). Diagnosi e terapia dei disturbi dell'equilibrio*. Roma, Editore Marrapese, 1996: 185-190.
5. GAVILAN C., GALLEGO J., GAVILAN J. CARRUSEL: *An expert system for vestibular diagnosis*. Acta Otolaryngol 1990; 110: 161-168.
6. GIOFFRÈ P. *I questionari anamnestici*. In: *Guidetti G (ed.). Diagnosi e terapia dei disturbi dell'equilibrio*. Roma, Editore Marrapese, 1996: 191-203.
7. GUIDETTI G., GIOFFRE P., GALETTI G. *Disability: proposta di un questionario anamnestico per la valutazione del grado di handicap provocato dai disturbi dell'equilibrio*. Acta Otorhinol ital, 1994: 477-484.
8. JACOBSON G.P., NEUMAN C.W.: *The development of the Dizziness Handicap Inventory* Arch Otolaryngol Head Neck Surg 1990; 116: 424-431.
9. MAGENES G., MIRAE., SCHMID R., ZANOCCO P., BUIZZAA.: *Nouveaux supports informatiques a l'exploration de la fonction vestibulaire*. Acta oto-rhino-laryngol belg 1987; 41: 997-1009.
10. MANDOLI A., VANNUCCHI R., LUCCHESI C.: *L'anamnesi del paziente otoneurologico*. In: Laudadio P. (Ed.): *L'approccio diagnostico al paziente vertiginoso: esperienze a confronto*. Formenti-Amplifon, Milano, 1994: 21-24.
11. MIRAE., SCHMID R., ZANOCCO P., BUIZZAA., MAGENES G.: *Nouveaux supports informatiques a l'exploration de la fonction vestibulaire*. Acta oto-rhino-laryngol Belg 1987; 41: 1010-1020.
12. MIRA E., SCHMID R., ZANOCCO P., BUIZZA A., MAGENES G., MANFRIN M.: *A Computer-Based Consultation System (Expert System) for the classification and Diagnosis of Dizziness*. Adv Oto-Rhino-Laryng 1988; 42: 77-80.
13. PRECERUTTI G.: *G.A.P.O: manuale delle procedure di installazione*. Milano: Boeheringer Mannheim Italia, 1993.
14. SHEPARD N.T., SMITH-WHEELOCK M., TELIAN S.A., RAJ A.: *Vestibular and balance rehabilitation therapy*. Ann Otol Rhinol Laryngol 1993; 102.
15. VICINI C., PARI M., CAMPANINI A., STRADAIOLI G.: *L'Anamnesi*. In: *Dufour A (ed.). Semeiologia Otoneurologica*. Atti XVII Giornata Italiana di Nistagmografia Clinica. Milano, Editore Formenti, 1997: 73-92.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

19. A causa del suo problema, è difficile per lei girare per casa sua al buio?
 20. A causa del suo problema, ha paura di stare a casa da solo/a?
 21. A causa del suo problema, si sente handicappato/a?
 22. Il suo problema le ha causato difficoltà nelle relazioni con i membri della sua famiglia?
 23. A causa del suo problema, è depresso?
 24. Il suo problema interferisce col lavoro o le responsabilità familiari?
 25. Piegarsi in avanti, aumenta il suo problema?

Ad ogni risposta del paziente corrisponde uno score:

- SI: 4 punti
- ALCUNE VOLTE: 2 punti
- NO: 0 punti.

I valori della scala totale sono pertanto compresi in un range che va da 0, assenza di handicap, a 100, massimo grado di handicap. Sono inoltre calcolati altri scores parziali in base alle risposte fornite a determinate domande:

- scala funzionale (domande 3, 5, 6, 7, 12, 14, 16, 19, 24)
- scala emozionale (domande 2, 9, 10, 15, 18, 20, 21, 22, 23)
- scala fisica (domande 1, 4, 8, 11, 13, 17, 25).

2.a.2 **DISABILITY** (self-questionario sul grado di handicap indotto nella vita quotidiana)

I BLOCCO (score 1) -PEGGIORAMENTO :

- nel piegare la testa indietro	SI	NO	NON SO
- nel piegare la testa avanti	SI	NO	NON SO
- nel ruotare la testa	SI	NO	NON SO
- nello sdraiarsi	SI	NO	NON SO
- nello stare fermo sdraiato	SI	NO	NON SO
- nel muoversi restando sdraiato	SI	NO	NON SO
- nell'alzarsi da sdraiato .	SI	NO	NON SO
- nell'alzarsi da seduto	SI	NO	NON SO
- nel camminare	SI	NO	NON SO
- nello stare dritto in piedi	SI	NO	NON SO
- nel piegare il busto	SI	NO	NON SO
- nell'andare in bicicletta	SI	NO	NON SO
- nel guidare il motociclo	SI	NO	NON SO
- nel guidare l'auto	SI	NO	NON SO
- nello stare in autoveicoli senza guidare	SI	NO	NON SO
- nel viaggiare in aereo	SI	NO	NON SO
- nel viaggiare in treno	SI	NO	NON SO
- nel viaggiare in nave	SI	NO	NON SO
- nell'usare l'ascensore	SI	NO	NON SO
- nell'usare funivie o impianti simili	SI	NO	NON SO
- nel leggere	SI	NO	NON SO
- nello scrivere	SI	NO	NON SO
- nel parlare	SI	NO	NON SO
- nel guardare la tv	SI	NO	NON SO
- nel guardare un monitor di computer	SI	NO	NON SO
- nell'ascoltare la musica	SI	NO	NON SO
- nel praticare lo sport	SI	NO	NON SO
- nel lavoro	SI	NO	NON SO

I questionari anamnestici

- nello stare in mezzo alla gente	SI	NO	NON SO
- in ambiente caldo	SI	NO	NON SO
- in ambiente freddo	SI	NO	NON SO
- in presenza di vento	SI	NO	NON SO
- nei cambi di stagione	SI	NO	NON SO
- in ambiente rumoroso	SI	NO	NON SO
- in ambiente poco illuminato	SI	NO	NON SO
- in ambiente molto illuminato	SI	NO	NON SO
- in ambiente con luci in movimento	SI	NO	NON SO
- in luoghi sopraelevati	SI	NO	NON SO
- in luoghi ristretti	SI	NO	NON SO
- in luoghi molto aperti (piazze, ecc.)	SI	NO	NON SO
- su basi d'appoggio ristrette	SI	NO	NON SO
- su basi d'appoggio scivolose	SI	NO	NON SO
- con scarpe non abituali	SI	NO	NON SO
- facendo le scale	SI	NO	NON SO
- nello svago non sportivo	SI	NO	NON SO
- nel concentrarsi	SI	NO	NON SO
- nell'attività sessuale	SI	NO	NON SO
- nell'usare gli occhiali	SI	NO	NON SO
- nell'usare la protesi acustica	SI	NO	NON SO
- masticando a lungo	SI	NO	NON SO
- durante la digestione	SI	NO	NON SO
- durante la defecazione	SI	NO	NON SO
- soffiando il naso	SI	NO	NON SO
- mangiando del.....	SI	NO	NON SO
- bevendo caffè'	SI	NO	NON SO
- bevendo	SI	NO	NON SO
- fumando	SI	NO	NON SO
- assumendo il farmaco	SI	NO	NON SO
- in corso di massaggi o manipolazioni	SI	NO	NON SO
- arrabbiandosi	SI	NO	NON SO
- in caso di problemi familiari	SI	NO	NON SO
- in caso di problemi lavorativi	SI	NO	NON SO
- in caso di insonnia	SI	NO	NON SO
- in altre condizioni	SI	NO	NON SO

TOTALE score 1 = 1 punto per ogni risposta SI

II BLOCCO (score 2) - SENSAZIONE :

- di bisogno di accompagnatore	NO	SPESSO	TALORA
- di invalidità rispetto agli altri	NO	SPESSO	TALORA
- di probabile nuova crisi	NO	SPESSO	TALORA
- di sembrare uno psicopatico	NO	SPESSO	TALORA
- di sembrare un intossicato da	NO	SPESSO	TALORA
- di essere più nervoso	NO	SPESSO	TALORA
- di essere depresso	NO	SPESSO	TALORA
- di non poter guarire	NO	SPESSO	TALORA

TOTALE score 2 = 1 punto per ogni risposta TALORA, 2 punti per ogni risposta SPESSO

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

2.b.1 Scala **GISFaV** di valutazione della vertigine

Prevede 5 items ognuno con un numero differente di possibili gradi di gravità:

- INTENSITÀ
 - 0 : assenza di vertigine
 - 1 : lieve stato vertiginoso (consente la stazione eretta e la deambulazione)
 - 2 : grave vertigine (costringe il paziente a fermarsi)
 - 3 : vertigine inabilitante (il paziente è costretto a stare a letto)
- SINTOMI ASSOCIATI
 - 0 : assenti
 - 1 : nausea
 - 2 : vomito
- DURATA DELLACRISI
 - 0 : nessuna crisi
 - 1 : inferiore ad un minuto
 - 2 : inferiore a 15 minuti
 - 3 : qualche ora
 - 4 : uno o più giorni
- FREQUENZA DELLE CRISI
 - 0 : assente o sporadica
 - 1 : mensile
 - 2 : settimanale
 - 3 : giornaliera
 - 4 : plurigiornaliera
- QUALITÀ DI VITA
 - 0 : normale
 - 1 : parziale inattività
 - 2 : inattività totale

2.b.2 Scala di valutazione delle vertigini (**DIZZINESS ASSESSMENT RATING SCALE - DARS**)

La scala è principalmente mirata alla valutazione della sensazione vertiginosa aspecifica dell'anziano che viene esaminata in 7 item, a ciascuno dei quali viene assegnato un punteggio da 0 (sintomo assente) a 6 (grave). Al fine di diminuire la variabilità inter-individuale nella identificazione dei singoli punteggi, sono state realizzate specifiche istruzioni per l'uso della scala, descrivendo le direttive generali relative ai quattro punti fondamentali (0; 2; 4; 6). Non sono descritti singolarmente i punteggi intermedi (1;3;5) della scala, i quali saranno usati a discrezione dell'esaminatore per registrare variazioni nella gravità dei sintomi che si avvicinano, ma non corrispondono esattamente a quelle dei tre punteggi fondamentali. Anche i giudizi complessivi del medico e del paziente (item 6 e 7) vengono formulati utilizzando lo stesso intervallo di punteggio.

1. DISEQUILIBRIO STAZIONE ERETTA

- | | | |
|------------|---|--|
| 0 ASSENTE | = | Perfetto mantenimento della stazione eretta; nessun problema di equilibrio in questa postura. |
| 2 LIEVE | = | Sensazione di lieve instabilità che permette comunque facilmente il mantenimento della posizione eretta ad occhi aperti, che diventa invece leggermente più difficoltosa ad occhi chiusi |
| 4 MODERATO | = | Sensazione più importante di instabilità con lievi difficoltà a mantenere la |

I questionari anamnestici

- posizione eretta ad occhi aperti, mentre risulta quasi impossibile rimanere in piedi con piccola base di appoggio (Romberg) ad occhi chiusi.
- 6 GRAVE = Impossibilità di mantenere la stazione eretta ad occhi chiusi. Grosse difficoltà od impossibilità anche ad occhi aperti
2. DISEQUILIBRIO DEAMBULAZIONE
- 0 ASSENTE = Nessuna difficoltà né sbandamento a camminare ad occhi aperti, possibili lievissime difficoltà a deambulare ad occhi chiusi con mantenimento, su richiesta, di una linea sostanzialmente retta.
- 2 LIEVE = Lievi difficoltà a camminare ad occhi aperti: deambulazione incerta, ma ancora possibile ad occhi chiusi.
- 4 MODERATO = Sensazione di impaccio nella deambulazione ad occhi aperti, quasi impossibile o impossibile camminare ad occhi chiusi
- 6 GRAVE = Notevolissimo impaccio od impossibilità a camminare ad occhi aperti, impossibilità ad occhi chiusi.
3. SENSAZIONE VERTIGINOSA AL MOMENTO DELL'ESAME
- 0 ASSENTE = Buon orientamento spaziale, assenza di capogiri, giramenti di testa o sensazioni di disequilibrio nella giornata
- 2 LIEVE = Lievi sensazioni vertiginose aspecifiche (disequilibrio, disorientamento spaziale, latero-pulsione) a carattere non continuo, accentuate dal passaggio alla stazione eretta
- 4 MODERATO = Sensazione vertiginosa aspecifica (disequilibrio, disorientamento spaziale, latero-pulsione) intensa, soprattutto nel passaggio alla stazione eretta, che può limitare, ma non impedisce lo svolgimento delle normali attività quotidiane (per esempio riordinare la casa o cucinare)
- 6 GRAVE = Sensazione vertiginosa importante che limita fortemente od impedisce le possibilità di sovrintendere alle normali attività quotidiane, continua o sub-continua con crisi di lunga durata
4. INTENSITÀ DELLE VERTIGINI NELL'ULTIMA SETTIMANA PRECEDENTE LA VISITA
- 0 ASSENTE = Nessun episodio vertiginoso (o "capogiro") nell'ultima settimana
- 2 LIEVE = Disturbo saltuario, lieve e transitorio, che non interferisce con le attività del paziente
- 4 MODERATO = Disturbo a giorni alterni od anche quotidiano, ma di breve durata. Interferenza momentanea e limitata con le attività del paziente
- 6 GRAVE = Disturbo a comparsa tendenzialmente quotidiana, con crisi di lunga durata, che limitano fortemente le attività del paziente, il quale è spesso costretto a letto.
5. STATO DI COSCIENZA (confusione-disorientamento)
- 0 ASSENTE = Il paziente si presenta normale, lucido, attento; risponde rapidamente a tutte le domande durante la visita: è ben orientato nel tempo e nello spazio (giorno, settimana, mese, anno; luogo in cui si trova)
- 2 LIEVE = La capacità di pensare e di concentrarsi del paziente è quasi normale; risponde in modo lievemente rallentato alle domande dell'intervistatore; è orientato nel tempo e nello spazio
- 4 MODERATO = Durante la visita si nota una certa diminuzione dell'attività mentale (rallentamento nella capacità di pensare, di concentrarsi, di rispondere o di parlare) non dichiarata spontaneamente dal paziente, il quale è orientato nel tempo e nello spazio.

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

6 GRAVE = Chiaro rallentamento e deterioramento dei processi mentali; il paziente può lamentare spontaneamente la deficienza di una o più aree delle funzioni cognitive, in particolare della concentrazione. Le risposte alle domande dell'intervistatore non sono spontanee, il discorso è esitante. Può non ricordare il giorno della settimana; a volte non riconosce le persone che lo circondano, ma riconosce i parenti stretti.

2.c. Formula per la valutazione della variazioni in frequenza delle crisi menieriche in risposta a terapie

La formula esprime, in percentuale, il rapporto fra il numero di episodi vertiginosi per mese nei ventiquattro mesi seguenti alla terapia ed il numero medio di episodi al mese nei sei mesi precedenti la terapia:

$$\frac{\text{N.}^\circ \text{ medio crisi /mese nei 24 mesi post-terapia}}{\text{N.}^\circ \text{ medio crisi/mese nei 6 mesi pre-terapia}} \times 100$$

LE SCALE DI HANDICAP

Patrizia Giofrè

Una valutazione corretta ed accurata dei disturbi dell'equilibrio ed un attento bilancio dei loro effetti negativi sulla vita del paziente, sono problemi di comune riscontro per l'otoneurologo.

I metodi d'indagine clinica e strumentale della patologia vestibolare sono numerosi ed alquanto complessi:

- Ricerca dei sintomi (anamnesi, questionari anamnestici, scale di valutazione, ecc.)
- Studio del VOR (Ny spontaneo, Ny posizionale, Head shaking test, Halmagyi test, tests rotatori, tests calorici)
- Studio dei VRS (test di Romberg, test di Unterberger e Fukuda, deviazioni toniche, posturografia statica e dinamica)
- Analisi della componente emozionale (questionari per la componente emozionale e funzionale, scale per l'ansietà e la depressione).

Il ruolo cruciale dell'anamnesi in questo percorso diagnostico è ampiamente riconosciuto. La storia clinica presente e passata del paziente è una parte importante delle informazioni che, ottenute durante la valutazione iniziale, guideranno lo specialista nell'identificazione di quei problemi destinati, nel tempo, a pregiudicare sia la prognosi che i risultati delle terapie.

Il vissuto soggettivo è un aspetto critico dell'individuo con disturbi dell'equilibrio ⁽¹⁾ e spesso questo tipo di paziente incontra grandi difficoltà nel descrivere e quantificare la propria percezione dei sintomi. Nel rapporto tra medico e paziente l'anamnesi è dunque il momento ideale per stabilire quella relazione di confidenza professionale che potrà influenzare il successo del trattamento.

Contrariamente agli aspetti motori e funzionali dei disordini vestibolari, valutabili oggettivamente mediante tests clinico-strumentali standardizzati (studio del VOR e dei VRS), la "quantificazione delle vertigini" è un compito assai difficile poichè non esistono tests clinici, unanimamente riconosciuti, per misurare la sensazione vertiginosa o altri aspetti di soggettiva inabilità vestibolare ⁽⁴⁾.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Di conseguenza, anche quantificare gli effetti dei trattamenti medici, chirurgici e riabilitativi sui pazienti vertiginosi diventa alquanto arduo e problematico.

Sebbene i tests calorici e su sedia rotatoria e i tests posturografici pre- e post-trattamento documentino adeguatamente una funzione vestibolare alterata o un avvenuto processo di compenso centrale, queste indagini sono inappropriate per la quantificazione degli effetti dell'instabilità nelle situazioni di più comune riscontro quotidiano per il paziente.

Inoltre "vertigine" è una parola generica che i pazienti usano comunemente per descrivere una varietà di sintomi ed esperienze diverse, come un'illusione di movimento, difficoltà a camminare o a mantenere l'equilibrio, mal di testa e anche perdita di coscienza.

In seguito a tali considerazioni, numerosi Autori hanno sentito l'esigenza di formulare dei "questionari per le vertigini" con scale di handicap per la valutazione qualitativa e quantitativa della "compliance" del paziente vertiginoso.

Tra i primi tentativi ricordiamo il **Dizziness Questionnaire**, usato presso il Dipartimento di Neurologia del Johns Hopkins Hospital (Baltimore, USA) e il **Multidimensional Dizziness Inventory** ⁽¹⁾. Oggi ritenuti forse troppo articolati e complessi, essi nascevano dalla necessità di conoscere, ai fini di una corretta pianificazione del trattamento, quali posizioni, movimenti o situazioni aggravassero la sintomatologia del paziente. Inoltre, fornendo una descrizione completa dei sintomi, si sono rivelati utili strumenti per valutarne i progressi funzionali.

Il primo è un questionario costituito da dodici sezioni di domande che, ricalcando l'anamnesi classica, indagano circa il tipo, la frequenza, la durata, l'intensità, il decorso dei sintomi, i fattori scatenanti o aggravanti, il corteo sintomatologico associato ed eventuali precedenti patologici.

Il secondo si compone di cinque sezioni, ognuna con scale di quantificazione diverse, tutte finalizzate a cogliere i vari aspetti delle vertigini e come queste limitino la vita del paziente.

Shepard ha poi suggerito l'uso di due strumenti di misura, il **Disability rating score** (Tab. I) e il **Post-therapy symptom score** (Tab. II), ideati ed utilizzati quali strumento di giudizio delle "performances" dei pazienti.

Il primo consiste in una scala a sei voci nella quale il livello 0 coincide con l'assenza di inabilità e il livello 5 con una inabilità lungo-termine, meglio definita come incapacità a lavorare per più di un anno. Nello studio di Shepard ⁽⁷⁾ tale valore viene calcolato per ogni paziente prima e dopo la terapia per documentare, in modo oggettivo, il livello di percezione della propria inabilità.

Nella pratica clinica questa scala può essere utilmente inserita nelle fasi ini-

 Le scale di handicap

ziali e finali di valutazione della terapia fisica per documentarne “numericamente” il risultato terapeutico.

Tab. I: Disability rating score (7)

0	no disability; negligible symptoms
1	no disability; bothersome symptoms
2	mild disability; performs usual work duties, but symptoms interfere with outside activities
3	moderate disability; symptoms disrupt performance of both usual work duties and outside activities
4	recent severe disability; on medical leave or had to change job because of symptoms
5	long-term severe disability; unable to work for over 1 year or established permanent disability with compensation payments

Il secondo punteggio viene assegnato ad ogni paziente all’inizio del programma di mantenimento ed è determinato dalle risposte ad una serie di specifiche domande circa i sintomi prima e dopo la terapia attiva. Il conteggio di tale scala a cinque voci è agevole ove si attribuisca un valore pari a 0 alla risposta “assenza di sintomi” fino a un punteggio di 4 nei casi di “peggioramento dei sintomi” dopo terapia.

Tab. II: Post-therapy symptom score (7)

0	no symptoms remaining at the end of therapy
1	marked improvement in symptoms, mild symptoms remaining
2	mild improvement, definite persistent symptoms remaining
3	no change in symptoms relative to pretherapy period
4	symptoms worsened with therapy activities on a persistent basis relative to pretherapy period

Successivamente numerosi Autori hanno proposto di includere nella fase di valutazione iniziale alcuni quesiti correlati alle ripercussioni psichiche e sociali del sintomo “vertigine”. Nascono così numerosi tentativi di definizione oggettiva e di quantificazione numerica del vissuto soggettivo del paziente vertiginoso.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Il **Dizziness handicap inventory** (DHI) è stato appositamente ideato per valutare l'autopercezione del paziente degli effetti restrittivi imposti dalle affezioni del sistema vestibolare ⁽⁵⁾. La versione finale del DHI (Tab. III) include tre scale, relative agli aspetti funzionale (F), emozionale (E) e fisico (F) della vertigine e della instabilità. La sua interpretazione è agevole ed il punteggio totale va da 0, interpretabile come "assenza di handicap", a 100 che indica invece una "elevata autopercezione di handicap". E' possibile inoltre calcolare i tre punteggi parziali in base alle risposte fornite alle specifiche domande. Il questionario può essere rapidamente somministrato al paziente vertiginoso sia durante la fase di accettazione che all'atto della dimissione, con l'intento di valutare se e quanto il paziente si ritenga migliorato. All'interno di ogni domanda è stata utilizzata la frase "suo problema" invece di "vertigini" così da non influenzare la risposta del soggetto il quale viene invitato a rispondere ad ogni quesito semplicemente con "SI", "NO" o "ALCUNE VOLTE".

Tab. III: Il Dizziness Handicap Inventory (5) nella versione italiana curata dal Prof. C. Vicini

- | | |
|-----|--|
| 1. | Il suo problema aumenta o si aggrava guardando in alto? (P) |
| 2. | A causa del suo problema, si sente frustrato/a? (E) |
| 3. | A causa del suo problema, limita i suoi viaggi di lavoro o di svago? (F) |
| 4. | Camminare lungo il corridoio di un supermercato, aumenta il suo problema? (P) |
| 5. | A causa del suo problema ha difficoltà a stendersi a letto o ad alzarsi da questo? (F) |
| 6. | Il suo problema limita significativamente la sua partecipazione ad attività sociali come andrea fuori a cena, andare al cinema, andare a ballare od a feste? (F) |
| 7. | A causa del suo problema, ha difficoltà a leggere? (F) |
| 8. | Effettuare attività come sport, balli, lavori domestici come spazzare o mettere via i piatti, aumenta il suo problema? (P) |
| 9. | A causa del suo problema, è preoccupato/a di uscire da casa sua senza essere accompagnato/a da qualcuno? (E) |
| 10. | A causa del suo problema, è imbarazzato/a di fronte ad altri? (E) |
| 11. | Movimenti veloci della sua testa aumentano il suo problema? (P) |

Le scale di handicap

12.	A causa del suo problema, evita i luoghi alti? (F)
13.	Girarsi nel letto, aumenta il suo problema? (P)
14.	A causa del suo problema, è difficile per lei fare lavori di casa faticosi o di precisione? (F)
15.	A causa del suo problema, teme che la gente possa pensare che lei sia ubriaco/a? (E)
16.	A causa del suo problema, le è difficile passeggiare da solo/a? (F)
17.	Camminare sul marciapiede, aumenta il suo problema? (P)
18.	A causa del suo problema, è difficile per lei concentrarsi? (E)
19.	A causa del suo problema, è difficile per lei girare per casa sua al buio? (F)
20.	A causa del suo problema, ha paura di stare a casa da solo/a? (E)
21.	A causa del suo problema, si sente handicappato/a? (E)
22.	Il suo problema le ha causato difficoltà nelle relazioni con i membri della sua famiglia? (E)
23.	A causa del suo problema, è depresso/a? (E)
24.	Il suo problema interferisce col lavoro o le responsabilità familiari? (F)
25.	Piegarsi in avanti, aumenta il suo problema? (P)
Totale..... SI.....(x 4) NO.....(x 0) ALCUNE VOLTE.....(x2)	
Totale: F (38): E (36): P (28):	

Per ottenere un quadro completo dello stato funzionale, l'otoneurologo dovrebbe indagare a fondo circa i livelli di prestazione del paziente, sia recenti che precedenti la sintomatologia. Il grado di efficienza è un parametro importante nella valutazione globale perché spesso questo condiziona l'entità della inabilità dei pazienti. Essi infatti possono manifestare una capacità limitata ad interagire con il mondo circostante fino alla tendenza ad adottare stili di vita sedentari e spesso rifiutano il movimento tanto da divenire passivi e dipendenti dagli altri.

I tests clinici e strumentali comunemente utilizzati sono importanti strumenti di misura del miglioramento e del compenso, ma analizzano soltanto un aspetto della funzione. E' invece necessario valutare se i miglioramenti registrati si traducono contestualmente in un miglioramento delle capacità del paziente di rendersi indipendente e quindi meno inabile.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Jacobson e Newman hanno così evidenziato l'inadeguatezza dei tests tradizionali nella quantificazione dell'impatto della vertigine sulla vita quotidiana; con il DHI sono riusciti a focalizzare alcuni dei problemi di riscontro quotidiano raggiungendo una stretta correlazione tra i "punteggi" ed il "livello di vertigine".

Esclusivamente mirato all'analisi delle "performances" quotidiane dei pazienti vertiginosi è il questionario messo a punto da Helen Cohen ed utilizzato nella Balance Disorders Clinic del Medical College dell'Ohio. Il **Self-administered survey of ADL** (activities of daily living) **performance** ⁽²⁾ si propone come prima finalità di determinare se i pazienti affetti da vertigine presentano significative difficoltà nell'autogestione, tanto da pregiudicarne l'indipendenza.

Il secondo fine è inquadrare la natura di tali difficoltà, per poi usare tali informazioni come guida nei programmi riabilitativi. Il terzo ed ultimo scopo è valutare se la rieducazione vestibolare e il programma di terapia fisica per il recupero dell'equilibrio, portino ad un effettivo miglioramento nei livelli di "performance" nei compiti quotidiani. I pazienti vengono invitati a giudicare la loro abilità in 41 condizioni di vita quotidiana usando una scala da 0 a 5, nella quale con 0 si indica una totale indipendenza e con 5 una totale dipendenza da un accompagnatore. Il paziente deve esprimere tre giudizi, uno relativo all'epoca precedente l'insorgenza delle vertigini ("normale"), uno circa i disturbi vestibolari prima della terapia ("pre-terapia fisica") e, infine, uno per il periodo successivo alla rieducazione vestibolare ("post-terapia fisica").

Abbiamo più volte sottolineato come le vertigini impongano importanti limitazioni alla capacità del paziente di far fronte alle responsabilità quotidiane, esitando in un peggioramento della qualità della vita e in disturbi della sfera emotiva. Questi sintomi possono non raramente avere un andamento cronico o ricorrente, comportando una restrizione delle attività quotidiane con conseguenze sullo stato mentale dell'individuo. Inoltre, va sempre considerato che i pazienti vertiginosi sono una categoria alquanto eterogenea, i cui sintomi possono derivare tanto da patologie dell'orecchio interno, quali la Vertigine Posizionale Benigna e la Malattia di Meniere, così come da sofferenza delle vie nervose e dei centri deputati al controllo dell'equilibrio. La conoscenza di quelle situazioni quotidiane che scatenano o aggravano i sintomi riferiti, può fornire allo specialista utili informazioni anche nella formulazione di un'ipotesi eziopatogenetica.

Queste osservazioni hanno condotto all'elaborazione del self-questionario "**Disability**" che si propone di descrivere il tipo di handicap avvertito nella quotidianità dal paziente come conseguenza della patologia, misurandone contemporaneamente gli effetti ⁽³⁾.

 Le scale di handicap

“Disability” comprende due sezioni (Tab. IV) costituite dalle seguenti domande:

- 64 riguardanti le posizioni, i movimenti o le situazioni che aggravano i sintomi del paziente (scala 1)
- 8 riguardanti i problemi emotivi associati alle vertigini o all’instabilità (scala 2)

Per ogni domanda della scala 1 è previsto un punteggio che dipende dalle risposte (sì, no, non so) e il punteggio totale viene determinato con la seguente formula:

$$\frac{(64) - (\text{“non so”})}{64} \times 100$$

Per ogni domanda della scala 2 è previsto un punteggio che dipende dalle risposte (no, talora, spesso) e che viene calcolato col seguente metodo: no = 0; talora = 1; spesso = 2

Quando usato in un protocollo pre- e post-trattamento, ogni risposta e i relativi punteggi ottenuti forniscono, nella prima fase, informazioni indispensabili nella programmazione della terapia riabilitativa e, in un secondo momento, utili strumenti di misura per monitorare l’efficacia e i risultati del trattamento stesso.

Tab. IV: Il questionario Disability (3)

Scala 1 <i>Le sue vertigini insorgono o aumentano:</i>	Si	No	Non so
Nel piegare la testa indietro			
Nel piegare la testa in avanti			
Nel ruotare la testa			
Nello sdraiarsi			
Nello stare fermo nel letto			
Nel muoversi nel letto			
Nell’alzarsi da sdraiato			
Nell’alzarsi da seduto			
Nel camminare			
Nello stare dritto in piedi			
Nel piegare il busto			
Nell’andare in bicicletta			
Nel guidare il motociclo			
Nel guidare l’auto			

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

<p>Nello stare in autoveicoli senza guidare Nel viaggiare in aereo Nel viaggiare in treno Nel viaggiare in nave Nell'usare l'ascensore Nell'usare funivie (o impianti simili) Nel leggere Nello scrivere Nel parlare Nel guardare la TV Nel guardare il monitor di un computer Nell'ascoltare la musica Nel praticare lo sport (.....) Nel lavoro (.....) Nello stare in mezzo alla gente Nello stare in ambienti caldi Nello stare in ambienti freddi In presenza di vento Nei cambi di stagione Nello stare in ambienti rumorosi Nello stare in ambienti poco illuminati Nello stare in ambienti molto illuminati Nello stare in ambienti con luci in movimento In luoghi sopraelevati In luoghi ristretti In luoghi molto aperti (piazze,ecc.) Su basi d'appoggio ristrette Su basi d'appoggio scivolose Con scarpe non abituali Facendo le scale Nello svago non sportivo (.....) Nel concentrarsi Nell'attività sessuale Nell'usare gli occhiali Nell'usare la protesi acustica Masticando a lungo Durante la digestione Durante la defecazione</p>			
---	--	--	--

Le scale di handicap

Soffiando il naso Mangiando (.....) Bevendo caffè Bevendo (.....) Fumando Assumendo il farmaco (.....) In corso di massaggi o manipolazioni Arrabbiandosi In caso di problemi familiari In caso di problemi lavorativi In caso di insonnia In altre condizioni (.....) score 1:			
scala 2 <i>Ha la sensazione di:</i>	No	Talora	Spesso
Aver bisogno di un accompagnatore Essere invalido rispetto agli altri Una probabile nuova crisi Sembrare una persona con problemi psicologici Sembrare una persona intossicata da (.....) Essere più nervoso Essere più depresso Non poter guarire score 2:			

Il Disability ha confermato l'importanza di una anamnesi accurata nella valutazione dei pazienti vertiginosi, ha evidenziato l'alto grado di handicap provocato dai disturbi dell'equilibrio ed ha messo a nostra disposizione un valido strumento di identificazione delle principali caratteristiche di tutte quelle patologie inquadrabili nel vasto capitolo dei "disturbi dell'equilibrio".

In particolare, ci consente di evidenziare le interferenze dei fattori extra-vestibolari (patologie muscolo-tensive, condizioni di irritabilità e fobie, farmaci, fattori alimentari, ecc.), fornendo così informazioni diversamente non disponibili nella fase di accettazione del paziente ed indispensabili per una diagnosi corretta e per una pianificazione personalizzata della terapia riabilitativa.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

La paura dell'insorgenza di una nuova crisi vertiginosa è una delle lamentele più frequentemente riferite dai pazienti con turbe dell'equilibrio. Honrubia ⁽⁴⁾ ha evidenziato come l'aspetto emozionale di ansia e depressione condizioni ed affligga il paziente vertiginoso. Infatti, quanto incida la paura di un nuovo episodio vertiginoso e quanto tale paura sia collegata alle caratteristiche della vertigine stessa, sono i due punti su cui si incentra l'**UCLA Dizziness Questionnaire** (UCLA-DQ), composto da cinque scale che aiutano il paziente a caratterizzare le vertigini in termini di frequenza e gravità (Tab.V). Le varie voci interrogano sull'impatto fisico, funzionale ed emozionale delle vertigini. Vengono indagate la frequenza e la gravità dei sintomi e l'impatto di questi sulla qualità della vita. In tal modo il paziente deve mettere in relazione l'effetto delle vertigini sulle proprie attività quotidiane con la qualità di vita che ne deriva e deve indicare il grado di paura provocato dal timore di un nuovo episodio vertiginoso. Per ognuna di queste domande il paziente può scegliere tra cinque risposte quella che meglio descrive il suo stato d'animo. In questo modo è il paziente stesso ad auto-valutare l'effetto prodotto dalla frequenza e dall'intensità dell'attacco vertiginoso sia sulle attività quotidiane che sulla paura dell'insorgenza di una nuova crisi.

Tab.V: UCLA dizziness questionnaire (UCLA-DQ)

“Please complete all five of the following statements. Circle the response that best describes your dizziness. Please give only one answer for each statement”.

- I. I am dizzy:
 - 1 Rarely
 - 2 Sometimes
 - 3 About half of the time
 - 4 Usually
 - 5 Always
- II. When I am dizzy, my symptoms are most often:
 - 1 Very mild
 - 2 Mild
 - 3 Moderate
 - 4 Moderately severe
 - 5 Severe
- III. When I experience dizziness, it has the following effect on my daily Activities, such as working, driving, shopping, taking care of a family, and taking care of myself:

Le scale di handicap

- 1 No effect at all
 - 2 I continue all of my daily activities without restriction, although I make allowances for my dizziness
 - 3 I continue most of my activities, although I make allowances for my dizziness
 - 4 I continue some of my daily activities, but I find that my dizziness causes me to be unable to continue most functions
 - 5 I am unable to continue any of my daily activities
- IV. What impact does my condition have on the overall quality of my life?
- Examples: participating in social activities, sharing intimate relationships, making plans for the future, obtaining or maintaining work, and participating in leisure activities:
- 1 My condition has no impact on the overall quality of my life
 - 2 My condition has some impact on the overall quality of my life
 - 3 My condition has moderate impact on the overall quality of my life
 - 4 My condition has a great deal of impact on the overall quality of my life
 - 5 My condition has a severe impact on the overall quality of my life
- V. Regarding my fear of becoming dizzy:
- 1 I never worry about becoming dizzy
 - 2 I seldom worry about becoming dizzy
 - 3 I sometimes worry about becoming dizzy
 - 4 I frequently worry about becoming dizzy
 - 5 I always worry about becoming dizzy

L'UCLA-DQ fornisce dunque significative informazioni circa l'impatto delle vertigini sulla vita del paziente. Le cinque parti di cui si compone offrono una descrizione chiara e comprensibile degli effetti dei sintomi e sono caratterizzate dalla brevità e dalla semplicità di somministrazione ben adattandosi a tutti i tipi di paziente vertiginoso.

Yardley ⁽⁸⁾ ha successivamente proposto di documentare i risultati della terapia fisica per le vertigini e l'instabilità usando una serie di sette differenti questionari. La valutazione dei miglioramenti soggettivi si ottiene mediante l'uso del **Vertigo Symptom Scale** che misura prevalentemente la frequenza degli episodi di vertigine o di instabilità e i sintomi neurovegetativi ad essi correlati. Per

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

discriminare la componente reattiva da quella di tratto, i sintomi ansietà e depressione sono analizzati mediante un complesso sistema di conteggio delle 14 voci della **Scala di Ansietà e Depressione**. Il grado di handicap viene invece quantificato usando il **Vertigo Handicap Questionnaire** che misura la riduzione delle attività causata dalle vertigini e gli effetti socio-economici di tale riduzione.

Infine, il **VDI Questionnaire** ⁽⁶⁾ è la più recente proposta di uno strumento di misura dell'“health-related quality of life” (HRQoL), specifico per pazienti con sintomi di vertigine, disequilibrio e instabilità. La versione finale del VDI prevede 14 voci nel **VDI Symptoms Scale** e 22 voci nel **VDI HRQoL Scale**. Nel primo un valore finale pari a 0 rappresenta l'assenza di sintomi e 100 la massima presenza di sintomi; nel secondo, al contrario, 0 rappresenta la peggiore qualità di vita e 100 la migliore.

Ancora una volta, gli AA sottolineano come, in alcuni casi particolari, non sia facile porre una chiara diagnosi di causa organica e spesso non sia possibile confermare che esista realmente una disfunzione fisica.

Problemi psichiatrici ed emozionali possono a volte essere le uniche cause di vertigine o instabilità.

Le scale di handicap

Bibliografia

1. BORELLO F., WHINEY S.L., HERDMAN S.J.: *Assessment of vestibular hypofunction. In: Herdman SJ, ed. Vestibular rehabilitation.* Philadelphia: F.A. Davis, 1994: 247-286.
2. COHEN H.: *Vestibular rehabilitation reduces functional disability.* Otolaryngol Head Neck Surg 1992; 107: 638-43.
3. GUIDETTI G., GIOFFRÉ P., GALETTI G.: *Disability: a proposed anamnestic questionnaire useful in evaluating the amount of disability in patients suffering from dizziness.* Acta Otorhinol ital 1994; 14: 477-87.
4. HONRUBIA V., BELL T.S., HARRIS M.R., BALOH R.W., FISHER L.M.: *Quantitative evaluation of dizziness characteristic and impact on quality of life.* Am J Otol 1996;17: 595-602.
5. JACOBSON G.P., NEWMAN C.W.: *The development of the Dizziness Handicap Inventory.* Arch Otolaryngol Head Neck Surg 1990; 116: 424-7.
6. PRIETO L., SANTED R., COBO E., ALONSO J.: *A new measure for assessing the health-related quality of life of patients with vertigo, dizziness or imbalance: the VDI questionnaire.* Qual Life Res 1999; 8:131-9.
7. SHEPARD N.T., TELIAN S.A., SMITH-WHELLOCK M., RAI A.: *Vestibular and balance rehabilitation therapy.* Ann Otol Rhinol Laryngol 1993; 102: 198-205.
8. YARDLEYL., BEECH S., ZANDER L., EVANS T., WEINMAN J. *A randomized controlled trial of exercise therapy for dizziness and vertigo in primary care.* Br J Gen Pract 1998; 48:1136-40.

+

L'ESAME OTONEUROLOGICO CLINICO DELLA OCULOMOTRICITÀ

Giuseppe Agus, Sebastiano Traccis, Roberto Puxeddu

Lo studio clinico-obiettivo non strumentale (bed-side examination) dei movimenti oculari di genesi non vestibolare rappresenta un momento semeiologico preliminare ed integrativo nella diagnostica otoneurologica del paziente affetto da vertigine e/o turbe dell'equilibrio ^(5,10). Tale affermazione trova ampia giustificazione nel fatto che con tale modalità viene esplorata funzionalmente la via finale comune attraverso la quale si esprimono anche i movimenti oculari di genesi vestibolare che rappresentano, in questi Pazienti, l'ambito di maggiore ricchezza informativa e di maggiore efficienza diagnostica.

Lo studio dell'oculomotricità estrinseca da stimolo visivo (**movimenti saccadici, di smooth pursuit, nistagmo ottico-cinetico, vergenza**) fornisce informazioni utili, con segni talora patognomonici e topodiagnostici, sulle alterazioni funzionali di un elevato numero di strutture anatomiche del S.N.C. funzionalmente e strettamente correlate con il riflesso vestibolo-oculomotore (V.O.R.) e talvolta coinvolte primitivamente o parallelamente in processi patologici interessanti questo riflesso o causa stessa della sintomatologia soggettiva lamentata dal paziente⁽⁸⁾.

La complessità funzionale di queste strutture e la loro ampia rappresentazione nell'ambito del S.N.C. rende ragione, in condizioni di neuropatologia, di un loro frequente e spesso precoce interessamento, mentre la loro ridondanza funzionale giustifica la loro frequente scarsa espressività sul piano della sintomatologia soggettiva motivata.

Sebbene sia motivata ed accettabile l'affermazione secondo la quale difficilmente una lesione strutturale tronco-cerebellare possa rivelarsi esclusivamente dal punto di vista clinico con segni di sofferenza di queste funzioni ⁽⁴⁾, è altrettanto vero che allorquando questi segni sono presenti, anche isolatamente, in particolari condizioni specifiche, la loro significatività diagnostica è di tale valore informativo da fornire un contributo spesso risolutivo al fine di un giudizio affidabile sulla sede di lesione ⁽⁵⁾.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

La modesta entità in termini di “costo” (tempo ed impegno per l’operatore e non necessità di una dotazione strumentale) a fronte di una informatività diagnostica spesso preziosa, giustificano oltremodo l’esecuzione di uno studio clinico non strumentale dell’oculomotricità nell’ambito della bed-side examination otoneurologica ^(9,10).

Pertanto sia considerazioni di ragione concettuale, sia di “pragmatismo” semeiologico (elevato rapporto costo-benefici), consigliano di non trascurare questo momento diagnostico nello studio del paziente con turbe dell’equilibrio, specie allorquando manchino nella storia clinica aspetti specifici d’alta valenza diagnostica indicanti una probabile localizzazione “periferica” (leggi labirintica) della sede di lesione.

Il significato fisiologico dei movimenti oculari è quello di permettere una visione chiara e distinta dell’oggetto di interesse visivo nell’ambiente esplorato mantenendo stabile sulla fovea la sua proiezione. Questa funzione è realizzata con strategie oculomotorie diverse correlate alle caratteristiche dei rapporti spaziali testa/occhio/oggetto della visione ^(5, 8).

Il mantenimento della proiezione foveale di un oggetto stabile nel campo visivo rispetto all’estremo cefalico, si avvale della funzione specifica di **fissazione visiva**, funzione solo recentemente parzialmente definita e attualmente non sistematizzata ⁽⁵⁾. La necessità di una rifissazione foveale di un oggetto stabile, ovvero in movimento nell’ambiente visivo, viene realizzata con movimenti oculari rapidi ad elevata velocità (500° -700° sec.) definiti **movimenti saccadici**.

La proiezione foveale stabile di un oggetto in movimento nel campo visivo viene ottenuta con i movimenti di **smooth pursuit**, movimenti di inseguimento lento.

La compensazione del movimento apparente e relativo, rispetto alla fovea, di una mira visiva durante i movimenti cefalici viene ottenuta attraverso i movimenti oculari compensatori generati dall’arco **riflesso vestibolo-oculomotore (V.O.R.)**.

La sopra esposta schematizzazione teorica della motilità oculare estrinseca volontaria e riflessa descrive tuttavia solo parzialmente gli eventi oculomotori che si verificano in ogni momento della vita di un individuo .

In realtà i vari sottosistemi cooperano e si integrano funzionalmente tra loro al fine di realizzare strategie motorie adeguate alla complessità delle modificazioni che l’attività motoria e le esperienze visive quotidiane impongono ⁽⁵⁾.

La stessa organizzazione anatomo-funzionale dei movimenti oculari sembra rispondere a questa esigenza, mostrando da un lato una sovrapposizione e una ridondanza funzionale e dall’altro la sostanziale condivisione delle strutture pri-

L'esame otoneurologico clinico della oculomotricità

mariamente generatrici (formazione reticolare ponto-mesencefalica) e modulari (cervelletto) del movimento oculare, con implicazione di strutture localizzate tanto più rostralmente nel S.N.C. quanto filogeneticamente più evoluta è la funzione rappresentata (vedi aree corticali associative per i movimenti oculari "memorizzati").

Questi aspetti funzionali giustificano anche quelle modificazioni dei movimenti oculari non strettamente patologiche ma correlate invece con varie condizioni interessanti le funzioni del S.N.C. quali l'età, lo stato di vigilanza, la significatività, la prevedibilità, l'abitudine e gli effetti di molte molecole, farmacologiche e non, ad attività sul S.N.C.. Tali evenienze devono essere tenute in considerazione sia all'atto dello studio sia al momento di un giudizio funzionale clinico sui movimenti oculari ^(5, 8).

SACCADICI

I saccadici sono movimenti oculari rapidi che modificano la fissazione foveale.

Comprendono sia i movimenti oculari volontari rapidi di rifissazione sia la fase rapida dei nistagmi vestibolare ed ottocinetico.

I movimenti saccadici sono caratterizzati da relazioni relativamente non variabili tra la loro ampiezza e la loro velocità di picco, la quale può raggiungere i valori di 700°/sec. ⁽⁸⁾.

La loro genesi neurogena principale prevede un segnale "pulse"- "step": il "pulse" è un segnale di comando della velocità del saccadico capace di vincere la forza della viscosità dell'orbita che si oppone al movimento; lo "step" è un segnale di comando di posizione sull'occhio atto a mantenerne la posizione raggiunta nell'orbita contrastando l'elasticità orbitaria ⁽⁵⁾.

Neuroni eccitatori "burst" della formazione reticolare pontina e mesencefalica (P.P.R.F.) generano il comando premotore rispettivamente per le componenti orizzontali e verticali dei movimenti saccadici ⁽⁵⁾.

Gli emisferi cerebrali possono generare movimenti saccadici utilizzando vie discendenti che raggiungono il collicolo superiore e la P.P.R.F.

I saccadici volontari eseguiti nel contesto di una strategia acquisita o memorizzata dipendono dai campi visivi del lobo frontale che proiettano sia direttamente che indirettamente (via gangli basali) al collicolo superiore.

I saccadici riflessi, diretti verso nuovi target che appaiono inaspettatamente nel campo visivo, dipendono maggiormente dalle proiezioni dirette della corteccia parietale sul collicolo superiore.

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

I gangli basali esercitano un'attività inibitoria sui saccadici riflessi durante la fissazione e facilitano i saccadici volontari nel contesto di comportamenti acquisiti o memorizzati.

Il cervelletto calibra l'ampiezza e l'accuratezza del movimento saccadico (metria) e l'attività pulse-step (flocculo) per un comportamento visuo-oculare ottimale.

Alterazioni dei saccadici si esprimono con modificazioni della latenza, della velocità, dell'accuratezza e con la presenza di altri movimenti oculari ad elevata velocità (intrusioni saccadiche) espressione di un deficit della funzione di fissazione visiva.

Disfunzioni di specifici gruppi di neuroni della P.P.R.F. possono realizzare vari tipi di alterazione dei movimenti saccadici.

I movimenti oculari saccadici possono essere esaminati al letto del paziente istruendolo a fissare alternativamente due riferimenti visivi, che possono essere rappresentati dalla punta di una penna e dal naso dell'esaminatore.

I movimenti saccadici possono essere esaminati in ogni porzione del campo visivo ed in ogni direzione dei piani orizzontali e verticali.

L'analisi clinica dovrebbe rispondere ai seguenti quesiti:

Sono di adeguata velocità? Sono sufficientemente accurati (metria del movimento)? Iniziano correttamente (latenza del movimento)?

Un rallentamento saccadico, come il ritardo dell'occhio in adduzione nell'oftalmoplegia internucleare, può essere apprezzato quando il paziente è istruito a rifissare rapidamente due mire distanziate da uno spazio ampio.

Un'altra utile tecnica per rilevare un'adduzione lenta è l'impiego di un tamburo ottocinetico a mano ⁽¹⁾ o di un metro da sarta fatto scorrere alternativamente verso destra e verso sinistra, come per evocare il Nistagmo Ottocinetico o N.O.C. ⁽¹⁰⁾.

Le fasi rapide eseguite dall'occhio oftalmoplegico sono meno ampie e più lente.

Se il rallentamento saccadico si presenta solo su un piano di movimento, può essere facilmente apprezzato quando il paziente esegue i movimenti saccadici tra due oggetti posti obliquamente.

In tale evenienza, la componente rapida normale viene eseguita prima della componente diretta ortogonalmente, così che la traiettoria saccadica descrive due segmenti con un percorso a "L" ⁽⁵⁾.

Una dismetria saccadica può essere apprezzata valutando la direzione e l'entità dei saccadici correttivi eseguiti per riacquisire il target visivo.

Un'ipermetria saccadica diretta verso la sede di lesione si presenta in caso d'interessamento del peduncolo cerebellare inferiore, mentre un'ipermetria diret-

L'esame otoneurologico clinico della oculomotricità

ta controlateralmente alla sede di lesione può essere espressione di una lesione del peduncolo cerebellare superiore ⁽⁵⁾.

Tale dismetria può anche presentarsi con tentativi di rifissazione verticale dove la traiettoria saccadica devia lateralmente e necessita pertanto di un saccadico correttivo.

Poiché piccoli saccadici (fino a 1/2 grado) possono essere rilevati con un'attenta osservazione, la presenza di una dismetria saccadica può essere facilmente osservata nel corso di una bed-side examination ^(5,10). Molti individui normali mostrano un'ipometria (undershoot) di pochi gradi quando la distanza tra le mire è ampia ed un'ipermetria (overshoot) può presentarsi nelle saccadi centripete, specialmente nei movimenti di rifissazione eseguiti verso il basso. In questi casi la dismetria dovrebbe rapidamente risolversi con rifissazioni ripetute.

Le latenze saccadiche possono essere apprezzate con difficoltà, nell'esame clinico non strumentale dell'oculomotricità, notando il tempo necessario al paziente per dare inizio al movimento oculare.

Se la latenza delle saccadi appare deficitaria è utile osservare le modificazioni di sguardo e la strategia impiegata dal paziente allorché esegue movimenti combinati occhio/testa, al fine di rilevare se un movimento cefalico può facilitare la produzione di una saccade. Questa strategia è utilizzata da Pazienti affetti da aprassia oculomotoria ⁽⁵⁾.

L'effetto della fatica sui movimenti saccadici, come nella Miastenia Gravis, può essere testato chiedendo al paziente di rifissare ripetutamente due mire.

Durante i momenti di fissazione stazionaria della mira deve essere ricercata la presenza di altri movimenti oculari saccadici estranei (intrusioni saccadiche) e l'eventuale presenza di altri movimenti oculari patologici (flutter, opsocloni, onde quadre, nistagmo) espressioni di un deficit della statica e della funzione di fissazione visiva ⁽⁵⁾.

PURSUIT

I movimenti oculari di smooth pursuit sono caratterizzati da movimenti coniugati, lenti, che permettono una visione continua e distinta degli oggetti in movimento nell'ambiente visivo mantenendo stabile, col minimo errore, la loro proiezione sulla fovea.

Durante i movimenti cefalici, il sistema di smooth pursuit assiste il V.O.R. nel mantenere le immagini dell'ambiente circostante stazionarie e stabili sulla retina, collaborando inoltre con le risposte ottocinetiche.

La fissazione visiva di un oggetto stazionario è stata correlata allo smooth

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

pursuit di una mira che si muove a velocità zero, ma recenti evidenze suggeriscono che un meccanismo differente, **fissazione visiva**, sia coinvolto se l'oggetto non è in movimento ⁽⁵⁾.

Al fine di percepire al meglio un oggetto stazionario, la sua immagine deve proiettarsi stabilmente sulla fovea (intervallo di tolleranza di $\pm 0,4^\circ$).

La via generatrice del pursuit origina nella retina, raggiunge la porzione magnicellulare del nucleo genicolato laterale, la corteccia striata, le aree visive secondarie, il nucleo pontino dorsolaterale, il cervelletto, i nuclei vestibolari, la formazione reticolare del tronco encefalico ed i nuclei oculomotori.

Lesioni unilaterali lungo questa via producono un deficit prevalentemente ipsilaterale dei movimenti di smooth pursuit ⁽⁵⁾.

I campi visivi frontali contribuiscono agli smooth pursuit e sono importanti per la genesi di risposte a target con movimento prevedibile.

Lo stimolo principale per i movimenti di smooth pursuit è rappresentato dal movimento dell'immagine di un target visivo attraverso la retina, specie nelle regioni foveale e parafoveale, anche se stimoli non visivi (performance memorizzate, propriocezione) possono generare movimenti di smooth pursuit ⁽⁸⁾.

L'accuratezza (minimo errore asse visivo/target) definito come gain (velocità del movimento oculare/velocità del movimento della mira, in fase zero) rappresenta il parametro più sensibile ed evidente dei movimenti di smooth pursuit.

La performance di questi movimenti decresce con l'età ed è notevolmente influenzata dalla prevedibilità del movimento del target visivo, dallo stato di vigilanza e di attenzione e dall'attività sul S.N.C. di molte molecole farmacologiche.

Clinicamente, i movimenti di smooth pursuit possono essere testati invitando il paziente a seguire con lo sguardo una mira preferibilmente puntiforme che si muove nel campo visivo con andamento sinusoidale ($0,25 \div 1,0$ Hz) lungo i due assi del piano frontale, ad una distanza di circa un metro dagli occhi del paziente ⁽⁹⁾.

La presenza di una riduzione del gain si esprime con la comparsa di saccadici correttivi (catch-up saccades) il cui rilievo, se monodirezionale, è più utile per la diagnosi di una lesione a sede centrale di un semplice e globale decremento simmetrico ⁽⁵⁾.

Il numero e l'ampiezza degli inserimenti saccadici saranno proporzionali all'inefficacia del pursuit ⁽²⁾ ed al deficit della sua funzione ⁽⁵⁾.

Una riduzione del gain degli smooth pursuit è un reperto aspecifico presente anche in molte patologie neurologiche extravestibolari. Lesioni corticali specifiche determinano deficit distinti dei movimenti di smooth pursuit; fenomeni e strategie adattative compensano ed incrementano il gain in un occhio parietico; asimmetrie del pursuit durante la visione monoculare possono essere presenti in

L'esame otoneurologico clinico della oculomotricità

Pazienti con nistagmo latente; anomalie degli smooth pursuit si rilevano in individui con nistagmo congenito.

Una modesta riduzione dei movimenti di smooth pursuit va valutata criticamente, potendo essere facilmente generata da un'insufficiente attenzione o dall'assunzione di farmaci ed è di comune osservazione negli individui anziani.

In molti soggetti normali, nel corso dell'esame degli smooth pursuit, è rilevabile un'asimmetria dei movimenti verticali con maggiore facilità d'esecuzione per i movimenti diretti verso l'alto rispetto a quelli diretti verso il basso⁽⁵⁾.

Un importante deficit globale dei movimenti di smooth pursuit è caratteristico delle malattie degenerative cerebellari e tronco-cerebellari di varia eziopatogenesi, sebbene la sua "espressione patologica monotona e stereotipata, ossia una riduzione del gain con proporzionale incremento saccadico"⁽²⁾, sia scarsamente informativa in termini topodiagnostici centrali⁽³⁾.

Essendo precocemente e quasi costantemente alterati nella patologia neurologica, è elevata la loro utilità informativa nella diagnosi differenziale tra localizzazione centrale e periferica nell'ambito otoneurologico⁽²⁾.

Caratteristica del nistagmo congenito è presentare un'inversione del pursuit: movimento di inseguimento oculare diretto controlateralmente rispetto al movimento della mira⁽⁵⁾.

NISTAGMO OTTICO CINETICO

Il N.O.C. è caratterizzato da movimenti oculari rapidi di rifissazione (fase rapida - saccadici) alternati a movimenti di inseguimento (fase lenta - smooth pursuit) generati da uno stimolo rappresentato dalla ripetitività di un oggetto in movimento nel campo visivo.

Può essere pertanto considerato come espressione delle due sottofunzioni oculomotorie (saccadici e smooth pursuit) quando si realizzi quale riflesso da stimolo visivo foveale, condizione che si verifica nella pratica clinica allorquando non si possa attuare una stimolazione full-field, come avviene nell'ambito di una valutazione "bed-side".

In tale contesto il N.O.C. può essere correttamente evocato con l'impiego del noto tamburo di Barany (1906)⁽¹⁾ o più semplicemente tramite un metro da sarta fatto scorrere alternativamente, ad una congrua distanza dal paziente, in senso orizzontale (destra-sinistra) o verticale (alto-basso): con tale modalità si ricava un movimento oculare, che come già detto, esprime maggiormente la funzione del pursuit, ma che può fornire utili reperti informativi sulle vie visuo-vestibolo-oculomotorie^(2, 9, 10).

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Una prevalenza direzionale del N.O.C. può essere espressione di una prevalenza del V.O.R. omodirezionale non rivelata neanche dalla presenza di un nistagmo vestibolare latente ^(5,9).

Secondo Vicini e Campanini ⁽⁹⁾, il test può essere sensibilizzato studiando il paziente anche nei decubiti sfruttando così le interazioni utricolari del V.O.R. sul N.O.C..

La sensibilità del N.O.C. al fine di rivelare una sofferenza a sede centrale delle vie vestibolo-visuo-oculomotorie è più modesta rispetto ai test che impiegano stimoli foveali con movimento lento della mira (smooth pursuit), sebbene i test che impiegano il N.O.C. siano invece meno sensibili a fenomeni d'interferenza dovuti alla scarsa attenzione, ai farmaci od all'età ⁽⁸⁾.

Il N.O.C. può essere utilizzato come un test di valutazione crociata in caso di una riduzione dello smooth pursuit, condizione nella quale dovrebbe osservarsi una riduzione del guadagno di quest'ultimo.

Esistono tuttavia alcune situazioni nelle quali può realizzarsi una riduzione simmetrica del N.O.C. senza un corrispondente decremento dello smooth pursuit, come nella retinite pigmentosa ⁽⁸⁾, sebbene in tale condizione sia più corretto l'impiego di stimoli "full field", con i quali emerge l'efficacia della stimolazione extrafoveale.

Il N.O.C. può essere utilizzato per rilevare asimmetrie in caso di estese lesioni sopratentoriali emisferiche ^(5,9).

Nell'oftalmoplegia internucleare può essere osservata una disconiugazione del N.O.C. determinata da una prevalenza dei movimenti saccadici di abduzione nell'occhio controlaterale alla sede di lesione ^(7,9). Il suo impiego appare utile anche in caso di nistagmo congenito, dove può essere osservato il comportamento paradossale dell'"inversione" del N.O.C. (componenti saccadiche dirette ipsilateralmente alla direzione di scorrimento del metro) ^(6,10).

CONCLUSIONI

L'esame clinico-obiettivo non strumentale dell'oculomotricità permette una valutazione globale e quantitativa dei riflessi visuo-oculomotori, con una informatività direttamente correlata con la correttezza metodologica seguita e con l'esperienza dell'esaminatore.

L'impiego di questa modalità semeiologica, nell'ambito della diagnostica otoneurologica, appare giustificato da un lato dalla necessità di ottenere in questi Pazienti una valutazione dello stato funzionale della via finale comune attraverso cui si esplicano anche i movimenti oculari compensatori di genesi vestibolo-

————— *L'esame otoneurologico clinico della oculomotricità* —————

lare e dall'altro dalla possibilità di poter rilevare segni patognomonicici di sicuro od elevato significato topodiagnostico, con evidente beneficio sotto l'aspetto della strategia diagnostica da adottare (vedi necessità di ricorrere alle neuroimmagini).

L'accettabile efficienza diagnostica ed il conveniente rapporto costo-benefici rappresentano due elementi oltremodo convincenti che consigliano di non trascurare questo momento semeiologico soprattutto in quei Pazienti nei quali non siano evidenti o sufficientemente probanti altri elementi, della loro storia clinica, che indirizzino verso un giustificato orientamento per una sede periferica di lesione.

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Bibliografia

1. BARANY R.: *Einfluss der kopfstellung Mschr.* Orhen Heilk 40:260, 1906.
2. CAMPANINI A., VICINI C.: *Valutazione dei test per lo studio della oculomotricità* In: *L'interpretazione dei sintomi e dei segni vestibolari.* A cura di Pagnini P., Vannucchi P. Formenti, Milano. Firenze 1996.
3. DUFOUR A.: *Riflessi visuo-oculomotori* in: Dufour A. (Ed).Atti XIV giornata Italiana di nistagmografia clinica (Formenti, Milano), Castellamare di Stabia, 1994.
4. GUFONI M., DI NASSO F.: *Riflessi visuo-oculomotori.* Atti V giornata di vestibologia pratica (Formenti), Bologna, 1994.
5. LEIGH R. J., ZEE D.S.: *The neurology of eye movements.* 2° Edition, F.A. Davis Company, Philadelphia, 1991.
6. LE LIVIER W. C., BARBER H. O.: *Observation on optokinetic nystagmus in Patients with congenital nystagmus.* Otolaryngol head neck surg 89:110, 1981.
7. SMITH J.L., DAVID N.J.: *Internuclear ophtalmoplegie: two new clinical signs.* Neurology 14:307, 1964.
8. TELIAN S. A., SHEPARD N.T.: *Update on vestibular rehabilitation therapy.* Otolaryng. Clin. North Am. 1996 Apr.; 29(2):359-71 Review.
9. VICINI C., CAMPANINI A.: *Razionale per uno screening otoneurologico clinico* In: *diagnosi e trattamento dei disturbi dell'equilibrio* (a cura di S. Cesarani e D. Alpini). Mediamix edizioni scientifiche, 1989.
10. VICINI C., Campanini A.: *La vestibologia "non E.N.G."* Atti X Giornata Italiana di Nistagmografia Clinica, Formenti, Milano. Sorrento 1990.
11. ZEE D.S.: *Bed-side evaluation of the dizzy Patient.* In: *Advances in otoneurology.* (Passali D. e Nuti D. (Editors), Siena, 1995.

L'ESAME OTONEUROLOGICO CLINICO: IL NISTAGMOSPONTANEO-POSIZIONALE

Giacinto Asprella Libonati

Il nistagmo di posizione rappresenta un segno semeiologico unanimemente riconosciuto come di fondamentale importanza dalla stragrande maggioranza degli Autori al fine di una corretta diagnosi otoneurologica.

Meno concordi sono i pareri sulla definizione e sulla modalità di ricerca di tale nistagmo, così come sul suo inquadramento classificativo nei riguardi dei nistagmi spontanei e di posizionamento.

È evidente che il limite di ogni classificazione, come anche quella del nistagmo spontaneo/di posizione, sia insito nel fatto stesso di dover forzatamente distinguere manifestazioni diverse di uno stesso fenomeno biologico e/o fisico, al fine di consentirne una sistematizzazione, utile a fini descrittivi/didattici, ma pur sempre limitata dal rigore di schemi classificativi, artificialmente rigidi.

Al di là delle innumerevoli proposte classificative del nistagmo di posizione avanzate dai vari Autori in letteratura (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 17, 18, 20), traspare, in ognuna di queste, l'intenzione abbastanza unanime di voler suggerire una metodologia diagnostica che consenta di mettere in luce l'influenza gravitazionale sul sistema maculare, identificando dei patterns di risposta nistagmica indotti e/o modificati dal diverso orientamento spaziale del capo, e quindi delle macule.

Una visione di più ampio respiro è stata proposta negli ultimi 10 anni da Pagnini e coll. (14, 16), con un approccio all'esame dei nistagmi rivelati definito dagli stessi "eterodosso": superando la distinzione fra nistagmo spontaneo, di posizione e di posizionamento, viene definito "ny spontaneo-posizionale" quel ny presente in posizione primaria dello sguardo, ed osservato in 5 posizioni statiche (raggiunte cioè lentamente): seduto, supino, fianco destro, fianco sinistro, Rose, e due posizionamenti dinamici (raggiunti con movimento rapido): Dix-Hallpike destro e sinistro.

Considerata la grande variabilità di quadri di risposta nistagmica sia a manovre posizionali lente che a posizionamenti rapidi, sostenuti da una molteplicità di meccanismi patogenetici a monte, (imbalance funzionale dei due emisistemi

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

vestibolari, a partenza periferica o centrale, interazione otolitico-canalare, alterata dinamica cupulo-endolinfatica, ad es. da otolitiasi, ecc.), una utile semplificazione classificativa, potrebbe essere quella di distinguere i nistagmi in base alle manovre evocative utilizzate per elicitarli ⁽⁸⁾. Parleremo quindi di nistagmi rivelati da manovre di posizionamento rapido per quei nistagmi evocati da manovre che comportino bruschi cambiamenti di posizione, e quindi sollecitazioni cinetiche che applichino accelerazioni più o meno elevate (ad es. Dix-Hallpike, Semont, Pagnini-McClure), e nistagmi di posizione, osservati dopo il lento raggiungimento, e dal mantenimento, della posizione, senza significative stimolazioni cinetiche, e nella cui osservazione entri in gioco, quindi, lo studio della sola influenza gravitazionale sul sistema maculare, riservando, infine, la definizione di nistagmo spontaneo a quello osservabile in posizione seduta, senza cambiamenti lenti o rapidi di posizione.

COME SI OSSERVA IL NISTAGMOSPONTANEO/POSIZIONALE

Condizioni ambientali di osservazione:

va osservato in condizioni di semi oscurità, e con un sistema che consenta di eliminare la fissazione visiva: occhiali di Frenzel debolmente illuminati, o Video-oculoscopia all'infrarosso (VOS-IR).

La VOS-IR amplifica la sensibilità dell'esame, abbassandone la specificità; aumenta cioè il rischio di falsi positivi, di vedere molti nistagmi, forse "troppi" ⁽¹⁹⁾; per cui è di grande aiuto solo dopo un congruo allenamento al riconoscimento del nistagmo con gli occhiali di Frenzel.

La registrazione ENG non riveste, abitualmente, un ruolo di grande utilità clinica nello studio del nistagmo di posizione.

È importante ricordare che per ogni ny rivelato bisognerà verificare, in corso di esame, l'influenza della fissazione visiva nel modificarne le caratteristiche.

Condizioni oculari in cui osservarlo:

il nistagmo di posizione va osservato ad occhi aperti (la chiusura degli occhi può ingenerare il noto fenomeno di Bell), ed in posizione primaria, cioè centrale, dello sguardo.

Posizioni in cui osservarlo:

vanno testate le posizioni in cui lo stimolo gravitazionale abbia la sua massima influenza sull'apparato otolitico maculare: supino, fianco destro, fianco sinistro, Rose. Classicamente si potrebbe continuare a riservare al solo ny osservato in posizione seduta la definizione di ny spontaneo, o inglobare quest'ultimo nel concetto più generale di ny spontaneo/posizionale introdotto da Pagnini.

————— *L'esame otoneurologico clinico: il nistagmo spontaneo-posizionale* —————

Durata dell'osservazione:

ciascuna posizione va mantenuta ed osservata per diversi minuti (non meno di due minuti per posizione), al fine di cogliere variazioni delle caratteristiche qualitative e temporali dei nistagmi eventualmente osservati.

Caratteristiche del nistagmo da osservare:

è possibile dividerle, seguendo un criterio di priorità, in due gruppi: criteri maggiori e criteri minori (tabella 1).

a) Criteri maggiori:

- Durata del nistagmo:
ny persistente o ny transitorio (tabella 2).
- Andamento temporale della frequenza del nistagmo:
ny stazionario e ny parossistico (tabella 2).
- Morfologia ed orientamento spaziale del nistagmo:
ny rettilinei (orizzontali, verticali, obliqui), ny rotatori (orari, antiorari),
ny misti (orizzontali-rotatori, orizzontali con componente obliqua,
rotatori con componente verticale, ecc.) (tabella 3).
- Correlazione fra asse/direzione del nistagmo e posizione di osservazione:
ny a direzione fissa (mono-direzionale) e ny a direzione variabile
(pluri-direzionale); ny mono-posizionale e pluri-posizionale (tabella 4).
- Direzione del nistagmo rispetto al campo gravitazionale o geotropismo:
ny geotropo, ny apogeotropo, ny ageotropo (tabella 4).
- Comportamento della intensità del nistagmo rispetto al campo gravita-
zionale:
rinforzo apogeotropo; inibizione geotropa.
- Inibizione del nistagmo sotto fissazione visiva.

b) Criteri minori:

- Velocità delle due fasi:
nistagmi bifasici e nistagmi pendolari.
- Congruenza:
nistagmi congruenti e non congruenti o dissociati.
- Ampiezza.
- Ritmo.
- Latenza.
- Faticabilità.
- Vertigine associata e corredo neurovegetativo.

La corretta interpretazione otoneurologica del nistagmo di posizione non può, ovviamente, prescindere in alcun modo dal tenere in considerazione una

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

accurata anamnesi mirata, i sintomi associati e l'evoluzione clinica, che consentano, attraverso una valutazione globale del paziente, un corretto e completo inquadramento del problema otoneurologico.

DEFINIZIONE DEI CARATTERI DEL NISTAGMO SPONTANEO/POSIZIONALE

Durata del nistagmo

Il nistagmo posizionale può presentarsi per tutta la durata dell'osservazione nella singola posizione testata (in genere per più di due minuti), in tal caso viene definito *ny persistente*.

Si parla, invece, di *ny transitorio* se ha una durata limitata, inferiore al periodo di osservazione nella singola posizione testata, per cui si esaurisce spontaneamente. La definizione di "ny transitorio" si contrappone quindi a quella di "ny persistente".

Andamento temporale della frequenza

Il nistagmo posizionale *stazionario* è un nistagmo che non modifica le sue caratteristiche di frequenza per tutta la durata della sua osservazione nella posizione testata; potrà ovviamente essere persistente o transitorio. Il nistagmo posizionale *parossistico* presenta un rapido incremento della frequenza immediatamente successivo alla sua comparsa, una fase di plateau, ed un successivo decremento, in genere più graduale dell'incremento iniziale. Il ny parossistico si contrappone per definizione al ny stazionario, e spesso viene assimilato al ny di posizionamento, in quanto evocabile con le manovre di posizionamento rapido per la VPPB. In realtà, a volte, anche il raggiungimento molto lento delle posizioni utilizzate per ricercare il ny di posizione può scatenare un ny parossistico tipico da VPPB. Per cui il criterio da considerare è il parossismo del ny.

Morfologia ed orientamento spaziale del nistagmo

Nella descrizione di un nistagmo è sicuramente indispensabile definire la morfologia e l'orientamento spaziale del movimento oculare bifasico che lo caratterizza. I movimenti nistagmici vengono abitualmente osservati, con buona approssimazione, sotto una prospettiva bidimensionale, in cui, cioè, si analizza il movimento della pupilla in un piano; tale piano è assimilabile, al piano coronale passante per la linea bi-pupillare. La morfologia della traiettoria del movimento oculare in tale piano, consente di distinguere *nistagmi rettilinei* e *nistagmi rotatori* (a traiettoria circolare). I nistagmi rettilinei sono poi definibili in base all'asse, giacente nel piano precedentemente definito, nel quale si compie il movimento (meno corretto, pur se correntemente utilizzato, è dunque il termine di

————— *L'esame otoneurologico clinico: il nistagmo spontaneo-posizionale* —————

“piano” del ny). Parleremo, quindi, di *nistagmi orizzontali* per quelli orientati sull'asse bi-pupillare, di *nistagmi verticali* se orientati su di un asse perpendicolare al precedente, ed *obliqui* per i nistagmi a traiettoria intermedia tra quelle individuate dai due precedenti assi cardinali. La direzione del nistagmo, indicata dalla fase rapida, potrà essere destra o sinistra per il ny orizzontale, in basso od in alto per il ny verticale, i ny obliqui potranno essere diretti, infine, in alto a destra o in alto a sinistra, oppure in basso a destra o in basso a sinistra.

I *nistagmi rotatori* sono invece definiti da una traiettoria circolare, giacente nello stesso piano descritto in precedenza, con direzione oraria od antioraria.

Potranno coesistere diverse componenti morfologiche, cosiddetti *nistagmi misti*, ad es. nistagmi rotatori con componente verticale, nistagmi orizzontali con componente obliqua, nistagmi orizzontali con componente rotatoria ecc..

Correlazione fra asse/direzione del nistagmo e posizione di osservazione

Il nistagmo che non cambia asse e/o direzione nelle diverse posizioni testate viene definito *nistagmo a direzione fissa*; quest'ultimo potrà essere osservato in una sola posizione (*ny a direzione fissa mono-posizionale*), o in più posizioni (*ny a direzione fissa pluri-posizionale*: bi-posizionale, tri-posizionale). Il nistagmo che cambia asse e/o direzione nelle diverse posizioni di osservazione viene definito *nistagmo a direzione variabile*, ed in base al numero di posizioni in cui lo si osserva si parlerà di *ny bi-posizionale* (bi-direzionale se cambia direzione sullo stesso asse), *tri-posizionale* (tri-direzionale se cambia direzione e/o asse nelle tre posizioni in cui é presente).

Direzione del nistagmo rispetto al campo gravitazionale o geotropismo

Le caratteristiche del nistagmo in funzione dell'orientamento del capo rispetto al campo gravitazionale individuano il cosiddetto geotropismo del nistagmo.

In particolare si definisce un *nistagmo geotropo* quando la fase rapida batte nella stessa direzione del vettore gravitazionale. Pertanto, per quanto attiene i nistagmi rettilinei, sono geotropi il ny orizzontale destro in fianco destro, il ny orizzontale sinistro in fianco sinistro, il ny verticale in alto (up beat nystagmus) in posizione di Rose, il ny verticale in basso (down beat nystagmus) in posizione seduta; per i nistagmi rotatori, si prende come riferimento il punto pupillare a ore 12, per cui si definisce geotropo il ny rotatorio antiorario in fianco destro, ed orario in fianco sinistro.

Il *nistagmo apogeotropo* è un ny che batte in direzione inversa a quella del vettore gravitazionale. Per i nistagmi rettilinei: il ny orizzontale destro in fianco sinistro, il ny orizzontale sinistro in fianco destro, il ny verticale in basso (down beat nystagmus) in Rose, il ny verticale in alto (up beat nystagmus) in posizione seduta; per i ny rotatori: il ny orario in fianco destro, il ny antiorario in fianco sinistro.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

I nistagmi, infine, che non abbiano alcun rapporto con l'orientamento del vettore gravitazionale sono definiti *ageotropi*.

Comportamento della intensità del nistagmo rispetto al campo gravitazionale

A causa della cosiddetta interazione otolito-canalare, un nistagmo può modificare le proprie caratteristiche di intensità in base all'orientamento rispetto al campo gravitazionale: in genere si assiste ad un incremento di intensità quando il nistagmo sia orientato con la fase rapida che batte in direzione opposta a quella del vettore gravitazionale (*rinforzo apogeotropo*); si osserva, invece, un decremento di intensità quando la fase rapida batte nella stessa direzione del vettore gravitazionale (*inibizione geotropa*).

Inibizione sotto fissazione visiva

Per ogni nistagmo di posizione, ed in particolar modo, ovviamente, per i nistagmi persistenti, si dovrà verificarne il modificarsi delle caratteristiche sotto fissazione visiva. A tale scopo è sempre utile utilizzare una mira in ambiente illuminato posta a circa venti centimetri di distanza dal soggetto, per eliminare fenomeni di vergenza oculare. I nistagmi di origine periferica (labirintica, ma anche nucleare) subiscono una inibizione durante la fissazione visiva (efficienza dell'arco riflesso retino-cerebello-vestibolo-oculomotorio). Al contrario i nistagmi di origine centrale non vengono inibiti dalla fissazione visiva. Si tenga conto, tuttavia, che nistagmi di elevata intensità, anche se di origine periferica, subiscono una inibizione parziale, ma non una soppressione, a seguito della fissazione visiva, manifestando una riduzione di ampiezza, associata, spesso, ad un incremento di frequenza.

Velocità delle due fasi

Parlando di nistagmo di posizione si fa riferimento, usualmente, ad un nistagmo bifasico, caratterizzato, cioè, da un movimento oculare lento degli occhi, fase lenta, cui segue un rapido richiamo in direzione opposta, fase rapida. Il nistagmo pendolare è, invece, un ny spontaneo, in genere congenito, poco influenzato dai test di posizione, caratterizzato da due fasi lente di opposta direzione.

Congruenza

Si parla di *nistagmi congruenti* e *nistagmi non congruenti o dissociati* a seconda che il movimento oculare abbia caratteristiche morfologiche identiche o meno nei due occhi. Ritenuto in passato come parametro distintivo fra periferia e centralità, attualmente ha perso tale carattere di importanza diagnostica, se non inserito nel contesto di una valutazione clinica globale. Infatti basti pensare ai nistagmi da VPPB dei canali verticali, tipicamente dissociati.

Ampiezza

L'ampiezza indica l'entità dell'escursione della scossa nistagmica. Non ha un

————— *L'esame otoneurologico clinico: il nistagmo spontaneo-posizionale* —————

grande significato semeiologico in quanto, soprattutto nella patologia periferica, è soggetta a variare in funzione dell'evoluzione temporale della patologia stessa.

Ritmo

Tale parametro era ritenuto in passato di una certa importanza, attribuendo al nistagmo che ne presentasse una alterazione, un carattere di tipo centrale. Attualmente ha perso gran parte della sua importanza diagnostica, essendo un parametro difficilmente valutabile (necessità di registrazione), e di incerta interpretazione, a causa di una estrema variabilità in funzione delle condizioni di indagine, delle condizioni psichiche e di vigilanza del paziente e dell'eventuale assunzione di farmaci.

Latenza

La latenza del nistagmo di posizione è il tempo che intercorre dal momento in cui è stata assunta la posizione da testare e la comparsa del nistagmo.

Normalmente i nistagmi di posizione hanno scarsa o nessuna latenza. Possono fare eccezione quei nistagmi sottesi da una VPPB (cupulo/canalolitiasi), ma rivelati ugualmente durante la ricerca del nistagmo di posizione, con una latenza anche di molti secondi.

Faticabilità

La ripetizione di un test posizionale può rivelare la caratteristica di un nistagmo di essere o meno fatigabile, cioè di manifestare un decremento di intensità. Generalmente i nistagmi di posizione sono poco fatigabili, con la eccezione di quelli ad origine periferica con meccanismo da cupulo/canalolitiasi, in particolare da interessamento del canale semicircolare posteriore (CSP).

Vertigine associata e corredo neurovegetativo

Essendo un parametro soggettivo è sottoposto a grande variabilità ed incertezza di interpretazione. Pur tuttavia, in via generale, si osserva una maggiore intensità della vertigine e del corredo neurovegetativo associati ai nistagmi di origine periferica rispetto a quelli di origine centrale.

L'INTERPRETAZIONE DEL NISTAGMO SPONTANEO/POSIZIONALE

È innegabile che l'attenta ricerca del nistagmo di posizione rappresenti un elemento essenziale della valutazione otoneurologica clinica (non strumentale) del paziente. Il significato dei parametri osservati non è spesso univoco, e l'interpretazione diagnostica del ny di posizione non può prescindere da un inquadramento diagnostico completo del paziente, che tenga conto di una accurata anamnesi, degli eventuali sintomi associati, dell'evoluzione clinica.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Nel contesto di un simile modello interpretativo globale la valutazione del nistagmo di posizione potrà aiutare ad indirizzare la diagnosi fra forme di patologia periferica e centrale.

I nistagmi *transitori* sono, in genere, di origine periferica, ed in particolare se presentano i caratteri di *parossismo*. Questi ultimi, ovviamente, se comparsi durante i test di posizione, dovranno essere ricercati con i posizionamenti diagnostici specifici, per evidenziarne i caratteri di tipicità, che confermino una diagnosi di VPPB. I *nistagmi transitori stazionari* (quindi non parossistici), possono indirizzare la diagnosi verso un problema periferico: ad es. in assenza di ny in posizione seduta, la comparsa di un nistagmo orizzontale al raggiungimento della posizione supina potrà essere indicativa di una canalolitiasi di un canale semicircolare orizzontale (CSL). Tale nistagmo può avere, a volte, una durata prolungata, tanto da apparire come persistente. L'esecuzione delle manovre diagnostiche per la VPPB del CSL servirà, ovviamente, per confermare la diagnosi. Ancora ny transitori stazionari possono comparire nelle altre posizioni di ricerca del ny di posizione, ed essere espressione di una fase post-critica di una VPPB. L'anamnesi, ed il completamento della valutazione clinica, consentiranno la diagnosi.

I *nistagmi stazionari persistenti* dovranno essere interpretati in base alla direzione, alla posizione di comparsa ed al geotropismo.

Il *nistagmo stazionario persistente a direzione fissa* può essere mono-posizionale o pluri-posizionale.

Il *nistagmo stazionario persistente a direzione fissa mono-posizionale*, quando si presenta come ny orizzontale/bifasico/apogeotropo, può essere espressione sia di patologia periferica che centrale. Può infatti essere indice di un deficit labirintico in fase di compenso, in cui, quindi, il nistagmo, ridotto di intensità, sia evidenziabile solo quando il paziente venga posto sul lato patologico, a causa del rinforzo apogeotropo da input maculare: ny stazionario persistente mono-posizionale di origine periferica; può, invece, essere espressione di una lesione dei nuclei vestibolari in fase di compenso, in cui permanga un ny rivelato dal rinforzo apogeotropo: ny stazionario persistente mono-posizionale di origine centrale, il cui compenso, rispetto a quello di origine periferica, ha durata sicuramente maggiore. Mentre nei due casi precedenti il *ny stazionario persistente a direzione fissa mono-posizionale* rappresenta l'evoluzione clinica di un ny a direzione fissa pluri-posizionale in via di esaurimento, altre volte può presentarsi ab initio come tale, essendo ancora una volta possibile espressione sia di patologia periferica che centrale. Può, infatti, presentarsi in caso di asimmetria funzionale labirintica di lieve entità, con ny sub-clinico, slatentizzato dal rinforzo apogeotropo da input maculare, oppure può ancora manifestarsi in presenza di una sof-

————— *L'esame otoneurologico clinico: il nistagmo spontaneo-posizionale* —————

ferenza funzionale a livello troncoencefalico di un emisistema vestibolare, da insufficienza vertebro-basilare, con ny sub-clinico rivelato dal potenziamento da input maculare in posizione apogeotropa. Il nistagmo stazionario persistente a direzione fissa mono-posizionale, verticale in basso/apogeotropo, è quasi sempre espressione di patologia centrale. Infatti, il ny verticale che batte in basso in posizione di Rose (down beat nystagmus) è altamente suggestivo per patologie centrali a sede sottotentoriale.

Possono fare eccezioni forme di VPPB dei canali verticali in fase post-critica, o in via di risoluzione, o ancora da interessamento bilaterale simultaneo dei due sistemi di canali verticali. Sarà ovviamente l'anamnesi, coadiuvata da una valutazione clinica dei sintomi associati, a dirimere la diagnosi, con l'eventuale ausilio di indagini per immagine (TC; RMN).

Il nistagmo stazionario persistente a direzione fissa mono-posizionale geotropo è in generale più raro. Nella forma orizzontale è più spesso associato a forme centrali; più raramente lo si può osservare in fase post-critica di VPPB del CSL, ma l'anamnesi è fortemente dirimente ai fini diagnostici. Il ny verticale in alto/geotropo (up beat ny), più raro del down beat ny, è più facilmente osservabile in posizione seduta che in Rose, per il rinforzo apogeotropo; è espressione di patologia centrale e, nella nostra esperienza, a volte permane dopo traumi cranici e/o distorsivi del rachide cervicale, e nella fase post-critica di alcune vertigini emicraniche.

Il nistagmo stazionario persistente a direzione fissa pluri-posizionale può essere espressione anch'esso sia di patologia periferica che centrale. Un deficit labirintico in fase acuta/sub-acuta, presenterà un ny spontaneo orizzontale o orizzontale-rotatorio, che batte verso l'orecchio sano, e che si modifica in base alla posizione assunta per l'interazione otolito-canalare, rinforzo apogeotropo e inibizione geotropa. Inizialmente, essendo più intenso, sarà pluri-posizionale, quindi, man mano che subentrano i fenomeni di compenso centrale, tenderà a scomparire nel decubito sul lato sano (inibizione geotropa), per diventare, infine, mono-posizionale, evidenziabile solo in condizioni di rinforzo apogeotropo. Ai fini della diagnosi differenziale fra nistagmi (stazionari persistenti a direzione fissa pluri-posizionali) di origine periferica o centrale, si tenga conto che questi ultimi hanno più frequentemente direzione verticale, obliqua, rotatoria, o mista tra le precedenti, presentano tempi di compenso più lunghi e, soprattutto, non subiscono alcuna inibizione al test di soppressione visiva.

Il nistagmo stazionario persistente a direzione variabile è, per definizione, sempre pluri-posizionale, essendo caratterizzato, infatti, dal mutare della direzione della scossa nistagmica con il variare della posizione.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

In questo gruppo di nistagmi grande importanza topo-diagnostica rivestono due entità semeiologiche descritte in letteratura: *il nistagmo bipozionale, bidirezionale, orizzontale, apogeotropo*, ed *il nistagmo tripozionale, tridirezionale, apogeotropo* ⁽¹⁵⁾. Il primo si manifesta con nistagmo orizzontale destro in fianco sinistro, e ny orizzontale sinistro in fianco destro; il secondo presenta in aggiunta un ny down beat in posizione di Rose. In entrambe le forme il ny è stazionario, persistente, a scosse piccole, non ha latenza, non è associato a vertigine, è più spesso simmetrico, raramente più intenso in una delle posizioni. Sono entrambi espressione di patologia centrale, a sede per lo più sottotentoriale. La diagnosi differenziale per il nistagmo bipozionale, bidirezionale, orizzontale apogeotropo va posta con una VPPB del CSL apogeotropo, che notoriamente può presentarsi con nistagmo non parossistico, a volte simmetrico sui due lati, e di durata, in alcuni casi, anche molto prolungata. Utile sarà, oltre alla valutazione clinico/anamnestica completa del paziente, la ripetizione più volte dei posizionamenti diagnostici per la VPPB del CSL, eventualmente anche dopo un energico head shaking.

Il nistagmo bipozionale, bidirezionale, orizzontale può presentarsi in forma geotropo. Ha significato ancora di centralità (probabile coinvolgimento del nucleo vestibolare mediale), ma va differenziato da fasi post-critiche di VPPB del CSL geotropo. Ancora una volta utile è la valutazione dell'anamnesi (episodi di vertigine intensa posizionale, con corredo neurovegetativo), la valutazione di sintomi e/o elementi semeiologici di tipo centrale eventualmente associati, l'evoluzione temporale.

Un tipico nistagmo orizzontale, bidirezionale, bipozionale, è caratteristico dopo assunzione acuta di alcool. L'alcool è più leggero dell'endolinfa, per cui, quando il livello di alcolemia si avvicina ai 40 mg/dl, diffondendo prima nelle cupole ampollari, le rende più leggere dell'endolinfa, trasformando, così, il sistema cupola/endolinfa in un recettore sensibile alla gravità. Per cui circa trenta minuti dopo l'assunzione acuta di alcool, e per le successive tre quattro ore, si evidenzia un nistagmo orizzontale, bidirezionale, bipozionale geotropo (PAN I). Dopo un periodo silente variabile dalle 3 alle 5 ore, si assiste ad una inversione del nistagmo, che diventa apogeotropo (PAN II), a causa della diffusione dell'alcool al di fuori dalla cupola, che diventa temporaneamente più pesante dell'endolinfa. Altre forme di nistagmo posizionale attribuibili a cause che determinino, come nel nistagmo post-alcolico, una variazione del peso specifico relativo fra cupola ed endolinfa (buoyancy hypothesis), sono il ny posizionale da ingestione di acqua pesante (ossido di deuterio), il ny posizionale da glicerolo, il nistagmo posizionale da macroglobulinemia (malattia di Waldenström).

————— *L'esame otoneurologico clinico: il nistagmo spontaneo-posizionale* —————

CONCLUSIONI

È evidente, da quanto fin qui esposto, che l'analisi isolata del nistagmo di posizione non sia di per sé esaustiva al fine di una completa e corretta diagnosi otoneurologica, ma va ad utile ed imprescindibile integrazione di una accurata indagine anamnestica, della valutazione dei segni clinici associati e della osservazione dell'evoluzione temporale di tali elementi. È tuttavia altresì indiscutibile l'enorme valore orientativo nel percorso diagnostico, di una attenta e paziente valutazione di tale strumento semeiologico, il cui inserimento nella routine quotidiana dell'esame del paziente otoneurologico consente, senz'altro, di indirizzare la valutazione clinica, riducendo, a volte, l'esecuzione di molti esami strumentali inutili, dispendiosi, potenzialmente pericolosi e certamente non piacevoli per il paziente.

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

Caratteristiche del nistagmo di posizione da osservare	
<i>Criteria maggiori</i>	<i>Criteria minori</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Durata del ny. • Andamento temporale della frequenza del ny. • Morfologia ed orientamento spaziale del ny. • Correlazione fra asse/direzione del ny e posizione di osservazione. • Direzione del ny rispetto al campo gravitazionale o geotropismo. • Comportamento della intensità del ny rispetto al campo gravitazionale. • Inibizione sotto fissazione visiva. 	<ul style="list-style-type: none"> • Velocità delle due fasi. • Congruenza. • Ampiezza. • Ritmo. • Latenza. • Faticabilità. • Vertigine associata e corredo neurovegetativo.

Tabella 1

DURATA E ANDAMENTO TEMPORALE DELLA FREQUENZA DEL NISTAGMO DI POSIZIONE	
DURATA	PERSISTENTE TRANSITORIO
FREQUENZA	STAZIONARIO PAROSSISTICO

Tabella 2

————— *L'esame otoneurologico clinico: il nistagmo spontaneo-posizionale* —————

MORFOLOGIA ED ORIENTAMENTO SPAZIALE DEL NISTAGMO		
MORFOLOGIA	ASSE	DIREZIONE
NYRETTILINEI	ORIZZONTALI	DESTRA- SINISTRA
	VERTICALI	IN ALTO – IN BASSO
	OBLIQUI	IN ALTO/ADESTRAO IN ALTO/ASINISTRA IN BASSO/ADESTRAO IN BASSO/ASINISTRA
NYROTATORI		ORARIA - ANTIORARIA
NYMISTI	VARIACOMBINAZIONE FRAMORFOLOGIA, ASSE E DIREZIONE	

Tabella 3

CORRELAZIONE FRAASSE/DIREZIONE, POSIZIONE DI OSSERVAZIONE E GEOTROPISMO DEL NISTAGMO		
DIREZIONE	POSIZIONE	GEOTROPISMO
NY A DIREZIONE FISSA	MONOPOSIZIONALE PLURIPOSIZIONALE	GEOTROPO APOGEOTROPO
NY A DIREZIONE VARIABLE	BIPOSIZIONALE TRIPOSIZIONALE	GEOTROPO APOGEOTROPO

Tabella 4

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Bibliografia

1. ASCHAN G., BERGSTEDT J., STAHL J.: *Recording of nystagmus in clinical neurological examination*. Acta Otolaryngol., Suppl. 129, 1956.
2. BALOH R.W., HONRUBIA V.: *Clinical Neurophysiology of the Vestibular System*. Oxford University Press, C.N.S., New York, III ed., 2001.
3. BARBER H.O., STOCKWELL C.W.: *Paroxysmal Positional Nystagmus*. In: Manual of Electronystagmography. Chap 8, 153-158, The C.V. Mosby Company, St. Louis, Toronto, London, 1980.
4. BRANDT T.: *Vertigo: Its Multisensory Syndromes*. Springer-Verlag, London, 1991.
5. BRANDT T.: *Background, Technique, Interpretation, and Usefulness of Positional and Positioning Testing*. In: Handbook of Balance Function Testing. Ed. Jacobson G.P., Newman C.W., Kartush J.M., chap. 7, 123-155, Mosby Year Book, St. Louis, 1993.
6. CAWTHORNE T.: *Positional nystagmus*. Ann. Otol., 63, 481-490, 1954.
7. DUFOUR A., MIRA E, PIGNATARO O.: *Otoneurologia clinica*. CRS Amplifon, Milano, 1993.
8. GIANNONI B., VANNUCCHI P.: *L'interpretazione del nistagmo di posizionamento*. In: L'interpretazione dei sintomi e dei segni vestibolari. VI Giornata di Vestibologia Pratica; 103-115; Formenti, Milano 1996.
9. HONRUBIA V.: *Quantitative Vestibular Function Tests and the Clinical Examination*. In: Vestibular Rehabilitation. Ed. Herdman S.J., chap. 7, 111-164, F.A. Davis Company, CPR, Philadelphia, 1994.
10. JONGKEES L.B.W.: *On positional nystagmus*. Acta Otolaryng (Stockh), Suppl., 159, 78-83, 1961.
11. KATSARKAS A.: *Positional Nystagmus: a Clinical Diagnostic Sign*. In: The Vestibular System: Neurophysiologic and Clinical Research. Ed. Graham M.D. and Klunink J.L., Raven Press, New York, 315-324, 1987.
12. LEIGH R.J., ZEE D.S.: *The Neurology of Eye Movements*. F.A. Davis Company, CPR, Philadelphia, II ed., 1991.
13. NYLEN C.O.: *Positional nystagmus. A review and future prospects*. J. Laryngol. and Otol., 64, 295-318, 1950.
14. PAGNINI P., GIANNONI B., VANNUCCHI P.: *Il nistagmo spontaneo posizionale*. In: Semeiotica otoneurologica. XVII Giornata Italiana di Nistagmografia Clinica; 121-135; Formenti, Milano, 1997.
15. PAGNINI P., PALMERI G., CIPPARRONE L.: *Il ny orizzontale bidirezionale e apogeotropo tridirezionale: due realtà semeiologiche*. Acta Otorhinol. Ital., 12, 45-53, 1992.
16. PAGNINI P., VANNUCCHI P., NUTI D.: *Il nistagmo spontaneo-posizionale: visione ortodossa o eterodossa? In: 10 anni di E.N.G.: revisione critica*. Approccio clinico otoneurologico ieri e oggi. X Giornata Italiana di Nistagmografia Clinica; 39-78; Formenti, Milano, 1990.
17. RUDGE P.: *The significance of neuro-otological abnormalities*. In: Clinical Neuro-Otology, Churchill Livingstone, 1983.

————— *L'esame otoneurologico clinico: il nistagmo spontaneo-posizionale* —————

18. UEMURA T., SUZUKY I., HOZAWA J., HIGSTEIN S.M.: *Semeiotica otoneurologica*. A cura di A. Biserni, Ed. Verduci, 1982.
19. VANNUCCHI P., GIANNONI B.: *Interpretazione del nistagmo posizionale*. In: *L'interpretazione dei sintomi e dei segni vestibolari*. VI Giornata di Vestibologia Pratica. 91-99; Formenti, Milano, 1996.
20. ZEE D.S., FLETCHER W.A.: *Bedside Examination*. In: *Disorders of the Vestibular System*. Ed. Baloh R.W., Halmagyi G.M., chap. 16, 178-190, Oxford University Press, New York, 1996.

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

L'ESAME OTONEUROLOGICO CLINICO: LA RICERCA DEL NISTAGMO EVOCATO DA MANOVRE OCULARI

Beatrice Giannoni

Definizione e metodologia di indagine

I nistagmi evocati da manovre oculari costituiscono un gruppo a parte rispetto a quello dei nistagmi spontanei (o spontaneo/posizionali), sia perché tali reperti hanno aspetti morfologici e significato topodiagnostico completamente diversi, sia perché per evidenziarli è necessario far compiere al paziente in esame alcune manovre che comportano la deviazione degli occhi dalla posizione centrale di sguardo ⁽⁹⁾.

Sotto la dizione di nistagmo evocato da manovre oculari vengono raggruppati il **nistagmo da sguardo eccentrico** (gaze evoked ny) ed il **nistagmo di rimbalzo** (rebound ny). E' conseguente che le manovre oculari che durante l'esame clinico facciamo compiere al paziente sono quelle di deviazione oculare (laterale o verticale) e quella di rimbalzo, quest'ultima nota anche come manovra di Hood ⁽⁴⁾, dal nome dell'autore che per primo l'ha descritta.

Si fa compiere al paziente una manovra di **deviazione oculare** per evocare un nistagmo da sguardo eccentrico, quando gli si fa deviare lo sguardo dalla posizione primaria (neutrale) verso quelle laterali (destra o sinistra) o verticali (alto o basso).

Si può chiedere di spostare lo sguardo in direzione di una mira visiva, ed in questo caso eseguiremo il test in condizioni di fissazione visiva, o verso una mira immaginaria, esaminando i reperti al buio o sotto occhiali di Frenzel, in assenza cioè di fissazione.

Nell'esecuzione di tali manovre oculari è necessario che la deviazione oculare non superi l'angolazione di 30 gradi, affinché non si osservino reperti di significato fisiologico che rischiano di essere mal interpretati.

La posizione eccentrica deve essere mantenuta per almeno 20 secondi trascorsi i quali possiamo eseguire la **manovra di rimbalzo**, cioè chiedere al paziente di riportare rapidamente gli occhi in posizione primaria; anche in questo caso tale

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

manovra si può eseguire in direzione di una mira visiva reale o immaginaria, sempre centrale, dove si osserverà l'eventuale comparsa di nistagmo.

Nistagmo da sguardo eccentrico e nistagmo di rimbalzo si trovano spesso associati in vario modo, svelando così la loro vicinanza patogenetica.

Richiami di fisiopatologia

Per ottenere lo spostamento coniugato degli occhi, volontario o involontario che sia, e soprattutto per il mantenimento di una certa posizione degli occhi il sistema nervoso centrale attua meccanismi fisiopatologici il cui funzionamento è complesso e polimorfo.

La deviazione degli occhi la si può ottenere a partire da stimoli visivi (saccadici, pursuit), da stimoli vestibolari (deviazione coniugata degli occhi da attivazione del riflesso vestibolo-oculomotore), oppure da stimoli misti (a partenza ottococinetica).

Dietro ciascuno di questi sistemi vi è una vera e propria rete neuronale più o meno collegata alle altre; in ogni caso tutti questi sistemi comandano movimenti oculari grazie a impulsi cosiddetti "pulse" cioè dotati di velocità. Prendendo ad esempio il sistema saccadico, quando è richiesta la deviazione degli occhi in posizione laterale su di una mira, dalla sostanza reticolare paramediana pontina parte un segnale nervoso di pulse che comanda un movimento oculare in grado di vincere le forze visco-elastiche che normalmente vi sono nell'orbita (muscolatura, tessuti connettivi).

Una volta che il movimento oculare, caratterizzato da un impulso di velocità è partito, per mantenere la posizione desiderata vi deve essere un altro tipo di comando detto "step" cioè un segnale di posizione in grado di opporsi a quelle forze visco-elastiche che tenderebbero a far tornare l'occhio in posizione primaria.

La trasformazione del comando di velocità in comando di posizione viene operata da un sistema neurale di integrazione detto "gaze holding neural integrator" ⁽⁵⁾.

Per i movimenti orizzontali tale integratore è composto dai nuclei vestibolari mediale e preposito ipoglosso (quest'ultimo situato medialmente al nucleo vestibolare mediale). Per i movimenti verticali, sono ancora in parte coinvolti gli stessi nuclei (la cui lesione selettiva però non abolisce del tutto la possibilità di mantenere lo sguardo in alto e in basso) assieme ad altre strutture importanti per questi movimenti: il nucleo interstiziale di Cajal ed il nucleo rostrale interstiziale del fascicolo longitudinale mediale.

Tali strutture fanno sì che una volta raggiunta la posizione eccentrica di sguardo,

—L'esame otoneurologico clinico: la ricerca del nistagmo evocato da manovre oculari—

essa venga mantenuta con una buona precisione, ancora però non del tutto sufficiente: la struttura nervosa che rende ottimale la stabilizzazione è il cervelletto che, grazie ad una serie di neuroni di connessione che operano un feed-back positivo, migliora di una certa costante K tale meccanismo, e fa sì che gli occhi tendano a tornare nella posizione di riposo con una costante di tempo lunga (circa 20 secondi).

Se tutto il sistema non funziona bene, gli occhi tendono a tornare più rapidamente verso la posizione di riposo, cioè verso il centro dell'orbita.

In questo caso l'errore retinico causato dallo scivolamento degli occhi determina l'intervento di un nuovo comando di pulse (un movimento saccadico) che faccia nuovamente deviare gli occhi. Gli occhi pertanto tornano con un movimento lento verso il centro e un saccadico correttivo riporta rapidamente gli occhi in posizione eccentrica. Questa serie continua di movimenti da' luogo al cosiddetto "gaze evoked nystagmus", cioè un nistagmo patologico evocato da manovre oculari. E' evidente, da quanto detto, che tale nistagmo sarà l'espressione di un patologico funzionamento del gaze holding neural integrator in una delle sue componenti bulbare o cerebellare.

Lo sforzo nel mantenere lo sguardo in posizione eccentrica normalmente riduce l'intensità del gaze evoked nystagmus fino anche a determinare un inversione di direzione del nistagmo: quello che viene indicato come "nistagmo centripeto".

Se, in questa fase, il paziente riporta gli occhi in posizione primaria, è possibile osservare un nistagmo transitorio la cui fase lenta è diretta in direzione della precedente deviazione oculare: questo nistagmo è chiamato "di rimbalzo".

Tale reperto lo si può osservare talvolta anche in soggetti normali, dopo deviazione oculare prolungata, ed in parte rappresenta uno sforzo compensatorio per controbilanciare lo scivolamento centripeto degli occhi. In più, in questi soggetti, la costante di tempo del gaze holding neural integrator può essere fisiologicamente più breve.

Nella clinica il nistagmo di rimbalzo lo si trova più frequentemente associato a lesioni cerebellari; d'altra parte lo stesso reperto lo si è potuto osservare in studi sperimentali condotti sulle scimmie cui veniva praticata la lesione sperimentale dei nuclei vestibolare mediale e preposito ipoglosso (2).

IL NISTAGMO DA SGUARDO ECCENTRICO

Caratteristiche morfologiche

Il gaze evoked nystagmus dovuto a lesione del gaze holding neural integrator si presenta come un nistagmo la cui fase rapida è sempre diretta nella direzione

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

dello sguardo; sarà pertanto destro in sguardo destro, sinistro in sguardo sinistro, verticale in alto con sguardo in alto, verticale in basso con sguardo in basso.

Eseguendo una registrazione elettro o video-oculografica il gaze evoked nystagmus ha un andamento particolare, con la sua fase lenta che presenta un decremento caratteristicamente esponenziale, al termine della quale il saccadico correttivo ripristina la posizione di sguardo desiderata.

Il gaze evoked nystagmus si presenta più spesso in forma simmetrica, cioè di uguale ampiezza nelle diverse direzioni dello sguardo. Talora può presentarsi in forma asimmetrica, cioè manifestarsi con diversa ampiezza, o anche essere monolaterale, presente cioè, per deviazioni di sguardo in una sola direzione.

Etiologia

La comparsa di un gaze evoked nystagmus è principalmente causata dall'uso di alcuni farmaci piuttosto comuni: tra questi vanno ricordati gli anticonvulsivanti (fenilidantoina, carbamazepina), sedativi (fenobarbital ed altri barbiturici), il carbonato di litio ma anche l'alcool etilico; in questi casi il gaze evoked nystagmus può essere orizzontale o verticale. Sebbene non sia noto con sicurezza il sito di azione di questi farmaci è verosimile che si determini una alterazione di funzione a livello del complesso nucleare vestibolare e/o del cervelletto.

Ovviamente sono causa di gaze evoked nystagmus lesioni strutturali che coinvolgono il vestibolocerebellum (lobo flocculo-nodulare) ⁽¹⁰⁾ e/o le sue connessioni, il tronco encefalico, l'angolo ponto-cerebellare o gli emisferi cerebrali. Le cause più comuni: tumori e infarti del tronco e del cervelletto, tumori dell'angolo ponto-cerebellare. In particolare lesioni monolaterali cerebellari determinano l'insorgenza di un gaze evoked nystagmus asimmetrico che ha ampiezza maggiore nella direzione di sguardo omolaterale alla lesione ⁽⁶⁾.

Il gaze evoked nystagmus verticale può essere visibile nelle stesse condizioni patologiche che alterano il gaze holding neural integrator sul piano orizzontale, nell'oftalmoplegia internucleare bilaterale e nelle lesioni che coinvolgono la commissura posteriore.

Diagnosi differenziale

Altri nistagmi si possono evocare nelle posizioni eccentriche dello sguardo, ma non hanno il significato topodiagnostico che riveste il gaze evoked nystagmus.

—L'esame otoneurologico clinico: la ricerca del nistagmo evocato da manovre oculari—

Primo tra tutti deve essere considerato un nistagmo da sguardo eccentrico, visibile in taluni soggetti normali e che pertanto riveste significato assolutamente fisiologico. Questo nistagmo si evidenzia in posizioni di sguardo più estreme rispetto all'angolazione di 30 gradi e viene perciò denominato "**end point nystagmus**" (o nistagmo da sguardo estremo) ⁽¹⁾. Questo reperto che tende ad esaurirsi durante una osservazione prolungata, si presenta anche di minore ampiezza rispetto al vero gaze evoked nystagmus con conseguente minore scivolamento centripeto dei bulbi oculari; è principalmente orizzontale anche se può presentare una modesta componente rotatoria o verticale in basso. Anch'esso può presentarsi in forma asimmetrica avendo una maggiore intensità nell'occhio abducente rispetto all'occhio adducente. Il nistagmo da sguardo estremo è sempre un reperto più evidente al buio o comunque in assenza di fissazione, cioè quando altri sistemi di stabilizzazione oculare non possono facilitare il mantenimento della deviazione oculare.

Secondo alcuni autori, soggetti normali possono presentare questo reperto a causa di una fisiologica maggiore brevità della costante di tempo del gaze holding neural integrator.

Sempre in soggetti normali può essere evidenziabile un'altra forma di nistagmo da sguardo estremo che va sotto il nome di "**nistagmo da fatica**" ^(1,3). Questo nistagmo può comparire per deviazioni oculari mantenute per un minuto ed oltre ed esprime semplicemente un affaticamento della muscolatura estrinseca oculare. D'altra parte il nistagmo da fatica può essere evocato anche da deviazioni dello sguardo non prolungate: ciò accade in soggetti patologici affetti da miastenia gravis.

Il nistagmo da fatica è spesso di maggiore ampiezza nell'occhio abducente, similmente a quello caratteristico della oftalmoplegia internucleare.

Molti dubbi semeiologici ancora sussistono nel caso della diagnosi differenziale tra nistagmo di lateralità oculare di tipo centrale (gaze evoked nystagmus) e il nistagmo che viene definito "**di primo grado**". In realtà questo è forse il caso più semplice da risolvere: infatti il nistagmo di primo grado rappresenta la semplice accentuazione in intensità di un nistagmo spontaneo di secondo grado, secondo la legge di Alexander, ed è quindi una pura variazione quantitativa di relativa importanza semeiologica; quest'ultimo inoltre presenta un decremento della sua fase lenta di tipo lineare, assolutamente diverso da quello esponenziale caratteristico del gaze evoked nystagmus. Anche nella eventualità di non potere ottenere una registrazione grafica del nistagmo e quindi di potere valutare il tipo di andamento della fase lenta, si dovrà sempre considerare che il nistagmo di primo grado è sempre ridotto dalla fissazione visiva, è di minore ampiezza rispetto al gaze evoked nystagmus ed è sempre monodirezionale.

IL NISTAGMO DI RIMBALZO

Caratteristiche morfologiche

Il nistagmo di rimbalzo ⁽⁸⁾ come specifico reperto otoneurologico è di acquisizione non lontana nel tempo ed il suo riconoscimento ha riaperto la questione sulla possibilità o meno di produrre nistagmo da parte del cervelletto.

Questo nistagmo è stato identificato per la prima volta da Hood e coll. ⁽⁴⁾ su alcuni pazienti neurologici. Questi autori lo definiscono come una serie di eventi caratteristici: a) se il paziente viene invitato ad una lateralizzazione dello sguardo verso destra per circa venti secondi compare un nistagmo di lateralità oculare destra; b) con il ritorno rapido in posizione di sguardo diretto compare un nistagmo di secondo grado transitorio a sinistra, c) la deviazione dello sguardo verso sinistra determina un nistagmo di lateralità sinistra, d) al ritorno in sguardo diretto compare un nistagmo di secondo grado transitorio a destra. Si può pertanto definire il nistagmo di rimbalzo come un nistagmo di secondo grado orizzontale bidirezionale transitorio, in assenza di nistagmo spontaneo, evocato dopo sguardo laterale transitorio.

Secondo Hood e coll. la sequenza descritta precedentemente può presentare alcune varianti: il nistagmo di lateralità oculare può esaurirsi anche prima dei venti secondi (e talora invertire direzione); talora il nistagmo di lateralità può essere presente in una sola direzione. Secondo Pagnini e coll. ⁽⁷⁾ il nistagmo di lateralità oculare bilaterale può anche non essere presente ed aversi comunque un nistagmo di rimbalzo.

Il nistagmo di rimbalzo è ripetibile e non affaticabile, a condizione che la precedente deviazione oculare venga mantenuta sufficientemente a lungo.

Il nistagmo di rimbalzo si ricerca secondo la maggior parte degli autori sotto fissazione visiva; viene registrato con registrazione ENG O VNG ma può essere riconosciuto anche con osservazione diretta. Il nistagmo osservato sotto occhiali di Frenzel si riduce di intensità confermando così la sua dipendenza dalla fissazione.

Il nistagmo di rimbalzo esordisce sempre con uno scivolamento lento dei bulbi oculari diretto verso il lato della precedente deviazione oculare. E' privo di latenza: il suddetto scivolamento oculare è infatti molto precoce e rappresenta la fase lenta della prima scossa di nistagmo di rimbalzo. Il nistagmo raggiunge la sua massima intensità di solito già dopo una o due scosse, non è mai molto ampio (minore o uguale a 5-6°) ed è quasi sempre di bassa frequenza (minore o uguale a 1 scossa al secondo). La sua durata è variabile da pochi secondi a 20 secondi e l'esaurimento avviene sempre in modo lento. Intensità e durata del nistagmo pos-

—L'esame otoneurologico clinico: la ricerca del nistagmo evocato da manovre oculari—

sono variare parzialmente in rapporto con il grado di lateralizzazione e durata della manovra evocante. Il fenomeno è ripetibile e di solito non affaticabile. Anche il nistagmo di rimbalzo può presentare vari gradi di asimmetria fino ad avere anche un nistagmo di rimbalzo monolaterale.

Etiologia

Data la fisiopatologia del nistagmo di rimbalzo è conseguente che esso lo si riscontri in patologie che coinvolgono in primo luogo il cervelletto ma anche il tronco encefalico nel suo insieme.

Tra le principali cause: la sclerosi multipla, le eredo-atassie e le vasculopatie. Anche patologie espansive dell'angolo ponto-cerebellare possono essere causa di nistagmo di rimbalzo, così come l'uso di alcuni farmaci, come la difenilidantoina, sia in casi di intossicazione acuta che da uso prolungato.

Meno frequentemente, solo a causa della minore incidenza di queste patologie, tale reperto lo si trova nei tumori cerebellari primitivi e nelle atrofie cerebellari pure (7).

Diagnosi differenziale

A parte il nistagmo di rimbalzo di origine "fisiologica" di cui si è accennato in precedenza, il problema della diagnosi differenziale si pone nel caso del nistagmo di rimbalzo monolaterale. In questa evenienza infatti esso può rappresentare un segno con significato topodiagnostico completamente diverso perché di origine periferica. Infatti in presenza di ny spontaneo la manovra di lateralizzazione oculare dalla parte della fase lenta comporta un rinforzo transitorio del nistagmo spontaneo stesso al ritorno in sguardo diretto: in questo caso il nistagmo di rimbalzo monolaterale è espressione del potenziamento di un nistagmo spontaneo subclinico non altrimenti evidenziabile.

La diagnosi differenziale la si porrà sulla base dell'anamnesi, del rapporto con la fissazione visiva ed anche sull'evoluzione temporale dei reperti.

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Bibliografia

1. ABEL L.A., PARKER L., DAROFF R.B., DELL'OSSO L.F.: *End point nystagmus*. Invest Ophthalmol. Vis. Sci., 17, 539-544, 1978.
2. CANNON S.C., ROBINSON D.A.: *Loss of the neural integrator of the oculomotor system from brainstem lesions in monkey*. J. Neurophysiol. 57, 1383-1409, 1987.
3. EIZENMAN M., CHENG P., SHARPE J.A., FRECKER R.C.: *Endpoint nystagmus and ocular drift: an experimental and theoretical study*. Vision Res., 30, 863-877, 1990.
4. HOOD J.D., KAYAN A., LEECH J.: *Rebound nystagmus*. Brain, 96, 507-526, 1973.
5. LEIGH R.J., ZEE D.S.: *The neurology of eye movements*- 2nd Ed. CNS, F.A. Davis Company - Philadelphia, 1991.
6. NEDZELSKI J.M.: *Cerebellopontine angle tumors: bilateral flocculus compression as a cause of associated oculomotor abnormalities*. Laryngoscope, 93, 1251-1260, 1983.
7. PAGNINI P., CORRIDI G., BASTIANELLI G.: *Il nistagmo di rimbalzo: aspetti clinici*. Acta Otorinolaringol. Ital., 6, 515-526, 1986.
8. PAGNINI P., CORRIDI G., CIPPARRONE L.: *Il nistagmo di rimbalzo metodologia e caratteristiche*. Acta Otorinolaringol. Ital., 4, 185-193, 1984.
9. PAGNINI P., NUTI D., VANNUCCHI P.: *Il nistagmo spontaneo-posizionale: visione ortodossa o eterodossa? Atti della "X Giornata di Nistagmografia Clinica" "10 anni di E.N.G.: revisione critica"*. Sorrento, 39-78, 1990.
10. ZEE D.S., YAMAZAKI A., BUTLER P.H., GUCER G.: *Effect of ablation of flocculus and paraflocculus and eye movement in primates*. J. Neurophysiol., 46, 878-899, 1981.

L'ESAME OTONEUROLOGICO CLINICO: LE MANOVRE DI POSIZIONAMENTO

Mauro Gufoni

Dal 1952, anno in cui Dix ed Hallpike ⁽³⁾ proposero l'introduzione di manovre posizionali atte ad evidenziare una patologia labirintica, sono state studiate molte procedure legate ai movimenti della testa e del corpo del paziente che fanno parte della semeiotica otoneurologica di routine.

Se al giorno d'oggi è pensabile un esame vestibolare senza prove termiche (mentre una volta esame vestibolare e prove termiche erano quasi sinonimi) è difficile che non vengano effettuate manovre posizionali, sia per la loro semplicità di esecuzione, sia per la ricchezza di informazioni che possono dare nell'arco di poco tempo.

Oggi sappiamo che la filosofia della ricerca del nistagmo posizionale è legata all'induzione di movimenti in frammenti otolitici dispersi ⁽⁶⁾(generalmente nei canali e non sulla cupola): i movimenti impressi al capo permettono al campo gravitazionale di far muovere i detriti e quindi di generare il nistagmo. Dunque per ottenere una azione più efficace da parte della gravità, bisogna che il piano del canale sia disposto ad angolo retto rispetto all'orizzonte. Poiché i canali giacciono sul piano verticale (anteriore e posteriore) o inclinati di 30 gradi sul piano orizzontale, dovrebbero essere teoricamente questi i piani su cui eseguire la manovra per ottenere la massima accelerazione applicata alle masse otolitiche: in realtà il piano a cui appartengono i canali è sottoposto a variazioni anatomiche che rendono in pratica non costante questa regola.

La distinzione tra nistagmo di posizione e posizionamento, che per decenni è servita benissimo alla classificazione clinica sembra da correggere se, come sembra, è la gravità e non l'accelerazione impressa alla testa a provocare la caduta dei detriti: la velocità con la quale viene mossa la testa può però essere importante per disimpegnarli da condizioni di adesione o ancoraggio meccanico alla parete interna del canale semicircolare che non è liscia ma rugosa.

Può accadere dunque che una manovra troppo 'dolce' non evochi un nistagmo posizionale, ma una volta che i frammenti sono stati liberati la 'posizione'

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

dovrebbe essere sufficiente ad evocare un nistagmo con velocità angolare della fase lenta massima .

Questo è importante in considerazione del fenomeno dell'affaticamento del nistagmo da canalolitiasi posteriore. Sarebbe opportuno praticare il minor numero possibile di manovre (l'ideale è una sola) sia perché il nistagmo dopo la prima volta può scomparire, sia perché non è affatto scontato che il paziente sia disposto a ripetere l'esperienza della manovra.

Per la stessa ragione è consigliabile esaminare gli occhi prima in posizione seduta.

CLINICA

Possono verificarsi due possibilità:

- a) il paziente arriva dal medico in posizione verticale (cioè "con le proprie gambe"): si suppone in questo caso che (almeno *prima* che le manovre vengano eseguite!) il soggetto da esaminare sia in condizioni tali da sopportare senza grossi disturbi l'esame;
 - b) il paziente è già in posizione orizzontale (non 'arriva con le proprie gambe': è sdraiato su una barella o sul letto in corsia o a domicilio): in questo caso è indispensabile sacrificare la precisione alle esigenze del malato e fare solo l'indispensabile nell'attesa di poter completare gli esami utili.
- a) Nel primo caso, dopo la raccolta dell'anamnesi e l'esecuzione della visita e dei test audiologici, si chiede alla persona da esaminare di sedersi sul lettino e si danno informazioni sui test ai quali sarà sottoposto.

Dopo avergli fatto indossare gli occhiali di Frenzel (o l'attrezzatura per videocolografia: ricordiamo che l'elettronistagmografo non è l'ideale per la sua 'cecità' ai nistagmi rotatori), si controlla se è presente o no un nistagmo in posizione seduta.

La presenza di un nistagmo stazionario è espressione di un deficit non compensato di un emisistema vestibolare, ma la sua presenza non esclude l'opportunità di eseguire le manovre posizionali; infatti potrebbero essere contemporaneamente presenti sia un nistagmo stazionario che un nistagmo parossistico. Anzi, il rilievo di una canalolitiasi associata ad un deficit vestibolare può orientare verso una forma di deficit periferico.

Se invece non è presente un nistagmo in posizione seduta è da ritenere che un eventuale fenomeno che compare dopo il posizionamento sia dovuto alla manovra stessa. Il problema si pone per la forma da canalolitiasi laterale, in cui, subito dopo che il paziente si è sdraiato, compare un nistagmo oriz-

L'esame otoneurologico clinico: le manovre di posizionamento

zontale con caratteristiche di parossismo poco accentuate ⁽⁷⁾, che potrebbe essere confuso con un nistagmo stazionario per la sua lunga durata. La diagnosi differenziale è agevole ma richiede di attendere (a volte anche parecchi minuti) che il nistagmo si esaurisca. Infatti non basta rimettere il paziente seduto, perché in questo caso può manifestarsi un nistagmo diretto in senso opposto rispetto al precedente e che è il suo omologo.

Il paziente si sdraia in posizione supina e con la testa inclinata in avanti di 30 gradi, come quando deve essere sottoposto alle prove termiche, dopodiché può accadere una di queste tre cose:

- 1) niente: si prosegue con l'esame;
- 2) compare un nistagmo orizzontale: si tratta probabilmente (se il nistagmo è transitorio ed associato a vertigine e se l'anamnesi è coerente) di una canalolitiiasi laterale, quindi è indispensabile identificare il lato patologico, cioè su quale fianco il nistagmo sia più intenso. L'identificazione del lato ammalato è importante per le successive manovre liberatorie, e non è raro il caso in cui le manovre non funzionino solo perché il fianco sul quale vengono eseguite è quello sbagliato.

Dunque è consigliabile confermare il reperto trovato con le manovre posizionali per il canale laterale.

- 3) Compare un nistagmo transitorio rotatorio con le caratteristiche di quello della canalolitiiasi posteriore. Anche in questo caso si può pensare alla diagnosi di canalolitiiasi (questa volta posteriore) che, al solito, dovrà essere confermata dalle manovre adatte.

Se invece non è comparso nessun nistagmo, o se vogliamo confermare una eventuale osservazione in posizione supina (punti precedenti 2 e 3), bisogna procedere con le manovre posizionali classiche per i canali verticali e laterali (ricordando che le manovre, in realtà, non sono effettuate su tre canali, ma su sei emicanali per lato, per un totale di dodici strutture funzionalmente svincolate, anche se non indipendenti l'una dall'altra).

La manovra proposta nel 1985 da Cipparrone, Corridi e Pagnini ⁽²⁾ è semplice, efficace ed eseguibile praticamente in tutti i soggetti (figura 1).

Si tratta di far ruotare la testa di 180 gradi da un lato all'altro a paziente supino e di osservare l'insorgenza di eventuali nistagmi provocati. Poi si ripete la manovra verso il lato opposto.

In pratica, partendo con il paziente sdraiato con la fronte rivolta verso l'alto (e tenendo naturalmente presente che invece che da destra si può partire benissimo da sinistra):

- 1) si ruota la testa sul lato destro;
- 2) si osservano gli occhi: spesso anche un movimento lento di 90 gradi è

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

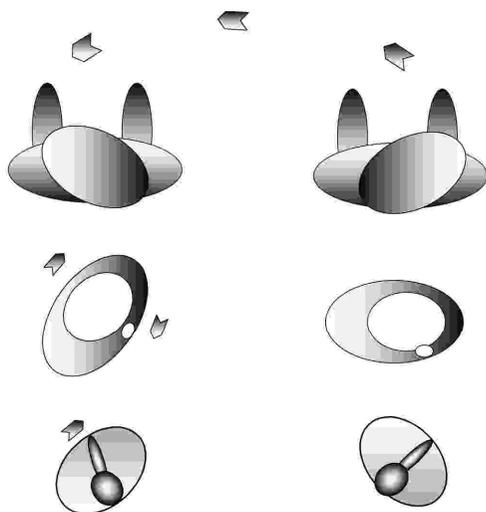


Figura 1
Manovra di Pagnini

Il paziente è sdraiato, supino, sul lettino e la testa viene ruotata (in questo caso da destra verso sinistra). La conseguenza è un movimento dei detriti nel piano del canale semicircolare laterale e la generazione di correnti endolinfatichiche la cui direzione varia a seconda della posizione dei detriti (ampollipeta nel caso in cui i detriti siano localizzati nel braccio ampollare, ampollifuga nel caso siano nel braccio non ampollare).

sufficiente ad indurre un nistagmo tipico, perché è la gravità che sposta i detriti e non l'accelerazione impressa alla testa (altrimenti il verso del nistagmo dovrebbe essere invertito rispetto a quello reale);

- 3) si ruota la testa di 180 gradi verso il lato sinistro;
- 4) si osservano di nuovo gli occhi;
- 5) si riporta la testa nella posizione iniziale con una rotazione verso destra di altri 180 gradi.

Si può ripetere la manovra applicando una accelerazione maggiore se non compaiono segni, oppure si possono effettuare altre manovre (head shaking, cambiamenti di posizione ecc.) aventi lo scopo di liberare eventuali particelle bloccate. Poiché una forma di canalolitiiasi posteriore potrebbe esistere in concomitanza con una forma laterale è opportuno (se le condizioni del paziente lo consentono), per non perdere forme multiple, esplorare i canali verticali effettuando la manovra di Hallpike (figura 2).

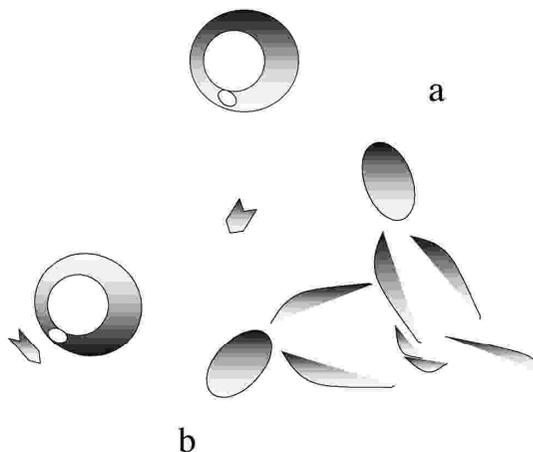
- 1) il paziente viene fatto mettere seduto sul lettino (e può comparire la vertigine, quindi è bene essere pronti a sorreggerlo e ad osservare gli occhi) e viene fatto indietreggiare fino a raggiungere la posizione idonea;
- 2) il paziente volta la testa di 45 gradi verso l'esaminatore (che si è spostato al suo fianco dalla parte che deve essere esaminata) e all'indietro;
- 3) il paziente si sdraia in modo che la testa vada a finire fuori dal lettino: soggetti più anziani o che hanno, comunque, difficoltà, possono soste-

L'esame otoneurologico clinico: le manovre di posizionamento

Figura 2

Manovra di Hallpike

Il soggetto esaminato passa dalla posizione (a) seduto sul lettino con la testa ruotata di 45° verso il lato da esaminare, alla posizione (b), sdraiato con la testa fuori. Questo movimento, effettuato sul piano del canale semicircolare posteriore, induce un movimento in eventuali detriti otocoliniali che causa una corrente endolinfatica ampollifuga (eccitatoria).



nersi agli avambracci dell'esaminatore, il quale a sua volta tiene la testa dell'esaminato nella posizione corretta;

- 4) si osservano gli occhi. La posizione va mantenuta per almeno trenta secondi perché la latenza nella canalolitiasi posteriore può essere lunga. Il soggetto affetto da canalolitiasi tende a chiudere gli occhi per eliminare la visione del mondo che ruota intorno a lui (questo nistagmo non è inibito dalla fissazione perché troppo intenso). Anche se la reazione vivace del paziente può essere un indizio molto indicativo, non dovrebbe essere sufficiente per porre la diagnosi, e questo per due motivi:
 - a) non è sicuro che il nistagmo, in realtà, ci sia;
 - b) è bene verificare che il nistagmo non abbia caratteristiche di atipicità.

Quindi, prima di cominciare la manovra, conviene ricordare al paziente di tenere gli occhi ben aperti.

- 5) Esauritosi il nistagmo (anche una eventuale seconda fase), si riporta il paziente seduto, preparandoci ad assistere al fenomeno della inversione del nistagmo: è opportuno verificarne l'esistenza perché essa costituisce un carattere di tipicità.

Questo deve essere meno intenso di quello in clinostatismo, di minor durata, e la rotazione degli occhi deve essere diretta in senso opposto.

Un eventuale nistagmo parossistico posizionale da canalolitiasi anterio-

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

re (che sarebbe localizzata dal lato opposto rispetto a quello sul quale viene effettuata la manovra) si caratterizzerebbe esclusivamente per il fatto di essere meno intenso in clinostatismo e più intenso in ortostatismo (4).

In alternativa può essere effettuata la manovra diagnostica in seconda posizione di Semont⁽⁵⁾ (figura 3):

- 1) il paziente è seduto con le gambe fuori dal lettino;
- 2) tenendogli la testa con le mani, si fa sdraiare il paziente di fianco con la testa appoggiata sul lettino (prima posizione)
- 3) si ruota il capo verso l'alto di 45 gradi (seconda posizione).

Il nistagmo che compare nei pazienti con canaloliti posteriori è evocato dalla stimolazione del canale posteriore più declive.

- b) Se invece il paziente da esaminare è sdraiato ed in preda ad una crisi acuta con fenomeni neurovegetativi associati, forse tutto non potrà essere fatto subito.

Dopo aver cercato un eventuale nistagmo stazionario, si parte con la manovra di Pagnini su un lato: se compare un nistagmo sarà forse difficile risalire al lato patologico perché le manovre di rotazione della testa sono mal tollerate: stabilita però la diagnosi si potrà tentare la terapia affidandoci alla posizione coatta sul fianco sul quale la vertigine è riferita come meno intensa.

È possibile anche che compaia un nistagmo transitorio ma che sia di tipo rotatorio anziché orizzontale. Questo generalmente avviene per la presenza

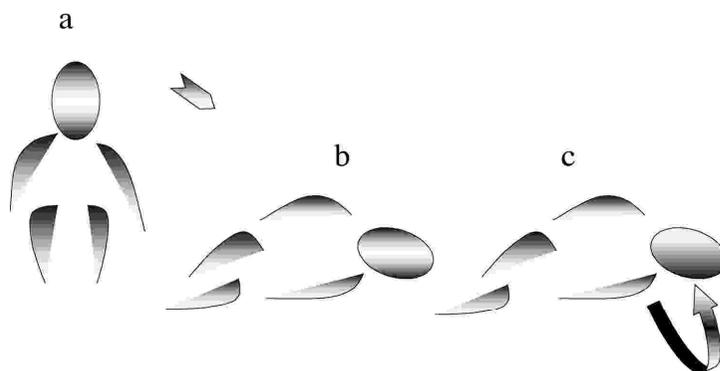


Figura 3 - Manovra diagnostica di Semont.

Da seduto con le gambe fuori dal lettino (a), il paziente viene fatto sdraiare sul fianco da esaminare in prima posizione di Semont (b). Successivamente la testa viene ruotata verso l'alto ossia in seconda posizione di SEMONT (c).

————— *L'esame otoneurologico clinico: le manovre di posizionamento* —————

di una canalolitiasi posteriore molto intensa ma, raramente, anche per una variazione della posizione dei canali semicircolari posteriori che giacciono su un piano quasi frontale. Di conseguenza, in questo ultimo caso:

- 1) non otterremo nistagmi con una manovra di Hallpike;
- 2) la manovra liberatoria da utilizzare sarà una di quelle consigliate per il canale laterale.

Indipendentemente dalla manovra che ha causato il nistagmo, se questo batte sul piano orizzontale dovrà essere causato da un canale orizzontale, se batte su un piano verticale dovrà trovare origine in un canale verticale.

Se la rotazione della testa non dà origine a nessun tipo di nistagmo, bisogna chiedere al paziente almeno il sacrificio di essere sottoposto ad una manovra di Cawthorne ⁽¹⁾.

La manovra di Cawthorne si differenzia da quella di Hallpike solamente per il fatto che la testa del paziente non va a finire fuori dal lettino ma sullo schienale completamente abbassato. Si intende che la testa dovrà essere ruotata verso destra per l'esplorazione del labirinto destro e verso sinistra per l'esplorazione del labirinto sinistro.

Casi particolari:

- 1) il paziente non risponde a manovre standard ma è in grado di provocarsi la vertigine con movimenti personalizzati: la diagnosi potrà essere fatta solo se si permette al paziente di eseguire i movimenti che lui conosce come scatenanti;
- 2) se una vertigine parossistica posizionale è clinicamente molto probabile è bene ripetere la manovra dopo aver fatto riposare il paziente: una manovra negativa oggi non è detto che sia negativa anche domani.
- 3) riguardo alle manovre da effettuare dopo i trattamenti liberatori è opportuno tenere presente che:
 - per la forma posteriore hanno significato solo se evocano un nistagmo: una negatività della risposta potrebbe essere dovuta all'affaticamento;
 - per la forma laterale non esiste il problema dell'affaticamento ma esiste quello di rimettere nel canale laterale (o far convertire nel posteriore) detriti che erano stati rimossi con successo. Se occorre una verifica, potrebbe essere fatta ruotando la testa rapidamente verso il lato sano: si dovrebbe comunque evocare un nistagmo significativo e l'orecchio patologico in alto dovrebbe essere un efficace ostacolo alla recidiva.

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

Bibliografia

1. CAWTHORNE T. : *Positional nystagmus*. Ann Otol 63,481-490,1954.
2. CIPPARRONE L.,CORRIDI G.,PAGNINI P.: *Cupulolitiasi*. V Giornata Italiana di Nistagmografia Clinica; 36-53,1985;Ed. Boots Formenti, Milano.
3. DIX M.R., HALLPIKE C.S.: The pathology, symptomatology and diagnosis of certain common disorders of the vestibular system. Ann Otol Rhinol Laryngol 6;987-1016;1952.
4. GIANNONI B.: *La VPPB da labirintolitiasi del CSP. Correlazioni tra nistagmi parossistici e canale/i impegnati*. In “Revisione critica di venti anni di vertigine parossistica posizionale benigna” a cura di T.Nuti, P.Pagnini, C.Vicini. XVI Giornata Italiana di Otoneurologia. Sorrento 1999. Comitato Simposi Scientifici Formenti Milano.
5. GUIDETTI G., BARBIERI L.: *La manovra di Semont nelle vertigini parossistiche posizionali*. Acta Otorhinol Ital 5; 631-641; 1985.
6. SHUKNECHT H.F.: *Positional Vertigo: Clinical and experimental observations*. Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol; 66: 319-332; 1962.
7. VANNUCCHI P.: *Le manovre diagnostiche*. In “Revisione critica di venti anni di vertigine parossistica posizionale benigna” a cura di D.Nuti, P.Pagnini, C.Vicini. XVI Giornata Italiana di Otoneurologia. Sorrento 1999. Comitato Simposi Scientifici Formenti Milano.

L'ESAME OTONEUROLOGICO CLINICO: INTERPRETAZIONE DEI NISTAGMI PAROSSISTICI POSIZIONALI (NyPP)

Paolo Vannucchi, Paolo Pagnini

L'incidenza della vertigine parossistica posizionale benigna, le sue possibilità terapeutiche ed il modello che rappresenta per lo studio di eventi che avvengono a livello vestibolare, ha reso questo capitolo della vestibologia fra i più importanti e certamente quello che negli ultimi anni ha avuto un particolare sviluppo. Pertanto, la conoscenza delle manovre atte a scatenare le vertigini posizionali e delle caratteristiche dei nistagmi parossistici, è divenuta un elemento indispensabile per chi si occupa di pazienti vertiginosi.

MODALITÀ DI OSSERVAZIONE

I nistagmi parossistici posizionali vengono normalmente osservati con l'ausilio degli occhiali di Frenzel o di un sistema di video-oculo scopia o grafia (videocamere all'infrarosso); peraltro nella maggior parte dei casi l'intensità dei nistagmi è tale per cui è possibile compiere lo studio anche semplicemente sotto sguardo diretto, al letto del paziente, senza l'ausilio di alcun supporto.

LE MANOVRE SCATENANTI

Il presupposto per la comparsa dei nistagmi parossistici posizionali è che si verifichi una accelerazione sul piano del canale interessato; questo è più frequentemente il canale posteriore, più raramente quello orizzontale e solo sporadicamente quello anteriore. Peraltro non bisogna dimenticare che i canali semicirculari sono complanari e pertanto il movimento stimolante il canale semicircolare posteriore destro agisce anche sull'anteriore sinistro e quello sul piano del posteriore sinistro anche sull'anteriore destro. Pertanto le manovre diagnostiche si riducono a due tipi: quelle per i canali verticali (posteriore o anteriore) e quella per i canali laterali.

1. Le manovre per i canali verticali

I primi autori a proporre una vera manovra diagnostica per la vertigine paros-

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

sistica posizionale benigna furono Dix e Hallpike ⁽⁴⁾ che nel 1952 descrissero dettagliatamente la manovra che ha poi preso il loro eponimo.

Il paziente è in posizione seduta con le gambe distese lungo il lettino; l'operatore ruota la testa del paziente di 45° verso destra o sinistra e lo accompagna nella posizione supina con testa iperestesa fuori dal lettino.

Con la rotazione di 45° si pone il canale semicircolare posteriore del lato verso cui viene eseguita la rotazione, sul piano sagittale; portando il paziente con la testa iperestesa si determina un movimento su tale piano e nella posizione finale l'ampolla si trova più in alto del braccio ampollare. Pertanto il materiale più pesante dell'endolinfa, nel caso di una canalolitiasi, si sposterà dalla cupola verso la crus comune, in caso di una cupulolitiasi determinerà una pressione sulla cupola. In tutti e due i casi si provoca una corrente ampullifuga che nel canale posteriore è eccitatoria (Fig.1).

Quando si riporterà il paziente nella posizione seduta iniziale, il materiale più pesante dell'endolinfa determinerà una corrente ampullipeta inibitoria e quindi un nistagmo di direzione invertita rispetto a quello osservato precedentemente.

Nel 1985 Guidetti ⁽⁶⁾ descrive la manovra terapeutica comunicatagli da Semont che prevede anche una fase diagnostica.

Dalla posizione seduta il paziente viene portato su un fianco; i successivi movimenti sono sempre dopo una pausa di circa 30". Si fa ruotare la testa di 45° verso l'alto, quindi di altri 45° nella stessa direzione in modo che guardi verso il soffitto, successivamente si ruota di 135° verso il basso e infine la riportiamo in asse col corpo. Durante questa serie di movimenti si osservano attentamente i nistagmi che possono presentarsi, correlandoli alla posizione in cui si presentano. In questo modo si cerca di individuare:

1. il piano in cui più facilmente si presenta il nistagmo, che può essere diverso da soggetto a soggetto in relazione ad anomalie anatomiche;

2. la presenza di nistagmi che permettono di ipotizzare un interessamento pluricanalare.

La manovra terapeutica conseguente, parte dalla posizione in cui è stato individuato il nistagmo più evidente; non modificando la posizione della testa del paziente si esegue un rapido

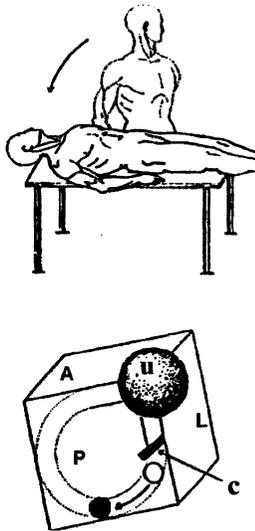


Fig. 1: manovra di Dix-Hallpike con posizione dei canali e movimento dei detriti in caso di canalolitiasi.

— L'esame otoneurologico clinico: interpretazioni dei nistagmi parossistici posizionali (NyPP) —

passaggio sul fianco opposto, passando dalla posizione seduta; con questo movimento si cerca di indurre una accelerazione sul piano del canale interessato ed uno spostamento dei detriti otoconiali verso la crus comune con conseguente comparsa di un nistagmo “liberatorio”. Se non compare nistagmo si eseguono movimenti di 45° verso destra e verso sinistra per evocare il nistagmo liberatorio.

Esiste anche una manovra di Semont semplificata. Assumendo che la posizione del CSP sia su un piano inclinato di 45° rispetto al piano frontale, si ruota la testa del paziente di 45° verso il lato sano in modo da porre il CSP sul piano frontale; si porta rapidamente il paziente sul lato affetto eseguendo così la manovra diagnostica; in questa posizione compare normalmente un nistagmo tipico da vertigine posizionale. La manovra non prevede altri spostamenti della testa e dopo una pausa di circa 2 minuti dalla cessazione del nistagmo, si esegue la vera manovra terapeutica. Il paziente viene spostato in modo rapido, non necessariamente brusco, sul lato sano, stando attenti a non modificare la posizione della testa. Così facendo si esercita una accelerazione sul piano interessato. In questa posizione si dovrebbe generare nuovamente un nistagmo con caratteristiche sostanzialmente analoghe a quelle osservate sul lato affetto (nistagmo liberatorio). Dopo due minuti dalla cessazione di tale nistagmo si riporta il paziente in posizione seduta, facendogli tenere la testa piegata sulla spalla e raddrizzandola solo dopo che ha raggiunto la posizione verticale (Fig. 2)

Un'altra manovra è stata proposta da diversi autori nel corso degli anni: nel 1954 da Cawthorne ⁽³⁾, successivamente da Katsarkas ⁽⁹⁾ e infine da Herdman ⁽⁷⁾. In realtà Cawthorne e Katsarkas non la propongono specificatamente per la vertigine parossistica posizionale benigna ma per la ricerca dei nistagmi posizionali.

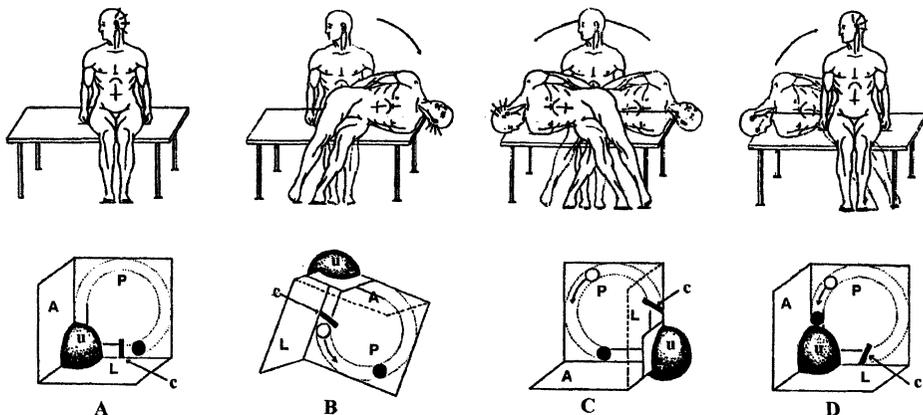


Fig. 2: manovra di Semont semplificata per VPPB del CSP sinistro. In basso è riportata la posizione del canale semicircolare interessato e lo spostamento dei detriti otoconiali.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

La manovra è simile a quella di Dix-Hallpike; il paziente è seduto con le gambe distese sul lettino e viene accompagnato rapidamente in posizione supina con testa latero ruotata ma non iperestesa. Il paziente è quindi riportato in posizione seduta e la manovra viene ripetuta sul fianco opposto. In questa posizione il canale si trova sul piano sagittale lungo il quale si esegue il movimento, ma non sempre l'asse fra cupola e canale è perfettamente verticale sulla perpendicolare gravitazionale.

Riteniamo importante consigliare anche un'altra tecnica, non codificata e non codificabile. Talvolta alcuni pazienti raccontano una storia tipica di vertigine parossistica benigna ma non riusciamo a scatenare il nistagmo con nessuna delle tecniche descritte. Peraltro, è il paziente stesso che afferma che le vertigini gli compaiono solo quando si mette a letto facendo un particolare movimento. In questi casi è utile invitare il soggetto ad eseguire quella determinata manovra, che potrà essere diversa fra soggetto e soggetto, osservando, meglio con la videocoloscopia, l'eventuale comparsa del nistagmo.

3. *La manovra per i canali laterali*

I movimenti per evocare la comparsa dei ny nella VPPB del CSL sono quelli proposti da McClure ⁽¹⁰⁾ e Pagnini ⁽¹²⁾. Inizialmente la rotazione della testa, o di tutto il corpo, del paziente dalla posizione supina (con testa inclinata in avanti di 30°) a quella di fianco e successivamente le rotazioni da un lato all'altro. In posizione supina il paziente ha il CSL sul piano verticale; la rotazione sui fianchi pone il canale in modo tale da permettere il movimento del materiale più pesante dell'endolinfa lungo il canale stesso, determinando le correnti endolinfatice che scatenano il ny.

LE CARATTERISTICHE DEL NISTAGMO

1) *Ny parossistico da canale semicircolare posteriore (CSP)*

Dopo aver eseguito la manovra di Dix-Hallpike il nistagmo parossistico da CSP può insorgere subito od avere una latenza; questa può essere anche di molti secondi, pertanto si consiglia sempre di attendere anche fino ai 30", prima di riportare il paziente nella posizione seduta. Compare quindi un ny più o meno intenso, rotatorio "up beating" orario per interessamento del CSP Sn e antiorario per coinvolgimento del CSP Ds, della durata di 30"-40". Questo è legato allo stimolo eccitatorio che si verifica a livello del CSP con conseguente eccitazione dei muscoli retto inferiore controlaterale e obliquo superiore ipsilaterale. Per questo motivo il ny è leggermente dissociato con una direzione della fase rapida torsionale-esterna dell'occhio ipsilaterale ed un movimento di abduzione ed in alto dell'occhio controlaterale ⁽⁸⁾.

L'andamento del nistagmo è parossistico cioè incrementa rapidamente di

— L'esame otoneurologico clinico: interpretazioni dei nistagmi parossistici posizionali (NyPP) —

intensità, fino a raggiungere un culmine e quindi abbastanza rapidamente si attenua. Spesso si può osservare, mantenendo il paziente nella posizione di Dix-Hallpike, una inversione spontanea del ny che però è di piccola ampiezza e più lentamente esauribile.

Il ny parossistico è quasi sempre accompagnato da una intensa vertigine, spesso associata ad un marcato corredo neuro-vegetativo.

Al ritorno in posizione seduta, il ny è ancora parossistico, rotatorio ma con direzione invertita rispetto a quello insorto inizialmente, meno intenso e più breve. La ripetizione delle manovre scatenanti determina un affaticamento con riduzione del quadro nistagmico.

Il meccanismo fisiopatologico che determina la comparsa del ny è la presenza di detriti otoconici o a livello del canale (canalolitiasi) o a livello della cupola (cupulolitiasi) del CSP; il passaggio dalla posizione seduta a quella di Dix-Hallpike determina o un'aspirazione o una pressione sulla cupola con conseguente movimento ampullifugo. Il ritorno nella posizione seduta determina un movimento in senso opposto, ampullipeto, inibitorio e quindi il ny a rotazione invertita.

Sulla base delle sole manovre diagnostiche non è possibile distinguere fra una cupulolitiasi ed una canalolitiasi, se non per la durata del ny che nelle cupulolitiasi è maggiore. La visualizzazione, durante l'esecuzione delle manovre terapeutiche, di un ny "liberatorio", con direzione analoga a quello osservato durante la manovra di Dix-Hallpike, ci indica con sicurezza che siamo di fronte ad una canalolitiasi. L'esperienza clinica ci insegna che nella maggior parte dei casi la VPPB del CSP è da riferirsi ad una canalolitiasi e solo sporadicamente ad una cupulolitiasi.

2) *Ny parossistico da canale semicircolare laterale (CSL)*

Dei ny parossistici da interessamento del CSL esistono due forme: quella geotropa e quella apogeotropa. In ambedue i casi il nistagmo compare nelle posizioni di fianco (è sufficiente far ruotare la testa al paziente) ma si differenziano per la direzione.

a) *Forma geotropa*

Quando il paziente pone il labirinto patologico declive, compare dopo una latenza breve o assente, un intenso ny bifasico, geotropo (es.:nistagmo destro sul fianco destro) orizzontale, associato a violenta vertigine (1, 5, 12, 13). Il ny ha caratteri di parossismo con rapido incremento, lento decremento e durata di 10"-30". Dopo una breve pausa, in circa due terzi dei casi, compare spontaneamente un ny orizzontale a direzione invertita (apogeotropo: es.nistagmo sinistro in fianco destro) senza caratteri di vero parossismo, meno intenso del precedente, di lunga durata. Questo ny è dovuto ad un fenomeno di iperpolarizzazione dopo

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

una intensa depolarizzazione e probabilmente ad una attivazione del velocity storage.

Il posizionamento sul fianco opposto, cioè sul lato del labirinto indenne determina un nuovo ny parossistico geotropo (es.: ny sinistro in fianco sinistro) ancora intenso ma meno del precedente, ancora con vertigine, di solito senza inversione spontanea.

Il ny avviene per la presenza di detriti otoconici nel braccio non ampollare del CSL, per questo la rotazione della testa verso il lato dell'orecchio interessato determina una corrente ampullipeta, eccitatoria che stimola il muscolo retto mediale ipsilaterale e il retto laterale controlaterale.

Il posizionamento sull'altro lato determina una corrente ampullifuga inibitoria e quindi un nistagmo di direzione opposta al precedente ma, essendo il paziente sull'altro lato, è ancora geotropo. La minore intensità di questo nistagmo è legata principalmente al fatto che uno stimolo eccitatorio provoca un nistagmo più intenso di quello evocato da uno stimolo inibitorio.

Un altro nistagmo che si osserva spesso nelle forme geotrope è quello che compare quando il paziente passa dalla posizione seduta a quella supina. Con tale posizionamento il materiale più pesante dell'endolinfa raccolto nel canale tende a spostarsi, per gravità, verso la porzione posteriore del canale stesso, determinando una corrente ampullifuga inibitoria ed un nistagmo orizzontale, stazionario, di durata variabile (5"-30") la cui fase rapida batte verso il lato sano. Questo reperto può essere molto utile per aiutarci a capire, nelle VPPB del CSL, qual è l'orecchio interessato (Fig. 3).

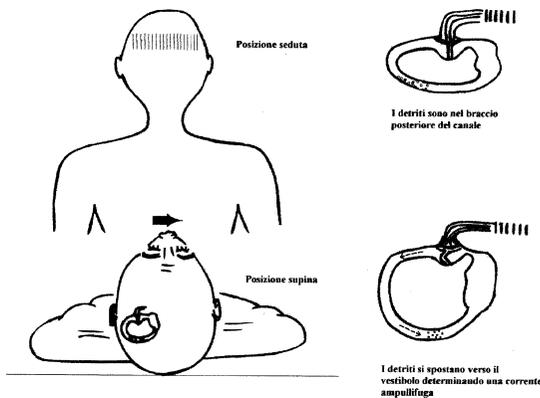


Fig. 3: nel movimento da seduto a supino compare un nistagmo la cui fase rapida è diretta verso il lato sano.

b) Forma apogeotropa

Se i detriti otoconici, invece di trovarsi nel braccio non ampollare, si sono spostati nel braccio ampollare (canalolitiasi) ⁽¹¹⁾ o sono adesi alla cupola (cupulolitiasi) ^(2, 8, 11) si verifica un ny di tipo apogeotropo.

Quando il paziente pone l'orecchio interessato in basso si determina una corrente ampullifuga inibitoria ed un ny che batte contro il campo gravitazionale. Spostandosi sul lato opposto si verifica uno stimolo ampullipeto, eccitato-

— L'esame otoneurologico clinico: interpretazioni dei nistagmi parossistici posizionali (NyPP) —

rio, con ny diretto verso l'orecchio patologico che in questo caso è in alto e quindi ancora apogeotropo. Le caratteristiche nistagmiche, a parte la direzione, sono sostanzialmente simili a quelle delle forme geotrope, anche se l'intensità è quasi sempre minore e pertanto più raramente si osserva l'inversione spontanea.

Nelle forme apogeotrope solo raramente si osserva un nistagmo nel passaggio dalla posizione seduta a quella supina; se si presenta è più frequentemente rivolto verso il lato affetto, è orizzontale e di breve durata.

Se i detriti otoconiali si spostano dal braccio ampollare a quello non ampollare del canale si osserva una trasformazione da una forma apogeotropa in quella geotropa; naturalmente questo potrà avvenire solo in caso di una canalolitiasi; se invece non si assiste ad alcuna trasformazione è possibile che il momento patogenetico sia quello di una cupulolitiasi. La frequente trasformazione dalla forma apogeotropa in quella geotropa dimostra come, anche per il CSL, la forma più frequente sia quella legata ad una canalolitiasi.

3) *Ny parossistico da canale semicircolare anteriore (CSA)*

L'osservazione di un ny da interessamento del CSA è certamente più rara. Il ny ha sempre caratteri di parossismo ma ha direzione invertita rispetto a quello da CSP. Ipotizziamo che una manovra di Dix-Hallpike destra determini un ny orario; possiamo fare 3 ipotesi:

stimolazione del CSP Sn (nonostante il movimento sia su un piano non appropriato)

stimolazione inibitoria dei CC VV di destra in quanto i detriti non sono periampollari

stimolazione del CSA sinistro

Nel primo caso la manovra di Dix-Hallpike Sn determinerà un ny orario più intenso facendo rilevare chiaramente una VPPB del CSP Sn.

Nel secondo caso al ritorno seduto si apprezza un ny orario e la ripetizione della manovra di Dix-Hallpike destra determinerà un ny antiorario tipico di una VPPB del CSP destro, indicando che i detriti si sono spostati in regione periampollare.

Nel terzo caso il ny al ritorno seduto si apprezza un ny antiorario e la ripetizione della manovra determina lo stesso quadro nistagmico o una negativizzazione in quanto i detriti possono, per le manovre, essere scivolati nel vestibolo.

La stimolazione del CSA determina una contrazione del muscolo obliquo inferiore ipsilaterale e del retto superiore controlaterale determinando un ny dissociato con movimento della fase rapida dell'occhio ipsilaterale in-torsionale e dell'occhio controlaterale out-torsionale e verso il basso ⁽⁸⁾.

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Bibliografia

1. BALOH R.W., JACOBSON K., HONRUBIA V.: *Lateral semicircular canal variant of benign positional vertigo*. Neurology 1993; 43: 2542-9.
2. CASANI A., VANNUCCI G., FATTORI B., GHILARDI P.L.: *Positional vertigo and ageotropic bidirectional nystagmus*. Laryngoscope 1997, 107, 807-813.
3. CAWTHORNE T.: *Positional Nystagmus*. Ann. Otol., 63, 481-490, 1954.
4. DIX M.R., HALLPIKE C.S.: *The pathology, symptomatology and diagnosis of certain common disorders of the vestibular system*. - Ann.Otol.Rhinol. Laryngol.6,987-1016,1952.
5. FIFE T.D.: *Recognition and management of horizontal canal benign positional vertigo*. Am.J.Otol. 1998;19:345-51.
6. GUIDETTI G., BARBIERI L.: *La manovra di Semont nelle vertigini parossistiche posizionali*. Acta Otorhino., Ital. 5,631-641,1985.
7. HERDMAN S.J.: *Vestibular rehabilitation* C.P.R. F.A. Davis Philadelphia, 1994.
8. HONRUBIA V., BALOH R.W., HARRIS M.R., JACOBSON K.M.: *Paroxysmal positional vertigo sindrome*. Am.J.Otol. 1999; 20: 465-470.
9. KATSARKAS A.: *Nystagmus of paroxysmal positional vertigo: some new insights*. Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. 96, 305,1987.
10. MCCLURE A.: *Horizontal canal BPV*. J. Otolaryngol. 1985; 14: 30-35.
11. NUTI D., VANNUCCHI P., PAGNINI P.: *Benign Paroxysmal Positional Vertigo of the Lateral canal: a form of canalolithiasis with variable clinical features*. J. Vestib.Res. 1996;6:173-84.
12. PAGNINI P., NUTI D., VANNUCCHI P.: *Benign paroxysmal vertigo of the horizontal canal*. ORL 1989; 51: 161-70.
13. STEDDIN S., BRANDT T.: *Horizontal Canal Benign Paroxysmal Positioning Vertigo (H-VPPB): Transition of Canalolithiasis to Cupulolithiasis*. Ann. Neurology 1996;40:918-22.

L'ESAME OTONEUROLOGICO CLINICO: MANOVRE CEFALICHE AD ALTA FREQUENZA

Daniele Nuti, Valerio Damiani, Marcella Gabbrielli, Catia Nati

Le affezioni del sistema vestibolare periferico possono determinare segni e sintomi sia di tipo statico (a testa ferma) che dinamico (da movimento della testa). Mentre i segni statici (nistagmo spontaneo, turbe posturali, vertigine) generalmente diminuiscono o scompaiono per l'intervento dei fenomeni di compenso vestibolare, alcune alterazioni dinamiche rappresentano una "eredità" permanente delle lesioni labirintiche.

Esistono numerose metodiche che si propongono di svelare uno squilibrio dinamico della funzione vestibolare; alcune di esse sfruttano stimolazioni a bassa frequenza, altre si avvalgono di stimoli ad elevata accelerazione e frequenza. Queste sono certamente più efficaci nello studio del riflesso vestibolo-oculare (RVO), perché consentono di isolare la funzione vestibolare da quelle visiva e cervicale. E' infatti noto che esistono tre riflessi oculomotori adibiti a mantenere ferme le immagini sulla fovea: i riflessi cervico-oculare, ottico-cinetico e vestibolo-oculare. Solo il riflesso vestibolo-oculare è però sufficientemente rapido ed efficiente per rispondere ai naturali movimenti della testa, per cui i segnali labirintici vengono principalmente sfruttati per compensare stimolazioni rotatorie ad alta frequenza, transitorie, mentre i segnali visivi servono per le rotazioni della testa a bassa frequenza, persistenti.

Occorre inoltre considerare che le lesioni labirintiche vengono spesso mascherate dai meccanismi di adattamento vestibolare, essenziali per promuovere un recupero funzionale; nello stesso tempo l'adattamento rende difficile la evidenziazione dei segni clinici provocati da un deficit vestibolare. E' pertanto necessario che l'esaminatore sia in grado di rivelare le asimmetrie "nascoste" nella funzione vestibolare, utilizzando stimoli che cancellino i limiti della capacità di adattamento. Questo può essere ottenuto utilizzando due semplici manovre diagnostiche che possono essere agevolmente effettuate anche al letto del paziente: il test impulsivo (Head Thrust Test) ed il test da scuotimento rapido della testa meglio noto come Head Shaking Test (HST). Recentemente è stato

inoltre proposto un nuovo test impulsivo che si propone di valutare il riflesso otolito-oculare (Head Heave Test).

TEST IMPULSIVO (HEAD THRUST TEST)

Il test impulsivo (TI) rappresenta un efficace metodo per identificare un difetto della performance del RVO e quindi della funzione del canale semicircolare laterale. Introdotto da Halmagyi e Curthoys nel 1988 ⁽¹⁾, esso rappresenta probabilmente l'unico vero segno clinico, non strumentale, che indica la presenza di un deficit canalare unilaterale.

Metodica di esecuzione

L'esaminatore si pone davanti al paziente e lo invita a fissare attentamente un punto di riferimento posto a circa 1 metro di distanza, oppure il naso dell'esaminatore stesso. Dopo aver afferrato saldamente la testa del paziente, la ruota lentamente verso un lato di circa 20° e quindi imprime una brusca accelerazione in senso opposto (accelerazione breve ma estremamente elevata) per riportare la testa in posizione centrale. In questo modo gli occhi vengono portati rapidamente dalla posizione eccentrica alla posizione centrale nell'orbita. La prova viene poi ripetuta in senso opposto. Il test può essere ripetuto più volte nei due sensi, anche se è nostra impressione che eventuali anomalie vengano meglio rilevate con le prime esecuzioni.

Il TI può essere applicato anche sul piano verticale, con la testa ruotata di 45° verso un lato, per testare la funzione dei canali verticali.

Parametri di risposta

Se il riflesso vestibolo-oculare funziona normalmente, l'esaminatore potrà osservare che gli occhi del paziente rimangono ben fermi sulla mira, compiendo un movimento compensatorio dalla posizione eccentrica dell'orbita a quella centrale. Per contro, in presenza di un deficit del RVO, la rotazione rapida della testa verso il canale patologico determinerà, alla fine del movimento, la comparsa di una o più saccadi correttive necessarie per riportare la immagine del target sulla fovea.

Se prendiamo ad esempio un deficit della funzione canalare destra, la rotazione rapida della testa verso destra non è seguita da un movimento compensatorio degli occhi per cui è necessario che gli occhi compiano una saccade verso sinistra per riportarsi nella posizione voluta (figura 1).

————— L'esame otoneurologico clinico: manovre cefaliche ad alta frequenza —————

Figura 1. Test di Halmagyi in paziente con deficit canalare destro.



In alto: nella rotazione rapida verso sinistra gli occhi della paziente rimangono fissi sul naso dell'esaminatore.

In basso: nella rotazione rapida verso destra, gli occhi rimangono fissi nello spazio (B); è necessaria una saccade compensatoria verso sinistra per farli tornare nella posizione iniziale (C).

(da Halmagyi e Curthoys, 1988) ⁽¹⁾.

Alcuni Autori suggeriscono di ripetere il test almeno tre volte per lato, considerando come patologica una risposta alterata in almeno due delle tre rotazioni ⁽²⁾. Altri consigliano numerose ripetizioni della manovra, anche per abituare e rilassare il paziente, considerando il test come positivo quando il movimento saccadico di rifissazione compare in diversi trials ripetuti ⁽³⁾. Anche la sensazione soggettiva del paziente può aiutare nella diagnosi: infatti il paziente si rende spesso conto che la rotazione della testa verso un lato provoca maggiore difficoltà a mantenere ferme le immagini rispetto alla rotazione in senso opposto.

La esecuzione del TI non è ostacolata dalla presenza di un nistagmo spontaneo, anzi ne facilita l'interpretazione, rendendo ben evidente il fenomeno, e consente una precoce diagnosi differenziale con le affezioni cerebellari che provocano un nistagmo spontaneo unidirezionale: per assurdo un TI normale (RVO normofunzionale) indica la presenza di una lesione centrale.

Il TI può anche essere utilizzato per identificare deficit funzionali dei canali verticali. Ad esempio, se si ruota la testa verso destra, i canali anteriore sinistro e posteriore destro si trovano nella disposizione ideale per essere eccitati da un movimento acceleratorio effettuato sul piano sagittale. Pertanto in presenza di un deficit labirintico sinistro si otterrà una saccade correttiva ruotando rapidamente la testa in basso. Viceversa se la testa è ruotata a sinistra, lo stimolo verticale

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

ecciterà i canali posteriore sinistro ed anteriore destro ed una saccade correttiva verrà provocata da un rapido movimento verso l'alto.

Meccanismo fisiopatogenetico.

Il test sfrutta la seconda legge di Ewald secondo la quale una rapida rotazione della testa in un senso determina nel canale laterale controlaterale alla rotazione uno stimolo ampullifugo, inibitorio, meno efficiente di quello ampullipeto, eccitatorio, che si genera nel canale verso cui si ruota la testa. Questa asimmetria funzionale vale solo per movimenti rapidi (superiori a 200°/sec) ed è legata alle proprietà delle afferenze vestibolari primarie: la loro attività di scarica a riposo, di circa 90 spikes al secondo, non è soggetta a una saturazione e subisce incrementi notevoli per stimoli eccitatori mentre può solo decrescere parzialmente, fino allo 0, con stimoli inibitori. La organizzazione a push-pull, di cui sono dotati i canali semicircolari, consente normalmente la genesi di movimenti compensatori adeguati a qualsiasi movimento della testa: in caso di deficit funzionale unilaterale, la rapida rotazione della testa verso il lato lesso provoca uno stimolo ampullipeto ipsilaterale inefficiente ed uno stimolo ampullifugo controlaterale che non è in grado di compensare da solo il movimento della testa, rendendo necessaria la insorgenza di saccadi correttive per fissare le immagini ⁽⁴⁾.

Specificità e sensibilità

Dal lavoro originale di Halmagyi e Curthoys ⁽¹⁾ il test risulta essere estremamente specifico e sensibile se applicato a pazienti che costituiscono il modello ideale di un deficit vestibolare unilaterale: esso è infatti risultato sempre patologico nei 12 pazienti sottoposti a neurectomia vestibolare. I reperti clinici sono stati anche confermati con la registrazione dei movimenti oculari tramite magnetic search coil.

La ottima sensibilità e specificità del TI nei pazienti affetti da grave deficit della funzione vestibolare è stata successivamente confermata ⁽⁵⁾; per contro il test sembra essere del tutto insensibile, rispetto al test calorico, nelle forme di lieve o moderata perdita della funzione vestibolare ⁽²⁾.

HEAD SHAKING TEST (HST)

Descritto da Barany nel 1907 ⁽⁶⁾ ed introdotto nella pratica clinica da Kamei et al nel 1964 ⁽⁷⁾, il test clinico per la ricerca del "post" head shaking nystagmus (HSN) è una semplice metodica per rilevare le asimmetrie determinate da lesioni vestibolari periferiche o centrali nel velocity storage mechanism.

————— *L'esame otoneurologico clinico: manovre cefaliche ad alta frequenza* —————

Metodica di esecuzione

Dopo aver ricercato un eventuale nistagmo spontaneo con gli occhiali di Frenzel, l'esaminatore fa compiere alla testa del paziente una rapida successione di oscillazioni sul piano orizzontale (circa due cicli al secondo) per almeno 10 secondi. Il test viene effettuato con il paziente seduto ad occhi chiusi, la testa leggermente flessa in basso e con una escursione totale di circa 90°. Quando lo scuotimento viene bruscamente interrotto il paziente apre gli occhi e l'esaminatore osserva la eventuale comparsa di un nistagmo. Successivamente il test viene ripetuto sul piano verticale.

In caso di comparsa di head shaking nystagmus (HSNy) è consigliabile ripetere il test per accertarsi che il nistagmo sia riproducibile, specie se la risposta è debole. Se si vogliono rilevare possibili nistagmi plurifasici è bene proseguire la osservazione anche dopo che il nistagmo si è esaurito.

Alcuni Autori rilevano il nistagmo con la semplice osservazione tramite occhiali di Frenzel, altri riferiscono risultati migliori se il test viene effettuato al buio e con registrazione elettrooculografica ⁽⁸⁾. Il test può anche essere effettuato in modo "attivo", istruendo il paziente ad effettuare le oscillazioni della testa da solo, senza l'aiuto dell'esaminatore; non sembrano peraltro esistere differenze significative tra le due modalità di esecuzione ⁽⁹⁾.

Parametri di risposta (Tabella 1)

Nei pazienti con **lesione vestibolare periferica unilaterale**, l'HST effettuato sul piano orizzontale induce frequentemente la comparsa di un nistagmo orizzontale che batte verso il lato sano e che si protrae per un periodo di tempo molto variabile. Alcuni Autori considerano significativa anche la comparsa di tre scosse di nistagmo, se ben definite. Con registrazione EOG viene considerato significativo un nistagmo con una velocità angolare di almeno 5°/sec. per alcuni, di 2.5°/sec per altri. Un HSN che batte controlateralmente al lato deficitario viene denominato "paretico" ⁽¹⁰⁾ oppure deficitario ⁽¹¹⁾.

Se il nistagmo da scuotimento è sufficientemente intenso e prolungato, spesso viene seguito da un nistagmo secondario o di recupero (recovery): il nistagmo primario (prima fase) si esaurisce e, dopo un variabile periodo di latenza, inverte la sua direzione (seconda fase). Il nistagmo secondario è generalmente meno intenso ma di lunga durata ⁽⁵⁾.

In alcuni casi è anche possibile la comparsa di un HSN diretto verso il lato deficitario anziché verso il lato sano. Questo si manifesta subito dopo il test o, raramente, dopo un periodo di latenza. Il nistagmo che batte verso il lato patologico viene denominato "invertito" (reversed) o irritativo.

Nei pazienti con nistagmo spontaneo, il test viene considerato positivo se

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

induce una differenza di almeno 5°/sec nei primi 5 secondi successivi al termine dello scuotimento della testa ⁽¹²⁾.

Sempre in pazienti con patologia vestibolare periferica, la effettuazione del test sul piano verticale può provocare un nistagmo che batte verso il lato patologico, di minore entità.

Nelle **lesioni vestibolari centrali**, un HST sul piano orizzontale può indurre un nistagmo verticale puro (specialmente downbeat) o con componente verticale nettamente prevalente su quella orizzontale. Questo tipo di nistagmo viene definito “crosscoupled” dagli Autori Anglosassoni ⁽¹³⁾. La comparsa di un nistagmo verticale combinato ad una prevalente componente orizzontale è più facilmente dovuto a lesioni periferiche.

Altri possibili pattern di tipo centrale sono: la comparsa di un evidente nistagmo orizzontale senza che siano presenti evidenti deficit della funzione vestibolare periferica, un nistagmo particolarmente intenso (superiore a 40-50°/sec), un nistagmo intenso evocato da uno stimolo debole (solo 2-3 cicli), una seconda fase particolarmente intensa o la comparsa di un nistagmo polifasico. Anche la presenza di un nistagmo invertito, cioè che batte verso il lato ritenuto patologico, deve comunque far escludere una lesione del sistema vestibolare centrale.

Tabella 1: Tassonomia del HSN

<i>Definizione</i>	<i>Significato</i>
Paretico o deficitario	fase lenta verso il lato deficitario
Secondario o di recupero (recovery)	dopo una prima fase, il nistagmo inverte spontaneamente la sua direzione (bifasico)
Invertito o irritativo (reversed)	fase lenta verso il lato sano
Crosscoupled	dopo HST sul piano orizzontale compare un nistagmo verticale
Polifasico	inverte più volte la sua direzione

Meccanismo fisiopatogenetico.

La comparsa di un HSN orizzontale nei pazienti con deficit vestibolare unilaterale riflette la presenza di una asimmetria del velocity storage che viene indotta

————— *L'esame otoneurologico clinico: manovre cefaliche ad alta frequenza* —————

da un asimmetrico impulso periferico. La seconda legge di Ewald stabilisce infatti che stimoli acceleratori ad elevata frequenza e velocità determinano una risposta eccitatoria (ampullipeta per i canali laterali) più efficiente rispetto alla risposta inibitoria (ampullifuga). La serie di oscillazioni sul piano orizzontale determina una sequenza di impulsi eccitatori che “caricano” in modo asimmetrico il velocity storage mechanism: le rapide rotazioni della testa verso il lato leso provocano infatti uno stimolo inferiore (o assente) rispetto a quelle verso il lato sano. La comparsa di un nistagmo al termine del test può essere considerato come una modalità di “scaricamento” di un velocity storage caricato asimmetricamente ⁽¹⁴⁾.

La comparsa di un nistagmo diretto verso il lato affetto (invertito) è probabilmente dovuta ai meccanismi di genesi del recovery nystagmus. Se l'adattamento vestibolare si è già instaurato per ribilanciare il sistema, il recupero della funzione vestibolare periferica può rendere inappropriata tale modificazione, causando una asimmetria paradossa negli input al velocity storage e determinando un nistagmo a direzione opposta a quella che generalmente si ottiene nelle lesioni periferiche. Tale fenomeno sarebbe rilevabile nel 25% dei casi ⁽¹³⁾.

La comparsa di un nistagmo orizzontale dopo HST effettuato sul piano verticale rappresenta, nelle lesioni periferiche, un tipico esempio di risposta “cross-coupled” che riflette un'asimmetria del contributo che i canali posteriori forniscono normalmente al riflesso vestibolare orizzontale durante lo shaking sul piano verticale.

E' bene ricordare che la comparsa di un HSN prevede che il velocity storage mechanism sia ben funzionante. E' infatti possibile che pazienti affetti da completa perdita della funzione vestibolare periferica non presentino un HSN per la coesistenza di gravi alterazioni insite nel velocity storage.

Nei pazienti affetti da lesioni vestibolari centrali, coinvolgenti il velocity storage mechanism, si può rilevare la comparsa di HSN verticale dopo HST sul piano orizzontale, giustificabile con una alterazione del meccanismo “cross-coupling”. La presenza di alterazioni del velocity storage mechanism può inoltre determinare la comparsa di un HSN in presenza di un normale e bilanciato input periferico, praticamente attribuibile ad una sorta di errore di interpretazione.

Specificità e sensibilità

Esistono notevoli discordanze sulla affidabilità del HST come indicatore di disfunzione vestibolare: alcuni autori considerano il test inadeguato ad uno screening delle affezioni vestibolari, specie se rapportato con il test calorico, per la sua bassa sensibilità e per la sua discussa specificità ^(5,15,16,17). Non indica con certezza il lato della lesione né tantomeno è in grado di distinguere tra lesioni periferiche e centrali ⁽¹⁸⁾.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Per contro altri Autori ritengono che l'HST debba essere considerato un ottimo indicatore di lesioni vestibolari periferiche ^(19,20), che ben si correla con il test calorico e che risulta spesso utile per distinguere i pazienti con lesioni vestibolari dai pazienti "funzionali" ⁽⁹⁾.

HEAD HEAVE TEST

La valutazione clinica del riflesso otolito-oculare è limitata alla ricerca di segni indicativi di uno squilibrio statico del sistema otolitico: verticale soggettiva, skew deviation, ciclotorsione oculare e tilt della testa. La ricerca di asimmetrie dinamiche prevede l'adozione di sofisticate apparecchiature in grado di applicare stimolazioni acceleratorie lineari, disponibili solo presso pochi centri di ricerca e sicuramente non adottabili al letto del paziente.

Da poco tempo è stato ideato un test clinico con razionale e strategia identiche a quelle adottate per svelare asimmetrie dinamiche della funzione canale (test impulsivo). L'idea nasce dalla possibilità che nei pazienti con perdita unilaterale della funzione labirintica esistano asimmetrie nella funzione utricolare che riflettono la seconda legge di Ewald, simili a quelle della funzione canale.

In pratica si tratta di applicare uno stimolo otolitico con sufficiente velocità e frequenza, in modo da eccitare il sistema oltre le sue capacità di adattamento. Molto semplicemente occorre imprimere manualmente alla testa del paziente una accelerazione traslatoria, ad alta velocità, secondo l'asse interaurale (da destra a sinistra e viceversa). Durante la manovra il paziente deve fissare attentamente un punto vicino (il naso dell'esaminatore). La presenza di una asimmetria dinamica del sistema otolitico è rivelata dalla comparsa di una saccade correttiva quando la testa viene tralata verso il lato deficitario.

Il test è stato denominato "head heave test", perché il termine "heave" indica un movimento che si effettua in senso traslatorio laterale. È stato calcolato che la accelerazione necessaria per ottenere un buon riflesso deve aver un valore minimo di 0,5 g.

Allo scopo di verificare la validità del test, Ramat et al. ⁽²¹⁾ hanno registrato i movimenti oculari tramite "magnetic search coil", utilizzando soggetti con normale funzione vestibolare e pazienti con deficit vestibolare unilaterale indotto chimicamente (gentamicina intratimpanica). Lo stimolo acceleratorio traslatorio è stato applicato sia manualmente che avvalendosi di una apparecchiatura che permettesse di evitare indesiderate rotazioni della testa (head sled): essa consiste in due piastre di Plexiglas posizionate ai lati della testa del paziente e collegate tra loro in modo da potersi muovere solidalmente in senso orizzontale, lungo l'asse interaurale.

L'esame otoneurologico clinico: manovre cefaliche ad alta frequenza

Gli Autori hanno così accertato che nei soggetti normali il guadagno del RVO evocato da una elevata accelerazione traslatoria risulta essere inferiore in ampiezza di quello ideale, necessario per stabilizzare le immagini sulla fovea. Tale dato è in accordo con quanto rilevato da Crane et al. ⁽²²⁾ che riferiscono un guadagno di 0.1-0.3 in soggetti sani sottoposti ad accelerazioni traslatorie "whole-body".

Il guadagno del RVO traslatorio risulta quindi nettamente inferiore a quello del RVO rotatorio, evocato da una elevata accelerazione angolare (head thrust). Questo è infatti generalmente caratterizzato da una risposta quasi perfettamente compensatoria, che si avvicina alla unità. Una possibile spiegazione risiede nel profilo dello stimolo: la maggior parte dei movimenti della testa, per i quali è richiesta una funzione compensatoria del RVO, coinvolge sia le componenti angolari che traslatorie. La applicazione di una elevata accelerazione traslatoria alla testa, senza un contemporaneo movimento angolare, può costituire uno stimolo che il sistema vestibolare non è abituato a incontrare naturalmente e che quindi non ha provveduto a calibrare.

Nei pazienti con deficit vestibolare unilaterale è stata rilevata una asimmetria della risposta, con guadagno del RVO significativamente più basso in risposta a traslazione ipsilaterale alla lesione rispetto allo stimolo controlaterale, a conferma di quanto già rilevato da Lempert et al. ⁽²³⁾ e da Crane et al. ⁽²²⁾ in pazienti sottoposti ad ablazione labirintica. La asimmetria della risposta sembra peraltro transitoria, risolvendosi nell'arco di alcune settimane.

E' stato anche verificato che non esistono differenze significative tra le risposte evocate dallo stimolo manuale e quelle ottenute con l'apparecchiatura "head-sled", confermando così la legittimità del test ad aggiungersi alle altre manovre diagnostiche utilizzabili al letto del paziente.

Come già detto, il segno clinico che caratterizza la presenza di un deficit otolitico è costituito dalla evocazione di una saccade correttiva in risposta ad una rapida traslazione della testa verso il lato deficitario (head heave sign): occorre precisare che tale segno non è altrettanto facilmente rilevabile come quello indotto dal test impulsivo, trattandosi di movimenti oculari di piccole dimensioni, rilevabili solo da un occhio allenato ed esperto. Il test traslatorio possiede inoltre una sensibilità inferiore rispetto al test impulsivo, risultando negativo in un certo numero di pazienti sottoposti ad ablazione labirintica ^(21,22).

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Bibliografia

1. HALMAGYI GM., CURTHOYS IS.: *A clinical sign of canal paresis*. Arch Neurol 1988; 45: 737-739.
2. BEYNON G.J., JANI P., BAGULEYDM: *A clinical evaluation of head impulse testing*. Clin Otolaryngol 1998; 23: 117-122.
3. HARVEY S.A., WOOD D.J.: *The Oculocephalic response in the evaluation of the dizzy patient*. Laryngoscope 1996; 106: 6-9.
4. HALMAGYI G.M., CURTHOYS I.S., AW S.T., TOOD M.J.: *The human vestibulo-ocular reflex after unilateral deafferentation. The results of High-Acceleration Impulsive Test*. In: Sharpe JA, Barber HO (eds): *The vestibulo-Ocular reflex and Vertigo*. Raven Press, New York, 1993.
5. HARVEYS.A., WOOD D.J., FEROAH T.R.: *Relationship of the head impulse test and head-shake nystagmus in reference to caloric testing*. Am J Otol 1997; 18: 207-213.
6. BARANYR.: *Untersuchungen uber das Verhalten des Vestibularapparates bei Kopftraumen und ihre praktische Bedeutung*. Verhandugen der Deutschen Otol Gessellschaft 1907: 252-266.
7. KAMEI T., KIMURA K., KANEKO H. ET AL.: *Revaluation of head shaking test as a method of nystagmus provocation*. Jpn J Otol 1964; 67: 1530-1534.
8. GOEBELJ.A., GARCIA P.: *Prevalence of post-headshake nystagmus in patients with caloric deficits and vertigo*. Otolaryngol Head Neck Surg 1992; 106(2): 121-127.
9. ASAWAVICHIANGIANDA S., FUJIMOTO M., MAI M., DESROCHES H., RUTKA J.: *Significance of Head-shaking nystagmus in the evaluation of the dizzy patient*. Acta Otolaryngol (Stockh) 1999; suppl 540: 27-33.
10. SPINDLER J., SCHIFF M.: *Variations of biphasic head shake response: physiology and clinical significance*. Adv. Otolaryngol 1988; 42: 95-103.
11. KAMEI T.: *Two types of head-shaking test in vestibular examination*. Acta Otolaryngol (Stockh) 1988; suppl 458: 108-112.
12. WEI D., HAIN T.C., PROCTOR L.R.: *Head-shaking nystagmus: association with canal paresis and hearing loss*. Acta Otolaryngol (stockh) 1989; 108: 362-367.
13. HAIN T.C., SPLINDER J.: *Head Shaking nystagmus*. In: Sharpe JA, Barber HO (eds): *The vestibulo-Ocular reflex and Vertigo*. Raven Press, New York, 1993.
14. HAIN T., FETTER M., ZEE D.: *Head-shaking nystagmus in patients with unilateral peripheral vestibular lesions*. Am J Otolaryngol 1987; 8: 36-47.
15. JACOBSON G.P., NEWMAN C.W., SAFADI I.: *Sensitivity and specificity of the head-shaking test for detecting vestibular abnormalities*. Ann Otol Rhinol Laryngol 1990; 99: 539-542.
16. BURGIO DL., BLAKLEY BW., MYERS SF. *An evaluation of the head-shaking nystagmus test*. Otolaryngol Head Neck Surg 1990; 105(5): 708-713.
17. GUIDETTI G., MONZANI D., CIVIERO N. *Head shaking nystagmus in the follow-up of patients with vestibular diseases*. Clin Otolaryngol 2002; 27: 124-128.

————— *L'esame otoneurologico clinico: manovre cefaliche ad alta frequenza* —————

18. VICINI C., CASANI A., GHILARDI P.: *Assessment of head shaking test in neuro-otological practice*. ORL 1989; 51: 8-13.
19. TAKAHASHI S., FETTER M., KOENIG E., DICHGANS J.: *The clinical significance of head-shaking nystagmus in the dizzy patient*. Acta Otolaryngol (Stockh) 1990; 109: 8-14.
20. TSENG HZ., CHAO WY.: *Head-shaking nystagmus: a sensitive indicator of vestibular dysfunction*. Clin Otolaryngol 1997; 22: 549-552.
21. RAMAT S., ZEE D.S., MINOR L.B.: *Translational vestibuloocular reflex evoked by a "head heave stimulus"*. Ann NY Acad Sci 2001; 942: 95-113.
22. CRANE B.T., TIAN J.R., WIESTG., DEMER J.L.: *Initiation of the unilaterally deafferented human otolith-ocular reflex*. Soc Neurosci 2000; Abstr 26:6.
23. LEMPERT T., GIANNA G., BROOKES G., BRONSTEIN A.: *Horizontal otolith-ocular responses in humans after unilateral vestibular deafferentation*. Exp Brain Res. 1998; 118:533-540.

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

L'ESAME OTONEUROLOGICO CLINICO: ALTRI ESAMI COMPLEMENTARI

Marco Manfrin

Ad integrazione delle informazioni cliniche e strumentali già ottenute da un iter diagnostico otoneurologico standard, è possibile valutare alcuni aspetti particolari della semeiotica ricercando eventuali nistagmi (Ny) secondari a stimolazioni non fisiologiche per il labirinto.

Allo stesso modo si possono valutare le risposte a momentanee modificazioni di alcune condizioni metaboliche, capaci di slatentizzare differenti situazioni di compromissione dell'apparato vestibolare "in toto".

Tali test si pongono a cavaliere tra la "bedside examination", nel senso che possono essere valutati senza l'intermediazione di strumentazioni particolari, e gli esami strumentali veri e propri poiché possono essere eseguiti solo con l'impiego di stimolazioni fornite da apparecchiature specifiche [16].

Tra i primi, si comprendono il test clinico della fistola perilinfatica, gli effetti della manovra di Valsalva e le conseguenze del test d'iperventilazione. Tra quelli che richiedono una strumentazione, si annoverano la ricerca del fenomeno di Tullio, la ricerca strumentale di una fistola perilinfatica e il Ny evocato dalla vibrazione mastoidea.

In linea generale si tratta di test che, se positivi, godono di una certa sensibilità e specificità per la malattia o la disfunzione ad essi correlata e sovente la positività dei test corrisponde ad un quadro anatomopatologico ben preciso.

Le risposte che si ottengono vengono genericamente annotate in termini di presenza/assenza (test positivo/negativo), senza che si ricorra ad un'analisi qualitativa dettagliata. Per questo motivo, la registrazione (video o su carta) dei Ny ottenuti riveste un carattere più documentaristico che di reale efficacia clinica.

TEST CLINICI

1. Ricerca clinica di fistola perilinfatica.

Un'anomala comunicazione tra gli spazi perilinfatici dell'orecchio interno e

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

la cassa timpanica, a contenuto aereo, viene definita come fistola perilinfatica (FP), di cui se ne conoscono una forma idiopatica e alcune forme secondarie (chirurgia, traumi, etc). Attualmente, si considerano inesistenti le forme spontanee che vengono semplicemente inquadrare in quelle idiopatiche [5].

I disturbi che derivano dalla presenza di una FP possono essere di natura cocleare, vestibolare o cocleovestibolare. I criteri diagnostici probanti per FP idiopatica sono schematizzati nella seguente tabella [6]:

<i>Cocleari</i>	Ipoacusia neurosensoriale improvvisa (giorni o settimane) Ipoacusia neurosensoriale rapidamente progressiva (mesi)
<i>Vestibolari</i>	Test della fistola positivo (segno di Hennebert o solo sintomi equivalenti) Ny o vertigine posizionale Costante disequilibrio

Principi di fisiopatologia: un aumento della pressione endotimpanica è in grado di trasmettersi ai liquidi dell'orecchio interno e, quindi, di agire meccanicamente sulle aree recettoriali vestibolari. Questo comporta fenomeni di eccitazione/inibizione del labirinto testato cui consegue una risposta oculomotoria transitoria, legata cioè solo al momento dell'applicazione dello stimolo.

Modalità d'esecuzione: sotto occhiali di Frenzel o in videoNyscopia, si comprime con un dito la cartilagine tragale sul meato acustico esterno in modo tale da ottenere un effetto occlusivo e, allo stesso tempo, un aumento pressorio "a tenuta" nel condotto uditivo esterno (CUE). La variazione rapida di pressione si trasmette alla membrana timpanica e alla catena ossiculare, con conseguente brusco aumento della pressione endotimpanica. La compressione può anche essere ripetuta più volte in sequenza rapida per qualche secondo.

Tipi di risposta: tre sono i tipi possibili di risposta oculare [7] al test clinico della fistola e cioè:

1) un Ny orizzontale-rotatorio che batte verso l'orecchio stimolato e che continua per 10"-15" dal momento della compressione (segno della fistola);

2) una deviazione oculare lenta degli occhi sul piano orizzontale che inizia nel momento dell'aumento della pressione all'interno del CUE ed è seguita da un movimento più rapido verso il lato opposto alla fine della stimolazione (segno di Hennebert);

3) un movimento combinato torsionale/verticale degli occhi, a rapida comparsa e ad altrettanto rapida risoluzione (ocular tilt reaction o OTR).

Tutti sono considerati espressione diretta di stimolazione delle aree recettoriali (1 e 2), anche se a prevalente manifestazione canalare, o di parti del labirinto (3), quali l'apparato otolitico.

2. La manovra di Valsalva.

Un relativo aumento della pressione endocranica e della colonna d'aria degli spazi sopraglottici può avere ripercussioni a due livelli: sul SNC e contemporaneamente a livello dell'orecchio medio/orecchio interno [13]. Ne deriva che, in seguito ad una manovra in grado di ottenere tale effetto e in presenza di patologie particolari, si possono evidenziare Ny centrali o periferici.

Principi di fisiopatologia: a livello del SNC l'aumento della pressione endocranica è dovuto ad un blocco momentaneo del ritorno venoso sopracavale, ostacolato dall'aumento della pressione positiva che si viene a creare durante un atto espiratorio eseguito a glottide chiusa. L'aumentata pressione venosa si ripercuote sul sistema dei plessi corioidei, del liquor e del parenchima cerebrale che, essendo contenuto in uno spazio inestensibile, va incontro ad un aumento relativo della pressione totale endocranica. Se esistono comunicazioni anormali a livello dei forami della base cranica e, in particolare a livello del forame magno, si può verificare un'erniazione delle tonsille cerebellari o un anormale contatto tra queste e il pavimento del IV ventricolo, essendo il tronco encefalico posto subito al davanti del cervelletto. Inoltre, se esiste una comunicazione diretta, senza interposizione d'osso per fenomeni di deiscenza, tra il labirinto membranoso, le meningi e il lobo temporale, la variazione pressoria si ripercuote sull'endolinfa labirintica, generando correnti eccitatorie o inibitorie (dipende da dove si trova la deiscenza rispetto al decorso del canale semicircolare superiore (CSS)) con comparsa di Ny d'origine periferica.

A livello di orecchio medio/interno, un'espiazione forzata a bocca e naso chiusi comporta un aumento della pressione aerea nell'orecchio medio per via tubarica, con conseguente estroflessione della membrana timpanica e dislocamento della catena ossiculare con affondamento della platina nella finestra ovale (aumento della rigidità). Se esiste una FP, le conseguenze sono simili a quelle già descritte nella fisiopatologia della FP.

Modalità d'esecuzione: sotto occhiali di Frenzel o in videoNyscopia, si possono eseguire due tipi di manovra di Valsalva [16]:

1) un'espiazione forzata a glottide chiusa (come per compiere uno sforzo fisico), che comporta solo l'aumento della pressione endocranica;

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

2) un'espiazione forzata a bocca e narici chiuse che comporta anche un aumento della pressione endotimpanica.

Tipi di risposta: in base alla sede e al tipo di patologia con la manovra di Valsalva di tipo 1 si possono ottenere:

- in caso di malformazione di Chiari, un Ny verticale-obliquo verso il basso, di breve durata, originato dall'attivazione dei neuroni del tronco encefalico;
- in caso di deiscenza del CSS, un Ny verticale-rotatorio, transitorio e non parossistico, che può essere diretto verso l'alto e verso l'orecchio patologico se la deiscenza corrisponde ad un tratto di canale dove si genera una corrente utriculifuga, di direzione opposta se si verifica una corrente utriculipeta.

Con la manovra di Valsalva di tipo 2, in caso di FP, si possono avere le tre risposte oculomotorie già descritte, mentre in caso di eccessiva lassità della catena ossiculare, con conseguente affondamento della platina nel vestibolo, la risposta più frequente è l'OTR.

3. Il test di iperventilazione.

Le alterazioni indotte da un eccesso di ventilazione possono causare Ny in una discreta varietà di patologie vestibolari, centrali e periferiche, ed extravestibolari [11].

Principi di fisiopatologia: le conseguenze metaboliche più importanti sono rappresentate dall'alcalosi respiratoria (ipocapnia) e dalle modificazioni del calcio ionizzato. Tali effetti, a loro volta, inducono una serie di risposte, anche riflesse, che consistono fondamentalmente in una vasocostrizione cerebrale e in un'aumentata conduzione nervosa a livello periferico e centrale. Ne deriva che le patologie su base vascolare del SNC, che coinvolgano le strutture vestibolocerebellari, possono slatentizzarsi con Ny d'origine centrale. Non solo, ma la situazione di compenso vestibolare che segue una lesione acuta del recettore o del nervo, può trovare nelle nuove condizioni metaboliche un motivo di decompensazione transitoria. Se a livello del nervo vestibolare si ha un'area di demielinizzazione focale (mancanza di cellule di Schwann) l'aumentata eccitabilità nervosa si esprime con un'asimmetria delle afferenze toniche basali labirintiche con conseguente comparsa di Ny verso il lato lesio. Anche una zona di demielinizzazione centrale, che interessa le vie vestibolari, può manifestarsi con un'eccitazione anomala in grado di originare Ny centrali (il cui tipo dipende dalla topografia della lesione).

L'effetto può essere anche quello del potenziamento di Ny patologici già presenti.

Modalità d'esecuzione: sotto occhiali di Frenzel o in videoNyscopia, si chiede al paziente di respirare profondamente e frequentemente per un periodo non

L'esame otoneurologico clinico: altri esami complementari

inferiore ai 30"-60", avvertendo il paziente di segnalare con un cenno della mano se durante il test compaiono sintomi (testa leggera, sensazione di instabilità, vertigine, parestesie alle estremità, etc).

Tipi di risposta: alla fine del test si possono osservare numerosi tipi di Ny [1] secondo la natura e la sede della lesione e cioè:

- in caso di lesione periferica compensata, compare un Ny orizzontale –rotatorio diretto verso il lato sano, come espressione di decompensazione centrale, che dura qualche secondo (sino a 10");
- in caso di lesione del nervo vestibolare (neurinoma [12], conflitto neurovascolare), ove vi sia una zona di demielinizzazione, compare un Ny orizzontale-rotatorio che batte verso il lato patologico. Per esperienza personale, oltre ai dati audiologici, la combinazione tra un test d'iperventilazione positivo verso un lato e un "head shaking test" sul piano orizzontale positivo verso il lato opposto sono sempre presenti in caso di neurinoma dell'VIII nervo cranico. Anche in questo caso il Ny è transitorio, ma può durare anche fino a parecchi secondi (20"-30");
- in caso di lesione demielinizante del SNC, si potenziano o compaiono Ny patognomici per la sede anatomica della lesione (verticali puri, verticali-obliqui, rotatori puri);
- in caso di lesione su base vascolare (ischemica) del SNC, il Ny esprime l'effetto della vasocostrizione cerebrale con conseguente interessamento di zone coinvolte nel complesso meccanismo delle afferenze centrali vestibolari, considerate come "ultimo prato", sia in fossa cranica posteriore sia in sede sopratentoriale;
- se non si ha Ny, ma il paziente lamenta la comparsa di sintomi vertiginoso-posturali o altro e soprattutto se li manifesta prima dei 30", è forte l'ipotesi di una sindrome su base psichica (sintomi vestibolari ansia-correlati).

TEST STRUMENTALI

1. Ricerca del fenomeno di Tullio

La possibilità che un suono di elevata intensità stimoli direttamente il labirinto è un fenomeno conosciuto da tempo [15] ed è stato correlato a numerose patologie a carico dell'orecchio medio/interno.

Principi di fisiopatologia: la variazione pressoria che caratterizza fisicamente un suono è in grado di stimolare o inibire tutto il labirinto o, più frequentemente, parte di esso con meccanismi diretti per presenza di FP, di fistola dei canali da otite media cronica o per la deiscenza spontanea di un canale. Tuttavia,

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

la stimolazione/inibizione può essere ottenuta anche in quelle situazioni di eccessiva distensione idropica del labirinto membranoso con anomalo contatto platinare (sacculostapedopessia) o quando vi siano delle anomalie congenite dell'orecchio medio/interno capaci di trasferire al recettore labirintico le modificazioni meccaniche indotte da un suono (lassità del ligamento anulare della staffa con ipermobilità).

Modalità d'esecuzione: sotto occhiali di Frenzel o in VideoNyscopia, si posizionano le cuffie di un audiometro standard al paziente e si inviano toni puri ad elevata intensità (dai 100 ai 120 dB HL) per ogni frequenza grave (125-250-500 Hz) e media (1000-2000-3000-4000 Hz) osservando la risposta oculomotoria indotta. In realtà, per comodità e rapidità d'esecuzione, si preferisce esplorare direttamente la sola frequenza 750 Hz a 120 dB. Se la risposta è positiva, non occorre procedere oltre; se invece è negativa, bisogna esplorare alla stessa intensità le frequenze contigue (500 e 1000 Hz).

Tipi di risposta: le risposte oculomotorie ad un suono sono date dalla comparsa di Ny che seguono la prima legge di Ewald per i canali interessati dalla presenza di una "terza finestra". Ne deriva che il Ny transitorio concomitante alla stimolazione sonora ha una direzione ed un piano spaziale sul quale batte che indicano quale sia il canale coinvolto. Si possono quindi avere Ny orizzontali puri (CSL) o verticali-rotatori (CSS e molto raramente CSP).

La stimolazione diretta del sistema otolitico non produce Ny, ma un fugace movimento torsionale (verso l'alto o verso il basso) degli occhi, fenomeno da inserire nell'OTR, che comprende una triade data da una torsione binoculare con rotazione del polo superiore di ciascun occhio diretto verso il lato non stimolato, deviazione dell'asse interoculare con ipertropia nell'occhio ipsilaterale al sistema otolitico stimolato e ipotropia nell'occhio controlaterale, e inclinazione della testa verso il lato non stimolato [3].

2. Ricerca strumentale della fistola perilinfatica.

Un aumento della pressione aerea nel CUE può essere ottenuto, oltre che con la compressione del trago, anche con l'ausilio di strumentazioni quali un otoscopio pneumatico o una sonda da impedenzometria. Nel primo caso, la variazione pressoria non può essere misurata mentre nel secondo è possibile quantificare (in mPa) a quale valore pressorio (positivo o negativo, se compreso nel range dell'apparecchiatura) si evoca un Ny. La fisiopatologia, i tipi di risposta e il significato clinico sono del tutto simili a quelli ottenuti in maniera non strumentale.

3. Il Ny evocato dalla vibrazione mastoidea.

Tra i sistemi sensoriali deputati alla percezione del "movimento vibratorio",

L'esame otoneurologico clinico: altri esami complementari

oltre ai meccanosensori cutanei, muscolari, tendinei e articolari, probabilmente si devono annoverare anche le aree recettoriali del labirinto.

Questa capacità, tuttavia, non è stata ancora dimostrata direttamente [10]; l'unico dato accertato è che l'applicazione di uno stimolo vibratorio a parti del corpo (variazione periodica di movimento in un contesto di frequenze variabili) genera una sensazione cinetica "corticale" cui conseguono modificazioni dell'atteggiamento posturale [4] [2]. Tra queste modificazioni sono comprese anche le variazioni della posizione orizzontale degli occhi [9] e il Ny [17].

Principi di fisiopatologia: tra i vari meccanismi implicati nel compenso vestibolare che segue una lesione acuta periferica, un contributo viene fornito dai propriocettori artro-muscolo-tendinei cervicali, le cui afferenze convergono sui nuclei vestibolari del tronco. Se si applica uno stimolo vibratorio in sede cervicale, si può ottenere una decompensazione transitoria con conseguente comparsa di un Ny [14].

Modalità d'esecuzione: a paziente seduto, sotto occhiali di Frenzel o in videoNyscopia, si applica sulla mastoide un vibratore in grado di erogare uno stimolo di frequenza pari a 100 Hz, per un periodo di 10".

Tipi di risposta: in caso di pazienti affetti da patologia periferica compensata, nell'80% dei casi compare un Ny orizzontale-rotatorio che batte verso il lato sano ed è presente solo durante la stimolazione. Se si abbassa la frequenza di stimolo (60 Hz), il Ny compare in oltre il 90% dei pazienti testati [8].

Non vi sono dati omogenei riguardanti le risposte in caso di vertigine parossistica posizionale (VPP) da litiasi labirintica e in caso di lesioni centrali.

Attualmente, la vibrazione mastoidea viene impiegata in caso di pazienti che presentano un'anamnesi fortemente probante per una pregressa VPP su base litiasica e in cui tutte le manovre diagnostiche siano negative (test di sensibilizzazione).

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Bibliografia

1. BANCE M.L., O'DRISCOLL M., PATEL N., RAMSDEN R.T.. *Vestibular Disease Unmasked by Hyperventilation*. Laryngoscope 1998; 108: 610-614.
2. BIGUER B., DONALDSON M.L., HEIN A., JEANNEROD M.. *Neck muscle vibration modifies the representation of visual motion and direction in man*. Brain 1988; 111: 1405-1424.
3. CURTHOYS I.S.. *Eye movements produced by utricular and saccular stimulation*. Aviat Space Environ Med 1987; 58: A192-A197.
4. GOODWIN G.M., MCCLOSKEY D.I., MATTHEWS P.B.. *Proprioceptive illusions induced by muscle vibration: Contribution by muscle spindles to perception?* Science 1972; 1975: 1383-1384.
5. KOHUT R.I., HINOJOSA R., RYU J.H.. *Update on idiopathic perilymphatic fistulas*. Otolaryngol Clin North Am 1996; 29 (2): 343-352.
6. KOHUT R.I.. *Perilymphatic fistulae: more than a century of notions, conjectures, and critical studies*. Am J Otol 1992; 13: 38-
7. HAIN T.C., OSTROWSKI V.B.. *Limits of Normal for Pressure Sensitivity in the Fistula Test*. Audiol Neurootol 1997; 2: 384-390
8. HAMANN K.F., SCHUSTER E.M.: *Vibration-Induced Nystagmus – A Sign of Unilateral Vestibular Deficit*. ORL 1999; 61: 74-79.
9. HAN Y., LENNERSTRAND G. *Eye movement in normal subjects induced by vibratory activation of neck muscle proprioceptors*. Acta Ophthalmol Scand 1995; 73: 414-416.
10. LACKNER J.R., GRAYBIELA.: *Elicitation of vestibular side effects by regional vibration of the head*. Aerospace Med 1974; 45: 1267-1272.
11. LEIGH R.J., ZEE D.. *The Neurology of Eye Movements*. New York, Oxford University Press, 1999.
12. MINOR L.B., HASLWANTER T., STRAUMANN D., ZEE D.: *Hyperventilation-induced nystagmus in patients with vestibular schwannoma*. Neurology 1999; 53: 2158-2168.
13. PORTH C.J.M., BAMRAH V.S., TRISTANI F.E., SMITH J.J.: *The Valsalva maneuver. Mechanisms and clinical implications*. Heart Lung 1984; 13: 507-518.
14. STRUPP M., ARBUSOW V., DIETERICH M., SAUTIER W., BRANDT T.: *Perceptual and oculomotor effects of neck muscle vibration in vestibular neuritis: ipsilateral somatosensory substitution of vestibular function*. Brain 1998; 121: 677-685.
15. TULLIO P.: *Das Ohr und die Entstehung der Sprache und Schrift*. Berlin: Urban und Schwarzenberg, 1929.
16. WALKER M.F., ZEE D.: *Bedside Vestibular Examination*. Otolaryngol Clin North Am 2000; 33 (3): 495-506.
17. YAGI T., OHYAMAY.: *Three-dimensional analysis of nystagmus induced by neck vibration*. Acta Otolaryngol 1996; 128: 343-352.

L'ESAME CLINICO PARAMETRICO DELL'EQUILIBRIO

Aldo Campanini, Claudio Vicini, Chiara Marchi

L'esponenziale sviluppo informatico dell'ultimo ventennio ha rivoluzionato lo studio dell'equilibrio. Numerosi sistemi computerizzati sono stati realizzati e ci hanno consentito analisi multiparametriche ed elaborazioni grafiche altrimenti impensabili sia sulla postura, statica e dinamica, che su movimenti complessi, dalla marcia ai più complessi movimenti atletici.

Nello stesso periodo però il consesso scientifico otoneurologico è anche saputo andare controcorrente ed ha restituito importanza e validità al bagaglio semeiologico clinico:

- valorizzando il concetto di “vestibologia povera”, termine provocatoriamente introdotto da Paolo Pagnini per distinguere un approccio clinico povero, che non richiede tecnologia ma conoscenze, in contrapposizione ad una “vestibologia ricca”, a contenuto tecnologico e costi elevati non sempre corrisposti da un reale incremento delle capacità diagnostiche;
- consacrando l'affidabilità della bedside examination come proposta da David Zee e Coll. ^(11,17,20), palestra di vita dell'otoneurologo e approccio fondamentale per razionalizzare ogni eventuale percorso investigativo strumentale;
- sviluppando lo studio clinico parametrico dell'equilibrio, approccio volutamente non strumentale e soprattutto quantitativo (e quindi confrontabile).

IL RAZIONALE DEI TESTS CLINICI PARAMETRIZZATI DELL'EQUILIBRIO

Da sempre il tallone d'Achille dei test clinici di valutazione dell'equilibrio è rappresentato dalla soggettività di una valutazione descrittiva, non parametrica, non standardizzata e quindi non confrontabile (fra diversi controlli nel tempo del medesimo paziente, fra diversi pazienti, fra diversi Centri).

Spesso i grandi cambiamenti sono frutto di intuizioni apparentemente banali e, col senno di poi, assolutamente “scontate”. Così la logica della parametrizzazione

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

a tutti i costi, tanto cara alla Scuola Americana, ha generato, analogamente a quanto realizzato per i questionari anamnestici sul modello del Dizziness Handicap Inventory ⁽⁹⁾, numerosi test clinici di valutazione parametrica dell'equilibrio.

Nascono così i "timed balance test scores" ⁽¹⁾ con la misurazione in secondi del test di Romberg classico e sensibilizzato.

Si deve in particolare a Susan Herdmann ⁽⁵⁾ il salto di mentalità, ossia la razionalizzazione e la divulgazione di un pacchetto di tests clinici valutabili in modo parametrico ed utilizzabili non solo a scopo diagnostico, ma soprattutto per finalità terapeutico-riabilitative o comunque di follow-up.

Nasce così una "*bedside examination dell'equilibrio*" di esecuzione rapida, facilmente quantizzabile da parte dell'esaminatore e, non ultimo, percepita in termini quantitativi da parte dell'esaminato, che prende coscienza sia del livello di handicap sia, e soprattutto, dell'entità dei miglioramenti acquisiti in corso di terapia medica e/o riabilitativa.

Come sempre in otoneurologia, nessun singolo test di equilibrio può rappresentare l'intero profilo funzionale del paziente, ma solo l'utilizzo di più tests statici e dinamici potrà assicurare una valida interpretazione delle capacità di utilizzo ed integrazione dei sotto-sistemi sensoriali nonché di documentarne variazioni nel tempo.

I tests che verranno presentati sono elencati nella seguente tabella:

Tests STATICI	Romberg Romberg Sensibilizzato (Sharpened or Tandem Romberg) Single Leg Stance (SLS)
Tests MISTI	Functional Reach Test (FRT)
Tests DINAMICI	Fukuda's Stepping Test Timed Up and Go Test (TUG) Clinical Test of Sensory Integration and Balance (CTSIB) Dynamic Gait Index (DGI)

IL TEST DI ROMBERG

Soggetti normali da 20 a 79 anni possono mantenere l'equilibrio ad occhi sia aperti che chiusi per 30 secondi ⁽¹⁾: su queste osservazioni si basa il "*test di Romberg temporizzato*" (vedi Allegato 1). La parametrizzazione riguarda solo il tempo di equilibrio, mentre resta ovviamente il limite della valutazione qualitativa e soggettiva delle oscillazioni.

L'esame clinico parametrico dell'equilibrio

Classicamente il Romberg è positivo se il paziente è in grado di mantenere la stazione eretta ad occhi aperti e perde l'equilibrio ad occhi chiusi: ciò avviene in pazienti con grave deficit propriocettivo da neuropatia periferica (quale il quadro classicamente riscontrato da Romberg nella tabe dorsale), può avvenire in pazienti con deficit vestibolare acuto oltre i 65 anni, mentre non avviene mai nel deficit vestibolare monolaterale stabilizzato.

Il Romberg può essere utile per identificare una componente funzionale, quali retropulsioni estreme sui talloni senza cadute oppure esagerate oscillazioni, soprattutto se di tipo rotatorio o multidirezionale.

TEST DI ROMBERG SENSIBILIZZATO (RS)

Il test di Romberg è notoriamente poco sensibile nel cogliere gli effetti di modeste disfunzioni vestibolari e può essere reso più sensibile riducendo la base d'appoggio, come si ottiene ponendo i piedi in linea l'uno davanti all'altro, in contatto fra punta e tallone (*vedi allegato 2*).

La "sensibilizzazione" è reale e differenzia il Romberg sensibilizzato dal classico nel modo seguente:

- in pazienti con perdita della funzione vestibolare monolaterale compensata il Romberg è solitamente normale, mentre il RS è positivo (caduta precoce nella condizioni ad occhi chiusi)
- in pazienti con perdita della funzione vestibolare bilaterale compensata, mentre il Romberg è solitamente normale, la caduta è precoce e sistematica al RS ad occhi chiusi e solo pochi soggetti riescono ad eseguire un normale RS ad occhi aperti: il rationale di tale comportamento è che, in assenza di input visivo e vestibolare, l'equilibrio statico non può essere garantito dalle sole informazioni propriocettive se la base d'appoggio è precaria come nel Romberg sensibilizzato.

La riduzione della superficie d'appoggio introdotta col test sensibilizzato non modifica tuttavia il limite intrinseco dei tests in stazione eretta statica, ossia l'impossibilità di valutare le risposte posturali di adattamento che sono essenziali per un valido equilibrio nella maggior parte delle attività quotidiane.

SINGLE LEG STANCE (SLS)

Un test statico che introduce strategie posturali compensative già complesse è il Single Leg Stance, apprezzabile anche per la semplicità e la rapidità di esecuzione (*vedi Allegato 3*).

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

La capacità di mantenere l'equilibrio su un solo arto si riduce con l'età, come evidenziato nel grafico in Allegato 3 ⁽¹⁾. Un recente studio su soggetti maggiori di 50 anni senza storia di cadute ha evidenziato la possibilità di mantenere l'equilibrio per almeno 30 secondi su tre prove disponibili ⁽⁸⁾. Al contrario un SLS inferiore a 10" è un sensibile indicatore di aumentato rischio di caduta ⁽⁸⁾. L'SLS costituisce infine un buon test per il follow-up, in quanto vari studi hanno dimostrato l'efficacia delle terapie riabilitative nell'aumentare il tempo di equilibrio all'SLS. ^(6,10)

FUNCTIONAL REACH TEST (FRT)

Al soggetto in stazione eretta viene richiesto di sporgersi quanto più possibile in avanti (vedi *allegato 4*). La semplice misura in centimetri dello scostamento fra posizione eretta neutra e posizione finale raggiunta costituisce un parametro indicativo del margine di stabilità nella direzione testata: il FRT è risultato infatti ben correlato con lo spostamento del centro di pressione valutato con sistema posturografico computerizzato ⁽²⁾.

Il FRT:

- è lievemente influenzato dall'altezza, essendo statisticamente più elevato nei soggetti più alti ⁽¹⁸⁾
- può essere modificato in modo da documentare il limite di stabilità in diverse direzioni (ad esempio sul piano frontale come limite di stabilità verso destra e sinistra) (vedi foto in Allegato 6)
- è stato ideato per valutare il *rischio di cadute nell'anziano* ⁽³⁾:
 - fino a 15 cm: rischio alto
 - da 16 a 25 cm: rischio moderato
 - oltre 25 cm: rischio basso
- è utile soprattutto nei pazienti anziani con problemi di equilibrio e migliora in corso di riabilitazione ⁽¹⁸⁾.

FUKUDA'S STEPPING TEST

La prova della marcia sul posto secondo Fukuda ⁽⁴⁾ (vedi *Allegato 5*):

- valuta la stabilità e la direzionalità nella marcia ad occhi chiusi
- è di rapida istruzione ed esecuzione
- è facilmente quantificabile se a terra viene tracciata una adeguata griglia (cerchi concentrici opportunamente distanziati e raggi a delimitare angoli di 30°)

L'esame clinico parametrico dell'equilibrio

- è un test in cui vengono aboliti i segnali visivi (occhi chiusi) e alterati quelli somatosensoriali (appoggio quasi esclusivamente monopodalico), per cui un paziente con perdita bilaterale della funzione vestibolare eseguirà normalmente il test ad occhi aperti ma cadrà sistematicamente ad occhi chiusi, dimostrando la dipendenza dallo stimolo visivo per mantenere l'equilibrio
- non è un test specifico di disfunzione vestibolare, ma pazienti con vestibolopatia monolaterale spesso ruotano oltre 30°
- deve rappresentare solo uno dei test eseguiti nello studio dell'equilibrio del paziente, poiché non è trascurabile la possibilità di ottenere sia falsi positivi che falsi negativi

TIMED UPAND GO TEST (TUG TEST)

Proposto nel 1991 da Podsiadlo e Richardson ⁽¹³⁾:

- appare utile per valutare l'abilità del paziente ad eseguire compiti di equilibrio dinamico basilari nell'attività quotidiana, quali l'alzarsi da una sedia, il sedersi, il camminare in linea retta e l'invertire la marcia
- è di semplice esecuzione, poiché rappresenta la misurazione in secondi del tempo necessario per alzarsi da una sedia, camminare in linea per tre metri, ritornare indietro e sedersi di nuovo (*vedi Allegato 6*).
- gode di una affidabilità statisticamente validata per riproducibilità (test-retest $r=.98$) e confrontabilità ($r=.98$) ⁽¹²⁾.
- l'utilizzo principale è ovviamente nel follow-up (confronto intraindividuale), ma consente comunque una valutazione semiquantitativa secondo 4 ranghi di disabilità (*vedi grafico in allegato 6*).

CLINICAL TEST OF SENSORY INTEGRATION AND BALANCE (CTSIB)

E' stato descritto nel 1986 da Anne Shumway-Cook & Horak come versione clinica dell'Equi-test ⁽¹⁶⁾ ed è noto anche come "Foam and Dome Test", per l'utilizzo di sistemi poveri sostitutivi della piattaforma e dell'ambiente visivo sway-referenced dell'Equi-test.

Le modalità esecutive sono dettagliate in *Allegato 9* e nel lavoro di Horak del 1987 ⁽⁷⁾

L'importanza pratica del CTSIB è quella di fornire un'analisi sensoriale dell'equilibrio per finalizzare la terapia riabilitativa (ad esempio: potenziamento del sistema propriocettivo se un paziente con danno vestibolare bilaterale appare

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

dipendente quasi esclusivamente dall'input visivo nel mantenimento dell'equilibrio).

E' stata adottata dagli stessi Autori e si è imposta nell'uso una versione semplificata, definita **modified CTSIB** (13,14,19).

- caratterizzata solo da 4 condizioni d'esame (per abolizione della 3 e della 6, che prevedevano l'uso del "dome" per identificare i pazienti con ipersensibilità ai movimenti dell'ambiente visivo, come per esempio può realizzarsi in supermercati affollati)
- ritenuta sufficiente per valutare l'influenza degli inputs vestibolare, visivo e somatosensoriale sul controllo posturale.

Nella condizione 4 del modified CTSIB (o condizione 5 del CTSIB), in cui la superficie d'appoggio deformabile altera la propriocezione e la chiusura degli occhi abolisce l'input visivo, l'input vestibolare diventa la principale fonte informativa per mantenere la stabilità posturale.

In tale condizione il paziente con deficit vestibolare monolaterale spesso presenta difficoltà nel mantenere l'equilibrio, specie se in fase di parziale scompenso, e ciò rende ragione della instabilità posturale spesso riferita da questi pazienti quando salgono su un ascensore o camminano su un tappeto spesso in ambiente poco illuminato.

DYNAMIC GAIT INDEX (DGI)

E' stato sviluppato per la valutazione funzionale della deambulazione, che viene valutata in ben 8 diverse condizioni che ricorrono nella routine quotidiana: cammino a velocità normale, con variazioni di velocità, con rotazioni orizzontali e verticali del capo, con inversione ed arresto, marcia con passo sopra un ostacolo, slalom attorno ad ostacoli, salita di gradini (*vedi Allegato 8*). Il sistema valutativo è specifico per ciascuna prova, ma per tutte il punteggio è diviso in 4 ranghi (da 0 a 3, quindi il punteggio massimo del DGI è pari a 24) (*vedi allegato 9*).

L'uso del DGI è stato validato su pazienti con deficits vestibolari ed i valori appaiono correlati al rischio di caduta ⁽¹⁹⁾: in particolare punteggi inferiori a 19 appaiono indicativi di alto rischio di caduta ⁽¹⁵⁾.

Il DGI, valutando molte funzioni complesse connesse con la marcia, rappresenta uno strumento molto valido per il follow-up durante i programmi riabilitativi.

 L'esame clinico parametrico dell'equilibrio

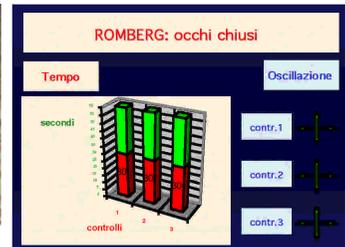
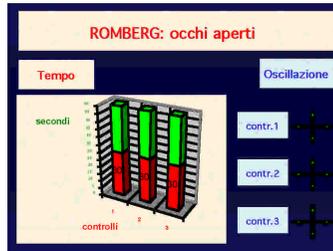
Bibliografia

1. BOHANNON R, LARKIN P, COOK AC, GEAR J, SINGER J: *Decrease in timed balance test scores with ages*. Phys Ther 64(7):1067,1984.
2. DUNCAN P, WEINER DK, CHANDLER J, STUDENSKI S: *Functional Reach: a new clinical measure of balance*. J Gerontol 45(6):M192,1990.
3. DUNCAN PW, STUDENSKI S, CHANDLER J, PRESCOTT B: *Functional Reach: Predictive validity in a sample of elderly male veterans*. J Gerontol 47(3):M93,1992.
4. FUKUDA T: *The stepping test: two phases of the labyrinthine reflex*. Acta Otolaryngologica [Stockh] 50:95,1959.
5. HERDMAN SJ (Ed): *Vestibular Rehabilitation*. II Edition - FADavis Company, Philadelphia, 2000.
6. HOPKINS DR, MURRAH B, HOEGER WW, RHODES RC: *Effect of low impact aerobic dance on the functional fitness of elderly women*. Gerontologist 30(2):189,1990.
7. HORAK F: *Clinical measurement of postural control in adults*. Phys Ther 67:1881,1987.
8. HURVITZ EA, RICHARDSON JK, WERNER RA, RUHLAM, DIXON MR: *Unipedal stance testing as an indicator of fall risk among older outpatients*. Arch Phys Med Rehab 81(5):587,2000.
9. JACOBSON GP, NEWMAN CW: *The development of the dizziness handicap inventory*. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 116:424,1990.
10. JUDGE JO, LINDSEY C, UNDERWOOD M, WINSEMIUS D: *Balance improvements in older women: effects of exercise training*. Phys Ther 73(4):254,1993.
11. LEIGH RJ, ZEE DS: *The neurology of the eye movements*. Second edition, FA Davis, Philadelphia, 1991.
12. NEUROLOGY REPORT 21(1):31,1997.
13. PODSIADLO D, RICHARDSON S: *The Timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons*. JAGS 39:142,1991.
14. SHUMWAY-COOK A: *Vestibular Rehabilitation of the patient with traumatic brain injury*. In Herdman SJ (Ed): *Vestibular Rehabilitation*. II Edition - FADavis Company, Philadelphia, 2000.
15. SHUMWAY-COOK A, BALDWIN M, POLISSAR N, GRUBER W: *Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults*. Phys Ther 77(8):812,1997.
16. SHUMWAY-COOK A, HORAK F: *Assessing the influence of sensory interaction on balance*. Phys Ther 66:1548,1986.
17. WALKER MF, ZEE DS: *Bedside vestibular examination* Otolaryngol Clin North Am 33(3):495,2000.
18. WEINER DK, BONGIORNI DR, STUDENSKY SA, DUNCAN PW, KOCHERSBERGER GG: *Does Functional Reach improve with rehabilitation*. Arch Phys Med Rehab 74(8):796,1993.
19. WHITNEY SL, HERDMAN SJ: *Physical therapy assessment of vestibular hypofunction*. In Herdman SJ (Ed): *Vestibular Rehabilitation*. II Edition - FADavis Company, Philadelphia, 2000.
20. ZEE DS, FLETCHER WA: *Bedside examination*. In: Baloh RW & Halmagyi GM (Eds): *Disorders of the vestibular system*. Oxford University Press, New York,1996.

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

ALLEGATO 1: TEST DI ROMBERG

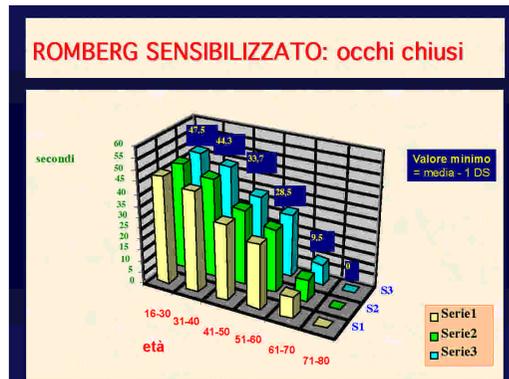
Posizione	stazione eretta piedi accostati braccia incrociate con mani che toccano le spalle opposte
Modalità di esecuzione	Occhi aperti poi occhi chiusi
Occhi aperti: istruzioni al pz	Guardare davanti e mantenere l'equilibrio
Occhi chiusi: istruzioni al pz	Raggiungere la condizione di miglior stabilità poi chiudere gli occhi e mantenere l'equilibrio
Annullamento della prova	Movimenti dei piedi modificazioni della posizione delle braccia apertura degli occhi (nella prova ad occhi chiusi)
Durata della prova	30 secondi
Numero ripetizioni	Se sopravvengono cadute prima dei 30 secondi, la prova viene ripetuta fino a tre volte
Rilevazione parametrica	Durata della prova in secondi (30" o, in caso di caduta prima dei 30" nelle tre prove, il tempo maggiore)
Rilevazione non parametrica	entità e direzione delle oscillazioni



L'esame clinico parametrico dell'equilibrio

ALLEGATO 2: TEST DI ROMBERG SENSIBILIZZATO (RS)

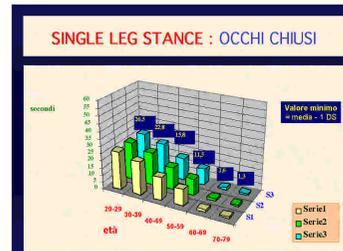
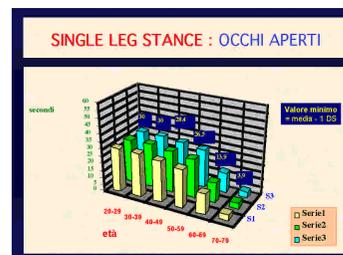
Posizione	stazione eretta <i>piedi in linea (punta-calcagno)</i> braccia incrociate con mani che toccano le spalle opposte
Modalità di esecuzione	occhi aperti poi occhi chiusi
Occhi aperti: istruzioni al pz	guardare davanti e mantenere l'equilibrio
Occhi chiusi: istruzioni al pz	raggiungere la condizione di miglior stabilità poi chiudere gli occhi e mantenere l'equilibrio
Annullamento della prova	movimenti dei piedi modificazioni della posizione delle braccia apertura degli occhi (nella prova ad occhi chiusi)
Durata della prova	massimo 30 secondi
Numero ripetizioni	se sopravvivono cadute prima dei 30 secondi, la prova viene ripetuta fino a tre volte
Rilevazione parametrica	durata della prova in secondi (30" o, in caso di caduta prima dei 30" nelle tre prove, il tempo maggiore)
Rilevazione non parametrica	entità e direzione delle oscillazioni



VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

ALLEGATO 3: SINGLE LEG STANCE (SLS)

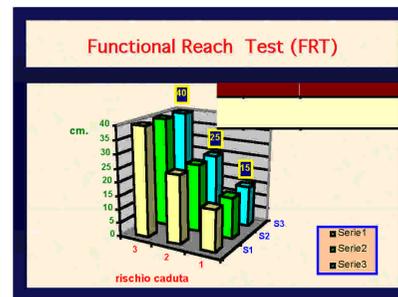
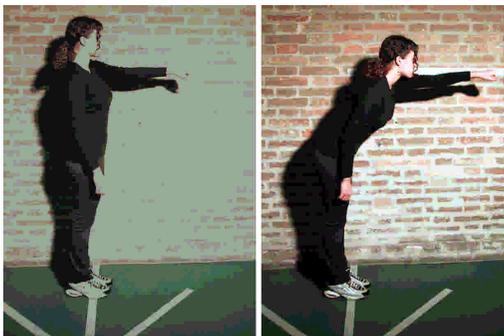
Posizione	stazione eretta <i>monopodalica</i> (<i>preferibilmente senza scarpe</i>) braccia incrociate con mani che toccano le spalle opposte
Modalità di esecuzione	occhi aperti poi occhi chiusi
Occhi aperti: istruzioni al pz	guardare davanti <i>evitare che le ginocchia si tocchino</i> mantenere l'equilibrio
Occhi chiusi: istruzioni al pz	raggiungere la condizione di miglior stabilità poi chiudere gli occhi e mantenere l'equilibrio evitando che le ginocchia si tocchino
Annullamento della prova	contatto fra le ginocchia contatto col suolo del piede sollevato spostamento del piede d'appoggio modificazioni della posizione delle braccia apertura degli occhi (nella prova ad occhi chiusi)
Durata della prova	massimo 30 secondi
Numero ripetizioni	se sopravvivono cadute prima dei 30 secondi, la prova viene ripetuta fino a tre volte
Rilevazione parametrica	durata della prova in secondi (30" o, in caso di caduta prima dei 30" nelle tre prove, il tempo maggiore)



L'esame clinico parametrico dell'equilibrio

ALLEGATO 4: FUNCTIONAL REACH TEST (FRT)

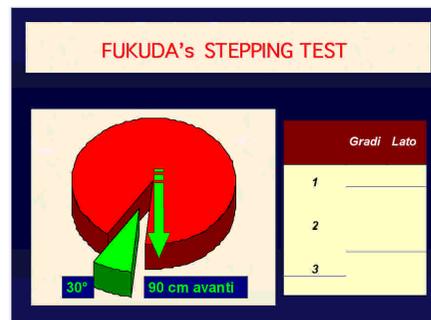
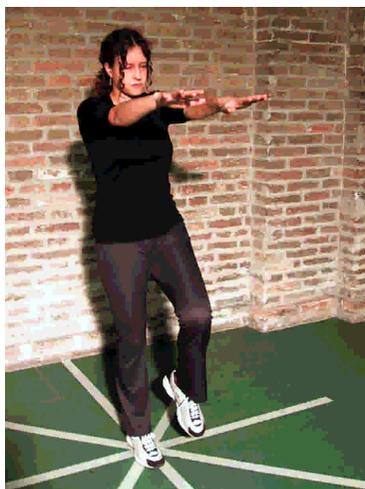
Requisiti	capacità di mantenere la posizione eretta ad occhi aperti per 30" senza scarpe capacità di sollevare almeno di 90° l'arto superiore
Posizione	stazione eretta piedi ben adesi al suolo (dalla punta al calcagno) direzione parallela alla parete occhi aperti braccio vicino alla parete sollevato di 90° poi mano chiusa a pugno <i>l'esaminatore</i> misura la posizione di partenza (estremità del pugno) su un metro posto all'altezza dell'articolazione acromio-claveare
Modalità di esecuzione	portare quanto più possibile in avanti il pugno lungo la striscia di misurazione senza sollevare il calcagno è consentito l'utilizzo di qualsiasi strategia d'equilibrio <i>l'esaminatore</i> misura la posizione finale raggiunta e determina lo score come distanza in cm fra posizione iniziale e finale del pugno
Annullamento della prova	contatto col muro o con il metro modificazione della posizione del braccio sollevamento del/i calcagno/i (o passo in avanti)
Sistema di misurazione	metro o nastro adesivo posto orizzontalmente sulla parete all'altezza dell'articolazione acromio-claveare
Addestramento	2 prove di esercitazione
Numero ripetizioni	3 prove di valutazione
Rilevazione parametrica	<i>Media delle 3 misurazioni dello spostamento in avanti</i> (differenza fra posizione di partenza e finale) per ciascuna delle 3 ripetizioni



————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

ALLEGATO 5: FUKUDA'S STEPPING TEST

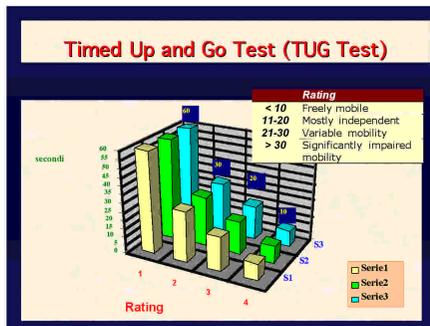
Modalità di esecuzione	braccia sollevate in avanti di 90° occhi chiusi passo cadenzato con sollevamento del piede di almeno 5 cm dal suolo
Durata della prova	fase di addestramento: marcia sul posto ad occhi aperti (circa 10 passi) fase di valutazione: marcia sul posto ad occhi chiusi (50 passi)
Istruzioni per l'esecutore	modalità di esecuzione facilmente dimostrabili al paziente addestrare il pz con almeno 10 passi di prova ad occhi aperti <i>evitare segnali sonori (non parlare durante il test) o visivi che possano orientare il paziente</i>
Annullamento della prova	apertura degli occhi scarso sollevamento dei piedi da terra (inferiore a 5 cm) caduta precoce esecuzione palesemente incerta per paura di cadere
Numero ripetizioni	se sopravvengono cadute prima dei 50 passi, la prova viene ripetuta fino a tre volte
Rilevazione parametrica	<i>Angolo di rotazione:</i> normale fino a 30° <i>Spostamento lineare:</i> normale uno spostamento anteriore fino a 90 cm



L'esame clinico parametrico dell'equilibrio

ALLEGATO 6: TIMED UP and GO Test (TUG Test)

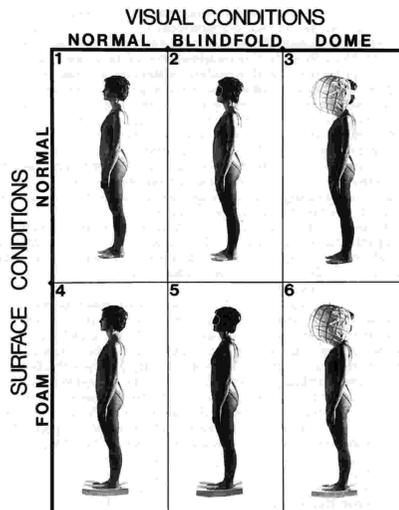
Istruzioni al paziente	al via si alzi dalla sedia cammini con passo normale lungo la linea (lunga 3 m) ritorni indietro verso la sedia si sieda
Modalità di esecuzione	possono essere indossate le scarpe possono essere usati ausili per la deambulazione (bastone, etc.) non deve essere fornito nessun aiuto da parte di altre persone è buona norma far precedere il test cronometrato da almeno una prova preliminare di confidenza
Durata della prova	massimo 30 secondi
Numero ripetizioni	non previste di routine
Rilevazione parametrica	durata della prova in secondi e valutazione secondo 4 classi di giudizio (da mobilità libera a significativamente compromessa: vedi grafico sottostante)



————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

ALLEGATO 7: CLINICAL TEST of SENSORY INTEGRATION and BALANCE (CTSIB)

Modalità di esecuzione generali	stazione eretta stabile con posizione dei piedi e delle braccia come nel test di Romberg
Condizione 1	come Romberg ad occhi aperti
Condizione 2	come Romberg ad occhi chiusi
Condizione 3	come Romberg ad occhi aperti ma il paziente deve guardare davanti dentro la cupola (<i>sway referenced vision</i>)
Condizione 4	come Romberg ad occhi aperti ma il paziente viene posto su un supporto di gommapiuma ad alta densità e di circa 8 cm di spessore (<i>sway referenced support</i>)
Condizione 5	come Romberg ad occhi chiusi ma sway referenced support
Condizione 6	come Romberg ad occhi aperti ma sway referenced support and vision
Durata della prova	per tutte le condizioni d'esame lo scopo è mantenere l'equilibrio per 30"
Annullamento della prova	movimenti dei piedi modificazioni della posizione delle braccia apertura occhi (nelle condizioni 2 e 5 ad occhi chiusi)
Rilevazione parametrica	tempo massimo di mantenimento dell'equilibrio (fino a 30")
Rilevazione non parametrica	ampiezza delle oscillazioni
Numero ripetizioni	fino a tre volte per ciascuna condizione



L'esame clinico parametrico dell'equilibrio

ALLEGATO 8: DYNAMIC GAIT INDEX (DGI)**DESCRIZIONE DELLE OTTO PROVE E ISTRUZIONI AL PAZIENTE**

PROVA	TIPO DI PROVA	ISTRUZIONI
1	Cammino su superficie regolare (almeno 6 m.)	Cammini alla sua normale velocità
2	Cambi di velocità	Cammini a velocità normale (circa 1,5 metri) poi, quando dirò "veloce", cammini più veloce che può, e quando poi dirò "lento", cammini più lentamente che può (per 1,5 metri)
3	Cammino con rotazioni orizzontali del capo	Cammini alla sua normale velocità ruotando il capo quando le dirò guardi a destra, guardi avanti, guardi a sinistra
4	Cammino con rotazioni verticali del capo	Cammini alla sua normale velocità ruotando il capo quando le dirò guardi in alto, guardi davanti, guardi in basso
5	Cammino con inversione su piede perno e arresto	Cammini alla sua normale velocità, poi, quando dirò "indietro e stop" deve fare perno su un piede e ruotare quanto più velocemente indietro (fino a invertire la direzione di marcia) e arrestarsi
6	Cammino sopra ostacolo	Quando raggiunge l'ostacolo (es. scatola da scarpe) gli passi sopra (non di lato) continuando la marcia
7	Cammino con slalom attorno ad ostacoli	Quando raggiunge il primo cono (dopo circa 2 metri) prosegua il cammino a destra dell'ostacolo poi quando raggiunge il 2° cono (circa 2 metri dopo il 1° cono) passi a sinistra
8	Salita scala	Salga i gradini come se fosse a casa e usi la ringhiera solo se necessario. Giunto in cima si giri e discenda la scala

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

ALLEGATO 9: DYNAMIC GAIT INDEX (DGI)

CRITERI DI VALUTAZIONE DELLE PROVE

PROVA	VALUTAZIONE	CRITERI DI VALUTAZIONE
1	3 = normale	Cammina fino a 6 metri, non uso di mezzi di sostegno, buona velocità, non sbandamenti, normale pattern della marcia
	2 = deficit lieve	Cammina fino a 6 metri, <i>uso di mezzi di sostegno, velocità rallentata, lievi deviazioni della marcia</i>
	1 = deficit medio	Cammina fino a 6 metri, <i>velocità rallentata, marcia patologica o sbandamenti</i>
	0 = deficit grave	Impossibilità a camminare fino a 6 metri senza assistenza, severe deviazioni della marcia o sbandamenti
2	3 = normale	Cambia omogeneamente velocità senza sbandamenti o deviazioni di marcia Significativa differenza fra velocità normale, veloce e lenta
	2 = deficit lieve	In grado di cambiare velocità ma con <i>lievi deviazioni di marcia</i> oppure <i>senza significative differenze di velocità</i> oppure <i>usa mezzi di sostegno</i>
	1 = deficit medio	Solo lievi differenze di velocità oppure normali cambi di velocità ma con significative deviazioni di marcia oppure normali cambi di velocità ma perdite di equilibrio compensate e proseguimento della marcia
	0 = deficit grave	Impossibilità di cambi di velocità oppure Perdite di equilibrio con bisogno di appoggio al muro o di assistenza ad evitare cadute
3 e 4	3 = normale	Esegue rotazioni omogenee del capo senza modificazioni della marcia
	2 = deficit lieve	Esegue rotazioni omogenee del capo con lievi modificazioni di velocità (lieve disomogeneità nella cadenza del passo) oppure con uso di mezzi di sostegno
	1 = deficit medio	Esegue rotazioni del capo con moderate modificazioni di velocità della marcia (rallentamenti, barcollamenti con ripresa dell'equilibrio) <i>ma può proseguire il cammino</i>
	0 = deficit grave	Esegue rotazioni del capo Con severe interruzioni della marcia (sbandamenti oltre 15° rispetto alla linea di marcia, perdite di equilibrio, arresti, appoggio al muro)
5	3 = normale	Fa perno con sicurezza entro 3 secondi e si ferma rapidamente senza perdita di equilibrio

L'esame clinico parametrico dell'equilibrio

	2 = deficit lieve	Fa perno con sicurezza ma in <i>più di 3 secondi</i> e si ferma rapidamente senza perdita di equilibrio
	1 = deficit medio	Si gira lentamente, si rendono indispensabili ordini verbali, sono necessari tanti piccoli passi per ritrovare l'equilibrio dopo la rotazione e l'arresto
	0 = deficit grave	Non riesce a ruotare con sicurezza, necessita di assistenza per ruotare e fermarsi
6	3 = normale	Passa sopra la scatola senza modificare la velocità di marcia e senza disequilibrio
	2 = deficit lieve	Deve rallentare e aggiustare il passo per superare la scatola in sicurezza
	1 = deficit medio	Deve fermarsi prima della scatola e poi passarci sopra Possono rendersi indispensabili ordini verbali
	0 = deficit grave	Non può eseguire la prova senza assistenza
7	3 = normale	Cammina attorno ai coni con sicurezza senza modificare la velocità di marcia e senza disequilibrio
	2 = deficit lieve	Deve rallentare e aggiustare il passo per passare attorno ai coni
	1 = deficit medio	Deve rallentare molto la marcia per passare attorno ai coni oppure necessita di ordini verbali
	0 = deficit grave	Incapace di camminare attorno ai coni o inciampa su uno o entrambi i coni o necessita di assistenza
8	3 = normale	Piedi alternati, non uso della ringhiera
	2 = deficit lieve	Piedi alternati, uso della ringhiera
	1 = deficit medio	Due piedi per gradino, uso della ringhiera
	0 = deficit grave	Non eseguibile con ragionevole sicurezza

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

VESTIBOLOMETRIA STRUMENTALE

LE STIMOLAZIONI CALORICHE

Pier Luigi Ghilardi, Bruno Fattori, Andrea Nacci, Cristina Cingolani, Francesco Ursino

Le stimolazioni caloriche rappresentano un momento fondamentale dell'esame oto-neurologico in quanto permettono di studiare la funzionalità del sistema vestibolare periferico e, indirettamente, quella del sistema vestibolare centrale.

La vestibolometria calorica è rappresentata dal **Bilancio Vestibolare Calorico (BVC)**, che è il test più usato per la facilità di esecuzione, senza la necessità di dover disporre di strumentazioni particolarmente complesse e per la possibilità di stimolare, entro certi limiti, separatamente i due emisistemi vestibolari.

Il BVC si basa essenzialmente sulla stimolazione del canale semicircolare orizzontale (CSO), poiché la sua posizione è in stretta vicinanza con l'orecchio medio. Il CSO, inoltre, rappresenta da un punto di vista fisiologico la struttura labirintica più importante nell'uomo.

Bàràny per primo nel 1906 formulò la teoria delle correnti convettive per spiegare la risposta vestibolare conseguente alla stimolazione termica ⁽²⁾. Secondo questa teoria idrodinamica la temperatura dell'acqua che perfonde l'orecchio medio si trasmette per vicinanza al CSO e all'endolinfa in esso contenuta: quando si irriga il condotto uditivo esterno con acqua calda si genera nel CSO una corrente convettiva endolinfatica ampollipeta (eccitatoria), mentre quando si infonde acqua fredda la corrente che si genera è ampollifuga (inibitoria). Lo stimolo vestibolare, tramite i nuclei vestibolari del tronco encefalico e il fascicolo longitudinale mediale, giunge ai nuclei dei nervi oculomotori, provocando una deviazione coniugata lenta degli occhi verso il vestibolo non stimolato e un movimento rapido, saccadico, in direzione opposta. Attualmente si tende a sostituire la teoria delle correnti convettive con quella idrostatica, secondo la quale lo stimolo termico provoca una variazione di densità dell'endolinfa alla base della differenza di pressione transcupolare che provoca la deformazione della cupola stessa. Poiché, infatti, la cupola occlude completamente il CSO non è possibile avere una corrente convettiva dell'endolinfa ⁽³⁴⁾.

Non bisogna poi dimenticare altri tipi di stimolazione del labirinto che sono

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

indipendenti dalla forza di gravità ⁽³⁶⁾, e che possono avere ripercussioni importanti per l'interpretazione dei risultati del BVC in condizioni patologiche:

- La stimolazione termica diretta degli organi periferici e/o degli elementi nervosi ⁽³¹⁾;
- L'espansione del volume endolinfatico che determina flessione e deformazione del sistema cupola-cresta ampollare ⁽³⁷⁾.

METODICHE DI STIMOLAZIONE

Affinché la stimolazione calorica possa dare luogo ad una risposta nistagmica occorre che il paziente mantenga per tutto l'esame la posizione clinostatica-supina con testa flessa di 30° (1° posizione di Bruning); questa soluzione ha il vantaggio di essere comoda per il soggetto, di garantire l'assenza di meccanismi cervicali, maculari, di assicurare una corretta posizione dei canali semicircolari laterali e di eliminare correnti endolinfatiche potenzialmente in grado di interferire con il risultato della prova.

Il flusso dell'acqua deve superare i 2ml/sec; infatti, al di sotto di tale valore la risposta risulta troppo legata alla manualità dell'operatore, mentre con un flusso maggiore (5-8ml/sec), il condotto uditivo esterno si satura d'acqua, non richiedendo quindi alcun accorgimento nell'esecuzione del test. Valori di flusso superiori a 10ml/sec sono sconsigliabili in quanto provocano nel paziente una sensazione di fastidio che potrebbe falsare la risposta.

Conviene che la durata dell'irrigazione sia di 30-40 secondi: infatti, se troppo breve, non determina l'evocazione di una risposta sufficiente ad un'attendibile valutazione, se troppo lunga, può indurre nel soggetto, per vari motivi (come ridotta attenzione), una certa riduzione della risposta nistagmica, soprattutto per quanto riguarda l'ampiezza e la frequenza delle scosse nistagmiche.

E' indicato che ogni esame calorico sia costituito da quattro prove, due calde e due fredde, secondo lo schema proposto da Fitzgerald e Hallpike ⁽⁹⁾.

La massima temperatura che è opportuno utilizzare, per la prova calda, è di 44°C; oltre tale gradiente termico, infatti, si ha la stimolazione dei nocicettori del condotto uditivo esterno. Simmetricamente è consigliato irrigare il condotto uditivo con acqua a 30°C durante la prova fredda.

Impiegando un gradiente di temperatura di $\pm 7^\circ\text{C}$ rispetto alla temperatura corporea, si determina uno spostamento cupolare, corrispondente a quello che si ottiene, a regime, applicando un'accelerazione angolare di $15^\circ/\text{sec}^2$ ⁽¹⁷⁾, oltre il quale il sistema esce dal suo campo di linearità (l'intensità del nistagmo è proporzionale al gradiente termico indotto).

Le stimolazioni caloriche

Le dimensioni dell'ordine della capillarità del canale, giustificano come un valore così basso di gradiente termico possa generare una corrente convettiva in grado di stimolare in maniera efficace la cresta ampollare. E' essenziale poi un controllo molto accurato della temperatura, infatti, la tolleranza ammessa non supera gli $0,1^{\circ}\text{C}$ ⁽¹⁰⁾.

Tra le singole prove è sufficiente un intervallo di 5 minuti in grado di annullare gli effetti della stimolazione descritta o fenomeni di sovrapposizione della risposta ⁽¹⁰⁾.

Considerando i vari parametri sopra indicati, la metodica oggi più comunemente utilizzata in ambito internazionale è quella di **Fitzgerald-Hallpike**:

- irrigazione separata dei condotti uditivi esterni con acqua calda a 44°C e fredda a 30°C , cioè $\pm 7^{\circ}\text{C}$ rispetto alla temperatura corporea;
- vengono irrigati 250ml di acqua per 40 secondi (flusso 5-8ml/sec);
- la reazione nistagmica compare in genere prima della fine dell'irrorazione e raggiunge il suo massimo tra il 60esimo ed il 90esimo secondo dall'inizio della stimolazione (culmination) ⁽²⁹⁾; in questo periodo si valutano i diversi parametri della risposta al test, in quanto si ha la massima evocazione della risposta;
- tra una stimolazione e l'altra è necessario attendere almeno 5 minuti;
- è preferibile che il primo lato in cui viene effettuata la stimolazione a 30°C sia quello irrigato per ultimo a 44°C .

La prova viene effettuata sotto occhiali di Frenzel.

Esistono molte varianti a tale metodica che differiscono l'una dall'altra per la temperatura e la quantità di acqua irrigata, la durata della stimolazione e la sequenza di stimolazione.

Altre prove proposte sono:

Prova termica calibrata secondo Freyss ⁽¹⁰⁾

Il paziente è in posizione supina con una inclinazione del busto di 30° . In 30 secondi vengono irrigati 125 ml di acqua alla temperatura di 30°C e di 44°C . Inizialmente si effettuano stimolazioni binaurali simultanee prima calde e poi fredde; successivamente si irrigano separatamente i condotti con la stessa sequenza della tecnica di Fitzgerald-Hallpike. L'intervallo tra una stimolazione e l'altra è di 5 minuti e la risposta è valutata con gli abituali parametri, nel periodo compreso tra il 60esimo ed il 90esimo secondo. La metodica prevede la trasformazione dei dati in grafici schematici a "papillon" (Figura 1).

Una variante di questa tecnica è quella proposta da Ghilardi et al. ⁽¹²⁾, nella quale la posizione del paziente, la quantità di acqua, il tempo d'irrigazione e la temperatura sono le stesse della tecnica di Freyss, ma i condotti sono irrigati

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Figura 1

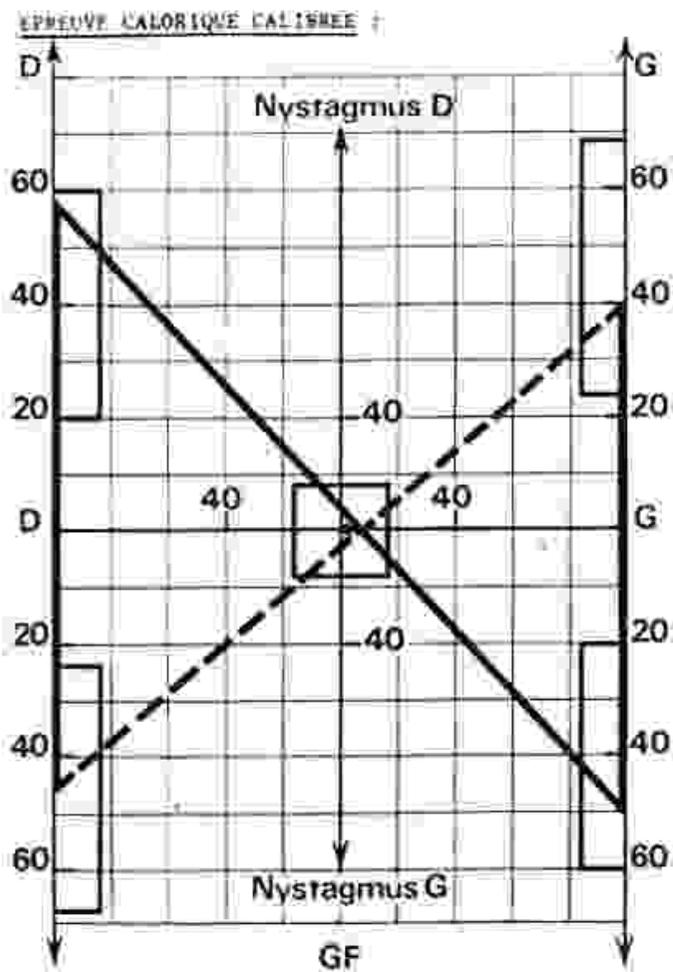


Figura 1: Rappresentazione grafica del test calorico in un soggetto normale, secondo Freyss (1973).

 Le stimolazioni caloriche

separatamente con la stessa sequenza della tecnica di Fitzgerald-Hallpike, senza eseguire stimolazioni binaurali simultanee.

Tabella riassuntiva delle varie tecniche di stimolazione calorica:

Tecnica	Quantità di acqua (ml)	Temperatura (°C)	Durata (sec)	Culmination (sec)	Tipo di stimolo
Fitzgerald Hallpike ⁽⁹⁾	250	30 - 44	40	60 - 90	2 prove calde + 2 prove fredde
Veits ⁽³⁵⁾	10-20	30 - 47	10-15	30 - 70	2 prove calde + 2 prove fredde
Mulch ⁽²²⁾	50	20 - 44	40	30 - 70	2 prove fredde + 2 prove calde
Freyss ⁽¹⁰⁾	125	30 - 44	30	60-90	Simultanea calda e fredda + 2 prove calde e 2 prove fredde
Ghilardi ^(11,12)	125	30 - 44	30	60 - 90	2 prove calde + 2 prove fredde
Proctor ⁽²⁴⁾	250	30 - 44	15- 60	Variabile	2 prove calde + 2 prove fredde
Toupet ⁽³⁰⁾	250	30 - 44	30	60-90	Simultanea calda e fredda
Vannucchi ^(33,34)	250	30-44	40	60-90	Monotermica calda e simultanea fredda

Stimolazione termica bilaterale simultanea secondo Toupet⁽³⁰⁾

I due condotti uditivi sono irrigati contemporaneamente per 30 secondi con acqua (250ml), alla medesima temperatura (calda 44°C e fredda 30°C). Intervallo di tempo tra le due prove di 5 minuti. Nel soggetto normale non si ottiene nessuna risposta nistagmica. In caso di asimmetria della funzione labirintica, si osserva un nistagmo di direzione variabile a seconda della temperatura dello stimolo. Con acqua calda il nistagmo è diretto verso l'orecchio più riflettivo; con acqua fredda verso quello a riflettività minore.

Secondo altri Autori⁽⁵⁾ se non si riscontrano anomalie nella risposta vestibolare alla stimolazione bitermica binaurale alternata, la valutazione risulta incompleta, se non viene eseguita anche la stimolazione bitermica binaurale simultanea.

Test monotermico caldo con simultanea fredda secondo Vannucchi⁽³³⁾

Prevede l'irrigazione (250ml) separata, in 40 secondi, dei due orecchi con acqua calda a 44°C seguita dalla stimolazione simultanea fredda a 30°C. Tale

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

metodica abbrevia i tempi della stimolazione bitermica ed è più attendibile rispetto alla sola stimolazione con acqua calda.

I parametri di valutazione del nistagmo provocato sono il calcolo della velocità angolare della fase lenta e la frequenza nel periodo di “culmination” (fra il 60-90sec dall’inizio della stimolazione). Tale metodica risulta del tutto esauriente in caso di normalità o di preponderanza labirintica; mentre nel caso di predominanza direzionale o di alterazione aspecifica il paziente dovrà essere sottoposto anche a stimolazione monotermica fredda valutata secondo le formule di Jongkees. Tale metodica ha il vantaggio di essere più rapida e meno fastidiosa per il paziente, rappresentando una valida alternativa alla metodica classica.

Ice water test

L’ice water test viene utilizzato per verificare l’esistenza o meno di qualche residuo della funzione labirintica, nel caso in cui gli stimoli bitermici standard non abbiano evocato alcuna risposta. Per tale scopo si impiega acqua ghiacciata, prelevata cioè da un recipiente contenente acqua e ghiaccio, con la quale viene irrigato il condotto uditivo esterno del paziente, posto in posizione supina con un’inclinazione del busto di 30°. Il condotto è perfuso rapidamente con 10 ml di acqua e, se esiste una minima funzionalità residua del labirinto, si genera un nistagmo diretto verso il lato opposto rispetto a quello stimolato che dura circa 1-2 minuti ⁽¹⁾.

Tale metodica viene utilizzata per controllare l’avvenuta deafferentazione di pazienti sottoposti a labirintectomia farmacologica o chirurgica o nei soggetti con areflessia al BVC classico.

Stimolazione con gas

A partire dagli anni '70 molti Autori hanno cercato di introdurre tecniche di stimolazione con aria ^(3,4,6). Secondo questi studi, gli stimoli ritenuti equivalenti a quelli più comuni con acqua sono:

- temperatura: 24°C e 50°C;
- flusso: 8 litri/min;
- durata dell'erogazione: 60 secondi.

Secondo Rydzewski ⁽²⁸⁾, lo stimolo con aria più adeguato per evocare un nistagmo calorico simile a quello ottenibile con il classico test bitermico con acqua proposto da Fitzgerald-Hallpike, deve avere le seguenti caratteristiche: temperatura 26°C per l’aria fredda e 48°C per quella calda, con una durata di erogazione di 80 secondi.

PARAMETRI DI RISPOSTA

Il nistagmo calorico viene osservato in modo diretto sotto occhiali di Frenzel, tuttavia per una sua completa valutazione è necessaria la registrazione e l'analisi con l'elettronistagmografia (ENG) o la videonistagmografia (VNG).

I parametri che possono essere presi in considerazione per valutare il nistagmo calorico sono:

La *latenza*: corrisponde al periodo di tempo che intercorre tra l'inizio della stimolazione e il momento in cui appare la prima scossa nistagmica; tuttavia è poco sfruttabile sia perché la variazione della conduzione termica cambia notevolmente da soggetto a soggetto (dipende dalle condizioni anatomiche), anche in condizioni fisiologiche, sia perché non è facile individuare il momento esatto nel quale inizia una reazione progressiva come quella nistagmica.

La *durata*: corrisponde alla durata totale della risposta dall'inizio dello stimolo fino alla scomparsa della risposta. È un parametro difficilmente utilizzabile in quanto sono note le grandi variazioni individuali, anche mantenendo costanti le caratteristiche dello stimolo. Inoltre, la non ripetibilità dei valori nel corso di esami successivi condotti sullo stesso soggetto, e la grande differenza di risposta tra i due vestiboli in individui sani, fanno sì che alcuni autori^(8,16), considerino non ancora patologica una differenza del 30% tra il vestibolo destro ed il vestibolo sinistro.

La *frequenza*: è il numero di scosse nell'unità di tempo, considerato nel periodo di culmination. È un parametro del tutto corretto per valutare l'entità della risposta nistagmica, ha il vantaggio di poter essere utilizzato anche senza ENG; tuttavia può risultare poco sensibile poiché piccole variazioni dell'intensità dello stimolo possono cambiare in modo significativo la frequenza del nistagmo. Spesso però, per praticità e per la mancanza di apparecchiature computerizzate che possono analizzare altri parametri, l'unico valore che viene calcolato è il *numero di scosse nistagmiche complessive* valutato sempre durante il periodo di culmination (Figura 2 A).

La *velocità angolare della fase lenta (VAFL)*: è il parametro che meglio riflette la reale attività del riflesso vestibolo-oculomotore (VOR) ed è indice del grado di deflessione cupolare impresso dai moti endolinfatici; generalmente viene calcolato il valore medio della velocità angolare massima della fase lenta nel periodo di massima risposta⁽²¹⁾ (Figura 2 B).

Ulteriori parametri da considerare sono:

Direzione e piano del nistagmo: generalmente il nistagmo evocato dalla stimolazione con acqua calda batte verso l'orecchio stimolato, mentre quello con acqua fredda batte verso il controlaterale. Si tratta di un nistagmo orizzontale

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Figura 2

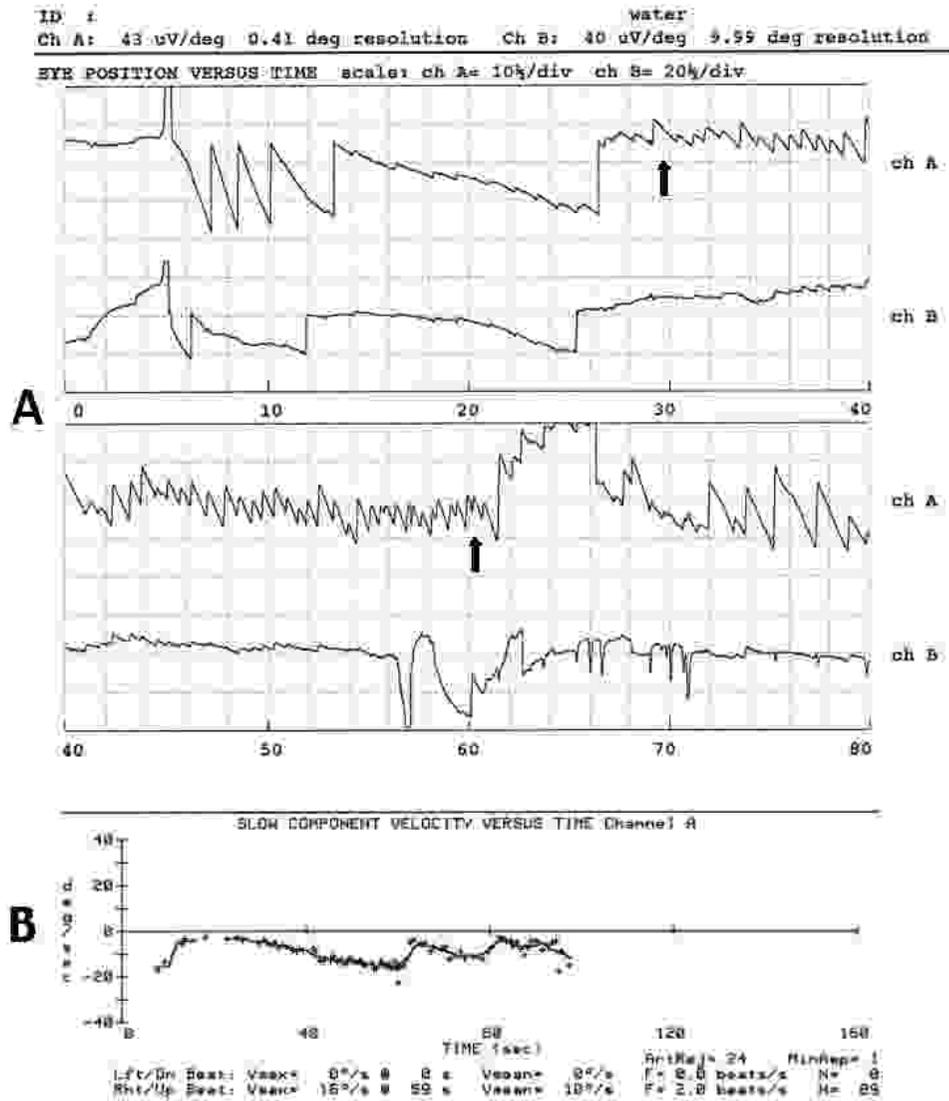


Figura 2: Registrazione ENG di BVC. Frequenza del Nistagmo nel periodo di culminazione (A). Velocità angolare della fase lenta (B).

Le stimolazioni caloriche

puro od orizzontale-rotatorio, anche se con la stimolazione simultanea talvolta è possibile osservare un nistagmo con componente verticale.

Il *ritmo* delle scosse nistagmiche è un parametro di secondaria importanza e difficilmente valutabile; esprime l'omogeneità dell'ampiezza e della frequenza del nistagmo.

Appare pertanto consigliabile prendere in considerazione i parametri nistagmici che appaiono più utili, in quella fase della risposta (*culmination*), nella quale la variabilità individuale è minima.

L'*indice di fissazione oculare (IFO)*, permette di valutare l'integrità dell'arco retino-cerebello-vestibolo-oculomotore e riflette lesioni del sistema di *smooth-pursuit*. Al momento del raggiungimento della stabilità dei parametri del nistagmo, ovvero alla *culmination*, si invita il paziente a fissare una mira (bersaglio luminoso ad 1 metro di distanza): la fissazione provoca nel soggetto normale una inibizione almeno del 50% del nistagmo calorico. Se per valutare la riduzione del nistagmo si utilizza la VAFL, allora possiamo calcolare l'IFO dividendo il valore massimo di VAFL con fissazione, per l'analogo valore senza fissazione, moltiplicato per cento. Un valore di IFO superiore al 70% è considerato patologico.

VARIABILI QUALITATIVE

E' importante ricordare che lo stimolo termico non è uno stimolo fisiologico e, pertanto, la risposta non dipende soltanto dalle condizioni di esame, ma anche da fattori variabili da soggetto a soggetto come la *conduzione calorica* dell'orecchio, l'*anatomia* dell'orecchio ed il suo stato di *vascolarizzazione* (ad esempio: una vasocostrizione locale causata da dolore o dall'ansia può diminuire la velocità angolare della fase lenta del nistagmo calorico, anche se determina una risposta nistagmica più lunga). Da notare, infatti, che lo stato di allerta del paziente si riduce se non viene stimolato durante l'esecuzione delle prove, se ha sonnolenza o se è sotto l'azione di farmaci sedativi. Queste situazioni comportano la riduzione di alcuni parametri come la VAFL, l'ampiezza e la frequenza ⁽³⁴⁾.

PARAMETRI DI NORMALITA'

La risposta al test calorico è caratterizzata da una notevole variabilità interindividuale per cui il giudizio clinico, dato dalla valutazione dei parametri suddetti, avviene attraverso un confronto tra le risposte di un lato e quelle dell'altro lato.

Avendo già messo in evidenza l'opportunità di utilizzare quattro stimolazioni

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

per esame e di valutare la risposta durante il periodo della culmination, si sottolinea la bontà della tecnica di normalizzazione adottata da Jongkees et al. ⁽¹⁹⁾, ai fini dell'interpretazione del dato. Nel caso in cui le stimolazioni, calda e fredda, cui è sottoposto il vestibolo, abbiano un effetto quantitativamente maggiore rispetto a quello provocato dalle stimolazioni del vestibolo controlaterale, si dice che il primo labirinto prevale sul secondo e si parla di *preponderanza labirintica destra o sinistra*. Se invece l'insieme degli stimoli tendenti ad evocare un nistagmo battente a destra ha un effetto nel suo insieme quantitativamente maggiore di quello provocato dalle stimolazioni che evocano un nistagmo battente a sinistra, si conclude che il sistema nistagmogeno è sbilanciato in modo tale che il nistagmo tende a battere a destra piuttosto che a sinistra: si parla in tal caso di *preponderanza direzionale* destra e viceversa nella situazione opposta.

Su tali basi, le preponderanze labirintiche e direzionali di un soggetto vengono rispettivamente definite, per mezzo della formula adottata da Jongkees, come segue:

$$\text{PREPONDERANZA LABIRINTICA (PL)} = \frac{[(CD+FD)-(CS+FS)]}{[CD+FD+CS+FS]} \times 100$$

$$\text{PREPONDERANZA DIREZIONALE (PD)} = \frac{[(CD+FS)-(CS+FD)]}{[CD+CS+FD+FS]} \times 100$$

dove FD, CD, FS e CS sono i risultati della prova fredda destra, calda destra, fredda sinistra e calda sinistra.

Nel nostro laboratorio viene considerata patologica una preponderanza labirintica maggiore del 15% ed una preponderanza direzionale maggiore del 18%

I vari Autori hanno ottenuto, utilizzando parametri di risposta differenti, limiti di normalità alquanto diversi:

AUTORE	PARAMETRO	FASCIA DI NORMALITA'	
		PL	PD
Jongkees et al.,1962 ⁽¹⁹⁾	durata	±0,14	±0,30
Jongkees et al.,1962 ⁽¹⁹⁾	VAFL	±0,15	±0,18
Freyss et al.,1973 ⁽¹⁰⁾	frequenza scosse	±0,15	±0,11
Freyss et al.,1978 ⁽¹¹⁾	periodo culmination		
Ghilardi et al.,1978 ⁽¹²⁾	frequenza scosse	±0,15	±0,18
	periodo culmination		
Vannucchi et al.,1993 ⁽³³⁾	VAFL	±0,15	±0,22
	Frequenza scosse		

Le stimolazioni caloriche

Tali discordanze non sono soltanto dovute all'uso di parametri diversi della risposta nistagmica, ma anche alle inevitabili piccole differenze che si hanno tra laboratorio e laboratorio nell'eseguire le stesse metodiche e, naturalmente, il fatto che ogni autore lavora su di una particolare popolazione.

E' consigliabile quindi che ciascun centro di vestibologia faccia precedere l'inizio della sua attività di diagnosi clinica da una standardizzazione interna, da controllare periodicamente.

Naturalmente l'individuazione di una preponderanza labirintica e direzionale può scaturire soltanto dall'effettuazione delle quattro prove. L'esecuzione della sola prova calorica calda o della sola prova calorica fredda potrebbe, al più, consentire di stabilire una preponderanza di un lato della quale non sarebbero in alcun modo individuabili né la componente labirintica, né la direzionale. Particolarmente limitativa sotto questo punto di vista risulta la prova termica eseguita con il solo stimolo freddo, infatti il risultato delle prove fredde può essere totalmente falsato nel caso in cui coesista una preponderanza direzionale con una preponderanza labirintica ipsilaterale. In questo caso l'effetto causato dalla diminuita possibilità di inibire un labirinto può essere compensato dalla presenza di un nistagmo latente diretto controlateralmente, mentre l'inibizione del labirinto sano verrà parzialmente annullata da un nistagmo latente che batte nello stesso senso del labirinto esaminato. Il risultato sarà, pertanto, quello di ridurre o annullare o addirittura invertire una differenza di eccitabilità tra i due sistemi vestibolari.

La prova calorica calda, per ragioni opposte, ha il vantaggio di fornire una risposta che è per la maggior parte espressione del labirinto stimolato. Nel caso di una preponderanza labirintica e di una preponderanza direzionale ipsilaterali, consente di valutare esattamente la reale differenza di eccitabilità tra i due sistemi vestibolari. Solo nel caso di una preponderanza labirintica e di una preponderanza direzionale controlaterale, ricadiamo nelle stesse limitazioni viste a proposito della prova calorica fredda effettuata in presenza di una preponderanza labirintica con una preponderanza direzionale omolaterale. Questo ci induce ad eseguire la prova calorica nel suo complesso e se, per un qualsiasi motivo, si deve scendere da quattro a due sole stimolazioni, è bene che queste siano quelle calde ⁽¹⁸⁾. Infatti l'incidenza dei casi con le due preponderanze omolaterali (9% del totale) è, secondo le nostre statistiche, nettamente maggiore rispetto a quella dei casi in cui le due preponderanze sono di segno opposto (2% del totale).

Appare evidente che su tale base la percentuale di errore, lavorando sulle sole prove calde, è nettamente inferiore a quella che si ha lavorando sulle sole prove fredde. In ogni caso è bene ricordare che l'uso di due sole prove non potrà

in alcun modo, nel caso di una differenza tra le due risposte corrispondenti, permettere di risalire al significato dell'alterazione rilevata.

INTERPRETAZIONE DEL BILANCIO VESTIBOLARE CALORICO

Nel caso paradigmatico di un grave danno a carico di un labirinto o di un nervo vestibolare si ha notoriamente la comparsa di una sindrome armonica della quale fa parte un nistagmo spontaneo il cui andamento temporale è rappresentato schematicamente nel grafico 1.

Nell'istante $t = 0$ ipotizziamo un grave danno a carico o del labirinto sinistro o del nervo vestibolare sinistro.

Fino all'istante $t = 1$ abbiamo un nistagmo spontaneo che batte verso destra. In genere questi pazienti sono in piena crisi vertiginosa e non sono sottoponibili a prove vestibolari provocate.

Nell'istante $t = 1$ il compenso centrale fa sì che scompaia il nistagmo spontaneo e subentra invece un nistagmo latente.

Alla prova calorica risulteranno una PL e una PD patologiche ipsilaterali.

Dall'istante $t = 2$ a $t = 3$ la lesione è perfettamente compensata a livello centrale, per cui non esiste una PD significativa, ma solo una PL patologica.

Nella maggior parte dei casi l'evoluzione termina a questo punto e la preponderanza labirintica pura può essere considerata come l'esito di una lesione periferica ormai stabilizzata.

Può accadere invece che sopraggiunga un fatto patologico a carico del labirinto di destra oppure che vi sia un parziale recupero del vestibolo di sinistra, come accade sovente nel corso di Malattia di Menière. A questo punto vi sarà sempre una PL destra significativa, in quanto il labirinto sinistro è tuttora ipovalente, ma la PD si manifesterà verso il sistema vestibolare sinistro. Quindi, il sistema "nistagmogeno" centrale che si era riequilibrato dopo la diminuzione delle afferenze di sinistra, si trova di nuovo scompensato, quando, nell'istante $t = 3$, diminuiscono per il nuovo danno, le afferenze di destra. E' chiaro che, a seconda della gravità del nuovo danno, avremo o un nistagmo latente o, eccezionalmente, un nistagmo spontaneo che batte a sinistra ⁽¹¹⁾.

Rimane la possibilità di una PD pura espressione di una lesione vestibolare centrale o di un'alterazione periferica, ad esempio di origine otolitica. Di ciò parleremo più estesamente nel paragrafo successivo dove vengono considerate le condizioni patologiche, con le relative interpretazioni, che si possono ricavare dalle prove vestibolari caloriche.

Le stimolazioni caloriche

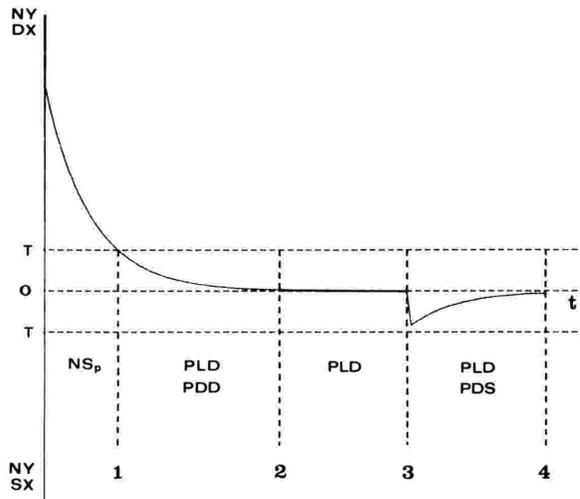


Grafico 1 – Sull'asse delle ordinate è riportata l'intensità del nistagmo su scala arbitraria. Sull'asse delle ascisse è riportato il tempo sempre su scala arbitraria. NY DX: nistagmo che batte a destra. NY SX: nistagmo che batte a sinistra. NSp: nistagmo spontaneo. T: soglia. PLD: preponderanza labirintica destra. PDD: preponderanza direzionale destra. PDS: preponderanza direzionale sinistra. t: tempo.

INTERPRETAZIONE DEI QUADRI CLINICI

Deficit vestibolare monolaterale

La ipo/areflessia monolaterale rappresenta la tipica espressione della patologia periferica denominata paresi/paralisi canalare (Figura 3). Spesso la sintomatologia esordisce con un quadro di grande vertigine oggettiva prolungata nel tempo ed associata a sintomi neurovegetativi, propri del deficit labirintico acuto. Particolare attenzione andrà posta in quelle forme di iporeflessia senza pregressa vertigine rotatoria, in quanto in questo caso dovrà essere esclusa una patologia espansiva dell'angolo ponto-cerebellare. Come si è visto, se alla ipo/areflessia (PL patologica) si associa una PD patologica, i risultati del test calorico indicano una lesione periferica non compensata. Al contrario, una PL patologica ed una PD compresa nel range di normalità, dimostrano un deficit labirintico compensato.

Una PL e PD ipsilaterali patologiche, inquadrano affezioni periferiche analizzate per lo più nel periodo di acuzie, quando non è ancora intervenuto un compenso centrale; una PL e PD controlaterali, invece, si riferiscono ad affezioni periferiche che però sono indagate in periodi di tempo molto lontani dall'evento

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Figura 3

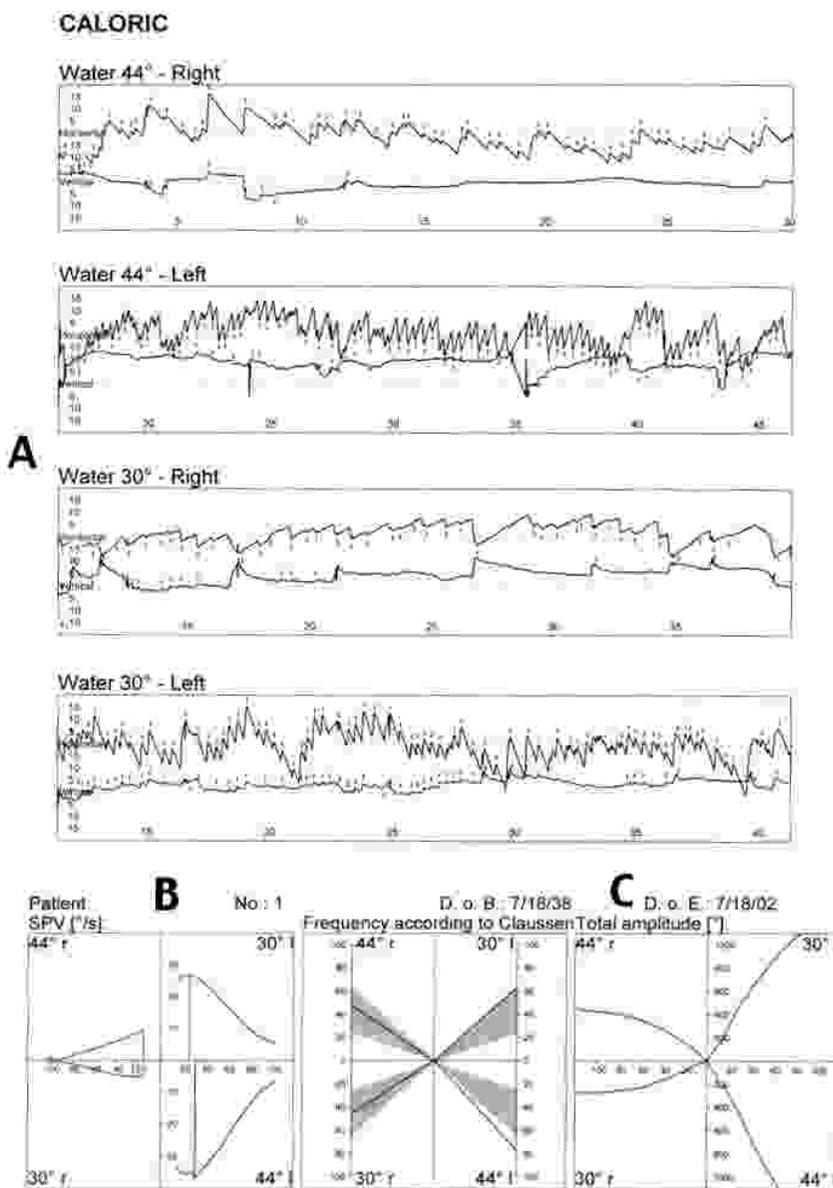


Figura 3: Videooculografia: paresi canale destra. Registrazione delle singole prove caloriche (A). Rappresentazione grafica della velocità angolare della fase lenta (B) e della frequenza nistagmica (C).

Le stimolazioni caloriche

lesivo e quando siano intervenuti dapprima un compenso centrale e, successivamente, o un miglioramento dell'orecchio leso o un danno dell'orecchio sano.

Nei casi in cui si abbia areflessia alle comuni prove bitermiche, è necessario confermare il dato con l'"ice water" test. La conferma diagnostica definitiva si può ottenere con la stimolazione rotatoria e con test clinici quali il test impulsivo di Halmagyi et al. ⁽¹⁵⁾.

La diagnosi di lesione periferica non consente però una distinzione tra danno del recettore periferico (cupola e cellule capellute) e lesione del nervo vestibolare. Secondo alcuni Autori lesioni parziali dell'VIII nervo cranico non incidono sulla durata del nistagmo calorico, mentre lesioni recettoriali influiscono sia sulla durata, sia sulla VAFL. Secondo altri Autori l'interessamento del nervo vestibolare è caratterizzato da una diminuzione del parametro durata, mentre lesioni labirintiche provocano modificazioni soltanto della VAFL ⁽²³⁾.

Deficit vestibolare bilaterale

L'ipo/areflessia bilaterale è un quadro raro che riconosce molteplici cause: farmaci ototossici (aminoglicosidi), meningite batterica, idrope endolinfatico bilaterale, neurite vestibolare, deficit bilaterale da cause vascolari o da meccanismo autoimmune ⁽²⁷⁾. Il quadro clinico è estremamente variabile: il paziente può essere assolutamente asintomatico oppure fortemente atassico; in genere è presente oscillopsia.

La prognosi dell'iporeflessia bilaterale è estremamente variabile, ma i pazienti che traggono minore giovamento dalle terapie sono quelli portatori di vestibolopatia cronica e progressiva periferica o centrale e quelli che presentano altre patologie sistemiche associate ⁽¹³⁾.

Iperreflessia

Questo quadro si caratterizza per una risposta nistagmica che supera i parametri di riferimento dei soggetti normali. Secondo Barber ⁽³⁾, dobbiamo considerare iperattiva una VAFL superiore ai 40°/sec con lo stimolo freddo e 80°/sec con quello caldo (Figura 4).

La iperreflessia vestibolare bilaterale bilanciata è indice di un interessamento del SNC ed in particolar modo cerebellare. In caso di lesioni cerebellari, infatti, si verifica un aumento della frequenza di scarica per perdita dell'attività inibitoria sui nuclei vestibolari. Di fronte ad una risposta iperattiva bilaterale ai test calorici, è necessario far valutare il paziente da un neurologo ed eventualmente eseguire indagini neuroradiologiche (TC o RM); spesso infatti sono presenti altri segni neurologici che indicano un coinvolgimento cerebellare quali dismetria oculare, nistagmo pluridirezionale, ecc. Se la iperreflessia vestibolare risulta

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Figura 4

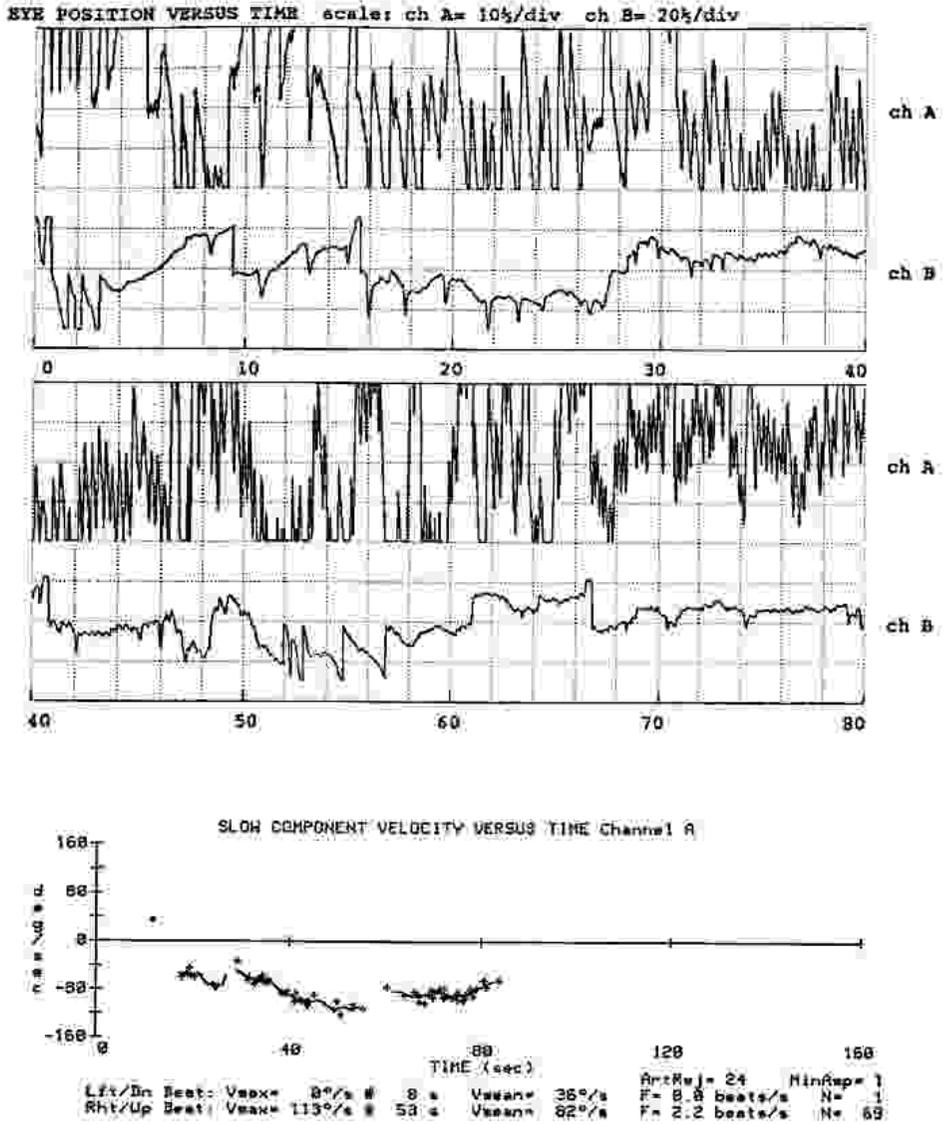


Figura 4: Registrazione ENG: iperreflessia vestibolare.

Le stimolazioni caloriche

essere l'unico reperto patologico, allora deve essere considerata come un indice di possibile patologia, potendo essere presente anche in soggetti normali, soprattutto se in stato di particolare tensione emotiva.

Una iperreflessia vestibolare si osserva spesso anche nei casi di trauma distortivo del rachide cervicale ed in caso di trauma cranico, senza che sia individuabile una sicura giustificazione patogenetica al fenomeno.

Preponderanza Direzionale pura

La preponderanza direzionale pura è indice di una prevalenza quantitativa del nistagmo diretto da un lato rispetto a quello diretto verso il lato opposto, dopo stimolazione bitermica.

Una PD patologica pura associata ad una PL nel range di normalità, può essere ricondotta sia a lesioni del SNC (dal tronco alla corteccia, esempio insufficienze vertebro-basilarie), sia a lesioni periferiche (otoliti o VIII n.c.).

Alcuni Autori ritengono che una PD patologica pura possa avere un significato di centralità, soprattutto quando non vi sia associato nessun segno nistagmico spontaneo.

Altri Autori asseriscono che la presenza di una preponderanza direzionale rappresenti un dato di limitato valore diagnostico ⁽²³⁾.

Halmagyi et al. ⁽¹⁴⁾, riferiscono che la PD isolata spesso è un disordine benigno: in circa un 50% dei casi si riscontra nella Malattia di Meniere o nella Vertigine Posizionale Parossistica Benigna (VPPB). In un altro 50% circa dei casi non si associa ad una diagnosi definitiva, ma si ritiene che soltanto nel 5% dei casi sia ascrivibile ad una lesione del SNC e ciò risulta quasi sempre subito evidente col test calorico. Nella VPPB e nella Malattia di Meniere il meccanismo alla base della PD isolata potrebbe essere un aumento intermittente della frequenza di scarica del CSO con conseguente guadagno dinamico del funzionamento dei neuroni del nucleo vestibolare mediale ipsilaterale. Si ritiene quindi che la PD isolata sia conseguenza dell'attività asimmetrica dei neuroni del nucleo vestibolare mediale; si avrebbe pertanto aumentata attività di un lato e riduzione dell'altro, forse in risposta ad una qualche stimolazione anomala ⁽¹⁴⁾.

Indice di fissazione oculare (IFO)

Le alterazioni dell'IFO sono dovute a lesioni dell'arco riflesso Retino-Cerebello-Vestibolo-Oculomotore (RCVO) cioè delle vie visuo-vestibolo-oculomotorie che controllano anche i movimenti lenti di inseguimento o smooth-pursuit ⁽³²⁾.

Nella patologia periferica l'IFO risulta normale anche se talvolta si assiste ad un eccesso di inibizione causato dall'esaltazione dei meccanismi centrali che

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

stanno alla base del compenso. E' come se vi fosse un potenziamento dell'arco riflesso RCVO in quanto il soggetto è abituato a sopprimere il nistagmo non fisiologico (di origine periferica) per mezzo dell'apparato visivo.

Nella patologia centrale l'IFO può essere normale o alterato:

- nel primo caso la lesione del SNC non ha intaccato l'arco RCVO;
- nel secondo caso l'IFO può essere alterato per:
 1. deficit di inibizione (disfunzione dell'RCVO)
 2. assenza di inibizione (interruzione dell'RCVO)
 3. fenomeno paradossso (accentuazione/comparsa del nistagmo).

Perverted Nystagmus

Questo tipo di nistagmo è così denominato in quanto batte su di un piano diverso da quello di stimolazione. Generalmente è diretto sul piano verticale, verso il basso (downbeat nystagmus) ed è espressione di lesioni della fossa cranica posteriore in vicinanza dei nuclei vestibolari (pavimento del IV ventricolo). Questo nistagmo può essere considerato patologico solo se è verticale puro o con netta prevalenza della componente verticale e se sono state osservate accuratamente tutte le normali condizioni d'esame (in particolar modo la posizione della testa del paziente e la sua inclinazione).

Alcuni Autori lo hanno descritto nel 20% dei soggetti normali e nel 12% dei patologici, e lo hanno posto in relazione alla stimolazione contemporanea di un canale verticale ⁽⁷⁾.

Nistagmo di rimbalzo post-calorico

E' una condizione molto rara che si caratterizza per l'inversione del nistagmo, dopo una breve pausa, al termine della normale reazione termica. E' considerato espressione di una lesione archicerebellare e più in generale, di lesioni delle strutture della fossa cranica posteriore; si riscontra anche nella sindrome malformativa di Arnold-Chiari e solo in una piccolissima percentuale dei casi può essere ritenuto non indicativo di patologia ⁽²⁰⁾.

Inversione calorica

Raro reperto in cui la risposta nistagmica è diretta in senso opposto rispetto a quella prevista dal tipo di stimolazione. E' compatibile con una patologia di tipo centrale ⁽³⁴⁾.

Disritmia

La disritmia può essere un segno di disfunzione cerebellare, in quanto il cervelletto svolge un ruolo di controllo sull'ampiezza delle fasi rapide del nistagmo

Le stimolazioni caloriche

calorico. Inoltre, le disritmie, così come le alterazioni della morfologia (prevalenza o andamento curvilineo della fase lenta, uncinature o arrotondamenti degli apici del nistagmo, scosse triangolari o pendolari), possono rappresentare un segno indiretto di sofferenza dei centri regolatori della risposta nistagmica, soprattutto di quelli tronco-encefalici.

Le alterazioni del ritmo (aritmie, disritmie, scosse a gruppi, pause), e le alterazioni della morfologia, se presenti come reperto isolato, non costituiscono un segno sicuro di condizione patologica, in quanto possono essere osservate anche in soggetti normali, soprattutto se affaticati o disattenti. Tali anomalie possono inoltre sostituirsi l'una all'altra in modo imprevedibile e, quando ben evidenti nella registrazione ENG, possono essere considerate espressione di una generica sofferenza della formazione reticolare pontina.

Secondo Proctor et al. ⁽²⁵⁾, la disritmia è piuttosto frequente ed interferisce notevolmente con una accurata interpretazione del test calorico. I metodi di “*mental alerting*” generalmente non riescono ad eliminare la disritmia ed inoltre esisterebbe una moderata correlazione tra disritmia e intensità della risposta vestibolare ai test calorici. La disritmia secondo Proctor, sarebbe una alterazione propria del singolo individuo e non un generico segno di malattia vestibolare. Secondo molti Autori anglosassoni infatti, le alterazioni del ritmo e della forma sono prive di qualsiasi significato clinico-diagnostico.

Deve essere comunque ricordato che le prove rotatorie, utilizzando uno stimolo del VOR certamente più fisiologico, rappresentano indubbiamente una metodica migliore per la valutazione delle turbe qualitative del nistagmo provocato.

CONSIDERAZIONI SULLE STIMOLAZIONI CALORICHE

Da quanto finora detto appare evidente l'importanza delle stimolazioni caloriche nell'ambito dell'esame oto-neurologico. Con tale metodica, infatti, possiamo studiare separatamente i due emisistemi, anche se la stimolazione non è fisiologica in quanto gli stimoli reali del sistema vestibolare (movimenti lineari o rotazionali del capo), agiscono simultaneamente su entrambi i labirinti e non su uno di essi. Occorre ricordare inoltre che i test calorici codificati saggiano soltanto la funzionalità del canale semicircolare orizzontale (CSO) per cui, estrapolare da questa, la funzionalità (supposta) di tutte le altre aree del labirinto, appare indubbiamente un'impresa quanto meno azzardata.

Infine, le prove caloriche non consentono di valutare la risposta del sistema vestibolare nell'intero ambito di frequenze a cui esso è sensibile (da 0,01 a 8-10

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

Hz con un massimo di risposta tra 4 e 5 Hz). La stimolazione termica corrisponde ad uno stimolo rotatorio inferiore a 0,1 Hz. Appare quindi evidente, come il test calorico saggi selettivamente la risposta del CSO in un range di frequenze molto basse alle quali normalmente il VOR non lavora. Il VOR, infatti, ha un'azione compensatoria sul "gain" al di sopra delle frequenze medio-alte, mentre altri sistemi entrano in gioco (il sistema visivo per esempio), per mantenere un buon compenso oculare alle basse frequenze (minori di 0,1Hz) ⁽²⁶⁾.

Nonostante queste considerazioni, le prove termiche sono ancora oggi un elemento diagnostico fondamentale nello studio otoneurologico del paziente vertiginoso.

 Le stimolazioni caloriche

Bibliografia

1. BALOH R.W., HONRUBIA V.: *Clinical neurophysiology of the vestibular system*. Philadelphia: FA Davis. 1990.
2. BALOH R.W.: *Robert Bàràny and the controversy surrounding his discovery of the caloric reaction*. Neurology 2002;58:1094-1099.
3. BARBER H.O., STOCKWELL C.W.: *Manual of electronystagmography*. Sec. Ed. ICS Medical The C. V. Mosby Company St. Louis, Toronto, London 1980.
4. BENITEZ J.T., BOUCHARD K.R., CHOE Y.K.: *Air calorics: a technique and results*. Ann Otol Rhinol Laryngol 1978;87:216-223.
5. BROOKLER K.H.: *Importance of simultaneous binaural bithermal caloric testing*. ENT 2002, vol 81:199.
6. CAPPS M.J., PRECIADO M.C., PAPARELLA M.M. ET AL.: *Evaluation of the air caloric test as a routine examination procedure*. Laryngoscope 1973;83:1013-1021.
7. CASANI A., FATTORI B., MISALE M., GHILARDI P.L.: *L'interpretazione del nistagmo calorico*. In "L'interpretazione dei sintomi e dei segni vestibolari". Firenze, 16/nov/1996.
8. CAWTHORNE T.E., FITZGERALD G., HALLPIKE C.S.: *Studies on human vestibular function. Observation on directional preponderance*. Brain 1942;65:138.
9. FITZGERALD G., HALLPIKE C.S.: *Observation on the directional preponderance of caloric nystagmus resulting from unilateral labyrinthectomy*. Brain 1942, 65: 115-137.
10. FREYSS G., SAINT-MACARY M., HENIN J.: *L'expression graphique des épreuves vestibulaires caloriques*. Ann Oto-Laryngol 1973, 90: 745-761.
11. GHILARDI P.L., GUGLIELMINO S., FATTORI B.: *Il bilancio vestibolare calorico: i limiti di normalità nella preponderanza direzionale*. Annali di Laringologia, Otologia, Rinologia, Faringologia 1978, vol.76-Fasc. 4:447-450.
12. GHILARDI P.L., CEI G., GUGLIELMINO S., FATTORI B.: *Validità della prova vestibolare calorica nella diagnostica otoneurologica*. Annali di Laringologia, Otologia, Rinologia, Faringologia 1978, vol.76-Fasc. 5-6: 467-480.
13. GILLESPIE M.B., MINOR L.B.: *Prognosis in bilateral vestibular hypofunction*. Laryngoscope 1999 Jan;109(1):35-41.
14. HALMAGYI G.M., CREMER P.D., ANDERSON J., MUROFUSHI T., CURTHOYS I.S.: *Isolated directional preponderance of caloric nystagmus: I. Clinical significance*. Am J Otol 2000 Jul;21(4):559-567.
15. HALMAGYI G.M., AW S.T., CREMER P.D., CURTHOYS I.S., TODD M.S.: *Impulsive testing of individual semicircular canal function*. Ann NYAcad Sci 2001 Oct;942:192-200.
16. HENNEBERT P.E.: *La nystagmographie dans les épreuves thermiques*. Acta oto-rhino-laryngol belg 1960;14:5.
17. HENNEBERT P.E.: *La nystagmographie dans les épreuves thermiques*. Acta Oto-rhino-laryngol Belg 1965; 19: 427.
18. JACOBSON G.P., CALDER J.A., SHEPHERD V.A., RUPP K.A., NEWMAN C.W.: *Reappraisal of the monothermal warm caloric screening test*. Ann Otol Rhinol Laryngol 1995 Dec;104(12):942-945.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

19. JONGKEES L.B.W., MAAS J.P.M., PHILIPSZOON A.J.: *Clinical nystagmography. A detailed study of electro-nystagmography in 341 patients with vertigo*. Pract. Oto-rhino-laryng 1962;24:65.
20. KUMAR A., PIERI A., KROL G.: *Rebound caloric nystagmus*. Laryngoscope 1993 Nov;103(11 Pt 1):1205-1213.
21. MAIRE R., DAOUI B., VAN MELLE G.: *Evaluation of the caloric test by combining 3 response parameters*. Otolaryngol Head Neck Surg 2000 Jun;122(6):814-820.
22. MULCH G.: *Criteria for the evaluation of nystagmus*. ORL 1978;40:263.
23. NUTI D., GUFONI M., SALERNI L.: *Le prove termiche*. In Quaderni di Vestibologia, vol.3, Ed. Cortesina G, Albero R, 2000:55-67.
24. PROCTOR L.R., DIX R.C.: *New approach to caloric stimulation of the vestibular receptors*. Ann Otol 1975;84:683.
25. PROCTOR L.R., LAM A.P.: *Dysrhythmia of caloric nystagmus*. Laryngoscope. 2002 Oct;112(10):1730-6.
26. RAPHAN T., WEARM S., COHEN B.: *Modeling the organization of the linear and angular vestibulo-ocular reflexes*. Ann NY Acad Sci. 1996 Jun 19;781:348-363.
27. RINNE T., BRONSTEIN A.M., RUDGE P., GRESTEM.A.: *Bilateral loss of vestibular function*. Acta Otolaryngol Suppl 1995;520 Pt 2:247-250.
28. RYDZEWSKI B.: *A comparison of water and air stimulated bithermal-caloric test and the usefulness of both methods in otologic surgery*. Otolaryngol Pol 2002;56(2): 231-234.
29. TOROK N.: *Differential caloric stimulations in vestibular diagnosis*. Arch Otolaryngol. 1969;90:52.
30. TOUPET M., PIAOLUX P.: *Valeur diagnostique du nystagmus vertical dans l'èpreuve vestibulaire calorique calibrée bilatérale simultanée*. Ann Oto-Laryng. (Paris), 1981;98:343-351.
31. VALLI S., MANFRIN M., QUAGLIERI S., MIRAE.: *Le prove termiche*. In "Oto-Neurologia Oftalmologia Semiologia Otoneurologica". Senigallia (AN), 18/apr/1997.
32. VAN NICHEL C.: *Visual suppression of vestibular nystagmus*. Acta Otorhinolaryngol Belg 1998;52(1):1-8. Review.
33. VANNUCCHI P., PAGNINI P., SANTORO R.: *Comparison between "bithermal caloric test" and "hot monothermal with cold simultaneous test"*. Acta Otorhynol Ital 1993;13:261-266.
34. VANNUCCHI P., GIANNONI B.: *Prove caloriche*. In "L'approccio diagnostico al paziente vertiginoso: esperienze a confronto". Bologna, 26/nov/1994 (5° giornata di vestibologia pratica).
35. VEITS C.: *Neue untersuchungen uber die kalorischen vestibularisreaktionen*. Acta otolaryngol 1928;13:94.
36. WETZIG J., VON BAUMGARTEN R.: *Effects of rectilinear acceleration, caloric and optokinetic stimulation of human subjects in the Spacelab D-1 mission*. Adv Space Res 1986;6(12):161-170.
37. ZUCCA G., BOTTA L., MIRA E., MANFRIN M., POLETTI A., BUIZZA A., VALLI P.: *Effects of hydrostatic pressure on sensory discharge in frog semicirculars canals*. Acta Otolaryngol.1991;111:820-828.

LE PROVE ROTATORIE

Augusto Pietro Casani, Renzo Mora, Iacopo Dallan, Marco Barbieri

Le prove roto-acceleratorie sono state per lungo tempo la principale metodica di studio del Riflesso Vestibolo-Oculomotorio (Vestibulo-Ocular Reflex, VOR) in virtù della loro capacità di indurre una risposta labirintica utilizzando lo stimolo specifico per quest'organo di senso, ossia la variazione della velocità angolare dei liquidi endolabirintici determinata da una accelerazione angolare. Per questo motivo le prove roto-acceleratorie rappresentano una metodica particolarmente adeguata allo studio clinico e sperimentale della funzionalità del sistema vestibolare grazie alla possibilità di applicare al canale semicircolare laterale uno stimolo del tutto fisiologico ed esattamente quantificabile, a differenza di ciò che accade con il test calorico laddove le caratteristiche fisiche dell'orecchio medio o della capsula ossea labirintica possono rappresentare una importante variabile interindividuale. La caratteristica comune ed anche la principale limitazione delle prove roto-acceleratorie è rappresentata dalla contemporanea stimolazione dei due labirinti, elemento che rende impossibile la valutazione dell'apporto funzionale di ogni singolo emisistema vestibolare ^(26,17).

Come è noto la velocità angolare della fase lenta del nistagmo (VAFL) è direttamente proporzionale alla deflessione cupolare che è a sua volta correlata all'intensità dello stimolo; le prove rotatorie permettono un'esatta definizione del rapporto tra stimolo e risposta identificando, a seconda della metodica utilizzata, la soglia di risposta del sistema e le caratteristiche dinamiche del VOR. Vari tipi di stimolo sono stati impiegati, da quello rotatorio sinusoidale a quelli impulsivi (in cui si valuta la risposta post-rotatoria) fino a più complesse metodiche con stimoli cosiddetti "pseudorandom" che contengono un'ampia gamma di frequenze, generalmente superiori a 100. Ai fini clinici tuttavia, nella maggior parte dei casi, le frequenze di stimolazione utilizzate rientrano nella parte più bassa del "range" in cui lavora il VOR (0.1-5 Hz). In questo ambito, il guadagno è generalmente inferiore ad 1 ed il VOR non è in grado di garantire da solo movimenti oculari compensatori; è perciò necessaria l'integrazione da parte di altri sistemi, come il

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

riflesso ottico-cinetico, realizzandosi quindi un complesso sinergismo che va sotto il nome di interazione visuo-vestibolare ⁽³⁰⁾.

I parametri che si ottengono con le prove rotatorie, attraverso l'analisi del tracciato elettronistagmografico (ENG), sono ^(3, 4, 21, 24):

- il *guadagno* (rapporto tra l'ampiezza dello stimolo e l'ampiezza della VAFL);
- la *fase* (che descrive la relazione temporale tra input ed output);
- la *simmetria* della risposta, calcolata confrontando la VAFL misurata nei due sensi di rotazione attraverso le formule di Jongkees, ottenendo così il valore della preponderanza direzionale (PD);
- la *costante di tempo* (ottenuta utilizzando stimoli rotatori impulsivi), intesa come il periodo in secondi in cui la VAFL si riduce al 37% del suo valore massimo;

Valori di guadagno prossimi ad 1 e valori di fase di 180° indicano una perfetta funzionalità del VOR, in quanto gli occhi si muovono in modo perfettamente sincrono con la velocità della testa ma in direzione opposta.

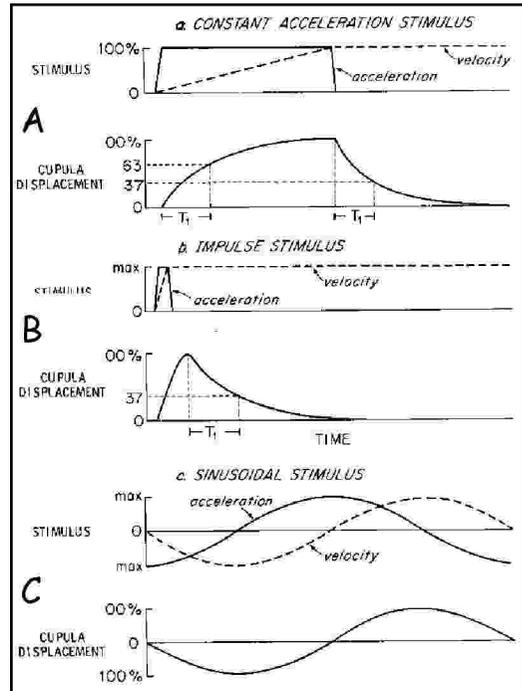
Durante l'esecuzione delle prove rotatorie è necessario che l'attenzione del paziente venga mantenuta elevata (ad esempio con il calcolo mentale rapido) al fine di evitare la riduzione del guadagno del VOR indotta dall'abitudine ⁽¹⁸⁾.

Indipendentemente dal tipo di stimolo usato il protocollo d'esecuzione delle prove roto-acceleratorie prevede una situazione operativa standard ^(10, 17):

- Ambiente buio e silenzioso.
- Paziente seduto ad occhi aperti.
- Rotazione intorno ad un asse verticale.
- Testa flessa di 30° per porre il CSL in posizione orizzontale (massima eccitabilità).
- Registrazione ENG o Videonistagmografica (VNG).

Lo studio della risposta labirintica ad uno stimolo rotatorio deve tener conto che il pattern di risposta cupolare differisce in modo significativo a seconda del tipo di stimolo utilizzato (Figura 1): nel caso di una accelerazione costante, come previsto dal modello del pendolo fortemente smorzato, all'inizio l'endolinfa segue con un tempuscolo di ritardo il movimento della testa; poi la deflessione cupolare segue un andamento esponenziale (ed è proporzionale all'entità dell'accelerazione angolare). In quest'andamento esponenziale si definisce la costante di tempo del sistema che corrisponde al tempo necessario affinché la cupola raggiunga il 63% del suo valore massimo di deflessione. Alla fine dello stimolo la cupola torna alla posizione di riposo con lo stesso andamento esponenziale. Se utilizziamo uno stimolo impulsivo la massima deviazione cupolare si realizza quasi istantaneamente ed è proporzionale all'ampiezza della variazione istantanea della velocità della testa. Dopo la cupola torna in condizioni di

Le prove rotatorie

**Figura 1**

Modello della risposta cupolare a diversi tipi di stimolo rotoacceleratorio: accelerazione costante (A), impulsivo (B), sinusoidale (C). Da Baloh e Honrubia, 1990, modificata.

riposo in modo esponenziale con le stesse modalità osservate nel caso di una accelerazione costante. Se si utilizzano stimoli sinusoidali che sono quelli che somigliano di più ai movimenti naturali della testa, lo spostamento cupolare è proporzionale alla velocità angolare della testa in quanto le forze di attrito e di elasticità divengono trascurabili e le forze applicate al sistema sono opposte solo dalle forze viscoso della cupola ⁽⁴⁾.

Sulla base di queste importanti osservazioni, anche le prove cliniche potranno essere classificate in base al tipo di stimolo:

- impulsivo,
- sinusoidale,
- ad accelerazione-decelerazione costante.

All'opposto, sulla base della risposta ottenuta (Mira et al, 1987), potremo dividerle in:

- prove che consentono misure di soglia, come la prova liminare di Montandon ⁽²⁷⁾
- prove che consentono misure di soglia e di dinamica, come la cupolometria ⁽³⁷⁾, e la prova pendolare classica ^(14, 16)
- prove che consentono misure delle caratteristiche statiche e dinamiche,

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

come la classica prova post-rotatoria di Buy-Fischer-Arslan o la prova sinusoidale od armonica ⁽²³⁾

In ambito clinico per molti anni la **prova rotatoria di Buy-Fischer-Arslan** ha rappresentato il test rotoacceleratorio di maggior utilizzo potendo fornire una esatta misura delle caratteristiche del VOR attraverso la valutazione, non solo delle sue caratteristiche statiche, sintetizzabili nei valori di guadagno, ma anche attraverso lo studio di elementi dinamici quali la costante di tempo. Infatti sia la costante di tempo che il guadagno sono parametri che sono direttamente ricollegabili alle proprietà intrinseche ed alle condizioni funzionali del VOR, a differenza dei parametri morfologici della risposta nistagmica, i cui valori dipendono in gran parte dalle caratteristiche dello stimolo utilizzato. La prova rotatoria rappresenta il miglioramento, consentito dall'introduzione di dispositivi azionati elettricamente, della analoga prova descritta nel 1907 da Barany: si facevano compiere al paziente 10 giri in 20 secondi a velocità costante seguiti da un improvviso stop. La velocità costante di $180^\circ/\text{s}$ veniva raggiunta attraverso accelerazioni angolari infraliminari ($0.2-0.3^\circ/\text{s}^2$) e mantenuta per 3 minuti fino all'arresto improvviso della sedia ⁽¹⁾. Nel soggetto normale si evidenziavano 20-40 scosse di nistagmo, definito post-rotatorio, della durata media di circa 15 secondi, di direzione opposta a quella della rotazione della sedia e con una VAFL di circa $60-80^\circ/\text{s}$ (Figura 2). Talora, dopo un intervallo di 10-12 secondi, è osservabile una seconda fase

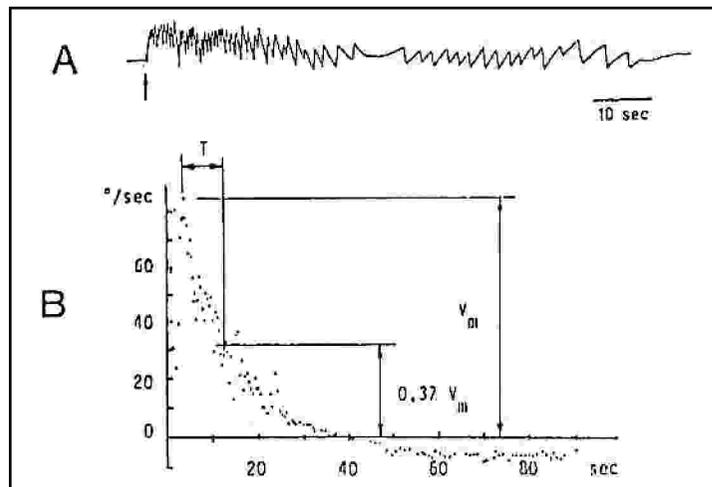


Figura 2 - Esempio di risposta nistagmica post rotatoria dopo stimolo impulsivo a seguito di stop della sedia durante una rotazione a velocità costante di $150^\circ/\text{s}$ (A). Evoluzione temporale della VAFL(B). V_m : velocità massima della fase lenta. Il tempo (T) necessario affinché tale parametro si riduca al 37% del valore iniziale indica la Costante di Tempo.

Le prove rotatorie

nistagmica di minore ampiezza con direzione opposta a quella del nistagmo post-rotatorio interpretabile come fenomeno indotto da meccanismi di adattamento centrale con coinvolgimento del “Velocity Storage Mechanism”. Naturalmente lo stimolo viene ripetuto nel senso opposto di rotazione e le risposte ottenute possono essere utilizzate per il calcolo della PD sulla base delle formule di Jongkees.

La scuola olandese di Van Egmond, Groen e Jongkees tra il 1949 ed il 1955 mise a punto una tecnica definita “**cupulometria**” che può essere considerata un ulteriore miglioramento della tecnica di Barany. Essa consente di valutare la soglia di stimolo vestibolare ed i valori di costante di tempo utilizzando uno stimolo rotatorio ottenuto mediante un’accelerazione angolare di valore subliminale ($0.5-0.6^\circ/s^2$), seguita da una rotazione per alcuni minuti a velocità costante, seguita poi da un improvviso stop. Variando progressivamente velocità ($5-15-30-45-60-90-120^\circ$) è possibile registrare (in un senso di rotazione e nell’altro) la sensazione soggettiva di vertigine (in termini di durata) e la durata della risposta nistagmica post-rotatoria che, essendo legata al grado di deflessione cupolare, risulta proporzionale al logaritmo dell’intensità dello stimolo ⁽³⁷⁾. I valori ottenuti vengono riportati su un grafico, su scala semilogaritmica, definito cupologramma, sulle cui ordinate si trovano i valori di durata (del nistagmo e della sensazione soggettiva di vertigine) e sulle ascisse la velocità angolare. Nel soggetto normale il cupologramma del nistagmo forma una X molto allungata con quello della sensazione di vertigine che compare per valori di $3^\circ/s$, quindi molto più bassi rispetto a quelli necessari per evocare un nistagmo valutabili nell’ordine di stimoli si almeno $8^\circ/s$ (Figura 3). La pendenza del cupologramma fornisce inve-

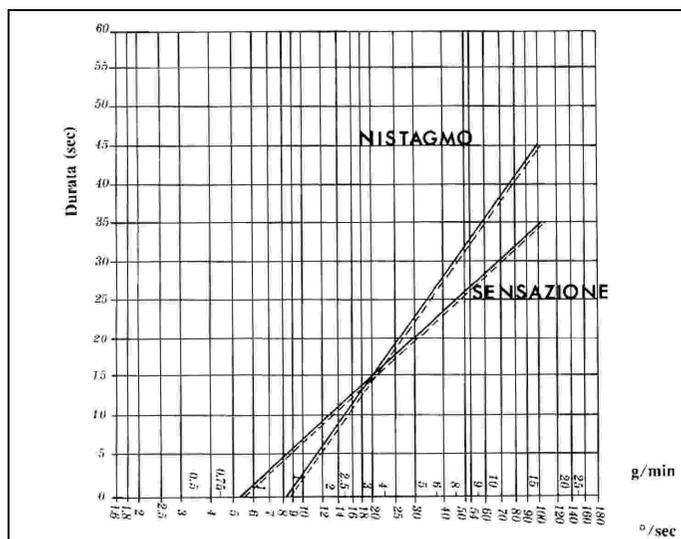


Figura 3 - Esempio di cupologramma normale.

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

ce una valida stima della costante di tempo principale del sistema vestibolare periferico.

Come abbiamo già sottolineato così come la prova rotatoria anche la cupolometria non permette la valutazione separata dei due labirinti; in altri termini non è possibile ottenere dati relativi all'esistenza di una preponderanza labirintica (PL), rendendo impossibile, almeno con le più comuni metodiche, l'identificazione di un deficit labirintico compensato. Infatti utilizzando stimolazioni di tipo impulsivo in soggetti con lesione vestibolare periferica unilaterale compensata (PL pura) con velocità inferiore a $60^\circ/s$ le risposte sono sostanzialmente simmetriche; solo a 120° compare una certa differenza tra rotazione verso il lato sano e quello malato e solo con velocità di $240^\circ/s$ la differenza diviene statisticamente significativa (Figura 4) ⁽¹⁵⁾. Se la PL è accompagnata ad una PD (deficit subacuto) si avrà una divaricazione delle risposte anche per stimoli di bassa intensità in quanto un sistema nistagmogeno prevale nettamente sull'altro (Figura 5a). In presenza di PD pura osserveremo una separazione parallela delle risposte sia per stimoli di bassa che di alta intensità (Figura 5b). La spiegazione del comportamento della curva di risposta in caso di PL pura sta nella II° legge di Ewald per cui l'esistenza di una asimmetria tra i due emisistemi vestibolari può essere svelata dalle prove rotatorie solo con opportune metodiche di stimolazione che impongono la somministrazione di stimoli molto intensi generalmente non ben

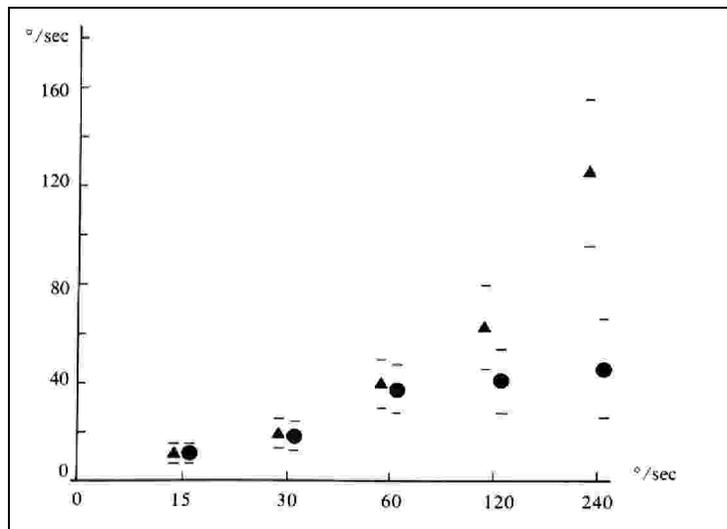


Figura 4 - Risultati di un'indagine cupolometrica condotta su pazienti con PL pura, esito di vestibolopatia periferica monolaterale in fase di compenso. In ordinate la VAFL del nistagmo post-rotatorio. In ascisse l'intensità dello stimolo.

Le prove rotatorie

tollerati dai pazienti e che richiedono una strumentazione molto sofisticata, non sempre disponibile in tutti i centri di otoneurologica.

All'opposto la caratteristica di stimolare contemporaneamente entrambi i labirinti può essere di valido aiuto nella valutazione quantitativa della progressione dei fenomeni di compenso (26), così come nelle vestibolopatie periferiche bilaterali le prove rotatorie appaiono indispensabili per la conferma del deficit potendo testare il sistema a frequenze certamente superiori a quelle indotte dal test calorico (7).

Da quanto esposto appare come la cupolometria sia una metodica estremamente accurata per lo studio dell'eccitabilità del recettore ampollare. Tuttavia essa non è sempre applicabile nella pratica clinica in quanto sottopone il paziente ad una procedura lunga, affaticante e spesso non tollerata.

La prova rotatoria liminare si differenzia dalle tecniche sopra esposte in virtù dell'utilizzazione, grazie ad un sistema a controllo elettronico, di una accelerazione positiva di grado costante realizzata con valori progressivi di 1° - 3° - $6^{\circ}/s^2$, che permette di far ruotare il paziente ad una velocità costante di $90^{\circ}/s$. Questa viene mantenuta per 3 minuti e viene fatta seguire da uno stop o da una decelerazione effettuata con gli stessi valori utilizzati in precedenza (1° - 3° - $6^{\circ}/s^2$). La prova prevede una rotazione in senso orario che comporta, nella fase di accelerazione positiva, una stimolazione del canale semicircolare laterale di destra da cui consegue un nistagmo battente a destra (corrente endolinfatica ampullipeta); una rotazione in senso antiorario che provocherà gli stessi fenomeni, ma di segno opposto (corrente endolinfatica ampullipeta a sinistra) (27). L'accelerazione positiva per-

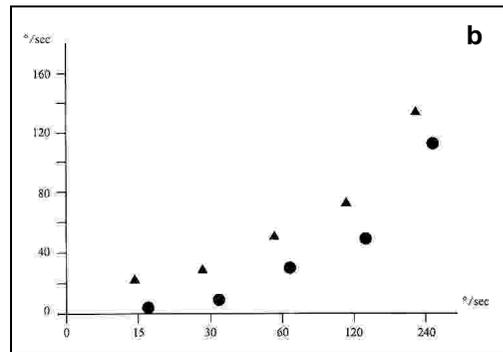
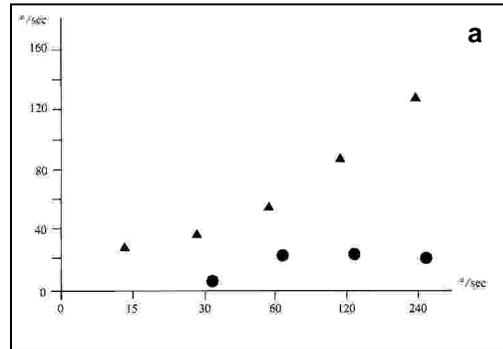


Figura 5a - indagine cupolometrica eseguita in un soggetto affetto da vestibolopatia periferica destra non compensata (PL associata a PD). I triangolini si riferiscono al nistagmo battente a destra, i tondini a quello verso sinistra.

Figura 5b - indagine cupolometrica eseguita in un soggetto con PD pura da verosimile vestibolopatia di tipo centrale (vedi testo).

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

mette di evidenziare, attraverso la comparsa di un nistagmo per-rotatorio, i valori di soglia vestibolare (nel normale $0,76-1,08^\circ/s^2$), mentre il brusco arresto o la decelerazione evocano un nistagmo post-rotatorio la cui durata è in stretta correlazione all'entità dello stimolo usato. Per valori di $1^\circ/s^2$, il nistagmo per-rotatorio compare dopo una latenza compresa tra 0 e 15 s e persiste per circa 5 s dopo la cessazione dello stimolo acceleratorio, durante la fase di rotazione a velocità costante di $90^\circ/s$. Tuttavia la risposta esaminata in ambito clinico si limita al solo nistagmo post-rotatorio la cui direzione è opposta al senso della rotazione della sedia ⁽³⁰⁾. Si esamina:

- *guadagno*, che corrisponde al rapporto tra velocità della sedia e VAFL del nistagmo;
- *costante di tempo*, corrispondente al tempo necessario affinché la VAFL si riduca al 37% del suo valore iniziale.

La stimolazione pendolare (**prova pendolare**) si basa invece sul principio di applicare al sistema vestibolare uno stimolo acceleratorio di aspetto sinusoidale di cui sono noti sia l'ampiezza che il periodo dell'oscillazione ⁽¹⁶⁾. La prova consiste in una serie di stimolazioni ad andamento sinusoidale la cui ampiezza massima (180°) diminuisce linearmente nel tempo nei periodi successivi al primo, per arrivare a 0 in 30-40 semiperiodi; la frequenza di stimolazione è pari a 0.05 Hz con valori di ampiezza progressivamente crescenti e decrescenti per accelerazioni angolari fino a $18^\circ/s^2$. La posizione della sedia (e quindi della testa, che viene flessa di 30°) oscilla in modo sinusoidale e conseguentemente la velocità della sedia è una senoide in anticipo di fase di 90° rispetto alla posizione in modo che l'accelerazione della sedia sarà una senoide in anticipo di fase di 90° rispetto alla velocità e quindi in opposizione di fase rispetto alla posizione della testa e della sedia (Figura 6).

Per mezzo di sedie azionate da motori elettrici è possibile ottenere una stimolazione caratterizzata da 2 parametri:

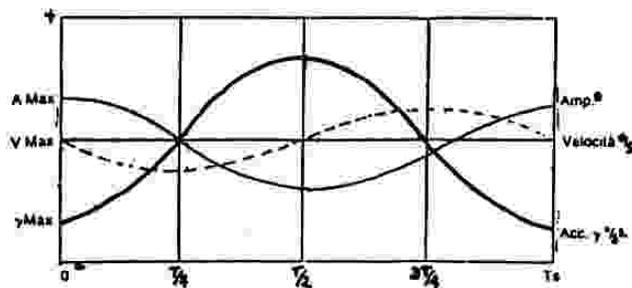


Figura 6 - Comportamento dell'ampiezza, velocità e accelerazione di un movimento sinusoidale; ampiezza e accelerazione sono in opposizione di fase. La velocità è sfasata di 90° rispetto ai due precedenti parametri.

Le prove rotatorie

- il *periodo*, espresso in secondi, che corrisponde alla durata di una oscillazione completa;
- l'*ampiezza massima*, corrispondente al valore massimo dello spostamento del sistema rispetto al suo punto di equilibrio.

Il periodo di 20 secondi, codificato per le prove pendolari standard, si troverebbe nella zona ottimale di sensibilità dell'apparato vestibolare e pertanto lo spostamento del sistema cupolo-endolinfa sarebbe funzione della variazione della velocità angolare del movimento. All'inizio della rotazione l'accelerazione è massima e le risposte aumentano molto rapidamente, senza latenza; segue una forte decelerazione che riporta il sistema al suo punto d'equilibrio in modo che le risposte si attenuano e spariscono rapidamente. In ogni semiperiodo il nistagmo così provocato batte in senso opposto a quello del semiperiodo precedente e del successivo. Tuttavia le risposte ed il movimento della sedia non sono esattamente in fase: lavorando a 0.05 Hz siamo all'estremità del range in cui la risposta cupolare è in fase con la velocità angolare della testa. Per questo esiste un anticipo di fase di 18° della risposta vestibolare rispetto alla velocità della sedia, perfettamente prevedibile sulla base della dinamica dei canali semicircolari ⁽¹⁴⁾ il cui periodo di risonanza interno è di circa 3 s, quindi; in pratica la posizione della cupola anticipa di 18° la velocità angolare della sedia. Data l'esistenza di questo sfasamento, per semiperiodo si deve intendere l'intervallo che va dal punto di massima al punto di minima dell'accelerazione. Nel primo semiperiodo l'ampiezza dell'oscillazione della sedia è di 360° (con una accelerazione massima di $18^\circ/s^2$) per poi decrescere nei periodi successivi fino ad arrivare a 0. Si ammette che il numero di scosse per semiperiodo sia tanto più alto quanto maggiore è l'accelerazione massima del semiperiodo corrispondente. In particolare il numero delle scosse per semiperiodo è funzione lineare del logaritmo dell'accelerazione massima di quel semiperiodo. Da questo principio deriva il nistagmogramma di frequenza che costituisce la rappresentazione grafica più comune dei risultati della prova pendolare classica (Figura 7). Sull'asse delle

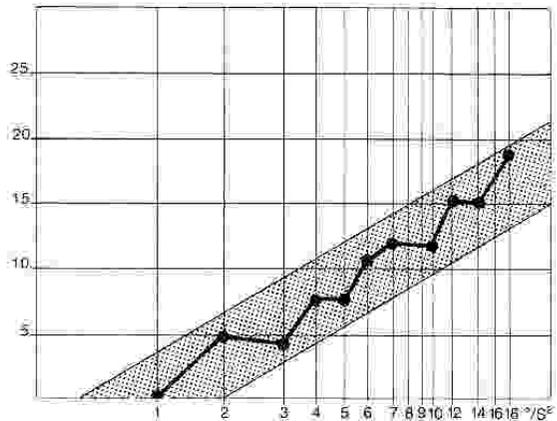


Figura 7 - Esempio di nistagmogramma di frequenza normale.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

ascisse è riportato il logaritmo dell'accelerazione massima, su quello delle ordinate il numero (o la VAFL) delle scosse per semiperiodo in modo da ottenere due nubi di punti, una relativa ai 15-20 nistagmi battenti a destra, l'altra a quelli battenti a sinistra. Tali nubi sarebbero suscettibili di regressione lineare significativa in modo da poter individuare due rette: la pendenza di ognuna darebbe una indicazione del guadagno del VOR e la relativa intercetta con l'asse delle ascisse la soglia del relativo nistagmo (normale $2-3^\circ/s^2$) ⁽²⁰⁾. Nel semiperiodo con accelerazione massima di $18^\circ/s^2$ i valori normali di frequenza della risposta nistagmica sono di circa 15-20 scosse, mentre la VAFL massima è di circa $25-20^\circ/s$.

La prova pendolare consente un approccio vestibolometrico di più semplice esecuzione e con tempi molto più ridotti rispetto ad una prova rotatoria classica. Inoltre la continua variazione di stimolazione (oraria ed antioraria) sui due labirinti crea una situazione che simula in modo abbastanza valido quello che accade nella vita normale a seguito dei movimenti naturali del capo. La valutazione della risposta è ottenuta dalla comparazione dei risultati di due stimolazioni eseguite alternativamente ma in modo indipendente e separate da un certo intervallo. Queste osservazioni ci inducono ad affermare che la stimolazione sinusoidale pendolare è la metodica più fisiologica per l'esplorazione funzionale del sistema vestibolare ⁽¹⁰⁾.

L'introduzione, relativamente recente, di sedie rotatorie dotate di dispositivi di controllo elettronico del movimento ha permesso di utilizzare frequenze di stimolazione più complesse ed anche più vicine al range di normale attività fisiologica del VOR. Le **prove sinusoidali** vengono eseguite in ambito clinico con frequenze comprese tra 0.005 e 0.2 Hz, dato che valori maggiori di stimolo (fino a 4 Hz) vengono utilizzati in ambito di ricerca sperimentale in quanto generalmente mal tollerati dal paziente. Sono state proposte delle stimolazioni monofrequenziali di ampiezza progressivamente crescente e decrescente, oppure stimolazioni armoniche multifrequenziali ^(19, 22, 40). La "sinusoidal harmonic acceleration" (SHA) ⁽²²⁾ è la tecnica rotoacceleratoria più utilizzata negli Usa. Prevede, per ogni senso di rotazione, 5 prove condotte a 0.01, 0.02, 0.04, 0.08 e 0.16 Hz ad una velocità massima di $50^\circ/s$, che può essere portata a $100^\circ/s$ nei casi di sospetta areflessia labirintica bilaterale. Vengono studiati la latenza, il guadagno, la fase e la simmetria delle risposte. In particolare lo sfasamento tra la curva dell'andamento della fase lenta e quella della velocità della sedia appare limitato alle frequenze più basse nelle patologie periferiche, mentre in quelle centrali sarebbe esteso a tutta la gamma delle frequenze ⁽³²⁾. Nel tentativo di confermare una diagnosi topografica, la SHA viene eseguita nel monitoraggio della patologia per verificare la simmetria delle risposte: nelle lesioni periferi-

Le prove rotatorie

che la latenza rimane costantemente alterata ma le risposte tendono a divenire simmetriche, mentre nel caso di una lesione centrale anche l'asimmetria viene mantenuta ⁽³¹⁾.

L'attività del VOR si integra con i riflessi visuo-oculomotori che assicurano autonomamente la fissazione dello sguardo sulla mira a testa fissa. In condizioni dinamiche, a livello dei nuclei vestibolari i riflessi oculomotori sia a partenza visiva sia a partenza vestibolare vengono coordinati, facendo prevalere quelli a maggior efficacia. Tale fenomeno è definito come "guadagno funzionale visuo-vestibolare". I riflessi visuo-oculomotori prevalgono se il movimento della testa avviene a bassa frequenza, al contrario, il VOR è dominante durante i movimenti a frequenza uguale o maggiore di 1Hz. Nell'ambito delle frequenze cui viene abitualmente testato il VOR in ambito clinico (<1-2 Hz), il guadagno del VOR è inferiore ad 1 e per questo è necessario l'intervento di meccanismi di controllo visuo-motore coordinati e sinergici al fine di mantenere la stabilizzazione dello sguardo. Per questi motivi, nel sospetto di una lesione vestibolare centrale, un grande interesse deve essere posto allo studio delle interazioni visuo-vestibolari (VVOR) specialmente valutando l'influenza della fissazione visiva sul VOR. Il soggetto normale riesce ad inibire il VOR durante la prova in condizioni di fissazione visiva, quindi con un valore di guadagno uguale a 0; la persistenza del VOR con valori superiori a 0 di guadagno, indica l'esistenza di una lesione vestibolare centrale avendo quindi un chiaro significato patologico, contribuendo, assieme allo studio degli altri parametri, ad una ulteriore definizione delle sede e dell'entità del danno ^(25, 26, 33, 34). Durante una stimolazione sinusoidale o nel corso di una prova pendolare, si chiede al soggetto esaminato di fissare una mira solida con la sedia e posta a circa 30-50 cm dagli occhi: in tal modo si valuta il grado di inibizione indotto sul nistagmo vestibolare. Per frequenze di stimolazione pari a 0.05 Hz, come nella prova pendolare, il grado di inibizione è di almeno il 90% ⁽²⁾.

Tuttavia esiste anche la possibilità di verificare la presenza di un'azione sinergica tra VOR e sistema visuo-oculomotore: nel corso di una stimolazione sinusoidale eseguita ad occhi aperti nell'oscurità, si può realizzare un potenziamento del guadagno del VOR da parte del nistagmo ottico-cinetico semplicemente con l'accensione della luce (riflesso visuo-vestibolo-oculomotore) ⁽²⁾.

Oltre ai test rotoacceleratori descritti, sono riportate in letteratura altre metodiche di impiego clinico ancora ridotto, ma particolarmente interessanti in prospettiva futura.

La **PRBS** (Pseudorandom Binary Sequence white noise) testa la risposta nistagmica facendo variare la gamma delle frequenze di stimolazione nell'ambito della stessa prova ⁽³⁸⁾. Lo spettro frequenziale di stimolazione è com-

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

preso tra gli 0,02Hz ed i 2Hz. L'ampiezza delle stimolazioni è approssimativamente costante. Si eseguono rotazioni casuali, continue ed imprevedibili con brusche inversioni dell'accelerazione angolare (da valori positivi a valori negativi) intervallate da periodi di accelerazione costante. Il VOR viene così studiato in un campo di frequenze sufficientemente esteso in maniera rapida. L'assenza di pattern ripetitivi di stimolazione previene i fenomeni di adattamento.

Il VAT (Vestibular Autorotation Test) utilizza come stimolo le oscillazioni attive della testa del soggetto ^(12, 28). Tali movimenti generano frequenze di oscillazione comprese tra i 2 ed i 6Hz, sia sul piano orizzontale che su quello verticale. Con tale metodica è anche possibile procedere ad una analisi del VOR sul piano verticale. La frequenza del movimento viene determinata da un messaggio acustico ed il soggetto deve fissare una mira luminosa stazionaria nello spazio oppure immaginarla al buio, oppure ruotare il capo senza alcuna mira, ad occhi aperti al buio. Gli attuali strumenti per il VAT consentono di misurare il guadagno, la fase e la simmetria delle risposte. Il VAT è indubbiamente un test molto fisiologico, di rapida esecuzione, basso costo e ben tollerato dal paziente, ma il suo vero limite è rappresentato dalla riproducibilità dell'esame in quanto risulta estremamente difficile eseguire lo stesso tipo di movimento anche in soggetti allenati allo scopo ⁽¹⁷⁾. Un altro motivo di discussione potrebbe essere rappresentato dall'attivazione, con questo tipo di movimenti, del riflesso cervico-oculomotore (COR) che indurrebbe un potenziamento del VOR. Sebbene il guadagno del COR nel soggetto normale sia piuttosto basso ⁽³⁵⁾ è noto che in caso di vestibolopatie periferica bilaterale la sua funzionalità può essere fortemente incrementata ⁽⁶⁾; questa osservazione, visto il ruolo delle prove rotatorie nell'accertamento di questa patologia, ci spinge a non trascurare la necessità di ulteriori studi che consentano di validare l'esecuzione delle prove di autorotazione in soggetti con sospetta labirintopatia periferica bilaterale ⁽¹¹⁾. Le tecniche VAT, nonostante che siano state utilizzate in pazienti con malattia di Menière ⁽²⁸⁾, neurinoma dell'acustico ⁽²⁹⁾, non hanno permesso di identificare la presenza di un'ipofunzione vestibolare e quindi presenta una sensibilità nettamente inferiore al test calorico ⁽⁵⁾. Probabilmente alcuni bedside test quali l'Head Shaking o l'Head Thrust hanno a tale scopo una significatività maggiore. Anche per lo studio del deficit bilaterale non ci sono evidenze cliniche su un numero significativo di pazienti che permettano di considerare il VAT un test sensibile per questa diagnosi ⁽¹¹⁾. Per questi motivi il VAT non viene considerato dall'American Academy of Neurology come una tecnica accettabile ed appropriata nella pratica clinica.

Estremamente più complesso (attualmente confinato a centri di ricerca speri-

Le prove rotatorie

mentale) è lo studio della funzionalità del VOR a seguito di stimoli di accelerazione lineare. Questa tipologia di VOR (definita linear-VOR) risulterebbe però estremamente importante nello studio utricolo-sacculare che sempre più sembra possedere un ruolo rilevante nella clinica e nella diagnostica delle vestibolopatie. Allo stato attuale sono stati messi a punto per l'esplorazione della funzione otolitica movimenti tipo "barbecue" (rotazione attorno all'asse orizzontale parallelo alla terra) o con l'inclinazione dell'asse di rotazione in rapporto alla gravità (off-vertical axis rotation) (8, 39).

CONCLUSIONI

In ambito neurofisiopatologico, l'impiego delle prove roto-acceleratorie ha permesso uno studio estremamente approfondito delle caratteristiche statiche e dinamiche del VOR in quanto esse consentono di sollecitare il VOR in condizioni perfettamente fisiologiche, controllabili con precisione e ripetibili.

Nella pratica clinica, tuttavia, le prove rotatorie hanno avuto una diffusione molto più limitata rispetto alle prove caloriche, nonostante che queste ultime sfruttino uno stimolo non fisiologico. Queste ultime rappresentano un test più semplice e più economico e nonostante che forniscano informazioni grossolane e limitate alla sola verifica della simmetria del sistema, rivestono un significato diagnostico pratico di fondamentale importanza che spesso non può essere ricavato agevolmente anche utilizzando prove rotatorie estremamente sofisticate. Le prove roto-acceleratorie necessariamente stimolano entrambi i labirinti e pertanto non ci consentono di definire il grado di riflettività del singolo labirinto impedendo quindi di svelare l'esistenza di un danno periferico unilaterale in fase di compenso, pur fornendo informazioni circa l'eventuale presenza di una preponderanza direzionale e valutando in modo ottimale e significativo la riflettività globale del sistema (4). In effetti, nei casi di vestibolopatie periferiche bilaterali le prove rotatorie (in particolare quelle eseguite con bassa frequenza di stimolazione, 0.05 Hz) appaiono indispensabili per la conferma del deficit potendo testare il sistema a frequenze certamente superiori a quelle indotte dal test calorico (13). La riduzione della risposta calorica bilaterale non significa necessariamente che la funzione vestibolare sia deficitaria e solo attraverso l'esecuzione di un test roto-acceleratorio possiamo ottenere la conferma dell'effettivo deficit vestibolare bilaterale (7). L'esatta quantificazione della riduzione della risposta bilaterale può essere utile nella programmazione del trattamento riabilitativo che sarà quindi centrato sul tentativo di incrementare la residua funzione labirintica piuttosto che sulla sostituzione neurosensoriale con input visivi o

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

propriocettivi ⁽¹⁷⁾. Per questi motivi l'American Academy of Neurology ⁽¹¹⁾ considera le prove rotatorie come il "gold standard" per lo studio del deficit labirintico bilaterale.

D'altro canto la maggiore informazione intrinseca contenuta nelle risposte a stimoli roto-acceleratori, richiede una laboriosa analisi elettro-nistagmografica. Quest'ultimo limite è stato da tempo superato con l'introduzione di metodiche di analisi computerizzata del nistagmo tanto che l'analisi delle risposte e la valutazione di parametri quantitativi è stata sfruttata al fine di verificare in modo più dettagliato il comportamento del VOR nella patologia vestibolare centrale. Ad esempio in soggetti affetti da lesioni vestibolari centrali ed in particolare lesioni vestibolo-cerebellari di natura degenerativa, è stato spesso osservato una significativa modificazione vestibolare del guadagno del VOR, riferito a probabile alterazione degli stimoli tonici inibitori flocculo-vestibolari, alcune volte in senso iper-reattivo altre volte in senso ipo-reattivo ^(4, 36). Questi risultati hanno un sicuro significato patologico, ma, specialmente nella quantificazione dei valori del guadagno, dobbiamo tener presente il ruolo dello stato di attenzione del soggetto e l'insorgenza di fenomeni di abitudine che possono indurre una significativa riduzione.

Le prove rotatorie rappresentano indubbiamente la migliore metodica per la valutazione qualitativa del nistagmo provocato e la presenza di aspetti disritmici al tracciato ENG di un test es. pendolare assume un significato patologico certamente maggiore rispetto ad analoghe anomalie indotte da uno stimolo calorico. Le prove di tipo sinusoidale, così come la prova pendolare, permettono, sicuramente meglio degli stimoli impulsivi, di evidenziare la presenza di una disorganizzazione del pattern nistagmico che nel paziente con lesioni centrali può assumere diversi aspetti patologici che vanno sotto il nome di "disritmia" (Figura 8). Queste alterazioni della morfologia e del ritmo nistagmico possono essere variamente associate tra loro e, quando ben evidenti e riproducibili, possono essere considerate espressione di una generica sofferenza dei centri di generazione del nistagmo, in particolare della reticolare pontina rivestendo quindi un chiaro significato patologico ⁽⁹⁾.

In conclusione possiamo affermare che le prove roto-acceleratorie rappresentano attualmente l'unica vera modalità fisiologica di stimolazione del sistema vestibolare. Attualmente vi è la tendenza a privilegiare, nel corso dell'indagine otoneurologica, le prove a basso grado di tecnologia. Quest'importante aspetto della diagnosi vestibolare porterebbe a concludere che esista sostanzialmente una limitata pregnanza diagnostica offerta dalle stimolazioni roto-acceleratorie strumentali tale da non giustificarne un ampio uso clinico. Queste ultime risulterebbero però sempre di fondamentale importanza quando non è possibile eseguire un test calorico (ad esempio in tutti i casi di patologia flogistica acuta e cronica

Le prove rotatorie

dell'orecchio medio), per lo studio longitudinale dell'evoluzione della patologia, dei fenomeni di compenso e dei risultati di trattamenti medici o chirurgici, in virtù della migliore riproducibilità e per la possibilità di ottenere una descrizione sufficientemente accurata e significativa delle risposte.

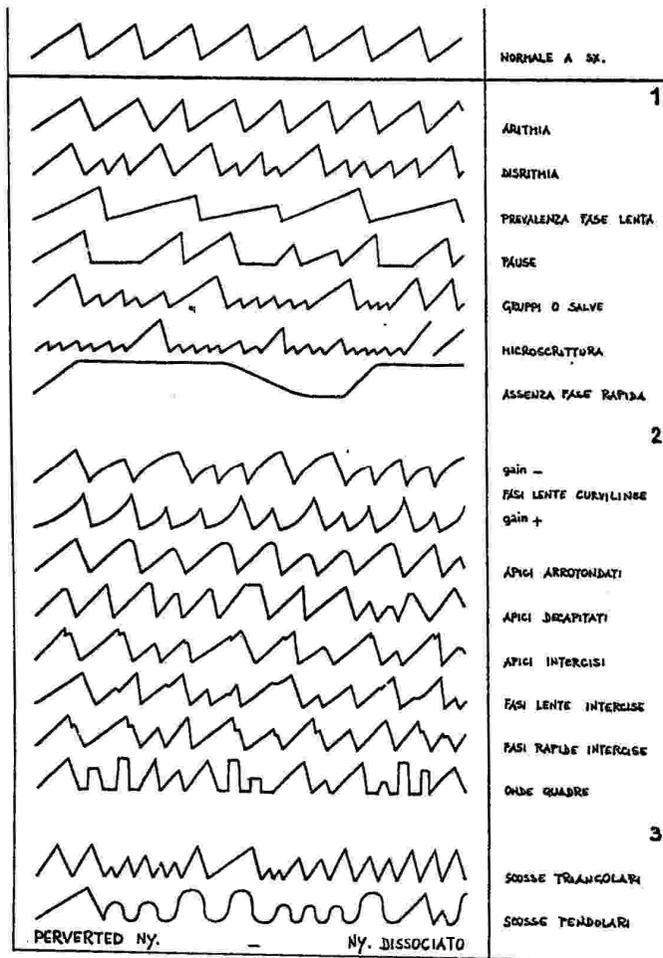


Figura 8 - Anomalie qualitative del nistagmo rotoacceleratorio.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Bibliografia

1. ARSLAN M.: *On the renewing of the methodology for stimulation of the vestibular apparatus*. Acta Otolaryngol., Suppl. 122, 1955
2. BALOH R.W., YEE R.D., JENKINS H.A., HONRUBIA V.: *Quantitative assessment of Visual-Vestibular interaction using sinusoidal rotatory stimuli*. In: Nystagmus and vertigo: clinical approach to the patient with dizziness. Academic Press, Orlando, 1982.
3. BALOH R.W., HONRUBIA V., YEE R.D., HESS K.: *Changes in human vestibulo-ocular reflex after loss of peripheral sensitivity*. Ann. Neurol., 16, 222-226, 1984
4. BALOH R.W., HONRUBIA V.: *Clinical neurophysiology of the vestibular system*. 2nd Edition. F.A. Davis Co., Philadelphia, 1990.
5. BLATT P.J., HERDMAN S.J., TUSA R.J.: *Sensitivity and specificity of the vestibular auto-rotation test*. Neurology, 52, Suppl 2, 1999.
6. BRONSTEIN A.M., MOSSMAN S., LUXON L.M.: *The neck-eye reflex in patients with reduced vestibular and optokinetic function*. Brain, 114, 1-11, 1991.
7. CASANI A., GHILARDI P.L., FATTORI B., PARDINI L., RAFFI G., PIRAGINE F.: *Assessment of vestibular and postural testing in patients with bilateral vestibular paresis*. In: Motta G. (ed) The new frontiers of Otorhinolaryngology in Europe. Monduzzi Ed., Bologna, 1992.
8. CONRAUX C.: *Les épreuves rotatoires*. In : Troubles de l'équilibre et vertiges. Societé Francaise d'ORL et Patologie Cervico-Facciale Ed., Paris, 1997.
9. DUFOUR A., PONZI S.: *Fisiopatologia del ritmo del nistagmo*. Atti VI Giornata Italiana di Nistagmografia Clinica, Formenti Ed., Milano, 1986.
10. DUFOUR A, MIRA E. PIGNATARO O.: *Otoneurologia Clinica*. Centro Ricerche e Studi Amplifon, Milano, 1993.
11. FIFE T.D., TUSAR.J., FURMAN J.M., ZEE D.S., FROHMAN E., BALOH R.W., HAIN T., GOEBEL J., DEMER J., EVIATAR L.: *Assessment: vestibular testing techniques in adults and children. Report of the therapeutics and technology assessment subcommittee of the American Academy of Neurology*. Neurology, 55, 1431-1441, 2000.
12. FINEBERG R., O'LEARY D.P., DAVIS L.L.: *Use of active head movement for computerized vestibular testing*. Arch. Otolaryngol., 113, 1063-1065, 1994.
13. FURMAN J.M., KAMERER D.B.: *Rotational responses in patients with bilateral caloric reduction*. Acta Otolaryngol., 108, 355-361, 1989.
14. GHILARDI P.L., GUGLIELMINO S., CASANI A.: *La prova pendolare*. Atti III Giornata Italiana di Nistagmografia Clinica , Formenti Ed., Milano, 1985.
15. GHILARDI P.L., GUGLIELMINO S., CASANI A.: *Vestibolometria mediante impulsi di accelerazione*. In: Piragine F. et al. (eds.) La vestibolometria – Le disfonie di interesse foniatrico. Verduci Ed., Roma, 1987.
16. GREINER G.F., CONRAUX C., MENGUS M., GROSSMAN M., PICART P.: *La nistagmographie dans l'épreuve rotatoire de type pendulaire. Appareillage, technique et possibilité*. Ann. Oto-Laryngol., 79, 129-145, 1962

Le prove rotatorie

17. GUIDETTI G.: *Diagnosi e terapia dei disturbi dell'equilibrio*. Marrapese Ed., Roma, 1997.
18. JACOBSON G.P., NEWMAN C.W., KARTUSH J.M.: *Handbook of balance function testing*. Mosby Year Book, St Louis, 1993.
19. JENKINS H.A.: *Rotatory Testing*. In: Hart C.W. (ed.) *Manual of electronystagmography*. AAO-HNS Ed., Washington, 1987.
20. KAPHAN G., HENIN J., FONDARAI J., CHAU HUU D., NICOLAI-HARTER H.: *Application a l'homme normal et pathologique d'une relation liant la frèquence des secous - ses nystagmiques et l'accèlèration au cours des stimulations rotatoires à accèlèration sinu - soïdale*. Acta ORL Belg., 24, 746-758, 1970.
21. MAIRE M., VAN MELLE G.: *Dynamic asymmetry of the vestibulo-ocular reflex in unilate - ral peripheral vestibular and cochleo-vestibular loss*. Laryngoscope, 110, 256-263, 2000.
22. MATHOG R.H. *Sinusoidal harmonic acceleration*. Ann. Otol. Rhinol. Laryngol., Suppl. 86, 10-14, 1981.
23. MATHOG R.H.: *Testing of the vestibular system by sinusoidal angular acceleration*. Acta Otolaryngol., 74, 96-103, 1972.
24. MIRAE., BUIZZAA., CASTELNUOVO P., MEVIO E., LIVERANI F.: *Le prove vestibola - ri rotatorie. Rassegna critica*. In: Piragine F. et al. (eds.) *La vestibolometria - Le disfonie di interesse foniatrico*. Verduci Ed., Roma, 1987.
25. MIRAE., BUIZZAA., MANFRIN M., POLETTI A.: *Le prove vestibolari rotatorie: revisio - ne critica*. Atti X Giornata Italiana di Nistagmografia Clinica, Formenti Ed., Milano, 1990.
26. MIRAE., MANFRIN M.: *Sensibilità e specificità dei nistagmi strumentali*. Atti XIVGiornata Italiana di Nistagmografia Clinica, Formenti Ed., Milano, 1994.
27. MONTANDON A.: *A new technique for vestibular examination*. Acta Oto-Laryngol. 44, 594-596, 1954.
28. O'LEARY D.P., DAVIS L.L.: *Vestibular autorotation testing of Meniere's disease*. Otolaryngol Head Neck Surg., 103, 66-71, 1990.
29. O'LEARY D.P., DAVIS L.L., MACERI D.R.: *Vestibular autorotation test asymmetry analy - sis of acoustic neuromas*. Otolaryngol Head Neck Surg., 104, 103-109, 1991.
30. PIGNATARO O., FELISATI G., MERLO E.: *Semeiotica otoneurologica: le prove rotoacce - leratorie*. Atti XVII Giornata Italiana di Nistagmografia Clinica, Formenti Ed., Milano, 1997.
31. PROBST R., AOYAGI M., PFALTZ C.R.: *Diagnosis of peripheral and central lesions by the harmonic acceleration test*. Adv. Otorhinolaryngol., 30, 159-171, 1983.
32. RUBIN W. The SHAtest in vestibular diagnosis. Laryngoscope, 91, 1702-1704, 1981.
33. SALAMI A., FILIPPI P., JANKOWSKAB.: *Il comportamento del nistagmo otticocinetico e del nistagmo da interazione ottico-vestibolare nella patologia degenerativa della fossa poste - riore*. Atti VIII Giornata Italiana di Nistagmagrafia Clinica, Formenti Ed., Milano, 1988.
34. SALAMI A., MEDICINAM.C., DELLEPIANE M.: *Optokinetic nystagmus and visuo-vesti - bular interaction in whiplash injury*. In: Cesarani A. et al. (eds.) *Whiplash Injury. Diagnosis and treatment*. Springer-Verlag, Milano, 1996.
35. SAWYER R.N., THURSTON S.E., BECKER K.R., ACKLEYC.V., SEIDMAN S.H., LEIGH R.J.: *The cervico-ocular reflex of normal human subjects in response to transient and sinu - soïdal trunk rotation*. J. Vest. Res., 4, 245-249, 1994.

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

36. THURSTON S.F., LEIGH R.R., ABEL L.A., DELL'OSSO L.F.: *Hyperactive vestibulo-ocular reflex in cerebellar degeneration*. Neurology, 37, 53-59, 1987.
37. VAN EGMOND A.: *Cupulometrie*. Pratica ORL 17,206-213, 1955
38. WALL C.W., BLACK F.O., O'LEARY D.P.: *Clinical use of pseudorandom binary sequence white noise in assessment of the human vestibulo-ocular system*. Ann. Otol. Rhinol. Laryngol., 87, 845-852, 1978.
39. WIENER-VACHER S.: *Clinical application of the Off Vertical Axis Rotation Test*. Adv. Otorhinolaryngol., 58, 88-97, 2001.
40. WOLFE J.W., ENGELKEN E.J., KOS C.M.: *Low-frequency harmonic acceleration as a test of labyrinthine function: basic methods and illustrative cases*. Trans Am. Acad. Ophthalmol. Otolaryngol., 86, 130-142, 1978.

ELETTRONISTAGMOGRAFIA (ENG)

Giovanni Felisati, Paolo Lozza, Oreste Pignataro

Lo studio del **Riflesso Vestibolo-Oculomotorio (VOR)** e, più in generale, dei movimenti oculari, rappresenta una delle tappe essenziali dell'inquadramento clinico del soggetto con disturbi dell'equilibrio. Negli ultimi 20 anni si è assistito ad un aumento di attenzione verso le tecniche diagnostiche non strumentali. E' peraltro indiscutibile che la possibilità di evidenziare in modo obiettivo il movimento oculare e di ottenere una quantificazione delle variabili di interesse consente un miglioramento delle capacità diagnostiche, ha valore didattico, e permette un confronto longitudinale dei dati.

L'**elettrooculografia (EOG)** è una delle metodiche più semplici per la registrazione dei movimenti oculari. L'EOG, fin dalle sue prime applicazioni, è stata prevalentemente utilizzata per studiare la funzione vestibolare, e da qui viene l'intercambiabilità del termine con quello più comunemente usato di **elettronistagmografia (ENG)**.

La trattazione della registrazione elettronistagmografica può apparire oggi superflua e datata. L'ENG, infatti, è stata la prima metodica obiettiva realizzata per la valutazione del VOR. Essa ha consentito di compiere grandi passi nell'esplorazione scientifica della fisio-patologia del VOR, del sistema vestibolare e, più in generale, del sistema dell'equilibrio. Oggi tutti i cultori dell'otoneurologia conoscono le basi pratiche dell'ENG e, frequentemente, nei manuali, essa viene data per scontata o la sua trattazione si limita a brevi cenni. Si può concordare con Campanini e Vicini nell'affermare che: "Negli anni '90 poco si è parlato di ENG ed il dibattito scientifico è stato monopolizzato dalle nuove metodiche strumentali quali la VideoOculoGrafia all'Infrarosso ed i sistemi posturografici statici e dinamici" ⁽⁴⁾.

Resta il fatto che ancora oggi l'ENG rappresenta la metodica fondamentale per lo studio e la valutazione clinica del VOR. Un'indagine condotta, per il 2001 e 2002, su una banca dati largamente utilizzata (Pubmed), ha permesso di individuare (a luglio 2002) 77 voci bibliografiche all'interrogazione "electronystagmography" e solo 20 cumulando i termini "videoculography", "video-oculo-

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

graphy” e “videonystagmography”. Si evidenzia, in tal modo, come l’ENG resti la metodica fondamentale anche in ambito scientifico per riportare le valutazioni cliniche sul VOR.

L’ENG è una tecnica relativamente semplice, precisa, rapida ed ampiamente collaudata, con vantaggi e limiti ben conosciuti, che richiede attrezzature di costo limitato. La video-oculografia può rappresentarne una valida alternativa, ma deve ancora superare alcune problematiche tecniche, economiche, di diffusione e collaudo. Per tutti questi motivi l’ENG deve ancora oggi essere considerata la metodica di base per lo studio del VOR e la sua conoscenza rappresenta, a nostro avviso, un caposaldo del “know how” otoneurologico. Una trattazione di quest’argomento all’interno di un manuale di vestibologia clinica è, pertanto, assolutamente necessaria ed estremamente utile per chiunque compia i primi passi nell’apprendistato dell’otoneurologia.

L’argomento verrà esposto in modo eminentemente pratico, in rispetto alle caratteristiche generali di questo manuale, secondo il seguente ordine:

- 1) Premesse sul dipolo corneo-retinico
- 2) Prelievo del segnale: gli elettrodi (caratteristiche e loro posizionamento)
- 3) Amplificazione del segnale (alternata/continua, canali di acquisizione)
- 4) Convenzioni di registrazione
- 5) Modalità di analisi
- 6) Vantaggi
- 7) Limiti
- 8) Conclusioni

Premesse sul dipolo corneo-retinico

La possibilità di effettuare una registrazione ENG si basa sull’esistenza di un campo elettrico orbitario e peri-orbitario determinato da una differenza di potenziale elettrico (dipolo) fra la retina, polo negativo e la cornea, polo positivo. Questo dipolo, realizzato dall’attività retinica, che è caratterizzata da un trasporto ionico attivo, modifica il suo asse nello spazio in relazione ai movimenti oculari. Se ne ricava che elettrodi posti all’interno del campo elettrico potranno registrare le modificazioni del campo elettrico stesso indotte dai movimenti oculari. In sostanza una coppia di elettrodi, posti casualmente all’interno del campo elettrico, registrerà costantemente un certo potenziale di riposo ed evidenzierà il movimento oculare mediante la relativa positivizzazione dell’elettrodo rivolto verso la cornea in avvicinamento, e la relativa negativizzazione dell’elettrodo

Elettronistagmografia (ENG)

rivolto verso la retina in avvicinamento. Per amplificare al massimo quest'effetto, gli elettrodi dovranno essere posti in posizioni ben precise in funzione del tipo di movimento oculare che si vuole enfatizzare ^(6,7).

Dato che l'ampiezza del potenziale registrato subisce forti variazioni al variare del soggetto esaminato, della posizione degli elettrodi, del tipo di movimento oculare, e tende a modificarsi a parità delle condizioni pregresse, in rapporto alle condizioni di luminosità ambientale, affaticamento e stress del soggetto esaminato, è di fondamentale importanza una precisa **calibrazione** del sistema che deve essere periodicamente ripetuta.

Prelievo del segnale: gli elettrodi

L'ENG utilizza elettrodi cutanei di superficie, generalmente a coppetta, reallizzati in numerosi materiali (argento clorurato, oro, ecc.) e fissati alla cute mediante cerotti o anelli adesivi.

La corretta applicazione degli elettrodi è il primo passaggio fondamentale per ottenere un segnale "pulito" (ad alto rapporto segnale/rumore), che consenta l'invio all'amplificatore di un dato stabile che identifichi con precisione il movimento oculare. Il trasferimento di una differenza di potenziale elettrico subisce un inevitabile ostacolo al passaggio dalla cute all'elettrodo. Tale ostacolo viene espresso e misurato con una variabile definita **impedenza**. Per ridurre l'impedenza, che non dovrebbe mai superare i 5000 Ohm, è necessaria un'accurata pulizia cutanea con sostanze sgrassanti (alcool, etere, paste abrasive, ecc.) ed il riempimento della coppetta dell'elettrodo con una pasta elettroconduttrice adeguata.

Il secondo passaggio fondamentale per una buona registrazione ENG è costituito dalla scelta del numero e della posizione degli elettrodi da applicare.

Per ogni tipo di movimento oculare che si voglia registrare è necessaria l'applicazione di una coppia di elettrodi posti in punti diametralmente opposti rispetto al dipolo corneo-retinico, oltre ad un elettrodo comune indifferente di riferimento, abitualmente posto sulla fronte.

Per la rilevazione dei **movimenti oculari sul piano orizzontale** è necessario applicare gli elettrodi ai canti oculari laterali e mediali, all'altezza della pupilla. Abitualmente, per ragioni di praticità, ci si limita ad applicare un'unica derivazione bitemporale (coppia di elettrodi ai due canti laterali) previo controllo diretto che non sussistano movimenti oculari dissociati dei due occhi (fig.1). Oltre a risparmiare una derivazione ed un canale di acquisizione, in tal modo si aumenta l'ampiezza del segnale rilevato (che in una certa misura somma i valori dei due dipoli corneo-retinici), migliorandone il rapporto segnale/rumore.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

La rilevazione dei movimenti sul piano orizzontale è assolutamente indispensabile per l'inquadramento otoneurologico, ma è utile associare anche la rilevazione dei **movimenti oculari sul piano verticale**. A tal fine si deve scegliere su quale occhio eseguire la registrazione, ed applicare una coppia di elettrodi attivi sopra il sopracciglio ed al centro del contorno orbitario inferiore, allineati con la pupilla quando l'occhio è in posizione neutra (fig.1). E' utile ricordare che i movimenti oculari verticali si associano a movimenti consensuali delle palpebre, che generano un aumento del rumore elettrico di fondo legato all'attività muscolare correlata.

Molteplici effetti contribuiscono ad innalzare il rumore di fondo, e fra questi vanno ricordati l'aumento di impedenza dell'accoppiamento cute/elettrodi (frequentemente legato ad una profusa sudorazione del soggetto esaminato), la frequente polarizzazione degli elettrodi, l'inevitabile ossidazione degli elettrodi stessi, la carente schermatura delle apparecchiature, con ingresso della corrente alternata di rete a 50 Hz, i movimenti di chiusura palpebrale (che si evidenziano sulle derivazioni verticali). Tutti questi artefatti possono, in alcuni casi, rendere parzialmente o del tutto illeggibile il segnale di riferimento, determinando difficoltà interpretative dei movimenti oculari osservati. In tutti i casi dubbi s'impone un controllo dei fattori di disturbo (impedenza, polarizzazione, ecc.) ed un invito al soggetto esaminato a rilassarsi (per ridurre gli artefatti muscolari) ed a evitare, per quanto possibile, gli sbattimenti palpebrali.

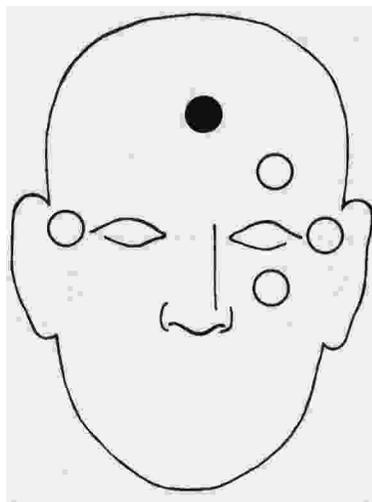


Fig. 1. - Applicazione "standard" degli elettrodi: derivazione bitemporale per i movimenti oculari orizzontali e derivazione verticale (per l'occhio sinistro); in nero l'elettrodo di riferimento alla fronte.

Amplificazione del segnale

Il valore della differenza di potenziale rilevata dagli elettrodi di superficie è molto basso e, come abbiamo visto, sono spesso presenti numerosi fattori che contribuiscono a ridurre il rapporto segnale/rumore. In queste condizioni l'amplificazione del segnale ed un suo eventuale filtraggio dal rumore rappresentano dei passaggi tecnici fondamentali.

L'amplificazione può essere eseguita in corrente continua o in corrente alternata.

Gli amplificatori in **corrente continua** non producono modificazioni del segnale in ingresso, amplificandolo in modo continuo e riproducendolo, in tal modo, fedelmente.

Anche i movimenti oculari di bassa frequenza (pursuit, fase lenta del nistagmo) vengono pertanto trasmessi fedelmente, consentendone una precisa quantificazione. I difetti dell'amplificazione in corrente continua sono rappresentati dall'inevitabile amplificazione anche di molti artefatti, tipicamente di bassa frequenza, come quelli creati dalla polarizzazione degli elettrodi. Un problema specifico dell'amplificazione in corrente continua è costituito dalla deriva ovvero dallo slittamento dell'isoelettrica. I moderni amplificatori includono meccanismi di controllo che riducono l'effetto dei vari artefatti.

Gli amplificatori in **corrente alternata** tendono a modificare un segnale continuo, riportandolo all'isoelettrica in un tempo che è funzione della costante di tempo del sistema di amplificazione stesso. In tal modo si elidono i problemi di deriva e di polarizzazione degli elettrodi. Quanto più la costante di tempo è breve, tanto maggiori saranno però le modificazioni determinate sul segnale di ingresso che tenderanno a colpire soprattutto i fenomeni di bassa frequenza (fase lenta del nistagmo, movimenti oculari di inseguimento lento). In pratica l'amplificatore in corrente alternata, nel riprodurre una scossa nistagmica, ne amplifica fedelmente la fase rapida, ma tende subito dopo a riportarsi sull'isoelettrica, modificando il tipico segmento retto obliquo della fase lenta della scossa in una curva con "pancia" verso la linea di base (fig.2). Un altro modo di considerare lo stesso fenomeno è ricordare che la costante di tempo è funzione inversa della frequenza di taglio del filtro passa-alto dell'amplificatore. Il filtro passa-alto agisce riportando il tracciato sulla isoelettrica e annullando quindi i fenomeni elettrici di bassa frequenza (lenti). Se la costante di tempo è molto rapida (filtro passa-alto posto a valori alti di frequenza) il valore della differenza di potenziale rilevato sarà riportato allo zero ancor prima della fine della fase lenta del nistagmo, mentre per una costante di tempo elevata verranno a ripresentarsi i problemi osservati con l'amplificazione in corrente continua. Il filtraggio del rumore (abi-

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

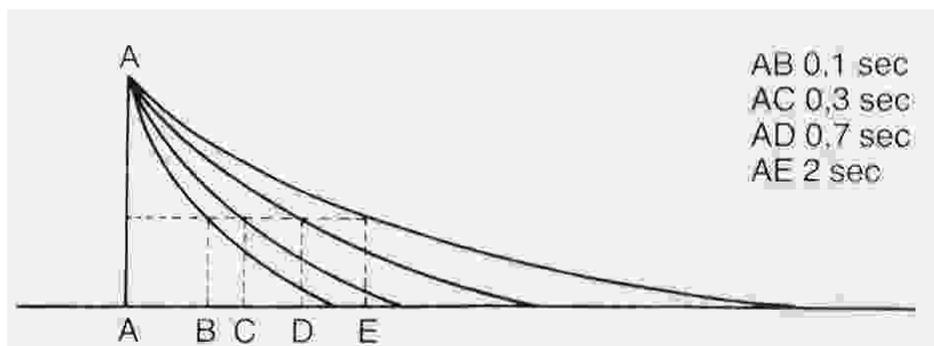


Fig. 2 - Amplificazione in corrente alternata: modificazioni della fase lenta di una scossa nistagmica in funzione del valore della costante di tempo.

tualmente in bassa frequenza) con un filtro passa-alto è una pratica abituale nella registrazione di potenziali elettrici di alta frequenza come l'elettrocardiogramma o l'elettroencefalogramma; molta prudenza, con l'adozione di bassi valori di taglio del filtro passa-alto, deve invece essere adottata in ENG, laddove molti dei fenomeni oggetto di studio risiedono nelle stesse frequenze degli artefatti. Se il filtro passa-alto non è attivo questo equivale a dire che l'amplificazione è in corrente continua. Meno critica è l'adozione di un filtro passa-basso, la cui maggior utilità risiede nel taglio della frequenza di rete a 50 Hz.

Il problema è noto da molto tempo e già nel 1970 ⁽¹¹⁾ uno studio comparativo condotto su oltre 2000 tracciati elettronistagmografici alternativamente realizzati in corrente continua e alternata aveva dimostrato come l'utilizzo di un valore di costante di tempo relativamente alto (rispetto a quello allora in uso pari a 0,3 sec) consentisse di rendere pressoché sovrapponibile, ai fini clinici, il tracciato in corrente alternata a quello ottenibile, con notevole difficoltà, con la registrazione in corrente continua. Questo era reso possibile dall'impiego di preamplificatori con costante di tempo di 1,5 secondi e dall'utilizzo di elettrodi miniaturizzati Beckman, allora d'avanguardia, che ovviavano al fenomeno di polarizzazione e consentivano di mantenere minimo il voltaggio Offset permettendo valori di impedenza elettrodo/pelle nell'ordine di 300 Ohm, tali cioè da assicurare una bassa suscettibilità al rumore e quindi un'ottima stabilità di registrazione anche in corrente continua.

La possibilità di usufruire oggi di sistemi perfezionati di registrazione, quali i moderni analizzatori digitali, permette di utilizzare filtri digitali, più efficaci e selettivi, che consentono una precisa quantificazione dei movimenti oculari sia di alta sia di bassa frequenza; in caso contrario, e soprattutto in assenza

Elettronistagmografia (ENG)

di adeguata schermatura delle apparecchiature, si adatterà un'amplificazione in corrente alternata, con costante di tempo idealmente uguale o superiore a 3 s.

Come già segnalato, una corretta registrazione dei movimenti oculari prevede l'utilizzo di molteplici **derivazioni**: almeno una per i movimenti orizzontali ed una per i movimenti verticali. Nel caso di movimenti oculari dissociati fra i due occhi sono necessarie un maggior numero di derivazioni (fino a 4) per analizzare isolatamente ogni tipo di movimento in ogni occhio. Avendo a disposizione molti canali di acquisizione è anche possibile sdoppiare il segnale di ingresso da una derivazione (ad esempio bitemporale) ed amplificarlo su un canale in corrente continua e su un altro in alternata.

Convenzioni di registrazione (Taratura, sistema scrivente)

La convenzione di Ginevra ha uniformato le modalità di trascrizione dei tracciati ENG, imponendo che i movimenti oculari verso destra e verso l'alto siano riportati come deflessioni verso l'alto, ed i movimenti verso sinistra e verso il basso come deflessioni verso il basso.

Gli elettronistagmografi analogici trascrivono su carta millimetrata (al fine di consentire delle valutazioni quantitative) il segnale amplificato. Una premessa fondamentale alla registrazione ENG è la taratura (o calibrazione) del sistema. È necessario regolare il guadagno dell'amplificatore, in modo da ottenere una determinazione precisa della deflessione su carta millimetrata per un valore preciso dell'angolo di movimento che l'occhio effettua. In pratica si fanno eseguire delle saccadi di diversa ampiezza (10° , 20°) con movimenti oculari sia orizzontali sia verticali e si regola il guadagno dell'amplificatore, per ogni canale, in modo da ottenere una deflessione di 1 mm in corrispondenza del movimento oculare di 1° . Si deve ricordare che il campo elettrico periorbitario è disomogeneo e che esiste una correlazione relativamente lineare fra valore della differenza di potenziale registrata e movimento oculare per i soli movimenti orizzontali e per i soli valori assoluti inferiori ai 15° - 20° ^(1,9). Questo significa che sopra tali angoli di movimento, pur avendo eseguito una corretta taratura, non esisterà più un preciso rapporto fra deflessione registrata su carta, (ad esempio di 33 mm), con l'angolo di rotazione del bulbo oculare (che non sarà necessariamente ed esattamente di 33°). Dato che nelle derivazioni verticali alle modificazioni del campo elettrico generate dal movimento oculare si sommano sempre i potenziali elettrici originati dall'attività dei muscoli palpebrali, secondo alcuni Autori non sarebbe presente una correlazione lineare fra angolo di rotazione bulbare in senso verticale e differenza di potenziale registrata neanche per piccoli angoli ^(2,3,5).

Modalità di analisi

Sono state individuate numerose variabili, visualizzabili in ENG, utili per la quantificazione dei movimenti oculari, ed in particolare dei movimenti nistagmici (spontanei o provocati). Alcune sono facilmente osservabili e talvolta quantificabili con la semplice **osservazione visiva** del tracciato ENG:

- Ampiezza (ny, pursuit o saccade)
- Durata (ny)
- Frequenza (ny)
- Numero totale (ny)
- Anomalie “morfologiche” (ny, pursuit o saccade)
- Turbe del ritmo (ny)
- Modificazioni sotto fissazione visiva – VST (ny)
- Modificazioni sotto stimolazione visiva- VVOR (ny)

Queste variabili possono aiutare nella diagnosi clinica ed alcune possono rivestire particolare interesse, come ad esempio la valutazione delle interazioni visuo-vestibolari (**vestibular suppression test = VST e visual vestibular ocular reflex = VVOR**). Anche se la semplice osservazione visiva permette, soprattutto all'osservatore esperto, una valutazione abbastanza approfondita del tracciato ENG, risulta evidente che non è possibile ottenere una precisa quantificazione delle variabili sopra esposte e sfuggono all'analisi alcuni parametri che riflettono in modo più rigoroso l'andamento della risposta vestibolare ad una lesione o ad una stimolazione. Il parametro più significativo, in particolare, è considerato la velocità angolare della fase lenta della scossa nistagmica.

Questa variabile, anche in mancanza di sofisticate apparecchiature di analisi automatica delle risposte ENG è misurabile, sia pur in modo approssimativo, mediante un **calcolo manuale** sulla carta millimetrata del tracciato (fig.3).

Potendo disporre di apparecchiature più sofisticate e collegate ad un computer è possibile ottenere un'**analisi digitale** della risposta ENG. La valutazione computerizzata è in grado di fornire una valutazione rapida e precisa di numerose variabili di interesse clinico e/o scientifico:

- Velocità angolare della fase lenta (ny)
- Velocità angolare della fase rapida (ny)
- Ampiezza totale delle scosse o gesamtamplitude (ny)
- Latenza (saccadi)
- Durata (saccadi, ny)
- Velocità massima (saccadi, ny)
- Accuratezza (saccadi)
- Guadagno (pursuit, ny provocato)

Elettronistagmografia (ENG)

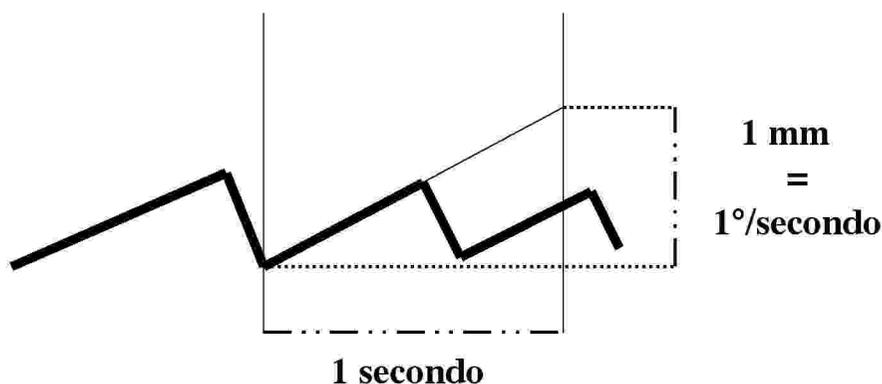


Fig. 3 - Calcolo manuale della velocità angolare della fase lenta di una scossa nistagmica (da eseguirsi su carta millimetrata). Si devono tracciare una linea retta orizzontale passante per l'inizio della scossa in valutazione ed una linea retta che continua la sua fase lenta. Le due linee devono giungere ad intersecare il punto che segnala che è trascorso esattamente un secondo (con abituale velocità della carta dopo 10 mm.). Il segmento che unisce le due linee viene misurato sulla carta millimetrata ricordando che ogni mm. equivale ad un grado di movimento oculare. La velocità angolare della fase lenta sarà espressa in gradi/secondi.

L'analisi delle differenti variabili sopra elencate consente una valutazione accurata sia del VOR, mediante studio del nistagmo spontaneo e provocato, sia dei riflessi visuo-oculomotori (pursuit e saccadici).

La possibilità di ottenere, in conseguenza di stimolazioni del pursuit e del VOR, una misura del guadagno, risulta particolarmente interessante, perché consente di stabilire una precisa valutazione del rapporto fra ingresso e uscita del riflesso indagato e, più in generale, del sistema dell'equilibrio. Dato che dal punto di vista ingegneristico il sistema dell'equilibrio si comporta come una scatola nera, risultando impossibile stabilire una precisa e costante correlazione funzionale fra i suoi differenti sottosistemi, l'unica possibilità per stabilirne le modalità di funzionamento è, per l'appunto, verificare l'andamento della funzione di ingresso/uscita di cui il guadagno è l'espressione più caratteristica.

Vantaggi

I vantaggi dell'ENG, rispetto alla semplice valutazione diretta possono essere sinteticamente riferiti a:

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

- Registrabilità del movimento oculare oggetto di interesse, cui consegue la possibilità di una valutazione e confronto longitudinale e l'applicabilità in sede medico-legale.
- Conducibilità dell'indagine anche ad occhi chiusi o al buio.
- Possibilità di studio del ny nel corso delle prove roto-acceleratorie.
- Studio di molte variabili atte ad identificare le caratteristiche quantitative e qualitative dei movimenti oculari indagati.

Limiti

I limiti dell'ENG, rispetto all'osservazione diretta dei movimenti oculari o ad una loro registrazione videoculoscopica sono:

- Mancata individuazione dei movimenti oculari che non comportino spostamenti del dipolo corneo-retinico (movimenti rotatori puri, movimenti retrattori).
- Minore soglia di individuazione del ny (spontaneo o provocato). La soglia di detezione ENG corrisponde a ny con fase lenta di circa 1° - 2° , mentre all'osservazione diretta un otoneurologo esperto può individuare ny di $0,3^{\circ}$ / $0,5^{\circ}$ ^(5,8,10).
- Insorgenza relativamente frequente di problemi tecnici (alta impedenza cute/elettrodi, polarizzazione degli elettrodi, scorretto posizionamento degli elettrodi stessi con registrazione sulla derivazione orizzontale di movimenti sul piano verticale, ecc.).

Conclusioni

In conclusione, si può affermare che l'ENG rappresenta ancora oggi la metodica più semplice ed affidabile per la registrazione e l'analisi dei movimenti oculari, ed in particolare del nistagmo. La video-oculoscopia, consentendo un'ottima visualizzazione del movimento oculare e la sua registrazione su nastro, annulla i limiti dell'ENG (come sopra esposti), ma non è in grado di sostituirla perchè presenta a sua volta nuovi limiti e fra tutti l'impossibilità di fornire dei parametri precisi di studio del movimento oculare indagato. La video-oculografia con analisi digitale è potenzialmente in grado di essere la metodica ideale, anche se essa risente ancor più dell'ENG degli sbattimenti palpebrali, e risulta del tutto ineseguibile se gli occhi vengono tenuti chiusi per periodi lunghi. Al presente, peraltro, devono ancora essere risolte questioni di affidabilità, validazione nel tempo ed economiche.

 Elettronistagmografia (ENG)

Bibliografia

1. ALBERA R, LACILLA M.: *La registrazione elettronistagmografica*. In: Cortesina G, Albera R, eds. *Quaderni di vestibologia*. Torino: Archimedita, 2000: vol.3, 19-30.
2. BALOH R.W., HONRUBIA V.: *Clinical neurophysiology of the vestibular system*. Second Ed. Philadelphia, F.A. Davis Co., 1990.
3. BARRY W.: Melvill Jones G. *Influence of eye lid movement upon electro-oculographic recording of vertical eye movements*. *Aerospace Med*, 36: 855-859, 1965.
4. CAMPANINI A., VICINI C.: *La vestibologia "non ENG" 10 anni dopo*. Atti Corso di Vestibologia CRS Amplifon. Milano, Crs Amplifon, 2002.
5. CASANI A., FATTORI B., PARDINI L., MEGNAG., GHILARDI P.L.: *La registrazione dei movimenti oculari*. In: *L'approccio diagnostico al paziente vertiginoso: esperienze a confronto*. Atti Quinta Giornata di Vestibologia Pratica – Bologna, 1994: 53-69.
6. DUFOUR A., MIRA E., PIGNATARO O.: *Vestibologia – manuale pratico*. Milano, CRS Amplifon, 1980.
7. DUFOUR A., MIRA E., PIGNATARO O.: *Otoneurologia clinica*. Milano, CRS Amplifon, 1993.
8. GUIDETTI G.: *L'esame clinico non strumentale*. In: *Guidetti G (ed.). Diagnosi e terapia dei disturbi dell'equilibrio*. Roma, Editore Marrapese, 1996: 205-271.
9. MONZANI D.: *Le tecniche di registrazione dei movimenti oculari*. In: *Guidetti G (ed.). Diagnosi e terapia dei disturbi dell'equilibrio*. Roma, Editore Marrapese, 1996: 273-290.
10. PAGNINI P., VANNUCCHI P., NUTI D.: *Il nistagmo spontaneo-posizionale: visione ortodossa o eterodossa?*. In: *Dufour A (ed.). Dieci anni di ENG: revisione critica – Approccio clinico otoneurologico ieri ed oggi*. Atti Decima Giornata Italiana di Nistagmografia Clinica – Sorrento, 1990:39-78.
11. PIGNATARO O., SAMBATARO G.: *La registrazione con amplificatori in corrente continua ed alternata nella pratica elettronistagmografica*. *Arch.Ital. ORL e Patol.Cerv.Fac.*, 1970: LXXXI (3), 136-142.

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

VIDEO-OCULO-GRAFIA ANALOGICA

Ciuffolotti Roberto, Alessandro Cappelli, Sabrina Frassinetti, Claudio Vicini

Nell'ambito della diagnostica otoneurologica la Video-Oculo-Grafia (VOG) permette di approfondire lo studio sul riflesso visuo-oculomotore e vestibolo-oculare attraverso l'osservazione e la registrazione dell'immagine televisiva della porzione visibile dell'occhio, grazie all'utilizzo di una specifica strumentazione.

L'acquisizione della posizione del bulbo oculare e dei suoi movimenti può essere effettuato con l'utilizzo di una videocamera convenzionale; tuttavia la necessità di osservare il movimento oculare in assenza di fissazione viene soddisfatta dall'utilizzo di videocamere sensibili alla lunghezza d'onda della luce infrarossa e pertanto in grado di fornire immagini nitide anche nella completa oscurità. I dati raccolti dalla videocamera tradizionale o a luce infrarossa vengono registrati su nastro magnetico per una eventuale rilettura successiva, archiviazione o attività didattica.

Il nucleo dell'assetto tecnico è costituito da una maschera e dalla telecamera che trova dimora in corrispondenza di uno dei fori oculari (*figura 1*). Alcuni modelli propongono l'utilizzo di due telecamere per la registrazione del movimento di entrambi gli occhi con possibilità di indagine di eventuali Ny dissociati. Adiacenti all'obiettivo della telecamera vengono posizionati due diodi ad emissione infrarossa. Le videocamere utilizzate sono costituite da sensori CCD in bianco e nero miniaturizzati, con definizione superiore ai 250.000 pixels e tensione < 12 volts sensibili all'infrarosso.

Speciali dispositivi "picture in picture" elettronici permettono inoltre di osservare sul medesimo monitor e di registrare simultaneamente l'immagine dei movimenti oculari e l'assetto spaziale del soggetto in esame (*figura 2*). In questo caso subentra una seconda telecamera convenzionale posta in modo tale da riprendere a maggior distanza il paziente (*figura 3*). Il sistema elettronico è in grado di proporre l'inquadratura miniaturizzata del paziente nel contesto della video-oculosopia visibile a tuttoschermo con possibilità di correlazione immediata tra "evento" oculare ed eventuale condizione scatenante (*figura 2*).

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE



Figura 1



Figura 2



Figura 3

 Video-oculo-grafia analogica

L'acquisizione dei movimenti oculari può in successione essere così pilotata:

- paziente seduto, mantenimento della fissazione visiva (un occhio viene lasciato libero):
 1. indagine del Ny spontaneo nelle 5 posizioni dello sguardo (centrale / alto / basso / destra / sinistra per non più di 30°);
 2. studio dei saccadici (facendo fissare alternativamente due mire luminose sul piano orizzontale o verticale), del pursuit (facendo seguire le oscillazioni di un piccolo pendolo) e del NOC (facendo fissare un metro da sarta oppure una striscia a bande colorate). Essi sono limitati tuttavia dalla ristrettezza del campo visivo disponibile;
 3. test di soppressione visiva del VOR (paziente seduto su uno sgabello ruotante mentre fissa la punta del pollice della propria mano) e test rotoacceleratorio impulsivo del capo (test di Halmagyi, con le stesse limitazioni dello studio dei visuo-oculomotori);
- cambio della posizione del capo e/o del corpo con abolizione della capacità di fissazione (utilizzo di lente di Frenzel oppure di schermatura opaca sull'occhio non coperto dalla telecamera):
 1. studio del Ny spontaneo nelle 5 posizioni dello sguardo con paziente seduto;
 2. osservazione del Ny eventualmente evocato o provocato da HST (eseguito sui piani orizzontale e verticale), da cambiamento di decubito (posizione supina, decubiti laterali, posizione di Rose), da rapido posizionamento (manovre di Dix-Hallpike, Mc Clure,) da test della fistola, da iperventilazione, da torsione del collo (paziente seduto su sgabello ruotante con esaminatore che mantiene la testa ferma) ed infine da stimolo rotatorio o calorico;
 3. Un diodo luminoso posto al centro dello schermo opaco permette inoltre di eseguire eventualmente un test di inibizione da fissazione nel corso della registrazione del Ny evocato dal cambiamento di decubito oppure indotto dalla stimolazione vestibolare (termica o rotatoria).

Gli elementi innovativi offerti da tale procedura consistono essenzialmente nella **rapidità di installazione** (non si è gravati del compito di fissare al viso del soggetto in esame fastidiosi elettrodi oppure di eseguire noiose tarature pre ed intra-registrazione come nell'esame ENG); nella **buona tolleranza** da parte del paziente; nella possibilità di indagare anche i più fini **movimenti torsionali puri** del bulbo oculare grazie ai sistemi di zoom elettronico ad alta definizione ed infine nel **costo contenuto**.

Occorre tuttavia ricordare che la visione monoculare e tubulare offerta dalla

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

maschera altera i meccanismi di convergenza ed accomodazione in caso di studio dei visuo-oculomotori e che d'altra parte la necessità di una osservazione binoculare preclude la possibilità di studiare tali riflessi; che la chiusura degli occhi o l'ammiccare frequente può interferire con l'osservazione degli eventi dinamici oculari più significativi. Le possibilità operative offerte dalla VOG ANALOGICA si limitano inoltre ad una indagine essenzialmente qualitativa o frequenziale degli eventi, la tecnica non offre infatti possibilità di approfondimento quantitativo (velocità del nistagmo) e pertanto non soddisfa la necessità di misurare con precisione la simmetria delle risposte dei due emisistemi vestibolari.

Video-oculo-grafia analogica

Lecture consigliate

1. ACCARDO A., BUSETTINI C., INCHINGOLO P., DELL'AQUILA T., PENSISERO S., PERISSUTTI P.: A device for the measurement of eye movements in strabismic children. In: Schmidt R., Zambarbier D., eds. *Procced. Fifth European Conference on Eye Movements*. Pavia: 1989; 235-237.
2. ACCARDO A., INCHINGOLO P., SPANIO M.: *Evaluation of the visuo-vestibular system function by the automatic laboratory UEMA3*. In: eds. *Procced. MECOMBE-86*. Sevilie: 1995; 644-647.
3. ACCARDO A., INCHINGOLO P.: *Evaluation of the saccadic system function by a micro-computer-based device*. *Med. & Biol. Eng. & Comput.* 1985; 23 suppl.: 932- 933.
4. BACH M., BOUIS D., FISCHER B.: *An accurate and linear infrared oculometer*. *J. Neurosci Meth* 1983; 9:9-14.
5. BRUNO P., BURLO R., INCHINGOLO P., ACCARDO AP.: *Phase correlation to improve resolution in high-speed video-oculography*. *Med. & Biol. Eng. & Comput.* 1991; 29 suppl.: 133-136.
6. CHAYS A., ULMER E., MAGNAN J., MARTIN R. : *La videonystagmoscopie. une nouvelle technique d'exploration des troubles de l'equilibre*. *J. F. ORL.* 1994; 43: 151-153.
7. CLARKE A.H., TEIWES W., SCHERER H.: *Video-oculography - an alternative method for measuring eye movements in all three orthogonql planes*. In: Schmidt R., Zambarbieri D., cds. *Oculomotor control and cognitive processes. Normal and pathological aspects*. Amsterdam: Elsevier, 1990.
8. GUIDETTI G.: *Diagnosi e terapia dei disturbi dell'equilibrio* - 2° edizione 1997
9. GUILLEMANT P., ULMER E.: *Videonystagmographie ULMER version 1.3 Manuel d'utilisation*. Marseillle: SYNA.PSYS, 1995.
10. HATAMIAN M., ANDERSON DJ.: *Design considerations fot real-time ocular counterroll instruments..* *IEEE Trans Biomed Eng. BME* 1983; 30: 278-288.
11. INCHINGOLOP. *Metodi di registrazione del nistagmo In: Il nistagmo fisiologico e patologico* S. Tracis Editor 155-206 Patron - Bologna 1992
12. KATARIGI S., HOZAWA J., SASAKI K. et al.: *Observations of nystagmus by television camera and videocorder*. *Int. Symp. on Vestibular & Oculomotor Problems* 1965; 239-244.
13. KUMAR A., KROLG.: *Binocular infrared oculography..* *Laryngoscope* 1992,102:367-378.
14. PAGANO M., TEDESCHI A., BARBIERI M., DORE L., CARUSO G., BARBIERI A.A.: *Presentazione di un prototipo di videnistagmoscopio portatile; 1995*.
15. PAGNINI P., VANNUCCHI P., GIANNONI B., GIUFFRIDA B., GIUFFRIDA P.: *Un nuovo sistema per lo studio dei movimenti oculari: la video-oculografia all'infrarosso*. In: Mom G., ed. *Procced. LX@DU Congresso Nazionale SIO*. Pisa: Pacini Editore, 1994:273.
16. SCHERER H., TEIWES W., CLARKE A.H.: *Measuring three dirnensions of eye movement in dynamic situations by means of videooculography*. *Acta Otolaryngol..* (Stockh) 1991; 111: 182-187.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

17. TOROK N., GUILLEMIN V., BARTNOTHY J.M.: *Photoelectric nystagmography*. Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. 1951: 60:917-927.
18. UEMURA T., KOBAYASHI T., LWAMOTO H. : Application of infrared television to neurotological examinations. Equilibrium Res 1971: Suppl. 2:64-70.
19. VICINI C., CAMPANINI A. AND STRADAIOLI G.: *La video-oculografia all'infrarosso: presentazione di un nuovo sistema (Videotape)*. Atti dell'81 Congresso Nazionale SIO, Capri, 1994.
20. VICINI C., CAMPANINI A.: *Razionale per uno screening otoneurologico clinico*. In: Cesarani A., Alpini D., eds. Diagnosi e trattamento dei disturbi dell'equilibrio. Mediamix Edizioni Scientifiche (Milano), 1989: 25-37.
21. VICINI C., CAMPANINI A.: *La vestibologia non ENG*. In: Dufour A. ed Atti X Giornata Italiana di Nistagmografia clinica. Formenti-Puropharma Eds. (Milano), 1990: 251-276.
22. VICINI C., CAMPANINI A.: *Nuove metodiche di acquisizione e di analisi dei movimenti oculari. la video-nistagmometria (VNM)*. In XII Giornate Italiane di Otoneurologia e XV Giornata Italiana di Nistagmografia Clinica – Pavia, 30/09/1995.
23. VICINI C., CUNSOLO E.: *Clinica della cupololitiasi del canale semicircolare posteriore*. In: Paganini P., Dufour A., eds. Atti XIII Giornata Italiana di Nistagmografia Clinica: La Cupololitiasi. Formenti-Puropharma Eds. (Milano), 1992: 53-80.
24. VICINI C., STRADAIOLI G., CAMPANINI A.: *La video-oculografia all'infrarosso: presentazione di un nuovo sistema (VIDEOTAPE)* Atti del 81° Congresso Nazionale SIO, Capri 07-11/0/1994.
25. VICINI C., VANNUCCHI P., ALPINI D.: *Manuale pratico di riabilitazione vestibolare*. Parretti Grafiche (Firenze), 1989.
26. VICINI C.: *L'evoluzione del compenso vestibolare in corso di riabilitazione. considerazioni teoriche ed applicazioni pratiche*. In: Ghilardi PL, ed. Atti degli Incontri di aggiornamento in ORL, Pisa 2 maggio 1986; Pacini Editore (Pisa), 1986.
27. VIEVILLE T., MASSE D.: *Ocular counter-rolling as an indicator of vestibular function*. Acta Otolaryngol. (Stockh) 1987; 103: 280, 290.
28. ZEE D.S.: *Bedside evaluation of the dizzy patient*. In: Passali D., Nuti D., es. Advances in Otoneurology. Tipografia Senese (Siena), 1994:11-22.

VIDEOOCULOGRAFIA E VIDEONISTAGMOGRAFIA DIGITALE ALL'INFRAROSSO

Enrico Armato, Emanuele Ferri

L'evoluzione dell'esplorazione vestibolare, dal XIX secolo ad oggi, è l'esempio più tipico di quanto la scelta di una tecnica di indagine possa condizionare il progresso e la dinamica di una scienza.

A partire dagli anni Ottanta, mentre l'informatica invade la vita quotidiana in ogni settore, le videocamere fanno la loro apparizione nel grande pubblico. Le videocamere ad obiettivo CCD sono ancora un po' voluminose, ma l'interesse dei costruttori è stimolato dai rimarchevoli interessi di mercato che si riferiscono non soltanto alle applicazioni domestiche ma anche alla robotica industriale e alla videosorveglianza. L'integrazione sempre più spinta dei circuiti e lo sviluppo dei microcomponenti montati in superficie (CMS) spingono le case produttrici alla elaborazione e costruzione di videocamere sempre meno ingombranti e sempre più leggere. D'altro canto l'interesse suscitato dai programmi di ricerca spaziale spinge gli studiosi ad una più attenta identificazione delle turbe vestibolari nel corso di patologie inerenti agli operatori del settore. Questi ultimi necessitano di un sistema di rilevazione preciso e affidabile; la soluzione delle videocamere ad infrarosso che filmano i movimenti oculari, associate all'analisi automatica dell'immagine, appare subito come la soluzione ideale.

La VideoOculoGrafia (VOG), intesa come tecnica con maschera in campo aperto, e la VideoNistagmoGrafia (VNG), intesa come tecnica con maschera in campo chiuso, irrompono così sullo scenario vestibologico, consentendo di registrare e di elaborare i dati delle rispettive immagini.

Si possono distinguere: (a) Tecniche VNG con telecamere convenzionali. (b) Tecniche VOG e VNG con telecamere analogiche e digitali all'infrarosso.

Tecniche VNG con telecamere convenzionali.

I tentativi di riprendere i nistagmi evocati da manovre diagnostiche con telecamere convenzionali sono stati numerosi; tra i primi ricordiamo quello di Vicini nel 1984 e di Zee nel 1994. Tale metodica di obiettivazione dei rilievi otoneuro-

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

logici, utilizzata sia ai fini didattici che di follow-up durante terapie riabilitative vestibolari, è stata rielaborata da Pagano che nel 1995 progettò un dispositivo di interfaccia tra lenti di Frenzel e una “handy-camera”, con ripresa binoculare. Anche Katagiri nel 1965 realizzò un’apparecchiatura costituita da uno stativo che sorreggeva una comune telecamera, raccordata alle lenti di Frenzel. In realtà questi sistemi, che furono successivamente migliorati da Vicini nel 1992, avevano il difetto di non consentire la reale abolizione della fissazione in relazione all’utilizzo di luce a spettro visibile (9,17,18).

Tecniche VOG e VNG con telecamere all’infrarosso.

L’illuminazione dell’occhio con LEDs o diodi ad emissione infrarossa, opportunamente collocati all’interno della telecamera, consente la completa abolizione del fenomeno della fissazione. Così le telecamere all’infrarosso rappresentano dai primi anni ’90 la più geniale ed innovativa applicazione tecnologica in campo otoneurologico. Il numero, la posizione e l’alimentazione dei LEDs sono valutati in modo da ottenere il più adeguato contrasto dell’immagine; inoltre il sistema diodi/telecamera è montato su di una maschera a perfetta tenuta lungo le aree periorbitarie in modo da ottenere una registrazione completa dei movimenti oculari in totale oscurità, dato che lo spettro di emissione dei raggi luminosi si colloca al di fuori del range di sensibilità dell’occhio umano (5).

Inizialmente i sistemi prevedevano un unico dispositivo monoculare; sull’altro occhio veniva posto un otturatore che oscurava totalmente la visione o, in alternativa, una lente a 20 diottrie. L’utilizzo di due dispositivi consente una visione ed una registrazione binoculare sia in campo aperto che in campo chiuso, fornendo una documentazione più completa ed elegante.

Le telecamere utilizzate sono dei sensori a CCD, in bianco e nero, con definizione pari o superiore ai 250.000 pixels, sensibili all’infrarosso; tali apparecchiature sono quindi in grado di filmare i movimenti oculari che avvengono nella completa oscurità della maschera. A fronte di una spesa raddoppiata, il sistema di registrazione binoculare con 2 telecamere permette di studiare contemporaneamente i movimenti di entrambi gli occhi, svelando la presenza di eventuali nistagmi dissociati.

VOG & VNG VERSUS ENG.

La VideoOculoGrafia (VOG) e la VideoNistagmoGrafia (VNG) digitale all’infrarosso si pongono come la naturale evoluzione dell’ElettroNistagmoGrafia (ENG) e, rispetto a questa, apportano dei vantaggi e delle inno-

 Videoculografia e videonistagmografia digitale all'infrarosso

vazioni. L'apparecchiatura VNG è composta da una maschera che monta una o due CCD telecamere dotate di sorgente ad infrarossi che permettono di osservare e registrare i movimenti oculari spontanei o riflessi. L'elaborazione del segnale video, a mezzo di un software dedicato, consente di ottenere la traccia di posizione dell'occhio da cui poter ricavare i parametri necessari per lo studio della funzionalità vestibolare (4,6,7,8,12,14,15).



CALIBRAZIONE

Ad ogni angolo di rotazione dell'occhio nell'orbita corrisponde sullo schermo televisivo, che ne riproduce la sua immagine, uno spostamento del centro della pupilla, esprimibile in pixels. La calibrazione in ampiezza è quell'operazione di taratura empirica che misura lo spostamento del centro dell'immagine pupillare e lo rapporta alla reale deflessione oculare di un angolo noto. La sua unità di misura è perciò quella di pixels/grado.

La calibrazione in ampiezza presenta numerosi vantaggi: (1) Il suo valore numerico dipende dal diametro del globo oculare e dalla distanza che separa la telecamera da quest'ultimo. Ne consegue che, essendo per un dato soggetto queste due misure costanti, la calibrazione non subisce modificazioni del suo valore quale che sia la durata dell'esame. È così sufficiente eseguire questa procedura una volta solo all'inizio delle registrazioni. Per contro, nell'ENG sono necessarie continue calibrazioni per ovviare all'instabilità del potenziale corneo-retinico

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

(che varia nel tempo in un senso qualunque ed in una proporzione del 10÷30% per minuto). (2) Il centro di rotazione dell'occhio corrisponde in sostanza al suo centro geometrico, e la posizione del centro oculare è costante quale che sia la direzione della linea di sguardo (leggi di Donders e di Listing); essendo il globo oculare una sfera quasi perfetta (diametro medio sagittale 24mm, trasversale 23,5mm e verticale 23mm) ne consegue che la calibrazione realizzata su di un piano orizzontale resta valida anche per un piano verticale. Per contro, nell'ENG la distribuzione imprevedibile delle linee isoelettriche periorbitarie obbliga a calibrazioni distinte per i due piani. (3) Nella popolazione generale la dispersione statistica dei suoi valori è estremamente ridotta (valor medio di 20pixels/grado con uno scarto di $\pm 1,5$); questo garantisce, semplicemente impostando il valore medio di default, di eseguire misurazioni corrette nel 95% dei casi con un margine di errore limitato al 20%. Per contro, nell'ENG è presente un campo di variazione da 4 a 60 μ Volt/grado: un rapporto di 1:15 rende impossibile qualunque misurazione d'ampiezza a partire da un valore statistico medio. (4) La calibrazione in ampiezza, detta anche visiva, alla quale abbiamo fino ad ora fatto riferimento necessita per essere portata a termine sia della collaborazione del paziente sia di una sufficiente visione foveale di quest'ultimo. Qualora queste condizioni vengano meno è comunque possibile realizzare una calibrazione detta di tipo geometrico. Essa assimila l'occhio ad una sfera del diametro di 24mm e l'iride ad un disco del diametro di 12mm: in queste condizioni il disco dell'iride è visto dal centro dell'occhio sotto un angolo di 60°. Dopo aver eseguito la misurazione empirica del diametro dell'immagine dell'iride in pixels, è possibile esprimere la calibrazione in pixels per grado. Questo tipo di calibrazione riposa dunque su delle approssimazioni relative ai diametri reali dell'occhio e dell'iride per un dato soggetto. Essa è, di conseguenza, meno precisa di una calibrazione visiva realizzata in buone condizioni, pur conservando una migliore approssimazione di quella statistica (per default) per il fatto di avere una dispersione statistica meno elevata (8,15).

RISOLUZIONE SPAZIALE

Tenuto conto del fatto che ciascun pixel della camera non esprime uno stato binario del tipo 0 o 1 ma un livello di grigio compreso dopo conversione tra 0 e 255, la risoluzione non può essere direttamente deducibile dal numero di pixels contenuto nel solo diametro dell'immagine pupillare. La risoluzione è determinata da un procedimento che mette in gioco i livelli di grigio di tutti i pixels situati nelle vicinanze del contorno pupillare. Quella attualmente raggiungibile è di 1/16 di pixel che corrisponde ad una precisione attesa di 0,25°. Per contro nell'ENG il segnale varia da 4 a 60 μ Volt/grado, con un rumore da picco a picco

di diverse origini di parecchi μ Volt. Questo difetto di sensibilità condiziona una risoluzione limitata a 2° . L'interesse di un'elevata risoluzione angolare sotto VNG è perciò l'accesso alla misurazione di nistagmi di ampiezza molto debole, con una sensibilità comparabile a quella della visione diretta (15).

RISOLUZIONE TEMPORALE

Il problema della risoluzione temporale si presenta soprattutto durante l'esecuzione dei tests oculomotori saccadici, sia per la misura della latenza che per quella della velocità. L'utilizzo di una frequenza di campionamento a 25Hz, ovvero ad intervalli di 40 msec, è già di per se sufficiente a descrivere i movimenti oculari in modo accurato.

Per quello che concerne la misura delle latenze dei saccadici, bisogna ricordare come queste ultime siano dell'ordine dei 200 msec con un limite inferiore di 150 msec ed uno superiore variabile secondo l'età tra i 250 ed i 285 msec con soggetti di età superiore ai 65 anni. Campionando ogni 40 msec si dispone di 4 punti (160-200-240-280) ripartiti tra i 160 ed i 280 msec nel campo di variazione normale: ciò permette di calcolare la media di più latenze con un'incertezza di 40 msec. Ciò appare sufficiente a distinguere la popolazione dei normali da quella dei patologici. Un ulteriore affinamento della misurazione è possibile adottando metodi di interpolazione lineare. Per contro nell'ENG è abitudine utilizzare un filtro passa-basso con una frequenza di taglio dell'ordine dei 25Hz ad elevata pendenza per reiettare efficacemente le frequenze parassite di 50Hz: questo filtraggio introduce dei ritardi sistematici sulla misura delle latenze in relazione al tempo di propagazione del filtro.

Per quello che concerne la misura delle velocità medie dei saccadici di ampiezza media di 40° ciò che permette di distinguere la popolazione dei soggetti sani da quella dei patologici è il valore della velocità minima ($380^\circ/\text{sec}$). Il campionamento per il trattamento dell'immagine consente di conoscere 2 posizioni assolute consecutive del centro pupillare con un errore pressoché trascurabile (dell'ordine dell'1% per 40°). Ciò permette di ottenere un calcolo della velocità molto preciso a condizione che almeno 2 punti siano sempre allineati sulla rampa del saccadico. Alle velocità inferiori a $500^\circ/\text{sec}$, vale a dire al centro del campo di variazione dei soggetti normali, si trovano sempre obbligatoriamente 2 punti così allineati, poiché il tempo di salita per una deflessione di 40° ad una velocità media di $500^\circ/\text{sec}$ occupa 80 msec. Le velocità inferiori a $400^\circ/\text{sec}$, vale a dire l'insieme delle velocità appartenenti alla popolazione dei patologici, sono sempre misurate in modo corretto, solo le velocità superiori ai $500^\circ/\text{sec}$, che non sono mai patologiche, possono essere sottostimate (8,15).

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

ASSENZA DI DRIFT

Nella VOG e nella VNG un'eventuale deriva delle coordinate dello sguardo centrale non può che essere legata ad un difetto della stabilità meccanica della maschera in rapporto alla sua posizione iniziale. Di una tale evenienza ci si può facilmente rendere conto in corso d'esame qualora si prenda come riferimento della posizione iniziale della maschera un repere fisso legato al cranio del paziente, come ad esempio il canto interno dell'occhio.

L'interesse dell'assenza di derivate durante la registrazione VOG e VNG è duplice: da una parte quello di conoscere in ogni istante la posizione assoluta dell'occhio nell'orbita, dall'altra di poter misurare la velocità della fase lenta del nistagmo senza alcun limite inferiore. Per contro nell'ENG la deriva legata alle tensioni di polarizzazione degli elettrodi, il cui senso e la cui velocità sono imprevedibili, può raggiungere anche i 100mVolts ossia 100 volte il valore di un segnale utile di 1mVolt corrispondente ad una deflessione di 40 gradi per un potenziale corneo-retinico supposto stabile di 25 μ Volts/grado (17,18).

ANALISI DEL SEGNALE IN TEMPO REALE

L'algoritmo di analisi in tempo reale del segnale di posizione dell'occhio consente di seguire istante per istante l'andamento della velocità della risposta vestibolo-oculomotoria. Ciò risulta particolarmente utile nello studio del nistagmo ottocinetico, dei nistagmi spontaneo-posizionali e del nistagmo indotto dalle prove rotatorie e da quelle termiche (8,15).

MISURA DELLA POSIZIONE ASSOLUTA DELL'OCCHIO NELL'ORBITA

L'allontanamento del globo oculare dalla posizione primaria di sguardo comporta che l'immagine del cerchio pupillare che la telecamera che registra subisca una progressiva deformazione ellittica in funzione dell'angolo di rotazione. Tale alterazione è in funzione del seno dell'angolo e prende il nome di distorsione di sfericità. Per angoli inferiori ai 45° lo scostamento tra la funzione lineare e quella sinusoidale conduce ad un errore, relativo al calcolo della posizione dell'occhio, trascurabile. D'altronde sia la calibrazione visiva sia la ricerca del gaze nystagmus vengono realizzate ad angoli decisamente inferiori, rispettivamente $\pm 20^\circ$ e 30° . Anche i decentramenti oculari oltre i 45° conseguenti a stimolazioni termiche o rotatorie sono ben rari e, in ogni caso, sono facilmente correggibili dall'esaminatore suggerendo al paziente di ricentrare lo sguardo. Ciò giustifica la mancanza di un interesse pratico relativo alla correzione di non-linearità, pure fattibile via software essendo nota la posizione assoluta dell'occhio nell'orbita in base alla deformazione ellittica del cerchio pupillare.

————— *Videoculografia e videonistagmografia digitale all'infrarosso* —————

La misurazione della posizione assoluta ha un fondamentale risvolto pratico: permette di misurare qualunque spostamento del globo oculare senza limiti inferiori della sua velocità. È così possibile misurare con precisione nistagmi la cui velocità della fase lenta risulta anche inferiore ad $1^\circ/\text{sec}$. Inoltre si è in grado di rappresentare graficamente il “beating-field” ovvero la regione dell’orbita entro la quale batte il nistagmo: quest’ultima è interessante per verificare l’influenza della direzione dello sguardo sulle caratteristiche di ampiezza, frequenza e di velocità dei nistagmi spontaneo-posizionali (7,18).

ACCESSO AI MOVIMENTI VERTICALI E TORSIONALI

L’accesso ai movimenti verticali congiuntamente a quelli orizzontali apre la strada verso una descrizione più completa delle sindromi periferiche ed una migliore delimitazione delle patologie periferiche e centrali. Non è, infatti, rara l’osservazione di nistagmi di posizione puramente verticali, inferiori o superiori, in associazione ai quali non è possibile evidenziare alcun disturbo di tipo centrale.

L’accesso ai movimenti torsionali è invece una delle caratteristiche peculiari della VNG: sono, infatti, note le ragioni che impediscono all’ENG di cogliere un movimento oculare che non comporti variazioni registrabili del dipolo corneo-retinico. Le metodiche alternative (search-coil) hanno sempre dimostrato importanti limitazioni in un utilizzo “clinico”, restando perciò confinate in un ambito di “ricerca sperimentale”.

La semplicità di utilizzo della maschera VNG consente una facile registrazione di questa componente del movimento oculare che rispetto a quelle orizzontali e verticali possiede alcune caratteristiche distintive: è totalmente involontaria, ha un guadagno molto basso ed una costante di tempo decisamente più breve di quella del canale laterale ed infine permette di valutare la funzionalità otolitica (10,14,15,19).

CONTROLLO DELLA QUALITÀ DELLA REGISTRAZIONE IN TEMPO REALE

La possibilità di un’elaborazione on-line del segnale video consente di seguire in tempo reale l’andamento dei vari tests. Ciò permette di: (a) Correggere in tempi brevissimi eventuali errori di esecuzione (movimenti inopportuni degli occhi, eccessi di inibizione corticale). (b) Distinguere artefatti (ammiccamento o blinking esagerato) da reali movimenti degli occhi. (c) Cogliere senza incertezze l’evoluzione dei fenomeni che si stanno registrando (distinzione in base all’andamento della curva di velocità tra fenomeni stazionari e persistenti e quelli ad andamento in crescendo-decrescendo di lunga durata) (14,15,17).

STUDIO DELL'OCULOMOTRICITÀ

Il sistema vestibolare e quello visivo agiscono insieme per garantire la stabilità delle immagini sulla retina durante i movimenti del capo e/o dell'ambiente rispetto al soggetto (cooperazione visuovestibolare). Ciascuno di essi esprime la sua massima efficienza funzionale entro range di frequenza di stimolazione diversi: quello vestibolare tra 1 e 5Hz, quello visivo al di sotto di 1Hz.

La corretta analisi della funzionalità vestibolare è condizionata da 2 elementi: la prima è che il sistema oculomotore, braccio efferente delle risposte motorie in relazione a stimolazioni sensoriali adeguate, non risulti affetto da una sua patologia di sistema, e la seconda è che sia possibile eliminare quelle informazioni visive che agiscono stabilizzando l'immagine retinica a livello della fovea.

Lo studio dell'oculomotricità è perciò un presupposto irrinunciabile nella valutazione dei disturbi dell'equilibrio. Solo la normalità delle sue funzioni sensitive e motorie consente di eseguire una corretta calibrazione visiva in ampiezza e cioè quella fondamentale operazione della vestibolometria che determina l'accuratezza delle misurazioni. La presenza di una patologia oculomotoria altresì necessita di essere caratterizzata con precisione poiché, in relazione alla sua natura sensoriale o motoria, uni o bilaterale, dovranno essere adottate opportune variazioni non solo nella strategia dell'esecuzione della calibrazione ma anche nell'interpretazione dei risultati forniti da tutti i tests diagnostici (4,6).

PIANO DI STUDIO DELL'OCULOMOTRICITÀ

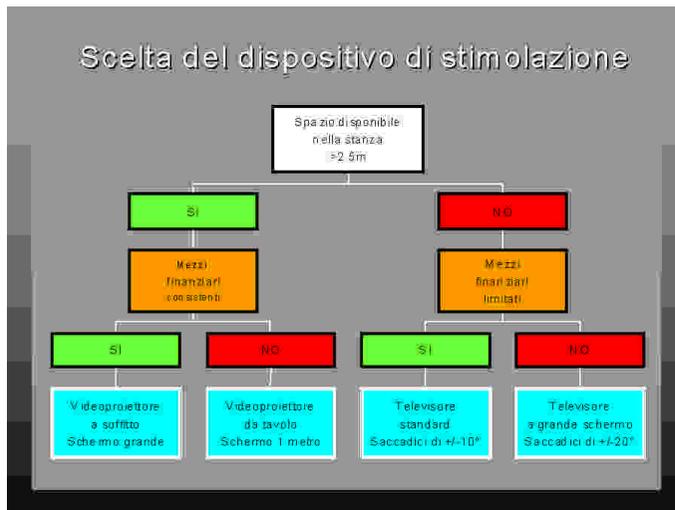
(1) TARATURA DELL'APPARATO DI STIMOLAZIONE

La procedura di taratura del dispositivo di videostimolazione viene usualmente messa in pratica una sola volta, al momento dell'installazione del materiale di videoregistrazione, e di conseguenza deve essere realizzata con particolare cura per evitare errori sistematici su tutte le misurazioni d'ampiezza successive.

- **SCELTA DELLA DISTANZA OCCHIO-BERSAGLIO.** La prima tappa della procedura di taratura del dispositivo di stimolazione oculomotoria è la scelta sia dell'angolo di deflessione per lo studio dei saccadici sia della distanza tra l'occhio ed il bersaglio che il paziente dovrà fissare con lo sguardo in posizione primaria. Teoricamente questa distanza dovrebbe essere la maggiore possibile, al fine di minimizzare i problemi legati ai processi di accomodazione e di convergenza, ma all'atto pratico sarà compresa tra 1 e 3 metri. In effetti, al di sotto di un metro alcuni pazienti anziani possono avere problemi di accomodazione e l'angolo di convergenza raggiunge un'ampiezza tutt'altro che trascurabile (3,7° ad 1 metro). Da notare inoltre che lo studio dell'oculomotricità viene realizzato

————— Videoculografia e videonistagmografia digitale all'infrarosso —————

solitamente con il paziente seduto su di una sedia, la cui posizione è fissa rispetto al suolo, dotata di appoggiatesta al fine di impedire i movimenti di rotazione del capo verso le posizioni laterali del bersaglio. In base alla conformazione dell'estremità cefalo-rachidiana di ciascuno, sarà necessario di volta in volta di avanzare o arretrare la posizione dell'appoggiatesta per migliorare la sua funzione stabilizzatrice: ne consegue che, a meno di misurare sistematicamente la distanza occhio-bersaglio per ciascun paziente, sarà necessario ammettere una tolleranza di $\pm 5\text{cm}$ sulla misura media. È perciò indispensabile aumentare la distanza occhio-bersaglio anche per ridurre gli effetti legati alla posizione variabile del capo.



- **SCelta DEL DISPOSITIVO DI STIMOLAZIONE.** La scelta del dispositivo di stimolazione oculomotoria è in relazione a 2 parametri: le dimensioni dell'ambiente e la disponibilità finanziaria. La profondità della stanza condiziona la distanza tra il paziente ed il bersaglio visivo che deve essere non inferiore ad 1 metro: in questa situazione per vedere le 2 mire sotto un angolo di $\pm 20^\circ$ esse devono essere distanti l'una dall'altra 73cm. Di conseguenza la maggior parte dei videoproiettori dovrà essere collocata a più di 2 metri dallo schermo; se questa profondità non è disponibile sarà necessario utilizzare un televisore. Tuttavia la maggioranza degli schermi televisivi dal prezzo ragionevole non consente di raggiungere i 73cm necessari per ottenere i $\pm 20^\circ$; poiché non è consigliabile ridurre la distanza al di sotto del metro bisognerà ridurre l'ampiezza e lavorare a $\pm 15^\circ$ o $\pm 10^\circ$. Se l'ambiente è sufficientemente ampio la soluzione del videoproiettore

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

permette di utilizzare schermi la cui larghezza può oltrepassare i 2 metri: in questo modo la distanza occhio-bersaglio può superare di molto il metro, a tutto vantaggio della precisione delle misurazioni.

- **MESSA A PUNTO DEL SISTEMA.** Una volta stabilita la tipologia del materiale da utilizzare è necessario procedere alla sua configurazione. Questa operazione deve essere eseguita tanto più accuratamente quanto maggiore è il grado di precisione che si vorrà ottenere dalla calibrazione visiva. I parametri necessari sono la distanza in cm tra le posizioni laterali del bersaglio (L) e quella tra l'occhio e la posizione centrale del bersaglio stesso (D). Quest'ultima distanza va calcolata tenendo conto che il centro di rotazione del globo oculare è situato 1,2cm al di dietro della cornea: in pratica la misurazione partirà a livello del canto esterno dell'occhio. È consigliabile procedere al rilevamento di questa distanza per i primi 10÷20 pazienti, in modo da ottenere una stima valida del valore medio statistico. In pratica per ottenere una visione sotto un angolo di $\pm 20^\circ$ delle 2 mire laterali poste ad una distanza di L cm bisognerà porre il paziente ad una distanza di D cm dallo schermo di proiezione: $D=L/(2*\tan 20^\circ)$ ovvero $D=1,3737*L$. I parametri D e L devono essere inseriti nel menù di configurazione del programma e vanno periodicamente verificati per prevenire indesiderate "derive" della taratura (8,14,15).

(2) OSSERVAZIONI CLINICHE

L'ispezione del sistema oculo-palpebrale è di grande interesse in relazione alla complessità della sua innervazione sensitiva e motoria. Una valutazione preventiva di carattere neurooftalmologico è sempre necessaria in quanto una molteplicità di condizioni possono influenzare lo studio VOG e VNG: una ptosi palpebrale ostacolerà lo studio dei movimenti verticali, un'intensa miosi complicherà la soglia di detezione palpebrale, un'eteroforia introdurrà una non-linearità nello studio dei saccadici, uno scotoma centrale disturberà le prove visuoculomotorie e così via.

Di conseguenza l'ispezione sarà accompagnata da un certo numero di tests che, in modo semplice ma sufficiente, permetteranno di valutare la qualità della visione centrale e periferica, l'efficienza della muscolatura intrinseca e soprattutto estrinseca nonché la correttezza dei movimenti coniugati orizzontali e verticali.

- **ISPEZIONE.** L'ispezione sotto luce diretta del sistema oculopalpebrale deve ricercare: (a) Un'anomalia palpebrale in particolare una ptosi simmetrica od asimmetrica; questa può essere assente all'ispezione diretta ma rivelarsi successivamente nelle condizioni di oscurità della VNG. (b) Un eso/enoftalmo uni o bilaterale, simmetrico od asimmetrico. (c) Un'anomalia della pupilla che colpi-

————— *Videoculografia e videonistagmografia digitale all'infrarosso* —————

sca la forma (discorie da sinechie), il diametro (miosi serrata, midriasi paralitica), la superficie (opacità biancastre da cataratta o cheratite interstiziale) e la simmetria (anisocorie). (d) Un'anomalia dell'iride in particolare la presenza di cicatrici iridotomiche. (e) Un'anomalia della motricità intrinseca (sinergia miosi-accomodazione-convergenza), dei riflessi fotomotori diretti e/o consensuali. Lo scopo di questa ispezione è quello di identificare l'occhio la cui immagine si presta meglio alla registrazione VOG e VNG.

Le modalità di osservazione e registrazione con telecamere ad infrarosso variano a seconda dell'utilizzo di maschere a campo aperto (VOG) o a campo chiuso (VNG). Le prime permettono la fissazione binoculare di una mira e sono perciò particolarmente adatte allo studio dell'oculomotricità, mantenendo inalterata la condizione di visione fisiologica. Le seconde determinano una condizione in cui uno solo dei 2 occhi può fissare (occhio master) mentre l'altro risulta completamente occluso (occhio slave) in quanto sottoposto alla videoregistrazione: in questa circostanza è possibile che squilibri del tono della muscolatura estrinseca oculare possano interferire anche pesantemente nello studio dell'oculomotricità. Ne consegue che le maschere a campo aperto possiedono una vocazione più strettamente neurooftalmologica, tanto quanto quelle a campo chiuso sono dedicate ad uno studio dei disturbi dell'orecchio interno poiché non consentono la visione binoculare e l'osservazione della coniugazione dei movimenti oculari. È proprio con l'utilizzo delle maschere a campo chiuso che l'ispezione oculopalpebrale deve essere accurata al massimo.

- **ESAME DELLA FUNZIONE VISIVA.** Per interpretare correttamente i movimenti oculari durante lo studio dei saccadici deve essere conservata sia la visione foveale che quella periferica; infatti, questo studio comprende dei periodi di fissazione foveale di un bersaglio puntiforme stazionario seguiti da deflessioni oculari verso nuovi bersagli che compaiono alternativamente nel campo nasale ed in quello temporale della retina periferica.

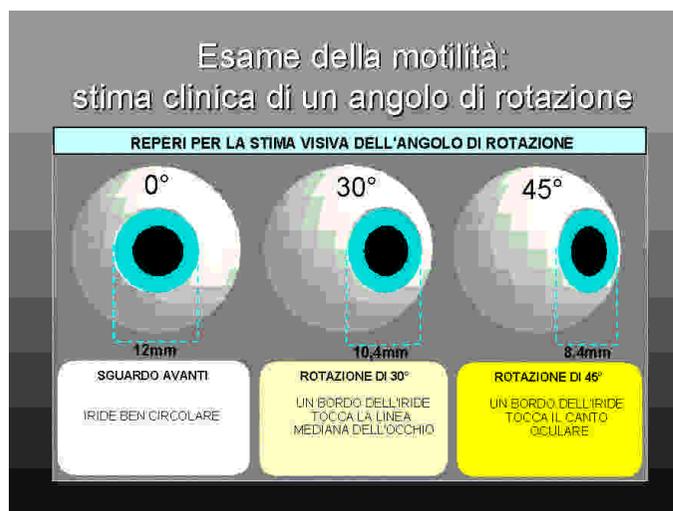
Per valutare la visione centrale una scala optometrica ben illuminata è collocata alla stessa distanza dello schermo di proiezione all'altezza degli occhi; mascherando alternativamente ciascuno dei due occhi un paziente, la cui acuità visiva è bilateralmente normale, deve poter leggere la prima riga della scala.

Per stimare approssimativamente la visione periferica si domanda al paziente di fissare un punto distante situato sull'asse dello sguardo centrale mentre l'esaminatore pone il suo indice nei settori orizzontali e verticali del campo visivo; in questo modo ovviamente non vengono messi in evidenza che i deficit più grossolani.

È utile ricordare come queste valutazioni debbano essere fatte senza occhiali. Questi, infatti, rappresentano degli amplificatori ottici con guadagno superio-

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

re o inferiore all'unità. Di conseguenza il movimento angolare dell'occhio sotto le lenti non corrisponde a quello calcolato geometricamente ai fini della calibrazione. Le lenti a contatto non presentano questo inconveniente e possono perciò essere conservate.



- **ESAME DELLA MOTILITÀ OCULARE.** La VNG e la VOG consentono teoricamente la misurazione precisa degli angoli di deflessione oculare, a patto che la procedura di calibrazione sia stata eseguita correttamente. È utile, di conseguenza, che l'esaminatore possa personalmente controllare l'ordine di grandezza di una deflessione tipica, al fine di poter riconoscere grossolani errori della misurazione.

Un'altra circostanza che suggerisce di avere a disposizione dei reperi clinici per stimare l'angolo di rotazione oculare è la ricerca del nistagmo da fissazione (gaze nystagmus). Infatti, quest'ultimo non deve essere ricercato oltre un decentramento oculare di 30°-40°, poiché al di là di questi valori compare un nistagmo fisiologico di lateralizzazione ("end point nystagmus").

Infine nelle registrazioni VOG e VNG i decentramenti oculari non devono superare i 45°: non solo per evitare l'end point nystagmus sopra menzionato ma anche per non introdurre distorsioni di linearità che per un tale angolo non sono più trascurabili.

La figura mette in evidenza che se un bordo dell'iride si posiziona sulla linea che passa per il centro dell'iride stessa quando l'occhio è in posizione primaria la deflessione oculare è di circa 30°, mentre se viene raggiunto uno dei due canti

————— *Videoculografia e videonistagmografia digitale all'infrarosso* —————

l'angolo di rotazione corrisponde a 45° . Le dimensioni del diametro pupillare in funzione del decentramento oculare permettono inoltre di apprezzare la distorsione di linearità.

Il vantaggio dell'esame clinico dei saccadici è che, non indossando ancora il paziente la maschera, è possibile far eseguire delle deflessioni oculari fino a $\pm 40^\circ$: tali ampiezze possono essere necessarie nella ricerca del gaze nystagmus. È utile ricordare come per non oltrepassare questo limite sia sufficiente fare in modo che rimanga visibile un po' di sclera tra il bordo dell'iride ed il canto interno od esterno.

Essendo l'osservazione degli occhi bilaterale l'esaminatore potrà apprezzare la simmetria dei movimenti e, di conseguenza, la qualità della coniugazione dei due occhi, tanto sul piano spaziale, notando l'identità degli angoli di rotazione, tanto sul piano temporale, rilevando il sincronismo dei decentramenti.

Le dismetrie (ipo ed ipermetrie, usualmente di origine cerebellare) saranno apprezzate nella fase terminale del saccadico come una interruzione transitoria del movimento oculare. Questa pausa, durante la quale lo sguardo si trova al di qua od al di là dell'angolo ideale, precede la posizione stabile dell'occhio che corrisponde alla fissazione vera e propria del bersaglio.

La conclusione del movimento oculare, al termine del saccadico, si manifesta normalmente come un arresto brusco, senza fenomeni di rimbalzo; l'osservazione di arresti dal carattere progressivo esprime generalmente un rallentamento della velocità massima, suggerendo un'alterazione funzionale a livello del tronco cerebrale.

Infine la ricerca del nistagmo di fissazione nello sguardo laterale verrà eseguita tanto nella direzione orizzontale che in quella verticale.

Alla valutazione dei movimenti saccadici, che permettono l'identificazione di eventuali disconiugazioni e paralisi oculomotorie, è necessario affiancare quella dei movimenti di inseguimento lento. Le vie centrali implicate nella gestione di questi due tipi di movimenti oculari non sono le medesime: quelle oculogire anteriori per i saccadici, quelle oculogire posteriori per il pursuit. Nel caso dei saccadici lo scopo è quello di proiettare il globo oculare il più velocemente possibile nella direzione di una mira di interesse e quindi di mantenere nel tempo la posizione raggiunta: gli errori non possono derivare che da una scorretta posizione dell'occhio rispetto al bersaglio e non da una deriva di questo rispetto all'occhio. Nel caso del pursuit la mira si muove in continuazione e sarà perciò necessario mantenere la velocità e non più la posizione. Ne consegue una differenziazione dei circuiti neuronali coinvolti nella gestione di velocità e di posizione degli occhi, pur con una via effettore finale comune.

L'esaminatore muove il suo indice nella direzione prescelta, orizzontale o ver-

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

ticale, in modo regolare sinusoidale con un'ampiezza simmetrica rispetto alla posizione primaria di sguardo non oltrepassando i 40°. Se il movimento di inseguimento lento apparirà continuo, ovvero non interrotto da saccadici, allora la velocità dell'occhio è uguale a quella del bersaglio e di conseguenza il guadagno, ovvero il rapporto tra la velocità dell'occhio e quella della mira, sarà unitario. Se, al contrario, si osservano movimenti saccadici che non si riducono nonostante le consegne impartite e lo sforzo del paziente, il guadagno sarà senz'altro inferiore all'unità.



Nella VNG l'occhio che fissa, detto anche occhio master, deve possedere una visione sia periferica che centrale sufficiente per realizzare i tests dei saccadici, del pursuit e del nistagmo otticocinetico. D'altro canto l'occhio che non fissa, detto anche occhio slave, che viene filmato deve avere un'immagine dalle qualità ottimali, ovvero assenza di ptosi ed una pupilla di un nero omogeneo il cui diametro in midriasi sia elevato, per consentire l'analisi automatica.

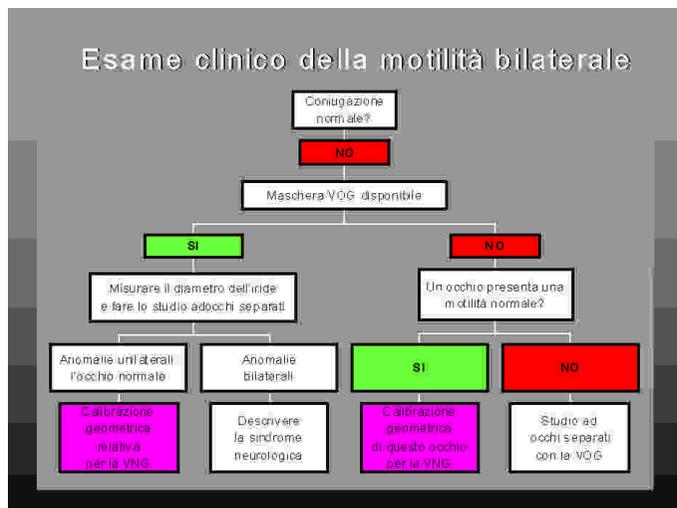
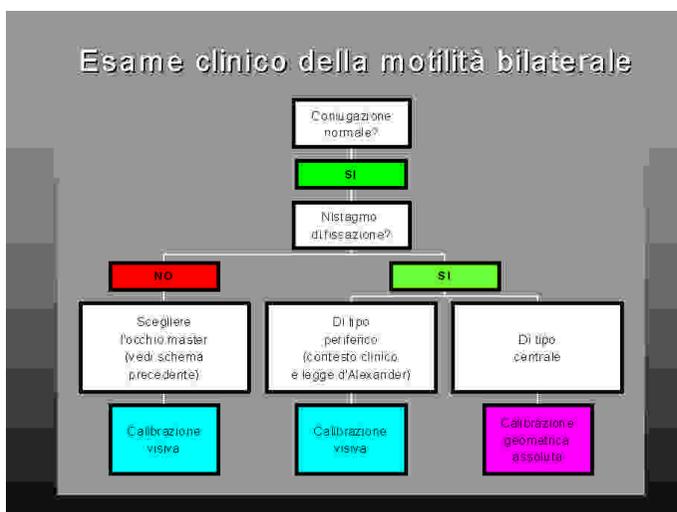
Di conseguenza, ed a meno di alterazioni della motilità suscettibili di modificare le decisioni, l'ispezione del sistema oculopalpebrale e la valutazione della visione centrale e periferica permettono di attribuire il ruolo di master e di slave tra i due occhi.

Se la visione è normale in entrambi gli occhi e l'aspetto oculo-palpebrale simmetrico, sarà l'occhio direttore ad essere scelto come master. A questo scopo l'esaminatore chiede al paziente, i cui occhi sono entrambi aperti, di tendere un braccio con il pugno chiuso ed il pollice sollevato nella direzione dello sguardo centrale. Quindi viene proposto di fissare un oggetto lontano e di spostare il brac-

Videoculografia e videonistagmografia digitale all'infrarosso

cio in modo da allineare l'immagine del pollice su questo oggetto. Infine viene richiesto di restare immobile e di chiudere alternativamente l'occhio destro e quello sinistro: l'occhio direttore è quello con cui il paziente vede l'immagine del pollice sovrapporsi a quello dell'oggetto lontano.

Se i due occhi hanno una visione sufficiente ma uno presenta un'immagine più favorevole per la registrazione quest'ultimo verrà scelto come slave. Se la visione è scadente da un lato solo è evidente come l'occhio opposto verrà scelto come master.



 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

L'esame della motilità coniugata condiziona la fattibilità della procedura di calibrazione sotto VNG. Se la coniugazione dei movimenti è normale allora tutto dipende dalla presenza o meno di un nistagmo in fissazione. In assenza di quest'ultimo la scelta dell'occhio master non dipende che dalle condizioni della visione periferica e centrale sopra descritte. Se vi è la presenza di un nistagmo in fissazione quest'ultimo può essere di origine centrale o periferica. L'origine periferica sarà riconosciuta molto rapidamente da un lato per il riscontro anamnestico di una recente sindrome vertiginosa acuta e dall'altro perché questo nistagmo presenta le seguenti particolarità obiettive: (a) Il nistagmo non inverte il proprio senso quale che sia la direzione dello sguardo. (b) La sua intensità è massima quando lo sguardo è diretto nel senso della fase rapida. (c) La sua intensità aumenta nettamente con l'inibizione della fissazione. Un tale nistagmo di origine periferica, a causa della potenza dei meccanismi di fissazione visiva, non è generalmente così intenso da ostacolare la procedura di calibrazione visiva. Ben diversa è la situazione se il nistagmo in fissazione è di origine centrale: la sua intensità può essere elevata ed il senso mutare in relazione dello sguardo. In questi casi sarà spesso necessario abbandonare la calibrazione visiva in favore di una geometrica.

- ISPEZIONE DEL SISTEMA OCULO-PALPEBRALE CON METODICA VNG. Una volta terminata l'ispezione diretta del sistema oculo-palpebrale, il paziente indossa la maschera VNG mono o bi-camera, avendo scelto l'occhio master in base alle considerazioni precedenti.

A questo punto può essere intrapresa una nuova fase di ispezione che tiene in conto la specificità della situazione sotto la maschera ovvero: (a) Del fattore di ingrandimento dell'immagine oculare che permette di visualizzare movimenti di ampiezza molto debole. (b) Del fatto che l'occhio slave è aperto ma privo di afferenze visive consentendo l'immediata osservazione delle eteroforie. (c) Delle limitazioni dell'angolo di deflessione dell'occhio master, imposte dall'angolo di apertura del cono di visione (dell'ordine di 55°), esso stesso definito dal diametro di apertura della maschera e dalla sua distanza rispetto all'occhio. (d) Della presenza di un diodo all'interno della maschera che permette di studiare il riflesso fotomotore diretto e consensuale senza apporto di luce esterna. (e) Della condizione di oscurità totale sotto maschera bicamere che permette di valutare le anisocorie senza ambiguità dato che i due occhi sono simultaneamente nella stessa situazione di assenza di illuminazione e quindi in massima midriasi.

Un eteroforia è uno strabismo concomitante, convergente o divergente, che scompare in visione binoculare grazie al riflesso della fusione ma appare nelle condizioni di oscurità totale o di visione monoculare. La possibilità di riconoscere immediatamente con la maschera del VNG tutte le eteroforie nelle condizioni di visione monoculare è un'interessante opportunità poiché si tratta di

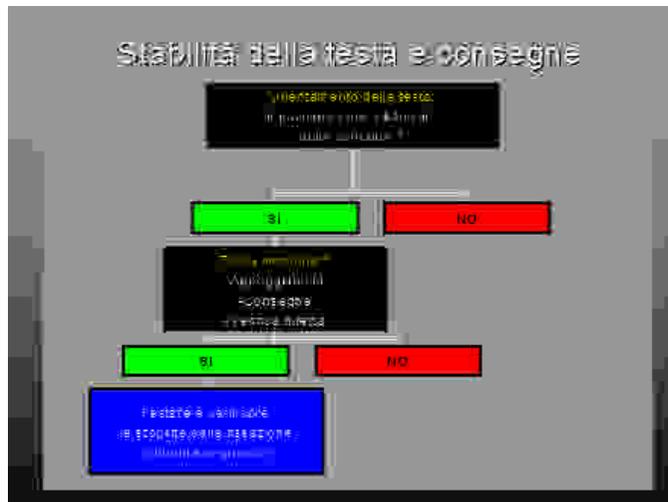
————— Videoculografia e videonistagmografia digitale all'infrarosso —————

un'affezione congenita che è compensata solo grazie ad uno sforzo permanente per mantenere la fusione; in talune circostanze, come ad esempio dopo traumi craniocervicali, lo sforzo di fusione può diventare inefficace e l'eteroforia produrre una sindrome che associa cefalea e vertigine.

Il rilievo dell'eteroforia si esegue in due tempi: prima un'ispezione senza maschera permette di osservare il parallelismo degli assi visivi quando il paziente fissa in campo libero un oggetto lontano con lo sguardo dritto avanti, quindi l'osservazione con la maschera con l'occhio master che fissa lo stesso oggetto lontano. In caso di eteroforia si potrà rilevare che l'occhio slave, privo di afferenze visive, assume una posizione di riposo decentrata. A seconda della direzione e del senso di questa posizione si potranno distinguere esoforie (convergenza per spostamento orizzontale interno), exoforie (divergenza per spostamento orizzontale esterno), e più raramente iper o ipoforie (spostamento verticale) (4,6,8,14,15,17,18).

(3) STUDIO DEI MOVIMENTI OCULARI: I SACCADICI

Lo studio dei movimenti oculari saccadici suggerito è quello ad ampiezza costante di $40^\circ (\pm 20^\circ)$ in rapporto al centro) ed a ritmo pseudoaleatorio. In effetti, è noto che lavorare ad ampiezza costante riduce la varianza dei risultati. D'altra parte l'angolo di 20° permette di mantenere il bersaglio nei limiti della superficie retinica ove la visione periferica è supportata ancora da un gran numero di cellule sensoriali. La durata variabile dei periodi di fissazione, che si succedono nella sequenza pseudoaleatoria predefinita, è stata scelta in maniera sia di non sorprendere i soggetti anziani sia di non far abbassare lo stato di vigilanza.



 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

La maschera della VNG consente un cono di visione il cui angolo è dell'ordine dei 55° . Se inizialmente la testa risulta orientata scorrettamente di un angolo maggiore di 8° , è possibile che una delle due mire esca dal cono di visione. Così per tutto il tempo che il paziente fissa la sola mira che vede la registrazione VNG permetterà di osservare un segmento di traccia (plateau di fissazione) rigorosamente rettilineo. Nell'istante in cui la mira fissata scompare, il paziente muove gli occhi dal lato opposto ma, essendo questa al di fuori del campo visivo disponibile, il suo sguardo non rimane fisso: si manifesteranno unilateralmente delle dismetrie ed una notevole irregolarità del plateau di fissazione. È perciò indispensabile prima di iniziare lo studio dell'oculomotricità domandare al paziente se è in grado di vedere bene il quadro di mira ovvero quell'immagine di sintesi che proiettata sullo schermo riproduce un repere centrale contornato da un rettangolo i cui bordi sono visti sotto l'angolo definito al momento della taratura. D'altra parte alcuni pazienti hanno la tendenza a ruotare la testa verso le mire e ciò determina un movimento oculare di verso contrario. L'esaminatore osserverà allora molto spesso bilateralmente dei saccadici di aspetto ipermetrico con conformazione "a punta" ovvero non seguiti da un plateau di correzione o di rifissazione. Un semplice colpo d'occhio alla testa del paziente permetterà facilmente di differenziare questi aspetti dalle vere ipermetrie. Anche in questo caso risultano fondamentali il corretto utilizzo dell'appoggiatesta, l'informazione del paziente riguardo il test che sta per realizzare e la verifica continua delle consegne impartite.



Videoculografia e videonistagmografia digitale all'infrarosso

In relazione alla ristrettezza del cono di visione foveale i meccanismi di mantenimento dell'occhio sulla posizione di un bersaglio puntiforme stazionario sono di estrema efficacia. Ne deriva che se un paziente fissa volontariamente una mira in modo da proiettare la sua immagine sulla fovea non sarà possibile rilevare alcun movimento oculare, anche alla risoluzione del VNG che è di $0,25^\circ$. Il plateau di fissazione si presenterà allora come una linea retta anche ai più elevati coefficienti di espansione della traccia temporo-spaziale. Di conseguenza, se il plateau di fissazione apparirà nello stesso tempo rettilineo e di ampiezza riproducibile significa che tutte le condizioni relative alla visione, alla fissazione volontaria ed all'immobilità della testa sono state soddisfatte. In un tal caso, fortunatamente non raro, la procedura di calibrazione visiva della VNG possiederà tutte le chances di avere una grande precisione, poiché a questo punto essa non dipende che dai meccanismi della coniugazione che hanno potuto essere verificati in precedenza.

Se i plateaux di fissazione non sono stabili, e la buona volontà del paziente non appare essere in causa, si può allora ipotizzare o un deficit della visione centrale dell'occhio master, o un'alterazione della muscolatura oculare estrinseca uni o bilaterale o ancora un difetto di coniugazione non rilevato in precedenza. In questo caso è impossibile effettuare la calibrazione visiva e, di conseguenza, sarà necessario ricorrere a quella geometrica o, meglio ancora, all'esplorazione della oculomotricità utilizzando una maschera in campo aperto (VOG).

Le considerazioni precedenti ci hanno condotto a valutare diverse situazioni in cui la visione o la motilità oculare risultano così alterate da impedire la procedura di calibrazione visiva con la maschera in campo chiuso (VNG), ovvero quella che si effettua utilizzando delle mire disposte secondo un angolo noto.

Tuttavia una calibrazione visiva impossibile da realizzare nella modalità occhio master-occhio slave (VNG) può essere portata a termine utilizzando una maschera bioculare in campo visivo aperto (VOG). Per esempio una cecità unilaterale con conservazione dell'aspetto esterno dell'occhio e senza anomalie della sua motilità non pone alcun problema ad uno studio con maschera VOG, essendo l'occhio che vede sufficiente alla fissazione delle mire. Esistono comunque circostanze, come la cecità bilaterale, dove nemmeno la maschera VOG permette di effettuare una calibrazione visiva precisa. Sono stati perciò studiati ulteriori tipi di calibrazione che permettano di superare queste difficoltà.

Le differenti modalità di calibrazione si distinguono soprattutto per il grado di precisione che offrono. In ordine decrescente: (a) Visiva automatica con maschera VOG. (b) Geometrica relativa. (c) Visiva automatica con maschera VNG. (d) Geometrica assoluta. (e) Statistica.

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

- CALIBRAZIONE VISIVA AUTOMATICA. Quando il test dei saccadici viene registrato per la prima volta con una data maschera, al paziente viene dato per default un valore di calibrazione che corrisponde a quello medio statistico proprio della maschera in uso. Il valore in questione non può che essere approssimativo, di conseguenza nella finestra di acquisizione della posizione oculare si presentano simultaneamente due scale di ampiezza; la prima corrisponde ai movimenti di $\pm 20^\circ$ della mira e la sua precisione è in funzione dell'accuratezza della taratura, la seconda corrisponde graficamente all'ampiezza che separa i plateaux di fissazione supposti distanti 40° . È evidente che se l'ampiezza dei movimenti della mira è graficamente uguale a quella dei movimenti dell'occhio in realtà si tratta di un puro caso per cui il paziente presenta un valore di calibrazione uguale a quello del valore statistico medio della maschera in uso. Ma nella maggior parte dei casi si potrà osservare un divario più o meno grande tra l'ampiezza dell'occhio e quella della mira. A questo punto il programma di acquisizione può, a partire dal riconoscimento automatico dei plateaux di fissazione, misurare il numero dei pixels immagine che separano i plateaux stessi. Conoscendo l'angolo di deflessione impostato per il test dei saccadici, il programma esegue il quoziente tra il numero di pixels misurati e questo angolo (numero dei pixel che separano i due plateaux/ 40°) ed esprime la calibrazione visiva in "numero di pixels/grado". Quindi non rimane che applicare un fattore di correzione perché la rappresentazione grafica del movimento dell'occhio abbia la medesima scala e quindi ampiezza di quello della mira.

- CALIBRAZIONE GEOMETRICA ASSOLUTA. La calibrazione geometrica assoluta si basa su un rapporto di grandezza tra il diametro dell'occhio e quello dell'iride. Infatti, il diametro medio dell'occhio è di 24mm, così come quello medio dell'iride è di 12mm: di conseguenza il centro dell'occhio vede il diametro dell'iride sotto un angolo di 60° . Si può perciò calcolare un valore di calibrazione che deriva dal quoziente tra il numero di pixel dell'immagine compresi nel diametro dell'iride e l'angolo di 60° .

In pratica l'esaminatore segnerà con il mouse le estremità del diametro dell'iride in un'immagine in cui l'occhio è visto di fronte nella posizione primaria; il programma di acquisizione fornisce quindi istantaneamente il valore di calibrazione. È sottinteso che questa modalità di calcolo è approssimativa poiché bisogna tenere conto che esiste una dispersione attorno ai valori medi di 24mm e 12mm relativi alle dimensioni del globo oculare e del diametro dell'iride. Tuttavia lo studio delle correlazioni tra la calibrazione visiva eseguita in buone condizioni e la calibrazione geometrica dimostra che la dispersione dei valori è meno elevata che con la calibrazione statistica media, potendo fare affidamento su una precisione dell'ordine del 10%. Quest'ultima è più che soddisfacente nella

pratica quotidiana, poiché questa modalità di calibrazione resta limitata ai casi di calibrazione visiva incerta o impossibile.

- CALIBRAZIONE GEOMETRICA RELATIVA. La calibrazione geometrica relativa permette semplicemente di trasportare il valore di una calibrazione visiva già misurata da una maschera all'altra. Tipicamente si utilizza nel passaggio dall'utilizzo di una maschera VOG a quello di una maschera VNG. A questo scopo si misura prima il diametro dell'iride con la maschera VOG, quindi si procede alla calibrazione visiva con la medesima maschera VOG, ovvero nelle migliori condizioni possibili dato che la visione è binoculare e che l'occhio che insegue la mira è proprio quello che viene filmato. Infine si sostituisce la maschera VOG con quella VNG con la quale si esegue nuovamente la misura del diametro dell'iride. È evidente come le differenze nel diametro dell'iride con una maschera piuttosto che con un'altra non dipendono dall'occhio stesso ma da fattori ottico-geometrici relativi alle telecamere come la differente distanza tra queste e l'occhio e la differente focale degli obiettivi. In queste condizioni è facile calcolare un coefficiente di correzione basato sul rapporto dei diametri dell'iride e da applicare al valore della calibrazione visiva della VOG per poter dedurre quella della VNG. Quindi se D_1 è il diametro dell'iride con la VOG, C il valore della calibrazione con la VOG e D_2 il diametro dell'iride con la VNG allora il valore calcolato della calibrazione per la VNG sarà $C*(D_1/D_2)$.

- CALIBRAZIONE STATISTICA. L'ultima modalità di calibrazione è quella statistica media. Per qualunque maschera il valore di calibrazione dipende: (a) Dalla distanza tra la telecamera e l'occhio, essa stessa in relazione alla conformazione anatomica della regione facciale su cui appoggia. Per la maschera VNG questa distanza è dell'ordine di 3,5cm, tanto quanto per quella VOG è usualmente più grande. (b) Dalla focale dell'obiettivo, che resta fissa per una data maschera ma che può variare passando da una maschera all'altra. È più lunga per la VOG e più grandangolare per la VNG. (c) dal diametro antero-posteriore dell'occhio il cui valore medio è di 24mm. Esso può essere più corto nei soggetti ipermetropi o più lungo in quelli miopi. Per la maschera VNG il valore della calibrazione statistica media è di 20pixels/grado.

- I PARAMETRI DEI SACCADICI. Una volta eseguita la calibrazione, i parametri da considerare al momento dell'interpretazione dei risultati del test dei saccadici sono: (a) La latenza di rifissazione, ovvero il tempo che separa l'istante della deflessione della mira da quello della deflessione dell'occhio. Tutte le latenze inferiori a 80msec non vengono prese in carico per la misura automatica, poiché si tratta evidentemente di un'anticipazione. Allo stesso modo tutte le latenze superiori a 360msec non sono considerate perché esprimono un difetto di attenzione. (b) La velocità media di rifissazione, che va interpretata in funzione

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

dell'angolo realmente percorso e quindi della precisione. (c) La precisione, che è il rapporto tra l'ampiezza del saccadico di rifissazione e l'angolo di deflessione della mira. Si osserverà, a causa dell'errore di approssimazione, un'ampiezza del saccadico di rifissazione leggermente inferiore a quella ideale. Il raggiungimento del bersaglio avviene grazie ad un ulteriore saccadico, detto di correzione, che possiede una latenza più breve rispetto al precedente. La precisione del saccadico esprime in percentuale il rapporto tra l'ampiezza del saccadico di rifissazione effettuato e quella della deflessione della mira. Lo studio del campo di variazione normale della precisione di saccadici di 40° mostra che questa è compresa tra il 75 ed il 100%. Al di sotto del 75% l'ipometria è patologica, al di là del 100% l'ipermetria è ugualmente patologica. L'interesse della misura della precisione è duplice: da una parte lo studio delle dismetrie è un buon indice delle affezioni cerebellari, e dall'altra parte bisogna ricordare che la velocità normale del saccadico di rifissazione aumenta in funzione del crescere dell'angolo di deflessione. È per questo che può risultare utile la rappresentazione grafica dei risultati utilizzando un grafico che presenta la velocità in funzione della precisione (8,14,15).

(4) STUDIO DEI MOVIMENTI OCULARI: IL PURSUIT

L'inseguimento lento sinusoidale è estremamente sensibile alle indicazioni fornite al paziente sia prima di iniziare il test che durante l'esecuzione del test stesso. Lo studio del pursuit si inserisce logicamente subito dopo quello dei saccadici, essendo quest'ultimo un preliminare indispensabile alla calibrazione in ampiezza. In queste circostanze non è raro che pazienti, condizionati dalle indicazioni fornite nel test precedente, anticipino il movimento continuo della mira e la vadano ad attendere alle due estremità dello schermo, realizzando così dei saccadici senza pursuit. Tali saccadici sono, di conseguenza, separati da pause più o meno stabili in relazione all'assenza di un repere visivo di fissazione. Al termine della pausa la mira in movimento cade nuovamente nel campo della visione centrale del paziente e quest'ultimo ripete il ciclo del saccadico di anticipazione. È perciò essenziale che l'esaminatore informi preventivamente il paziente di ciò che dovrà fare durante il test, e che durante l'esecuzione dello stesso si prodighi sia di incoraggiamenti sia di modificare le indicazioni impartite a seconda dei risultati ottenuti. Fondamentale risulta la distinzione tra saccadici di anticipazione e saccadici di recupero. I primi sono di solito di grande ampiezza, e quindi poco numerosi, manifestandosi giusto dopo l'attimo in cui la mira cambia il verso del movimento (in corrispondenza della sommità della sinusoide che rappresenta la traccia di posizione dell'occhio). I secondi derivano dalla reale difficoltà di stare al passo con il movimento della mira e sono per-

ciò numerosi e ben distribuiti lungo tutto il tragitto della sinusoide. Quest'ultimo tipo di saccadici non testimonia un'incomprensione od una cattiva volontà da parte del paziente; di conseguenza, risulta poco o per nulla sensibile al rinnovo delle indicazioni.

Il guadagno del pursuit è definito come il rapporto tra la velocità dell'occhio e la velocità della mira. L'osservazione di una traccia di posizione dell'occhio continua senza irregolarità è la garanzia di un guadagno uguale o molto prossimo all'unità. Al contrario se la traccia contiene molti saccadici, riconoscibili dalla pendenza molto più elevata rispetto al pursuit, sia di anticipazione che di recupero, il guadagno sarà inferiore all'unità ma di una proporzione spesso assai difficile da valutare ad occhio nudo. È per questo che solo lo studio quantitativo permetterà di distinguere con sicurezza i guadagni normali da quelli patologici e di verificare in più tests la riproducibilità delle misure. Una forte dispersione dei valori esprime nella maggioranza dei casi un'incomprensione od una cattiva volontà del paziente: i risultati dovranno perciò essere considerati con circospezione. La ripetizione del test associata al rinnovo delle consegne porta generalmente ad un miglioramento dei risultati.

La frequenza consigliata è quella di 0,4Hz che è preferibile ridurre a 0,3Hz dopo i 50 anni (8,14,15).

(5) TEST DEL RIFLESSO OTTICOCINETICO (OKN)

L'evocazione del riflesso otticocinetico presuppone che il campo visivo di un paziente immobile sia integralmente occupato da un'immagine pattern che scorre in modo continuo in una direzione, avendo verso e velocità predefiniti. Questa immagine deve essere quanto più neutra possibile, in modo da evitare l'intervento del pursuit volontario di uno o più oggetti di interesse. Infine si tratta di una stimolazione che deve coinvolgere soprattutto la retina periferica: per questo l'immagine dovrà essere in bianco e nero, dato che la sensibilità per i colori della retina si riduce tanto più quanto ci si allontana dal campo della visione foveale. L'ideale perciò è quello di avvicinarsi quanto più al tamburo di Barany con le sue bande alternate bianche e nere. La maschera della VNG limita il cono di visione a $\pm 28^\circ$ producendo così una stimolazione relativamente poco periferica; inoltre la proiezione dell'immagine sullo schermo induce una luminosità ambientale che può favorire la fissazione di reperi spaziali immobili eventualmente presenti nel campo della visione. È per questi motivi che il risultato non è più un vero riflesso otticocinetico ma un mélange tra questo e un pursuit volontario. Tuttavia e nonostante le precedenti restrizioni, lo studio del nistagmo di origine otticocinetica rimane un utile complemento del pursuit sinusoidale. È infatti possibile rivalutare il guadagno e la simmetria nonché si può osservare la funzionalità della

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

nistagmogenesi sotto l'influenza delle sole entrate visive, a differenza del VVOR in cui l'entrata vestibolare è attiva.

La tecnica di videoproiezione dell'immagine che scorre sullo schermo impone il rispetto di certi vincoli legati alla frequenza di proiezione delle immagini. Così per delle velocità elevate si deve automaticamente adattare la larghezza delle bande in modo da mantenere un effetto soggettivo di continuità del movimento dell'immagine. La velocità standard è quella dei 30°/sec (8,14,15).

LE INNOVAZIONI DELLA VIDEONISTAGMOGRAFIA NELLO STUDIO DELLA FUNZIONE VESTIBOLARE

Se nella geometria euclidea tre punti non allineati sono sufficienti a definire un piano, analogamente nell'esplorazione funzionale vestibolare la stabilità delle conclusioni riposa sulla stima simultanea di almeno tre parametri: la preponderanza direzionale, la riflettività vestibolare e l'ipovalenza (3,13,15,16).

DEFINIZIONI

(1) La preponderanza direzionale. Esprime un'asimmetria significativa della risposta nistagmica evocata da una stimolazione di qualunque natura (cinetica o termica) e, requisito imprescindibile, di intensità simmetrica.

(2) La riflettività vestibolare. Corrisponde all'attitudine del vestibolo, sia considerato isolato che in coppia, a reagire ad un dato stimolo. A seconda che la stimolazione e la risposta si possano misurare o no con la stessa unità di misura, l'espressione numerica della riflettività sarà differente.

(3) L'ipovalenza. Traduce il deficit sensoriale di un vestibolo rispetto all'altro. In relazione alla necessità di separare l'attività dei due vestiboli per eseguire la necessaria comparazione, il termine ipovalenza è praticamente riservato alle sole prove termiche.

SIGNIFICATO ED INTERESSE CLINICO

(1) La preponderanza direzionale

È un parametro che ha goduto fino ad oggi di scarsa considerazione in quanto, nella metodica di registrazione ENG, risulta pressoché impossibile distinguere movimenti dell'occhio molto lenti dagli artefatti secondari alle derive della tensione di polarizzazione degli elettrodi. Grazie alle attuali metodiche di registrazione VNG, in cui gli elettrodi sono stati sostituiti dalle videocamere ad infrarossi, gli artefatti di cui sopra non sussistono più e, di conseguenza, non vi sono limiti inferiori nella precisione con cui si può misurare la velocità della fase lenta del nistagmo.

————— Videoculografia e videonistagmografia digitale all'infrarosso —————

La preponderanza direzionale esprime un difetto nel bilanciamento della funzione vestibolare in senso lato. Questo significa come non soltanto i fattori che agiscono a livello dei recettori del sistema vestibolare ma tutti quelli in grado di creare un'asimmetria funzionale sull'uscita oculomotoria possono generare una preponderanza. Tali fattori ad azione perturbatrice possono, di conseguenza, risiedere a qualunque livello del processo di nistagmogenesi.

Sul piano dell'interesse clinico l'esplorazione quotidiana delle affezioni vestibolari permette di riscontrare una stretta correlazione tra l'intensità della preponderanza e quella della sindrome vertiginosa che conduce all'osservazione. La sintomatologia lamentata dai pazienti è in relazione al grado di preponderanza e mai all'entità dell'ipovalenza: le areflessie unilaterali in buon compenso statico e dinamico sono pressoché asintomatiche. Infine l'evoluzione dell'intensità della preponderanza sarà un buon indicatore per monitorare l'efficacia di un qualsiasi protocollo terapeutico.

	VESTIBOLO- OCULARE	VESTIBOLO- SPINALE	VESTIBOLO- VEGETATIVA	VESTIBOLO- CORTICALE
<i>PD < 2°/sec</i>	Nessun disturbo della visione	Nessun disturbo della marcia	Nessun segno o sintomo	Nessuna sensazione
<i>2°/sec < PD < 5°/sec</i>	Nessun disturbo della visione	Instabilità transitoria	Talora inappetenza	Vaga insicurezza nell'equilibrio
<i>5°/sec < PD < 10°/sec</i>	Difficoltà nella fissazione	Instabilità persistente	Nausea	Senso di fluttuazione
<i>PD > 10°/sec</i>	Instabilità o rotazione dell'ambiente	Instabilità invalidante	Nausea, vomito, sudorazione, pallore	Senso di vertigine

(2) La riflettività vestibolare

La riflettività esprime l'attitudine del recettore vestibolare a rispondere alle stimolazioni. La misura assume un significato molto differente a seconda che la stimolazione sia cinetica o termica. Infatti, solo le prove cinetiche applicano uno stimolo fisicamente definito a livello di una coppia di canali semicircolari. L'omogeneità tra le unità di misura di questo stimolo e quella della risposta oculomotoria riflessa, entrambe delle velocità, permette di stabilire un rapporto preciso (guadagno o gain) tra questi due valori. Al contrario nei tests termici, poiché lo stimolo ha come unità di grandezza quella di una temperatura e la risposta evocata ha invece quella di una velocità, risulta impossibile applicare il concetto di guadagno. Essi tuttavia rimangono dei tests irrinunciabili in quanto sono l'unica modalità d'esame in grado di interrogare un solo vestibolo alla volta e perciò di

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

ripartire percentualmente tra il vestibolo destro e quello di sinistro la riflettività misurata dalle prove cinetiche.

(3) L'ipovalenza

In relazione alla sua importanza nella pratica quotidiana il termine ipovalenza ammette più sinonimi, i più diffusi sono: iporeflettività relativa, deficit unilaterale, paresi. Tutti questi termini hanno un punto in comune: vogliono suggerire che l'affezione vestibolare risieda dal lato che reagisce di meno.

La misura dell'ipovalenza riposa su tre presupposti: (a) La simmetria della stimolazione. (b) La simmetria dell'accoppiamento termico tra l'orecchio medio ed il canale laterale. (c) La simmetria delle condizioni di inibizione centrale passando a stimolare prima un orecchio e poi l'altro.

Sul piano pratico l'esaminatore dovrà tenere conto delle tre condizioni precedenti prima di interpretare il significato clinico della misura di ipovalenza e decidere, inoltre, se l'affezione risieda realmente dal lato del labirinto che dà luogo alla risposta meno intensa. In certi casi la complessità del quadro obbligherà a seguire nel tempo l'evoluzione della riflettività calorica per poter interpretare correttamente il significato dell'ipovalenza evidenziata alla prima visita (1,2,3,13,16).

CONDIZIONI DI MISURA

Il nistagmo è una forma di risposta oculare adattata a dei movimenti della testa la cui ampiezza è tale da esigere una successione di movimenti saccadici di rifissazione dell'occhio. Se si sottraggono tali saccadici tutto avviene come se l'occhio non avesse più dei limiti anatomici al suo angolo di rotazione, un po' come se la natura l'avesse posto sulla sommità del cranio a guisa di un faro. Questa operazione di sottrazione dei saccadici, che il software della VNG compie in tempo reale, permette di registrare una curva, la cosiddetta cumulata delle fasi lente. Questa cumulata rappresenta perciò il movimento che l'occhio avrebbe effettuato se il suo angolo di rotazione non fosse stato limitato dall'anatomia dell'orbita.

La VNG ha abbattuto due barriere tecnologiche importanti che nell'ENG perturbavano od ostacolavano le misurazioni della preponderanza o dell'ipovalenza a partire dalla velocità della fase lenta ovvero: (a) Le derive imprevedibili della tensione di polarizzazione degli elettrodi che falsavano le misure della preponderanza. (b) Le variazioni altrettanto imprevedibili del potenziale corneo-retinico che falsavano le misure della riflettività e dell'ipovalenza. La soppressione di questi due impedimenti tecnologici ha causato a sua volta due conseguenze: (a) Da una parte le misure della velocità della fase lenta vengono di rego-

————— *Videoculografia e videonistagmografia digitale all'infrarosso* —————

la preferite a quelle della frequenza. (b) Dall'altra certe elaborazioni, che erano perfettamente adeguate ai limiti della ENG, sono state abbandonate e rimpiazzate da altre che tengono conto dei vantaggi della VNG.

RINGRAZIAMENTI

Un sentito ed affettuoso ringraziamento all'amico e maestro Erik ULMER, otovestibologo di Marsiglia, illuminato cultore della scienza vestibologica e padre indiscusso della videoculografia. A lui il merito di averci trasmesso l'entusiasmo, la passione ed il rigore scientifico per districarci con intelligenza e criterio nel "labirinto" dell'otoneurologia.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Bibliografia

1. ARMATO E., FERRI E., MICHIELETTO O.: Il nistagmo "up-beating" nei traumi cranici e del rachide cervicale: studio videoculografico di 569 casi. *Acta Otorhinolaryngol Ital* 2001; 21(2): 77-86.
2. ARMATO E., FERRI E., GARCIA PURRIÑOS F.: Resultados del análisis videonistagmográfico (VNG) en la patología vestibular post-traumática. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2001; 52(7): 273-8.
3. ARMATO E., FERRI E., ULMER E.: La rilevazione della preponderanza direzionale assoluta con metodica videonistagmografica (VNG): un significativo indice di compenso funzionale nella diagnostica vestibolare. *Audiologia Newsletter* 2002; 7(4): 3-9.
4. BALOH R.W., HALMAGYI G.M.: Disorders of the vestibular system. Oxford University Press, p. 208, 1996.
5. CHAYS A., ULMER E., MAGNAN J., MARTIN R.: La videonystagmoscopie : une nouvelle technique d'exploration des troubles de l'équilibre. *J Fr ORL* 1994; 43: 151-3.
6. DUFOUR A., MIRA E., PIGNATARO O.: Otoneurologia clinica. Centro Ricerche e Studi Amplifon, pp. 116-117, 1993.
7. FRISINAA., PIAZZA F., QUARANTA N.: Infrared videonystagmography in vestibular diagnosis. *Acta Biomed Ateneo Parmense* 2000; 71(5): 193-9.
8. GUILLEMANT P., ULMER E.: Videonystagmographie Ulmer version 1.3 – Manuel d'utilisation. Marseille, Synapsys, 1995.
9. KATAGIRI S., HOZAWA J., SASAKI K.: Observations of nystagmus by television camera and videocorder. *Int Symp on Vestibular & Oculomotor problems*, 1965; pp. 239-44.
10. SCHERER H., TEIWES W., CLARKE A.H.: Measuring three dimensions of eye movement in dynamic situations by means of videoculography. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 1991; 111: 182-7.
11. ULMER E., CHAYS A., DE GASQUET R., MAGNAN J., BRÉMOND G.A.: Exploration labyrinthique. Mesure des vitesses de phase lente versus analyse fréquentielle. Etude de 4000 cas. *J Fr ORL* 1989; 38 (2): 88-91.
12. ULMER E.: Le vestibule: un iceberg des risques de naufrage. Ed. Lab. Janssen, Paris, 1992.
13. ULMER E., HERMAN P., TOUPET M., GENTINE A., NEGREVERGNE M., BOUSSENS J., DUCLAUX R., BIBOULET R., ESTÈVE-FRAYSSÉ M.J., DUMAS G., TRONCHE S., TRAN BA HUY P.: L'épreuve rotatoire impulsionnelle ne remplace pas les tests caloriques". *Ann Otolaryngol Chir Cervicofac* 1995; 114(5): 165-175.
14. ULMER E., CHAYS A., MAGNAN J.: Les explorations fonctionnelles des voies vestibulo-oculaires: la video-nystagmoscopie. In: Magnan J., Freyss G., Conraux C.: *Troubles de l'équilibre et vertiges. Rapport de la Société Française d'ORL et pathologie cervico-faciale*, 177-85, 1997.
15. ULMER E.: Les explorations fonctionnelles des voies vestibulo-oculaires: la video-nystagmographie. In: Magnan J., Freyss G., Conraux C.: *Troubles de l'équilibre et vertiges. Rapport de la Société Française d'ORL et pathologie cervico-faciale*, 186-99, 1997.

————— *Videoculografia e videonistagmografia digitale all'infrarosso* —————

16. ULMER E., MAGNAN J., CHAYS A.: Aréflexie vestibulaire bilatérale: une notion toute relative. *Ann Otolaryngol Chir Cervicofacial* 2002; 119(4): 216-26
17. VICINI C., CAMPANINI A.: Nuove metodiche di registrazione dei movimenti oculari: la video-oculografia e la oculografia a riflessione di infrarossi. *Atti XII° Giornata Italiana di Otoneurologia*. Pavia, 29-30 settembre 1995 - Ed.Formenti, Milano, 1995
18. VICINI C., CAMPANINI A., AMARETTI B., STRADAIOLI G.: L' apporto della video-oculografia alla conoscenza della fisiopatologia del labirinto posteriore: aspetti innovativi ed originali rispetto alle metodiche tradizionali. *Atti XIII Giornate Italiane di Otoneurologia*, Forte dei marmi, 28 settembre 1996 – Ed.Formenti, Milano 1996
19. VIEVILLE T., MASSE D.: Ocular counter-rolling as an indicator of vestibular function. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 1987; 103: 280-90.

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

I MOVIMENTI ATTIVI DEL CAPO AD ALTA FREQUENZA

Massimo Spanio, Stefano Rigo, Max Renco

E' ben nota l'importanza dell'integrazione dei sistemi vestibolare, visivo e somatosensoriale nel controllo del movimento. L'evidente ridondanza di informazioni sensoriali del sistema dell'equilibrio risponde però ad una precisa specializzazione funzionale dei vari sistemi sensoriali in termini di banda passante dei movimenti. Il moto della testa è costituito da un insieme disordinato di rotazioni a varia frequenza nei tre piani spaziali, ed è stato calcolato che durante la deambulazione e la corsa si verificano movimenti del capo aventi frequenze che raggiungono, soprattutto nei movimenti verticali, i 7- 10 Hz. Ora il sistema vestibolare è quello che ha il compito di rilevare movimenti a frequenza medio-alta (fino a 6-7 Hz), il sistema ottococinetico e quello propriocettivo quello di rilevare movimenti a bassa frequenza (rispettivamente da 0 fino a 0.1 Hz e da 0 fino a 0.8 Hz), ed il sistema dell'inseguimento visivo lento quello di rilevare le frequenze medio-basse (da 0.01 fino a 2 Hz) (Fig. 1). Essendo quindi il sistema vestibolare un rilevatore passa-alto dei movimenti del capo, in un paziente che lamenti vertigini il riflesso vestibolo-oculare (VOR) dovrebbe essere indagato con movimenti rapidi ad alta frequenza. La maggior parte delle sedie rotatorie esistenti in commercio non supera i 2-3 Hz, ed è stato per questo motivo che oltre 20 anni fa alcuni ricercatori e clinici hanno pensato di utilizzare la testa stessa dei

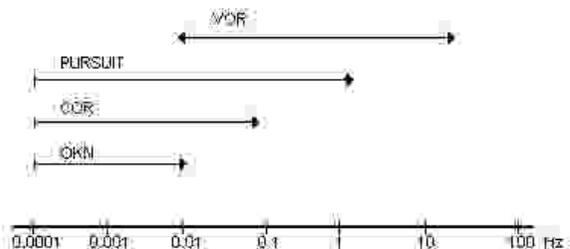


Figura 1. Bande passanti del nostro schema dell'equilibrio. Il VOR è l'unico rilevatore passa-alto dei movimenti del capo con frequenze che vanno da 2 a 9-10 Hz.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

pazienti come stimolatore del sistema vestibolare ⁽¹⁷⁾. Con questo sistema, utilizzando movimenti volontari, attivi del capo si è in grado di esplorare frequenze fino a 6-7 Hz.

Tra i problemi che hanno in parte condizionato le risposte delle stimolazioni rotatorie tradizionali vi sono quelli legati alle condizioni di attenzione e alle condizioni visive. Con i movimenti attivi della testa è stato dimostrato che oltre i 2 Hz le condizioni di attenzione e le condizioni visive sono ininfluenti ^(9,10). Ciò ha semplificato la metodica dei movimenti attivi della testa e, nel caso di nistagmografia, anche la problematica della stabilizzazione dei potenziali corneo-retinici.

Un'altro problema che è sorto è quello se vi fosse una diversità di risposta tra movimenti attivi e movimenti passivi (su sedia rotatoria) della testa, ma è stato dimostrato che in realtà le differenze sono insignificanti ⁽¹⁰⁾.

Da queste premesse risulta che la metodica di indagare il riflesso vestibolo-oculomotore con i movimenti attivi del capo è semplice, fisiologica, sicura ed economica. In fondo non occorrono grosse e costose apparecchiature; il paziente deve fare con il capo delle piccole rotazioni sinusoidali a frequenza progressivamente più veloce, sul piano trasversale (movimenti di no) e poi su quello sagittale (movimenti di sì). Nel caso si vogliano indagare anche gli effetti delle interazioni visive sul vestibolare è possibile analizzarli a frequenze inferiori ai 2 Hz ove il sistema dell'inseguimento visivo lento funziona ancora bene.

METODICA

Il paziente viene fatto sedere su una sedia confortevole con schienale, in modo da avere però completa libertà nei movimenti del capo e del collo.

La registrazione dei movimenti oculari avviene tramite elettro-oculografia: elettrodi attivi posti orizzontalmente in zona bitemporale e verticalmente sopra e sotto uno degli occhi, ed elettrodo riferimento posto in mezzo alla fronte. A livello di laboratorio, ma non ci risulta in ospedale, sono stati utilizzati anche sensori magnetici (search coil technique).

Per la taratura dell'ampiezza dei movimenti oculari i pazienti sono fatti sistemare a 130 - 150 cm. da una barra a LED, e invitati a seguire con lo sguardo una mira luminosa che si sposta orizzontalmente e verticalmente sulla barra, in posizioni il cui l'angolo è noto, stando fermi con la testa. Talora viene effettuata una calibrazione dinamica dei movimenti oculari utilizzando i primi secondi della registrazione fatti alle frequenze più basse (0.5-0.8 Hz).

I movimenti del capo vengono registrati mediante un leggero accelerometro piezoelettrico fissato ad un caschetto simile a quello dello specchio di Clar

I movimenti attivi del capo ad alta frequenza

(Fig. 2). Il caschetto deve essere applicato saldamente alla testa del soggetto in esame in modo da evitare slittamenti inerziali che potrebbero falsare l'esame. Vengono anche utilizzati sensori di velocità o potenziometri (misuratori della posizione). Alcuni autori hanno anche utilizzato un sensore magnetico per controllare i movimenti del capo.

I movimenti attivi vengono eseguiti volontariamente guidati da un metronomo che scandisce ritmo e frequenza.

I pazienti dopo una prova libera, vengono sottoposti ai tests. Vengono invitati a fissare una mira luminosa fissa alla parete e a muovere ritmicamente la testa da sinistra a destra e viceversa (test orizzontale), o dall'alto al basso e viceversa (test verticale), all'inizio alla frequenza di 0.5 Hz e poi a frequenze via via più alte (fino a 6 Hz) seguendo i segnali acustici. Questo test ha una durata massima di 15-18 secondi. La prima parte del test implica delle interazioni visuovestibolari, quanto meno fino ai 2 Hz che rappresentano il limite superiore del sistema di inseguimento visivo lento. La seconda parte del test investiga invece la sola componente vestibolare (VOR). E' stata proposta anche la variante del test in cui il soggetto in esame muove la testa seguendo una mira visiva solidale alla sua testa. Si tratta di un'altro tipo di interazione visuovestibolare in cui il sistema visivo, alla frequenze di stimolazione più basse (inferiori ai 2 Hz), tende a sopprimere la risposta oculare allo stimolo vestibolare (tipo VOR-Fix).

Generalmente ciascun test viene ripetuto tre volte per assicurarsi dei risultati.



Figura 2. Caschetto usato dal paziente durante la prova di autorotazione: l'accelerometro angolare piezoelettrico, del peso di pochi grammi, registra la velocità angolare del capo. Può essere ruotato intorno al suo asse di 90° per le registrazioni dei movimenti verticali.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Per quanto riguarda l'elaborazione dei segnali la procedura è la seguente.

L'amplificazione, l'acquisizione (da 100 a 400 Hz), la digitalizzazione, il filtraggio passabasso, l'elaborazione e l'analisi dei segnali relativi ai movimenti degli occhi e della testa vengono fatti da un software in modo automatico o semiautomatico. I segnali della testa e degli occhi vengono convertiti in segnali di velocità per calcolare il guadagno, la fase e la simmetria del riflesso oculomotore.

1. Il guadagno come rapporto tra velocità degli occhi e velocità della testa.

2. La fase come anticipo o ritardo del segnale di posizione degli occhi rispetto alla testa, espressa con sottrazione di 180° (ad esempio 175 gradi sono espressi come -5 gradi).

3. La simmetria come rapporto tra i drift oculari nelle opposte direzioni (calcolati sulle velocità).

Talora assieme alla visualizzazione dei tracciati della velocità degli occhi e della testa, possono venir visualizzati anche i tracciati di posizione degli stessi perchè possono fornire dettagli di eventuali meccanismi compensatori in caso di deficit del VOR (ad esempio saccadi nella stessa direzione del movimento oculare lento).

Attualmente sono in commercio due sistemi computerizzati: il VAT[®] (Vestibular Autorotation Test) e il VORTEQ[®] (Vestibular Ocular Reflex Test Equipment).

RISULTATI IN LETTERATURA

1) NORMALI

Un tracciato di velocità di una risposta oculare ai movimenti della testa è illustrata nella Fig. 3: risposta lenta sinusoidale, di opposta polarità ai movimenti della testa. I movimenti della testa e degli occhi, ampi a bassa frequenza, vanno poi diminuendo d'ampiezza con il crescere della frequenza.

Nei movimenti orizzontali i guadagni medi sono quasi unitari da 1 a 3 Hz, e scendono poi lievissimamente alle frequenze di 4-5 Hz⁽⁶⁾. Visionando i tracciati di velocità si nota che alle frequenze più elevate (5-6 Hz) l'ampiezza del tracciato oculare è lievemente più piccola del corrispondente tracciato della testa. Al di sopra dei 2 Hz non appaiono rilevanti differenze di guadagno nei soggetti normali: le deviazioni standard sono piccole. Il ritardo di fase è circa di -8 a 2 Hz e di -12 gradi a 5-6 Hz⁽³⁾ (Fig. 4). L'asimmetria orizzontale è di circa +/- 3%⁽¹⁵⁾.

Per quanto riguarda i movimenti verticali, il guadagno medio, unitario fino a 3 Hz, sale poi a 1.2 a 5-6 Hz, mentre la fase che ha un ritardo di circa -10 gradi a 2 Hz, sale leggermente a -14 gradi attorno ai 4-6 Hz (Fig. 5).

I movimenti attivi del capo ad alta frequenza

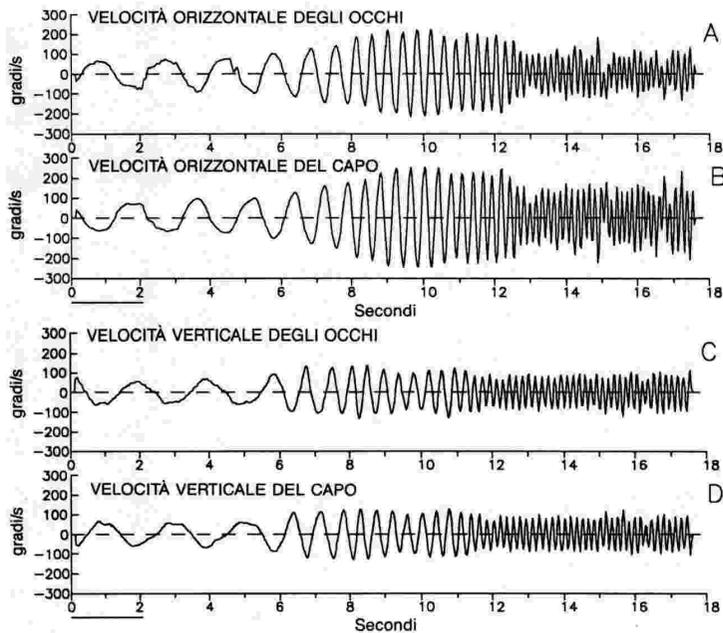
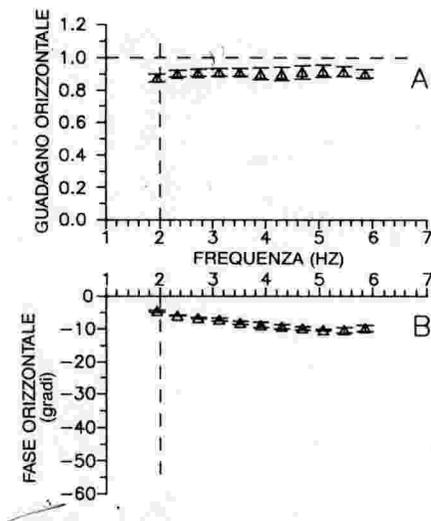


Figura 3. Tracciati degli occhi (A) e della testa (B) nei movimenti attivi orizzontali, e verticali (C e D) in un soggetto normale con frequenze da 1 a 6 Hz. I movimenti degli occhi appaiono contrari a quelli del capo ed in perfetta controfase. Si può osservare l'assenza di nistagmo a queste ampiezze di movimento.



L'affidabilità dei risultati è stata comprovata sottoponendo alcuni soggetti normali ai test e ripetendoli ogni settimana per tre settimane: i risultati sono apparsi sovrapponibili nello stesso individuo (13, 14). Su questo punto si è registrato però anche un certo dissenso (2, 4). Comunque è certo che nello stesso individuo vi è una certa differenza nei valori di fase e guadagno tra la prova sul piano orizzontale e quella sul piano verticale.

Figura 4. Guadagni e fase nei movimenti del capo orizzontali da 1 a 6 Hz. Il ritardo di fase si incrementa con l'aumentare delle frequenze di rotazione.

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

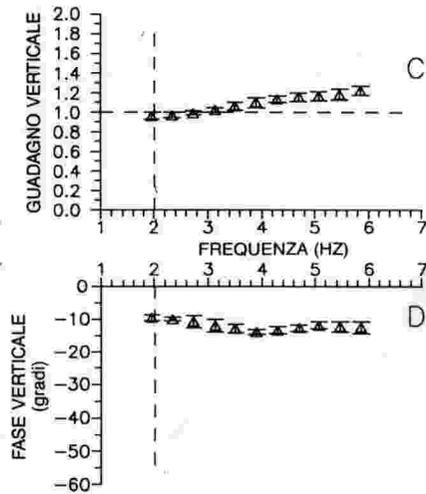


Figura 5. Guadagni e fase nei movimenti del capo verticali da 1 a 6 Hz. Si osserva l'accretere del gain e del ritardo di fase con l'aumentare delle frequenze di rotazione.

tati del VOR orizzontale sovrapponibili a quelli dei casi di controlli, mentre il VOR verticale mostrava, a frequenze superiori ai 3 Hz, un aumento di guadagno (1.2/1.6) ed una riduzione del ritardo di fase (< 10 gradi) (Fig. 6). I dati dimostrano una ipersensibilità ai movimenti rapidi del capo del VOR verticale e testimonierebbero la presenza di un recruitment vestibolare, avvalorando i risultati di Torok ottenuti con le stimolazioni caloriche.

b) Neurinoma dell'ottavo n.c.

In uno studio su pazienti labirintectomizzati unilateralmente, 3-6 mesi dopo la chirurgia, è stato osservato un lieve calo del guadagno, mediamente da un guadagno unitario a 1 Hz al valore di 0.8 a 3 Hz. E' stato documentato anche un aumento del ritardo di fase nelle frequenze sopra i 3 Hz (5). Tutti i pazienti mostravano asimmetrie di risposta a/sopra i 2 Hz: i movimen-

2) PATOLOGICI

Premettiamo che in genere nelle patologie si può verificare una diminuzione del guadagno oculare o viceversa un aumento. Il tracciato della velocità oculare è sempre sinusoidale come quello della velocità della testa, ma nel caso di una diminuzione o di un aumento del guadagno oculare, nel tracciato potranno comparire delle scosse rapide rispettivamente nella stessa direzione o in direzione opposta al movimento lento che indicano il tentativo ridurre lo slip retinico, e che danno quasi l'impressione di scosse di nistagmo.

a) Malattia di Meniere

Nei menierici gli studi di O'Leary e Davis (13, 14) hanno evidenziato risul-

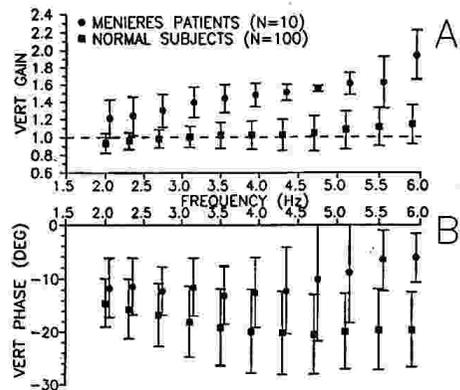


Figura 6. Risultati di alcuni Menierici confrontati con casi di controllo: nel verticale il guadagno sopra i 3 Hz evidenzia un marcato incremento.

I movimenti attivi del capo ad alta frequenza

ti erano devianti in direzione del lato della labirintectomia (dall'8 al 20%) (Fig. 7) ⁽¹⁵⁾. Per la precisione valori simili di asimmetria erano evidenti anche prima della chirurgia ed erano correlabili alle dimensioni dei neurinomi.

c) Labirintopatia bilaterale (ototossicità da aminoglicosidi e da cisplatino)

Pazienti trattati con aminoglicosidi, totalmente areflettici alla stimolazione vestibolare calorica (anche a 0°C), nella prova con i movimenti attivi mostravano invece la persistenza di una certa risposta vestibolo-oculomotoria pur con guadagni gravemente ridotti ^(1, 8). In alcuni pazienti il guadagno del VOR orizzontale era lievemente compromesso alla frequenza di 1 Hz, ma

decreseva rapidamente man mano che si saliva di frequenza: da un guadagno attorno a 0.9 ad 1 Hz scendeva a valori tra 0.8 e 0.4 a 3 Hz. I ritardi di fase passavano da -5 gradi a 1 Hz a valori che raggiungevano anche i -50 gradi a 3 Hz.

Nel verticale la situazione era sovrapponibile: il guadagno risultava quasi unitario soltanto dove l'interazione visiva permetteva di sopperire al grave deficit vestibolare, cioè ad 1 Hz (fig. 6). A frequenze superiori ai 2 Hz e ad occhi chiusi il guadagno del VOR verticale appariva ridotto in modo molto grave.

Per quanto riguarda il cisplatino nove pazienti prima di un trattamento mostravano, sopra i 3 Hz, guadagni della risposta oculare orizzontale di 1/1.1 e ritardi di fase di -5/-10 gradi. Dopo il trattamento i guadagni scendevano a 0.8/0.7 e i ritardi di fase aumentavano a -13/-14 gradi (Kitsigianis et al, 1988). Il calo del guadagno era dose-dipendente, pertanto gli autori suggerivano l'uso di questa metodica per monitorare i danni del cisplatino sul vestibolare.

d) Lesioni del Sistema Nervoso Centrale

Le osservazioni su patologie cerebellari, troncoencefaliche o sopratentoriali sono state assolutamente sporadiche e perciò non tali da consentire di trarre considerazioni, nè tantomeno conclusioni, di qualsiasi tipo. Riportiamo solo un tracciato relativo ad un paziente con edema cerebrale da radioterapia ^(13, 14) (Fig. 8).

e) Attacco di panico

Nei pazienti affetti da attacchi di panico sono state rilevate anomalie molto

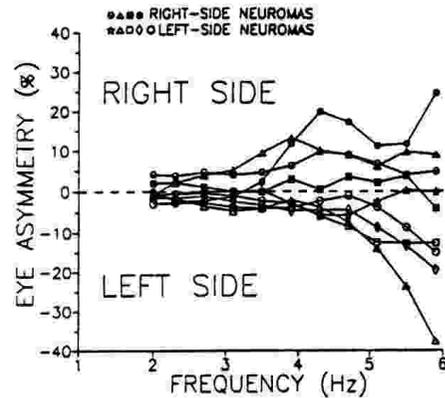


Figura 7. Asimmetria delle velocità nei neurinomi del nervo acustico: i pazienti con neurinoma destro (●) mostrano una asimmetria della velocità verso il lato destro, i neurinomi sinistri (○) verso la sinistra.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

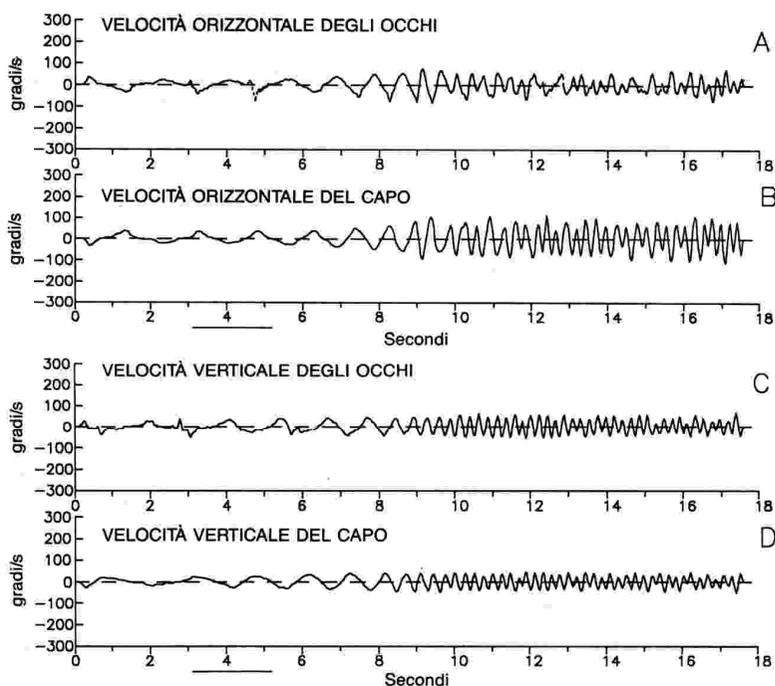


Figura 8. Risultati di un pz con edema cerebrale. I guadagni sono aumentati alle alte frequenze.

diverse della risposta oculare, ma comunque è stata notata sempre l'alterazione di almeno 1 dei seguenti parametri: guadagno orizzontale, fase orizzontale, guadagno verticale o fase verticale (7). In certi pazienti i guadagni delle risposte orizzontali e verticali erano normali, mentre oltre i 4 Hz la fase presentava un aumento del ritardo sia nell'orizzontale (fino a -35 gradi) che nel verticale (fino a -45 gradi). In altri pazienti erano presenti un aumento del guadagno orizzontale oltre i 4 Hz (1.2-1.4), una riduzione del ritardo di fase orizzontale (-3/-4 gradi a frequenze basse, -8/-10 gradi a frequenze elevate), un aumento del guadagno verticale dopo i 4 Hz (1.5-2), ed un ritardo di fase verticale pressochè normale. Infine in altri pazienti erano presenti alterazioni solo dei movimenti verticali: guadagni di 1.3 e 1.5 rispettivamente a 3 e a 4-5 Hz, e ritardi di fase aumentati a -25 gradi a 2 Hz. La simmetria era talora alterata.

f) Trauma distorsivo rachide cervicale

In questo gruppo di pazienti è stato scelto un limite massimo di rotazione di 3 Hz perchè generalmente il paziente con distorsione del rachide cervicale presenta delle limitazioni funzionali ai movimenti del collo.

I movimenti attivi del capo ad alta frequenza

I valori del guadagno erano generalmente normali ma in alcuni soggetti sono stati rilevati dei grandi ritardi di fase della risposta oculomotoria nei movimenti sul piano trasversale a bassa frequenza (fino a 1 Hz): ritardi dell'ordine di 40-90 gradi ⁽¹⁶⁾. Tali ritardi, evidenzia- bili anche alla semplice ispezione dei tracciati (fig. 9), scomparivano a frequenze superiori.

E' stato ipotizzato che il forte ritardo di fase possa essere una conseguenza dell'interferenza del COR sul VOR. Infatti la scomparsa del ritardo di fase a frequenze superiori ad 1 Hz corrisponde al comportamento di un sistema passa- basso con taglio a 1 Hz, come dovrebbe essere appunto il COR.

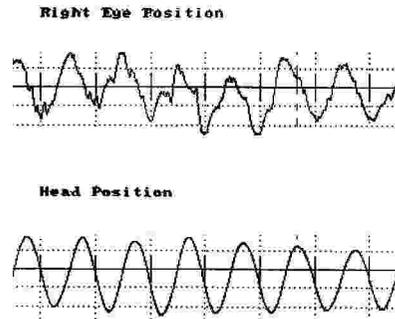


Figura 9 . Tracciati degli occhi e della testa nei movimenti attivi orizzontali in un soggetto con TDRC a frequenze di 1 Hz. I movimenti degli occhi appaiono contrari a quelli del capo. Si può osservare un marcatis- simo ritardo di fase nei movimenti oculari di compenso.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'utilizzo della metodica dei movimenti attivi del capo ci ha consentito di valutare vantaggi e svantaggi rispetto alle metodiche stimolatorie vestibolari più vecchie e collaudate.

Numerosi sono gli aspetti positivi, quali:

1) Rapidità di esecuzione. I tempi medi di esecuzione di una batteria di test e retest, sul piano trasversale e su quello sagittale, sono sensibilmente inferiori a quelli di una stimolazione calorica tipo Hallpike ma anche a quelli di quasi tutte le stimolazioni rotatorie.

2) Facile calcolo della risposta vestibolare. L'analisi di movimenti oculari a frequenze elevate di stimolazione, al di sopra dei 2 Hz, consente l'indagine della quota vestibolare pura, minimizzando la quota dovuta agli altri sistemi oculomotori. I movimenti rapidi ma limitati del capo evocano un movimento oculare di ridotta ampiezza che generalmente scatena poche fasi rapide (nistagmo), pertanto vi è un immediato riscontro della risposta vestibolare visionando i tracciati, ed il calcolo della velocità, pur eseguito dal calcolatore, risulta semplificato.

3) Analisi dinamica del sistema vestibolare. Questa metodica appare la più idonea e pratica per completare lo studio del sistema vestibolare sull'intero range

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

di frequenze che normalmente controlla e calcolare la funzionalità vestibolare residua in quei pazienti che appaiono areflettici a basse frequenze di rotazione o alle stimolazioni caloriche (ad esempio i pazienti trattati con aminoglicosidi). Lo studio delle frequenze tra 0.5 e 2 Hz consente l'analisi dell'efficienza delle interazioni visive sul sistema vestibolare.

4) Registrazione del VOR verticale. Non solo questo punto è estremamente innovativo rispetto le metodiche convenzionali, rotatorie o caloriche, ma ha anche dimostrato una sua autonoma validità nell'analisi di certe patologie vestibolari periferiche unilaterali.

5) Utilizzo di movimenti naturali e fisiologici. Certamente questa è la metodica di studio del sistema vestibolare e delle interazioni visuo-vestibolari più fisiologica che ci sia. La sua fisiologicità la rende ben tollerata dai pazienti, al contrario delle stimolazioni caloriche tipo Hallpike o delle stimolazioni rotatorie a gradino. La partecipazione attiva del paziente evita fenomeni di sonnolenza.

6) Metodica poco costosa. In fondo l'attrezzatura e il software d'analisi possono ormai quasi essere realizzati "in casa" con l'aiuto di un bravo tecnico.

Gli aspetti svantaggiosi sono i seguenti:

1) Assoluta necessità di collaborazione del paziente. La prova calorica e quella rotatoria non implicano nessuna collaborazione da parte del paziente, può essere effettuata anche su pazienti non collaboranti. Al contrario i movimenti attivi del capo richiedono una valida collaborazione del paziente.

2) Talora di difficile esecuzione. Vi possono essere delle difficoltà di esecuzione in pazienti anziani, o con problemi cervicali, o all'esordio di una patologia vestibolare severa.

3) Scarso valore topodiagnostico. A differenza delle stimolazioni rotatorie a bassa o media frequenza, i movimenti attivi del capo ad alta frequenza non consentono una buona identificazione del labirinto o del nervo vestibolare ipofunzionanti, tranne che con il calcolo della simmetria, fatto sulle velocità e non sulle posizioni. Inoltre la metodica dei movimenti attivi del capo non è stata finora utilizzata nelle patologie del Sistema Nervoso Centrale, e pertanto è piuttosto difficile prevedere se essa possa avere degli sviluppi topodiagnostici. Certamente la scarsità di fasi rapide nei tracciati renderà carente la visione di quel complesso meccanismo di interazioni tra fasi lente e fasi rapide che ha scatenato la fantasia e le fini interpretazioni topodiagnostiche degli studiosi di nistagmo provocato calorico o rotatorio.

4) Difficile interpretazione. Vi sono molte domande che non hanno trovato risposta. Facciamo due esempi derivati dalla nostra esperienza personale.

E' proprio vero che nei soggetti normali il guadagno del VOR verticale a frequenze elevate è superiore a 1, e che finalità avrebbe? Non è forse un errore

I movimenti attivi del capo ad alta frequenza

dovuto ai limiti della tecnologia di rilevazione? Con la tecnica del search coil (difficilmente applicabile in campo clinico) non sembra che i guadagni del VOR a frequenze elevate siano superiori a 1.

Come classificare un paziente vertiginoso che abbia guadagni del VOR bassi a frequenze basse (ove comunque risponde ancora bene il sistema di inseguimento visivo lento) e guadagni del VOR unitari a frequenze elevate ? Se in un caso come questo la vertigine è legata allo slip retinico alle frequenze basse, perché il paziente avverte vertigine proprio per i movimenti più rapidi?

La nostra conclusione è che malgrado i molti aspetti positivi, lo studio strumentale dei movimenti attivi ad alta frequenza presenta tuttora dei limiti e non ha raggiunto una sufficiente validazione topodiagnostica. Pertanto per il momento deve limitarsi a rappresentare uno dei vari test cui sottoporre un paziente vertiginoso. Poiché i test vestibolari ed otoneurologici sono numerosi lo specialista dovrà fare delle scelte per non affaticare eccessivamente i pazienti. Se utilizza però correntemente solo la stimolazione calorica potrebbe decidere di affiancare a questo test quello dei movimenti attivi, invece della più costosa stimolazione rotatoria, per valutare il sistema vestibolare e le interazioni visuo-vestibolari nella loro dinamicità.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Bibliografia

1. CHAMBERS B., MAI M. AND BARBER H.: *Bilateral vestibular loss, oscillopsia, and the COR*. Otolaryngol Head and Neck surgery: 93, 403-407, 1985.
2. CORVERA J., CORVERA-BEHAR G., LAPILOVER V. AND YSUNZA A.: *Evaluation of the Vestibular Autorotation Test (VAT) for measuring vestibular oculomotor reflex in clinical research*. Archives of medical research: 31, 384-387, 2000.
3. FINEBERG R., O'LEARY D. AND DAVIS L.: *Use of active head movements for computerized vestibular testing*. Arch Otolaryngol Head Neck Surg : 113, 1063-1065, 1987.
4. GUYOT J. AND PSILLAS G.: *Test-retest reliability of vestibular autorotation testing in healthy subjects*. Otolaryngol Head and Neck Surgery: 117, 704-707, 1997.
5. HIRVONEN T., PYYKKO I., AALTO H. AND JUHOLAM.: *Vestibulo-ocular reflex function as measured with the head autorotation test*. Acta Otolaryngol (Stockh): 117, 657-662, 1997.
6. HIRVONEN T., AALTO H., PYYKKO I. AND JUHOLA M.: *Phase difference of vestibulo-ocular reflex in head autorotation test*. Acta Otolaryngol (Stockh): suppl. 529, 98-100, 1997.
7. HOFFMAN D., O'LEARY D. AND MUNJACK D.: *Autorotation test abnormalities of the horizontal and vertical vestibulo-ocular reflexes in panic disorders*. Otolaryngol Head Neck Surg: 110, 259-269, 1994.
8. HYDEN D., LARSBY B., SCHWARZ D. AND ODKVIST L.: *Quantification of slow compensatory eye movements in patients with bilateral vestibular loss*. Acta Otolaryngol (Stockh): 96, 199-206, 1983.
9. JELLR., GUEDRYF. AND HIXSON W.: *The vestibulo-ocular reflex in man during voluntary head oscillation under three visual conditions*. Aviat. Space Environ. Med.: 53, 541-548, 1982.
10. JELLR., STOCKWELL C., TURNIPSEED G. AND GUEDRYF.: *The influence of active versus passive head oscillation, and mental set on the human vestibulo-ocular reflex*. Aviat. Space Environ. Med.: 59, 1061-1065, 1988.
11. KITSIGIANIS G., O'LEARY D. AND DAVIS L.: *Active head-movement analysis of cisplatin-induced vestibulotoxicity*. Otolaryngol Head Neck Surgery: 98, 82-87, 1988.
12. KITSIGIANIS G., O'LEARY D. AND DAVIS L.: *Vestibular autorotation testing of cisplatin chemotherapy patients*. Adv. Oto-Rhino-Laryng: 42, 250-253, 1988.
13. O'LEARY D. AND DAVIS L.: *High-frequency autorotational testing of the vestibulo-ocular reflex*. Neurol Clin: 8, 297-312, 1990.
14. O'LEARY D. AND DAVIS L.: *Vestibular autorotation testing of Meniere's disease*. Otolaryngol Head Neck Surg: 103, 66-71, 1990.
15. O'LEARY D., DAVIS L. AND MACERI D.: *Vestibular autorotation test asymmetry analysis of acoustic neuromas*. Otolaryngol Head Neck Surg: 104, 103-109, 1991.
16. SPANIO M E RIGO S.: *Studio del VOR e delle possibili interferenze del COR nelle lesioni da colpo di frusta*. In: Mira E. Il colpo di frusta. Formenti, Milano, pp 149-158, 1995.
17. TOMLINSON R., SAUNDERS G. AND SCHWARZ D.: *Analysis of human VOR during active head movements*. Acta Otolaryngol (Stockh): 90, 184-190, 1980.

LA VERTICALE E/O ORIZZONTALE VISIVA SOGGETTIVA

Paolo Vannucchi

L'esame vestibolare, attraverso l'osservazione dei nistagmi e con le prove termiche, studia principalmente il riflesso vestibolo oculomotore (VOR). Molte difficoltà ci sono sempre state per valutare il riflesso vestibolo spinale che trova, come principali recettori periferici, le macule otolitiche.

La percezione ed il controllo dell'orientamento della testa e del corpo nello spazio, relativo allo stimolo gravitazionale, è di fondamentale importanza per il mantenimento della postura e dell'equilibrio. Gli organi otolitici forniscono gli input sensoriali per queste funzioni assicurando la percezione di verticalità. Nessun esame è in grado di identificare con accuratezza un'ipofunzione maculare unilaterale, ma esistono attualmente delle prove della funzione otolitica utilizzabili e sensibili ad un danno maculare ⁽⁷⁻⁸⁾.

Metodiche recenti che studiano la funzione otolitica sono la verticale e/o orizzontale visiva soggettiva e i potenziali evocati miogeni vestibolari.

I potenziali evocati miogeni vestibolari studiano un riflesso vestibolo collico, a partenza principalmente saccolare, che proietta, attraverso una via inibitoria, ipsilateralmente.

LA VERTICALE e/o ORIZZONTALE VISIVA SOGGETTIVA

Per Verticale Visiva Soggettiva (VVS) s'intende la capacità di un soggetto di indicare quella che, a suo giudizio ed in determinate condizioni sperimentali, è una linea perfettamente verticale: in caso di normalità la verticale indicata dal soggetto si avvicina con buona approssimazione a quella gravitazionale. Alla presenza di una sofferenza delle vie vestibolari periferiche o centrali, la retta indicata dal paziente come perfettamente verticale, può non sovrapporsi alla vera verticale gravitazionale ma essere inclinata verso un lato.

Analogamente si intende per Orizzontale Visiva Soggettiva (OVS) la retta che, a giudizio del soggetto ed in determinate condizioni sperimentali, è perfet-

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

tamente orizzontale. Anche in questo caso, alla presenza di disordini del sistema vestibolare periferico o centrale, l'orizzontale indicata dal paziente può non coincidere con la vera orizzontale terrestre ma risultare inclinata verso un lato. Parleremo indistintamente di VVS e di OVS essendo espressione dello stesso fenomeno e riferibile alle stesse strutture anatomiche.

Nella normale posizione eretta il giudizio della verticale e dell'orizzontale dipende dall'integrazione degli stimoli provenienti dai sistemi visivo, vestibolare e propriocettivo. In condizioni di normalità è il sistema visivo a giocare il ruolo principale, ma anche dopo la sua esclusione la capacità di orientarsi nello spazio risulta poco compromessa; infatti, un soggetto normale, posto al buio, riesce a collocare una barra luminosa in posizione perfettamente verticale od orizzontale con un errore medio di giudizio entro i 2° (1-4-5-11-12).

La metodica che ricorre in tutti gli studi si basa sulle misurazioni ottenute da una serie di prove in cui gli esaminatori chiedevano ai pazienti, fatti sedere in un locale completamente buio, di ricollocare in posizione perfettamente verticale, secondo il loro giudizio ed in assenza di riferimenti visivi, una barra debolmente luminosa (unico oggetto visibile) che poteva ruotare sul piano frontale intorno ad un punto fisso coincidente con il piano passante per gli occhi.

LA VVS e/o OVS NELLA PATOLOGIA PERIFERICA

Halmagyi e coll. hanno studiato un gruppo di pazienti con patologia vestibolare monolaterale. Prima che si verificasse il danno labirintico i pazienti disponevano la barra correttamente, dopo il danno vestibolare la barra veniva inclinata verso il lato lesionato fino anche oltre i 15° . Essi dispongono la barra verso il lato lesionato perché, quando la barra è verticale, hanno la sensazione che sia inclinata verso il lato sano, quindi la inclinano verso il lato leso fino ad avere la sensazione che sia diritta, ma essendo, come detto, già verticale, la spostano verso il lato affetto. Col passare dei mesi l'inclinazione si riduce ma, nel caso di un danno completo del vestibolo, anche dopo un anno, rimane una modesta inclinazione, espressione di un deficit residuo permanente.

Tale andamento temporale è utilizzato come studio per valutare i fenomeni di compenso delle vie otolitiche. Come dopo un danno labirintico acuto si studia il nistagmo che fornisce le informazioni fondamentali sull'andamento del compenso del riflesso vestibolo-oculomotore, così le modificazioni della VVS ci danno notizie sul compenso vestibolo-spinale.

Perché i pazienti con danno labirintico periferico hanno la sensazione che la barra sia inclinata verso il lato sano? Questo potrebbe derivare dall'alterazione

 La Verticale e/o Orizzontale Visiva Soggettiva

della rappresentazione interna della verticale gravitazionale, conseguente ad una profonda asimmetria dell'input otolitico, a livello dei nuclei vestibolari. Tale ipotesi è però contraddetta dal fatto che nonostante il deficit labirintico, il paziente non percepisce il proprio corpo come inclinato ma, al contrario, egli percepisce il corpo come ben verticale anche in condizioni di buio.

Un'altra possibile spiegazione è una deviazione torsionale degli occhi come parte di un ocular tilt reaction (OTR). Infatti, in seguito ad un deficit monolaterale c'è invariabilmente una deviazione ipsilesionale della posizione torsionale degli occhi: i meridiani delle 12 degli occhi sono ruotati verso la sede del deficit.

Esiste una stretta correlazione fra l'entità della deviazione torsionale oculare e l'inclinazione della verticale e/o orizzontale visiva soggettiva (Fig 1). Anche l'andamento temporale conferma la correlazione fra i due aspetti. Infatti, dopo una settimana c'è una torsione oculare ipsilesionale oltre i 15° e l'ampiezza della torsione oculare è strettamente correlata con l'ampiezza della VVS e/o della OVS; col passare dei giorni c'è una progressiva riduzione della torsione oculare ed una parallela riduzione dei valori di VVS e/o OVS. Nel caso che il danno labirintico sia stato completo residua una modesta torsione oculare permanente ed un'alterazione della verticale/orizzontale soggettiva.

Quindi la VVS e/o la OVS sono una conseguenza della torsione oculare. Questa insorge in seguito alla riduzione dell'attività di scarica del neurone vestibolare secondario nel nucleo vestibolare ipsilesionale, dovuto alla perdita dell'input del neurone vestibolare primario localizzato a livello dell'utricolo. Peraltro la torsione oculare tonica è di origine utricolare ed è da riferirsi al fenomeno dell'ocular counter-rolling, che è un meccanismo dinamico sotto controllo utricolare⁽⁹⁾. Sperimentalmente è possibile riprodurre un ocular counter rolling e la conseguente illusione oculogravica (Fig. 2). Un soggetto sano in posizione seduta, con la testa perfettamente verticale ed in un ambiente buio, riesce a porre una barra poco illuminata su una linea verticale e/o orizzontale con un

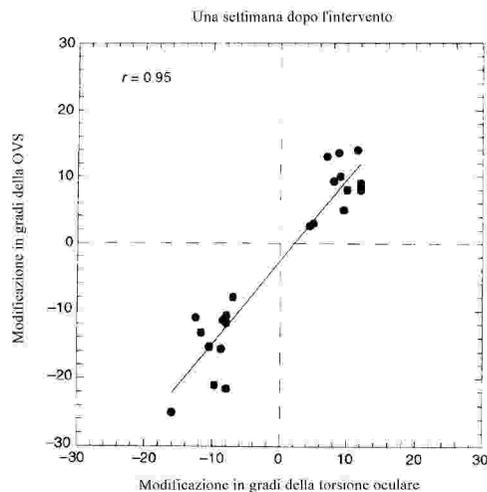


Fig. 1 (da Halmagyi et al. modificata)

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

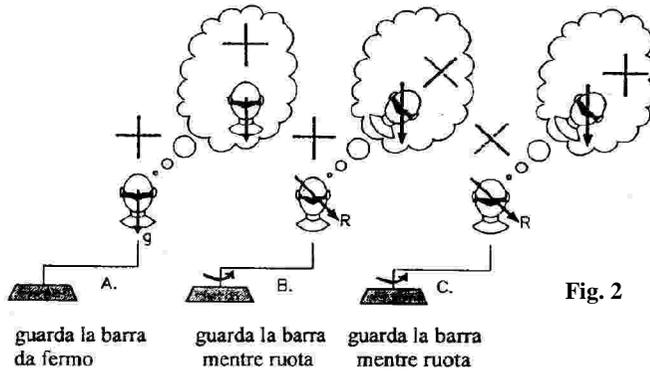


Fig. 2

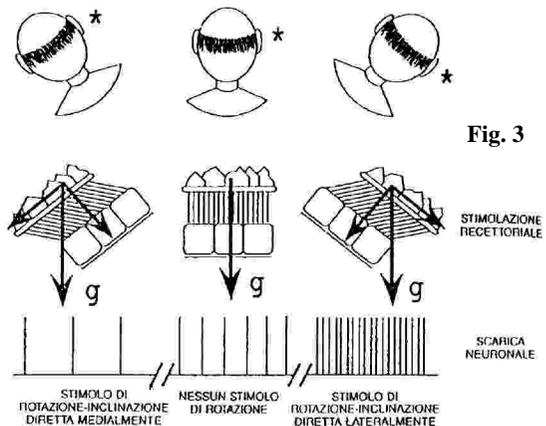
errore entro i 2°. Il paziente viene poi fatto ruotare, ma l'asse di rotazione non passa per il suo asse verticale ma per un asse distante un metro. Naturalmente la barra poco illuminata ruota solidale col paziente. In queste condi-

zioni il soggetto è sottoposto ad una forza gravitazionale e ad una forza centripeta; la risultante è una linea obliqua in basso e verso l'esterno (nell'esempio della figura da sinistra a destra). La sensazione del paziente è di essere inclinato verso destra con la barra in asse. Venendogli chiesto di porre la barra perfettamente verticale e/o orizzontale, il soggetto la inclina verso sinistra e quindi, essendo la barra già verticale, risulta poi inclinata verso sinistra.

Tutto questo è dovuto ad una modificazione del firing a livello utricolare. Peraltro anche nelle semplici inclinazioni della testa il firing si modifica (Fig. 3). In condizioni normali a testa eretta il firing maculare è circa 30 spikes/sec. Una inclinazione della testa verso un lato porta ad una aumento del firing, nell'orecchio verso cui avviene l'inclinazione, da 30 a circa 50 spikes/sec. Nell'altro orecchio c'è invece una riduzione della frequenza di scarica, ma con una riduzione del firing modesta da 30 a 27 spikes/sec. Pertanto una inclinazione della testa verso destra determina 50 spikes/sec nell'orecchio destro e 27 spikes/sec in quello sinistro.

Recentemente Karlberg, Halmagyi e Black⁽¹⁰⁾ hanno proposto di utilizzare un vibratore posto sullo SCM o sulla mastoide per migliorare la sensibilità del test nei soggetti con deficit labirintico monolaterale cronico.

Gli autori hanno riscontrato che senza l'uso del vibratore la specificità del test è del 100% (nessun falso



negativo) ma c'è una sensibilità del solo 43% (solo il 43% dei soggetti patologici risultano positivi al test). Con l'uso del vibratore la sensibilità sale al 91% a discapito di una specificità che scende al 92%.

LA VVS e/o OVS NELLA PATOLOGIA CENTRALE

Molti autori ⁽²⁻³⁻⁶⁾ hanno riscontrato che la VVS e/o OVS può essere alterata anche in presenza di patologie centrali, soprattutto se acute e focali. Sembra esistere una stretta relazione fra la sede della lesione e la direzione della inclinazione della barra. Infatti, in presenza di lesioni basse, che interessano i nuclei vestibolari, la barra viene inclinata verso il lato lesionato, come avviene per le lesioni periferiche; in presenza di lesioni più alte, che coinvolgono i nuclei interstiziali, la barra viene inclinata verso il lato sano. Questo sembra indicare una decussazione delle vie otolitiche che incrociano sopra i nuclei vestibolari. Naturalmente è presente anche una deviazione torsionale della posizione oculare (ciclotorsione) nella stessa direzione della deviazione della VVS.

La relazione fra l'ampiezza della deviazione della VVS e l'entità della torsione oculare non è così stretta come per le forme periferiche ma è presente costantemente. Ci possono essere anche marcate disparità tra l'entità della deviazione della VVS e la deviazione torsionale nei due occhi. Per esempio è possibile che con un infarto midollare laterale l'exciclotorsione dell'occhio ipsilesionale possa essere molto maggiore dell'inciclotorsione dell'occhio controllesionale.

CONCLUSIONI

Il significato clinico di queste osservazioni è che un rilevamento della VVS e/o della OVS deve trovare spazio nell'ambito di uno studio del paziente vertiginoso. Da questo semplice test possono essere ottenute informazioni utili, con importanti sviluppi topodiagnostici ed indicazioni sul follow up del paziente. Si indaga la funzionalità del sistema otolitico che è sempre difficilmente esplorabile e pertanto informazioni sulla sua funzionalità possono essere importanti per l'aspetto sia diagnostico, sia prognostico, sia terapeutico riabilitativo.

Da un punto di vista pratico il test è molto semplice, di rapida esecuzione e poco costoso e forse il problema maggiore è quello di avere a disposizione un ambiente che possa essere perfettamente oscurato.

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Bibliografia

1. BOHMER A., RIKENMANN J.: *The subjective visual vertical as a clinical parameter of vestibular diseases*. J. of Vestibular Research, 1995; 5: 35-45.
2. BRANDT TH., DIETERICH M.: *Pathological eye-head coordination in roll: tonic ocular tilt reaction in mesencephalic and medullary lesions*. Brain 1987; 110: 694-666.
3. BRANDT TH., DIETERICH M., DANEK A.: *Vestibular cortex lesions affect the perception of verticality*. Ann. Neurol. 1994; 35: 403-412.
4. DIETERICH M., BRANDT TH.: *Ocular torsion and perceived vertical in oculomotor, trochlear and abducens nerve palsies*. Brain 1993; 116: 1095-1104.
5. FRIEDMAN G.: *The influence of unilateral labyrinthectomy on orientation in space*. Acta Otolaryngol (Stockh) 1971; 71: 289-298.
6. HALMAGYI G.M., BRANDT TH., DIETERICH M., CURTHOYS IS., STARK R.J., HOYT W.F.: *Tonic controversial ocular tilt reaction due to unilateral meso-diencephalic lesion*. Neurology 1990; 40: 1503-1509.
7. HALMAGYI G.M., COLEBATCH J.G., CURTHOYS I.S.: *New test of vestibular function*. Baillière's Neurol. 3, 485-500, 1994.
8. HALMAGYI G.M., CURTHOYS I.S.: *Clinical testing of otolith function*. Ann. N.Y. Sciences, 195-204, 1996
9. HALMAGYI G.M., GREY MA., GIBSON W.P.R.: *Ocular tilt reaction with peripheral vestibular lesion*. Ann. Neurol. 1979; 6: 80-83.
10. KARLBERG M., AW ST, HALMAGYI G.M., BLACK R.A.: *Vibration-induced shift of the subjective visual horizontal: a sign of unilateral vestibular deficit*. Arch. Otolaryngol Head Neck Surg 128, 21-27, 2002.
11. TABAK S., COLLEWIJN H., BOUMANS L.J.M.: *Deviation of the subjective vertical in long-standing unilateral vestibular loss*. Acta Otolaryngol. (Stockh) 1997; 117: 1-16.
12. VIBERT D., HAUSLER R., SAFRAN AB., KOERNER F.: *Diplopia from skew deviation in unilateral peripheral vestibular lesions*. Acta Otolaryngol. (Stockh) 1996; 116: 170-176.

VEMPs (VESTIBULAR EVOKED MYOGENIC POTENTIALS)

Claudio Vicini, Aldo Campanini, Michela Sirri, Paolo Casadio, Monica Dalpozzo

GENERALITA'

Con il termine VEMPs (Vestibular-Evoked Myogenic Potentials) Halmagyi e Collaboratori (7, 8, 17) hanno designato una particolare tipologia di potenziali muscolari registrabili dai muscoli sternocleidomastoidei (SCM) a seguito di una stimolazione meccanico-vibratoria sul cranio o di intensa stimolazione acustica. Numerose ricerche neurofisiologiche, e segnatamente quelle di Young e Coll. (43) hanno dimostrato che l'anello di congiunzione tra energia vibratoria e risposta vestibolare sia rappresentato dagli organi otolitici principalmente del sacculo ed accessoriamente dell'utricolo. Sulla base di quanto attualmente noto e/o ipotizzabile, la neurofisiologia dei VEMPs (35) in senso topografico può così riassumersi in un breve loop disinaptico, indispensabile per la comprensione semiologica Fig. 1:

1. i recettori attivati all'inizio dell'arco afferente appaiono i recettori maculari del sacculo, ed in parte dell'utricolo
2. la via afferente decorre in gran parte lungo il nervo vestibolare inferiore, entro il quale si situano gran parte delle afferenze saccolari (20)
3. il punto di riflessione della risposta sembra potersi localizzare a livello del tronco encefalico, all'interno dei nuclei vestibolari, specialmente all'interno del nucleo vestibolare laterale di Deiters (prima sinapsi)
4. la successiva tappa, primo segmento efferente, del riflesso sembra potersi in gran parte identificare morfologicamente nel tratto vestibolo spinale laterale, ipsilaterale, che dalla sua quasi esclusi-

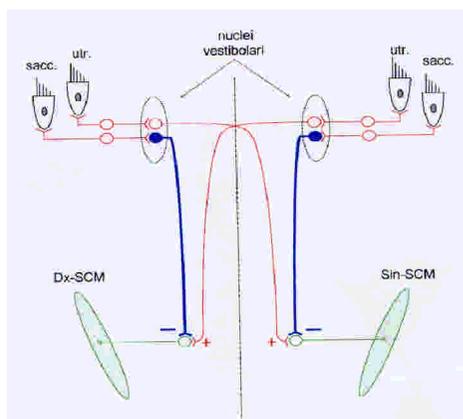


Fig. 1

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

va origine nel nucleo vestibolare laterale si porta in basso fino agli alfa motoneuroni spinali dei segmenti cervicali C2-C5 (seconda sinapsi).

5. dalle corna anteriori della sostanza grigia del midollo cervicale ai livelli C2-C5, le fibre destinate allo SCM ascendono relativamente disperse fino al bulbo attraverso il forame magno, per poi confluire nel nervo accessorio, il cui ramo esterno (o nervo accessorio spinale), si distribuisce al muscolo sternocleidomastoideo.

Sul piano clinico studi di Halmagyi e Coll. (4, 7, 8, 9, 10, 17, 25, 27) hanno chiaramente dimostrato la formidabile potenzialità diagnostica dei VEMPs, cosa che, ovviamente, non è sfuggita a tutti quegli operatori che, a vario titolo, si occupano di vestibolo. Di questo è testimone l'impressionante numero di lavori (22, 23, 36, 40, 41, 42) che, con legge esponenziale, stanno uscendo incessantemente in questi ultimi tempi. Il pregio principale dei VEMPs è indubbiamente il fatto di potere essere facilmente implementati nella routine clinica di qualunque Centro Otoneurologico dotato di dispositivi per registrazione degli AEPs. Chiunque registri ABR (crediamo la maggioranza dei Centri ORL in Italia) è anche perfettamente in grado di eseguire i VEMPs dopo avere messo a punto la propria normativa in un campione di soggetti sani. Altro vantaggio intrinseco alla metodica è la relativamente agevole lettura ed interpretazione dei tracciati, ulteriore elemento seduttivo per la pratica quotidiana. Nelle pagine che seguono con taglio volutamente operativo elencheremo le attuali indicazioni all'esame, descriveremo come eseguirlo ed indicheremo come interpretarlo.

INDICAZIONI DEI VEMPs

Ai fini di una quotidiana applicabilità e lettura clinica dei VEMPs possono essere richiamati alcuni concetti chiave del metodo che ne caratterizzano il profilo di utilità :

I VEMPs sono una tecnica di stimolazione del labirinto vestibolare *monolaterale o bilaterale* con:

- 1) *stimolazione principalmente acustica, eventualmente meccanica e potenzialmente elettrica*
- 2) *impatto recettoriale maculare extracanalare (test otolitico vs test canale orizzontale)*
- 3) *pathway afferente neurale vestibolare inferiore (vs calorica-n.vestibolare superiore)*
- 4) *efferenza spinale cervicale (vs spinale attuale superiore o inferiore)*
- 5) *esplorazione lateralizzata (emisistema dx vs emisistema sn)*
- 6) *necessità di minima, breve, ma reale cooperazione del paziente*

 VEMPs (Vestibular Evoked Myogenic Potentials)

- 7) *elevata praticità e celerità di esecuzione*
- 8) *immediata ed agevole lettura ed interpretazione delle risposte*

La disamina analitica delle caratteristiche sopraesposte consente nel medesimo ordine le seguenti considerazioni :

1. Al pari della calorica i VEMPs consentono una esplorazione separata dei due emisistemi vestibolari al fine di individuare una eventuale ipovalenza o assenza di funzione monolaterale. In tal senso il confronto delle due risposte ipsilaterali, destra e sinistra, appare l'indicatore principale. Tenuto conto della fisiologica possibile asimmetria di ampiezza tra due lati, allo stato attuale delle nostre conoscenze, una asimmetria reale può essere sostenuta essenzialmente in caso di totale o sub-totale assenza della risposta ipsilaterale di un lato rispetto alla risposta ipsilaterale del lato opposto. L'utilizzo della stimolazione binaurale come screening appare pertanto preliminarmente abbastanza interessante. Il confronto in un limitato campione di asimmetrie caloriche significative ha mostrato una buona sensibilità dei VEMPs nel 78.9% dei casi di alterazione al BVC. Alcuni Autori rivendicano già fin d'ora un ruolo centrale dei VEMPs nel protocollo otoneurologico dei nostri tempi, in senso diagnostico generale ⁽¹⁵⁾. Altri sottolineano il grande interesse nell'approccio pratico alla vertigine acuta, dove il nistagmo spontaneo può creare difficoltà in sede di lettura del BVC nelle prime fasi di un deficit monolaterale ^(16, 19). **...la VSO**
2. La tipologia dello stimolo e l'assenza di vertigine indotta, con un profilo di esame confortevole e non invasivo, ne raccomanda l'impiego :
 - a) in ambito pediatrico al posto della calorica, sopra il limite di età che consenta quel minimo di collaborazione indispensabile ed individuabile di massima al di sopra dei 6-8 anni; è rapido e pertanto proponibile nonostante la facile stancabilità del bambino, assolutamente confortevole, non crea spavento e richiede un livello di cooperazione assolutamente minima
 - b) in caso di otite cronica perforata con rischio di infezioni alla calorica o comunque diseguale stimolo da irrigazione e conseguente scarsa affidabilità nel confronto tra i lati; importante tenere conto in questo caso dell'eventuale air/bone gap
 - c) in caso di paziente che esplicitamente, per precedenti esperienze fastidiose, richiede di omettere il test calorico dal protocollo
 - d) in caso di gravidanza, per minimizzare il disagio
3. Nel contesto di un protocollo otoneurologico i VEMPs sono tra i pochi indicatori di una attività maculare utricolo-sacculare (assieme alla verticale soggettiva) "... la VSO ed i VEMPs sono tests otolitici semplici, robusti, e ripro-

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

ducibili di disfunzione otolitica...; altamente specifici per disfunzione otolitica monolaterale, richiedono ulteriori studi per stabilirne la sensibilità...”⁽¹⁸⁾; la possibilità di cimentare un recettore non cupulo-canalare estende le possibilità diagnostiche in termini di finezza e precisione e restringe le maglie di una possibile rete di screening. La risposta otolitica è registrabile anche in caso di severa ipoacusia percettiva, che non inficia la prova^(1,2). Possibile inoltre l’individuazione di situazioni di deficit dissociato maculo-canalare. Ricordiamo infine la complementarità con la verticale/ orizzontale soggettiva, che sembrerebbe esplorare principalmente la componente otolitica otricolare⁽³³⁾

4. Sempre nell’ambito della patologia otolitica un capitolo sempre oscuro è quello del fenomeno di Tullio. Colebatch & Coll.^(4, 5, 7, 9) hanno proposto l’impiego dei VEMPs per lo studio di questa condizione, osservando come in questi casi la soglia di evocazione degli stessi risultati significativamente abbassata. Ancora più interessante l’osservazione di Brantberg & Coll.⁽³⁾ nella deiscenza del CSS di Lloyd Minor, che costituisce un raro ma interessante sottogruppo di fenomeno di Tullio. In questi casi, anche in assenza di diagnostica per immagini, la deiscenza scanalare può essere fortemente sospettata a fronte di VEMPs acustici abnormemente ampi e con soglia nettamente abbassata al di sotto dei 90 dB peSPL, con normalità concomitante per i VEMPs da head tapping. “Solo la DCCS produce ampi VEMPs sonori e normali da HT”⁽³⁾.
5. I VEMPs sono l’unico test in grado di indagare l’integrità selettiva del nervo vestibolare inferiore, con implicazioni già ben note in ambito di neurinoma dell’acustico e di VPPB. Il dato più interessante è senza dubbio in tal senso l’esistenza di neurinomi dell’acustico con ABR negativo e nel contempo VEMPs patologici⁽²¹⁾. Murufushi & Coll.,⁽²⁷⁾ hanno riscontrato una positività del 80% (17 su 21 casi) in pazienti con neurinoma. Ancora più significativo il fatto che tre di questi casi positivi mostrassero un BVC nei limiti. “... i VEMPs possono riflettere funzioni diverse da ABR e BVC... e possono fornire utili informazioni...”⁽²¹⁾.
6. Altra applicazione interessante che si fonda sulla esplorazione della integrità funzionale del nervo vestibolare inferiore studiato con il riflesso vestibolo-collico è quella della predizione di possibile VPPB tardiva dopo deficit vestibolare selettivo monolaterale, che, come noto, sovente ma non di regola si complica nella sua evoluzione con una VPPB del CSP. Già nel 1996 Murofushi & Coll.⁽²⁶⁾ dimostravano che dopo neurolabirintite vestibolare la persistenza di una attività VEMPs correlava con un successivo sviluppo di VPPB, mentre i casi con VEMPs non evocabili non si complicavano mai con VPPB.

 VEMPs (Vestibular Evoked Myogenic Potentials)

L'osservazione riveste particolare rilevanza poiché riconferma la selettività neurale vestibolare inferiore dal pathway vestibolo-collico, spiega in maniera convincente come mai solo una parte di neurolabirintiti sia seguita da VPPB, e fornisce sul piano clinico pratico un buon indicatore prognostico.

7. Un'applicazione di sicuro interesse pratico oltre che teorico è quella allo studio della malattia di Meniere. Ricordiamo come il sacculo sia una struttura anatomicamente a ponte tra chiocciola e otricolo con i suoi canali semicircolari. Ricordiamo inoltre come l'idrope tenda ad essere prevalente in ambito cocleare e pertanto a coinvolgere più facilmente le strutture vicinarie (sacculo) rispetto ai CS. Nel 54% dei pazienti menierici i VEMPs erano assenti dal lato patologico ^(11, 12). Sempre la De Waele & Coll. ^(11, 12) hanno in tal senso potuto documentare una correlazione statistica molto significativa tra ipoacusia percettiva menierica ascendente ed alterazione dei VEMPs, confermando la elevata probabilità di avere come prima sub unità vestibolare coinvolta dall'idrope proprio il sacculo, anche in presenza di una perfetta riflettività calorica del CSL al BVC.
8. Sempre molto interessante nel campo dell'idrope la osservazione anedottica singola, ma elegantemente documentata, di Seo & Coll. ⁽³⁰⁾. Gli autori descrivono un caso di disequilibrio acuto ricorrente con alterazione dei VEMPs monolaterale, che regredisce totalmente a seguito di infusione con furosemide. Al di là della singola osservazione il lavoro si raccomanda per l'intuizione di impiegare l'associazione di challenge osmotico e VEMPs nella diagnostica della possibile idrope sacculare.
9. Il riflesso vestibolo-collico, con il suo lungo percorso all'interno del SNC, si presta anche alla diagnostica di alterazioni strutturali a carico del SNC stesso, tali da interferire con la integrità anatomo-funzionale del riflesso stesso. Ancora poche peraltro le applicazioni di questo tipo recensite in Letteratura, e tra questa ricordiamo la Sclerosi Multipla, come proposto da Shimizu & Coll. ⁽³¹⁾ ed in Italia da Sartucci & Coll. ⁽²⁹⁾ e Versino & Coll. ⁽³⁷⁾.
10. Troviamo in Letteratura anche osservazioni sui VEMPs nel torcicollo ⁽⁶⁾, che mostrerebbero un'elevata probabilità di essere alterati (17 casi su 26). Ancora incerta peraltro l'interpretazione e sicuramente limitato l'impatto in ambito otoneurologico.
11. L'efferenza non oculare consente di valutare un riflesso ad ingresso vestibolare in caso di impossibilità di leggere risposte nistagmiche (nistagmo congenito, cecità, gravi strabismi, paralisi dei muscoli extraoculari, anoculia, etc); analogamente l'uscita non artuale inferiore garantisce una facile esplorabilità del riflesso vestibolo-spinale (RVS) anche in caso di impossibilità per il paziente a mantenersi in stazione eretta, o comunque in tutti quei dif-

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

ferenti disordini mio-articolari che possano inquinare la lettura vestibolare dei rilievi posturali statici o dinamici. In ogni caso è uno dei pochi esempi di RVS isolato ben leggibile, come sicuramente non avviene in posturografia.

12. Salvo casi di severo defedamento, età molto avanzata, o cooperazione inattuabile, l'esame appare sempre possibile, magari riducendo il numero degli stimoli e pertanto la durata dell'esame (già a 50 ripetizioni in molti casi il complesso p13-n23 appare perfettamente leggibile), o più semplicemente studiando il paziente comodamente coricato con la testa lateroruotata senza contrazione muscolare. Impossibile la esecuzione in bambini piccoli non cooperanti, pazienti incoscienti, dementi o per qualche motivo deliberatamente non cooperativi. Altro criterio di esclusione pregressi interventi cervicali con danno dello spinale o dello SCM.
13. L'esame per praticità risulta eccellente nello screening vestibolare, o nei monitoraggi ripetuti come in corso di sublabirintectomia con gentamicina. I VEMPs sono stati proposti in Letteratura nella valutazione di effetti farmacologici in pazienti con disordini vestibolari periferici e centrali di varia eziologia ⁽²⁴⁾. Con opportuni accorgimenti nella stessa seduta con un assetto quasi identico la registrazione simultanea di VEMPs e BAEPs può consentire una esplorazione sintetica di funzione vestibolare ed uditiva in un sol tempo.

LA REGISTRAZIONE

Descriveremo di seguito l'assetto di esame adottato presso il Laboratorio di Otoneurologia della Divisione ORL di Forlì dal marzo del 1999 e successivamente perfezionato costantemente alla luce dei nuovi suggerimenti in Letteratura ed in relazione alla crescente esperienza accumulata.

LOCALI

L'esame viene da noi realizzato in ambiente iposonorizzato ed ipoecoico, non in cabina silente, con l'operatore accanto al paziente. Si richiede un lettino da visita per collocare il paziente in posizione supina, con il capo eventualmente sollevato di 30°. Questo assetto è stato facilmente implementato nella logistica del nostro Laboratorio di Audiologia senza particolari esigenze spaziali, consentendo inoltre all'operatore una gestione contemporanea del display e diretta del paziente per le immancabili verifiche "ongoing" della corretta esecuzione dell'esame. L'implementazione dell'esame nella nostra quotidianità è stato pertanto estremamente agevole ed immediato, con nessun ingombro spaziale addizionale rispetto alla precedente routine.

ELETTRODI

Dopo numerose prove con elettrodi a coppetta ed ad ago, rivelatisi inadeguati al nostro scopo, abbiamo optato per elettrodi monouso di superficie a tipo

 VEMPs (Vestibular Evoked Myogenic Potentials)

ECG, con collaretto autoadesivo e con spugnetta intrisa di gel . Sono necessari 5 elettrodi per ogni paziente. Questa scelta consente di posizionare stabilmente elettrodi ben fissi, con grande superficie di registrazione e capaci di captare un notevole volume di attività elettrica. I potenziali raccolti durante tutta l'esecuzione dell'esame rimangono nettamente più definiti e stabili rispetto a quelli a coppetta fissati con cerotto, ed utilizzati per l'ABR. L'unico problema, per altro di modesta entità, è dato dal costo economico superiore di questa scelta. Abbiamo sperimentato numerosi modelli di differenti Aziende , morfologia e dimensioni, sempre con risultati molto simili tra loro. Non sussistono di fatto differenze significative tra diversi modelli di elettrodo. Personalmente per motivi di convenienza economica ci siamo orientati sulla soluzione di adottare lo stesso modello impiegato dalle due Divisione di Cardiologia del nostro Ente, con ovvio risparmio sugli ordinativi.

PREPARAZIONE DELLA CUTE

Viene ottenuta previo sgrassaggio strofinando sull'area prescelta una miscela di alcool-etero con una semplice garza. Anche in maschi relativamente irsutiti le aree utilizzate risultano sufficientemente glabre da non richiedere tricotomia preliminare.

INSTALLAZIONE DEGLI ELETTRODI

Personalmente abbiamo limitato lo studio dei VEMPs alla registrazione dai muscoli SCM. Non abbiamo implementato nella nostra routine la registrazione dal trapezio come descritto da Ferber-Viart & Coll. ⁽¹⁴⁾ poichè i nostri studi metodologici preliminari non ci hanno fornito risultati pienamente soddisfacenti sul piano pratico, e non possiamo condividere la intercambiabilità tra i due gruppi muscolari sostenuta dall'Autore francese ⁽¹³⁾. Sono individuati due punti di repere simmetrici in ogni lato per gli elettrodi attivi ed un punto centrale per la terra. L'elettrodo negativo viene collocato al terzo medio dello SCM (Fig. 2), reso più saliente dalla sua contrazione ottenuta da rotazione controlaterale del capo contro resistenza. L'altezza del punto di installazione dell'elettro-

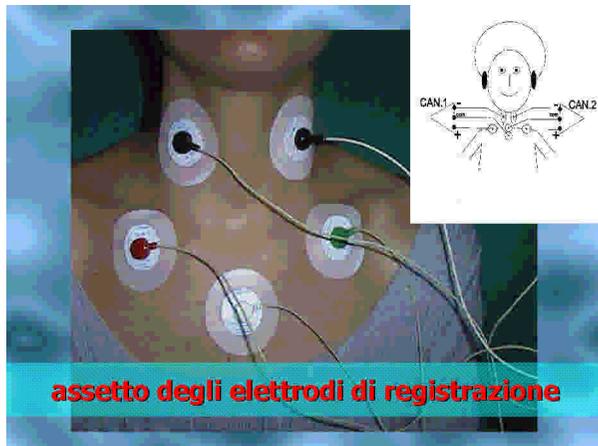
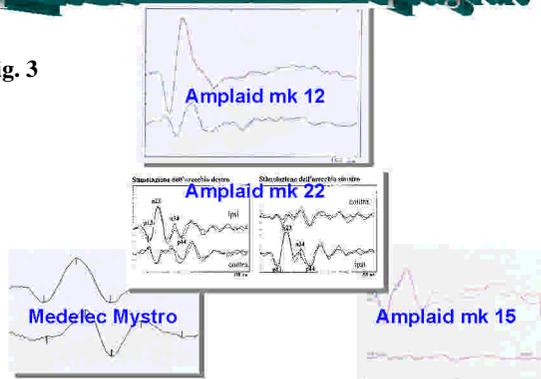


Fig. 2

Tipo di tracciato secondo il poligrafo

Fig. 3



do si trova all'incirca equidistante dalla mastoide e dal manubrio sternale. Preferiamo il terzo medio al terzo superiore poiché nelle nostre mani fornisce risposte più ampie e meglio conformate rispetto al terzo superiore. Il centro dell'elettrodo si colloca nel mezzo del ventre muscolare, equidistante dal bordo anteriore e posteriore.

L'elettrodo positivo si colloca sulla salienza del corpo clavicolare, esattamente a metà della clavicola stessa (Fig. 2). Il ground trova posto esattamente al centro del manubrio sternale, in posizione perfettamente mediana (Fig. 2).

POLIGRAFO

La maggiore quota degli esami complessivi e la nostra routine attuale è basata sull'impiego di poligrafo Medelec Amplaid MK12. In precedenza abbiamo impiegato anche un Medelec Mystro ed un Medelec Amplaid MK15. Alcune prove sono state eseguite anche con l'Amplaid MK 22. Pure con il medesimo settaggio di stimolazione e registrazione, ogni poligrafo realizza tracciati con proprie connotazioni, come riconoscibile dalla Fig. 3, che mostra sinotticamente un esempio per ogni dispositivo utilizzato. E'buona regola generale in neurofisiologia realizzare una normativa su soggetti sani per il proprio poligrafo di utilizzo, poichè i valori di latenza possono differire anche significativamente tra una macchina e l'altra. Di fatto però i parametri essenziali di uso clinico sono relativamente stabili, e, con un poco di buon senso, i risultati di gruppi e macchine differenti possono essere in qualche modo confrontati e discussi. Le Fig. 4 e 5 riportano la nostra normativa per ampiezza e latenza.

*soggetti normali: n = 15

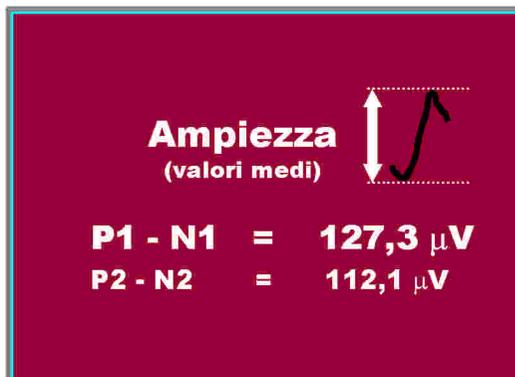


Fig. 4

VEMPs (Vestibular Evoked Myogenic Potentials)

SETTAGGIO DEI PARAMETRI DI STIMOLAZIONE

La Fig. 6 riporta sinteticamente tutti i parametri di stimolazione da noi selezionati e sistematicamente adottati. L'unico commento che si impone a questo proposito è quello relativo al nostro progressivo passaggio da una stimolazione monoaurale separata ad una stimolazione binaurale simultanea, che è divenuta attualmente la nostra scelta esclusiva per la routine corrente. Attualmente la stimolazione separata viene riservata a casi particolari e solo in seconda battuta. Qualora non si disponga di LOGON a 500 Hz, si potranno, con soddisfazione leggermente minore impiegare STB a 500 Hz, e qualora anche questi ultimi risultino indisponibili, ripiegare non senza qualche problema di affidabilità sui broad band clicks.

SETTAGGIO DEI PARAMETRI DI REGISTRAZIONE

In Fig. 7 sono riportati sinotticamente i nostri parametri di registrazione, rimasti sostanzialmente identici nel tempo.

ISTRUZIONI AL PAZIENTE

Il paziente viene invitato a coricarsi supino sul lettino da visita, il cui testale è mantenuto in posizione orizzontale o sollevato di 30° in caso di paziente con ridotta capacità muscolare. All'inizio di ogni registrazione il paziente viene

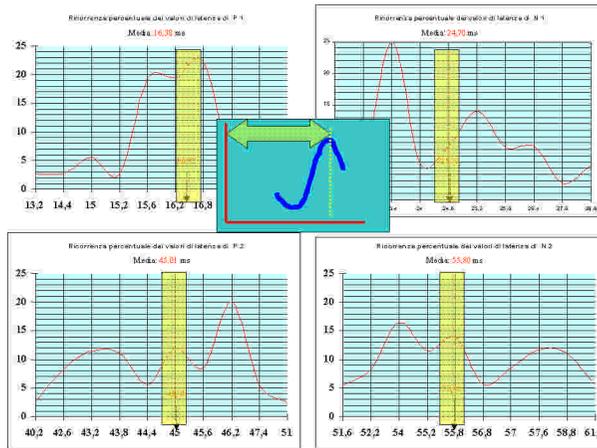


Fig. 5



Fig. 6

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

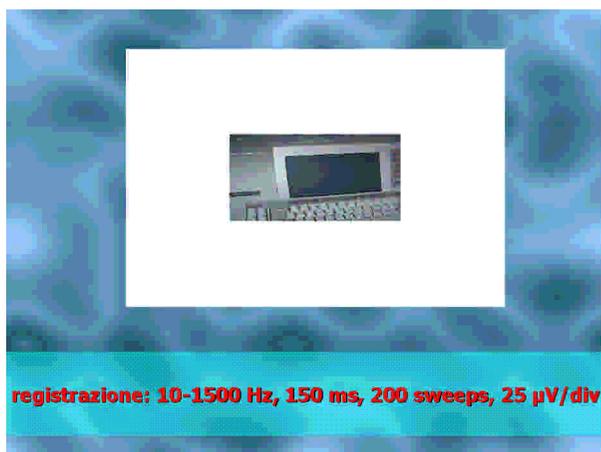


Fig. 7

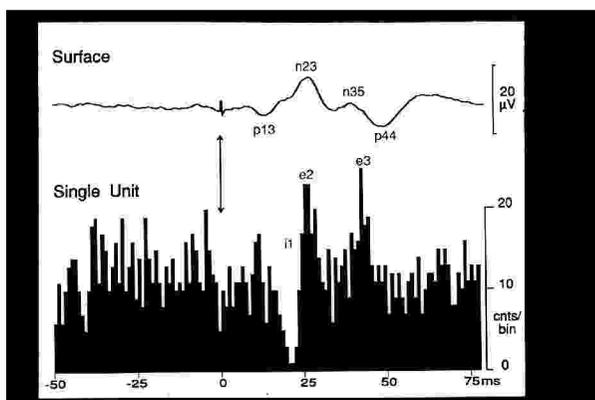


Fig. 8

richiesto di sollevare di circa 4-5 cm la nuca dal piano di appoggio, senza ruotare il capo in alcun modo di lato, e di rimanere in questa posizione per tutto il tempo della registrazione (circa 1 minuto). Questa preattivazione muscolare è essenziale per la registrazione di un evento che in effetti deve essere interpretato dal punto di vista neurofisiologico come un evento fasico inibitorio sul tono muscolare di fondo (Fig. 8). Per facilitare la simmetria del movimento si suggerisce al paziente di fissare un punto immaginario esattamente al centro dei due piedi. In ogni caso la simmetria della manovra di preattivazione muscolare in flessione anteriore del capo viene verificata continuamente

dall'esaminatore, e corretta istante per istante in caso di imperfetta esecuzione. Teoricamente la massima preattivazione si ottiene per motivi geometrici e fisici con il capo appena sollevato dalla superficie piuttosto che con il capo fortemente flesso in avanti. Di fatto l'angolo di flessione può variare anche ampiamente tra un paziente e l'altro. E' buona regola rimanga invece il più possibile costante per lo stesso paziente nelle diverse ripetizioni che si succedono. In caso di impossibilità a mantenere questa posizione o qualora si intendano eseguire numerose misure successive (es.: intensity series), il capo può essere laterorotato prima da un lato e poi dall'altro per l'esplorazione dei due emisistemi. Il tracciato, spesso già ben visibile con capo ruotato a riposo, può essere incrementato con rotazione forzata contro resistenza o con manovra di Jendrassik

 VEMPs (Vestibular Evoked Myogenic Potentials)

(effettuazione da parte del paziente di una trazione divergente delle mani congiunte). In ogni caso e quale che sia la manovra di preattivazione, il tono muscolare viene verificato sull'ongoing per sincerarsi di un tono minimo indispensabile alla registrazione di un evento inibitorio.

ESECUZIONE DELL'ESAME

Nell'esecuzione di routine si procede con una stimolazione binaurale simultanea con capo flesso in avanti senza rotazioni, test e retest, smoothing e sovrapposizione dei due tracciati. Ogni registrazione richiede circa 1 minuto, avendo accortezza prima di invitare il paziente ad alzare il capo, stabilizzare la posizione ed iniziare la registrazione solo a stabilizzazione avvenuta. Durante le fasi di lettura, smoothing, superimposizione e modifiche del settaggio, il paziente viene convenientemente fatto riposare prima del trial successivo. La Fig. 9 mostra un tracciato finale di stimolazione binaurale pronto per le misure numeriche di ampiezza in uV. La Fig. 10 riporta inoltre i markers sulle misure delle latenze dei quattro picchi diagnostici destri P1,N1,P2 ed N2.

Al termine dell'esame i tracciati vengono sia stampati su carta che processati sul Data Base specifico ASA. In caso di sola esecuzione della binaurale simultanea, dall'ingresso all'uscita del paziente passano meno di 30'. Qualora il paziente non sia in grado



Fig. 9

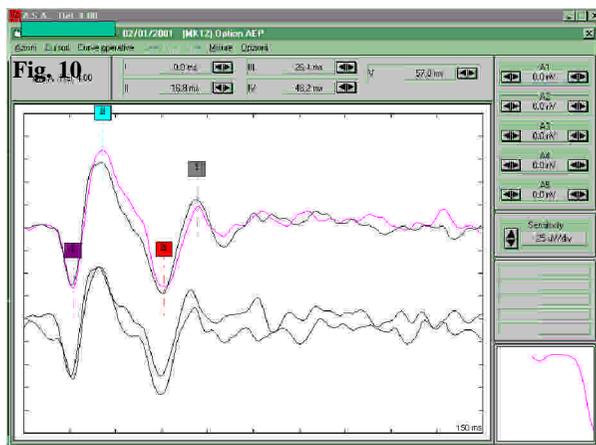


Fig. 10

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

di mantenere questa posizione si eseguono le due rotazioni laterali, test e retest per ogni lato. In caso di mancata evocazione dei VEMPs per via aerea (air vemps), si procede ad un'ulteriore stimolazione con vibratore osseo (bone vemps). In questo caso l'assetto è il medesimo di cui sopra, con la sola differenza d'impiego del vibratore al massimo della sua uscita. Se anche dopo questa ultima fase non si repertano onde riconoscibili, e solo in questo caso, si può definire l'assenza dei VEMPs.

LABELLING DEI GRAFOELEMENTI ⁽³⁸⁾

Per consentire il confronto di rilievi ottenuti con altre apparecchiature e da diversi Centri, ci è sembrato ragionevole, numerare in successione i **singoli grafoelementi** (p1, p2, p3, n1, n2, n3, etc.), piuttosto che designarli in relazione ai ms di latenza (p13 ed n23), adottando quindi un sistema analogo a quello utilizzato nell'ABR (Fig. 11). Arbitrariamente un piccolo ed incostante grafoelemento negativo precoce è stato denominato n0 proprio per stressare la sua estrema incostanza. Sulla base di questa scelta arbitraria nel nostro tracciato ipsilaterale tipo (sostanzialmente identico nel normale ad un tracciato ottenuto con stimolazione binaurale) siamo in grado quindi di riconoscere e designare:

- a. un'incostante n0
- b. una costante p1
- c. una costante n1, o per meglio dire un complesso n1
- d. una frequente p2
- e. una frequente n2
- f. una sporadica ed eterogenea popolazione di n maggiore di 2
- g. una sporadica ed eterogenea popolazione di p maggiore di 2



schema classico di rappresentazione in alto delle onde a polarità negativa ed in basso quelle a polarità positiva; nel nostro schema le singole onde sono designate in ordine progressivo come 0, 1, 2, etc. si designano inoltre complessi bi-multifasici rispettivamente precoci, intermedi e tardivi

Fig. 11

Sempre a scopo eminentemente descrittivo potremo accorpare morfologicamente più onde di opposta polarità in cosiddetti **complessi multionda** (ricordiamo che a rigore anche la n1 può essere interpretata come un complesso multionda, ma in questo caso di identica polarità):

- a. complesso bifasico precoce, CBP (p1+n1),

 VEMPs (Vestibular Evoked Myogenic Potentials)

espressione di una attivazione del riflesso vestibolo-collico, e pertanto indicatore essenziale nella diagnostica VEMPs

b. complesso bifasico intermedio, CBI (p2+n2), correlabile ad una attivazione della via uditiva, e pertanto extra vestibolare

c. complesso multifasico tardivo, CMT (p3+n3,etc), di incerto significato e di nessuna importanza clinica

I VEMPs da stimolazione simultanea, attualmente gli unici da noi utilizzati, sono con ottima approssimazione concepibili come una rappresentazione dei due singoli tracciati ipsilaterali compattati nella stessa schermata, con in alto per convenzione la risposta dell'emisistema destro ed in basso quella della via vestibolo-collica sinistra. Questa approssimazione è resa molto vicina al vero dall'incoerenza o comunque dal basso voltaggio delle piccole risposte controlaterali, le quali vanno come a "diluirsi" nell'ampio contingente ipsi, che comunque prevale o meglio si assolutizza nel prodotto finale. Quanto affermato è frutto del confronto di tracciati ottenuti con stimolazione monoaurale destra, monoaurale sinistra e binaurale su 100 casi consecutivi. Abbiamo verificato la corrispondenza tra CBP dx e sn e corrispettivo grafoelemento nel tracciato binaurale, ottenendo una completa corrispondenza in 99 dei 100 casi esaminati. In un solo caso un CBP binaurale (CBPB) dx era presente in assenza del corrispettivo CBP monoaurale (CBPM). In sintesi la significatività del tracciato binaurale è semiologicante sovrapponibile a quella dei due tracciati monoaurali, e pertanto riteniamo possa per semplicità sostituirne in maniera sintetica e per dovere di praticità l'impiego, senza con questo svilire il potere diagnostico dell'esame. Il nostro atteggiamento semiologico di fronte ai tracciati VEMPs appare sintetizzato nella Fig. 12. Ricordiamo infine come abbiamo già descritto una fisiologica asimmetria in ampiezza delle risposte destra e sinistra nel tracciato da stimolazione binaurale. In termini generali la situazione più ricorrente è quella di una prevalenza delle risposte del lato sinistro (43% delle osservazioni). In poco

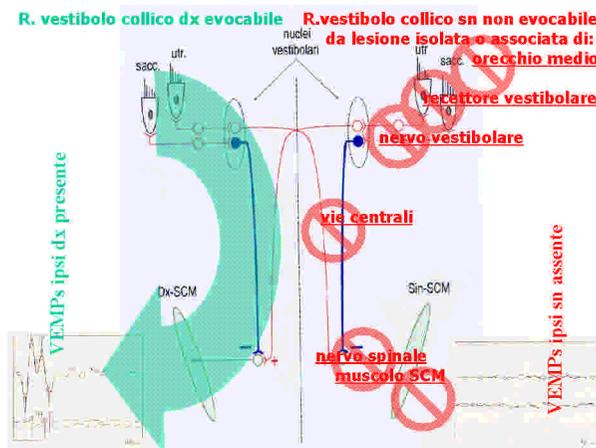


Fig. 12

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

meno del 30% i due lati risultano all'incirca equivalenti. Pertanto in meno di un quinto dei casi il lato destro appare prevalente.

ATTUALI CRITERI DI NORMALITÀ DI UN TRACCIATO

Fra i numerosi parametri considerabili (presenza o assenza del CBP, morfologia, ampiezza e latenza), nella nostra esperienza attuale noi ci siamo fino ad ora basati sul criterio molto restrittivo della:

1. **presenza/assenza del CBP ipsilaterale**, senza ulteriori valutazioni quantitative, in caso di indicazioni otologiche all'esame.
2. In caso di sospetta patologia neurologica (es.: sospetta SM) il parametro di scelta più sensibile è dato dall' **aumento di latenza del CBP**.

In estrema sintesi la Tab. I esprime il nostro algoritmo interpretativo otologico attualmente adottato, rudimentale ma di grande utilità pratica sul campo:

Tab. I ALGORITMO INTERPRETATIVO DI NORMALITA'/ANORMALITA' DEI VEMPs

1. CBP ipsi presente: integrità del riflesso vestibolo-collico ipsilaterale
2. CBP ipsi assente: alterazione significativa del riflesso vestibolo-collico ipsilaterale
1. CBC ipsi discutibile: non valutabile con certezza l'integrità del riflesso vestibolo-collico ipsilaterale

SIGNIFICATO SEMIOLOGICO DELLA ASSENZA DEI VEMPs

L'assenza del CBP ipsilaterale viene interpretata come una alterazione significativa del riflesso vestibolo-collico ipsilaterale, a qualunque livello nel suo decorso (Fig. 12). Non esistono patterns disfunzionali selettivi dei VEMPs che attualmente consentano una topodiagnosi più fine (lesioni recettoriali, afferenze neurali, connessioni centrali, efferenze neurali o muscolari). I casi sotto riportati sono un'esemplificazione sintetica di quanto appena asserito.

ALTERAZIONE TRASMISSIVA

La Fig. 13, cortesemente fornitaci da Halmagy, dimostra la probabilità di assenza del tracciato in caso di air-bone gap anche modesto. Pertanto l'assenza di air VEMPs ci impone di testare il sistema per via ossea con vibratore o con tapping⁽²⁸⁾, per escludere un falso positivo di tipo "trasmissivo". A questo scopo rammentiamo come ogni VEMPs debba essere di necessità preceduto e corredato da una precisa anamnesi audiologica (es.: familiarità di otosclerosi?) e da una minimale valutazione strumentale (es.: esame audiometrico tonale liminare associato a impedenzometria con riflessometria stapediale acustica) allo scopo di scremare eventuali alterazioni dell'orecchio medio in caso di interferire con la

VEMPs (Vestibular Evoked Myogenic Potentials)

dinamica stapediale e la successiva stimolazione sacculare.

LESIONE RECETTORIALE

La Fig. 14. riporta il tracciato relativo ad un caso di Malattia di Meniere monolaterale intercritica con buona soglia tonale e riflettività calorica ben conservata. In questo caso l'alterazione dei VEMPs appare l'unico indizio di alterazione del sistema vestibolare dal lato affetto nell'intervallo tra le crisi.

LESIONE NEURALE AFFERENTE

La Fig. 15 si riferisce ad un caso di neurinoma dell'VIII° intracanicolare, con BVC ancora nei limiti. Anche in questo caso il tracciato VEMPs appare piatto, e costituisce un buon indizio di probabile origine della neoplasia dal nervo vestibolare inferiore, con le conseguenti implicazioni chirurgiche e prognostiche.

LESIONE DELLE CONNESSIONI CENTRALI

Evenienza non comune, o forse non ancora largamente studiata, appare ben rappresentata in questo caso di SM (Fig. 16) in cui la alterazione dei VEMPs contribuisce ad infittire le maglie della rete diagnostica con la quale catturare alterazioni funzionali subcliniche.

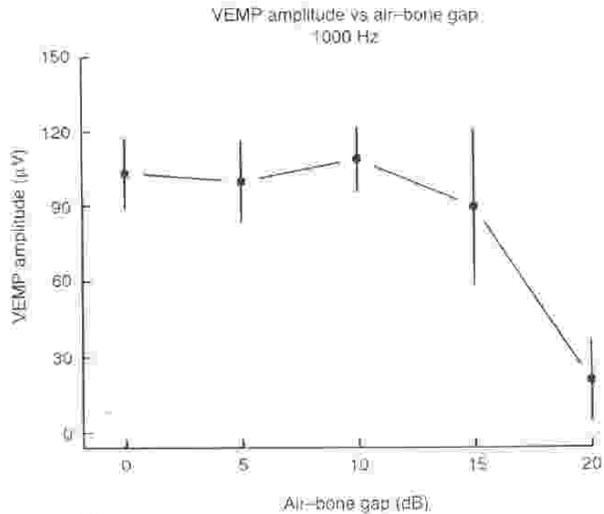


Fig. 13

**O. Adriana, 56 anni
M. Di Ménière destra
in fase intercritica**

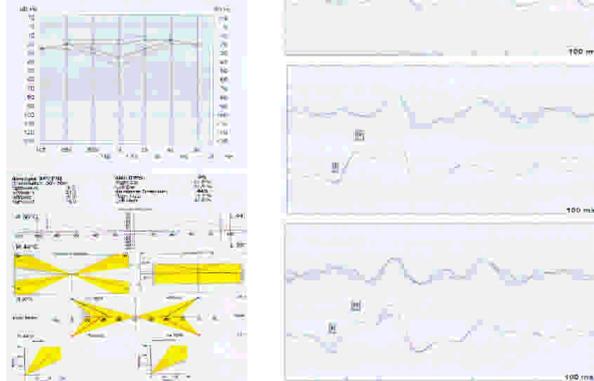


Fig. 14

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

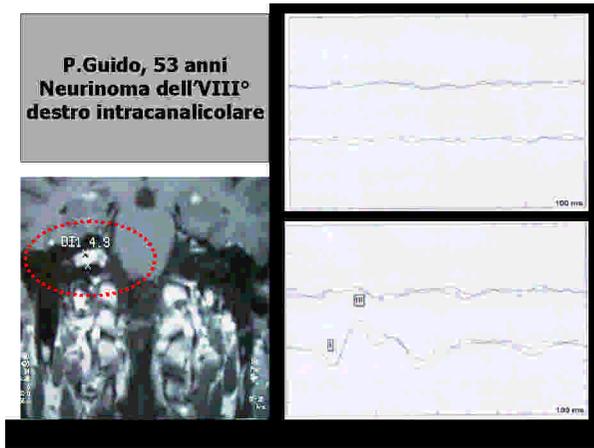


Fig. 15

LESIONE NEURALE EFFERENTE

Occorre considerare tra le possibili cause di assenza dei VEMPs anche le possibili alterazioni a carico del nervo spinale. In questo caso (Fig. 17) l'assenza della risposta è stata documentata in un paziente operato di svuotamento latero cervicale funzionale con preservazione anatomica dello spinale e buona funzione clinica ed EMG dello SCM. Evidentemente i VEMPs esprimono una lesione subclinica non documentabile diversamente se non con ENG.

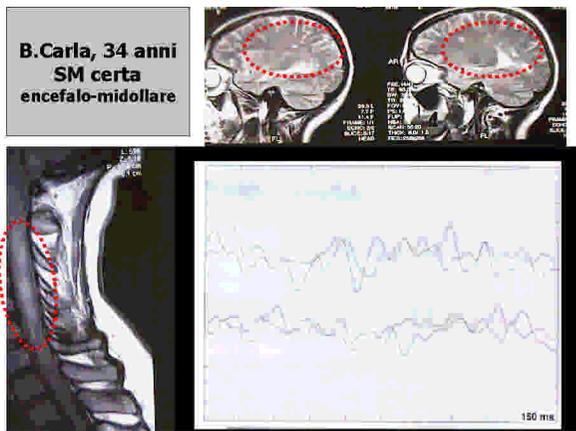


Fig. 16

LESIONE MUSCOLARE

Interessante la nozione di una possibile alterazione del tracciato imputabile ad alterazione dell'ultimo anello della catena vestibolo-collica, cioè

dello SCM. IL tracciato in Fig. 18 si riferisce ad un soggetto in ottima salute, sottoposto all'età pochi mesi ad intervento di allungamento dello SCM per torcicollo miogeno.

ALGORITMO OPERATIVO

La Fig. 19 sintetizza il nostro attuale algoritmo operativo nell'esecuzione dei VEMPs e sulla interpretazione dei tracciati ottenuti. La Fig. 20 rammenta anatomicamente le vie di percorrenza dell'energia nell'innescò del riflesso vestibolo-collico a seconda della modalità di stimolazione.

 VEMPs (Vestibular Evoked Myogenic Potentials)

Tutti i pazienti sufficientemente cooperanti sono sottoposti in prima istanza a stimolo aereo binaurale con capo anteroflesso su lettino orizzontale. Qualora si percepisca un certo grado di sforzo del paziente si può rialzare lo schienale di 30°. In caso invece di pazienti defedati, anziani o comunque incapaci di mantenere per almeno 1' la posizione richiesta si esegue il test separato, destro e sinistro, con latero-rotazione del capo senza contrazione muscolare (rotazione "passiva"). In tutti i casi si deve procedere alla sequenza test/retest per validare il riconoscimento dei grafoelementi costanti e sovrapponibili, gli unici con dignità di onda. In caso di mancata produzione di un CBP, occorre procedere alla check list in Tab. II. Se il test è stato eseguito con capo anteroflesso si passa al

test in latero-rotazione passiva (passando a quella attiva contro resistenza o con manovra di Jendrassik se il CBP è assente); se invece il test è stato inizialmente eseguito in laterorotazione, dopo aver tentato con una rotazione attiva contro resistenza o con manovra di Jendrassik, si passa alla posizione anteroflessa. Qualora, alla fine di queste verifiche il CBP sia ancora assente, occorre di necessità procedere ad una stimolazione per via ossea, con vibratore (bone VEMPs) o con martelletto per riflessi (tap VEMPs). Qualora anche la stimolazione di questo tipo non esiti in un VEMP e solo allora si potrà parlare a rigore di riflesso vestibolo-collisco non evocabile.



Fig. 17

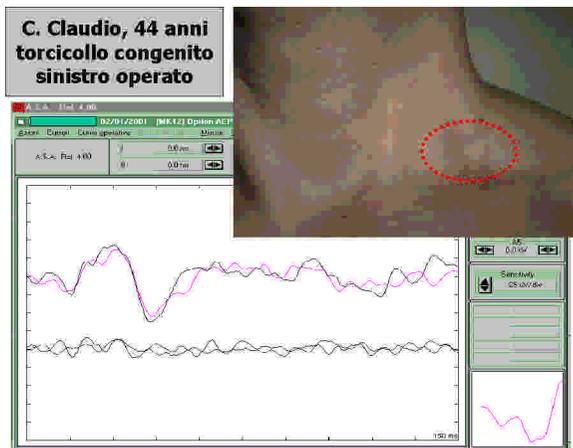


Fig. 18

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

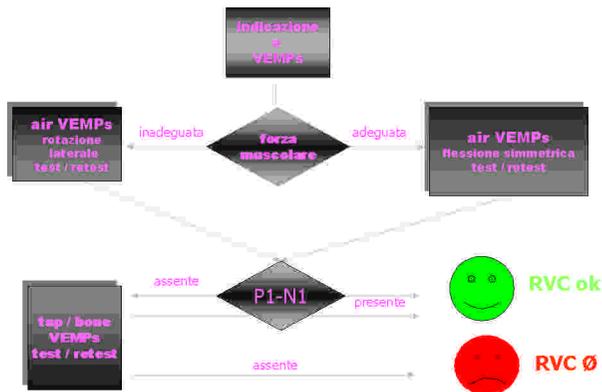


Fig. 19

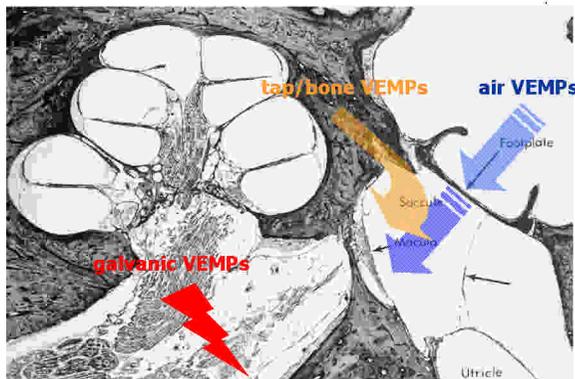


Fig. 20

Tab. II Assenza di P1-N1: check list delle verifiche da fare

1. Corretta uscita dalla cuffie (verifica l'intensità sonora)
2. Adeguato pretensionamento dello SCM (cambia posizione, palpa il ventre muscolare, ripeti dopo riposo)
3. Verifica l'audiogramma per air-bone gap, cerca effetto on-off su RSA, anamnesi di OTS o altra otopatia con possibile blocco stapedio-ovalare
4. Se disponibile registra un bone VEMP
5. In alternativa registra un tap VEMP
6. Se hai fatto tutto da 1 a 6 e rimane assente P1-N1, il VEMP è da considerarsi assente ed il RVC non evocabile

VEMPs (Vestibular Evoked Myogenic Potentials)

Bibliografia

1. BATH AP, HARRIS N, MCEWAN J, YARDLEY MP.: *Effect of conductive hearing loss on the vestibulo-collic reflex*. Clin Otolaryngol. 1999 Jun;24(3):181-3.
2. BATH AP, HARRIS N, YARDLEY MP.: *The vestibulo-collic reflex*. Clin Otolaryngol. 1998 Oct;23(5):462-6.
3. BRANTBERG K, BERGENIUS J, TRIBUKAIT A.: *Vestibular-evoked myogenic potentials in patients with dehiscence of the superior semicircular canal*. Acta Otolaryngol. 1999;119(6):633-40. Review.
4. BRONSTEIN AM, FAULDON M, ROTHWELL J, GREYSTY MA, COLEBATCH JG, LUDMAN H.: *Clinical and electrophysiological finding in the Tullio phenomenon*. Acta Otolaryngol (Stockh) 1995; 520: 209-11.
5. COLEBATCH JG, DAY BL, BRONSTEIN AM, DAVIES RA, GRESTYMA, LUXON LM, ROTHWELL JC.: *Vestibular hypersensitivity to clicks is characteristic of the Tullio phenomenon*. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1998 Nov;65(5):670-8.
6. COLEBATCH JG, DI LAZZARO V, QUARTARONE A, ROTHWELL JC, GRESTY M.: *Click-evoked vestibulocollic reflexes in torticollis*. Mov Disord. 1995 Jul;10(4):455-9.
7. COLEBATCH JG, HALMAGYI GM, SKUSE NF.: *Myogenic potentials generated by a click-evoked vestibulocollic reflex*. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1994; 57: 190-7.
8. COLEBATCH JG, HALMAGYI GM.: *Vestibular evoked potentials in human neck muscles before and after unilateral vestibular deafferentation*. Neurology 1992; 42: 2159.
9. COLEBATCH JG, ROTHWELL JC, BRONSTEIN A, HUDMAN H.: *Click-evoked vestibular activation in the Tullio phenomenon*. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1994; 57: 1538-40.
10. COLEBATCH JG, ROTHWELL JC.: *Vestibular-evoked EMG responses in human neck muscles*. J Physiol(Lond) 1993; 473: 18.
11. DE WAELE C, HUY PT, DIARD JP, FREYSS G, VIDAL PP.: *Saccular dysfunction in Meniere's disease*. Am J Otol. 1999 Mar;20(2):223-32.
12. DE WAELE C, TRAN BAHUY P, DIARD JP, FREYSS G, VIDALPP.: *Saccular dysfunction in Meniere's patients. A vestibular-evoked myogenic potential study*. Ann N Y Acad Sci. 1999 May 28;871:392-7. No abstract available.
13. FERBER-VIART C, DUCLAUX R, COLLEAUX B, DUBREUIL C.: *Myogenic vestibular evoked potentials in normal subjects: comparison between responses obtained on sternomastoid and trapezius muscles*. Acta Otolaryngol(Stockh) 1997; 117: 472-81.
14. FERBER-VIART C, SOULIER N, DULREUIL C, DUCLAUX R.: *Cochleovestibular afferent pathways of trapezius muscle responses to clicks in human*. Acta Otolaryngol(Stockh) 1998; 118: 6- 10.
15. FETTER M.: *Assessing vestibular function: which tests, when?* J Neurol. 2000 May;247(5):335-42. Review.
16. HALMAGYI GM, COLEBATCH JG, CURTHOYS IS.: *New tests of vestibular function*. Baillieres Clin Neurol. 1994 Nov;3(3):485-500. Review.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

17. HALMAGYI GM, COLEBATCH JG.: *Vestibular evoked myogenic potentials in the sternomastoid muscle are not of lateral canal origin.* Acta Otolaryngol (Stockh) 1995;Suppl 520: 1 -3.
18. HALMAGYI GM, CURTHOYS IS.: *Clinical testing of otolith function.* Ann N Y Acad Sci. 1999 May 28; 871: 195-204.
19. HEIDE G, FREITAG S, WOLLENBERG I, IRO H, SCHIMRIGK K, DILLMANN U.: *Click evoked myogenic potentials in the differential diagnosis of acute vertigo.* J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1999 Jun;66(6):787-90.
20. LINDEMAN HH.: *Anatomy of the otolith organs.* Adv Otorhinolaryngol. 1973;20:405-33. Review.
21. MATSUZAKI M, MUROFUSHI T, MIZUNO M.: *Vestibular evoked myogenic potentials in acoustic tumor patients with normal auditory brainstem responses.* Eur Arch Otorhinolaryngol. 1999;256(1):1-4.
22. MIRA E., VICINI C.: *Introduzione generale.* Atti della XVIII Giornate Italiane di Otoneurologia, Palermo, 30 marzo 2001 – Ed Formenti, Milano 2001
23. MIRAE., VICINI C.: *Prospettiva storica.* Atti della XVIII Giornate Italiane di Otoneurologia, Palermo, 30 marzo 2001 – Ed Formenti, Milano 2001
24. MORAWIEC-BAJDA A, WASILEWSKI B.: *Myogenic vestibular evoked potentials used to objective estimation of effectiveness of central action drugs.* Otolaryngol Pol. 2000;54(3):327-36.
25. MUROFUSHI T, CURTHOYS DA, TOPPLE AN.: *Responses of guinea pig primary vestibular neurons to clicks.* Exp Brain Res 1995; 103: 174-8.
26. MUROFUSHI T, HALMAGYI GM, YAVOR RA, COLEBATCH JG.: *Absent vestibular evoked myogenic potentials in vestibular neurolabyrinthitis. An indicator of inferior vestibular nerve involvement?* Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 1996 Aug;122(8):845-8.
27. MUROFUSHI T, MATSUZAKI M, MIZUNO M.: *Vestibular evoked myogenic potentials in patients with acoustic neuromas.* Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 1998 May;124(5):509-12.
28. NERI W.: Guidi A., Vicini C.: *I VEMPs da head tapping* Atti della XVIII Giornate Italiane di Otoneurologia, Palermo, 30 marzo 2001 – Ed Formenti, Milano 2001
29. SARTUCCI F., LOGIF.: *Vestibular-evoked myogenic potentials: a method to assess vestibulo-spinal conduction in multiple sclerosis patients.* Brain Res Bull; 59 (1), 59, 2002.
30. SEO T, YOSHIDA K, SHIBANO A, SAKAGAMI M.: *A possible case of saccular endolymphatic hydrops.* ORLJ Otorhinolaryngol Relat Spec. 1999 Jul-Aug;61(4):215-8.
31. SHIMIZU K, Murofushi T, Sakurai M, Halmagyi M.: *Vestibular evoked myogenic potentials in multiple sclerosis.* J Neurol Neurosurg Psychiatry. 2000 Aug;69(2):276-7.
32. SIRRI M., CASADIO P., CIUFFOLOTTI R., PARI M., CAMPANINI A., VICINI C.: *L'esperienza forlivese nei VEMPs.* Atti della XVIII Giornate Italiane di Otoneurologia, Palermo, 30 marzo 2001 – Ed Formenti, Milano 2001
33. THURTELL MJ, BLACK RA, HALMAGYI GM, CURTHOYS IS, AW ST.: *Vertical eye position-dependence of the human vestibuloocular reflex during passive and active yaw head rotations.* J Neurophysiol. 1999 May;81(5):2415-28.
34. VALLI P, VALLI S., VICINI C.: *Il nostro contributo metodologico.* Atti della XVIII Giornate Italiane di Otoneurologia, Palermo, 30 marzo 2001 – Ed Formenti, Milano 2001
35. VALLI P, VALLI S., VICINI C.: *Basi neuro-anatomo-fisiologiche.* Atti della XVIII Giornate Italiane di Otoneurologia, Palermo, 30 marzo 2001 – Ed Formenti, Milano 2001

————— VEMPs (Vestibular Evoked Myogenic Potentials) —————

36. VALLI P, VALLI S., VICINI C.: *I VEMPs in letteratura*. Atti della XVIII Giornate Italiane di Otoneurologia, Palermo, 30 marzo 2001 – Ed Formenti, Milano 2001
37. VERSINO M., COLNAGHI M., CALLIECO R., BERGAMASCHI R., ROMANI A., COSI V.: *Vestibular evoked myogenic potentials in multiple sclerosis patients*. *Clin Neurophysiol*; 113(9): 1464-9, 2002.
38. VICINI C., SIRRI M, CASADIO P., FRASCONI P.C., FRASSINETI S.: *Interpretazione dei tracciati*. Atti della XVIII Giornate Italiane di Otoneurologia, Palermo, 30 marzo 2001 – Ed Formenti, Milano 2001
39. VICINI C., VALLI P., VALLI S., CAMPANINI A.: *Il nostro assetto di registrazione dei VEMPs*. Atti della XVIII Giornate Italiane di Otoneurologia, Palermo, 30 marzo 2001 – Ed Formenti, Milano 2001
40. VICINI C., VALLI P., VALLI S., MODUGNO G.: *Sviluppi futuri*. Atti della XVIII Giornate Italiane di Otoneurologia, Palermo, 30 marzo 2001 – Ed Formenti, Milano 2001
41. VICINI C., VALLI S., VALLI P.: *Indicazioni e limiti dei VEMPs*. Atti della XVIII Giornate Italiane di Otoneurologia, Palermo, 30 marzo 2001 – Ed Formenti, Milano 2001
42. VICINI C.: *Proposta di creazione di una task force per l'applicazione clinica dei VEMPs*. Atti della XVIII Giornate Italiane di Otoneurologia, Palermo, 30 marzo 2001 – Ed Formenti, Milano 2001
43. YOUNG ED, FERNANDEZ C, GOLDBERG JM.: *Responses of squirrel monkey vestibular neurons to audiofrequency sound and head vibration*. *Acta Otolaryngol* 1977; 84:352-60.

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

(VENPs) (VESTIBULAR EVOKED NEUROGENIC POTENTIALS)

Giovanni Carlo Modugno, Giorgio Magnani

I **VENPs** rappresentano un metodo d'indagine delle vie vestibolari **ancora in fase sperimentale**.

Per definizione, rappresentano l'espressione neurogenica evocata dai centri delle vie vestibolari mediante uno stimolo ripetitivo di tipo meccanico, rilevata mediante il processo di sommazione. Anche se, come per le altre famiglie di potenziali (uditivi, visivi, somatosensitivi, ecc.), e' possibile distinguere VENPs a latenza tardiva, media e precoce, con il termine di VENPs si tende, di fatto, a far riferimento ai potenziali evocati a latenza precoce.

La metodologia di acquisizione ed elaborazione e l'analisi delle caratteristiche qualitative e quantitative dei VENPs derivano principalmente dagli studi sull'animale da esperimento condotti dalla scuola di Sohmer (9-11,13,15,16,35,36,54). In tale ambito, i VENPs sono stati utilizzati, anche recentemente, come metodo di esplorazione elettrofisiologico della funzionalità recettoriale per studi di tipo fisiopatologico (3,43).

Gli studi sull'uomo (12,14,32,34,50,51), per contro, sono ancora troppo limitati e non e' pertanto possibile esprimere un giudizio attendibile sulla loro valenza diagnostica.

Lo studio dei VENPs, pur basandosi sulla medesima metodologia di acquisizione elettrofisiologica, si differenzia concettualmente da quello dei VEMPs per il fatto che si propone di ricavare informazioni sullo stato di funzionalità delle stazioni nucleari centrali di tipo diretto (nel caso dei VEMPs, infatti, i potenziali vengono generati dal tessuto muscolare). I VEMPs, d'altronde, sono assimilabili alle altre metodologie di analisi del sistema vestibolare dove questo tipo di informazioni, vengono solitamente dedotte, peraltro con un ampio margine di approssimazione, solo indirettamente, attraverso l'analisi del comportamento della via efferente dei due principali riflessi a genesi vestibolare (vestibolo-oculomotore e vestibolo-spinale).

Oltre a questa principale distinzione deve essere ricordato che i VENPs si ottengono solo dopo una peculiare stimolazione meccanica mentre per i VEMPs

e' sufficiente disporre di un generatore di stimoli acustici. Questa peculiarità ha sicuramente favorito lo sviluppo e la diffusione dei VEMPs che, rispetto ai VENPs, possono sicuramente vantare un maggiore interesse di tipo pratico ⁽⁵⁹⁾.

L'ASSETTO STRUMENTALE

Da un punto di vista metodologico, per acquisire i VENPs e' necessario disporre di uno **specifico stimolatore** in grado di trasferire ai recettori vestibolari un input accelerativo di breve durata (pochi millisecondi) e di alta intensità (0,5-1,7 g). L'applicazione di tale stimolo, nell'uomo solitamente limitata al segmento cefalico del soggetto in esame mediante un sistema di ancoraggio, produce minime escursioni di tipo lineare (pochi millimetri) od angolare (2-3 gr.) in funzione delle caratteristiche dello stimolatore. Da queste dipendono sia la frequenza di stimolazione utilizzata (1-20 Hz) sia i rapporti esistenti tra la posizione del capo durante l'esame, il vettore gravitazionale e la direzione od il verso dell'input accelerativo.

E' essenziale considerare che la condizione sperimentale ideale per acquisire un qualsiasi evento neurogenico evocato sarebbe quella di generare uno stimolo particolarmente **intenso** in modo da garantire l'eccitazione sincrona del maggior numero di componenti neurali recettoriali ma nello stesso tempo sufficientemente **breve** per consentire di registrare l'attività evocata in una condizione di riposo funzionale recettoriale. Purtroppo questo tipo di condizione e' difficilmente realizzabile nel caso di uno stimolo di tipo meccanico soprattutto se tale stimolo deve essere in grado di produrre uno spostamento di una massa rilevante (pochi Kg).

Fino ad oggi sono stati proposti stimolatori azionati da motori elettrici opportunamente modificati ^(12,14,34,50,51) o da sistemi oleodinamici ^(37,41,45): questi ultimi hanno il vantaggio di ridurre al massimo, nella fase di acquisizione del segnale elettrofisiologico, le possibili interferenze legate alla presenza di rumore elettromagnetico.

Essenziale ai fini di una idonea riproducibilità dello stimolo accelerativo durante l'intera sessione di analisi, elemento di primaria importanza per l'idonea acquisizione dei VENPs, risulta il **metodo di ancoraggio** tra lo stimolatore ed il capo del soggetto in esame. La scelta di utilizzare un ancoraggio con l'arcata mascellare ^(12,14,34,51) piuttosto che con la calotta cranica (mediante l'applicazione di una fascia elastica ⁽⁵⁰⁾ o di un tutore pneumatico ^(37,45)) ha lo svantaggio della necessità di un adattamento individualizzato ma anche il vantaggio di un più idoneo trasferimento dell'energia meccanica.

Forse il sistema che ha permesso di ottenere dei risultati maggiormente verificabili e' stato quello proposto da Elidan e coll. ^(12,14) e successivamente modifi-

 VENPs (Vestibular Evoked Neurogenic Potentials)

cato da Rodionov et al. ⁽⁵¹⁾ con il quale e' stato possibile registrare per la prima volta i potenziali evocati vestibolari a latenza breve nell'uomo. In tale sistema il rigido ancoraggio tra lo stimolatore ad azionamento elettrico ed il segmento cefalico ha permesso di ottenere un protocollo di stimolazione molto simile alla condizione ideale sopra descritta: l'input accelerativo impulsivo si esauriva durante la fase di acquisizione dei potenziali consentendo di ottenere una valutazione quantitativa dei tempi di occorrenza delle singole espressioni evocate similmente a quanto avviene per i potenziali evocati uditivi precoci.

I VENPs sono stati acquisiti in varie situazioni sperimentali con il paziente in posizione eretta ^(32,50) o supina ^(12-14,34,37,45,51) applicando sia uno stimolo lineare ^(32,37,45,51) che uno stimolo angolare ^(12,14,34,50).

I parametri di acquisizione (canali di amplificazione, filtraggi, finestra temporale di analisi, numero di eventi da sommare) sono sostanzialmente simili a quelli utilizzati per lo studio dei potenziali evocati uditivi come pure il tipo di derivazione (vertice + mastoide -).

Un elemento che invece dovrebbe caratterizzare un idoneo sistema di acquisizione dei VENPs e' la presenza di un dispositivo (accelerometro) in grado di verificare le caratteristiche quantitative (costanza, morfologia e ritardo di tipo inerziale) del profilo accelerativo che ha effettivamente agito sul versante del recettore vestibolare. In tale contesto, anche il metodo di sincronizzazione tra lo stimolatore ed il sistema di acquisizione deve essere opportunamente verificato al fine di non incorrere in valutazioni erronee nella quantificazione dell'intervallo temporale tra l'onset dello stimolo e la comparsa dei potenziali vestibolari.

Il pattern dei **VENPs a breve latenza** (tab. II) nel soggetto sano si caratterizza per la presenza di 2-4 deflessioni di piccola ampiezza e breve durata. La durata complessiva del complesso polifasico e' dell'ordine dei 6-10 msec ed occorre a pochi millisecondi dall'onset dell'input accelerativo. In particolare Elidan e coll. ^(12,14), utilizzando uno stimolo angolare (yaw), registrano un complesso a latenza breve, costituito da 3 deflessioni di piccola ampiezza (meno di 1 mV) del tipo p1- n1- p2 (due positive a 3.5 e 8.4 msec. dall'inizio dello stimolo accelerativo e una negativa a 6 msec.). Rodionov e coll. ⁽⁵¹⁾, utilizzando uno stimolo lineare (pitch) registrano un complesso polifasico con 4 deflessioni positive (a 2.2, a 5.1, a 7 e a 8.6 msec. dall'inizio dello stimolo). Anche Pyykko e coll. ⁽⁵⁰⁾ e Knox e coll. ⁽³²⁾ registrano un complesso polifasico di piccola ampiezza composto da 2-3 onde che si esaurisce entro i primi 6 msec dall'inizio dello stimolo impulsivo. Si ritiene, sulla base di studi sperimentali condotti sull'animale da esperimento ^(1,11,13,30,35,36,46,48), che il generatore del complesso polifasico corrisponda al recettore maculare o canalare in funzione del tipo di accelerazione (lineare o angolare rispettivamente) e del piano di applicazione della stessa. La

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

prima componente del complesso rappresenta l'espressione dell'eccitazione del nervo vestibolare mentre le successive derivano dall'eccitazione del gruppo dei nuclei vestibolari.

Anche i **VENPs a media latenza** (Tab. II), costituiti da un pattern polifasico di 2 onde, sono stati individuati utilizzando la stessa modalità di stimolazione impulsiva ^(12,32,34) ma e' stata, in più occasioni, segnalata la possibile natura miogenica di tale complesso che potrebbe pertanto rappresentare l'espressione elettrica propagata sullo scalpo di minime contrazioni della muscolatura estrinseca dell'occhio conseguenti all'attivazione del riflesso vestibolo-oculomotore ⁽⁴⁵⁾.

Per quanto concerne i **VENPs a lunga latenza** (Tab. I) i dati della letteratura forniscono un panorama particolarmente ampio ma difficilmente classificabile anche in funzione delle diverse metodiche di stimolazione utilizzata ^(1,2,6-8,19-23,25,31,33,40,42,44,49,52,55-58). In molti casi, per erogare l'input accelerativo, quasi sempre impresso all'insieme della massa corporea del soggetto, sono state utilizzate sedie rotatorio commerciali od opportunamente modificate. Ne consegue che quasi mai si e' ottenuta la condizione sperimentale idonea della rilevazione post-stimolo dei potenziali (come nell'esperienza di Elidan). E' molto probabile che i pattern descritti siano, almeno in parte, effettivamente l'espressione dell'attività corticale vestibolare indotta dallo stimolo agente sul recettore ma e' comunque difficile escludere la contaminazione da parte di eventi neurogeni derivanti dalla coattivazione di altri sistemi sensoriali o di componenti miogeniche.

Da un punto di vista clinico, considerando le limitate esperienze condotte sull'uomo anche nell'ambito dei VENPs a latenza tardiva, i diversi ricercatori si sono limitati a verificare la potenzialità dei VENPs nell'identificare le condizioni di grave sofferenza della funzione vestibolare bilaterale: l'assenza dei VENPs in tali condizioni sperimentali e' stata d'altronde considerata un elemento a sostegno dell'ipotesi dell'origine vestibolare dei potenziali evocati. Non esistono, per contro, dati esaurienti sul tipo di modificazione del pattern neurogeno dopo deaf-ferentazione unilaterale. Anche considerando i dati emersi dagli studi sull'animale da esperimento non e' possibile trarre conclusioni definitive al riguardo ^(4,5,9,10,13,15-18,24,26-28,35,36,53,60): non e' infatti chiaro se le diverse situazioni descritte siano legate a fattori di tipo metodologico o possano dipendere realmente da un diverso comportamento legato alla specie animale esaminata.

CORRELAZIONI CLINICHE

Il tentativo di correlare la variabilità intersoggettiva del pattern registrato a specifiche condizioni patologiche del sistema vestibolare e' stato riportato solo

 VENPs (Vestibular Evoked Neurogenic Potentials)

di recente ^(38,39) e limitatamente allo studio dei PEV a latenza breve condotto con una metodica originale in via di perfezionamento, che si differenzia dalle precedenti per le seguenti caratteristiche: a) lo stimolatore è azionato da un sistema oleodinamico; b) il sistema di ancoraggio tra lo stimolatore ed il paziente è costituito da un tutore pneumatico che viene tollerato agevolmente durante l'esame; c) lo stimolo impulsivo, ripetuto con una frequenza di 10 Hz, pur presentando componenti di picco di breve durata (pochi millisecondi) non si esaurisce durante la fase di acquisizione dei potenziali. Tali scelte sono state dettate principalmente da motivi di tipo pratico che hanno tenuto in considerazione l'esigenza primaria di ottenere nel più breve tempo possibile e nella condizione di massimo conforto da parte del paziente una risposta non contaminata da artefatti elettrici. In estrema sintesi viene fornito un breve stimolo impulsivo al solo segmento cefalico del soggetto in esame mediante l'attivazione controllata di un cilindro oleodinamico connesso al poggiatesta tramite una barra di trasmissione. Il capo del paziente, anteflesso di circa 15-20 gradi, viene pertanto sollecitato sul piano sagittale con piccoli movimenti lineari (tipo "pitch") mentre giace in posizione supina.

Prima di descrivere in maniera sintetica le varie tipologie di risposta che sono state ottenute sottoponendo a test un campione limitato di pazienti affetti da accertata patologia della sfera vestibolare (in tale campione ha comunque prevalso il sottogruppo dei pazienti affetti da VPP e da Neuronite Vestibolare) è necessario considerare che l'interpretazione dei risultati ottenuti ha tenuto conto dei seguenti fattori: a) il protocollo di stimolazione da noi adottato non consente di utilizzare i tradizionali criteri di lettura del tracciato di sommazione (analisi dei tempi di occorrenza delle singole onde evocate) come avviene per i potenziali evocati uditivi. Si è pertanto ricorso ad una lettura di tipo qualitativo dando **maggiore rilevanza al parametro della ampiezza complessiva dell'intero pattern** effettuando sempre un confronto tra i due lati. Per facilitare questo tipo di lettura è stato pertanto sistematicamente eseguito uno o più re-test; b) i risultati ottenibili mediante lo studio dei VENPs sono *difficilmente confrontabili* con i dati ricavati dalle indagini di studio tradizionali (test calorico e test rotatorio) che possono, come è noto, dare informazioni solo sulla funzionalità del riflesso vestibolo-oculomotore per attivazione del canale semicircolare orizzontale. Tale elemento risulta ancora più rilevante nel caso di stimolazioni impulsive agenti prevalentemente in senso lineare che dovrebbero, come risulta dagli studi sperimentali sull'animale, eccitare, peraltro nel range delle alte frequenze di stimolazione, esclusivamente il recettore *maculare*; c) Se, in analogia con quanto avviene per lo studio dei potenziali evocati uditivi e come risulta dagli studi sull'animale, le componenti più evidenti e stabili del pattern dei VENPs a latenza pre-

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

coce rappresentano l'attivazione delle stazioni nucleari tronco encefaliche, ci si dovrebbe aspettare la registrazione di un VENPs bilateralmente anche nei casi di deafferentazioni periferiche unilaterali. L'impossibilita' di fornire uno stimolo che possa agire *selettivamente* su un solo emisistema recettoriale determina, infatti, problemi interpretativi difficilmente risolvibili anche attraverso un'analisi dei tracciati di tipo comparativo; d) non e' escluso che la notevole variabilità delle caratteristiche quantitative e qualitative dei VENPs sia legata anche a fattori di tipo fisiologico difficilmente controllabili attraverso le attuali modalità di stimolazione. E' stato infatti dimostrato come piccole variazioni dell'asse di stimolazione rispetto all'orientamento spaziale del recettore vestibolare (47) o come minime variazioni "qualitative" del profilo accelerativo, utilizzato durante le sessioni sperimentali (29), possano tradursi in ampie variazioni morfologiche dei VENPs.

Seguendo i criteri interpretativi sopra esposti sono state individuate 4 principali tipologie di risposta, valutando principalmente l'ampiezza del complesso polifasico:

a) pattern presente e simmetrico bilateralmente (normale) [Fig. 1];

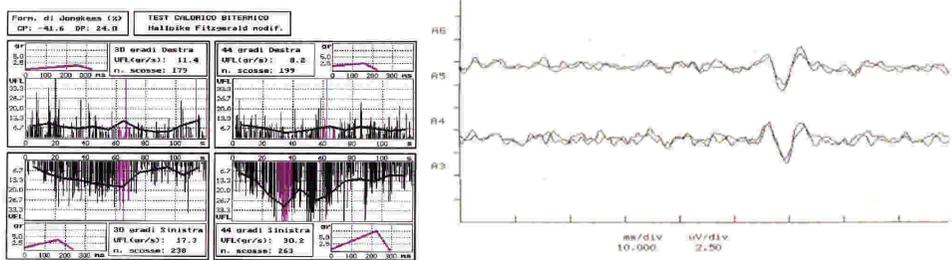


Fig. 1: Pattern tipo "a" in paziente affetto da Neuronite Vestibolare destra in fase post-acuta. Nei riquadri a sn si evidenzia il risultato del test calorico. Nel riquadro a dx si evidenzia la registrazione dei VENPsP: lato dx (tracc. inferiore); lato sn (tracc. superiore). I VENsP sono bene espressi bilateralmente e senza significative differenze di ampiezza tra i due lati.

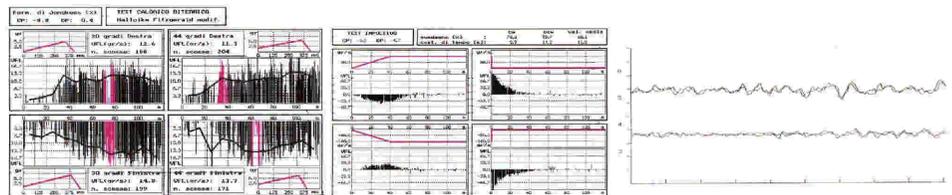


Fig. 2: Pattern tipo "d" in paziente affetto da Vertigine Parossistica Posizionale del CSP Destro. Test calorico (sn), test rotatorio impulsivo (centro). VENPsP. (dx) (traccia inferiore: lato dx; traccia superiore: lato sn). Il paziente e' normorefflessico. Si evidenzia il complesso polifasico (p3-p4) quasi esclusivamente nel lato sano.

VENPs (Vestibular Evoked Neurogenic Potentials)

- b) Pattern assente bilateralmente;
- c) Pattern asimmetrico prevalentemente od unicamente espresso dal lato considerato patologico [Fig. 3];
- d) Pattern asimmetrico prevalentemente od unicamente espresso dal lato considerato sano [Fig. 2,4].

Il primo tipo di risposta e' stato riscontrato in una percentuale significativa (30-40%) di pazienti affetti da deficit vestibolare monolaterale più o meno intenso (soprattutto in casi affetti da Neuronite Vestibolare). Pur non potendo escludersi che l'applicazione di uno stimolo più intenso nello stesso paziente avrebbe potuto condizionare la presenza di un pattern di tipo diverso (tipo c o d), questo tipo di risposta potrebbe rappresentare l'espressione di una lesione vestibolare parcellare, che ha interessato esclusivamente il recettore canalare e non quello maculare.

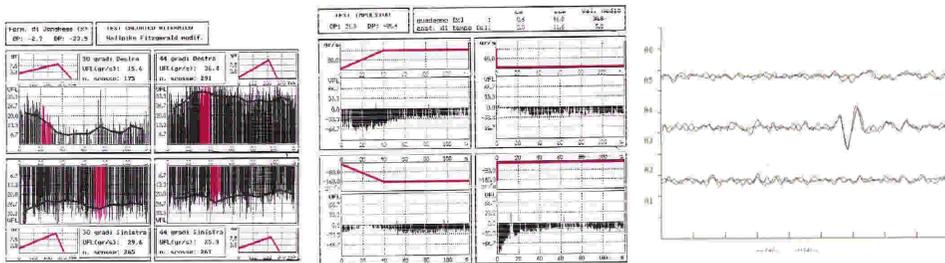


Fig. 3: Pattern tipo "c" in paziente affetto da Neuronite Vestibolare sinistra in fase acutissima. Test calorico (a sn); test rotatorio impulsivo (centro). E' presente nistagmo spontaneo persistente deficitario (verso dx.) che determina la pseudoreflexia sn al test calorico. Nel riquadro a dx si evidenzia la registrazione dei VENPsP: base (tracc. Inferiore); lato dx (tracc. intermedio); lato sn (tracc. superiore). I VENsP sono quasi esclusivamente evidenti dal lato sano.

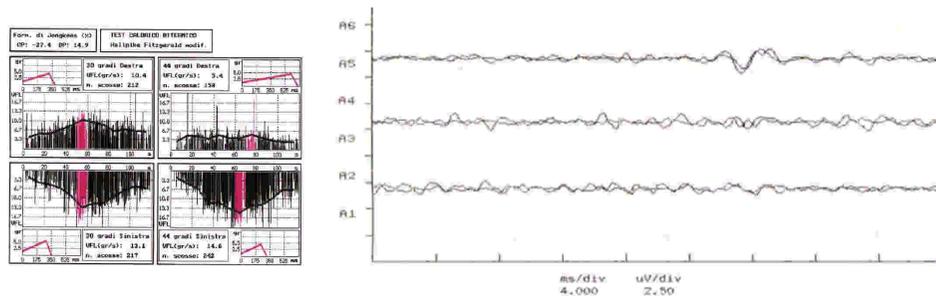


Fig. 4: Pattern tipo "d" in paziente affetto da Neurinoma dell'Acustico destro. A sn il test calorico. Nel riquadro a dx si evidenzia la registrazione dei VENPsP: base (tracc. Inferiore); lato dx (tracc. Intermedio); lato sn (tracc. Superiore). Il complesso polifasico e' visibile solo dal lato sano.

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

Il secondo tipo di risposta e' stato riscontrato *esclusivamente* nei pazienti con areflessia vestibolare bilaterale ed in una percentuale significativa (circa il 30%) di pazienti affetti da vertigine parossistica posizionale. L'ipotesi che, in questi pazienti, il fenomeno degenerativo a carico della macula dell'utricolo si sia espresso bilateralmente potrebbe rappresentare un elemento a conferma dell'ulteriore ipotesi che lo stimolo da noi utilizzato sia in grado di eccitare selettivamente ed esclusivamente il recettore maculare.

La risposta di **tipo "c"**, seppure apparentemente paradossale, ha rappresentato senza dubbio il riscontro più interessante se non altro sul piano delle ipotesi interpretative. Questa e' stata riscontrata non solo negli unici casi di areflessia vestibolare monolaterale accertata, ma anche in un significativo numero di casi affetti da patologie vestibolari di vario genere (neuronite vestibolare, malattia di Ménière, ecc) ad esclusione della VPP. Per quanto riguarda l'interpretazione di tale condizione si potrebbe teorizzare che la prevalente ampiezza dei VENPs dal lato lesa possa essere correlata alla supposta condizione di iperattività tonica in cui viene a trovarsi il complesso nucleare dopo una deafferentazione acuta [Fig. 5]. Come e' noto, infatti, in seguito a deafferentazione acuta del complesso nucleare vestibolare di un lato, i meccanismi che presiedono al fenomeno del compenso cercano di riequilibrare il grado di attività tonica tra i nuclei dei due

Asimmetria Tonica tra i Nuclei Vestibolari

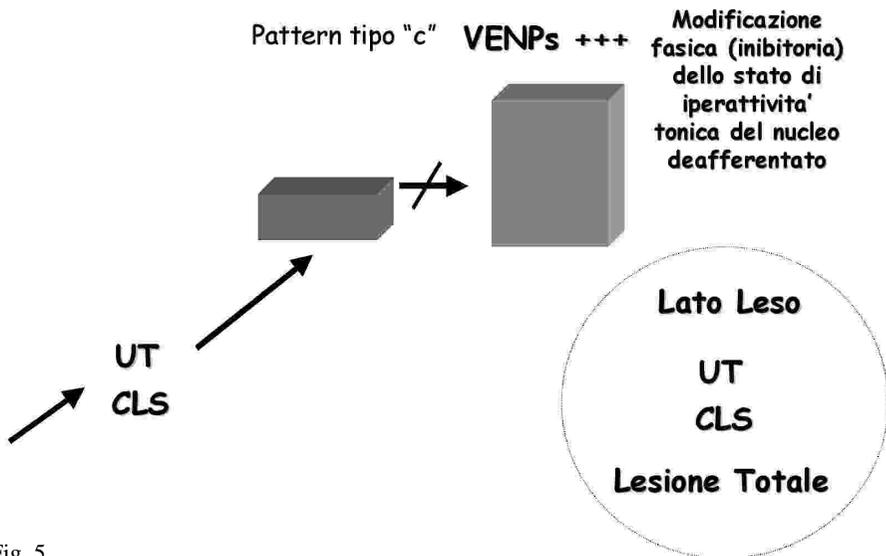


Fig. 5

 VENPs (Vestibular Evoked Neurogenic Potentials)

lati che e' stato alterato dalla deafferentazione stessa. Mentre il complesso nucleare del lato sano viene tonicamente inibito soprattutto dall'influenza cerebellare, il complesso nucleare del lato leso (che riceve ugualmente l'input recettoriale del lato sano attraverso il contributo delle vie intercommissurali) acquisisce autonomamente, per motivi non ancora perfettamente chiariti, uno stato di iperattività tonica. Da quanto esposto si intuisce anche una seconda e più semplice ipotesi per la quale l'asimmetria tra i VENPs dei due lati possa dipendere principalmente dall'attività inibitoria agente in maniera prevalente sul lato sano.

La risposta di tipo "d" e' risultata, contro le aspettative, la meno frequente e, elemento di un certo interesse, si e' riscontrata prevalentemente nei pazienti affetti da VPP. Questo riscontro potrebbe trovare una spiegazione ammettendo che in questi pazienti la degenerazione maculare abbia interessato solo il lato nel quale si e' manifestata la patologia. Dal momento che i complessi nucleari centrali si trovano ordinariamente in una condizione di equilibrio (per l'assenza dei meccanismi di compenso), la modificazione fasica del loro stato di attività tonica di base, indotta dallo stimolo attivo bilateralmente, risulterebbe pertanto più efficace, in termini elettrofisiologici, dal lato sano [Fig. 6].

Da quanto esposto si evince come i risultati più interessanti abbiano riguardato il gruppo dei pazienti affetti da VPP e quelli riguardanti i pazienti affetti da

Nuclei Vestibolari in Equilibrio Funzionale

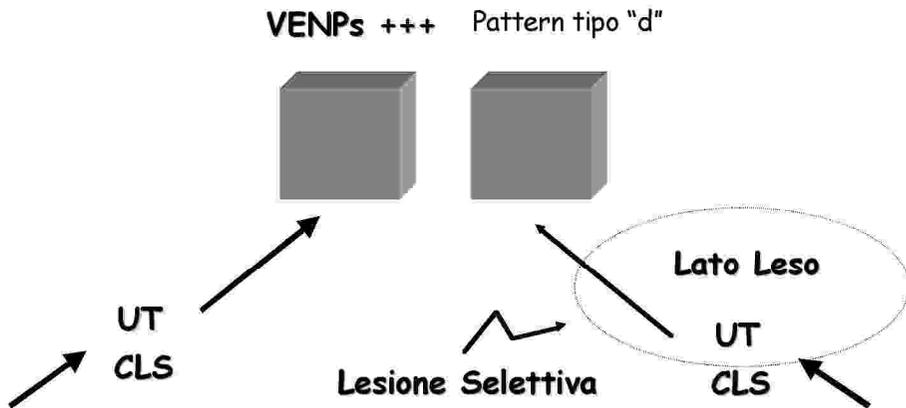


Fig. 6

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

Neuronte Vestibolare nei quali si sono registrate varie tipologie verosimilmente anche in rapporto al grado di compenso vestibolare centrale al momento della sperimentazione.

Queste ipotesi interpretative non consentono comunque di chiarire tutti gli aspetti emersi dalla sperimentazione sul soggetto patologico; questa, peraltro, è stata condotta, come già riportato, in condizioni non ottimali per quanto concerne gli aspetti metodologici. In ogni caso, riteniamo che l'estensione di questo studio ad un campione particolarmente ampio di pazienti, in cui si consideri anche l'elemento del controllo longitudinale e del raffronto con i risultati di altri test vestibolari (potenziali evocati miogeni), possa permettere di identificare con maggiore chiarezza, nonostante i limiti citati, specifiche tipologie di VENPs in rapporto a specifiche condizioni fisiopatologiche. È possibile quindi che il metodo in questione, anche per i suoi modesti costi e la sua scarsa invasività, possa favorire la soluzione di alcuni problemi non ancora esaurientemente risolti in ambito di vestibologia clinica: tra questi, l'acquisizione di informazioni attendibili sullo stato di efficienza dei recettori maculari o la caratterizzazione quantitativa e qualitativa del compenso vestibolare. Quest'ultimo elemento, in particolare, può presentare motivi di interesse per i possibili risvolti in ambito medico-legale o per lo studio dell'efficacia terapeutica delle sostanze farmacologiche attive sull'intero sistema.

 VENPs (Vestibular Evoked Neurogenic Potentials)

Bibliografia

1. Baudonniere PM, Belkhenchir S, Lepecq JQ, Mertz S: Otolith-vestibular-evoked potentials in humans. Intensity direction of acceleration (Z+, Z-), and BESAmodeling of generators. Ann N Y Acad Sci 1999;871:384-386.
2. Bertora GO, Bergmann JM Cortical responses of vestibular reactions measured by topographic brain mapping and vestibular evoked potentials. Acta Otolaryngol (Stockh) Suppl. 520: 126-129, 1995.
3. Biron A, Freeman S, Sichel JY, Sohmer H. The effect of noise exposure in the presence of canal fenestration on the amplitude of short-latency vestibular evoked potentials. Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 2002 May;128(5):544-8.
4. Bohmer A Short latency vestibular evoked responses to linear acceleration stimuli in small mammals: masking effects and experimental applications. Acta Otolaryngol. (Stockh) Suppl 520: 120-123, 1995.
5. Bohmer A, Hoffman LF, Honrubia V Characterization of vestibular potentials evoked by linear acceleration pulses in the chinchilla. Am J Otol 16(4):498-504, 1995.
6. Bumm P, Johanssen H, Spreng M, Wiegand H.: Zur Registrierung langsamer rindenpotentialle bei rotatorischer reizung des menschen. Arztl Forsch 24: 59-62; 1970.
7. Claussen CF Vestibular evoked responses: a new frontier in equilibriummetry. Acta Otolaryngol (Stockh) Suppl. 520: 113-116, 1995.
8. Durrant JD, Furman JMR Long-latency rotational evoked potentials in subjects with and without bilateral vestibular loss. Elettroenceph. Clin. Neurophysiol. 71:251-256, 1988.
9. Elidan J, Langhofer L, Honrubia V Recording of short-latency vestibular evoked potentials induced by acceleration impulses in experimental animals: current status of the method and its applications. Electroencephalogr Clin Neurophysiol :58-69, 1987.
10. Elidan J, Langhofer L, Honrubia V The neural generators of the vestibular evoked response. Brain Res ;423(1-2):385-90, 1987.
11. Elidan J, Langhofer L, Honrubia V The firing properties of second-order vestibular neurons in correlation with the far-field recorded vestibular-evoked response. Laryngoscope 92-9, 1989.
12. Elidan J, Leibner E, Freeman S, Sela M, Nitzan M, Sohmer H Short and middle latency vestibular evoked responses to acceleration in man. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 80(2):140-5, 1991.
13. Elidan J, Li G, Sohmer H. The contribution of cranial-nerve nuclei to the short latency vestibular evoked potentials in cat.: Acta Otolaryngol (Stockh) 115(2):141-4, 1995.
14. Elidan J, Sela M, Liebner E, Sohmer H Short latency vestibular evoked response to angular acceleration impulse in human beings Otolaryngol Head Neck Surg 105(3):353-9, 1991.
15. Elidan J, Sohmer H, Lev S, Gay I Short latency vestibular evoked response to acceleration stimuli recorded by skin electrodes. Ann Otol Rhinol Laryngol 93(3 Pt 1):257-61, 1984.
16. Elidan J, Sohmer H, Nizan M Recording of short latency vestibular evoked potentials to acceleration in rats by means of skin electrodes.: Electroencephalogr Clin Neurophysiol 53(5):501-5, 1982.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

17. Freeman S, Plotnik M, Elidan J, Rosen LJ, Sohmer H Effect of white noise "masking" on vestibular evoked potentials recorded using different stimulus modalities. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 119(3):311-5, 1999.
18. Freeman S, Plotnik M, Elidan J, Sohmer H Differential effect of the loop diuretic furosemide on short latency auditory and vestibular-evoked potentials. *Am J Otol* 120(1):41-5, 1999.
19. Greiner GF, Collard M, Conraux C, Picart P, Rohmer F Research on evoked potentials of vestibular origin in man. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 63:320-9; 1967.
20. Hofferbert B The clinical significance of vestibular evoked potentials (REP). *Acta Otolaryngol (Stockh) Suppl.* 520: 124-125, 1995.
21. Hofferberth B Evoked potential to rotatory stimulation. *Acta Otolaryngol. (Stockh) Suppl* 406: 134-136, 1984.
22. Hoffman LF, Horowitz JM Far field brainstem responses evoked by vestibular and auditory stimuli exhibit increases in interpeak latency as brain temperature is decreased. *The Physiologist* 27: 89-90, 1984.
23. Hood JD, Kajan A Observation upon the evoked responses to natural vestibular stimulation. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 62:266-276, 1985.
24. Inokuchi A, Yamamoto T, Uemura T Vestibular evoked potentials to angular acceleration in the guinea pig. A preliminary report. *Acta Otolaryngol Suppl (Stockh)* 481:477-80, 1991.
25. Inokuchi A, Yamamoto T, Uemura T: Vestibular evoked potentials to angular acceleration in the guinea pig. *Acta Otolaryngol (Stockh) Suppl* 1991;481:477-480.
26. Jones SM, Jones TA Short latency vestibular evoked potentials in the chicken embryo *J Vestib Res* 6(2):71-83, 1996.
27. Jones SM, Erway LC, Bergstrom RA, Schimenti JC, Jones TA Vestibular responses to linear acceleration are absent in otoconia-deficient C57BL/6J*Ei*-het mice. *Hear Res* 135(1-2):56-60, 1999.
28. Jones TA Vestibular short latency responses to pulsed linear acceleration in unanesthetized animals. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 377-86, 1992.
29. Jones TA, Jones SM, Colbert S The adequate stimulus for avian short latency vestibular responses to linear translation. *J Vestib Res* 18(3):253-72, 1998.
30. Jones TA, Jones SM. Short latency compound action potentials from mammalian gravity receptor organs. *Hear Res* 136(1-2):75-85, 1999.
31. Kast R, Lankford JE: Otolithic Evoked Potentials: A New Technique for Vestibular Studies. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 1986;102:175-178.
32. Knox GW, Isaacs J, Woodard D, Johnson L, Jordan D. Short latency vestibular evoked potentials. *Otolaryngol Head Neck Surg* 108(3):265-9, 1993.
33. Kolchev C: Vestibular late evoked potentials (VbEP) processed by means of brain electrical activity mapping (BEAM). *Acta Otolaryngol (Stockh) Suppl* 1995;520:130-133.
34. Leibner E, Elidan J, Freeman S, Sela M, Nitzan M, Sohmer H Vestibular evoked potentials with short and middle latencies recorded in humans. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl* 41:119-23, 1990.
35. Li G, Elidan J, Sohmer H The contribution of the lateral semicircular canal to the short latency vestibular evoked potentials in cat. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* :225-8, 1993.

 VENPs (Vestibular Evoked Neurogenic Potentials)

36. Li G, Elidan J, Sohmer H Peripheral generators of the vestibular evoked potentials in the cat. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 34-8, 1995.
37. Modugno GC Una nuova metodica di stimolazione per lo studio dei potenziali evocati vestibolari. In *Audiologia e Informatica: Applicazioni attuali e prospettive* a cura di Grisanti G, CRS Amplifon, 24-30, 1998.
38. Modugno GC, Cappelli A, Truzzi M, Pirodda A. Potenziali evocati vestibolari neurogeni (VENPs): la nostra esperienza in ambito clinico-sperimentale. In *Attualità in tema di potenziali evocati: dal laboratorio alla pratica clinica* a cura di C.Vicini, Ed. Formenti 51-94, 2001.
39. Modugno GC, Cappelli A, Truzzi M, Pirodda E Short latency vestibular evoked potentials. *Otoneurology '99 International Symposium*, 17-21, 1999.
40. Molinari GA, Mingrino S Cortical evoked responses to vestibular stimulation in man. *J Laryngol. Otol.* 88:515-521, 1974.
41. Mora R, Cordone G, Barbieri M, Ciarlone M, Salami A. Potenziali evocati vestibolari neurogeni: nostra esperienza In *Attualità in tema di potenziali evocati: dal laboratorio alla pratica clinica* a cura di C.Vicini, Ed. Formenti 95-104, 2001.
42. Mosca F, Sicignano S: Osservazioni sui potenziali evocati da stimolo rotoacceleratorio nell'uomo. *Atti del LXXVI Congresso Nazionale della SIO e ChCF, Rieti*, 381-383, 1989.
43. Perez R, Freeman S, Cohen D, Sohmer H. Functional impairment of the vestibular end organ resulting from impulse noise exposure. *Laryngoscope.* 2002 Jun;112(6):1110-4.
44. Pirodda E, Ghedini S, Zanetti MA. Investigations into vestibular evoked responses. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 104:77-84; 1987.
45. Pirodda E, Modugno GC Alla ricerca dei potenziali evocati vestibolari. In *Funzione vestibolare e sensibilità spaziale nell'uomo* a cura di Ottoboni A, Mora E, Salami A. *Atti delle XIII giornate Italiane di Otoneurologia*, 197-215, 1996.
46. Plotnik M, Elidan J, Mager M, Sohmer H. Short latency vestibular evoked potentials (VsEPs) to linear acceleration impulses in rats. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 104(6):522-30, 1997.
47. Plotnik M, Freeman S, Sohmer H, Elidan J. The effect of head orientation on the vestibular evoked potentials to linear acceleration impulses in rats. *Am J Otol* 20(6):735-40, 1999.
48. Plotnik M, Sichel JY, Elidan J, Honrubia V, Sohmer H. Origins of the short latency vestibular evoked potentials (VsEPs) to linear acceleration impulses. *Am J Otol* 20(2):238-43, 1999.
49. Probst T, Katterbach T, Wist ER Vestibularly evoked potentials (VESTEPs) of the horizontal semicircular canals under different body positions in space. *J Vestib Res* 5(4):253-63, 1995.
50. Pyykko I, Aalto H, Gronfors T, Starck J, Ishizaki H Vestibular evoked responses in man: methodological aspects. *Acta Otolaryngol (Stockh) Suppl.* 520: 117-119, 1995.
51. Rodionov V, Elidan J, Sela M, Nitzan M, Sohmer H. Vertical plane short and middle latency vestibular evoked potentials in humans. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 105(1):43-8, 1996.
52. Salamy J, Potvin A, Jones K, Landreth J Cortical evoked responses to labyrinthine stimulation in man. *Psychophysiology* 12: 55-61, 1975.
53. Sichel JY, Eliashar R, Plotnik M, Sohmer H, Elidan J Assessment of vestibular ototoxicity of ear drops by recording of vestibular evoked potentials to acceleration impulses. *Am J Otol* 21(2):192-5, 2000.

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

54. Sohmer H, Elidan J, Rodionov V, Plotnik M Short and middle latency vestibular evoked potentials to angular and linear acceleration.: *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl* 50:226-34, 1999.
55. Spiegel EA, Szekely EG, Moffet R Cortical evoked responses to rotation. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 66:81-88, 1968.
56. Trinus KF: Comparative characteristics of some clinico-instrumental approaches to the evaluation of the vestibular analyser condition. *Medico-technical approaches to the individual protection in Humans (Research in the Branch of the Improvement of the Security Systems of the Space Flights)*. *Sci. Recueil, Prof. Koshcheyev VS (ed), Moscow, IBP, 1985, 87-94.*
57. Trinus KF: The application of the method of the long latency evoked potentials for the objective evaluation of the vestibular sensitivity. *Ergonomical Problems of Professional Selection, Training and Labour Adaptation of the Aviation Stuff*. Kiev, KIIGA, 1985:42-46.
58. Trinus KF: Vestibular evoked potentials. A new method for study of the combined effects of environmental factors. *Recent Advances in researches on the combined effects of environmental factors*. 1987; 143-152.
59. Vicini C. (a cura di). *Attualità in tema di potenziali evocati vestibolari: dal laboratorio alla pratica clinica*. XXI Giornata Italiana di Nistagmografia Clinica. Palermo, 2001.
60. Weisleder P, Jones TA, Rubel EW Peripheral generators of the vestibular evoked potentials (VsEPs) in the chick. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 362-9, 1990.

VENPs (Vestibular Evoked Neurogenic Potentials)

Tab.1: VENPs a latenza tardiva. Studi sperimentali sull'uomo.

Autore	Anno	Tipo di stimolo	Intensità stimolo	Durata stimolo
Bumm et al ⁶	1970	Rot. (stop)	416 gr/sec ²	600 msec
Salamy et al ⁵²	1975	Rot. (rampa)	2.5-10 gr/sec ²	200 msec
Hofferberth ²¹	1984	Rot.(rampa + stop)	2.5, 5, 7.5, 10 gr/sec ²	1000 msec
Hood et al ²³	1985	Rot.(rampa)	150-200 gr/sec ²	500-2000 msec
Trinus ⁵⁶	1985	Lin. (front)	0.4 g	300-400 msec
Trinus ⁵⁷	1985	Rot.(rampa)	1-5 gr/sec ²	400-500 msec
Kast et al ³¹	1986	Lin. (vert.)	0.6-1.1 gr/sec ²	-
Trinus ⁵⁸	1987	Rot/Lin	0-30 gr/sec ² 0-40 cm/sec ²	-
Pirodda et al ⁴⁴	1987	Rot. (rampa)	800-3400 gr/sec ²	500-1000 msec
Durrant et al ⁸	1988	Rot. (step)	200 gr/sec ²	50-900 msec
Mosca et al ⁴²	1989	Rot.	20 gr/sec ²	-
Inokuchi et al ²⁵	1991	Rot	+50 \pm -50 gr/sec ²	-
Bertora et al ²	1995	Rot. (rampa)	120-240 gr/sec ²	250-500 msec
Kolchev ³³	1995	Rot. (step)	53 gr/sec ²	1000 msec
Claussen ⁷	1995	Rot.(step)	53 gr/sec ²	1000 msec
Baudonnière ¹	1999	Lin (pitch)	0.1-0.2-0.4 g	30 msec

Tab.2: VENPs a latenza media e precoce. Studi sperimentali sull'uomo.

Autore	Anno	Complesso polifasico	Latenza media	Ampiezza
Elidan ⁽¹⁴⁾	1991	p1-n1-p2	3.5/6.0/8.4 msec	0.5 μ V
		p1-n1-p2	8.8/18.8/26.8 msec	15 μ V
Elidan ⁽¹²⁾	1991	p1-n1-p2	3.5/6.0/8.4 msec	< 1 μ V
		p1-n1-p2	8.8/18.8/25.8 msec	10-20 μ V
Knox ⁽³²⁾	1993	n1-n2	3.0/6.0 msec	
Pyykko ⁽⁵⁰⁾	1995	p1-n1-p2	1.9/2.4/4.5 msec	
Rodionov ⁽⁵¹⁾	1996	p1-p2-p3-p4	2.9/5.1/7.0/8.6 msec	0.3/0.6 μ V
		p1-n1-p2	14.5/19.0/31.0 msec	27 μ V
Pirodda ⁽⁴⁵⁾	1996	p1-n1-p2-(n2-p3)	-	<2 μ V

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

LA POSTUROGRAFIA STATICA

Giorgio Guidetti

Il compito della posturografia statica è quello di consentire una valutazione strumentale del controllo posturale di un soggetto immobile, in stazione eretta.

Poiché in tal modo si misura in un certo senso la “stabilità” del soggetto è di uso abituale in Europa anche il suo sinonimo “**stabilometria**”.

Un sistema posturografico statico deve consentire, in particolare, di quantificare le oscillazioni posturali del paziente e di analizzare la strategia utilizzata per mantenere la posizione, evidenziando anche il contributo delle varie componenti del sistema posturale tramite opportune modificazioni alla condizione basale mediante stimolazioni o soppressioni visive, propriocettive, labirintiche, ecc..

Occorre infatti tener presente che questa metodica indaga una funzione in cui diversi organi e sistemi interagiscono fra loro e che i dati rilevati si riferiscono alla risultante di tutte queste interferenze reciproche.

Per fornire risultati affidabili un sistema stabilometrico deve fornire un’analisi multiparametrica delle oscillazioni (per consentire uno studio più preciso della strategia posturale) e fornire dati confrontabili sia in senso longitudinale (nello stesso soggetto nel tempo) che trasversale (con altri soggetti, esaminati anche in altri laboratori).

Uno dei maggiori limiti della posturografia degli albori è stato sicuramente la non confrontabilità dei dati dei diversi laboratori.

Condizione indispensabile per superare questo problema è la standardizzazione delle metodiche che deve riguardare sia le caratteristiche dell’ambiente d’esame che le modalità di esecuzione dei tests e le componenti hardware e software.

Il rispetto di tutte queste condizioni implica la possibilità di definire dei ranges di normalità di ogni parametro per ogni condizione d’esame.

Nel tempo sono state suggerite e utilizzate diverse apparecchiature per lo studio della postura in condizioni statiche (rilievi ottici, solette multisensore, pedobarografi, piattaforme per forze verticali).

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Le piattaforme per forze verticali sono quelle attualmente più in uso. Sono costituite da una lamina praticamente indeformabile nelle condizioni abituali di utilizzo, poggiata su rilevatori-trasduttori di adeguata rigidità.

Esse consentono la registrazione dei movimenti del centro di pressione del soggetto (cdp) che corrisponde al punto di applicazione della risultante delle forze applicate, rilevato a livello della superficie d'appoggio.

Anche in caso di condizione statica il cdp corrisponde solo con una certa approssimazione alla proiezione del baricentro sulla base d'appoggio. La sua posizione è infatti influenzata anche dalle accelerazioni e decelerazioni dovute ai movimenti della massa inerziale del corpo.

Le piattaforme si distinguono tra loro soprattutto in base al tipo ed al numero di rilevatori utilizzati (piezoelettrici, a compressione, ecc.).

La loro affidabilità deve essere dimostrata per un peso del soggetto esaminato compreso almeno tra 10 e 150 Kg e la sensibilità deve essere tale da rilevare lo spostamento di 1 mm di un peso di 10 kg posto a 10 cm dal centro elettrico della piattaforma.

Il segnale in uscita, una volta filtrato, campionato e convertito, viene trattato in tempo reale per calcolare le coordinate del centro di pressione del soggetto e memorizzato per successivi trattamenti.

I parametri di valutazione internazionalmente accettati sono:

- le coordinate del centro di pressione, cioè della posizione centrale delle forze verticali esercitate dai piedi durante la stazione eretta, sull'asse X (frontale) e quello Y (sagittale), espresse in mm
- la lunghezza delle oscillazioni del soggetto, espressa in mm, che rappresenta in sostanza la distanza complessiva percorsa dal centro di pressione del soggetto ed è dunque un indice dell'energia utilizzata
- la velocità media, e relativa deviazione standard (ds), degli spostamenti, espressa in mm/sec, che forniscono informazioni sull'energia spesa dal sistema e sulla omogeneità delle oscillazioni (ds)
- la superficie dell'ellisse, espressa in mm², che misura la dispersione delle oscillazioni sul piano d'appoggio cioè, in un certo senso, la precisione del sistema.
- lo spettrogramma di frequenza delle oscillazioni sul piano sagittale e frontale
- lo statokinesigramma, cioè la rappresentazione al suolo delle oscillazioni riferita al centro di sostegno e/o ai valori medi di X e Y (Fig. 1)
- lo stabilogramma, cioè la graficazione dello spostamento nel tempo del centro di pressione rispetto ai valori medi di X e Y (Fig.2).

La posturografia statica

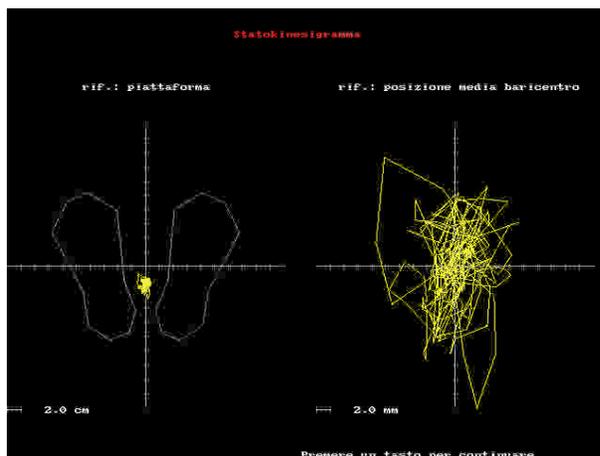


Fig.1: statokinesigramma con riferimento al centro elettrico della piattaforma e con riferimento alla posizione media del centro di pressione. (Sistema S.Ve.P.-Amplifon, standardizzato secondo le norme dell'Association Française de Posturologie)

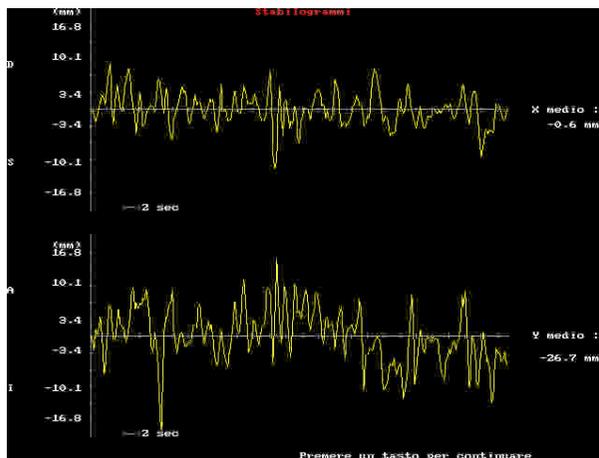


Fig.2: stabilogramma sui piani frontale (X) e sagittale (Y). (Sistema S.Ve.P.-Amplifon, standardizzato secondo le norme dell'Association Française de Posturologie)

Per consentire una standardizzazione ottimale del test è stata prefissata anche la condizione del soggetto in esame:

- ambiente quieto, senza stimoli visivi o acustici intercorrenti, senza linee diagonali visibili, e con precise caratteristiche delle mire illuminate

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

- taratura preventiva
- posizione di Romberg con le braccia lungo il corpo e le punte dei piedi ad una distanza prestabilita (preferibilmente 30°), senza scarpe
- durata del test preferibilmente di 51.2 secondi, perché garante di una maggior riproducibilità delle misurazioni, e, comunque, di non meno di 30.

Il test di base viene eseguito con il paziente ad occhi aperti, in grado cioè di utilizzare tutte le possibili informazioni proprio ed esteroceptive.

In tempi successivi possono essere effettuati anche altri test in condizioni diverse.

In genere viene effettuato un secondo test, ad occhi chiusi, ma è buona norma valutare le oscillazioni in più condizioni che vengono indicate col termine di variazioni concomitanti o test complementari.

I TESTS STABILOMETRICI COMPLEMENTARI

Per valutare l'interferenza di vari fattori (afferenze labirintiche, visive, propriocettive di diversa origine, tattili, strutturali, attenzione, ecc.) sul controllo posturale statico sono stati proposti numerosi tests complementari:

- a) per la componente **vestibolare**
 - stimolazioni vestibolari caloriche
 - stimolazioni vestibolari galvaniche
 - prova di Valsalva
 - prova pneumatica
- b) per la componente **visiva**
 - chiusura degli occhi
 - visione stabilizzata
 - prismi e lenti
 - stimolazioni otticocinetiche
- c) per la componente **cervicale**
 - retroflessione del capo
 - attivazione cervicale dinamica
 - stimolazione elettrica transcutanea
 - stimolazione muscolare vibratoria
 - tilt del capo

La posturografia statica

d) per la componente **stomatognatica**

- svincolo occlusale con cotone interdentario o bite
- deglutizione

e) per la componente **oculomotoria**

- sguardo nelle diverse posizioni
- movimenti di smooth pursuit
- movimenti saccadici
- prismi

f) per gli **arti inferiori**

- stimolazione muscolare vibratoria
- ischemia controllata
- appoggio su basi morbide
- appoggio su cuscini che perturbano le afferenze propriocettive plantari

g) per gli **altri distretti rachidei**

- flessione laterale del busto
- flessione anteriore del busto
- rotazione dorso-lombare
- stimolazione muscolare vibratoria
- autoallungamento
- appoggio monopodalico

h) per la componente **corticale**

- calcolo mentale o ideazioni varie
- autoanalisi propriocettiva

i) tests **multifattoriali**

- head shaking test
- head turned e head bowed test
- attivazione cervicale dinamica.

La chiusura degli occhi o l'uso di una maschera consentono di sopprimere il segnale visivo.

Il rapporto percentuale tra i valori ad occhi chiusi e ad occhi aperti di ciascun parametro si definisce **indice di Romberg**.

In questo modo, però, un aumento delle oscillazioni ad occhi chiusi, con conseguente indice di Romberg superiore ad 1, non dipende esclusivamente dalla eliminazione delle influenze visive.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

In assenza di segnale visivo, infatti, aumenta notevolmente il gain delle afferenze labirintiche e propriocettive che andranno indagate con successivi tests complementari per valutare più correttamente la componente visiva stessa.

L'indice di Romberg varia pertanto notevolmente da un soggetto ad un altro e può essere considerato unicamente un indicatore della capacità stabilizzante della visione, utile soprattutto per valutarne le possibilità compensatorie in caso di patologie di altri distretti.

Nel caso in cui l'indice di Romberg sia inferiore a 1, e cioè le oscillazioni posturali siano inferiori in soppressione visiva rispetto ad occhi aperti, si parla di "cecità posturale".

Tale situazione indica nel bambino la prevalenza dei fattori propriocettivi su quelli visivi nel controllo posturale, mentre nell'adulto è generalmente indice di disturbi della visione o della motilità oculare con effetto destabilizzante.

La retroflessione del capo implica l'attivazione della muscolatura cervicale posteriore ed il test, effettuato in questa posizione ad occhi chiusi, è dunque da considerarsi mirato specialmente alla valutazione della influenza di quest'ultima sul controllo posturale.

Non è possibile eliminare comunque una certa interferenza anche di fattori vestibolari, otolitici.

L'interferenza cervicale viene valutata ad occhi chiusi mediante il confronto tra il test ad occhi chiusi a capo eretto e quello ad occhi chiusi a capo retroflesso, che consente di calcolare l'**indice di interferenza cervicale** relativo alla superficie (ICS) e alla lunghezza delle oscillazioni (ICL).

L'eventuale interferenza destabilizzante di fattori occlusali e stomatognatici sul controllo posturale viene evidenziata con i tests complementari ad occhi chiusi con svincolo occlusale ottenuto mediante l'apposizione interdentaria di rulli di cotone o di una apposita placca (bite) che consentono di deprogrammare la propriocezione e di modificare la memoria occlusale. Il confronto tra il test ad occhi chiusi a capo eretto e quello ad occhi chiusi con svincolo occlusale, consente di calcolare l'**indice di interferenza stomatognatica** relativo alla superficie (ISS) e alla lunghezza delle oscillazioni (ISL).

I RANGES DI NORMALITÀ

Il concetto di normalità in posturografia statica è stato spesso frainteso.

Non esiste un comportamento posturale statico identico in diversi soggetti: troppe sono le variabili individuali (sesso, età, struttura, abitudini di vita, stato psicologico, peso, altezza, ecc.) che possono interferire.

 La posturografia statica

Per questi motivi anziché al concetto di “normalità posturale”, è necessario fare riferimento al concetto di “normalità dell’equilibrio”.

In posturografia statica si deve pertanto intendere per normale un soggetto che non presenta alcun disturbo dell’equilibrio né soggettivo né oggettivabile.

E’ buona norma inoltre utilizzare ranges diversi a seconda delle classi d’età: la maturazione della funzione posturale è infatti abitualmente completa verso gli 11 anni e resta poi stabile sino a circa 65 anni d’età.

All’interno di questa categoria di persone “normali” vi potrà essere dunque una notevole variabilità di atteggiamenti posturali ma sarà ad essi comune un’efficacia funzionale delle diverse strategie posturali adottate nel mantenimento della stazione eretta.

L’interferenza dei vari sottosistemi (visivo, vestibolare, propriocettivo dei vari distretti, ecc.) deve essere valutata invece in modo proporzionale, confrontando cioè i dati dello stesso soggetto nelle diverse condizioni (tests complementari).

Anche per ciascun indice di interferenza vi saranno pertanto valori di “normalità” .

Per questo motivo una indice di interferenza stomatognatica viene considerato significativo solo se minore di 60% (e vi è stata cioè una riduzione almeno del 40% dei parametri considerati nella condizione con svincolo occlusale ad occhi chiusi rispetto a quello con occhi chiusi ma in occlusione abituale).

LA STABILOMETRIA NELLE PATOLOGIE OTONEUROLOGICHE

Le oscillazioni del paziente in fase di *deficit vestibolare periferico* acuto sono superiori alla norma. Abitualmente il centro di pressione risulta dislocato dal lato colpito e, spesso, posteriormente.

La frequenza delle oscillazioni in entrambi i piani aumenta nettamente e in molti casi si distingue un’importante componente a 0.2-0.3 Hz, cioè alla frequenza di risonanza caratteristica del pendolo umano, che sottolinea il grave difetto nel controllo posturale automatico.

Le alterazioni posturografiche sono più evidenti ad occhi chiusi, quando cioè viene a mancare l’informazione sensoriale più efficace nel compensare il deficit della afferenze labirintiche. In questa condizione nello stabilogramma si apprezza talora una lenta deriva del centro di pressione.

L’instabilità è talora così marcata da richiedere l’esecuzione di un test della durata di soli 20-30 secondi o da renderne persino impossibile l’esecuzione.

Nei giorni immediatamente successivi le oscillazioni tendono a normalizzar-

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

si progressivamente, anche in presenza del nistagmo spontaneo, per l'instaurarsi dei fenomeni di compenso e di abitudine e/o di quelli di guarigione anatomica.

La posturografia statica ha ben evidenziato che l'instabilità e le vertigini hanno generalmente un'evoluzione diversa.

Si osserva una progressiva riduzione delle oscillazioni del paziente e la normalizzazione delle coordinate del suo centro di pressione.

Quest'ultima passa attraverso varie fasi, durante le quali il centro di pressione si trova più posteriormente rispetto alla norma, come per una sorta di ipertono della muscolatura estensoria assiale, difficilmente apprezzabile ad un semplice esame clinico.

Lo studio longitudinale delle nevriti vestibolari, che implicano un deficit acuto e di notevole grado della funzionalità vestibolare, ha consentito di rilevare che l'influenza della visione può variare durante l'evoluzione del compenso, tanto che una certa percentuale di casi mostra una instabilità maggiore ad occhi aperti che ad occhi chiusi.

Questi pazienti si affidano probabilmente soprattutto alle loro afferenze propriocettive.

In altri casi invece il monitoraggio delle fasi del compenso rivela una influenza negativa della situazione osteo-artro-muscolare nella elaborazione del nuovo schema corporeo compensatorio. In taluni casi con scoliosi, infatti, il centro di pressione non risulta posizionato, come di norma, dal lato del deficit vestibolare, ma spostato in funzione anche delle pregresse asimmetrie muscolo-scheletriche.

In una certa percentuale di casi i test stabilometrici statici si normalizzano pressoché completamente, mentre rimangono alterati quelli relativi alla marcia, concordemente al fatto che quest'ultima condizione coinvolge strutture nervose e programmi motori parzialmente diversi rispetto al mantenimento di una posizione statica.

Nelle *lesioni dell'apparato vestibolare a livello del tronco cerebrale*, siano esse di tipo degenerativo, espansivo o d'origine vascolare, la posturografia statica dimostra in genere un marcato aumento delle oscillazioni, abitualmente senza una netta lateralità, con scarse variazioni nella condizione di privazione visiva rispetto a quella ad occhi aperti.

In alcuni casi con lesioni apparentemente simili tra loro i dati risultano significativamente differenti, richiamando l'attenzione sulla possibilità che tale metodica colga aspetti clinicamente non ben evidenti. In questo caso le differenze sono probabilmente dovute alla spasticità degli arti inferiori che può essere presente in misura variabile nei pazienti con lesioni del tronco.

La posturografia statica

Nelle *lesioni cerebellari* i dati posturografici sono abbastanza differenti tra loro a seconda della zona interessata: le lesioni della parte spinocerebellare (verme superiore e zona intermedia) del lobo anteriore sono caratterizzate da un aumento cospicuo delle oscillazioni, specialmente sul piano sagittale, con una frequenza particolarmente elevata (attorno ai 3 Hz).

L'indice di Romberg è elevato, perché l'input visivo risulta particolarmente stabilizzante.

I pazienti con lesioni del verme inferiore che interessano il nodulo e l'uvula sono caratterizzati invece da oscillazioni pluridirezionali, poco influenzate dalle informazioni visive e con una frequenza inferiore a 1 Hz.

Le lesioni degli emisferi cerebellari comportano oscillazioni spesso ai limiti della norma. Questi pazienti non sembrano invece in grado di riprodurre col corpo un movimento sinusoidale presentato loro su di uno schermo .

I pazienti con *malattia di Friedreich*, con la loro classica atassia da alterazione delle informazioni di origine spinale, mostrano un aumento delle oscillazioni soprattutto sul piano frontale, con una frequenza al di sotto di 1 Hz, e una buona stabilizzazione visiva.

L'uso della posturografia statica nel *morbo di Parkinson* mostra quadri tra loro poco omogenei in considerazione sia del decorso individuale della patologia che della possibile interferenza dei tremori e delle discinesie che, specie nei casi più gravi, possono rendere molto difficoltoso il test stesso.

Le oscillazioni sono comunque sovente al di fuori della norma e sono contraddistinte da latero e anteropulsioni.

Nei pazienti affetti da *patologie corticali* con paresi di diverso tipo e grado l'analisi posturografica evidenzia in genere grossolane anomalie della distribuzione della pressione sugli arti inferiori e un aumento marcato delle oscillazioni su tutti i piani.

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Lecture consigliate

1. ASSOCIATION FRANÇAISE DE POSTUROLOGIE: *Normes 1985*. AFPEdit., Paris, 1986
2. ASSOCIATION FRANÇAISE DE POSTUROLOGIE: *Huit leçons de posturologie*. AFP Edit., Paris, 1986
3. GUIDETTI G.: *Stabilometria clinica*. CRS Amplifon Edit., Milano, 1989
4. GUIDETTI G.: *Posturography in vestibular work-up of the patients*. A review. Acta ORLbelgica, 46, 45, 1992
5. GUIDETTI G.: *Diagnosi e terapia dei disturbi dell'equilibrio*. Marrapese Edit., Roma, 1996
6. NORRÈ M.E.: *Posture in otoneurology*. Acta ORL belgica, 44, 55, 1990
7. TOUPET M.: *Où va la posturographie?* Ipsen Edit., Paris, 1987

LA CRANIOCORPOGRAFIA

Ciuffolotti Roberto, Alessandro Cappelli, Andrea De Vito, Claudio Vicini

Messa a punto da Claussen nel 1970, è una metodica semplice, di rapida esecuzione e di basso costo che consente una valutazione sufficientemente accurata, obiettiva e riproducibile della semeiotica dinamica oppure di quella statica del riflesso vestibolo spinale tramite la riproduzione rispettivamente del test di Romberg (standing test) o del cammino da fermo (stepping test).

L'apparecchiatura è costituita da una macchina fotografica istantanea polaroid che riprende, tramite uno specchio posto sul soffitto, le tracce lasciate da 4 target luminosi posizionati su precisi reperi anatomici del paziente: due sul capo (occipite e vertice) ed uno su ogni spalla (*figura 1*); la versione originaria prevedeva un rotore che, tramite apposite mire luminose, impressionava dei riferimenti sulla pellicola per quantificare lo spostamento del paziente in esame. I recenti sviluppi tecnologici consentono di utilizzare video-fotocamere digitali con obiettivo grandangolare e possibilità di elaborazione digitale dell'immagine.

In caso di valutazione dell'output vestibolo spinale dinamico, il soggetto è invitato ad eseguire uno stepping test per un minuto al buio in un ambiente silenzioso per ridurre eventuali riferimenti acustici, con contemporanea acquisizione d'immagine (obiettivo della macchina fotografica aperto o videoripresa in tempo reale). Per acquisire invece informazioni sul controllo vestibolo spinale statico si invita il soggetto ad eseguire un test di Romberg. In caso di utilizzo di pellicole polaroid, come viene mostrato nelle immagini correlate, si ottiene uno sviluppo istantaneo delle quattro tracce luminose con possibilità di ricostruire l'assetto posturale statico oppure lo spostamento del paziente.

I dati semeiologici più rilevanti da valutare sono:

1. la distanza tra le tracce del capo e quelle delle spalle con possibilità di **calcolo della coordinazione testa/spalle**; in questo ambito in caso di standing test la valutazione **dell'angolo di torsione testa/spalle** permette inoltre di individuare eventuali interferenze cervicali di natura muscolo-tensiva;

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

2. *l'ampiezza di oscillazione laterale* o larghezza delle singole tracce;
3. lo *spostamento un avanti* del paziente durante la prova;
4. lo *spostamento laterale*
5. la *rotazione* sul proprio asse.

Per la craniocorpografia dinamica Claussen ha classicamente descritto 4 tipi principali di tracciato:

- a) tracciato normale
- b) tracciato da deficit periferico labirintico
- c) tracciato da deficit centrale
- d) tracciato da deficit misto

Nel *soggetto normale (figura 2)* le tracce sono poco ampie nelle oscillazioni, quelle delle spalle sono ben separate da quelle della testa, mentre queste ultime risultano pressoché sovrapponibili tanto da poter osservare un tracciato composto praticamente da tre bande. Lo spostamento laterale o la rotazione non supera i 30° e le bande non superano i 4 cm (1 metro ai piedi del paziente).

Nel *deficit periferico (figura 3)* le tracce sono di piccola ampiezza, quelle delle spalle sono ben separate da quelle del capo che risultano sempre ben allineate. Rilevante risulta la rotazione, in genere superiore ai 45°.

Nella *patologia centrale (figura 4)* si osserva una caratteristica desincronizzazione del tracciato con un aspetto a “gomitolo” con tracce singole non ben distinguibili.

In caso di *topodiagnosi mista (figure 5, 6, 7)* le tracce risultano allargate, in parte desincronizzate ma ancora distinguibili. Spesso il parametro lunghezza risulta alterato e può comparire tardivamente una lateralizzazione oppure una rotazione generalmente inferiore ai 45°.

La tecnica risulta ben tollerata da parte del paziente e non necessita di una preparazione particolare. Il basso costo, la possibilità di documentare in modo oggettivo e ripetibile la strategia posturale statica e dinamica adottata dal soggetto riferendosi ai valori normativi proposti da Claussen, ha creato i presupposti per una validazione non solo di tipo clinico, ma anche in ambito medico – legale con particolare riguardo alla diagnostica traumatologica ed infortunistica.

La craniocorpografia

Lecture consigliate

1. AUST G.: *Equilibrium disorders and their diagnosis in childhood*. Laryngorhinootologie. 1991 Oct;70(10):532-7. Review. German.
CLAUSSEN C.F., SCHNEIDER D., MARCONDES L.G., PATILN.P.: *A computer analysis of typical CCG patterns in 1,021 neuro-otological patients*. Acta Otolaryngol Suppl. 1989;468:235-8.
2. CLAUSSEN C. F.. CLAUSSEN E.: *Objective and quantitative vestibular - spinal testing by means of Computer - Video - Cranio - Corpo - Graphv*. Adv OtoRhinoLaryng 42: 43 - 49, 1988.
3. CLAUSSEN C. F.: *Audiogramnialoge auswertungs - schema in der vestibulometrie*. HNO, 19.- 276 - 282,1971.
4. CLAUSSEN C. F.: *Diagnostic anni practical value of craniocorpography in vertiginous syndromes*. Presse Med 15 (31): 1565 - 8, 1986.
5. CLAUSSEN C. F.: *Die CranioCorpoGraphie*. Arch Ohr Nas Kehlk Heilk 207,1974.
6. CLAUSSEN C. F.: *Über eine Gleichgewichtsfunktionsprüfung mit Hilfe der Die CranioCorpoGraphie und Polaro - Koordinaten im Raume*. Archiv, Ohr Nas Kehlk Heilk- 196 - 261, 1970.
7. CLAUSSEN C.F., SCHNEIDER D., CLAUSSEN E.: *Equilibrimetric measurements of central vestibular dysregulation following administration of minocycline*. Arzneimittelforschung. 1987 Aug;37(8):950-3. German.
8. GIORGIO GUIDETTI: *Diagnosi e terapia dei disturbi dell'equilibrio* 2° edizione 1997.

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

ICONOGRAFIA

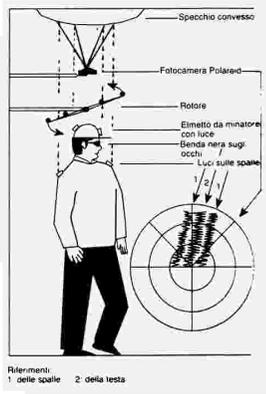


Figura 1

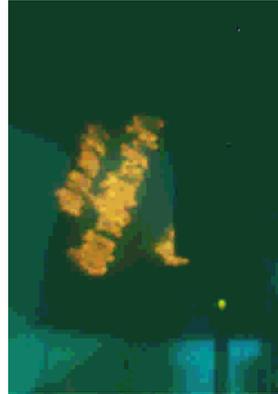


Figura 2

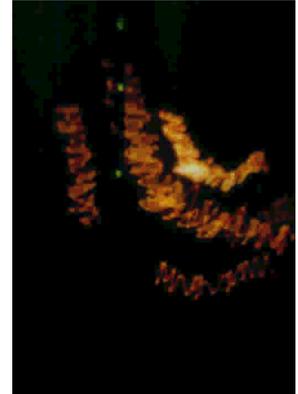


Figura 3

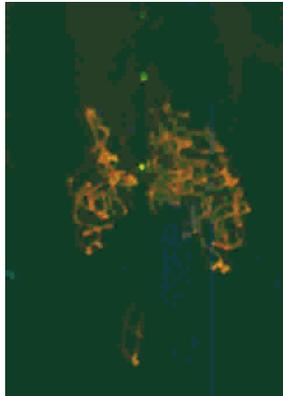


Figura 4

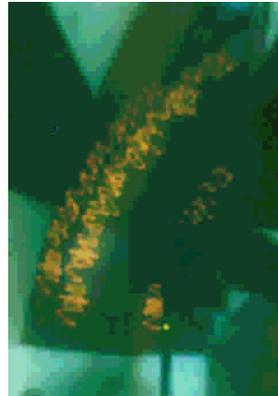


Figura 5

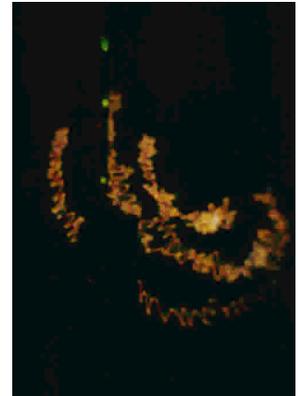


Figura 6

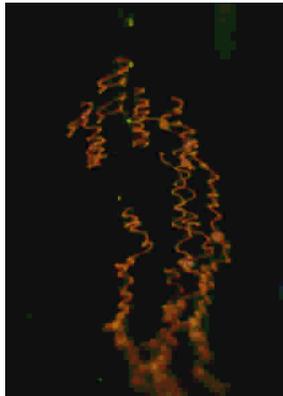


Figura 7

LA POSTUROGRAFIA DINAMICA

Elio Cunsolo, Pier Paolo Cavazzuti, Roberto Consalici, Franca Laura Artioli

DEFINIZIONI

La posturografia comprende l'insieme di metodiche strumentali che consentono una rappresentazione grafica della postura. L'aggettivo "dinamica" identifica le tecniche di valutazione e registrazione delle risposte posturali motorie conseguenti all'erogazione di stimoli destabilizzanti che causano la perturbazione della posizione del centro di gravità corporeo. In senso lato, la posturografia dinamica comprende anche lo studio posturale attuato durante movimenti più complessi, come la marcia.

In questa sede la trattazione riguarderà lo studio posturografico dinamico con sistema Equi-Test® di Nashner (Neurocom, Clackamas, Oregon).

INTRODUZIONE ALL'EQUI-TEST®

Prima della partenza ed al ritorno dalle loro missioni gli astronauti dell'Ente Spaziale Americano, la NASA, vengono sottoposti a svariati test clinici, fra i quali EquiTest®, un esame posturografico originariamente concepito per la valutazione di soggetti ai quali sono richieste elevate performance dell'equilibrio. Lo scopo di quest'indagine è valutare le modificazioni posturali in individui che hanno trascorso un periodo in assenza di gravità.

L'EquiTest® fu progettato da Lewis M. Nashner come argomento di tesi per il dottorato di ricerca presso il Massachusetts Institute of Technology (MIT), con finanziamento della NASA, sviluppando studi sulla postura nel soggetto normale ed in pazienti affetti da patologie neurologiche e vestibolari.

La realizzazione dell'EquiTest® nella forma attualmente in uso fu finanziata dal National Institute of Health (NIH) americano. Dopo l'approvazione da parte della Food and Drugs Administration (FDA) nel 1986, l'apparecchiatura è stata introdotta come sistema diagnostico ed è utilizzata in ambulatori vestibologici in tutto il mondo.

ASSETTO STRUMENTALE DELL'EQUI-TEST®

L'EquiTest® (fig. 1) non è l'unico sistema di posturografia dinamica esistente, ma per la quantità e la qualità dei dati che può fornire è attualmente il riferimento della categoria. Può essere definito come un metodo quantitativo per identificare e valutare le diverse componenti sensoriali e motorie che contribuiscono al controllo della postura eretta nell'essere umano.

L'apparecchiatura comprende:

- Una **coppia di pedane** (fig. 2) appaiate, di cm 23 x 46, che può essere svincolata dai supporti e quindi ruotare sul piano sagittale, con un guadagno variabile (da - 1,99 a + 1,99) rispetto ai movimenti che il paziente esegue per mantenersi in equilibrio. A fini diagnostici si utilizza un guadagno pari a 1, per cui ad ogni oscillazione del paziente corrisponde un analogo movimento delle pedane. Queste sono soggette a tre tipi di movimento:
 - a. "sway-referenced" (oscillazione "asservita"), nella quale le pedane si muovono in concordanza di fase con le oscillazioni che il paziente compie entro i limiti del suo "cono di stabilità". Nella stazione eretta i limiti normali di stabilità sul piano sagittale sono compresi in un angolo di 12.5°, con 8.0° di oscillazione anteriore e 4.5° di oscillazione posteriore (fig. 3);
 - b. rotazione attiva antero-posteriore, passante per un asse coincidente con quello delle caviglie del paziente. Questa rotazione è generata da un servomotore che consente movimenti angolari di +/- 10°, con una velocità massima di 50°/sec (fig. 4);
 - c. movimenti di traslazione antero-posteriore, generati da un secondo servomotore, che imprime movimenti di ampiezza compresa tra a - 6,5 cm e + 6,5 cm, alla velocità lineare massima di 15 cm/sec (fig. 5).

La coppia di pedane è l'unica interfaccia macchina/paziente. A questo livello le risposte posturali del paziente vengono raccolte sotto forma di variazioni di pressione (forza/superficie) sul piano verticale (fig. 6) e di forza tangenziale sul piano orizzontale (fig.7).

Per adempiere a tali funzioni le pedane sono dotate di 5 sensori. Ogni pedana registra in maniera indipendente il centro di pressione istantaneo con una coppia di sensori; un quinto sensore, in comune tra le due pedane, percepisce le forze tangenziali al sistema (fig. 8).

- Un **pannello policromo** (fig. 9) che abbraccia tutto il campo visivo del paziente, azionato da un servo motore che può farlo ruotare sul piano sagittale seguendo gli spostamenti che il

La posturografia dinamica



Fig. 1

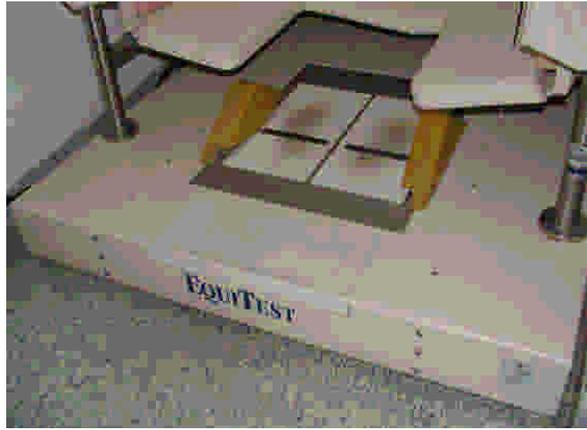


Fig. 2

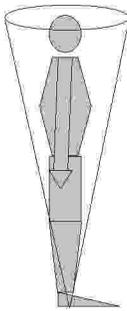


Fig. 3

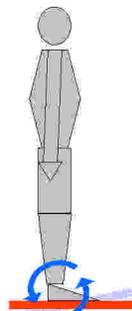


Fig. 4

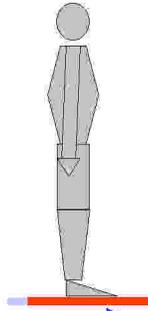


Fig. 5

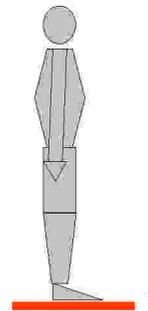


Fig. 6

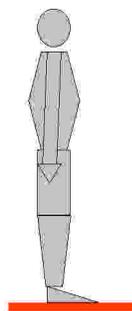


Fig. 7

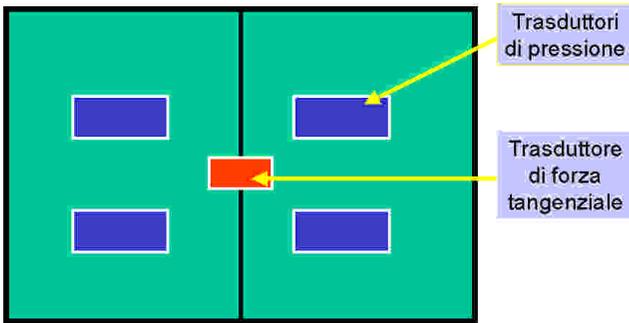


Fig. 8



Fig. 9

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

paziente imprime al proprio centro di gravità (“sway-referenced”) con un guadagno variabile (da - 1,99 a + 1,99), anche in questo caso comunemente regolato al valore di 1.

- Un **computer** che regola la somministrazione del test e registra ed elabora le risposte posturali, che vengono visualizzate in tempo reale su monitor e possono essere archiviate su supporto cartaceo e/o informatico.

STRUTTURAZIONE DELL'ESAME

L'EquiTest® è composto da due diverse serie di prove eseguibili indipendentemente, l'una volta alla valutazione dei sistemi sensoriali che contribuiscono alla postura, il test dell'organizzazione sensoriale (SOT), e l'altra dedicata allo studio delle reazioni motorie a movimenti attivi della pedana, il Motor Control Test (MCT).

A. SENSORY ORGANIZATION TEST (SOT)

Il SOT, di solito di maggiore interesse in Vestibologia, si propone di valutare separatamente e quantitativamente il contributo dei singoli canali sensoriali (visivo, vestibolare e somatosensoriale) nel controllo posturale.

Esecuzione dell'esame

Il SOT comprende sei prove, ciascuna definita da un proprio assetto sensoriale. Queste sono caratterizzate dalle differenti combinazioni delle tre condizioni visive (visione normale, visione abolita, visione “sway-referenced”) con le due condizioni propriocettive consentite dal supporto (supporto fisso, supporto “sway-referenced”) (fig. 10). Peculiari dell'EquiTest® sono le condizioni “sway-referenced”, nelle quali le pedane e/o il pannello seguono fedelmente le oscillazioni del paziente come “oscillazione-asservita”. Grazie a questo “sway-referencing” di pedana e/o di pannello si riesce a creare un vero e proprio “inganno sensoriale”: in tali condizioni le informazioni visive e/o propriocettive non informano correttamente il paziente sullo spostamento del suo centro di gravità.

Sulla base di queste considerazioni le sei prove del SOT assumono il significato di sei sub-set sensoriali, i cui assetti sono riportati nella fig. 11.

Nella condizione 1 l'esame viene eseguito ad occhi aperti con pedana e pannello fissi.

Nella condizione 2 la pedana rimane fissa, mentre l'apporto visivo viene eliminato con la chiusura degli occhi. Queste prime due condizioni possono essere considerate una trasposizione strumentale del test di Romberg.

La posturografia dinamica

		CONDIZIONE VISIVA		
		Pannello fisso	Occhi chiusi	Sway-referenced
PIATTAFORMA	Fissa	1	2	3
	Sway-referenced	4	5	6

Fig. 10

1	Visione normale Pedana fissa	2	Visione assente Pedana fissa	3	Visione sway-ref. Pedana fissa
4	Visione normale Pedana sway-ref.	5	Visione assente Pedana sway-ref.	6	Visione sway-ref. Pedana sway-ref.
Contributo visivo		Contributo vestibolare		Contributo somatosensoriale	

Fig. 11

Nella condizione 3 la pedana rimane fissa, mentre il pannello è soggetto a un'oscillazione asservita ("sway referenced"); in tale condizione le sole afferenze somatosensoriali e vestibolari forniscono informazioni corrette ai fini posturali, mentre l'input visivo è "ingannato" dall'oscillazione del pannello.

Nella condizione 4 (pedana mobile, visione mantenuta) le afferenze somatosensoriali non sono utilizzabili, mentre la visione e le afferenze vestibolari forniscono informazioni utili ai fini posturali.

Nella condizione 5 (pedana mobile, visione abolita) l'apporto visivo è eliminato, mentre quello somatosensoriale non è utilizzabile; in tale condizione il mantenimento della postura è affidato principalmente alle informazioni vestibolari.

 VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

Ugualmente nella condizione 6 (pedana e pannello mobili) le uniche informazioni non alterate sono quelle fornite dall'apparato vestibolare, essendo ingannevoli quelle fornite dagli altri sistemi.

Analisi dei risultati

Il comportamento posturale del paziente durante le 6 condizioni del SOT viene quantificato ed elaborato mediante algoritmi matematici che forniscono 4 ordini di risultato:

- a. Il Punteggio dell'Equilibrio (Equilibrium Score)
- b. L'Analisi sensoriale (Sensory Analysis)
- c. L'Analisi di Strategia (Strategy Analysis)
- d. L'Allineamento del Centro di Gravità (COG Alignment)

a. Il Punteggio dell'equilibrio (Equilibrium Score) è espresso come punteggio percentuale d'equilibrio, secondo una scala che va da 100 (per convenzione equilibrio perfetto) a 0 (caduta). La stabilità posturale viene calcolata per ciascuno dei 3 trial previsti dalle 6 prove. E' inoltre considerata una media pesata delle performance espresse in tutte le prove, detta "composite", espressione della competenza posturale complessiva del paziente. Tali valori numerici vengono confrontati con parametri di normalità, corretti in base all'età e all'altezza del paziente. I punteggi sono rappresentati graficamente sotto forma di istogrammi pieni su un'area punteggiata, che rappresenta il range di normalità (fig. 12).

b. L'Analisi sensoriale (Sensory Analysis), è la rappresentazione del contributo che ciascun input (SOM: input somestesico, VIS: input visivo, VEST: input vestibolare) fornisce al mantenimento della postura. Accanto al contributo dei singoli input viene calcolata la preferenza visiva (PREF) che misura la tendenza del paziente a privilegiare le indicazioni

provenienti dall'input visivo, anche quando queste sono rese ingannevoli dal movimento del pannello. I valori numerici degli istogrammi dell'analisi sensoriale vengono calcolati come rapporto numerico tra il punteggio ottenuto in condizione di input sensoriale assente o alterato e quello ottenuto in condizioni di input sen-

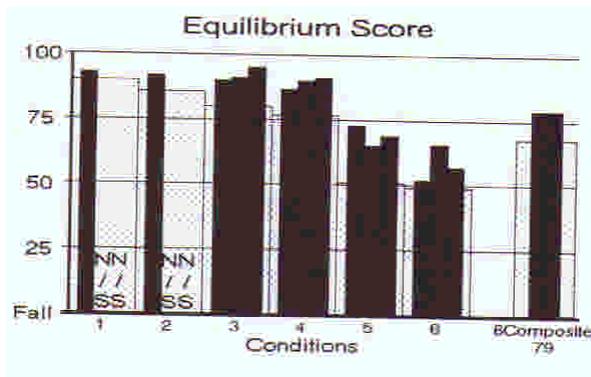
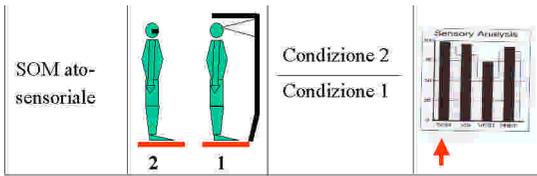


Fig. 12

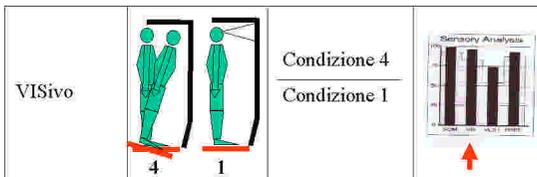
La posturografia dinamica



Quesito: le oscillazioni aumentano abolendo il controllo visivo?

Punteggio basso: scarso uso delle afferenze somatosensoriali

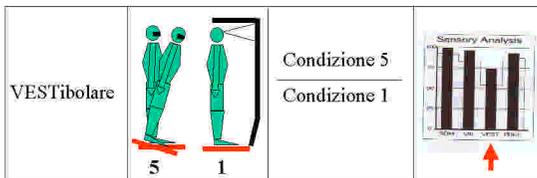
Fig. 13a



Quesito: le oscillazioni aumentano quando le informazioni somatosensoriali sono inesatte?

Punteggio basso: scarso uso delle afferenze visive

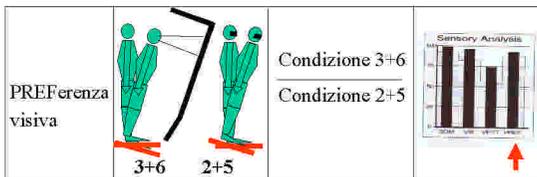
Fig. 13b



Quesito: le oscillazioni aumentano quando le informazioni visive sono rimosse e quelle somatosensoriali inesatte?

Punteggio basso: scarso uso delle afferenze vestibolari, o afferenze vestibolari inutilizzabili

Fig. 13c



Quesito: informazioni visive inesatte aumentano le oscillazioni rispetto all'assenza di informazioni visive?

Punteggio basso: il paziente tende ad affidarsi alle informazioni visive anche quando inesatte

Fig. 13d

soriale integro (fig. 13a,13b, 13c, 13d).

c. Analisi di strategia (Strategy Analysis):

per mantenere la postura il paziente mette in atto dei movimenti automatici che hanno lo scopo di riportare istantaneamente il centro di gravità corporeo all'interno del poligono d'appoggio. Tali movimenti coinvolgono tutti i segmenti scheletrici e sono organizzati secondo due pattern di risposta motoria. Tenendo conto della localizzazione anatomica del centro di gravità corporeo (all'altezza della seconda vertebra sacrale, tra il 55 ed il 58% della distanza tra la pianta del piede ed il vertice) i due pattern di risposta posturale sono identificati in base al comportamento dei segmenti inferiori del corpo. Si distinguono così una "strategia d'anca" ed una "strategia di caviglia", secondo l'asse articolare maggiormente coinvolto nella torsione posturale automatica (fig. 14 e 15). In condizioni fisiologiche la scelta del pattern di strategia posturale è determinata dall'ampiezza dell'oscillazione e dalle condizioni della superficie d'appoggio. Oscillazioni poco ampie, con base d'appoggio stabile, sono corrette con una strategia di caviglia, mentre in condizioni

opposte interviene una strategia d'anca. Il comportamento posturale del paziente durante le sei prove del SOT consente di individuare quale strategia viene adottata. La forza applicata durante i movimenti di posizionamento viene scomposta in due vettori, verticale e tangenziale rispetto alla piattaforma, con riconoscimento di una strategia di anca (prevalenza della componente tangenziale) e di caviglia (prevalenza della componente verticale). La rappresentazione grafica dell'analisi di strategia è riportata su un sistema cartesiano che riporta in ascissa la percentuale di strategia di caviglia in funzione del punteggio d'equilibrio, che viene indicato in ordinata, per ogni singolo trial del SOT (fig. 16).

d. Allineamento del centro di gravità (COG Alignment): è la rappresentazione della proiezione del centro di gravità del paziente all'inizio di ciascuna prova (fig.17).

Il riscontro di una dispersione spaziale del COG può essere messo in relazione a un compenso vestibolare incompleto, anche in presenza di un'analisi sensoriale normale, oppure alla presenza di patologie muscoloscheletriche e/o neurologiche a carico del sistema di controllo posturale.

B. MOTOR CONTROL TEST (MCT)

Il MCT valuta i parametri delle risposte automatiche posturali che i pazienti adottano per mantenere l'equilibrio in risposta a movimenti attivi ed impulsivi delle pedane d'appoggio. I risultati di queste prove sono riassunti in diagrammi in cui aree punteggiate rappresentano le risposte patologiche.

Sul piano anatomico il sistema delle risposte automatiche posturali è costituito da vie neuronali a lunga latenza. L'interesse del MCT è pertanto più limitato per gli scopi vestibologici, mentre può completare lo studio di patologie neurologiche che determinino un'alterazione del controllo della postura e dell'equilibrio.

Esecuzione dell'esame

Il MCT viene eseguito somministrando al paziente impulsi destabilizzanti, mediante movimenti traslatori e rotazionali delle pedane.

I movimenti traslatori avvengono in senso antero-posteriore e postero-anteriore, con tre diverse ampiezze (piccola, media e grande). Si tratta di movimenti impulsivi, della durata inferiore al secondo, che vengono ripetuti ad intervalli casuali, variabili tra 1,5"-2,5". L'ampiezza delle traslazioni è normalizzata secondo l'altezza del soggetto, così che tutti i pazienti ricevano un equivalente spostamento del centro di gravità. Per ciascuna traslazione è prevista una ripetizione di tre trial. Nei movimenti traslatori la distribuzione del peso corporeo (COF: Center of Force) viene registrata separatamente per le due pedane e pertanto per i due arti inferiori del paziente.

La posturografia dinamica

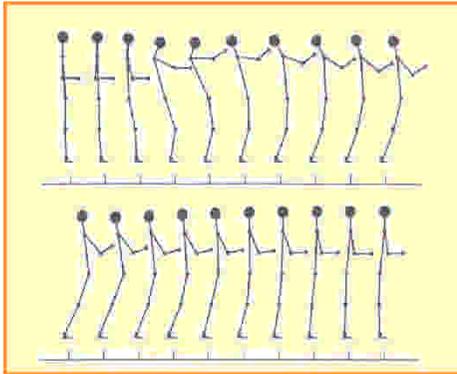


Fig. 14

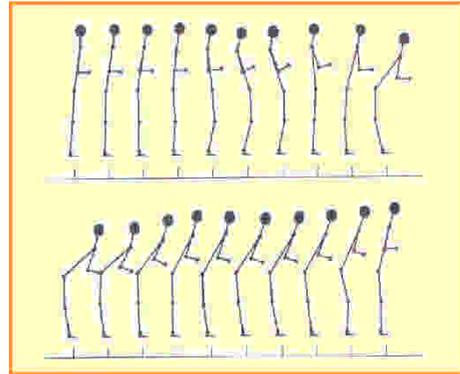


Fig. 15

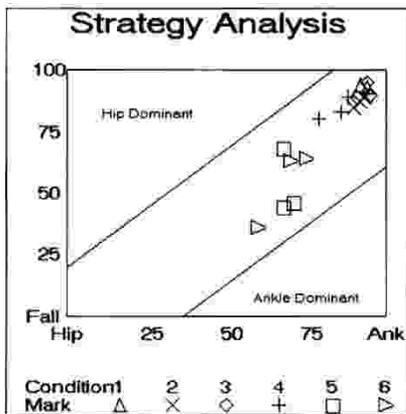


Fig. 16

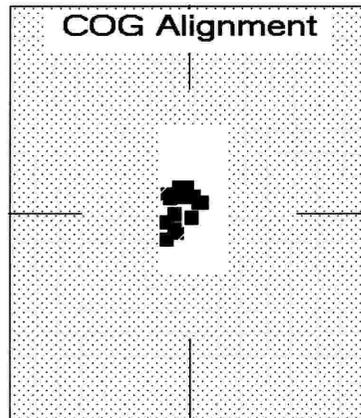


Fig. 17

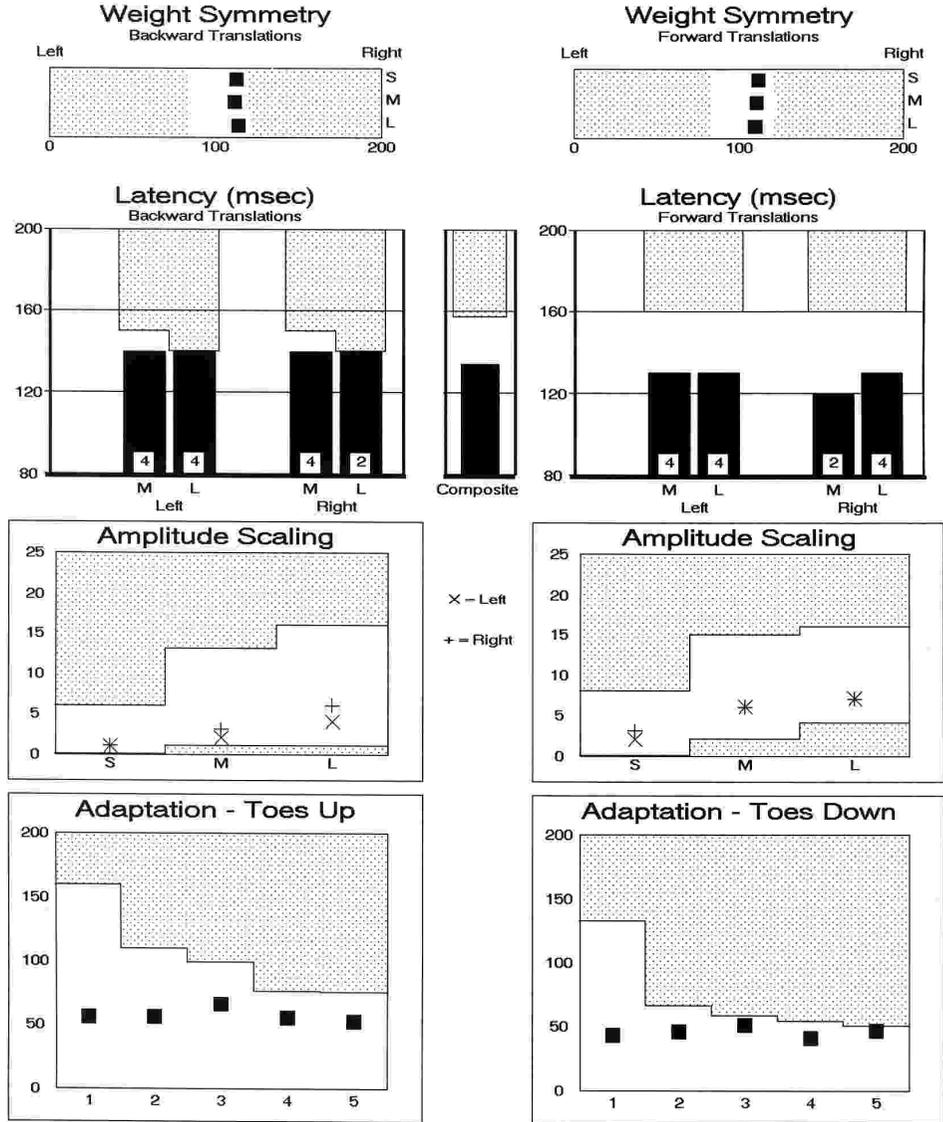
I Movimenti torsionali prevedono una rotazione secondo l'asse dell'articolazione tibio-tarsica nei due versi, identificati in base al movimento dell'alluce: "Toes Up Rotations" e "Toes Down Rotations". Anche in questo caso il movimento è impulsivo (0.4"), erogato per 5 ripetizioni, con intervallo casuale, compreso tra 3" e 5". L'ampiezza del tilt rotatorio è di 8° ed è costante per ogni trial e per tutti i pazienti. Nei movimenti torsionali non si ha la registrazione separata per i due arti del paziente.

Analisi dei risultati

I risultati del MCT vengono elaborati e rappresentati graficamente in modo da consentire la valutazione di 4 parametri (fig.18):

- a. Distribuzione del peso corporeo (Weight Symmetry)

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE



EquiTest ® Version 5.08b Copyright © 1992-98 NeuroCom ® International Inc. - All Rights Reserved
 TEST NOTES: NeuroCom Data Range: 20 - 59; Data from EquiTest Version 5.08b

Fig. 18

- b. Latenza della risposta (Response Latency)
- c. Forza della Risposta (Amplitude Scaling)
- d. Adattamento (Adaptation)

a. Distribuzione del peso corporeo (Weight Symmetry): una perfetta simmetria della distribuzione del peso corporeo tra i due arti corrisponde a un valore di 100. Un'asimmetria di distribuzione del peso corporeo entro il 18% viene considerata nel range di normalità. Valori patologici di questo parametro possono essere rilevati in pazienti con patologie neuromuscolari monolaterali (es. patologia del rachide, con sofferenza sciatica) o dismetrie degli arti inferiori e possono avere qualche valore nei programmi riabilitativi.

b. Latenza della risposta (Response Latency): definisce l'intervallo tra l'inizio della traslazione della pedana e quello della risposta posturale automatica del paziente, che nel soggetto normale è compreso tra 130 e 160 msec. Valori anomali delle latenze sono espressione di patologia neurologica o muscolare. I deficit vestibolari non determinano invece un allungamento delle latenze.

c. Forza della risposta (Amplitude Scaling): esprime graficamente la capacità del paziente, valutata singolarmente per ciascun arto, di aumentare la forza delle risposte posturali al progressivo aumento d'ampiezza dei movimenti traslatori (Amplitude Scaling = "scalata" delle ampiezze). La risposta attiva del paziente possiede una forza caratteristica, misurata dalla pedana in unità di misura arbitrarie, definite unità di movimento angolare. I dati ricavati dallo studio dell'amplitude scaling vanno sempre confrontati con quelli relativi alle latenze. Quando entrambi i test hanno valori patologici, l'anomalia dell'amplitude scaling conferma le considerazioni topodiagnostiche precedentemente formulate.

d. Adattamento (Adaptation): questo test misura la capacità del paziente di adeguare progressivamente la risposta motoria agli impulsi destabilizzanti. Nel soggetto normale la forza delle risposte diminuisce progressivamente con la ripetizione dello stesso stimolo.

APPLICAZIONI CLINICHE DELL'EQUI-TEST®

In letteratura è presente un'imponente mole di studi dedicati all'uso clinico dell'Equi-Test®. Periodicamente la Neurocom raccoglie in un ponderoso volume le citazioni bibliografiche relative all'argomento. Questo sarà pertanto svolto in maniera semplificata, riportando l'elenco delle indicazioni "appropriate" all'at-

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

tuazione della posturografia dinamica computerizzata con pedana (CDPP) secondo l'AA-OHNS (American Academy - Otolaryngology Head and Neck Surgery).

Sono previsti 7 gruppi principali d'indicazioni:

- 1) Riabilitazione vestibolare
 - Valutazione iniziale
 - Monitoraggio dei risultati
- 2) Pazienti con sintomi di disequilibrio, con test vestibolari convenzionali normali
- 3) Valutazione dell'equilibrio dopo traumi
- 4) Valutazione dell'handicap e delle possibilità di reinserimento nel lavoro per pazienti con patologie vestibolari e neurologiche
 - Identificazione e quantificazione della disfunzione nel tempo e dell'eventuale ritorno alla normalità
- 5) Valutazione dell'equilibrio in pazienti sottoposti a terapie potenzialmente ototossiche o che lavorano a contatto con sostanze dannose per l'orecchio interno e pazienti che trascorrono periodi in ambienti con alterata gravità
- 6) Valutazione dell'equilibrio in pazienti con storia di cadute e di pazienti anziani con disequilibrio
- 7) Valutazione dell'equilibrio in pazienti con sensazione "non organica" di disequilibrio
 - Identificazione di "simulatori" e di vertigini psicogene

Nella nostra esperienza l'Equi-Test® trova indicazione nelle seguenti condizioni:

- 1) Completamento diagnostico in pazienti con patologia vestibolare e neurologica
- 2) Valutazione dell'andamento del compenso posturale
 - a) deficit mono o bilaterale della funzione vestibolare
 - b) malattia di Menière (periodi intercritici)
 - c) esiti di neurotomia vestibolare
 - d) esiti di exeresi di neurinoma dell'acustico
 - e) patologie neurologiche
- 3) Indicazione e monitoraggio per la riabilitazione vestibolare
- 4) Protocollo modificato con l'inserimento di torsioni cervicali per pazienti che hanno subito trauma con "colpo di frusta cervicale"
- 5) Protocollo modificato con iperventilazione per pazienti con importante componente emotiva
- 6) Correlazione con questionari di autovalutazione
- 7) Applicazione di formule per l'identificazione di pattern "afisiologico"
- 8) Protocollo per pazienti con alterazioni posturali per disturbi gnatologici

La posturografia dinamica

Vengono di seguito riportati alcuni casi esemplificativi.

In Fig. 19 viene presentata la grafica di un esame normale. Tutti gli istogrammi dell'Equilibrium Score e della Sensory Analysis rientrano nella normalità, rappresentata dall'area con il reticolo. La Strategy Analysis dimostra un buon equilibrio fra la strategia di anca e di caviglia, mentre la verticale del centro di gravità (COG) cade sempre nell'area non reticolata (normale).

In Fig. 20 sono invece riportati i risultati dell'esame di un paziente con recente danno vestibolare monolaterale acuto, non ancora compensato (paziente operato per neurinoma dell'VIII nervo cranico in 7° giornata). Le prove 5 e 6, in cui

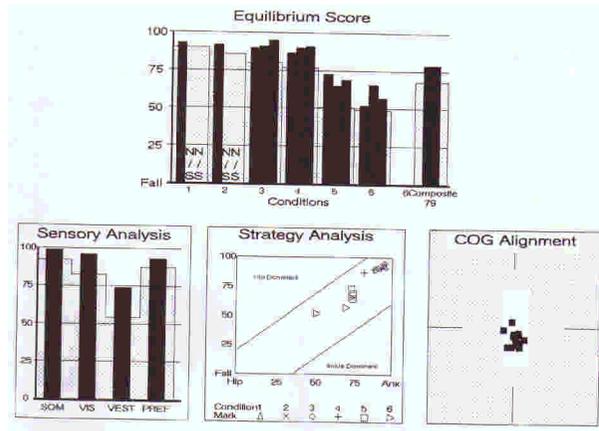


Fig. 19

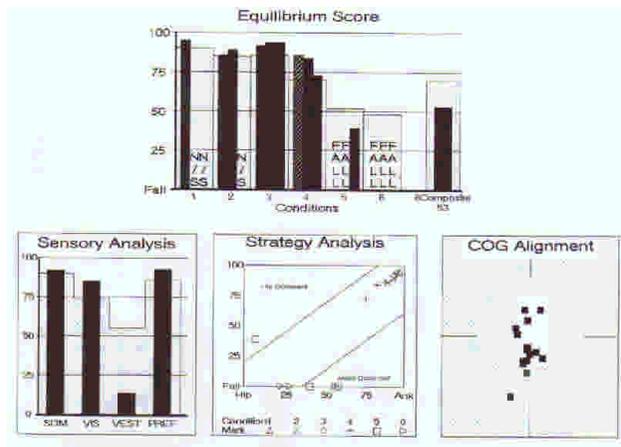


Fig. 20

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

sono particolarmente importanti le informazioni fornite dalle afferenze vestibolari, sono fortemente insufficienti, dal momento che il paziente non è quasi mai riuscito ad evitare la caduta. Di conseguenza il Composite è insufficiente e nella Sensory Analysis l'input vestibolare è rappresentato da un istogramma molto basso. Anche la Strategy Analysis evidenzia una risposta alterata, con diversi valori al di fuori dell'area della normalità, mentre la proiezione della verticale del baricentro è distribuita su punti molto dispersi.

Accanto ai grafici riassuntivi è possibile visualizzare l'andamento delle prove in termini numerici con i relativi stabilogrammi e statokinesigrammi (Fig. 21a e 21b).

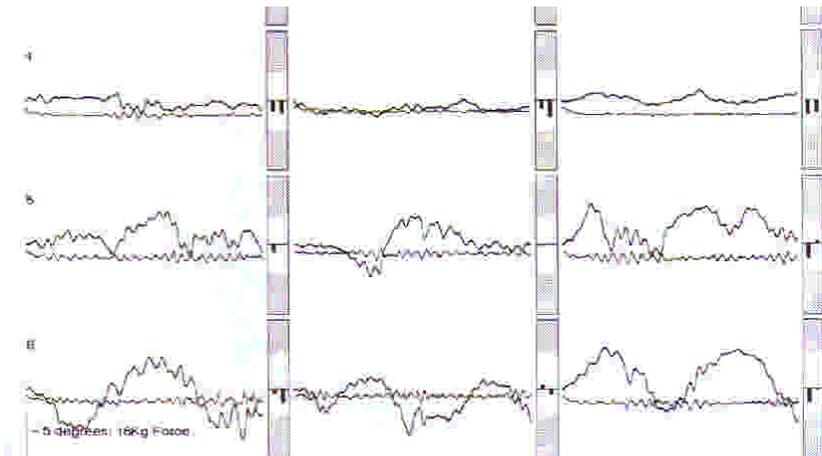


Fig. 21a

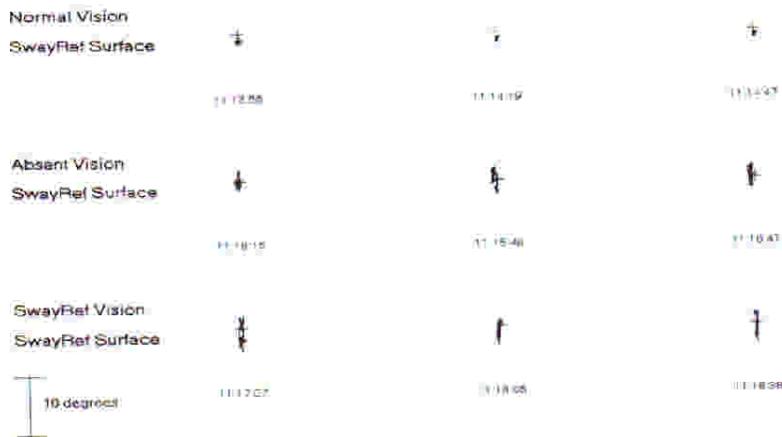


Fig. 21b

 La posturografia dinamica

Nella Fig. 22 è invece riportato il risultato della reazione motoria di un paziente alle traslazioni in avanti ed all'indietro della pedana durante l'esecuzione del MCT. I tempi di latenza dei movimenti di correzione opposti a quelli della pedana rientrano nell'ambito della normalità (nel grafico, gli istogrammi neri non raggiungono l'area reticolata) e la simmetria della distribuzione del peso è conservata durante le prove. Per inciso, questo MCT fa seguito al SOT della figura 20, dimostrando che nessun deficit dei sistemi motori posturali è stato causato dall'intervento di asportazione di neurinoma.

L'EquiTest®, secondo la definizione del suo stesso creatore, valuta nel complesso l'equilibrio e non è strettamente un esame della funzione vestibolare. In particolare è assolutamente errato interpretare i dati forniti dal test come misura del riflesso vestibolo-spinale.

I dati ricavati da questo test non possono sostituire quelli derivati da altri esami di ambito vestibologico (prove vestibolari bedside, studio del nistagmo spontaneo e provocato, test di rotazione, prove caloriche, potenziali evocati vestibolari miogenici, ecc.), ma possono essere di valido aiuto nel completamento del quadro diagnostico e ancor più funzionale del paziente con problemi di equilibrio.

Esaminando nuovamente il tracciato della fig. 20, non è ovviamente possibile avanzare né un'ipotesi eziologica del danno vestibolare, né diagnosticare quale sia il lato colpito e in che misura. Risalta invece lo stato deficitario della "funzione" vestibolare: un paziente con una simile performance non è in grado di mantenersi in piedi con sicurezza e di camminare se non con la base allargata e

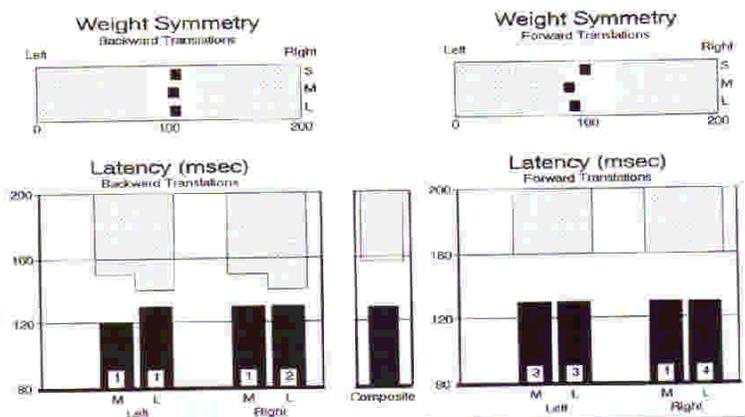


Fig. 22

VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE

in ambienti bene illuminati. La ripetizione a distanza dell'esame potrà poi documentare i miglioramenti della performance, sia spontanei sia in seguito a cicli di esercizi riabilitativi.

Nella valutazione di pazienti con sensazioni di disequilibrio "non organico", definizione in cui si includono le alterazioni da simulazione o di origine psicogena, è abbastanza facile distinguere alcune incongruità o esagerazioni nell'esecuzione dell'EquiTest®. come per esempio nel caso di esami in cui i risultati con gli occhi chiusi sono migliori di quelli ad occhi aperti, o con migliori performance nelle prove con la pedana mobile rispetto a quelle con la pedana fissa. Nel caso di un'importante componente psicogena si riscontra un altrimenti ingiustificato crollo delle performance posturali invitando il paziente ad iperventilare durante l'esecuzione dell'esame, per cui questo stratagemma viene impiegato molto spesso per dirimere difficili dubbi diagnostici. Per i simulatori è comunque possibile applicare formule aritmetiche che hanno dimostrato in ampi studi di distinguere con grande affidabilità i pattern patologici da quelli esagerati volontariamente.

Oltre all'esame in condizioni standard, vengono eseguiti presso il nostro servizio alcuni protocolli speciali, di cui i due principali sono l'esame con bite e il protocollo per i colpi di frusta.

Il primo nasce dalla collaborazione con odontoiatri ed è volto alla ricerca di un eventuale miglioramento del controllo posturale eseguendo l'esame con bite. Nel caso in cui il disequilibrio avvertito dal paziente sia dovuto almeno in parte ad una disfunzione delle articolazioni temporo-mandibolari è possibile riscontrare miglioramenti sia dell'input somestesico che di quello vestibolare eseguendo l'esame con il bite, con un conseguente guadagno di alcuni punti del Composite.

Il secondo invece documenta eventuali peggioramenti delle prestazioni durante il test con la flessione del capo a destra e a sinistra. La sensibilità e l'attendibilità di quest'ultima prova hanno fatto sì che l'EquiTest®, in particolare con questa modalità, sia sempre più richiesto dalle assicurazioni e dai periti di parte nei casi di traumatismi stradali.

RAPPORTO COSTO/BENEFICIO

Uno dei problemi maggiori dell'Equi-Test® è rappresentato dai costi, in particolar modo da quello d'acquisizione dell'apparecchiatura.

Nel 2000 Stewart e coll. hanno condotto uno studio sul rapporto costo/beneficio delle indagini attuate nella diagnostica vestibolare. L'Equi-Test® è risultato meno vantaggioso solo rispetto all'esame audiometrico, mentre è risultato più

La posturografia dinamica

vantaggioso dell'electronistagmografia (ENG), degli esami di laboratorio e della RMN, nell'ordine. Nella nostra U.O. l'analisi dei costi ha messo in evidenza un maggior costo/esame per l'ENG computerizzato (Nystar®), il cui il costo è prevalentemente legato all'impiego di personale, rispetto all'Equi-Test®, il cui costo, prevalentemente strumentale, è ammortizzato da un utilizzo routinario della strumentazione (fig. 23 e 24).

Costo Equi-Test®

PRESTAZIONE: EQUITEST			
		tempo impiegato	incidenza a test
prestazioni annue	750		
ammortamento annuo apparecchio Equitest n.inv.27018442 (acquisito nel 1993)	10,371		14
costi di manutenzione	-		
costo medio annuo di un operatore tecnico audiometrista	27,754	20%	5
costo medio annuo di un dirigente medico I livello	84,697	5%	2
costo carta (1 foglio)			0,005
Costo test			21

Fig. 23

Costo Nystar®

PRESTAZIONE: ELETTRONISTAGMOGRAFIA			
		tempo impiegato	incidenza a test
prestazioni annue	900		
ammortamento annuo apparecchio Nystar n.inv.27018429	completamente ammortizzato (acquisito nel 1987)		-
costi di manutenzione	1,218		2
costo medio annuo di un operatore tecnico audiometrista	27,754	7%	1%
costo medio annuo di un dirigente medico I livello	84,697	12%	6%
elettrodo per Nystar (10 all'anno)			1
costo carta (24 fogli)			0,1
Costo test			28

Fig. 24

CONCLUSIONI

La complessità concettuale e strumentale dell' Equi-Test® e la vastità della letteratura correlata rendono la trattazione dell'argomento comunque incompleta.

Per tale motivo è preferibile un tentativo d'estrema sintesi nella definizione delle conclusioni. Queste possono essere articolate in quattro punti, per ciascuno dei quali vengono riportati i commenti della letteratura scientifica nord americana che, in base alla nostra esperienza quotidiana, risultano più aderenti alla realtà clinica dell'esame:

a. Equi-Test® e diagnostica vestibolare "convenzionale"

"La posturografia dinamica non rappresenta un duplicato o un sostituto dell'elettronistagmografia o delle prove rotatorie" (6).

b. Equi-Test® e riflesso vestibolo-spinale

"La posturografia dinamica è un test della funzione dell'equilibrio nel suo complesso, piuttosto che un test della funzione vestibolare" (11).

c. Equi-Test® e diagnostica topografica e/o eziologica

"La posturografia dinamica computerizzata non è concepita per fare diagnosi di disturbi del sistema vestibolare periferico o del sistema nervoso centrale" (3).

d. Equi-Test® ed utilità clinica

"La posturografia dinamica computerizzata ci aiuta a curare i nostri pazienti?" (3)

"La posturografia dinamica computerizzata può essere utile nella cura di pazienti con sintomi o segni di disturbi cronici dell'equilibrio, se integrata con l'anamnesi, l'esame obiettivo ed i test di funzionalità vestibolare. Il suo valore dipende dalla selezione dei pazienti, dalla qualità tecnica dell'esame e dalle capacità interpretative del clinico" (9).

 La posturografia dinamica

Letture consigliate

1. CEVETTE M.J., PUETZ B., MARION M.S., WERTZ M.L., MUENTER M.: *Aphysiologic performance on dynamic posturography*. Otolaryngol Head Neck Surg 1995;112(6):676-688.
2. DICKINS J.R., CYR D.G., GRAHAM S.S., WINSTON M.E., SANFORD M.: *Clinical significance of type 5 patterns in platform posturography*. Otolaryngol Head Neck Surg 1992;107(1):1-6.
3. DOBIE R.A.: *Does Computerized Dynamic Posturography Help Us Care For Our Patients?* Am J Otol 1997;18:108-112.
4. FURMAN J.M.: *Role of posturography in the management of the vestibular patients*. Otolaryngol Head Neck Surg 1995;112(1):8-15.
5. HAMID M.A., HUGHES G.B. KINNEYS.E.: *Specificity and sensitivity of dynamic posturography. A retrospective analysis*. Acta Otolaryngol (Stock) 1991; Suppl 481: 596-600.
6. JACKSON C.A.: *Dynamic posturography*. In: Neurotology, 1995.
7. KEIM R.J.: *Clinical comparisons of posturography and electronystagmography*. Laryngoscope 1993(103):713-716.
8. MASATSUGU A., WATANABE Y., OHASHI N., MIZUKOSHI K.: *Evaluation of vestibular function by dynamic posturography and other equilibrium examinations*. Acta Otolaryngol (Stock) 1993; Suppl 504:120-124.
9. MONSELL E., FURMAN J. HERDMAN S., KONRAD H.R., SHEPARD N.T.: *Computerized dynamic platform posturography*. Otolaryngol Head Neck Surg 1997;117(4):394-398.
10. NASHNER L.M.: *Part IV: Posturographic testing*. In: Jacobson G.P., Newman C.W., Kartush J.M. (Eds): *Handbook of balance function testing*. Mosby Year Book, 1993.
11. NASHNER L.M., PETERS J.F.: *Dynamic posturography in the diagnosis and management of dizziness and balance disorders*. Neurol Clin 1990;8(2):331-349.
12. VOORHEES R.L.: *Dynamic posturography findings in central nervous system disorders*. Otolaryngol Head Neck Surg 1990;103(1):96-101.
13. VOORHEES R.L.: *The role of dynamic posturography in neurotologic diagnosis*. Laryngoscope 1989(99):995-1001.

+

I questionari anamnestici

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

I questionari anamnestici

————— VESTIBOLOMETRIA CLINICA E STRUMENTALE —————

GioFil

IL PORTALE DELL'INFORMAZIONE SANITARIA FARMACEUTICA

[Chi è GioFil](#)

[Iscrizione](#)

[Email](#)

[Archivi](#)

Banca Dati Sanitaria Farmaceutica

[MEDICI e VETERINARI](#)

[FARMACISTI](#)

[CLIENTI](#)

[ACCESSO LIBERO](#)



GioFil.TV e TG Sanità

[PRESENTAZIONE](#)

[ACCESSO TG SANITÀ](#)

[ACCESSO GioFil TV](#)



ECM-Formazione a distanza

[PRESENTAZIONE](#)

[ACCESSO DIRETTO](#)



GioFil-Altri progetti

[Engine](#)

[Accessi privilegiati](#)

[GioFil Off-Line](#)

