

6° convegno regionale
ORL e Audiologia



Altre metodiche quantitative di valutazione della funzionalità del VOR canalare

Niccolò Cerchiai

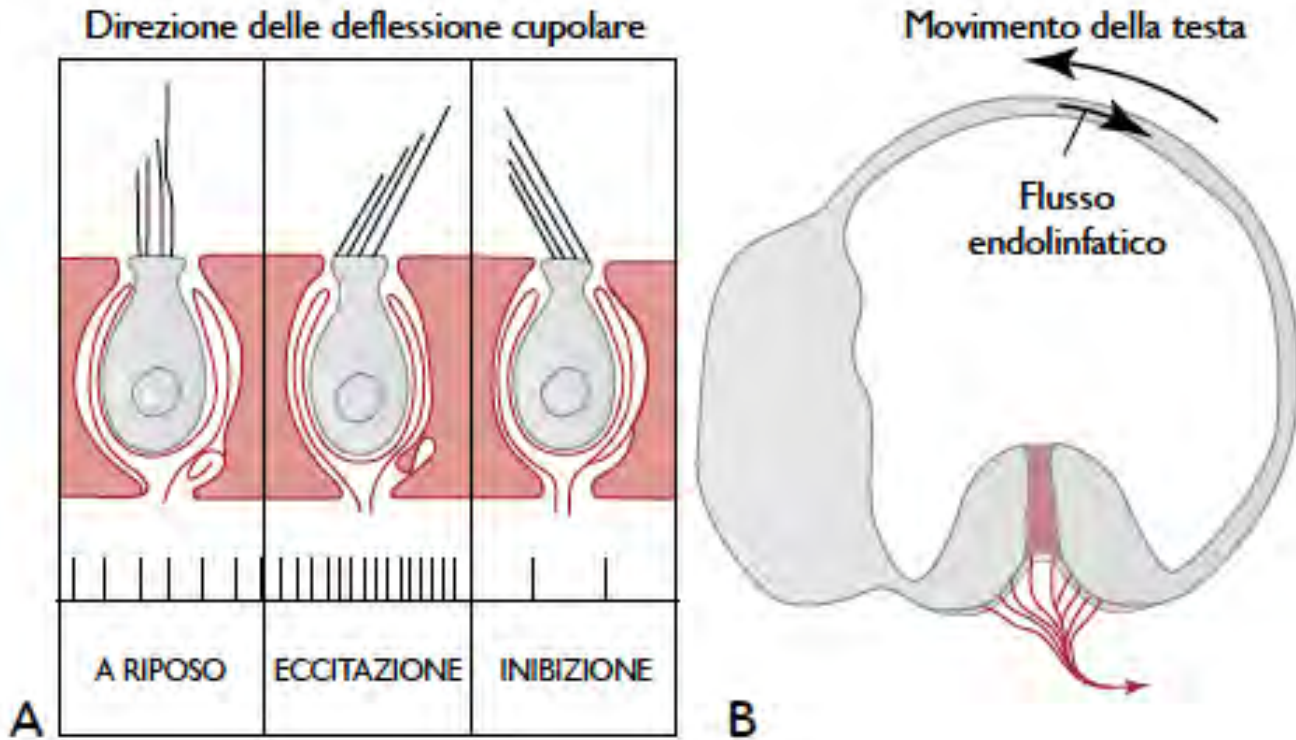
Augusto Casani

ORL 1 Univ. AOUP

Direttore: Prof. Sellari-Franceschini



20-21 Giugno 2014 Siena

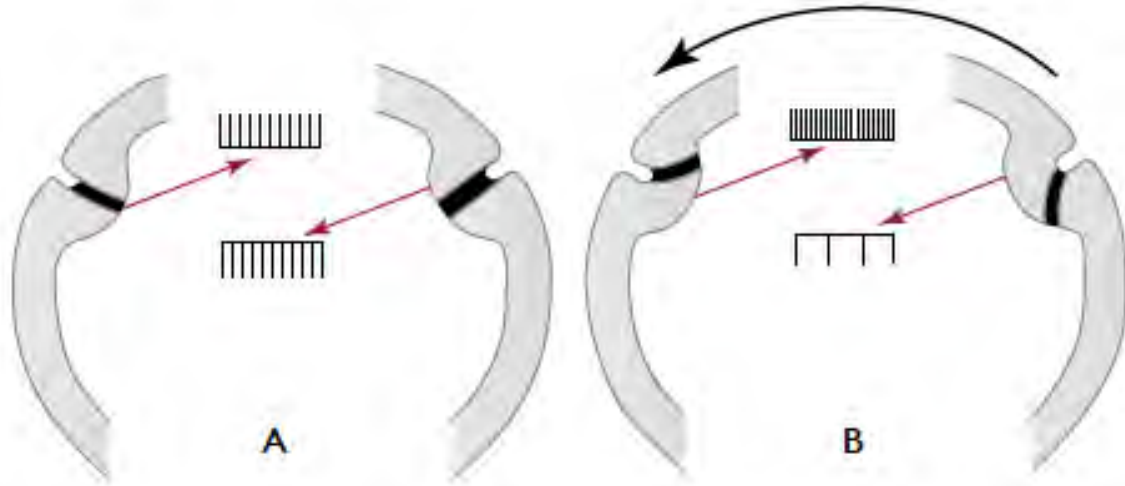


A) La deflessione delle ciglia in direzione consensuale o opposta a quella del chinociglio determina rispettivamente un incremento ed un decremento della frequenza di scarica delle cellule ciliate;

B) Sezione del labirinto membranoso che mostra il flusso di endolinfa e la deflessione cupolare che conseguono ad una rotazione del capo.

La deflessione è massima quando il movimento avviene sul piano del canale e nulla se avviene su un piano perpendicolare ad esso.

Ogni canale semicircolare è funzionalmente accoppiato ad uno controlaterale. Infatti, la disposizione spaziale dei canali semicirculari è tale che i piani dei canali semicirculari si conformano in modo da individuare tra i due labirinti tre paia di piani complanari



(A) La coppia di canali semicircolari a riposo mostrano le cupole in posizione mediana con scarica neurale simmetrica. (B) durante lo stimolo rotatorio in senso antiorario la cupola di sinistra è deviata in senso ampullipeto con incremento della frequenza di scarica; l'opposto avviene nella cupola destra deviata in senso ampullifugo con conseguente riduzione della frequenza di scarica.



Grazie alla disposizione appaiata in canali complanari il sistema opera in maniera coordinata durante i movimenti del capo con un meccanismo di push-pull : quando si ha un'accelerazione angolare del capo secondo il piano condiviso, l'endolinfa nel paio di canali complanari è mossa in direzioni opposte rispetto alle relative ampolle, e la scarica neurale aumenta nel nervo vestibolare di un lato e diminuisce nel lato opposto

I movimenti complessi rotatori con più traiettorie vengono rilevati dalle tre coppie di canali contemporaneamente.

Il push-pull è ridondante: in caso di difetto del segnale sensorio da un membro del paio, il sistema nervoso centrale riceve comunque l'informazione circa il movimento della testa in un determinato piano dal membro controlaterale



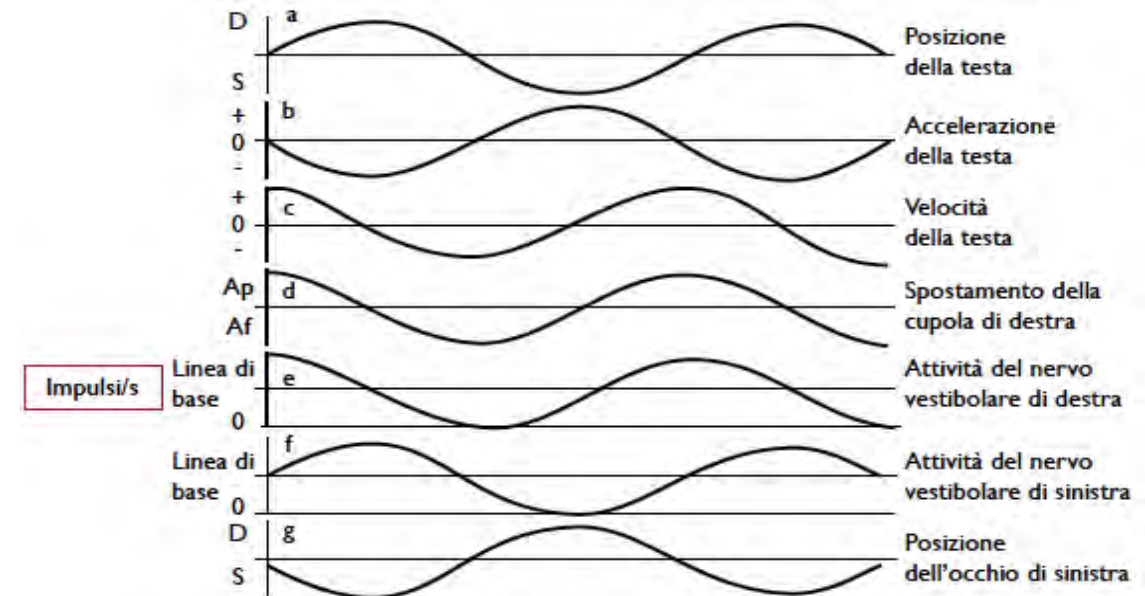


Grazie all'elasticità della cupola, il sistema cupola-endolinfa si comporta come un pendolo fortemente smorzato (Steinhausen, 1927) con una **costante di tempo di circa 7 secondi** (tempo di decadimento della frequenza di scarica neurale del 37%): queste caratteristiche fanno sì che, nell'ambito di frequenza dei movimenti naturali del capo (0,1-5,0 Hz), lo stimolo del sistema, ossia l'accelerazione del capo, vada incontro ad una integrazione in senso matematico

Questo segnale dovrà subire, prima di arrivare ai nuclei oculomotori, un 2° livello di integrazione, passando da segnale proporzionale alle velocità a segnale proporzionale alla posizione della testa

Il sistema cupola-endolinfa nel complesso permette di rispondere con una grande sensibilità a stimolazioni anche di brevissima durata ed è capace di rilevare accelerazione angolari pari a $0,1^\circ/s^2$ con una deflessione cupolare minore di 10 nm.

La risposta della cupola ad uno stimolo sinusoidale sarà ancora una oscillazione sinusoidale della stessa ampiezza; essa mostra un guadagno definito dal rapporto tra il massimo valore di spostamento cupolare ed il massimo valore raggiunto dallo stimolo (velocità dell'occhio e la velocità della testa)



Gain = 1 tra 0,1 e 3-5 Hz di stimolo

Per frequenze minori la costante di tempo viene triplicata dal VSM (integrazione temporale)





Prove Roto-Acceleratorie

- Classiche
- VAT
- Per studio della componente maculare

Video-HIT





Prove Roto-Acceleratorie

Usate da più di un secolo per testare la funzionalità labirintica

Capaci di indurre uno stimolo fisiologico ed estremamente specifico per l'apparato vestibolare

Permettono di ottenere una più esatta relazione tra stimolo e risposta in termini di VAFL (direttamente proporzionale all'entità della deflessione cupolare del CS stimolato, e quindi di conseguenza correlata all'intensità dell'accelerazione angolare applicata)

La risposta si realizza attraverso il VOR ed è esattamente quantizzabile rispetto allo stimolo

Lo stimolo è assolutamente fisiologico e meno soggetto a fattori interindividuali

Impossibilità di poter valutare separatamente l'apporto funzionale fornito dai due emisistemi, essendo lo stimolo applicato contemporaneamente sulle strutture recettoriali sia di destra che di sinistra (Mira e Manfrin, 1994; Guidetti, 1997)

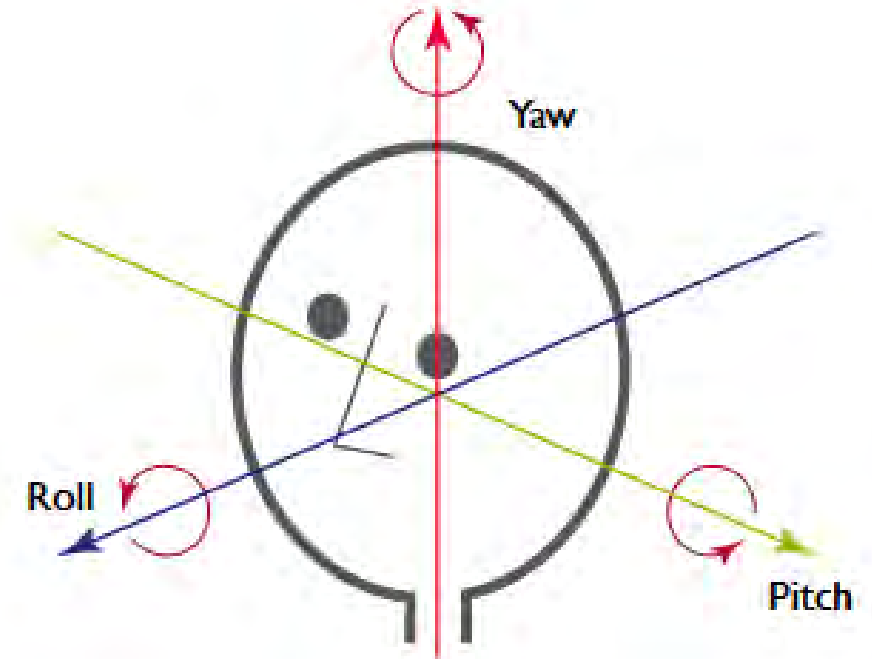


Prove Roto-Acceleratorie

Diverse tipologie di stimolo, come frutto di una combinazione fra aspetti **sia temporali** della rotazione indotta (andamento impulsivo, sinusoidale, trapezoidale o pseudorandom della velocità angolare), **sia spaziali**, determinati dall'orientamento dell'asse di rotazione rispetto alla gravità

Nelle indagini cliniche roto-acceleratorie di routine, normalmente sono impiegati stimoli tali da rientrare nella parte più bassa del range di funzionalità ottimale del VOR normalmente compreso tra 0,1 e 5 Hz

Registrazione della risposta mediante ENG o VNG



Orientamento dell'asse di rotazione

- Verticale;
- Orizzontale;
- Inclinazione intermedia.

3. Modalità di rotazione:

- – In asse (concentrica):
- – Fuori asse (eccentrica)





Prove Roto-Acceleratorie

Secondo le linee guida dell'American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery (1998) il test standard per la valutazione della funzione vestibolare mediante prove rotatorie è quello basato su stimoli del tipo yaw applicati su un asse di rotazione esattamente verticale ed equidistante fra i due labirinti

- Sedia rotatoria mossa da un motore elettrico controllato da un software
- Asse di rotazione della sedia coincide con asse verticale di rotazione della testa
- flessione di 30° del capo del paziente garantisce una stimolazione selettiva dei CSL

Asse rotazione testa	Orientamento asse rotazione rispetto alla terra	Recettori labirintici stimolati	Descrizione
Yaw (concentrica)	Verticale	Canali Semicircolari Laterali	Asse di rotazione verticale equidistante dai due labirinti
Yaw (eccentrica)	Verticale	Utricolo Unilaterale	Asse di rotazione verticale alternativamente sovrapposto a uno dei due labirinti
Pitch	Verticale	Canali Semicircolari Verticali	Rotazione su fianco
Roll	Verticale	Canali Semicircolari Verticali	Induce una dinamica contro-rotazione dell'occhio
Yaw	Intermedia/Orizzontale	Macule e Canali Semicircolari	Testa inclinata in maniera variabile rispetto alla gravità (<i>barbecue</i> se orizzontale)
Pitch	Orizzontale	Macule e Canali Semicircolari (non a velocità costante)	Rotazione <i>Head over Heels</i>
Roll	Orizzontale	Macule e Canali Semicircolari (non a velocità costante)	Inclinazione statica produce contro-rotazione dell'occhio



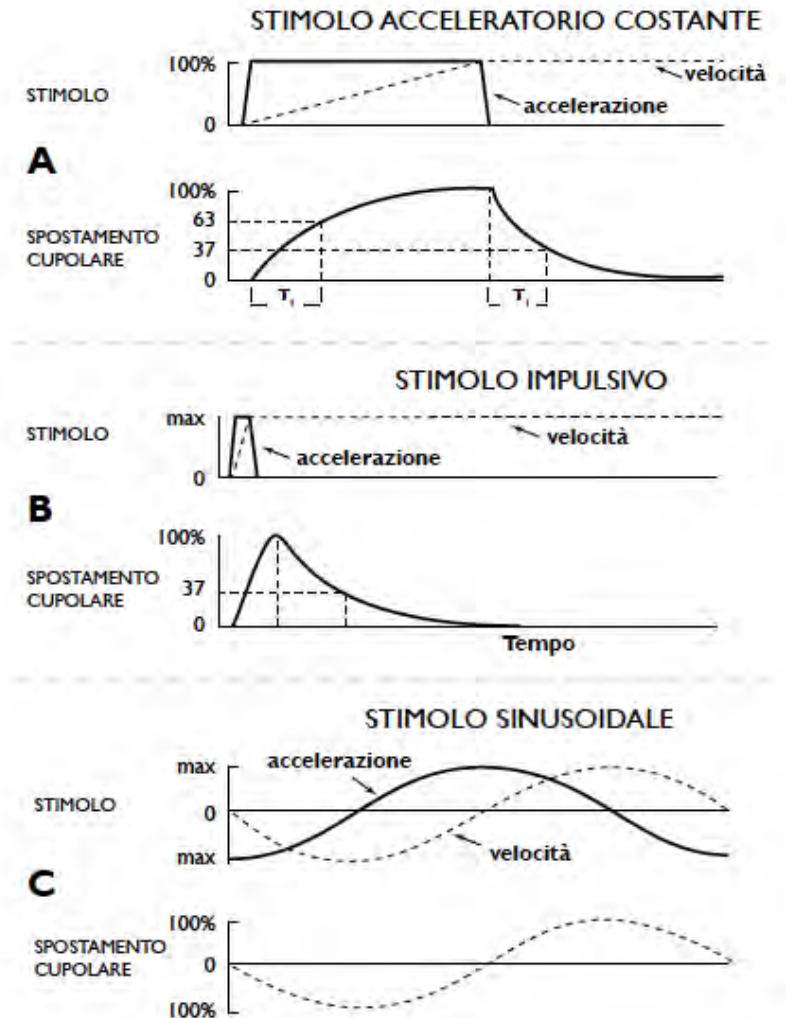


Prove Roto-Acceleratorie

Le altre variabili riguardano le caratteristiche temporalidell'accelerazione somministrata:

- stimolo ad accelerazione-decelerazione costante;
- stimolo impulsivo;
- stimolo ad andamento sinusoidale

- **Guadagno del VOR:** rapporto tra il picco della VAFL e l'ampiezza dello stimolo – picco V della sedia (Baloh e Kerber, 2010);
- **Fase:** descrive la relazione temporale fra stimolo e risposta (180°)
- **simmetria della risposta:** determinata dal valore della preponderanza direzionale (PD) (Jongkees) dai valori della VAFL misurata nei due sensi di rotazione;
- **costante di tempo:** periodo di tempo (secondi) in cui la VAFL si riduce del 37% rispetto al valore massimo raggiunto (ottenuta attraverso stimoli rotatori impulsivi);





Prove Roto-Acceleratorie

Prova Rotatoria di Buy-Fischer-Arslan: accelerazioni angolari subliminari ($0,2-0,3^\circ/s^2$) fino a velocità angolare costante di $180^\circ/s$; plateau per 3 minuti ed era seguita da un arresto improvviso.

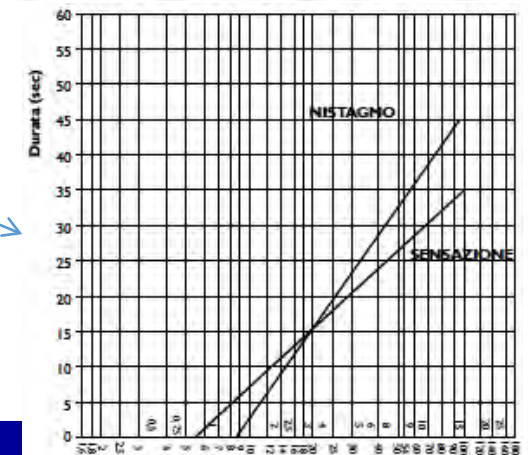
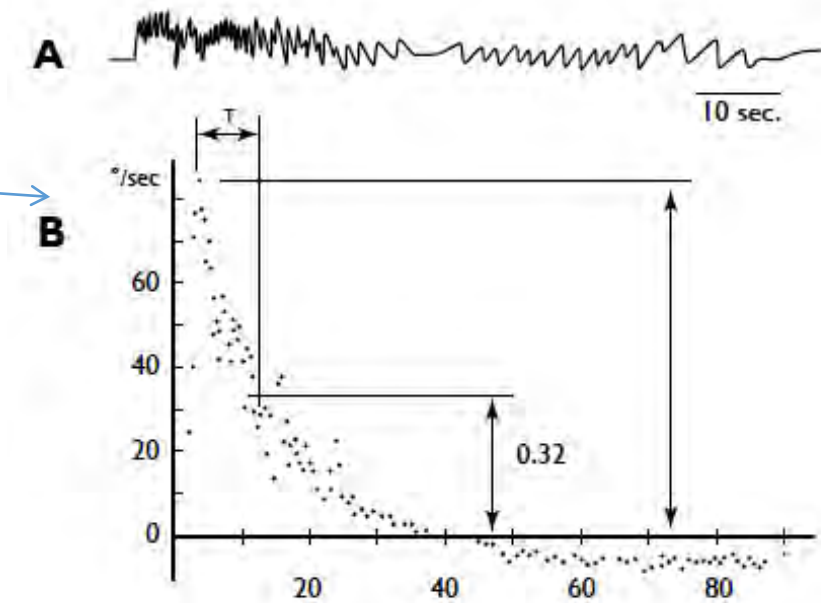
Cupolometria: consente di determinare la soglia di risposta nistagmica e la soglia di sensazione vertiginosa

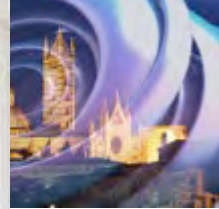
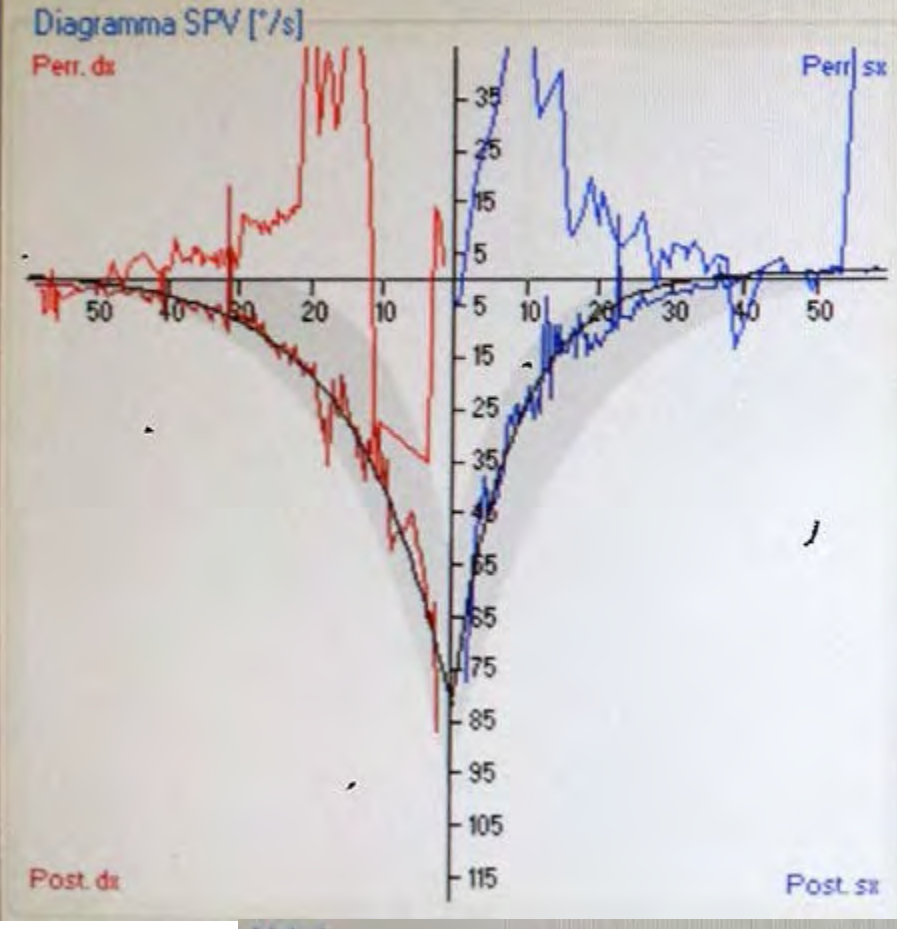
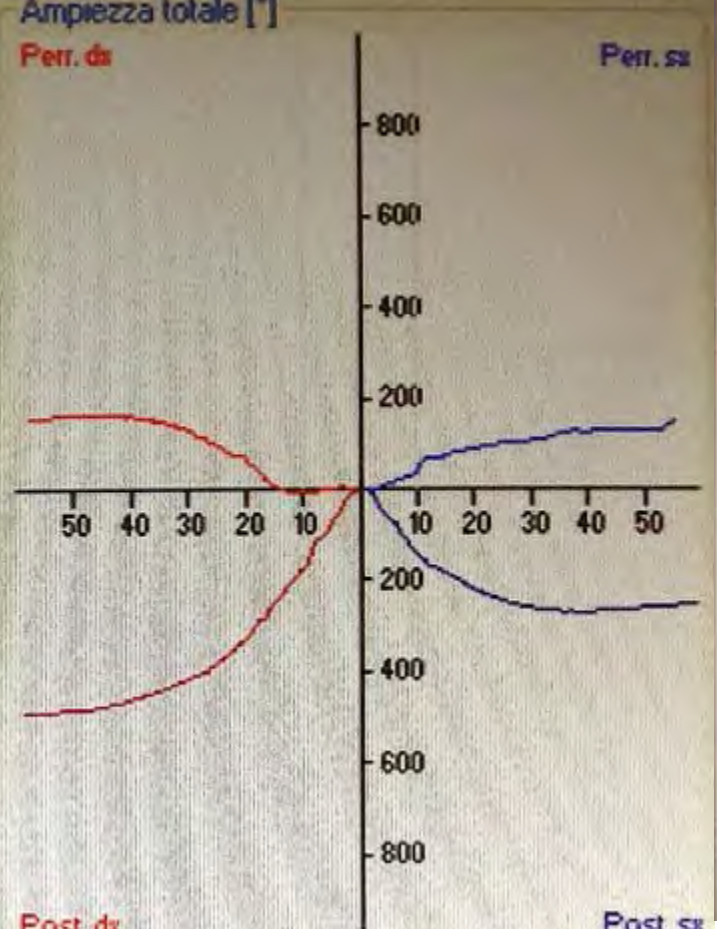
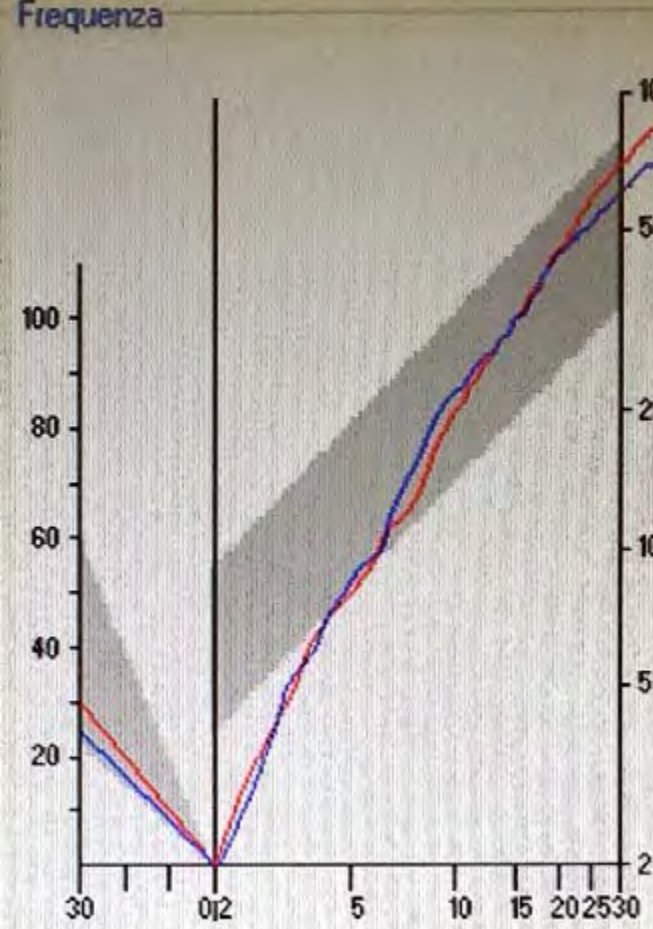
Prova rotatoria liminare: accelerazione positiva costante con valori progressivi di $1^\circ-3^\circ-6^\circ/s^2$ fino a una velocità costante di $90^\circ/s$. plateau di 3 minuti può essere seguito da un brusco stop o da una decelerazione progressiva.

Prova Pendolare: serie di stimolazioni ad andamento sinusoidale la cui ampiezza massima diminuisce linearmente nel tempo nei periodi successivi al primo

Prova Sinusoidale: specifiche sedie guidate da un software in grado di avvicinare il più possibile le stimolazioni al range di normale attività del VOR. Stimolazioni mono e multifrequenziali.

Vestibular Autorotation Test (VAT): rotazioni autosomministrate



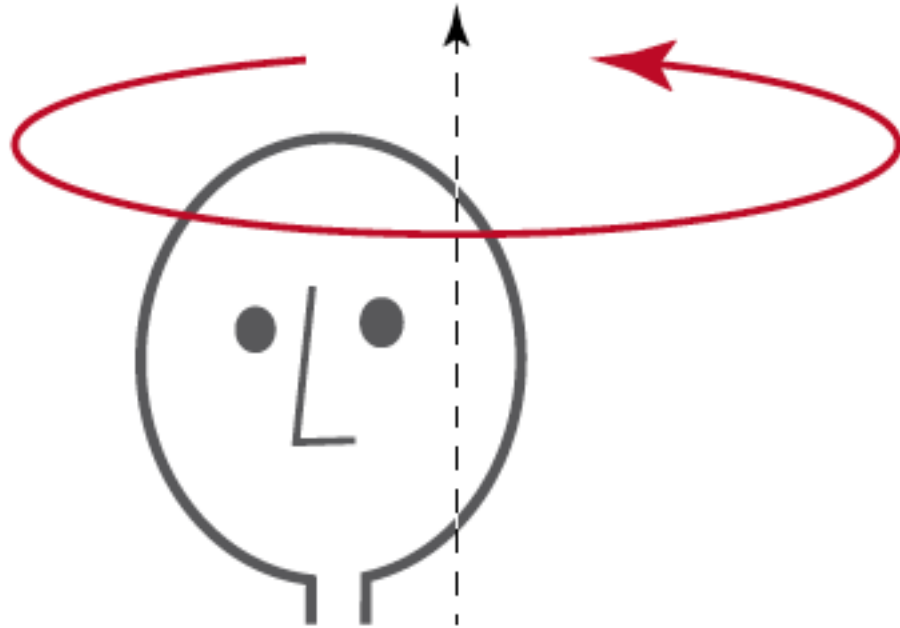


I valori di soglia vestibolare: dopo 0-15" nistagmo "per-rotatorio" (accelerazioni di 0,76-1,08°/s²) che persiste per circa 5" dopo la cessazione dello stimolo, una volta raggiunta la velocità costante di 90°/s.
 STOP: comparsa del nistagmo "post-rotatorio", la cui durata è in stretta correlazione all'entità dello stimolo usato.

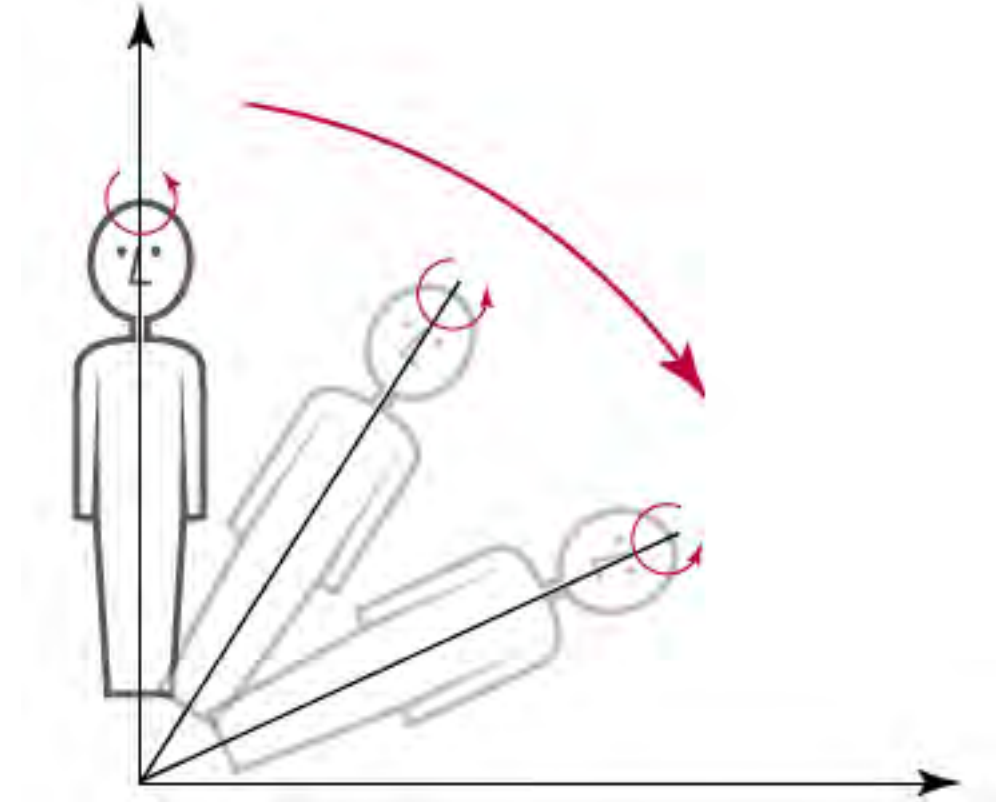
Valori				
	SPV ₀ [°/s]		Frq [/30s]	
SPN				
	SPV [°/s]	t [s]	Frq [/30s]	ACC [°/s ²]
Perr. dx	18,3	26,8	30	12,00
Perr. sx	-21,7	16,8	-25	12,00
	Tau [s]	SPVmax	Guadagno [% Amp. [°]	
Post. dx	13,4	82,3	68,6	-487,8
Post. sx	8,4	79,9	66,6	250,2



Prove Roto-Acceleratorie



Rotazione eccentrica: asse su un labirinto



OVAR: off-vertical axial rotation





Prove Roto-Acceleratorie

La riduzione della risposta calorica bilaterale non significa necessariamente che la fx vestibolare sia deficitaria (Casani et al., 1992; Fife et al., 2000)

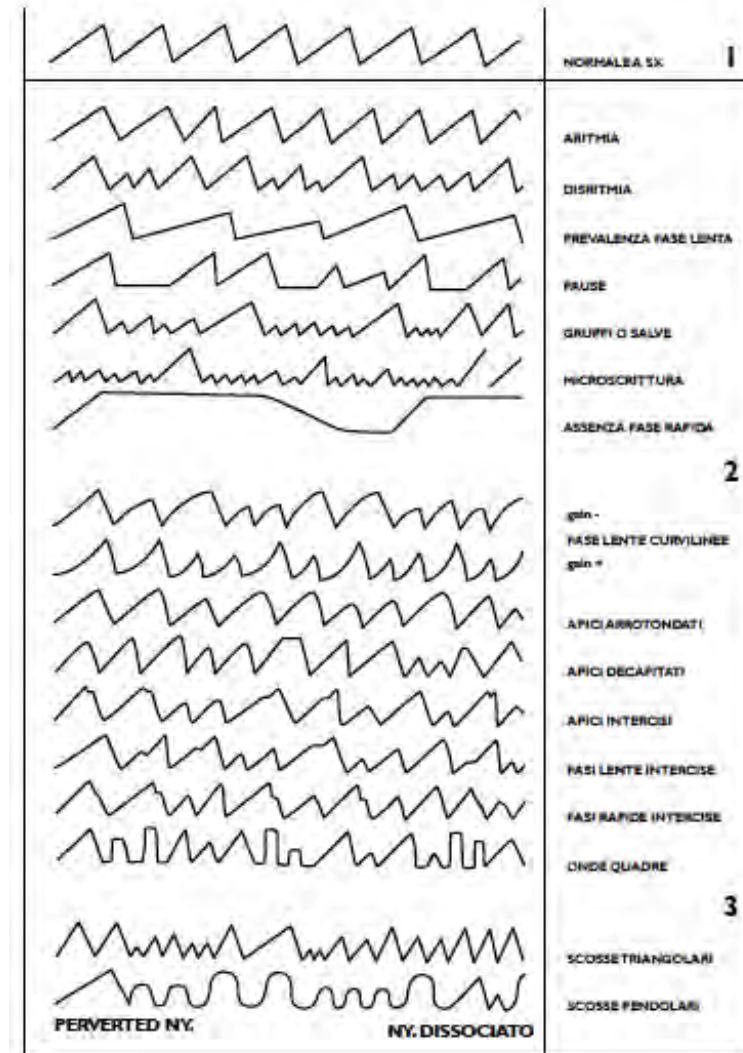
Indagine indipendente dal calorico per la possibilità di testare il sistema a frequenze superiori

L'AA of Neurology considera le prove rotatorie come il gold standard per lo studio del BVD (Fife et al., 2000)

Ruolo nello studio delle vestibolopatie centrali: lesioni vestibolo-cerebellari di natura degenerativa —————> significativa modificazione vestibolare del guadagno del VOR, per alterazione degli stimoli tonici inibitori flocculo-vestibolari

Indicazione qualora non possibile eseguire BVC

Ruolo nel follow-up per maggiore riproducibilità





Video-HIT

Nasce dalla necessità di superare:

1. la soggettività dell'interpretazione dell'HIT clinico
2. Il problema delle covert saccades

Permette di determinare il guadagno del VOR a frequenze elevate vs BVC

Piccola videocamera digitale a 250 Hz, determina la posizione dell'occhio montata su una leggera mascherina da occhiali, necessita di essere fissata saldamente alla testa del paziente. L'immagine dell'occhio viene inviata alla telecamera da uno specchio dielettrico.

Due giroscopi a 2 assi e da un accelerometro a 3 assi forniscono la velocità della testa





Video-HIT

Necessaria calibrazione tramite fissazione di due spot alternanti ai lati del target posto a circa 1 m

L'esaminatore fa compiere alla testa **20 rotazioni** orizzontali rapide random di circa 10-20° vs dx o sx

Successivamente viene applicato lo stimolo per i canali verticali.

Il software informa l'esaminatore sull'efficacia dello stimolo (Valido vs Respinto)

Il guadagno del VOR viene calcolato su ogni CS





Video-HIT

Rapida esecuzione

Facile da utilizzare: il software seleziona solo i movimenti nel range di stimolazione predefinito (non rischio di conteggiare un movimento sbagliato)

Non invasivo

Non causa vertigine

Costoso

Non applicabile se:

- Scarsa compliance
- Traumi o interventi chirurgici al collo
- Marcata rigidità

Artefatti da:

- scarsa collaborazione (ammiccamento o distrazione)
- nistagmo spontaneo
- trucco



6° convegno regionale
ORL e Audiologia



Grazie per
l'Attenzione



20-21 Giugno 2014 Siena