

Il controllo dello sguardo e le implicazioni posturali.

L'occhio esplora lo spazio, tutto ciò che lo fronteggia viene percepito; ma è la fovea la zona discriminante, un'area di circa 1 mm di diametro disposta approssimativamente al centro della retina.

La discriminazione e il riconoscimento di un particolare del mondo che ci circonda, infatti, avviene attraverso la visione foveale, per effettuare e mantenere la quale muoviamo gli occhi all'interno delle orbite e le orbite stesse col movimento del capo. Durante questi movimenti è necessario che l'immagine venga mantenuta fissa sulla retina.

Per fare questo vengono sfruttate le informazioni sul movimento del capo veicolate dal riflesso vestibolo-oculare che, per aumentare la velocità di risposta, non sfrutta le informazioni visive. Il circuito infatti è più corto e quindi più rapido di quello che porta alla proiezione corticale dell'immagine.

Sei sistemi neuronali di controllo mantengono la fovea sul bersaglio visivo.

Una comune via efferente composta da tre gruppi di motoneuroni troncoencefalici contribuisce alla funzione su menzionata, attraverso cinque sistemi neuronali di controllo, di cui tre portano l'immagine sulla fovea e due stabilizzano gli occhi durante i movimenti del capo:

1. Movimenti saccadici: movimenti rapidi (ballistici) che portano la fovea verso il bersaglio posto alla periferia del campo visivo
2. Movimenti d'inseguimento lento: mantengono la visione foveale del bersaglio che si sposta nel campo visivo
3. Movimenti di vergenza: mantengono la visione bifoveale all'avvicinarsi od allontanarsi del bersaglio nel campo visivo; sono gli unici movimenti disgiuntivi, i due occhi si spostano in direzione opposta durante la visione
4. Movimenti vestibolo-oculari: utilizzano le informazioni vestibolari per mantenere la visione retinica durante i movimenti del capo nello spazio
5. Movimenti optocinetici: utilizzano informazioni oculari e mantengono stabile l'immagine retinica durante i movimenti rotatori prolungati del capo nello spazio.

Esiste un sesto sistema neuronale di controllo, o sistema di fissazione, che interviene a mantenere stabile gli occhi, inibendo attivamente i movimenti oculari, quando guardiamo un oggetto che suscita il nostro interesse. Questo sistema non è attivo quando vengono compiute azioni che non richiedono la vista, per esempio quando compiamo operazioni di calcolo.

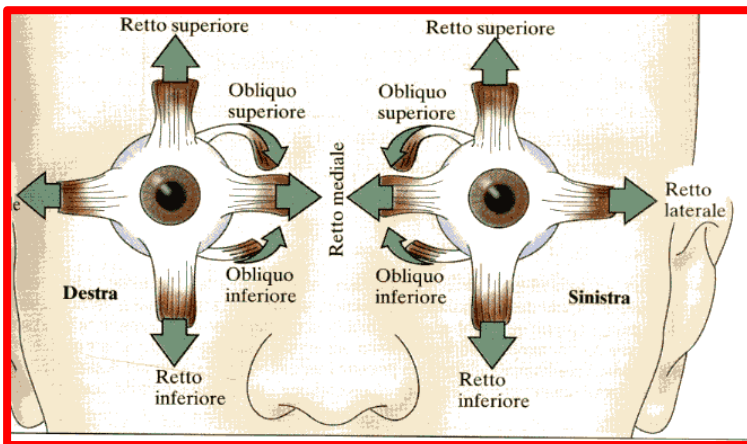
I movimenti oculari sono gestiti da un complesso neuromuscolare composto da sei muscoli e tre nervi cranici.

Le informazioni propriocettive dei muscoli oculomotori segnalano la posizione degli occhi all'interno delle orbite e la velocità del loro movimento.

Nei muscoli striati del nostro corpo, infatti, è presente una struttura sensoriale, il fuso neuromuscolare, collocato in parallelo rispetto alle rimanenti fibre: così disposto, il fuso risponde allo stiramento passivo di qualsiasi entità, anche minima e genera, come afferenza, una frequenza di scarica che è direttamente proporzionale allo stiramento; a livello centrale l'afferenza fa conoscere la posizione del muscolo e il suo reale allungamento.

La sommazione delle scariche dei vari muscoli coinvolti nel movimento, dà globalmente una risultante vettoriale che fornisce, sempre a livello corticale, l'informazione in tempo reale della condizione tridimensionale del movimento stesso.

Per questo motivo, durante lo svolgimento di qualsiasi movimento, i muscoli agonisti rappresentano la componente motoria, mentre i muscoli antagonisti sono i recettori dell'attività muscolare stessa, la base della propriocezione.



La propriocezione è la sorgente più importante di informazioni del corpo: è il primo senso sopra gli altri, perché gli altri recettori non potrebbero lavorare senza le informazioni propriocettive. La propriocezione alimenta le funzioni cognitive del corpo rispetto allo spazio circostante e mette in relazione il corpo stesso con il mondo esterno esplorato attraverso la visione. È l'immagine costruita di noi che ci muoviamo nello spazio, quindi è anch'essa una esterocezione.

noi che ci muoviamo nello spazio, quindi è anch'essa una esterocezione.

L'informazione propriocettiva è una scarica frequenziale.

I coniugi Jean Pierre e Régine Roll, ricercatori francesi, hanno misurato con la microneurografia le frequenze di scarica dei muscoli striati: hanno evidenziato il fatto che ad ogni stato di stiramento muscolare corrisponde una precisa frequenza di scarica, che aumenta all'aumentare dell'allungamento delle fibre; durante la fase di contrazione, invece, il fuso neuromuscolare risulta essere del tutto silente.

Ma i loro studi si sono spinti ben più avanti. Hanno applicato vibrazioni meccaniche a livello dei tendini periferici dei muscoli oculomotori ed hanno osservato quanto segue: utilizzando frequenze identiche a quelle prodotte dai muscoli, hanno indotto la sensazione del movimento ed hanno misurato, su pedana stabilometrica, le risposte posturali evocate. Le conclusioni sono state le seguenti:

- Se vengono stimolati con la vibrazione meccanica il retto esterno dell'occhio destro e il retto interno dell'occhio sinistro, si ottiene l'inclinazione laterale del corpo dal lato opposto
- Se vengono stimolati nell'identico modo i due retti superiori, si produce la caduta in avanti del corpo
- Se invece vengono stimolati i retti inferiori, si ottiene la caduta indietro del corpo.

Sono gli stessi atteggiamenti correttivi posturali che intervengono durante il movimento dello sguardo nelle varie direzioni, quando i muscoli su menzionati sono stirati dalla contrazione dei rispettivi antagonisti.

Se la vibrazione meccanica applicata al tendine distale ha la stessa frequenza della componente muscolare del movimento (anche se il movimento in effetti non vi è stato), il cervello crede che quello sia in realtà avvenuto e reagisce con gli adattamenti posturali correlati.

Precisiamo che tutte le prove, eseguite su pedana stabilometrica, sono state effettuate con il soggetto ad occhi chiusi, per evitare il compenso visivo.

La Risonanza Magnetica funzionale cerebrale ha mostrato che le aree evocate dal movimento o dalla illusione del movimento (vibrazione meccanica) sono le stesse: si attivano difatti le aree premotorie e motorie, le principali aree associative, il giro cingoli, i nuclei della base e così via. Questo a conferma della complessità dell'informazione propriocettiva.

Le catene muscolari sono gli effettori del sistema propriocettivo.

La catena posturale propriocettiva ha ai propri estremi da una parte i muscoli extraoculari e cervicali, dalla parte opposta i muscoli della caviglia e la sensibilità tattile plantare. Ogni modifica tensionale della struttura si ripercuote lungo tutta la catena, con gli adattamenti necessari, fino a proiettarsi al suolo. Quindi è comprensibile come una modifica della muscolatura oculomotrice possa cambiare l'appoggio dei piedi, per controbilanciare il movimento, sia esso reale che percepito. La via è comunque bidirezionale e può essere letta in direzione opposta: quindi ad ogni atteggiamento del piede a terra corrisponde, in senso ascendente, un adattamento finale della muscolatura oculomotrice.

Di conseguenza si può affermare che l'occhio, per condizioni strutturali, ha due funzioni: una funzione retinica e una funzione propriocettiva, quest'ultima legata all'orientamento dell'occhio rispetto alla testa; sono questi messaggi propriocettivi che partecipano direttamente alla regolazione della nostra postura.

Per capirne l'importanza, basta pensare che ogni movimento del corpo nello spazio inizia con il movimento degli occhi in direzione del bersaglio; tutti i movimenti dell'occhio, inoltre, sono associati a movimenti compensatori della testa: per esempio, il retto superiore e il muscolo sternocleidomastoideo fanno sommazione d'azione, spostando globalmente la testa indietro; il retto inferiore e i muscoli posteriori del collo, invece, si neutralizzano l'un l'altro, perché lavorano in direzione opposta.

La propriocezione extraoculare è coinvolta nella percezione della profondità.

La convergenza oculare interviene, all'avvicinarsi del bersaglio, producendo lo stiramento dei retti esterni e informando, quindi, sulla distanza del bersaglio dal soggetto: allo stesso modo, la vibrazione meccanica applicata sui tendini distali dei retti esterni, nelle medesime frequenze, dà l'illusione dell'avvicinarsi o allontanarsi della mira luminosa in un ambiente oscurato.

La propriocezione dei muscoli estrinseci è assistita anche dalla propriocezione dei muscoli della testa e del collo (oculocefalogiria): con le informazioni derivanti da tutta la catena propriocettiva oculare, comprese quindi la muscolatura della caviglia e la sensibilità tattile plantare, interviene a dare la percezione spaziale dei segmenti del corpo tra di loro e del corpo totale nello spazio circostante.

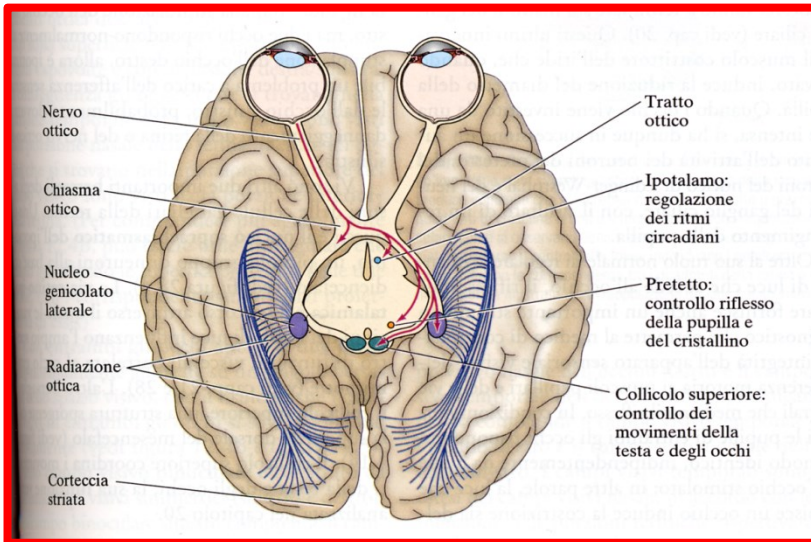
Tutti questi messaggi propriocettivi si combinano in quella che è definita collettività dell'informazione, cioè una sensibilità profonda, diffusa, orientata, che ha come risultante finale una sommazione vettoriale, specchio della tridimensionalità del movimento stesso: il cervello riceve i messaggi (senza distinguere se essi siano naturali o indotti), fa una lettura contestuale e produce una risposta reale o virtuale, articolata sia nella componente motoria, sia nei necessari adattamenti posturali, per renderci in ogni momento congrui con le azioni che ci siamo preposte.

Il controllo delle attività oculari è centrale.

I circuiti motori che governano i movimenti saccadici si trovano localizzati nel tronco dell'encefalo: la formazione reticolare pontina genera i movimenti saccadici sul piano orizzontale, mentre la reticolare mesencefalica genera i movimenti saccadici verticali.

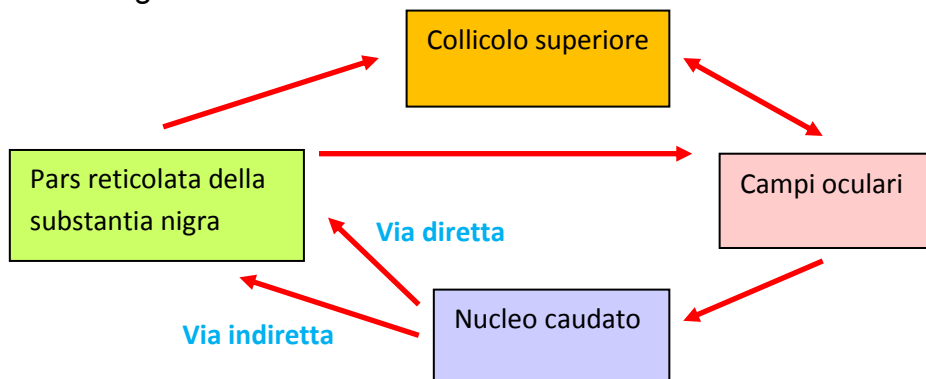
I movimenti saccadici sono comunque controllati ai livelli superiori: una prima integrazione tra informazioni visive e motorie avviene a livello del collicolo superiore, che ritrasmette i segnali oculomotori al tronco dell'encefalo.

Il collicolo superiore contiene una rappresentazione della fovea: riceve dai campi oculari (dai neuroni visivi, dai neuroni in rapporto con il movimento oculare, dai neuroni visuomotori) un feed-back positivo e un feed-back negativo.



Il circuito di retrocontrollo positivo, che raggiungerà successivamente i neuroni omnipause del nucleo dorsale del rafe, interviene nell'inibizione dei movimenti saccadici durante la fissazione visiva; il circuito di retrocontrollo negativo (GABA-ergico) si proietta al nucleo caudato e da qui, attraverso due vie, una diretta ed una indiretta, arriverà alla pars reticolata della substantia nigra e servirà

nell'evocare l'insorgenza di movimenti saccadici diretti verso il lato controlaterale.



Il movimento lento di inseguimento, il movimento di vergenza e la direzione dello sguardo, invece, sono controllati da sistemi diversi: per l'esecuzione dei movimenti lenti di inseguimento è necessario l'intervento coordinato della corteccia cerebrale, del cervelletto e del ponte; il movimento di vergenza, invece, è organizzato a livello del mesencefalo; mentre la direzione dello sguardo ha un circuito di retrocontrollo dipendente dai movimenti del capo e degli occhi (riflesso vestibolo-oculare, riflesso optocinetico).

Il controllo dei movimenti saccadici può essere modificato con l'esperienza.

Quando osserviamo un'immagine od un oggetto, il nostro sguardo non percorre tutta la superficie in modo uniforme, allo stesso modo, quando leggiamo un testo, non seguiamo



tutte le lettere ad una ad una, al contrario i nostri occhi sfruttano i meccanismi saccadici, spostandosi a salto da un punto all'altro del bersaglio e facendo astrazione di quanto saltato. È il cervelletto che interviene come supervisore dell'attività ballistica oculare: la parte dorsale del verme e dei nuclei del fastigio agisce, infatti, controllando l'ampiezza del movimento; il flocculo adegua l'entità dello scalino saccadico all'intensità dell'impulso, per renderlo congruente; l'effetto risultante è la riduzione della componente

d'errore (deriva post-saccadica).

Il trigemino interagisce con l'oculomotricità.

L'attività saccadica può essere influenzata dalle interferenze dei piani occlusali dentali e dall'attività della lingua contro il palato nella deglutizione: questo avviene per l'intervento delle vie sensitive trigeminali che, dai recettori parodontali e dal recettore palatino, arrivano al nucleo sensitivo e quindi alla reticolare trigeminale, vera e propria stazione di prima elaborazione dell'informazione.

Dai recettori parodontali parte la via noradrenergica che serve per la stimolazione del locus coeruleus, struttura troncoencefalica che è posta a controllo del ritmo sonno-veglia: il locus coeruleus, infatti, è attivo durante la fase di veglia, mentre riduce la frequenza di scarica nella fase non-rem del sonno, per diventare del tutto silente nella fase rem del sonno (sonno paradossoso). Da studi recenti, inoltre, la dominanza occlusale, vale a dire la masticazione unilaterale, sembra essere la causa di produzione eccessiva di glutammato nell'emisfero omolaterale, con le possibili conseguenze di intossicazione da parte del neurotrasmettitore: questo infatti è in grado di modificare l'attività di risposta dei neuroni, alterandone la permeabilità agli ioni bivalenti Ca^{++} e quindi la sensibilità agli stimoli. Ricordiamo, per esempio, che eccessi di glutammato sono responsabili dello status epilepticus e del morbo di Huntington.

Nel recettore palatino, invece, sono presenti gli stessi otto recettori che si trovano anche nella pianta del piede, ma nel palato lavorano non sotto la sollecitazione da carico, bensì per perdita di contatto: la stimolazione del recettore palatino permette di aumentare la forza muscolare somatica e di spostare indietro la testa, per riallinearla all'asse corporeo sagittale. Inoltre, la lingua, nel suo lavoro contro il palato, è in grado di muovere le ossa palatine e quindi di influenzare direttamente il meccanismo respiratorio primario, vale a dire il lavoro di flessione-estensione delle ossa craniche tra di loro, che permette di pompare il liquor rachideo lungo tutto l'asse neuronale, dal cranio fino all'osso sacro e alle emergenze delle radici nervose spinali, sempre avvolte dal rivestimento duramerico. È un'attività che ha un ciclo di 9-12 ripetizioni minuto, ma che può variare rapidamente, in base allo stato fisio-patologico ed emozionale dell'individuo.

La rilevanza del trigemino nei processi cognitivi è stata più volte evidenziata: sappiamo infatti che in corso di malattie come Parkinson, Alzheimer ed altre patologie di tipo degenerativo, sono presenti nell'insieme una deafferentazione di tipo trigeminale ed una alterazione delle saccadi oculari; per cui si può affermare, a pieno titolo, che i movimenti saccadici e la propriocezione trigeminale sono il substrato per tutti i nostri processi cognitivi.

I movimenti saccadici intervengono nella regolazione posturale.

Fino ad adesso era stata data rilevanza, per il controllo posturale, ai movimenti di vergenza, tuttavia, da nostre osservazioni cliniche recenti, si è evidenziato che l'attività saccadica oculare è in grado di modificare in maniera rapida i parametri posturali in soggetti con squilibrio posturale. Forti di queste considerazioni, abbiamo avviato un lavoro diretto a quantificare la variazione dei parametri stabilometrici nei soggetti con squilibrio posturale, dopo somministrazione di un test specifico per i movimenti saccadici.

Il lavoro preliminare è stato condotto su 30 soggetti di età variabile, scelti in base all'età (18-80 anni), alla binocularità, alla presenza di un moderato squilibrio posturale con minima o assente sintomatologia dolorosa, al buon livello di comprensione delle istruzioni, alla capacità di mantenimento della stazione eretta su pedana in condizioni statiche sia ad occhi aperti che ad occhi chiusi, all'assenza di patologie neurologiche o di marcate deformità di struttura (es.: scoliosi grave, mutilazioni, et al.), all'assenza di eterotropie e,

infine all'assenza di Sindrome Disarmoniosa (quadro che vede il sistema non più in grado di rispondere in maniera adeguata alle necessità posturali).

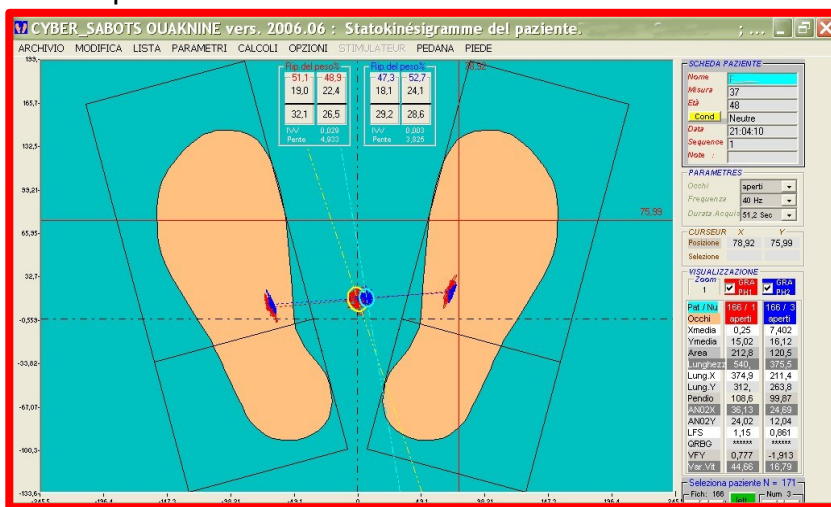
Il test è stato così somministrato: i soggetti sono stati posizionati su pedana stabilometrica, con appoggio podalico spontaneo e visione binoculare; il target utilizzato è stato la sfera grande di Wolfe.

○ **I° test:**

- 2 target alla distanza di Harmon, a 20 cm circa dalla linea mediana per i due lati, ad altezza visiva
- Al comando il soggetto passava da un target all'altro e manteneva la visione, 10 ripetizioni

○ **II° test:**

- Un target a 15 cm e l'altro a 80 cm, altezza visiva, sulla linea mediana
- Al comando il soggetto passava da un target all'altro e manteneva la visione, 10 ripetizioni.



Lo strumento di rilevazione usato è stato la pedana Cyber Sabots di M. Ouaknine, in modalità statica, con i sabots (zoccoli) nella posizione spontanea dell'appoggio podalico del soggetto.

I parametri che sono stati presi in considerazione sono: X medio; Y medio; distanza media; superficie dello stathinesigramma;

lunghezza dello stathinesigramma; lunghezza in funzione della superficie (LFS); velocità media; variazione della velocità; parametri frequenziali nella derivata di Fourier; quoziente di Romberg.

Ad una prima lettura dei dati, risulta un miglioramento medio del 49,42% dei parametri rilevati, così ripartito:

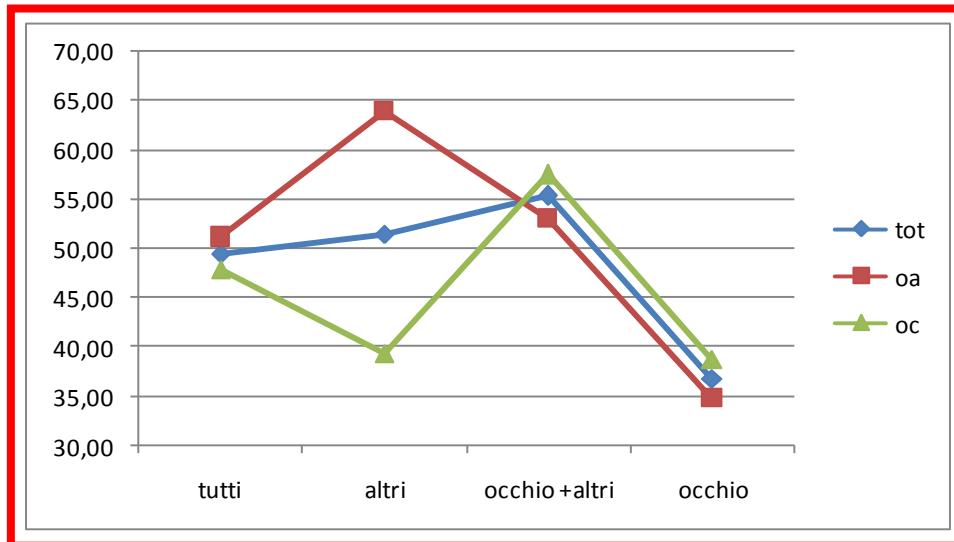
- 51,09% di parametri migliorati nelle prove ad occhi aperti
- 47,83% di parametri migliorati nelle prove ad occhi chiusi.

Inoltre, abbiamo suddiviso i soggetti a seconda dei recettori squilibrati (seguendo i risultati dell'esame posturale effettuato preventivamente):

- Altri recettori (escluso l'occhio)
- Occhio e altri recettori
- Solo occhio.

I risultati sono stati:

- 51,36% di parametri migliorati nella categoria altri recettori
- 55,29% di parametri migliorati nella categoria occhio e altri recettori
- 36,73% di parametri migliorati nella categoria solo occhio.



Scendendo ancora nei dettagli:

- Altri recettori
 - Ad occhi aperti 63,89% di parametri migliorati
 - Ad occhi chiusi 39,33% di parametri migliorati
- Occhio e altri recettori
 - Ad occhi aperti 53,03% di parametri migliorati
 - Ad occhi chiusi 57,45% di parametri migliorati
- Solo occhio
 - Ad occhi aperti 34,72 di parametri migliorati
 - Ad occhi chiusi 38,67% di parametri migliorati.

Il fatto che ci ha colpito è stato che il numero minore di parametri migliorati è stato registrato nella categoria con interessamento del solo recettore oculare, mentre le altre categorie hanno spiccato per il guadagno ottenuto: ipotizziamo che questo sia avvenuto per l'adattamento recettoriale reciproco, che ha potenziato la risposta. Ricordiamo, infatti, per quanto su detto, che i recettori dialogano in maniera continua e bidirezionale tra di loro, per la modulazione dell'adattamento finale.

L'indicazione che ci viene di dare è sulle implicazioni terapeutiche: l'attivazione e quindi l'allenamento saccadico modificano la capacità di reazione oculare, con le conseguenze ad essa correlate, dando nuova disponibilità al sistema di controllo posturale.

Per cui invitiamo i colleghi optometristi a prenderne atto e a farne l'uso che più ritengono opportuno, nell'ambito della propria modalità operativa.

Daniele Ugolini

Terapista della Riabilitazione

Fisioterapia Posturale

Correzione Posturale Neuroindotta

Membro dell'European Academy of Sports Vision

Membro di Sports Vision Network

Membro del Comitato Scientifico di Sinfonia Onlus (Sindrome Fibromialgica Onlus Italiana & Amici)

Referente dell'Associazione Italiana Posturologi per Toscana ed Emilia Romagna

Collaboratore di "Agenda della Salute" del dott. Carlo Gargiulo

Docente di Corsi di Posturologia

Bibliografia essenziale:

- **Baron J.** – *Relazioni tra i muscoli motori oculari, le pinne e l'equilibrio dei pesci* – Estratti dei resoconti delle sedute dell'Accademia delle Scienze – Tomi 1087-1089, 1950
- **Bonavita V., Di Iorio G.** – *Neurologia Clinica* – Ed. C.G. Medico-Scientifiche, 1996
- **Bradley W.G., Daroff R. B., Fenichel G.M., Marsden C.D.** – *Neurologia nella pratica clinica* – CIC Ed, 2003
- **Busquet L.** – *Le catene muscolari* 5 vol., – Ed. Marrapese, Roma, 1996-2009
- **Busquet-Vanderheyden M.** – *Le catene muscolari, La catena viscerale*, vol. 6 – Ed. Marrapese, Roma, 2009
- **Crossman A.R., Neary D.** – *Neuroanatomia* – Springer Ed., 1998
- **Da Cunha H.M.** – *Le syndrome de déficience posturale (SDP)* – *Agressologie*, 28, 941 – 943, 1987
- **Denys Struyf G.** – *Les chaînes musculaires et articulaires* – S.B.O., 1979
- **Gagey P.M., Weber B.** – *Posturologia. Regolazione e perturbazioni della stazione eretta* – 2^a edizione – Marrapese Editore – Roma, 2000
- **Gagey P.M., Martinerie J, Pezard L, Benaim C.** – *L'équilibre statique est contrôlé par un système dynamique non-linéaire* – *Ann Otolaryngol Chir Cervicofac* 1998;115(3):161-8
- **Kandel E.R., Schwartz J.H., Jessel T.M.** – *Principi di neuroscienze* – Terza edizione – Casa Editrice Ambrosiana – Bologna, luglio 2003
- **Montecucco N.F.** – *Cyber. La visione olistica* – Edizioni Mediterranee, Roma 2000
- **Moro F.** – *Podologia non lineare – Introduzione* – Marrapese Editore – Roma, 2006
- **Pointhiere Y., Moro F.** – *Osteopatia, Postura, Evoluzione* – *Attualità in Terapia Manuale e Riabilitazione* 2001;1:5-11
- **Purves D., Augustine G.J. et al.** – *Neuroscienze* – Seconda edizione – Zanichelli – Bologna, dicembre 2004
- **Roll J.P., Roll R.** – *Corso di Neurofisiologia della Regolazione Posturale* – Atti – Padova, 20 settembre 2008
- **Roll J.P., Roll R.** – *Kinesthetic and motor effects of extraocular muscle vibration in man* – in: *Eye movements* – O'Regan J.K. & Levy-Schoen A. – Amsterdam, 1987
- **Ruggieri V., Marone P., Fabrizio M.E.** – *Immagine corporea, sensibilità tattile al solletico e anoressia mentale* – *Cibus*, 1, 11-21, 1997
- **Scoppa F.** – *Posturologia e approccio terapeutico integrato: Biomeccanica e Bioenergetica* – Volume Atti I° Congresso Nazionale di Posturologia, Sorrento 27-30 Maggio 1999, Scuderi Ed., Napoli, pp. 283-294
- **Tricot P.** – *Osteopatia fasciale. Approccio e tecniche tissutali per un'osteopatia della coscienza* – Marrapese Editore, Roma 2002
- **Ugolini D.** – *Importanza dell'entrata oculare nello sport* – Tesi sperimentale A.A. 2003-2004 – Master Interdisciplinare di I° livello in Posturologia – Università "La Sapienza" – Roma

