

3-CONSEGUENZE ADATTIVE DELL'ASTIGMATISMO FUNZIONALE

La relazione fra movimenti degli occhi e cambiamenti posturali era già stata postulata da Duke Elder nel 1946, in considerazione della stretta relazione fra coppie di muscoli antagonisti negli estrinseci dell'occhio e canali semicircolari. Egli affermò chiaramente che “a causa dello stretto collegamento dei meccanismi visivi che determinano la direzione spaziale del movimento con altri meccanismi che determinano la postura, la postura gioca un ruolo importante nella visione e nella percezione visiva”¹⁰⁴. Si deve ad Harmon, alla fine degli anni '50 l'idea che il mondo spaziale visivo di un individuo sia essenzialmente un'estensione dell'organizzazione del sistema gravitazionale del corpo; egli riteneva inoltre che la maggior parte degli squilibri funzionali visivi fossero determinati dalle posture cui il lavoro sedentario della società moderna costringe.

E' impressionante pensare quanto poco ancora i fattori posturali vengano considerati nei problemi della visione considerando che l'evidenziazione di questi aspetti ha già un secolo di storia; già nel 1918-1919 Lowman¹⁰⁵ e Mills avevano dimostrato una correlazione fra postura scorretta e forie¹⁰⁶.

¹⁰⁴ Duke –Elder *Textbook of ophthalmology*, St. Luis 1946, citato in E.B. Forrest *Visione e Stress* european academy of sports vision 1993

¹⁰⁵ Lowman *the effect of faulty skeletal alignment upon the eyes*, American Journal of orthopedic surgery 1918 ibid

¹⁰⁶ Mills L. *the effect of faulty craniospinal form and alignment upon the eyes* American Journal of ophthalmology settembre 1919 ibid

Harmon notò che gli individui astigmatici tendono ad inclinare il capo in posizione eretta, i miopi ad estenderlo, gli ipermetropi a fletterlo; qualsiasi forma di anisometropia porta a rotazioni importanti dell'asse della testa rispetto al tronco. Gli esoforici tendono ad avere scapole elevate e ruotate verso l'esterno, mentre gli esoforici tendono ad abbassarle e ruotarle all'interno. In linea generale miopia ed ipermetropia tendono a causare disallineamenti sul piano sagittale testa-tronco mentre le forie sarebbero collegate a disallineamenti sul piano coronale e a rotazioni.

Harmon correlava una condizione di accorciamento della muscolatura (soprattutto posteriore) del collo con la miopia. I miopi tendono a spostare il baricentro in avanti, spesso accompagnando questo spostamento con una flessione posteriore del capo; analogamente lo spostamento indietro del baricentro negli ipermetropi tenderà ad essere spesso collegato ad una flessione anteriore del capo con elevazione del piano dello sguardo¹⁰⁷.

I portatori di lenti multifocali tendono ad assumere una posizione del capo molto avanzata rispetto al baricentro¹⁰⁸

Uno studio pubblicato su *Spine* ha indagato una popolazione della scuola primaria riscontrando, nei bambini affetti da gravi deficit visivi, una percentuale di scoliosi cinque volte maggiore che nei coetanei.¹⁰⁹

D'altra parte, qualsiasi restrizione dei movimenti del collo si ripercuote sull'oculomotricità¹¹⁰; si configura quindi un rapporto bidirezionale nella relazione fra alterata distribuzione del tono nella muscolatura cervicale ed ametropie.

¹⁰⁷ Tacconella P *Effetto ambientale e posturale sullo sviluppo di condizioni refrattive anisometropiche* Rivista Italiana di Optometria Ottobre-Dicembre 2000.

¹⁰⁸ Willford CH, Kisner C, Glenn TM, Sachs L, *The interaction of wearing multifocal lenses with head posture and pain*. Journal of Orthopaedic and Sports Therapy Marzo 1996 PMID 8919398.

¹⁰⁹ Catanzariti JF, Salomez E, Bruandet JM, Thevenon A. *Visual deficiency and scoliosis*. in *Spine* Gennaio 2001.

Variazioni correlate al tipo di ametropia, anche se non sempre presenti, si possono rilevare anche nelle caratteristiche della grafia.

Tali relazioni non sono di tipo deterministico – non tutti quelli che presentano una determinata alterazione posturale sviluppano un medesimo difetto – tuttavia le correlazioni appaiono significative; secondo *l’American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*, il fatto che un bimbo tenda a guardare tenendo spesso il mento abbassato può essere indice di forte ipermetropia.¹¹¹

R. Kraskin¹¹² sosteneva che la funzione di **orientamento**, ossia la percezione della propria persona nello spazio tridimensionale coinvolgesse soprattutto i muscoli della zona lombare, laddove la **localizzazione**, che include oggetti, mete, compiti ed in sostanza è finalizzata all’interazione diretta, coinvolgerebbe collo e cingolo scapolare. Harmon riteneva invece che la componente muscolare maggiormente collegata all’orientamento spaziale degli oggetti visivamente fissati fosse il collo, in particolare i segmenti C2-C4 per il ruolo cruciale dei suoi recettori nel determinare la posizione della testa rispetto al collo in un sistema a tre coordinate; tronco, testa, sistema visivo. A questo sistema Forrest aggiunge una quarta dimensione: quella della **consapevolezza**, sostenendo che “gli attributi della consapevolezza sono la matrice organizzativa per la maggior parte, se non per tutti, dei comportamenti umani e visivi”¹¹³.

Ivanenko ha dimostrato che la vibrazione di un singolo muscolo del collo può produrre effetti molto diversi (illusione del movimento del proprio corpo, dell’ambiente oppure oscillazioni semplici) sulla base di tre variabili: il muscolo vibrato, il contesto sensoriale – con particolare riferimento allo sguardo – e il compito proposto. In

Karlberg M, Magnusson M, Johansson R: *Effects of restrained cervical mobility on voluntary eye movements and postural control*; Acta Otorino-Laryngologica 1991 Vol. 111; PMID: 1950528.

¹¹¹ Havertape SA, Cruz OA *Abnormal head posture associated with high hyperopia* journal AAOPOS febbraio 1998.

¹¹² citato in E. B. Forrest *Visione e stress*

¹¹³ citato in E. B. Forrest *Visione e stress*

particolare, ha dimostrato che le oscillazioni prodotte dalla vibrazione si allineano con la direzione dello sguardo (senza rotazione della testa).

La preminenza gerarchica del sistema orientato sulla vista appare evidente anche nel movimento: la direzione dello sguardo altera significativamente lo stepping della marcia sul posto¹¹⁴. Secondo un altro studio italiano, l'asimmetria nel tono della muscolatura cervicale agisce essenzialmente modificando il *sistema di coordinate egocentriche basato sul corpo*¹¹⁵. Alcune conclusioni dello studio condotto da Ivanenko con i ricercatori del Santa Lucia e di Tor Vergata meritano di essere citate:

non tutti i soggetti mostrano oscillazioni posturali se sottoposti a vibrazione cervicale (parametro preliminare di reclutamento)

Le oscillazioni posturali spontanee coinvolgono generalmente la sola articolazione della caviglia mentre quelle generate dalla vibrazione dei muscoli del collo risultano da rotazione simultanea della pelvi, della coxofemorale e del ginocchio (oltre che della caviglia).

La direzione delle oscillazioni prodotte dalla vibrazione varia in accordo con la posizione degli occhi nell'orbita *anche ad occhi chiusi* (ai soggetti veniva chiesto di fissare un bersaglio immaginario spostato di 30° circa a destra o a sinistra).

La vibrazione dei muscoli del collo provoca dunque reazioni *globali* nell'assetto del corpo e tali reazioni globali possono essere indotte anche dalla vibrazione di *altri* gruppi muscolari: polpaccio, mano, estrinseci dell'occhio.

¹¹⁴ Ivanenko YP, Grasso R, Lacquaniti F: *Neck muscle vibration makes walking humans accelerate in the direction of gaze*. Journal of Physiology Giugno 2000 PMID 10856131 si veda anche A. Berthoz *Regard et posture: Influence de la direction du regard sur le controle de la posture* Aggressologie 28 1987.

¹¹⁵ Bove M, Courtine G Schieppati M, *Neck Muscle Vibration and Spatial Orientation During Stepping in Place in Humans* Journal of Neurophysiology Novembre 2002 PMID: 12424265 ; Si veda anche : Bove M, Abbruzzese G, Marchese R, Schieppati M *Neck proprioception and spatial orientation in cervical dystonia*, Brain, Dicembre 2004 Vol 127 PMID: 15355873

L'illusione di movimento prodotta dalla vibrazione degli estrinseci dell'occhio è stata studiata soprattutto da Roll e collaboratori¹¹⁶

DEFINIZIONE DI ASTIGMATISMO

L'astigmatismo viene sinteticamente descritto come una condizione in cui non si è in grado di formare sulla retina un'immagine puntiforme di un oggetto puntiforme, ossia quando il potere diottrico non risulta stigmatico (dal greco *stigmē* - punto).

L'astigmatismo oculare (esterno) consiste nella diversa curvatura dei meridiani corneali¹¹⁷.

In sintesi, l'astigmatico produce due immagini focali disposte linearmente ed ortogonali rispetto al meridiano di curvatura alterata; si definisce **conoide** (o intervallo di Sturm) il complesso dei due fuochi e dello spazio intermedio; il valore in diottrie dell'astigmatismo è dato dalla distanza fra i due fuochi. La zona intermedia fra i due fuochi (detta **circolo di minor confusione**) è quella dove l'immagine risulta migliore; gli astigmatici tendono ad un costante sforzo accomodativo per localizzare il fuoco nel circolo di minor confusione.

CLASSIFICAZIONE DEGLI ASTIGMATISMI

¹¹⁶ JP Roll, JP Vedel, R Roll 1989 *Eye, head and skeletal muscle spindle feedback in the elaboration of body references*. Progress in brain Research Vol 80 PMID: 2634269

¹¹⁷ La cornea presenta comunque una sua fisiologica toricità. Si veda

Vihlen FS, Wilson G: The relationship between Eyelid Tension, corneal toricity and age Investigation in Ophthalmology and Visual Science, 24, 1983.

Secondo la localizzazione delle due focali, si possono distinguere:

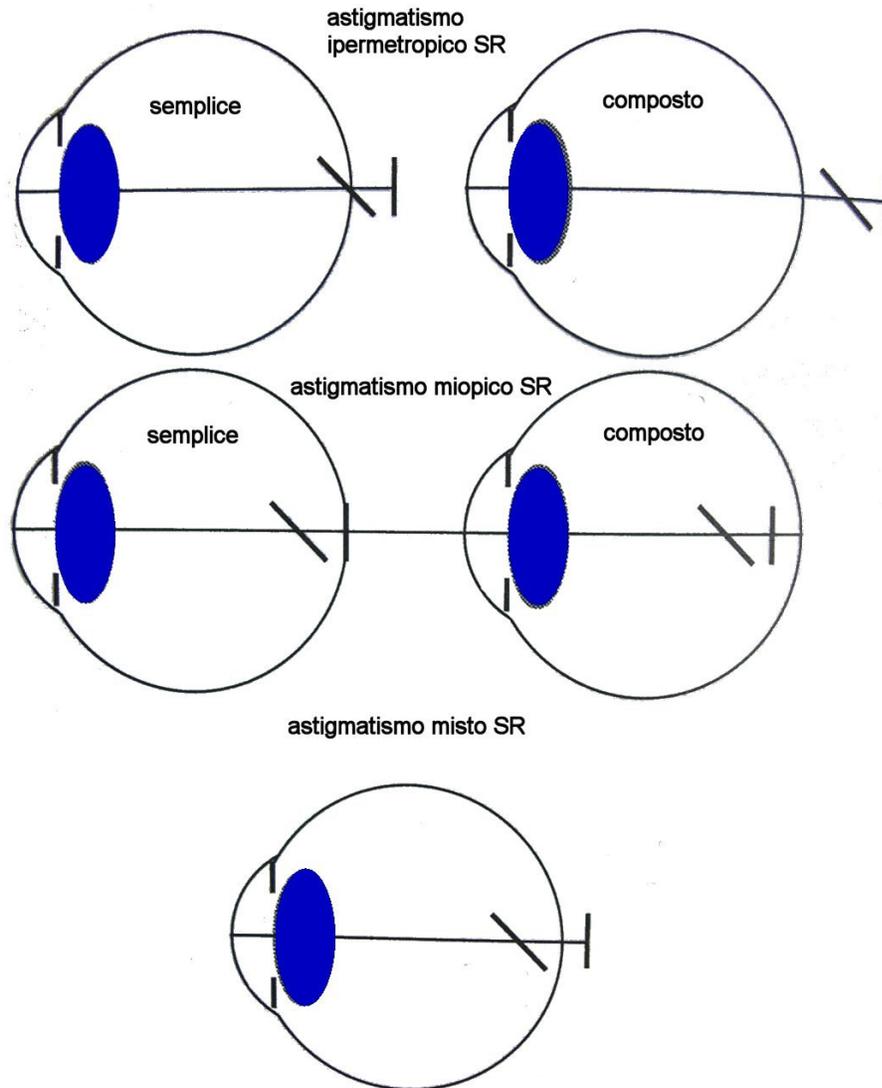
- due forme di astigmatismo ipermetrope
 1. semplice se solo una delle focali cade posteriormente alla retina
 2. composto se ciò vale per entrambe
- due di astigmatismo miope
 1. semplice se solo una delle due focali cade anteriormente al piano retinico
 2. composto se ciò vale per entrambe
- una di astigmatismo misto nella quale una delle due focali cade anteriormente alla retina e una posteriormente.

La condizione stigmatica è in realtà dovuta al bilanciamento di due astigmatismi: quello della cornea (esterno) da una parte e quello del cristallino e parzialmente della cornea posteriore (interno) dall'altra. La somma dei due astigmatismi viene detta **totale** e determina, normalmente, una condizione stigmatica.

Il contributo degli altri mezzi diottrici non viene considerato rilevante.

L'analisi della curvatura corneale (cheratometria) permette di definire diversi tipi di astigmatismo corneale: una maggiore curvatura sull'asse verticale rispetto a quello orizzontale determina un astigmatismo definito '**secondo regola**' (**SR**); viceversa, se il meridiano maggiormente curvato (e quindi con maggiore potere diottrico) è quello orizzontale, l'astigmatismo si definisce '**contro regola**' (**CR**).

ASTIGMATISMI
(SR, per ognuno esiste una
corrispondente forma CR)



Se l'incremento di curvatura è a carico di meridiani diversi da quelli ortogonali, si parla di **astigmatismo obliquo**.

L'astigmatismo obliquo può portare i soggetti a mantenere la testa sempre leggermente inclinata per ottenere una migliore visione.

In relazione alla binocularità, si parla di **astigmatismo parallelo** quando i meridiani maggiore o minore dei due occhi presentano lo stesso orientamento, oppure quando la somma dei due orientamenti dà 180° ; ovvero gli assi risultano simmetrici rispetto al piano sagittale nasale. In caso contrario si parla di **astigmatismo asimmetrico o anisometrico**.

Tutte le forme di astigmatismo simmetrico primario possono determinare alterazioni di compenso nella postura del capo; viceversa frequenti richieste funzionali di scansione oculare asimmetrica possono determinare astigmatismo.

Il cristallino può compensare in una certa misura l'alterazione di curvatura corneale incrementando il proprio contro-astigmatismo: se alla cheratometria risulta un astigmatismo di due diottrie (D) SR e funzionalmente risulta necessaria la correzione di una sola diottria, si attribuisce al cristallino un astigmatismo di una diottria CR (di compenso).

Le modificazioni di forma del cristallino sono dovute, come abbiamo visto, alla trazione-distensione esercitata dalla muscolatura liscia del corpo ciliare; se la tensione applicata ai legamenti della zonula risulta diseguale, è possibile che insorga una forma di **astigmatismo accomodativo (o dinamico)**.

Le modificazioni della cornea possono essere dovute ad anomalie nello spessore corneale (ad es, cheratocono), a pressioni esercitate dalle palpebre (tarsale superiore) o alla pressione esercitata dai muscoli extraoculari, che può risultare congenitamente o funzionalmente alterata.

Bisogna considerare che il bulbo oculare è essenzialmente composto di liquido (umor acqueo) e gel (umor vitreo) e la sua parte più rigida è la membrana che lo avvolge (sclera) sulla quale sono inseriti i muscoli extraoculari.

Esiste quindi la possibilità – secondo Forrest – che l’azione di coppie antagoniste degli estrinseci dell’occhio possa stirare o schiacciare il bulbo oculare, allungando o accorciando di conseguenza l’asse visivo.

La forma sferica del globo oculare dipende in larga misura dalla pressione dei fluidi intraoculari. Si ipotizzano fattori ereditari e nutrizionali che possano ridurre la già scarsa rigidità del bulbo oculare facilitando l’insorgenza di astigmatismo. Certamente esistono forme astigmatismo ereditarie, in particolare in forma autosomica dominante.

La genesi dell’astigmatismo non è stata completamente chiarita, nessun singolo modello di patogenesi è stato definitivamente accettato¹¹⁸.

Le diverse ipotesi si articolano attorno a quattro eziologie principali:

1. genetica
2. pressione tarsale
3. tensione dei muscoli extraoculari
4. feedback visivo

Il modello funzionale prende in considerazione soprattutto le ultime due ipotesi.

L’ASTIGMATISMO FUNZIONALE

Per astigmatismo funzionale si intende un astigmatismo non dovuto a fattori genetici o ad alterazioni morfologiche strutturali¹¹⁹ che si determini come conseguenza

¹¹⁸ Read SA, Collins MJ, Carney LG *A review of astigmatism and its possible genesis* Journal of Clinical and Experimental Optometry Gennaio 2007, Vol 90, PMID: 17177660

¹¹⁹ Nischal KK, *Ocular Aspects of Craniofacial Disorders* American Orthoptic Journal Vol 52, 2002.

adattiva della triade operativa movimento degli occhi, movimento della testa, postura del capo.

Questo modello è stato introdotto nel contesto dell'Optometria Comportamentale da Elliot B. Forrest¹²⁰.

- Per scansione (**eye scan**) si intende un movimento degli occhi non accompagnato da movimenti della testa.
- per movimento della testa (**head scan**) si intende un movimento di scansione oculare accompagnato da corrispondente movimento della testa
- per **postura della testa** si intende la combinazione di flesso-estensione (angle), inclinazione (tilt) e rotazione (rotation) del capo in relazione all'asse gravitativo.

Il motivo per cui l'astigmatismo funzionale può essere di grande interesse per il fisioterapista, è che esso può insorgere a causa di variazioni nella postura abituale, dovute ad esempio a modifiche nella postazione di lavoro, e può strutturarsi anche dopo periodi piuttosto brevi: già dopo quattro mesi! L'astigmatismo insorge come strategia funzionale per consentire una migliore visione binoculare nell'abituale lavoro oculare asimmetrico; diventa poi causa di un'alterazione posturale di compenso per lo svolgimento di tutti gli altri compiti.

Esiste una correlazione fra lievi modifiche astigmatiche e uso abituale della triade funzionale *head-scan*, *eye-scan* e postura del capo. E' stato possibile predire la condizione abituale di questa triade funzionale a partire dai dati sull'astigmatismo.¹²¹

¹²⁰ Forrest EB *A new model of functional astigmatism* American Journal of Optometry and Physiological Optics, Volume 52, No11, Novembre 1981

¹²¹ Forrest E.B. *Astigmatism as a function of visual scan, head scan and head posture* American Journal of Optometry and Physiological Optics Vol. 57, No. 11. Novembre 1980

In particolare piccole alterazioni astigmatiche (dell'ordine di 0,25-0,75 diottrie) appaiono significativamente correlate con specifici cambiamenti nelle abitudini di lavoro e nel conseguente uso degli occhi.

L'astigmatismo anisometrico dipende da un costante sfasamento fra la sagittale mediana della testa e la mediana visuale operativa. La visuale mediana operativa viene definita come la bisecante dell'angolo formato dai due assi visivi che convergono su un bersaglio.



FIGURA 7: CONDIZIONI PER LO SVILUPPO DI ASTIGMATISMO ANISOMETRICO

Lo sfasamento può dipendere da:

1. osservazione di un bersaglio posto lateralmente senza corrispondente rotazione della testa
2. osservazione di un bersaglio posto frontalmente con testa ruotata
3. una combinazione dei primi due tipi.

In queste condizioni, uno dei due occhi è costretto ad intersecare la linea di sguardo con il piano sagittale mediano e sarà quest'occhio a sviluppare un astigmatismo di compenso, mentre l'occhio il cui asse visivo si approssima alla visuale mediana operativa non svilupperà astigmatismo.

L'astigmatismo obliquo viene ulteriormente distinto in tre tipi: obliquo parallelo (meridiani alterati paralleli), obliquo simmetrico (meridiani che risultano simmetricamente intorti od extorti rispetto al piano sagittale); astigmatismo asimmetrico in cui i meridiani non sono né paralleli né totalmente simmetrici.

L'astigmatismo obliquo parallelo è indice di una postura del capo costantemente inclinata rispetto al piano di scansione visivo o viceversa.

Se invece il piano di scansione visiva fosse coincidente con il piano di inclinazione della testa, l'astigmatismo che tenderebbe a svilupparsi non sarebbe obliquo ma SR; se la scansione visiva abituale fosse ortogonale si svilupperebbe piuttosto uno strabismo CR (non obliquo).



FIGURA 8 SVILUPPO DI ASTIGMATISMO OBLIQUO PARALLELO



FIGURA 9 SVILUPPO ASTIGMATISMO SR



FIGURA 10 SVILUPPO ASTIGMATISMO CR

L’astigmatismo obliquo simmetrico tende a svilupparsi come risultato della relazione fra i tre piani dello sguardo (piano di Listing, piano primario – perpendicolare al piano di Listing- e piano dello sguardo) rispetto alla strategia di scansione oculare preferita (orizzontale, verticale, obliqua).

Un capo in persistente flessione o estensione comporta un piano di sguardo situato al di sopra o al di sotto del piano di posizione primaria. L’abitudine ad una scansione sopra il piano primario porterà ad un’intorsione degli assi astigmatici (prossima alla verticale se la scansione è d’abitudine verticale e prossima all’orizzontale se la scansione è preferenzialmente orizzontale). Gli assi astigmatici risulteranno al contrario ex-torti se

il piano di sguardo è costantemente al di sotto del piano primario. Questo rapporto risulta invertito se, per vari motivi, la visione binoculare risulta pregiudicata; uno sguardo monoculare al di sopra del piano primario tende a causare ex-torsione degli assi visivi e viceversa.

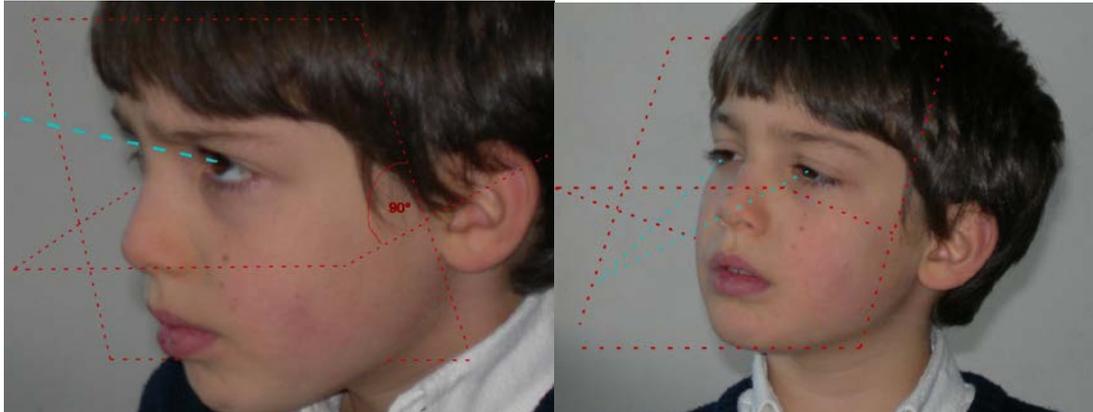


FIGURA 11 CONDIZIONI PER LO SVILUPPO DELL'ASTIGMATISMO OBLIQUO SIMMETRICO

La ciclotorsione è una rotazione del meridiano verticale dell'occhio (Z) attorno all'asse visivo. Come specificato dalla legge di Donder, la torsione è presente nel passaggio alle quattro posizioni terziarie dello sguardo, quindi è presente nei movimenti laterali effettuati a partire da posizioni di elevazione o depressione rispetto alla posizione primaria.

La convergenza in posizione primaria (sguardo diretto davanti a sé) comporta un exciclotorsione direttamente proporzionale al grado di convergenza stessa.

Quando la convergenza avviene su un piano di sguardo inclinato verso il basso (condizione che caratterizza la maggior parte dei compiti al punto prossimo) l'exciclotorsione diminuisce sino a risultare praticamente nulla se la scansione avviene a 30° - 40° al di sotto dell'orizzonte. Se si scende più in basso di 30° - 40° gradi, gli occhi convergenti subiscono invece un'inciclotorsione.

La ciclotorsione simmetrica viene bilanciata da un movimento di cicloduzione compensatoria. L'astigmatismo obliquo riduce la necessità di questi movimenti di

compensazione; lenti con cilindro atto a simulare un astigmatismo obliquo possono essere usate per compensare una cicloforia. Ciò porta Forrest a formulare l'ipotesi che l'astigmatismo obliquo possa essere inteso come una strategia per controbilanciare e ridurre una persistente cicloforia.

Gli **astigmatismi asimmetrici** risultano da una combinazione dei due precedenti, ossia dalla combinazione di inclinazione-scansione in un contesto di flessione/estensione del capo. La condizione estrema in cui uno dei due assi obliqui si approssima alla verticale mentre quello dell'altro occhio all'orizzontale sarebbe data da condizioni in cui la scansione abituale risulta diversa per compiti centrati a destra o a sinistra. generalmente questa condizione si accompagna a turbe della binocularità.

Un punto importante è che le modificazioni dell'astigmatismo conseguono solo a *modificazioni* delle abitudini di scansione oculare/postura della testa acquisite sin dai primi giorni di vita.

In sintesi gli astigmatismi funzionali appaiono come segni o effetti di abitudini persistenti di scansione oculare lungo un meridiano preferito rispetto al meridiano ortogonale.

Fermo restando che tutte le ipotesi eziologiche sull'astigmatismo funzionale (pressione tarsale, relazione con ametropie, relazione con asimmetrie posturali) presentano sempre eccezioni cliniche, schematicamente il modello di Forrest¹²² evidenzia alcuni punti chiave:

- l'astigmatismo SR sarebbe correlato ad una preferenza individuale (non deliberata) per la scansione orizzontale non associata a movimenti del capo.
- l'astigmatismo CR sarebbe associato ad una più frequente scansione alto-basso.

¹²² E. B: Forrest *Eye scan therapy for astigmatism* American Journal of Optometry and Physiological Optics, Volume 55, No 12, Dicembre 1984

- l'assenza di astigmatismo si correla con abitudini di scansione occhi-testa più o meno uguali in tutti i meridiani.
- l'anisometropia astigmatica sembra correlata all'adozione di una postura con persistente persistente rotazione della testa da un lato oppure ad un costante decentramento del compito visivo rispetto alla testa, con un occhio costretto a lavorare intersecando la sagittale mediana (sarà quell'occhio a sviluppare maggiore astigmatismo).
- L'astigmatismo obliquo parallelo si deve ad una persistente inclinazione del capo, ad un compito visivo angolato o a combinazioni dei due
- L'astigmatismo obliquo simmetrico, analogamente, si deve ad un costante sfasamento fra il piano dello sguardo e il piano primario (perpendicolare al piano di Listing) e quindi ad una persistente condizione di flessione o estensione del capo. Gli assi astigmatici risultano intorti in individui che portano spesso lo sguardo al di sopra del piano dell'orizzonte ed intorti per chi osserva frequentemente al di sotto di tale piano.

L'equilibrio della testa, ossia il bilanciamento del suo baricentro spostato in avanti da parte della contrazione tonica fisiologica dei muscoli nuchali, dipende dall'orizzontalità della linea dello sguardo, la quale è parallela al piano masticatorio e al piano auricolo-nasale¹²³ di conseguenza, qualsiasi diversa posizione della linea dello sguardo comporta un accorciamento in una o più catene cinetiche (anteriore, laterale, posteriore). Dal momento che l'astigmatismo funzionale è connesso principalmente alle abitudini di movimento, ne consegue un'importanza fondamentale dei muscoli extraoculari tanto nella genesi che nella terapia di questo disturbo.

¹²³ I.A. Kapandji Fisiologia articolare: schemi commentati di biomeccanica umana Vol III, Monduzzi Editore 2004.

Il primo **approccio terapeutico** dovrebbe essere quello di incoraggiare movimenti oculari non accompagnati da movimenti del capo nel meridiano sul quale essi appaiano più agganciati (*eye scan therapy*).

In genere si parte dall'esercizio monoculare, poi si passa ad esercizi dei due occhi assieme.

All'origine dell'astigmatismo funzionale potrebbe esserci un accorciamento muscolare. Per la legge di Sherrington, ogni movimento degli occhi comporta contrazione del muscolo agonista e rilassamento con distensione dell'antagonista. I muscoli agonisti-antagonisti nella linea di scansione negletta risultano quindi meno distensibili. Esercitando una maggiore tensione sull'inserzione sclerale, ne determinano una contrazione periferica, non sempre leggibile alla cheratometria. La limitazione nell'escursione dello sguardo in corrispondenza del piano interessato dalla contrazione, porterà ad accompagnare più frequentemente i movimenti degli occhi con movimenti della testa.

Un'altra ragione per cui gli astigmatismi funzionali non risultano evidenti all'esame cheratometrico – ma accertabili dall'esame clinico – è che il meccanismo di adattamento sembra coinvolgere principalmente la fase “dinamica” dell'occhio (ossia il cristallino) attraverso tensioni asimmetriche di compenso del muscolo ciliare e dei legamenti della zonula. Il trasferimento alla deformazione corneale rappresenterebbe il passaggio da una condizione latente (non *embedded*) ad una condizione strutturata (*embedded*).

La contrazione di un meridiano comporta un aumento del cilindro e quindi del potere diottrico del meridiano ad esso ortogonale; l'aumento del potere diottrico corrisponde ad un aumento di miopia su quel meridiano.

Nella terapia *eye-scan* gli astigmatici contro regola (maggiore curvatura del meridiano orizzontale) saranno istruiti ad effettuare ampi movimenti saccadici e di inseguimento lento sul meridiano orizzontale e viceversa quelli con astigmatismo SR saranno incoraggiati a compiere sul meridiano verticale. La stessa regola vale per

l'astigmatismo obliquo, l'esercizio sarà nella direzione del meridiano più curvo ovvero con maggiore potere diottrico.

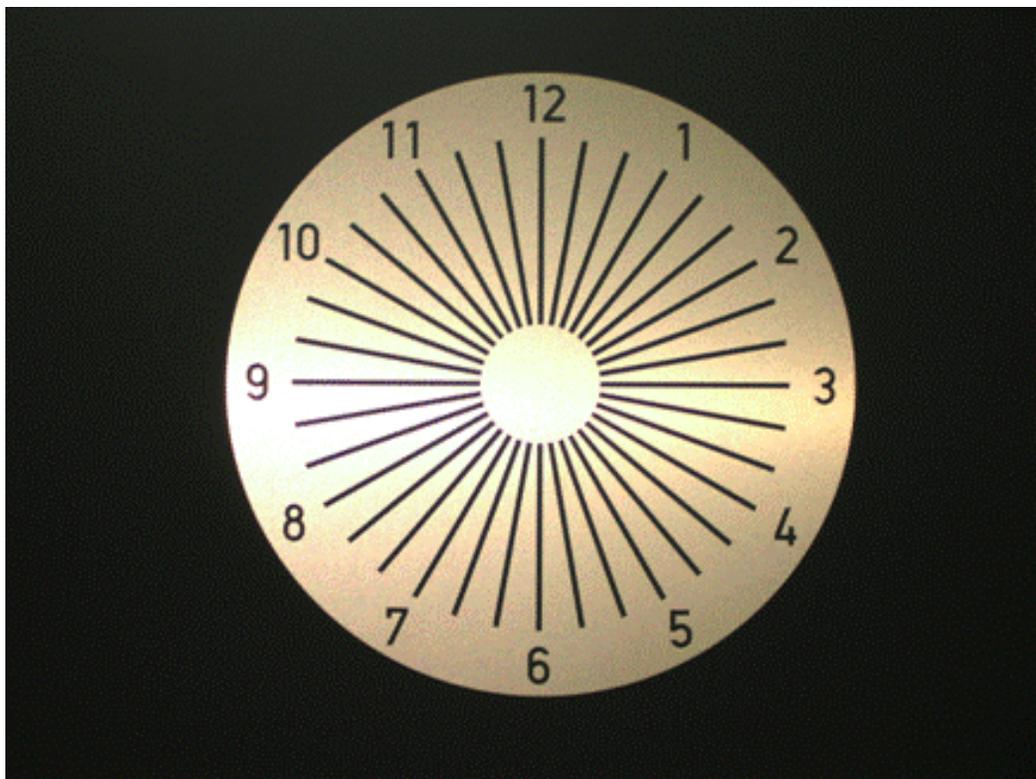
Per ridurre l'anisometropia, il paziente sarà istruito a prendere coscienza del suo naso, immaginandolo più lungo, come un puntatore, una bacchetta o simili e gli verrà altresì richiesto di puntarlo sempre al centro del compito funzionale.

Questa è una strategia educativa che potrebbe essere utile anche per correggere cattive abitudini posturali nello studio.

E' stato notato che fra gli individui sottoposti alla terapia eye-scan per la riduzione dell'astigmatismo, alcuni riducevano la miopia nel meridiano più curvo, mentre altri tornavano comunque ad una condizione stigmatica ma aumentando la miopia nel meridiano ortogonale; questi ultimi erano coloro che affrontavano il compito con maggiore intensità, contraendo i muscoli del collo e delle spalle e trattenendo anche il respiro.

Ciò ha portato non solo alla necessità di inserire istruzioni riguardo il rilassamento nel contesto del visual training, ma anche ad una conferma della relazione fra aumento della miopia e *coping*.

Per valutare la presenza di un'eventuale astigmatismo non compensato, è sufficiente avere in ambulatorio un "quadrante per astigmatici" simile (ovviamente più in grande) a quello qui riprodotto:



Se, guardando al centro del reticolo, si vedono una o più righe sfuocate rispetto alle altre, l'occhio è astigmatico. Sarà allora utile richiedere un accertamento cheratometrico per sapere se si tratta di un astigmatismo strutturato corneale o a prevalente componente interna (funzionale).

Si ritiene utile aggiungere qui, ad uso del fisioterapista, brevi delucidazioni sul come leggere l'eventuale responso dell'optometrista (la prescrizione di lenti); un'informazione senz'altro utile da acquisire in fase anamnestica preliminare.

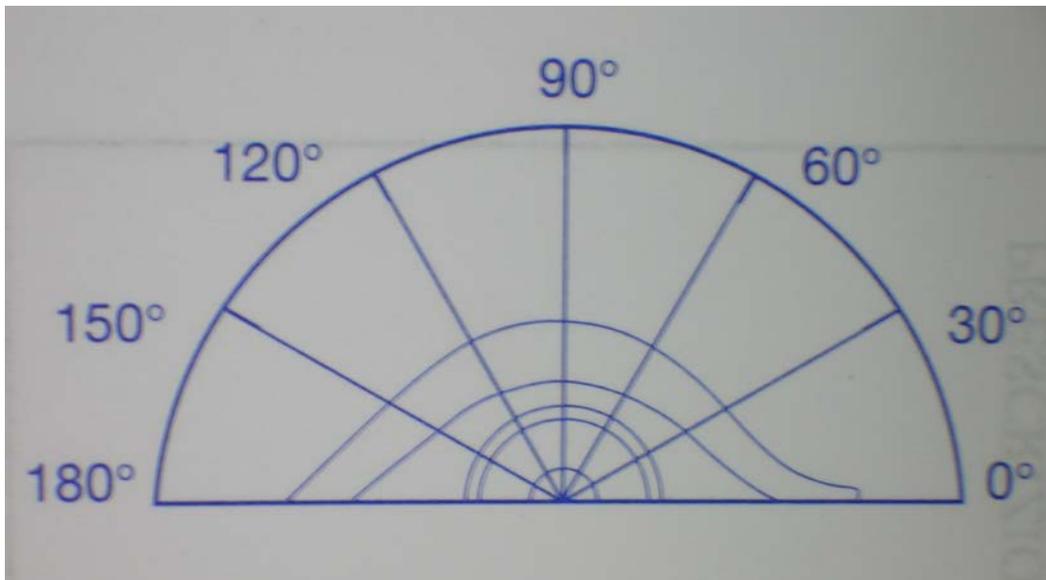
'Sfera' fa riferimento alle ametropie sferiche, che sono indicate con il '+' per l'ipermetropia e con il '-' per la miopia (OD= occhio destro OS= occhio sinistro); nell'ipermetropia infatti, il fuoco cade oltre la retina, mentre nella miopia non ci arriva.

'Cilindro' fa riferimento al grado di astigmatismo, misurato sempre in diottrie. Il semicerchio graduato con una freccia indica il grado di curvatura del meridiano astigmatico, o meglio l'orientamento dell'asse del cilindro di compensazione astigmatica;

considerando che l'occhio ha un maggiore potere rifrattivo nella direzione perpendicolare a quella indicata dalla freccia se il cilindro è negativo (segno -) e viceversa se il cilindro è positivo (segno +). Il cilindro poi non è altro che la specifica lente (o diottro) ad uso compensativo dell'astigmatismo.

Poiché, come abbiamo visto, l'astigmatismo può essere miope, ipermetrope o misto, anche il cilindro sarà positivo o negativo. Negli astigmatismi semplici, il cilindro avrà, per compensare il fuoco astigmatico, il segno + o - (astigmatismo ipermetrope o miope) mentre la sfera avrà valore 0 in quanto l'altro fuoco cade già sulla retina.

Negli astigmatismi composti invece, cilindro e sfera avranno lo stesso segno in quanto tutti e due i fuochi cadono o anteriormente o posteriormente alla retina. Negli astigmatismi misti una delle due focali cade dietro la retina e uno avanti; cilindro e sfera avranno in questo caso segno opposto.



4 - CONCLUSIONI: PER UNA VALUTAZIONE INTEGRATA

La sempre maggiore conoscenza dei network neuronali sta sostanziando anatomo-fisiologicamente l'idea di postura come *output* finale dell'interazione di una serie di sistemi, che si sovrappongono fra di loro con ampia riserva funzionale.

Tanto al loro interno quanto fra di loro, questi sistemi sono organizzati a gerarchie variabili, orientate al compito e dipendenti dalle condizioni ambientali.

Quando un'alterazione posturale risulta morfologicamente evidente, significa che lo squilibrio che l'ha prodotta – e che può essere generato da uno qualsiasi dei sub-sistemi – ha superato le capacità di vicarianza e adattamento, conferite al sistema tonico-posturale dal suo alto grado di ridondanza; è espressione di un compenso plasticamente strutturatosi nell'arco del tempo.

Un primo motivo per cui la valutazione fisioterapica deve sempre includere il distretto stomatognatico e quello oculare, è che i problemi intercettati ad uno stadio ancora funzionale (non ancora strutturato) sono di più facile e rapida soluzione.

Naturalmente, è anche possibile che il problema *parta* da un'anomalia morfologico-funzionale, magari congenita, facilmente evidenziabile dall'osservazione tradizionale. La struttura scheletrica potrebbe essere alterata primitivamente o potrebbe essere squilibrata nella sua articolazione segmentale dall'eccessiva trazione esercitata da muscoli troppo accorciati - o viceversa dall'insufficiente sostegno di muscoli ipostenici-. La valutazione di lunghezza, tono, stenia, fa parte dell'analisi segmentale acquisita nel contesto fisioterapico da quasi mezzo secolo.

E' molto importante non fermarsi qui.

Si deve comprendere che l'alterazione rilevata localmente potrebbe non essere *causa* del problema posturale ma *effetto* di un'alterazione, partita magari molto lontano dal punto dove lo stato anomalo di tensione muscolare è stato rilevato.

Ne consegue che il problema potrebbe non essere risolvibile semplicemente agendo a livello locale sul segmento interessato.

E' necessario dunque domandarsi il *perché* di quell'alterazione.

In particolare, l'orientamento del capo sul tronco dipende da muscoli che sono neurologicamente e funzionalmente interdipendenti con le attività dell'apparato stomatognatico e dell'oculomotricità. La valutazione non può quindi prescindere da un'indagine anche preliminare di questi due sistemi.

Nella valutazione dell'oculomotricità bisogna essere consapevoli che talvolta è proprio la correzione impropria a strutturare un compenso funzionale rendendolo organico. Questo discorso potrebbe estendersi anche alla riabilitazione in senso lato.

L'osservazione del corpo in posizione eretta e delle sue linee di simmetria (verticale di Barré, bipupillare, rima labiale ecc.) rimane imprescindibile ma è un'osservazione svolta nella situazione in cui i diversi sistemi posturali risultano maggiormente ridondanti ed è quindi una condizione nella quale squilibri latenti potrebbero non evidenziarsi, rimanendo nascosti nella sovrapposizione.

Il test di Romberg ed il Fukuda test con e senza capo ruotato, possono essere un primo passo, procedendo per esclusione, per sbrogliare la matassa.

Né basta semplicemente osservare il cammino, dal quale si possono evincere problemi macroscopici ma non i problemi latenti che, nelle attività abituali complesse ed automatizzate, rimangono celati.

Importante quindi effettuare prove adeguate ad isolare i vari sistemi – oltre che i diversi muscoli - per osservarne singolarmente la funzionalità; è però anche necessario, d'altra parte, inserire compiti articolati, che presentino un grado di difficoltà idoneo a ridurre la riserva funzionale.

Nel caso del sistema visivo in particolare (e anche per il resto della valutazione), sarebbe opportuno - oltre allo screening di base dei test - inserire compiti con impegno cognitivo abbastanza intenso, che permettano di osservare la postura abituale del soggetto assorto nel lavoro; ossia osservare la strategia posturale spontanea di *coping*.

Per abbreviare i tempi, si potrebbe ad esempio chiedere al paziente di compilare personalmente – all'interno di una postazione di lavoro tipo - la scheda anamnestica (eventualmente redatta in caratteri un po' più piccoli del normale per aumentare il grado di difficoltà) e, mantenendo una posizione relativamente appartata, osservarne il comportamento spontaneo.

Una scheda anamnestica ben strutturata può servire ad un primo screening dei fattori di rischio e permetterci di valutare - al tempo stesso - la postura nel *coping*, la presenza di ostacoli nella scrittura e nella lettura nonché eventuali significative alterazioni nella grafia.

Naturalmente sarebbe opportuno costruire una scheda apposita per la popolazione in età scolare. Per un'analisi del recettore oculare, sono sufficienti pochi ausili cartacei, una piletta ed una matita, meglio sostituita da una bacchetta apposita dotata di mira di fissazione (sferetta, cubetto di Lang per i più piccoli); la piccola sfera sulla cima permette al paziente di specchiarsi, generando un'ideale fissazione foveale.



FIGURA 12 USO DELLA MIRA DI FISSAZIONE
(PER GENTILE CONCESSIONE DI ANTONIO GEMIGNANI)

L'analisi più accurata, se necessaria, verrà eseguita dallo specialista.

La bacchetta (o la penna) ci permetterà di valutare il movimento degli occhi nelle otto direzioni dello spazio, l'eventuale asimmetria degli assi oculari in una o più posizioni specifiche, la presenza di nistagmi nell'inseguimento lento.



FIGURA 13 VALUTAZIONE DEI MOVIMENTI NELLE OTTO DIREZIONI
(PER GENTILE CONCESSIONE DI PAOLA COLONNELLI)

Chiedendo di spostare rapidamente lo sguardo dalla sferetta alla punta di una penna - con le due allineate in orizzontale, in verticale e in posizione obliqua - sarà possibile una prima valutazione dei movimenti saccadici nelle otto direzioni; alternandole in profondità sarà possibile valutare saccadi in convergenza. Avvicinando lentamente la sferetta alla radice del naso si potranno valutare eventuali difetti di convergenza, ricordando che, secondo l'esperienza di Bricot, piccoli difetti monoculari di convergenza possono essere molto più significativi, dal punto di vista posturale, che non grossi difetti monoculari, perché provocano bascule e rotazioni.



FIGURA 14 AVVICINAMENTO DECENTRATO
(PER GENTILE CONCESSIONE DI PAOLA COLONNELLI)

Può essere utile ripetere l'avvicinamento della sferetta alla radice del naso in posizione eretta, seduta e sdraiata per valutare l'eventuale partecipazione della muscolatura della catena cinetica posteriore al problema. Si può procedere con avvicinamenti da destra e da sinistra per valutare la funzione di convergenza in schemi crociati.

L'utilizzo di una corda con tre palline, conosciuta in campo optometrico funzionale come Corda di Brock, rappresenta un altrettanto semplice, economico oltre che attendibile strumento di indagine prima e di training dopo. La corda è tesa parallela al terreno con una estremità posta sotto la punta del naso. Le tre palline sono poste a 10, 30 e 60cm. Il paziente, fissando la pallina centrale posta a 30 cm, deve riportare di vedere due corde e due palline prima della pallina fissata (pallina prossimale vista doppia), due corde e due palline dopo la pallina centrale fissata (pallina distale vista doppia). Questo fenomeno naturale è detto diplopia fisiologica, la sua assenza richiede supplemento di indagine.



FIGURA 15 USO DELLA CORDA DI BROCK (PER GENTILE CONCESSIONE DI ANTONIO GEMIGNANI)

In assenza della corda di Brock la convergenza può essere valutata ed esercitata anche utilizzando un cartoncino appositamente preparato con mire (sotto forma di pallini colorati) collocate nei punti giusti.



FIGURA 16 PLACCHETTA PER AUTO-ALLENAMENTO (PER GENTILE CONCESSIONE DI PAOLA COLONNELLI)

Un secondo ausilio cartaceo è un foglio bucato al centro; si chiederà al paziente di guardare il nostro naso avvicinando il foglio al volto per individuare, nell'occhio che compare nel buco, l'occhio dominante posturale. Per risparmiare tempo, il test di dominanza oculare può essere anche effettuato a partire dalla posizione del test di

Romberg, chiedendo al paziente, a braccia estese, di sovrapporre le quattro dita e i due pollici ed osservarci dal 'buco' che si viene così a creare.

Da ricordare che la dominanza posturale non sempre coincide con la dominanza sensoriale (retinica). Per misurare quest'ultima sono necessari ausili un po' più specialistici, come come il test delle luci di Worth, normalmente eseguito dall'ortottista. Sono proiettate quattro luci sullo stesso piano che può essere distale o prossimale. Due sono verdi, una rossa e una bianca. Il paziente indossa un occhiale anaglifico: un occhio porta un filtro rosso e l'altro verde. L'occhio "rosso" deve vedere la luce rossa e quella bianca "arrossata" (due luci), l'occhio "verde" deve vedere le due luci verdi e quella bianca "inverdita" (tre mire). Con entrambi gli occhi aperti devono risultare quattro luci: la bianca, vista da entrambi gli occhi, funge infatti da stimolo fusionale e, se esiste una dominanza sensoriale significativa a carico di un occhio, essa appare di tono cromatico relativo a quell'occhio.

Osservando la simmetria del riflesso sulle pupille della luce della piletta puntata alla radice del naso, si potranno facilmente individuare eventuali strabismi (il test prende il nome dall'oftalmologo Hirschberg che lo praticava – con una candela – già nel 1886!).

Appese al muro ad un distanza idonea (3 o 5 mt a seconda dei tipi) avremo un quadrante per astigmatici - per la misura dell'astigmatismo - ed una tavola optometrica per valutare l'acuità visiva. La tavola con le E di Albin non è precisa quanto una tavola logaritmica (quella costruita con le lettere dell'alfabeto, che permette di valutare anche l'effetto "affollamento") ma è sufficiente per un'analisi di massima e offre l'indubbio vantaggio di poter essere usata anche da etnie che non riconoscono il nostro alfabeto e da bambini in età prescolare. Esistono ottotipi specifici per l'infanzia, con simboli da riconoscere ma, in linea generale, le E di Albin possono essere usate dai tre anni circa; verso i 4-5 anni possono essere sostituite dalle C di Landot, più precise.

L'analisi del fisioterapista sarà fatta con la presenza dell'eventuale compensazione con le lenti normalmente usate dal paziente. Non si tratta infatti di sostituirsi all'optometrista ma di verificare se il paziente compie sforzi accomodativi o adattamenti posturali nella sua condizione abituale. Si comincerà un occhio alla volta;

l'altro occhio sarà fatto coprire con l'aiuto dell'ultimo ausilio cartaceo, un cartoncino ritagliato "a cucchiaio", meglio sostituito da un occlusore. Successivamente si procederà alla verifica con tutti e due gli occhi. Tanto nei protocolli di valutazione quanto nella riabilitazione, si segue preferenzialmente l'ordine ontogenetico delle tappe di sviluppo (es. prima monoculare poi binoculare).

L'allineamento oculare, meglio la tendenza al disallineamento (foria) rispetto ad una mira di fissazione, può essere valutato velocemente e semplicemente attraverso il Cover Test Alternato. La mira di fissazione è posta a circa 40cm di fronte agli occhi fissanti. L'operatore alterna rapidamente l'occlusione degli occhi osservando l'eventuale movimento di riallineamento dell'occhio che viene così scoperto.

In sintesi, da una parte i sistemi vanno semplificati, isolati e 'stressati' in compiti utili ad evidenziarne carenze latenti, dall'altra bisogna cercare di individuare qual è la postura che abitualmente il soggetto assume quando è globalmente impegnato in un'attività lavorativa, in particolare con compiti al punto prossimo che comportino un certo livello di *arousal* che, come abbiamo visto, può influenzare accomodazione, convergenza e la propriocezione in generale¹²⁴.

Un altro motivo per il quale un fisioterapista non può esimersi da un'analisi, seppure elementare, dell'oculomotricità, sta nell'alta significatività diagnostica delle alterazioni del movimento oculare, che possono testimoniare di gravi problemi neurologici, magari non ancora giunti all'attenzione dello specialista cui il paziente va doverosamente indirizzato.

Oppure, una volta individuate alterazioni minori, si potrebbe valutare l'opportunità di chiedere la collaborazione dell'ortottista al programma riabilitativo.

E' anche vero che alcuni problemi visivi possono essere *effetti* e non causa dell'alterazione posturale, in particolare per quanto riguarda la posizione abituale nel lavoro. In questo caso sarà la rieducazione posturale a contribuire alla migliore

¹²⁴ McIntyre D, Ring C, Carroll D; *Effects of arousal and natural baroreceptor activation on the human muscle stretch reflex.*; *Psychophysiology*, Novembre 2004 No 41; PMID: 15563348

performance visiva. Già in uno studio del 1993 Valentino e Fabozzo sottolineavano come “nella correzione dei difetti visivi, bisognerebbe prestare attenzione all’assetto posturale del collo, attraverso una serie di esercizi programmati, mirati ai muscoli trapezio e sternocleidomastoideo”¹²⁵.

L’astigmatismo funzionale, che dà il titolo a questa tesi, è un esempio che ben si presta ad illustrare questa condizione.

L’astigmatismo funzionale potrebbe essere letto come una risposta plastica di adattamento alla restrizione di mobilità, con conseguente disafferentazione dei circuiti neuronali coinvolti nel movimento negletto¹²⁶. Tuttavia, nel caso dell’apparato oculare, il concetto di ‘disafferentazione’ (da distinguere da quello di deafferentazione) è diverso rispetto a quello derivato dall’ipomobilità dei segmenti articolari, il quale comporta essenzialmente incremento nella scarica dei nocicettori e decremento dell’attività dei meccanocettori.

Nel caso dell’occhio è il SNC che *sceglie* di mantenere una condizione astigmatica. Possiamo comprendere meglio questo discorso in termini di *scelta* se consideriamo, ad esempio, che la sostituzione del cristallino (abitualmente nella cataratta) non richiede – come si potrebbe presumere – una successiva correzione dell’astigmatismo corneale (non più bilanciato dal contro-astigmatismo del cristallino). Il cervello è in grado, nel giro di pochi giorni, di riadattare il sistema visivo alla nuova situazione. Non si tratta quindi, nell’astigmatismo funzionale, di un difetto *imposto* da una restrizione di movimento; si tratta di una strategia adottata dal cervello per permettere una migliore

¹²⁵ McIntyre D, Ring C, Carroll D; *Effects of arousal and natural baroreceptor activation on the human muscle stretch reflex*; *Psychophysiology* Novembre 2004 No 41; PMID: 15563348. La traduzione è mia.

¹²⁶ Seaman DR, Winterstein JF; *Dysafferentation: a novel term to describe the neuropathophysiological effects of joint complex dysfunction. A look at likely mechanisms of symptom generation*. *Journal of Manipulative Physiological Therapy* 1998, PMID 9608382.

performance visiva, in condizioni di lavoro asimmetrico dei muscoli oculari, postura-dipendente¹²⁷.

Diventa quindi necessario interrogarsi sul *se* intervenire a correggere tale strategia adattiva.

Quando il problema dipende da cattive abitudini posturali adottate nel consueto svolgimento delle attività lavorative, la correzione costituirà un indubbio vantaggio per il paziente ma se, come nel caso di un violinista, l'asimmetria è insita nel compito prevalente, la correzione potrebbe, al contrario, portare ad una strutturazione del compenso.

E' stato dimostrato che una postura anomala della testa migliora la performance visiva in pazienti affetti da nistagmo congenito¹²⁸. Concentrarsi sulla correzione del difetto posturale senza comprenderne il ruolo in rapporto al problema visivo¹²⁹ vorrebbe dire, in questo caso, creare problemi forse non reversibili: non sempre si possono ripercorrere le traiettorie del compenso a ritroso.

Questo lavoro vuole essere un piccolo mattone sul ponte dell'interdisciplinarietà. L'ortottista afferisce alla stessa classe di discipline della riabilitazione del fisioterapista; ma ancora molto resta da fare per individuare un linguaggio comune. E questo non è possibile se si prescinde da una filosofia comune.

Sull'isola di Utopia, gli operatori conoscono bene i diversi network neurosomatici e le loro interazioni, conoscono test utili ad isolarne le funzioni singolarmente, sanno di conseguenza localizzare con precisione l'origine del problema e, se fa parte delle loro

¹²⁷ Ringrazio per questa osservazione il dott. Marzio Vanzini, oculista.

¹²⁸ DJ Stevens, RW Hertle: *Relationships between visual acuity and anomalous head posture in patients with congenital nystagmus* Journal of Pediatric Ophthalmology and Strabismus 2003, PMID 14560831.

¹²⁹ Nucci P; Kushner BJ, Serafino M, Orzalesi N; *A multi-disciplinary study of the ocular, orthopedic, and neurologic causes of abnormal head postures in children*; PMID: 16038652; Gauchard GC, Gangloff P, Jeandel C, Perrin PP; *Physical activity improves gaze and posture control in the elderly*; Neuroscience research, Aprile 2003 ; PMID: 12657454

competenze, derivarne un principio di trattamento; oppure scegliere di consultarsi con altre figure del team in possesso delle competenze idonee. Le valutazioni sono scritte in formula semplice ed esaustiva, con un linguaggio che tutti i riabilitatori condividono. Il tutto (magnifica isola!) si svolge in tempi ragionevolmente rapidi, con flussi efficienti che mantengono alta la produttività, alla quale non viene comunque sacrificato il necessario tempo di ascolto e riflessione che *sempre* precede l'agire.

Chiunque abbia vissuto fra i vari reparti di riabilitazione sa che Utopia senz'altro non è un'isola italiana. Ciò non vuol dire che, per quanto irraggiungibile, quest'utopia non possa costituire un'aspirazione fattiva, configurarsi in uno *streben*, come direbbe un romantico d'altri tempi, che ci conduca almeno ad Agathotopia¹³⁰.

¹³⁰ I titoli dei famosi romanzi di More (1478-1535) e dell'economista Meade (1907-1995) sono ormai d'uso comune per indicare la contrapposizione fra il mondo del "perfetto e impossibile" e quello del "buono e possibile".

5- BIBLIOGRAFIA

TESTI DI RIFERIMENTO:

Leigh JR Zee DS; *The neurology of eye movements*; Oxford University Press 2006 (4)

Wong AM; *Eye movement disorders*; Oxford University Press 2008

Lacour M., Gagey P. M Weber B. ed *Posture et environnement* Sauramp Médical Montpellier,1997

Berthoz A.; *Il senso del movimento*; Mc Graw- Hill 1998

Bricot Bernard; *La riprogrammazione posturale globale*; Statipro 1998

Kapandji I.A.; *Fisiologia articolare: schemi commentati di biomeccanica umana*; Monduzzi Editore 2004

Neurologia di Fazio Loeb 2003 Universo ed

Kandel ER, Schwartz JH, Jessel TM, *Principi di Neuroscienze* CEA ed. 2007

Gray H; *Gray's Anatomy: the anatomical base of clinical practice*; Elsevier 2005 (39°)

Forrest EB; *Visione e stress*; European Academy of Sports and Vision 2003

Ramachandran V. S; *Che cosa sappiamo della mente*; Mondadori 2004;

ARTICOLI/SAGGI CITATI

Banks MS, Aslin RN, Letson RD; *Sensitive period for the development of human binocular vision*; Science 1975; PMID: 1188363

Baroni G, Ferrigno G, Rabuffetti M, Pedotti A, Massion J; *Long-term adaptation of postural control in microgravity*; Experimental Brain Research Ottobre 1999; PMID: 10501814 .

Baroni G, Ferrigno G, Pedrotti A, Massion J; *Static and dynamic postural control in long-term microgravity: evidence of a dual adaptation*; Journal of applied Physiology, Gennaio 2001; PMID: 11133912

- Barraud-Crouzet D.; *Des perturbations posturales qui étonnent l'orthoptiste*; in *Posture et environnement*; cit
- Berthoz A; *Regard et posture: Influence de la direction du regard sur le contrôle de la posture*; *Aggressologie* 28 1987.
- Blumer R, Konacki KZ, Streicher J, Hoetzenecker W, Blumer MJ, Lukas JR; *Proprioception in the extraocular muscles of mammals and man.*; *Strabismus* Giugno 2006; PMID: 16760116.
- Bove M, Abbruzzese G, Marchese R, Schieppati M; *Neck proprioception and spatial orientation in cervical dystonia*; *Brain* Dicembre 2004 Vol 127; PMID: 15355873.
- Bove M, Courtine G Schieppati M.; *Neck Muscle Vibration and Spatial Orientation During Stepping in Place in Humans*; *Journal of Neurophysiology* Novembre 2002; PMID: 12424265
- Bove M, Courtine G, Schieppati M; *Neck muscle vibration and spatial orientation during stepping in place in humans*; *Journal of Neurophysiology* Novembre 2002; PMID: 12424265
- Buchanan John J. and Fay B. Horak; *Emergence of Postural Patterns as a Function of Vision and Translation Frequency*; *Journal of neurophysiology* Vol 81 Maggio 1999; PMID: 10322069.
- Buissieret P ; *Développement du système visuel et proprioception d'origine extraoculaire et cervicale*; in *Aggressologie*; 28,1987.
- Butterworth G, Hicks L; *Visual proprioception and postural stability in infancy: A developmental study*; *Perception* 1977; PMID: 866081.
- Büttner-Ennever; *Anatomy of the Oculomotor System*; *Developments in Ophthalmology* 2007:40; PMID: 17314476.
- Buttner-Ennever J.A., A.K.E. Horn, W. Graf, A.G.Ugolini; *Modern concepts of brainstem anatomy*; *Annals of the NY Academy of Science* :956 2002; PMID: 11960795.
- Buttner-Ennever JA, Horn AK; *The neuroanatomical basis of oculomotor disorders: the dual motor control of extraocular muscles and its possible role in proprioception*; *Current Opinion in Neurology* Febbraio 2002; PMID: 11796949.
- Carlsson J, Rosenhall U; *Oculomotor disturbances in patients with tension headache treated with acupuncture or physiotherapy*; *Cephalgia* vol 10 Gennaio 2002.
- Carmona S, Nieto D.; *The specificity and sensitivity of uninhibited COR in labyrinthine defective patients*; *Annals of the NY Academy of Science* aprile 2005 ; PMID: 15827010.
- Catanzariti JF, Salomez E, Bruandet JM, Thevenon A; *Visual deficiency and scoliosis*; *Spine* 2001; PMID: 11148645.
- Clement G, Gurfinkel VS, Lestienne F, Lipshits MI, Popov KE; *Adaptation of postural control to weightlessness*; *Experimental Brain Research* 1984; PMID: 6519230.

Constantin AG Wang H Crawford JD; *Role of superior colliculus in adaptive eye-head coordination during gaze shifts*; Journal of Neurophysiology Giugno 2004; PMID: 15190087.

Corneil BD, Esley Jk; *Countermanding eye-head gaze shifts in humans: marching orders are delivered to the head first*; Journal of Neurophysiology Luglio 2005; PMID: 15728762.

Dyde RT, Jenkin M R, Harris LR; *Shape-from-shading depends on visual, gravitational, and body-orientation cues*; Perception Dicembre 2004; PMID: 15729912.

Farshadmanesh F, Chang P, Wang H, Yan X, Corneil BD, Crawford JD.; *Neck muscle synergies during stimulation and inactivation of the interstitial nucleus of Cajal (INC).*; The Journal of Neurophysiology 2008 Sep; PMID: 18579660.

Farshadmanesh F, Chang P, Wang H, Yan X, Corneil BD, Crawford JD; *Neck muscle synergies during stimulation and inactivation of the interstitial nucleus of Cajal (INC)*; Journal of Neurophysiology, Settembre 2008; PMID: 18579660.

Farshadmanesh F, Chang P, Wang H, Yan X, Corneil BD, Crawford JD; *Three-dimensional eye-head coordination after injection of muscimol into the interstitial nucleus of Cajal (INC).*; Journal of Neurophysiology Marzo 2007; PMID: 17229829.

Favale, E.; *Neuroftalmologia*; in Neurologia di Fazio Loeb 2003 Universo ed; cit

Forrest EB; *A New Model of Functional Astigmatism*, ; American Journal of Optometry and Physiological Optics, Volume 52, No11, Novembre 1981;

Forrest EB; *Astigmatism as a Function of Visual Scan, and Head Posture*; American Journal of Optometry and Physiological Optics Vol. 57, No. 11. Novembre 1980..

Forrest EB ; *Eye Scan Therapy for Astigmatism*; American Journal of Optometry and Physiological Optics, Volume 55, No 12, Dicembre 1984.

Fasold O, Heinau J, Trenner MU, Villringer A, Wenzel R. *Proprioceptive head posture-related processing in human polysensory cortical areas* Neuroimage, Aprile 2008, No 15, PMID: 18296073.

Gagey P.M.; *L'oculomotricité comme endo-entrée du système postural*; Aggressologie 1987.

Gans R.E.: *Video-oculography: a new diagnostic technology for vestibular patients* The Hearing Journal, Maggio 2001, Vol 54, N 5.

Gary-Bobo E; *Comportement visuonoteurs et proprioception extraoculaire*; in Aggressologie 29, 9,1988.

Gauchard GC, Gangloff P, Jeandel C, Perrin PP; *Physical activity improves gaze and posture control in the elderly*; Neuroscience research, Aprile 2003 ; PMID: 12657454

Gentaz R.; *L'oeil postural*; Aggressologie 29, 10,1988.

- Gentle A, Ruskell G; *Pathway of the primary afferent nerve fibers serving proprioception in monkey extraocular muscles.*; Ophthalmic and Physiological Optics maggio 1997; MID: 9196664.
- Gibson JJ: *The senses considered as perceptual systems*, Houghton Mifflin 1966.
- Gimse R, Tjell C, BjØrger I, Saunte C ; *Disturbed Eye movements after whiplash Due to Injuries to the Posture Control System*; Journal of clinical and experimental Neurophysiology Aprile 1996/18; PMID: 8780953.
- Goldberg ME, Hudspeth AJ; *Il sistema vestibolare*; In Kandel ER, Schwartz JH, Jessel TM, Principi di Neuroscienze cit
- Gordon C.R., Dror Tal, Natan Gadoth, Avi Shupak; *Prolonged optokinetic Stimulation Generates Podokinetic after rotation*; Ann. NY Academy of Science 2003; PMID: 14662469.
- Grod JP, Diakow PR; *Effect of neck pain on verticality perception: A cohort study*; Archives of Physical and Medical Rehabilitation Marzo 2002 No 83; PMID: 11887124 .
- Guerraz M, Thilo KV, Bronstein AM, Gresty MA; *Influence of action and expectation on visual control of posture*; Cognitive Brain Research Aprile 2001; PMID: 11275487.
- Hadjidimitrakis K, Moschovakis AK, Dalezios Y, Grantyn A; *Eye position modulates the electromyographic responses of neck muscles to electrical stimulation of the superior colliculus in the cat.*; Experimental brain research Maggio 2007; PMID: 17091287
- Havertape SA, Cruz OA; *Abnormal head posture associated with high hyperopia*; Journal of the American Association for Pediatric Ophthalmology and strabismus 1998; PMID: 10532361
- Heimbrand S, Bronstein AM, Gresty MA, Faldon ME; *Optically induced plasticity of the cervico-ocular reflex in patients with bilateral absence of vestibular function*; Experimental Brain research Dicembre 1996; PMID: 9007539
- Held R, Birch E, Gwiazda J; *Stereoacuity in human infants*; proceedings of the National Academy of Science 1980, ; PMC 350104.
- Hess BJM, Angelaki DE; *Dynamic modulation of Ocular Orientation during Saccades and Smooth-pursuit Eye Movements*; In: The Oculomotor and Vestibular Systems: Their Function and Disorders, Annuals of the NY Academy of Science, Volume 1004, Ottobre 2003
- Hills-Willford C, Kisner C, Glenn TM, Sachs L; *The interaction of wearing multifocal lenses with head posture and pain*; Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy Marzo 1996. PMID: 8919398.
- HJ Simonsz I Den Tonkelaar; *19th Century Mechanical Models of Eye Movements, Donders' Law, Listing's Law and Helmholtz' Direction Circles*; Documenta ophthalmologica 74 1990;
- Hospod V, Aimonetti JM, Roll JP, Ribot-Ciscar E; *Changes in human muscle spindle sensitivity during a proprioceptive attention task.*; Journal of neuroscience Maggio 2000; PMID: 17494703.

- Ian S. Curthoys; *The role of ocular torsion in visual measures of vestibular function*; Brain Research Bulletin, Maggio -Giugno 1996 ; PMID: 8886365
- Inglis JT, Kennedy PM, Wells C, Chua R; *The role of cutaneous receptors in the foot*; Advances in experimental medicine and biology 202; PMID: 12171100.
- Isableu B., B. Amblard, T Ohlmann, J Cremieux; *La dépendance perceptive à l'égard des informations visuelles d'orientation est elle prédictive du contrôle visuel de la posture ?*; Posture et environnement » cit.
- Isableu B., Amblard, B Ohlmann T, Cremieux J; *Y-a-t-il un lien entre la performance posturale et le degré de dépendance perceptive à l'égard du champ visuel ?*; in "Posture et environnement" cit.
- Ivanenko YP, Grasso R, Lacquaniti F; *Neck muscle vibration makes walking humans accelerate in the direction of gaze*; Journal of Physiology Giugno 2000; PMID: 10856131.
- Jahn K, Strupp M, Krafczik S, Scuhler O, Glasauer S, Brandt T; *Suppression of eye movements improves balance*; Brain Settembre 2002; PMID: 12183346
- Jessel T. M.; *Il controllo dello sguardo*; (2003) in Kandel E.R.; Shwartz J. H. *Principi di Neuroscienze* cit.
- Jones Geoffrey Melvil; *La postura*; in in Kandel E.R.; Shwartz J. H. *Principi di Neuroscienze* cit.
- Jurgens R, Mergner T; *Interaction between cervico-ocular and vestibulo-ocular reflexes in normal adults*; Experimental Brain Research 1989; PMID: 2792284.
- Karlberg M, Magnusson M, Johansson R ; *Effects of restrained cervical mobility on voluntary eye movements and postural control*; Acta Otorino-Laryngologica 1991 Vol. 111; PMID: 1950528.
- Kavounoudias A Roll R, Roll JP; *Foot sole and ankle muscle inputs contribute jointly to human erect posture regulation*; Journal of Physiology Maggio 2001; PMID: 11313452.
- Klier EM, Crawford JD; *Neural control of Three-dimensional Eye and head posture*; Annals of the NY Academy of Science 2003; PMID: 14662453.
- Klier EM, Wang H, Crawford JD; *Interstitial Nucleus of Cajal Encodes Three Dimensional Head Orientations in Fick like Coordinates*; Journal of Neurophysiology 97 Gennaio 2006; PMID: 17079347.
- Klier EM, Wang H, Crawford JD; *Three-dimensional eye-head coordination is implemented downstream from the superior colliculus*; Journal of Neurophysiology Maggio 2003; PMID: 12740415.
- KN Nischal, ; *Ocular aspects of craniofacial disorders*; American Orthoptic Journal Vol 52, 2002.

- Koga K; *Gravity cue has an implicit effect on human behaviour*; Aviation Space and Environmental Medicine Settembre 2007; PMID: 10993315.
- Kokkoroyannis T, Scudder CA, Balaban D, Highstein SM, Moschovakis K; *Anatomy and physiology of the primate interstitial nucleus of Cajal efferent projections*; Journal of Neurophysiology 75, Febbraio 1996; PMID: 8714648.
- Konaki KZ, Streicher J, Hoetzenecker W, Blumer MJ, Lukas JR, Blumer R.; *Molecular Characteristics suggest an effector function of palisade endings in extraocular muscles*; Investigative Ophthalmology and Visual Science Gennaio 2005; PMID: 15623769.
- Kongsted A, Jargensen LV, Bendix T, Korsholm L, Leboeuf-Yde C; *Are smooth pursuit movements altered in chronic whiplash-associated disorders? A cross-sectional study*; Clinical Rehabilitation Novembre 2007 Vol 21 ; PMID: 18390982.
- Kongsted A, Jorgensen LV, Leboeuf-Yde C, Querama E, Korsholm L, Bendix T; *Are altered smooth pursuit eye movements related to chronic pain and disability following whiplash injuries? A prospective trial with one-year follow-up* ; Clinical rehabilitation Maggio 2008 Vol 22.; PMID: 18441043.
- Leibowitz HW, Owens DA; *Anomalous Myopias and the intermediate dark focus of accommodation*; Science vol 189 1975; PMID: 1162349.
- Lestienne F, Gurfinkel VS ; *Postural control in weightlessness: a dual process underlying adaptation to an unusual environment*; Trends in Neuroscience Agosto 1988 No11 ; PMID: 2469196.
- Lewis RF, DS Zee, MR Hayman, Rj Tamargo; *Oculomotor function in the rhesus monkey after deafferentation of the extraocular muscles*; Experimental Brain Research Dicembre 2001; PMID: 11715079.
- Marucchi C.; *Les pièges de l'entrée visuelle du système postural fin.*; (1997) In "Posture et environnement" cit.
- Marumoto T, Jonai H, Villanueva MB, Sotoyama M, Saito S; *Significant correlation between school Myopia and postural parameters of students while studying* ; International Journal of Industrial ergonomics, Volume 23, Number 1, 1 January 1998.
- Marumoto T, Jonai H, Villanueva MB, Sotoyama M, Saito S; *Correlation analysis between visual acuity and sitting postural parameters of young students*]; Nippon Ganka Gakkai Zasshi Maggio 1997 (giapponese); PMID: 9170844.
- Marumoto T, Jonai H, Villanueva MB, Sotoyama M, Saito S; *A case report of ophthalmologic Problems associated with the use of Information Technology among Young Students in Japan*; Traduzione PDF online dell'omonimo articolo giapponese; manca rif.
- Massion J; *Movement, posture and equilibrium: interaction and coordination*; Progress in neurobiology 1992-38; PMID: 1736324;
- Matheron Eric; Lê Thanh-Thuan; Yang Qing; Kapoula Zoï; *Effects of a two-diopter vertical prism on posture*; Neuroscience letters Agosto 2007; PMID: 17709195.

- Mazzeo M *Tatto e linguaggio: il corpo delle parole*, Editori Riuniti 2003
- Merleau-Ponty M: *Il visibile e l'invisibile*, Bompiani 1969
- McIntyre D, Ring C, Carroll D; *Effects of arousal and natural baroreceptor activation on the human muscle stretch reflex.*; *Psychophysiology* Novembre 2004 No 41; PMID: 15563348
- Mergner T Becker W; *A modeling approach to Human Spatial orientation System*; *Annals of the NY Academy of science* 1004 (2003).
- Montfoort I, Kelders WP, Van der Geest JN, Schipper IB, Feenstra L, de Zeeuw CI, Frens MA; *Adaptation of the cervico and vestibulo-ocular reflex in whiplash injury patients*; *Journal of Neurotrauma* Giugno 2008; PMID: 18476768.
- Montfoort I, Kelders WP, Van der Geest JN, Schipper IB, Feenstra L, de Zeeuw CI, Frens MA; *Interaction between ocular stabilization reflexes in patients with whiplash injury*; *Investigative Ophthalmology and visual Science* Luglio 2006; PMID: 16799028.
- Morningstar MW, Pettibon BR, Schlappi H, Schlappi M, Ireland TV; *Reflex control of the spine and posture: a review of the literature from a chiropractic perspective.*; *Chiropractic and Osteopathy*, Agosto 2005; PMID: 16091134.
- Nischal KK; *Ocular Aspects of Craniofacial Disorders*; *American Orthoptic Journal* Vol 52 2002.
- Nucci P; Kushner BJ, Serafino M, Orzalesi N; *A multi-disciplinary study of the ocular, orthopedic, and neurologic causes of abnormal head postures in children*; PMID: 16038652
- Ohno H, Wada L, Saitoh J, Sunaga M, Nagai N; *The effect of anxiety on postural control in humans depends on visual information processing.*; *Neuroscience letters* Giugno 2004; PMID: 15193751.
- Peterson BW, Choi H, Hain T, Keshner E, Peng GC; *Dynamic and kinematic strategies for head movement control*; *Ann NY Acad Sci* Ottobre 2001; PMID: 11710479.
- Peterson BW, J,Goldberg G Bilotto, JH Fuller; *Cervicocollic reflex: its dynamic properties and interaction with vestibular reflexes*; *Journal of Neurophysiology* Luglio 1985; PMID: 3162006.
- Pozzo T, Berthoz A, Lefort L, Vita E; *Head stabilization during various locomotor tasks in humans*; *Experimental Brain Research* Parte seconda 85 1991; PMID: 1884759.
- Prushansky T, Dvir Z, Pevzner E, Gordon CR; *Electro-oculographic measures in patients with chronic whiplash and healthy subjects: a comparative study*; *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, Novembre 2004; PMID: 15489407.
- Ramachandran V.S. Hubbard E.M.; *Hearing colors, tasting shapes*; *Scientific American*, Maggio 2003.

Ramachandran VS; *Interaction between colour and motion in human vision*; Nature Agosto 1987 Vol 328; PMID: 3614367.

Read SA, Collins MJ, Carney LG; *A review of astigmatism and its possible genesis*; Journal of Clinical and Experimental Optometry Gennaio 2007 Vol 90; PMID: 17177660.

RF Spencer, JD Porter.; *Structural Organization of the extraocular muscles*; Reviews of oculomotor research 1988; PMID: 3153651.

Roll JP, Vedel R, Roll R; *Eye, head and skeletal muscle spindle feedback in the elaboration of body references*; Progress in brain research Vol 80 1989; PMID: 2634269.

Roll JP Roll R; *La proprioception extra-oculaire comme élément de référence posturale et de lecture spatiale des données rétiniennes.*; in Aggressologie 1987 No 28.

Rubin AM, Woolley SM, Dailey VM, Goebel JA; *Postural stability following mild head or whiplash injuries*; The American Journal of Otology, Marzo 1995; PMID: 8572122.

Saltieri SE; *Mio caro dentista...occhio all'occhio*; European Academy of Sports and Vision Luglio 2007.

Schieppati M, Nardone A, Schmid M; *Neck muscle fatigue affects postural control in man*; Neuroscience 2003 Vol 121; PMID: 14521987.

Schweigart G, Chien RD, Mergner T.; *Neck proprioception compensates for age-related deterioration of vestibular self-motion perception*; Experimental Brain Research 2002; PMID: 12373373.

Seaman DR, Winterstein JF; *Dysafferentation: a novel term to describe the neuropathophysiological effects of joint complex dysfunction. A look at likely mechanisms of symptom generation*; Journal of Manipulative Physiological Therapy 1998; PMID: 9608382.

Soechting JF, Berthoz A; *Dynamic role of vision in the control of posture in man*; Experimental Brain Research Agosto 1979 No 36; PMID: 477782 .

Sterling M, Jull G, Vincenzino B, Kenardy J.; *Characterization of Acute Whiplash-Associated Disorders*; Spine, Gennaio 2004; PMID: 14722412

Stevens DJ, Hertle RW; *Relationship between visual acuity and anomalous head posture in patients with congenital nystagmus*; Journal of Pediatric Ophthalmology and Strabismus 2003; PMID: 14560831.

Tacconella Paola; *Effetto ambientale e posturale sullo sviluppo di condizioni refrattive anisometropiche*; Rivista Italiana di Optometria Ott-Dic 2000.

Tan RKT, O'Leary D; *Stability of the accommodative Dark Focus After Periods of Maintained Accommodation*; Investigative Ophthalmology and Visual Science Settembre 1986; PMID: 3744732.

Tanashi S, Ujike H, Kozawa R, Ukai K; *Effects of visually simulated roll motion on vection and postural stabilization*; Journal of neuroengineering and rehabilitation Ottobre 2007; PMID: 17922922

Thurrell A, Bertholon P., Bronstein AM; *Reorientation of a visually evoked postural response during passive whole body rotation*; Experimental Brain Research Luglio 2000; PMID: 10968223.

Tjell C, Rosenhall U; *Smooth pursuit neck torsion test: a specific test for cervical dizziness*; American Journal of Otology Gennaio 1998; PMID: 9455954.

Tjell C, Tenenbaum A, Sandstrom S; *Smooth Pursuit neck torsion test: a Specific test for Whiplash associated disorders?*; Journal of whiplash and related disorders Gennaio 2002.

Treleaven J, Jull G, Sterling M; *Dizziness and unsteadiness following whiplash injury: characteristic features and relationship with cervical joint position error*; Journal of rehabilitation medicine gennaio 2003 35; PMID: 12610847.

Vaitl D, Mittelstaedt H, Saborowski R, Stark R, Baisch F; *Shifts in blood volume alter the perception of posture: further evidence for somatic graviception*; International Journal of Psychophysiology, Aprile 2002; PMID: 11852154.

Valentino B and Fabozzo A ; *Interaction between the muscles of the neck and the extraocular muscles of the myopic eye;an electromyographic study*; Surgical and Radiological Anatomy 1993 No 15; PMID: 8128341.

Valentino B and Melito F: *Functional relationships between the muscles of mastication and the muscles of the leg: an electromyographical study* ; Surgical and radiological anatomy 1991; PMID: 2053042.

Velay JL, Roll R, Lennestrand G, Roll JP; *Eye proprioception and visual localization in humans: influence of ocular dominance and visual context*; Vision research Agosto 1994; PMID: 7941413.

Vihlen FS, Wilson G; *The relationship between Eyelid Tension, corneal toricity and age*; Invesigation int Ophtalmology and Visual Science 24, 1983.

Vuillerme N, Danion F, Forestier N, Nougier V.; *Postural sway under muscle vibration and muscle fatigue in humans*; Neuroscience letters 2002; PMID: 12419498.

Walton MG, Bechara B,Gandhi NJ *Role of the primate superior colliculus in the control of head movements*, Journal of neurophysiology, No. 98, Giugno 2007 PMID: 17581848

Wasicky R, Zhya-Ghazvini F, Blumer R et al.; *Muscle fiber types of human extraocular muscles: a histochemical and immunohistological study*; Investigative Ophtalmology and Visual Science, Aprile 2000; PMID: 10752931.

Weir C; *Proprioception in extraocular muscles*; Journal of Neuroophthalmology Giugno 2006; PMID: 16845314.

Weir C., Knox P., Dutton G.; *Does extraocular muscle proprioception influence oculomotor control?*; British Journal of Ophthalmology, Settembre 2000 No 84; PMID: 10966971.

Welgampola MS, Colebatch JG; *Vestibulospinal reflexes: quantitative effects of sensory feedback and postural task*; Experimental Brain Research 2001; PMID: 11545473.

Welgampola MS, Colebatch JG; *Vestibulocollic reflex: normal values and the effect of age*; Clinical Neurophysiol 2001; PMID: 11682335

Wilford CH, Kisner C, Glenn TM, Sachs L; *The interaction of wearing multifocal lenses with head posture and pain.*; Journal of Orthopaedic and Sports Therapy Marzo 1996; PMID: 8919398.

Woollacott M, Debu B, Mowatt M; *Neuromuscular control of posture in the infant and child: is vision dominant?*; Journal of Motor Behav Giugno 1987; PMID: 14988057.

ALTRI ARTICOLI/SAGGI SELEZIONATI

Allum JH, Gresty M, Keshner E, Shupert C; *The control of head movements during human balance corrections*; Journal of Vestibular Research Marzo-Giugno 1997; PMID: 9178224.

Amblard B, Assaiante C, Fabre JC, Mouchino L, Massion J; *Voluntary head stabilization in space during oscillatory trunk movements in the frontal plane performed in weightlessness*; Experimental Brain Research Aprile 1997; PMID: 9166911 .

Andrew K. C. Lam; Elaine Chung; Jenny Kho; Stephen Wong; *Digital measurement of torsional Eye movement due to postural change and its effect on reading performance*; Current Eye research Ottobre 2000; PMID: 11120565.

Angelaki DE, Hess BJ, Suzuki J; *Differential processing of semicircular canal signals in the vestibulo-ocular reflex*; Journal of neurosciences Novembre 1995; PMID: 7472475.

Bexander CS, Mellor R, Hodges PW; *Effect of gaze direction on neck muscle activity during cervical rotation*; Experimental brain research Dicembre 2005; PMID: 16193272

Betts GA, Barone M, Karlberg M, MacDougall H, Curthoys IS; *Neck muscle vibration alters visually-perceived roll after unilateral vestibular loss*; Neuroreport Agosto 2000; PMID: 10976939 .

Blouin J Amade N, Vercher JL, Teasdale N, Gauthier GM; *Visual signals contribute to the coding of gaze direction*; Experimental brain research Giugno 2002; PMID: 12021810;

Bogduk N.; *The neck and headaches*; Neurologic Clinics Febbraio 2004; PMID: 12875581;

Boyle R.; *Vestibulospinal control of reflex and voluntary head movement*; Annuals of the NY Academy of Science Ottobre 2001 No 942; PMID: 11710478 ;

Brandt T; *Modelling brain function: the vestibulo-ocular reflex*; Current Opinion in Neurology Febbraio 2001 No 14; PMID: 11176210 ;

Bronstein AM, Hood JD; *The cervico-ocular reflex in normal subjects and patients with absent vestibular function*; Brain Research Maggio 1986; PMID: 3487371 ;

Bronstein AM, Mossman S, Luxon LM.; *The neck-eye reflex in patients with reduced vestibular and optokinetic function*; Brain Febbraio 1991 No 114; PMID: 1998877 ;

Buitenhuis J., Spanjer J., Fidler V.; *Recovery from acute whiplash: the role of the coping styles*; Spine Maggio 2003, Vol 28 n. 9; PMID: 12942005 Corneil BD, Munoz DP,

Carey MR, Medina JF, Lisberger SG; *Instructive signals for motor learning from visual cortical area MT*; Nature neuroscience Luglio 2005; PMID: 15908949;

Clarke AH, Grigull J, Scherer H.; *The three-dimensional vestibulo-ocular reflex during prolonged microgravity*; Experimental Brain Research Ottobre 2000 No 134; PMID: 11045357 ;

Clement G, Lestienne F; *Adaptive modifications of postural attitude in conditions of weightlessness*; Experimental Brain Research 1988 No 72; PMID: 3224649 ;

Corneil BD, Munoz DP, Chapman BB, Admans T, Cushing SL; *Neuromuscular consequences of reflexive covert orienting*; Nature neuroscience Gennaio 2008

Dalezios, Y., C. A. Scudder, S. M. Highstein, and A. K. Moschovakis; *Anatomy and Physiology of the Primate Interstitial Nucleus of Cajal. II. Discharge Pattern of Single Efferent Fibers*; Journal of Neurophysiology Vol. 80 No. 6 December 1998; PMID: 9862908

Desmurget M, Vindras P, Grea H, Viviani P, Grafton ST; *Proprioception does not quickly drift during visual occlusion*; Experimental Brain Research 2000; PMID: 11045361;

Donaldson IM; *The function of the proprioceptors of the eye muscles*; dic-00; PMID: 11205338;

Dutia MB; *Interaction between vestibulocollic and cervicocollic reflexes: automatic compensation of reflex gain by muscle afferents*; Progress in Brain Research 1988 No76; PMID: 3064144 ;

Dyde RT, Jenkin M R, Harris LR ; *The subjective visual vertical and the perceptual upright*; Experimental brain research Settembre 2006; PMID: 16550392;

Elsley JK, Nagy B, Cushing SL, Corneil BD; *Widespread presaccadic recruitment of neck muscles by stimulation of the primate frontal eye fields*; Journal of neurophysiology Settembre 2007; PMID: 17625064

Fujiwara K, Kunita K, Watanabe H; *Sports exercise effect on shortening of saccadic reaction time associated with neck extensor muscle activity*; Int J Sports Med Ottobre 2006; PMID: 16586339;

Fujiwara K, Kunita K, Furune N, Maeda K, Asai H, Tomita H.; *Optimal vibration stimulation to the neck extensor muscles using hydraulic vibration to shorten saccadic reaction time*; J. Physiol Antropol Settembre 2006; PMID: 17016011

Gdowski GT, McCrea RA; *Integration of vestibular and head movement signals in the vestibular nuclei during whole-body rotation*; Journal of Neurophysiol Luglio 1999; PMID: 10400970 ;

Glasauer S, Schneider E, Jahn K, Strupp M, Brandt T; *How the eyes move the body*; Neurology Ottobre 2005 No 65; PMID: 16051645 ;

Guerraz M, Yardley L, Bertholon P, Pollak L, Rudge P, Gresty MA, Bronstein AM; *Visual vertigo: symptom assessment, spatial orientation and postural control*; Brain Agosto 2001 No 124; PMID: 11459755 ;

Guitton D, Bergeron A, Choi WY, Matsuo S.; *On the feedback control of orienting gaze shifts made with one eye and head movements*; Progress in Brain Research 2003:142; PMID: 12693254

Han Y, Lennerstrand G; *Changes of visual localization induced by eye and neck muscle vibration in normal and strabismic subjects*; Graefes Archive for clinical and Experimental Ophthalmology 1999; PMID: 10502056;

Hanes DA McCollum G; *Variables contributing to the coordination of rapid eye/head gaze shifts*; Byol Cybern Aprile 2006; PMID: 16538479

Hardiess G, Gillner S, Mallot HA; *Head and eye movements and the role of memory limitations in a visual search paradigm*; Journal of Vision Gennaio 2008; PMID: 18318610;

Highstein SM; *Role of the flocculus of the cerebellum in motor learning of the vestibulo-ocular reflex*; Otorinolaryngol Head Neck surgery Settembre 1998; PMID: 9743077;

Hunter MC, Hoffman MA; *Postural control: visual and cognitive manipulations*; Gait and Posture Febbraio 2001 n 13; PMID: 11166553 ;

Hunter MC, Hoffman MA Ferreresi A; *Gravity load related asymmetries in the sagittal vestibulo-colic reflex*; Acta Oto-laryngologica Maggio 1993 No 113; PMID: 8517120 ;

Ito Y, Corna S, von Brevern M, Bronstein A, Rothwell J, Gresty M; *Neck muscle responses to abrupt free fall of the head: comparison of normal with labyrinthine-defective human subjects*; Journal of Physiology Dicembre 1995 No 489; PMID: 8788954 ;

Kapoula Z, Le TT; *Effects of distance and gaze position on postural stability in young and old subjects*; Experimental brain research Agosto 2006; PMID: 16525804;

Karnath HO, Konczak J, Dichgans J; *Effect of prolonged neck muscle vibration on lateral head tilt in severe spasmodic torticollis*; Journal of Neurology and Neurosurg Psychiatry 2000; PMID: 11032623 ;

Karnath HO, Reich E, Rorden C, Fetter M, Driver J; *The perception of body orientation after neck-proprioception stimulation. Effects of time and of visual cueing*; Experimental Brain Research Aprile 2002 No 143; PMID: 11889513 ;

Kavounoudias A, Gilhodes JC, Roll R, Roll JP; *From balance regulation to body orientation: two goals for muscle proprioceptive information processing*; Experimental Brain Research 1999; PMID: 9928792;

Kenneth J Ciuffreda; *The scientific basis for and efficacy of optometric vision therapy in nonstrabismic accommodative and vergence disorders*; Optometry Dicembre 2002;

Kristjansson E, Dall'alba P, Jull G; *Cervicocephalic kinaesthesia: reliability of a new test approach*; Physiotherapy Research International Giugno 2001; PMID: 11833244;

Ledin T, Hafstrom A, Fransson PA, Magnusson M.; *Influence of neck proprioception on vibration-induced postural sway*; Acta Oto-laryngologica Giugno 2003; PMID: 12070741;

Lewald J, Karnath HO, Ehrenstein WH; *Neck-proprioceptive influence on auditory lateralization*; Experimental Brain Research Aprile 1999 No 125; PMID: 10323284 ;

Lie Ivar, Reidulf G. Watten; *Oculomotor factors in the aetiology of occupational cervicobrachial diseases (OCD)*; European Journal of Applied Physiology Marzo 1987.

Martin BJ, Roll JP, Di Renzo N.; *The interaction of hand vibration with oculomanual coordination in pursuit tracking*; Aviation Space and Environmental Medicine Febbraio 1991; PMID: 2001211;

McKenna GJ, Peng GC, Zee DS; *Neck muscle vibration alters visually perceived roll in normals*; Journal Association for Research in Otolaryngology 2004; PMID: 14569429 ;

Medendorp WP, JAM van Gisbergen , MWIM Horstink, CCAM Gielen; *Donder's Law in torticollis*; Journal of neurophysiology Novembre 1999 No82; PMID: 10561451 ;

Mergner T, Schweigart G, Maurer C, Blumle A; *Human postural responses to motion of real and virtual visual environments under different support base conditions*; Experimental brain research Dicembre 2005; PMID: 16132969;

Nucci P, Rosenbaum A; *Acquired anomalous head posture following loss of vision in one eye*; Acta Ophthalmologica Scandinavia Febbraio 2002 Vol 80; PMID: 11906317 ;

Olivier E.; *Priming of head premotor circuits during oculomotor preparation*; Journal of Neurophysiology Gennaio 2007; PMID: 17079344

Ouchi Y, Okada H, Yoshikawa E, Nobezawa S, Futatsubashi M.; *Brain activation during maintenance of standing postures in humans*; Brain Febbraio 1999 No122; PMID: 10071060 ;

Pettorossi VE, Errico P, Ferraresi A, Manni E; *Influence of the extraocular muscle proprioceptors on the orientation of the vestibulo-ocular reflex*; Acta Oto-laryngologica 1996; PMID: 8725513;

Pettorossi VE, Panichi R, Bambagioni D, Grassi S, Botti FM.; *Contribution of eye position to movement perception*; Acta Oto-Laryngologica Maggio 2004 No 124; PMID: 15224877 ;

Popov KE, Lekhel H, Faldon M, Bronstein AM, Gresty MA; *Visual and oculomotor responses induced by neck vibration in normal subjects and labyrinthine-defective patients*; Experimental Brain Research Ottobre 1999; PMID: 10501806

Pozzo T, Berthoz A, Lefort L, Vita E ; *Head stabilization during various locomotor tasks in humans*; Experimental Brain research Parte prima 82 1990, Parte seconda 85 1991;

Raphan T, Cohen B; *The vestibulo-ocular reflex in three dimensions*; Experimental Brain Research Luglio 2002 145; PMID: 12070741 ;

Raphan T. Cohen B; *The vestibulo ocular reflex in three dimensions*; Cerca; PMID: 12070741;

Rijkaart DC, van der Geest JN, Kelders WP, de Zeeuw CI, Frens MA; *Short-term adaptation of the cervico-ocular reflex*; Experimental Brain Research maggio 2004 156; PMID: 15014925 ;

Schubert MC, Das V, Tusa RJ, Herdman SJ.; *Cervico-ocular reflex in normal subjects and patients with unilateral vestibular hypofunction*; Otology and Neurotology Gennaio 2004 No 25; PMID: 14724495 ;

Seizova-Cajic T, Sachtler WL, Curthoys IS; *Eye movements cannot explain vibration-induced visual motion and motion aftereffect*; Experimental Brain Research Agosto 2006 No 173; PMID: 16555104;

Sjostrom H, Allum JH, Carpenter MG, Adkin AL, Honegger F, Ettlin T; *Trunk sway measures of postural stability during clinical balance tests in patients with chronic whiplash injury symptoms*; Spine Agosto 2003 No 28; PMID: 12897500 ;

Skliut IA, Likhachev SA, Skliut MI; *Cervico-ocular reflex in healthy humans*; Aviakosm Ekolog Med 1999 No 33 (in russo); PMID: 10590809 ;

Streilein JW, Okamoto S, Sano Y, Taylor AW; *Neural control of ocular immune privilege*; Annals of the NY Academy of Science 2000; PMID: 11268357;

Strupp M, Glasauer S, Jahn K, Schneider E, Krafczyk S, Brandt T.; *Eye movements and balance*; Annals of the NY Academy of science 1004 (2003); PMID: 14662475;

Stuphorn V, Bauswein E, Hoffman KP; *Neurons in the primate superior colliculus coding for arm movements in gaze-related coordinates*; Journal of Neurophysiology Marzo 2000; PMID: 10712456;

Thoden U, Doerr M, Leopold HC; *Motion perception of head or trunk modulates cervico-ocular reflex (COR).*; Acta Oto-laryngologica Luglio-agosto 1983 No 96; PMID: 6613555;

Wahler-Luck M, Schutz T, Kretschmann HJ; *A new anatomical representation of the human visual pathways*; Graefe's Archives for clinical and Experimental Ophthalmology 1991No 229; PMID: 1869052 ;

Wilson VJ, Boyle R, Fukushima K, Rose PK, Shinoda Y, Sugiuchi Y, Uchino Y; *The vestibulocollic reflex*; Journal of Vestibular Research Maggio 1995 ; PMID: 7627376;

Wilson VJ, Schor RH; *The neural substrate of the vestibulocollic reflex. What needs to be learned*; Experimental Brain Research Dicembre 1999 No 129; PMID: 10638422 ;

Wilson VJ, Yamagata Y, Yates BJ, Schor RH, Nonaka S; Response of vestibular neurons to head rotations in vertical planes. III. Response of vestibulocollic neurons to vestibular and neck stimulation; J Neurophysiol Dicembre 1990 No 64; PMID: 2074457 ;

Young LR, Jackson DK, Groleau N, Modestino S; *Multisensory integration in microgravity*; Annals of the NY Academy of Science Maggio 1992 No 22; PMID: 1599154;