



UNIVERSITÁ DEGLI STUDI DI MILANO BICOCCA
Scuola di Scienze
Dipartimento di Scienze dei Materiali
Corso di Laurea in Ottica e Optometria

Correlazione tra sistema visivo e apparato stomatognatico

Relatore:

Prof. Maurizio ACCIARRI

Co-relatore:

Prof.ssa Nadia MATTIOLI

Relazione della prova finale di:

Serena DELBONO

Matricola 782525

Appello di laurea:

16 Marzo 2017

Anno Accademico 2015-2016

Indice

Introduzione	1
1 Sistema visivo	3
1.1 Anatomia e fisiologia	3
1.1.1 Bulbo oculare	3
1.1.2 Generazione dell'immagine retinica	4
1.1.3 Apparato muscolare dell'occhio	7
1.1.4 Innervazione del sistema visivo	9
1.2 Funzioni	12
1.2.1 Stato refreattivo dell'occhio	12
1.2.2 Accomodazione	12
1.2.3 Fusione e binocularità	15
2 La postura e ciò che la influenza	19
2.1 L'apparato stomatognatico	20
2.2 Influenza dell'occhio e dell'apparato stomatognatico sulla postura .	23
2.2.1 Ripercussioni dello SMOF sul sistema visivo	24
3 Ricerca	27
3.1 Ricerca e protocollo	27
3.2 Materiali e metodi	28
3.2.1 Svolgimento della ricerca	29
3.2.1.1 Test posturali per stabilire primarietà linguale . .	29
3.2.1.2 Test per visita optometrica	30
3.2.1.3 Valutazione e trattamento dello SMOF	33
3.3 Analisi Statistica	36
3.3.1 Analisi descrittive del campione	36

INDICE

3.3.2	Analisi e discussione dei dati	40
3.3.2.1	Punto prossimo di convergenza (PPC) diritto . . .	40
3.3.2.2	Cover test in posizione 7	43
3.3.2.3	Cover test in posizione 8	44
3.3.2.4	Stereopsi vicino	46
3.3.3	Analisi dei casi clinici	47
3.4	Conclusioni	51
	Appendice A Risultati dei test	55

Elenco delle figure

1.1	Sezione del bulbo oculare	4
1.2	Stratificazione della retina	4
1.3	Tronco encefalico	6
1.4	Rappresentazione vie visive: a sinistra la via pretettale e collicolare, a destra la via del nucleo genicolato laterale e pretettale	6
1.5	Muscoli estrinseci dell'occhio	7
1.6	Assi di Fick	8
1.7	Asse del muscolo obliquo	9
1.8	Asse del muscolo retto	9
1.9	Schema dell'origine e distribuzione dei nervi oculomotore, trocleare, abducente.	10
1.10	Nervo trigemino.	11
1.11	Vie parasimpatica e simpatica del muscolo ciliare	15
2.1	figure	20
2.2	Struttura della lingua	21
2.3	Muscoli estrinseci della lingua	21
2.4	figure	22
3.1	Semantic Web stack	30
3.2	Howell card lontano	31
3.3	Howell card vicino	31
3.4	Indicazione posizione di sguardo indagate	32
3.5	Muscoli stimolati nelle varie posizioni di sguardo	32
3.6	Semantic Web stack	32
3.7	Semantic Web stack	32
3.8	Semantic Web stack	34
3.9	Semantic Web stack	34

ELENCO DELLE FIGURE

3.10 Indicazione posizione di sguardo indagate	35
3.11 Muscoli stimolati nelle varie posizioni di sguardo	35
3.12 figure	41
3.13 figure	42
3.14 figure	42
3.15 figure	42
3.16 figure	44
3.17 figure	44
3.18 figure	45
3.19 figure	46
3.20 figure	47
3.21 figure	47

Elenco delle tabelle

3.1	Dati a confronto dei tre casi considerati	36
3.2	Dati a confronto dei tre casi considerati	37
3.3	Valori medi del campione sperimentale	38
3.4	Dati gruppo sperimentale PPC rottura diritto	41
3.5	Dati gruppo di controllo PPC rottura diritto	41
3.6	Dati gruppo sperimentale PPC recupero diritto	41
3.7	Dati gruppo di controllo PPC recupero diritto	41
3.8	Dati gruppo sperimentale Cover test 7	44
3.9	Dati gruppo di controllo Cover test 7	44
3.10	Dati gruppo sperimentale Cover test 8	45
3.11	Dati gruppo di controllo Cover test 8	45
3.12	Dati gruppo sperimentale Cover test 8	46
3.13	Dati gruppo di controllo Cover test 8	46
3.14	Dati valutazione di C.G.	48
3.15	Dati valutazione di V.M.	50
A.1	Dati PPC diritto del gruppo sperimentale	55
A.2	Dati PPC diritto del gruppo di controllo	56
A.3	Dati Cover test 7 del gruppo sperimentale	56
A.4	Dati Cover test 7 del gruppo di controllo	56
A.5	Dati Cover test 8 del gruppo sperimentale	57
A.6	Dati Cover test 8 del gruppo di controllo	57
A.7	Dati Stereopsi vicino del gruppo sperimentale	57
A.8	Dati Stereopsi vicino del gruppo di controllo	57

ELENCO DELLE TABELLE

Introduzione

Gli studi condotti negli ultimi anni hanno posto l'attenzione su come il nostro corpo sia funzionalmente collegato e le sue parti si influenzino reciprocamente. Questa relazione funzionale non si attua tra singoli elementi, come occhio e lingua, ma tra sistemi, come visivo e stomatognatico. Poichè sono inclusi in un sistema più complesso, quale è il nostro corpo, esso si adatta ai cambiamenti in modo diverso per ognuno di noi¹.

Il corpo recepisce le informazioni su come organizzarsi nello spazio da stimoli provenienti dal mondo esterno. Attraverso questo meccanismo stimolo-risposta si sviluppa la postura corporea. Dal punto di vista motorio il corpo si adatta agli stimoli esterni per sopravvivere e svolgere le sue attività, questo porta ad assumere quindi la postura più consona alla situazione e alle proprie esigenze.

La funzione di informare i sistemi è affidata al Sistema-Tonico-Posturale *S.T.P.* costituito da un insieme di strutture comunicanti. L'S.T.P. necessita di un input che proviene dagli estrocettori e propriocettori (esempio: occhio, bocca, piede, pelle, muscoli), il quale viene rielaborato e trasformato in output che traduce in gesto motorio il segnale².

L'occhio fornisce al cervello la maggior parte delle informazioni che servono per interpretare lo spazio che ci circonda, quindi una disfunzione del sistema visivo può provocare degli squilibri nei vari sistemi e viceversa. In particolare in vari studi è stato evidenziato come ci sia un collegamento tra le malocclusioni e i difetti di convergenza. Sembra infatti che disfunzioni dell'apparato stomatognatico influenzino le funzionalità del sistema visivo, portando ad adattamenti della postura del

¹ *Occlusione vs oculomotricità: stato dell'arte* di Giorgetti, Deodato, Malpassi

² <http://www.associazioneitalianastudioericercaposturologia.it/allegati/Articolo%20AIP%20Salvatore%20Mautone.pdf>

ELENCO DELLE TABELLE

capo³⁴.

È in questo contesto che si colloca questo studio, basato sull'assunzione che dalla disfunzione dell'apparato stomatognatico si ottiene l'adattamento da parte degli altri sistemi, in particolare del sistema visivo. Per ottenere i risultati si vuole osservare se e come cambia il sistema visivo in soggetti con disfunzioni generali primarie dell'apparato stomatognatico (masticazione, deglutizione, respirazione) dopo aver seguito un trattamento logopedico e osteopatico. Il trattamento prevede l'utilizzo della Terapia Miofunzionale, cioè un percorso terapeutico volto ad insegnare la corretta posizione della lingua sia durante il riposo, che durante la deglutizione per portare al riequilibrio della funzione della muscolatura oro-facciale. La terapia viene svolta con l'insegnamento di esercizi volti al rilassamento, allungamento e rinforzo dei muscoli coinvolti nelle funzioni orali. Viene poi integrata con delicate manipolazioni eseguite prevalentemente nei distretti di cranio, collo e torace con l'obiettivo di rilasciare le tensioni muscolari presenti.

Lo svolgimento della ricerca è avvenuto effettuando una valutazione optometrica pre e post trattamento, osservando diverse componenti del sistema visivo, tra cui il difetto refrattivo, la stabilità, l'oculomotricità, la convergenza e l'accomodazione. L'obiettivo è verificare che l'occhio sia correlato al resto del corpo e in particolare all'apparato stomatognatico, attraverso strutture che sono in continuo adattamento per ricercare sempre l'equilibrio complessivo e comprendere quali sono le caratteristiche visive maggiormente collegate.

In questa ricerca si è rivelato fondamentale il confronto con vari professionisti, inquadrando il lavoro in un approccio multidisciplinare.

I contenuti della ricerca saranno divisi in 3 capitoli. Nel primo capitolo verranno esposte le caratteristiche del sistema visivo dal punto di vista anatomico e fisiologico, con annessa la descrizione delle funzionalità analizzate durante la ricerca. Nel secondo si porrà l'attenzione sulla postura e sull'apparato stomatognatico, descrivendo i collegamenti anatomici e fisiologici che lo legano al sistema visivo. Nel terzo capitolo verranno descritti lo svolgimento e i risultati ottenuti dallo studio effettuato, concludendo con le considerazioni e proponendo eventuali sviluppi futuri.

³ Armando Silvestrini-Biavati, Marco Migliorati, Eleonora Demarziani, Simona Tecco, Piero Silvestrini-Biavati, Antonella Polimeni and Matteo Saccucci *Clinical association between teeth malocclusions, wrong posture and ocular convergence disorders: an epidemiological investigation on primary school children*

⁴ Antonino Marco Cuccia e Carola Caradonna *Binocular motility system and temporomandibular joint internal derangement: A study in adults*

Capitolo 1

Sistema visivo

L'apparato visivo, tra tutti quelli presenti nel corpo umano, è il più complesso ed ha la massima importanza perché è quello che più di altri ci permette di conoscere il mondo esterno. Questo avviene perché esso non provvede solo alla percezione qualitativa e quantitativa della luce, ma trasmette anche le informazioni al cervello in segnali topograficamente organizzati in modo tale che la recezione si traduce in immagini sufficientemente fedeli di ciò che stiamo osservando. Esso permette quindi lo sviluppo della visione, in quanto capacità di interpretare e capire ciò che vediamo.

Gli elementi anatomici che compongono l'apparato visivo sono: bulbo oculare ed organi accessori (cristallino, apparato oculomotore, palpebre, ghiandole lacrimali, congiuntiva).

Di seguito verranno analizzate sinteticamente le componenti coinvolte nel movimento dell'occhio, nella formazione dell'immagine e verrà descritto come sono innervate. Seguirà poi un approfondimento sulle caratteristiche funzionali del sistema visivo.

1.1 Anatomia e fisiologia

1.1.1 Bulbo oculare

Il bulbo oculare si trova nella parte anteriore della cavità orbitaria decentrato in alto e verso l'esterno rispetto alle pareti e mantenuto in sito da connessioni

CAPITOLO 1. SISTEMA VISIVO

muscolari, vascolari e dal nervo ottico. È inoltre appoggiato ad una formazione membranosa connettivale detta fascia del bulbo.

Il bulbo oculare è una formazione sferoidale che contiene materiali liquidi, semi-liquidi e solidi fasciati da diverse membrane di copertura dette tonache. All'esterno si trova la tonaca fibrosa, formata dalla sclera e dalla cornea, poi la tonaca vascolare, ricchissima di vasi per irrigare e pigmentazione per permettere la creazione di una camera oscura nell'occhio, infine, all'interno, la tonaca nervosa (retina) che contiene i fotorecettori responsabili della trasformazione del segnale luminoso in segnale elettrico.

Il bulbo è diviso in due camere: la camera anteriore che contiene umor acqueo e la camera posteriore che contiene umor vitreo. Le camere sono separate dall'iride: un disco portante al centro il forame pupillare, il quale gestisce la quantità di luce da far entrare nell'occhio. Dietro l'iride si trova il cristallino, supportato dai processi ciliari, il quale è in grado di cambiare la sua forma perché avvenga il processo di accomodazione, cioè la messa a fuoco a diverse distanze.

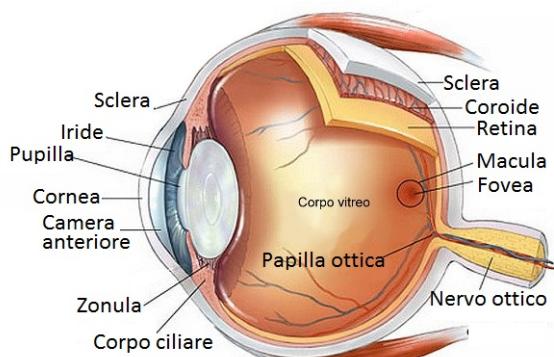


Figura 1.1: Sezione del bulbo oculare

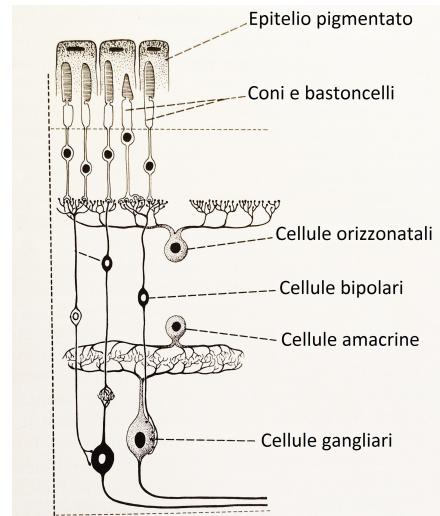


Figura 1.2: Stratificazione della retina

1.1.2 Generazione dell'immagine retinica

Quando la luce colpisce l'occhio deve attraversare la cornea, la pupilla e il cristallino, che permettono di focalizzarla su diverse parti della retina. La zona della retina in cui vengono codificati i dettagli e i colori è la fovea, dove si concentrano i foto-

1.1. ANATOMIA E FISIOLOGIA

recettori coni. Perifericamente invece, sono presenti maggiormente i fotorecettori bastoncelli, i quali sono adibiti alla percezione della luminosità e del movimento. I coni e i bastoncelli hanno il compito di trasformare il segnale luminoso in segnale elettrico attraverso una serie di eventi biochimici a cascata. Il segnale viene poi trasmesso alle cellule bipolari e ganglionari. Di quest'ultime ne esistono diversi tipi che raccolgono le diverse caratteristiche dell'immagine visiva, come luminosità, colore o movimento. Gli assoni delle cellule ganglionari si uniscono per formare il nervo ottico, il quale giunge al chiasma ottico dove avviene una parziale decussazione delle fibre ottiche: quelle provenienti dalla metà nasale della retina passano nel tratto ottico del lato opposto, che contiene quindi fibre omolaterali della metà temporale e fibre controlaterali della metà nasale. Le fibre si dirigono poi al Nucleo Genicolato Laterale, al collicolo superiore e al pretetto.

Vi sono diverse vie visive in base all'informazione da codificare: la via dalla retina al corpo genicolato laterale, la via retino-pretettale e la via retino-collicolare.

Via retina-corpo genicolato laterale:

Al corpo genicolato laterale, nel talamo, arrivano le sole fibre adibite alla percezione visiva. Da qui si dipartono neuroni secondari che arrivano alla corteccia visiva primaria (V1), dalla quale si dipartono la via ventrale e la via dorsale che portano alle aree visive superiori, che sono specializzate funzionalmente. La via ventrale termina nel lobo temporale inferiore ed è adibita alla percezione dell'oggetto: colore, forma, trama, riconoscimento, visi. La via dorsale termina nel lobo parietale ed è adibita alla percezione spaziale, quindi la percezione delle differenze di luminosità, ma non di colore. Le fibre che entrano a far parte delle vie riflesse, non si arrestano al corpo genicolato laterale, ma si portano al mesencefalo, terminando in due territori: pretetto e collicolo superiore.

Via retino-pretettale:

Per il controllo dei riflessi pupillari le fibre delle cellule ganglionari adibite alla luminosità giungono al pretetto, zona formata da un gruppo di nuclei posti anteriormente e superiormente al collicolo superiore, nel punto in cui il mesencefalo si continua con il talamo. Le cellule di quest'area proiettano l'informazione ai nuclei di Edinger-Westphal, dal quale i neuroni raggiungono il muscolo sfintere dell'iride, unendo i loro assoni con il nervo oculomotore.

CAPITOLO 1. SISTEMA VISIVO

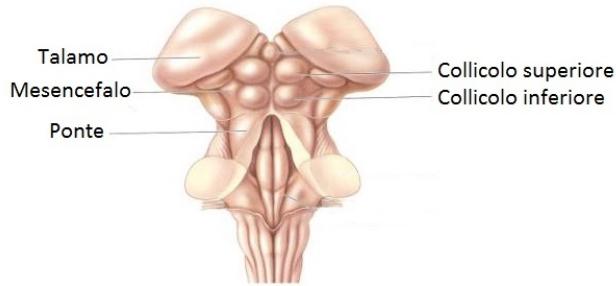


Figura 1.3: Tronco encefalico
Tronco encefalico

Via retino-collicolare:

Per il controllo dei movimenti rapidi degli occhi le vie passano dal collicolo superiore, nel mesencefalo, diviso in sette strati in cui sono rappresentate le mappe sensoriali. Al collicolo giungono informazioni provenienti anche da altri sensi permettendogli di dirigere i movimenti oculari in direzione dello stimolo, indipendentemente dalla sua natura.

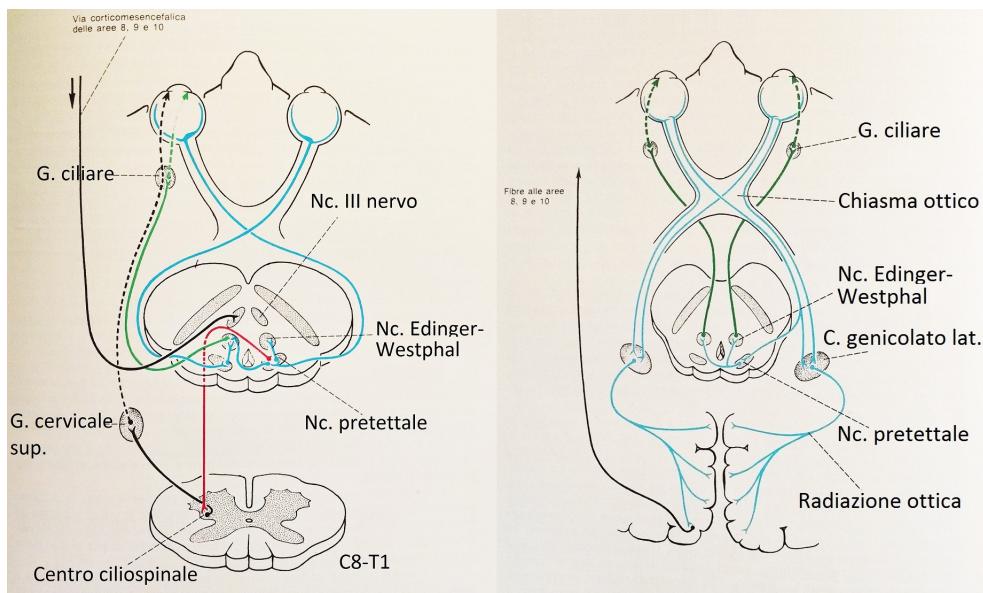


Figura 1.4: Rappresentazione vie visive: a sinistra la via pretettale e collicolare, a destra la via del nucleo genicolato laterale e pretettale

Rappresentazione vie visive: a sinistra la via pretettale e collicolare, a destra la via del nucleo genicolato laterale e pretettale

1.1. ANATOMIA E FISIOLOGIA

1.1.3 Apparato muscolare dell'occhio

L'apparato muscolare dell'occhio è costituito da una muscolatura estrinseca ed una intrinseca e svolge diverse funzioni: amplia il campo visivo, consente la fissazione foveale e la visione binoculare singola, fornisce la consapevolezza spaziale e stabilisce l'immagine retinica.

Il movimento oculare è permesso dai muscoli estrinseci i quali partono dalla profondità dell'orbita dove si trova un anello fibroso detto anello tendineo di Zinn. Da esso partono sei muscoli: quattro retti (inferiore, mediale, laterale e superiore), il muscolo obliquo superiore ed il muscolo elevatore della palpebra. C'è un ulteriore muscolo, l'obliquo inferiore, che però parte più avanti dell'anello tendineo. Il compito di questi muscoli è quello di permettere il movimento del globo e di mantenerlo sospeso all'interno di un sistema di tessuti connettivi estesi tra l'apice dell'orbita e le rime palpebrali. I muscoli retti, con i loro annessi, costituiscono un cono muscolare attraversato dal nervo ottico, vasi sanguigni e nervi. Lo spazio rimanente è riempito dai grassi retro bulbari.

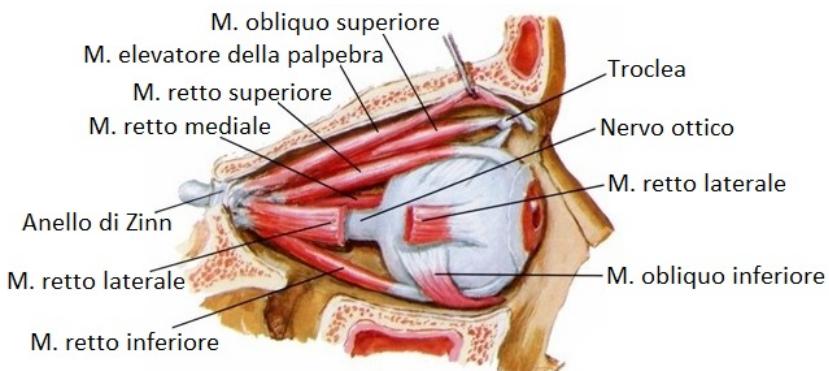


Figura 1.5: Muscoli estrinseci dell'occhio
Muscoli estrinseci dell'occhio

Il bulbo oculare è in grado di svolgere rotazioni attorno a tre assi: orizzontale Z , verticale X e antero-posteriore Y detti *Assi di Fick*. Gli assi Y e Z giacciono sul piano equatoriale detto *Piano di Listing*. Se l'occhio non compie alcuna rotazione si dice che si trova in posizione primaria, se ruota intorno ad un asse del piano di Listing è in posizione secondaria, se invece ruota contemporaneamente intorno ad X e Z è in posizione terziaria.

CAPITOLO 1. SISTEMA VISIVO

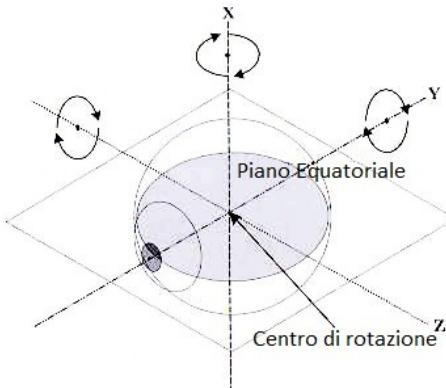


Figura 1.6: Assi di Fick
Assi di Fick

L'occhio può compiere rotazioni intorno agli assi verticale e orizzontale dette duzioni:

- asse orizzontale Z : elevazione e abbassamento
- asse verticale X : adduzione e abduzione.
- asse antero-posteriore Y : extorsione (movimento che porta il polo superiore della cornea verso il lato temporale) e intorsione (movimento che porta il polo superiore della cornea verso il lato nasale)

Muscoli Retti orizzontali

I muscoli retti laterale e mediale in contrazione determinano la rotazione dell'occhio attorno all'asse X , producendo Adduzione (retto mediale) e Abduzione (retto laterale).

Muscoli Retti verticali

Con l'occhio in posizione primaria di sguardo i muscoli retti verticali hanno gli assi che formano 23° con l'asse visivo, quindi non ci sarà un movimento di pura elevazione o puro abbassamento, ma mista. Quando l'occhio è abdotto di 23° allora ci sarà movimento di pura elevazione quando si contrae il muscolo retto superiore e puro abbassamento quando si contrae il retto inferiore.

Muscoli Obliqui

In posizione primaria di sguardo l'asse muscolare forma un angolo di 53° con l'asse

1.1. ANATOMIA E FISIOLOGIA

visivo, quindi in questa posizione la loro azione sarà molteplice. Obliquo superiore avrà come azione primaria l'incicloduzione, secondaria la depressione e terziaria l'abduzione. L'obliquo inferiore avrà azione primaria l'excicloduzione, secondaria l'elevazione e terziaria l'abduzione.

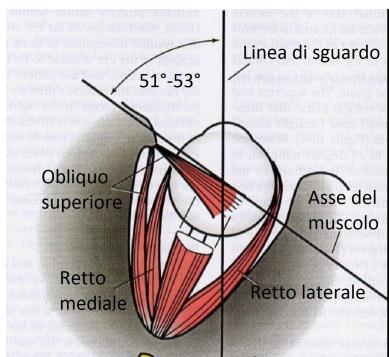


Figura 1.7: Asse del muscolo obliquo

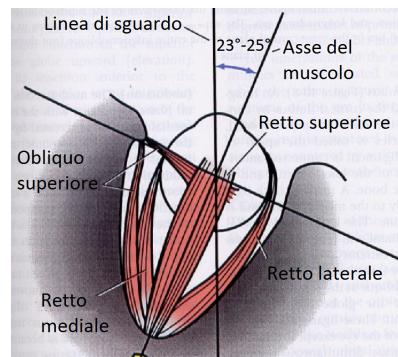


Figura 1.8: Asse del muscolo retto

1.1.4 Innervazione del sistema visivo

L'innervazione del sistema visivo è costituita dai nervi encefalici. In generale ci sono 12 nervi encefalici, ma quelli adibiti al sistema visivo sono cinque: II paio o nervo ottico, III paio o nervo oculomotore comune, IV paio o nervo trocleare, V paio o nervo trigemino, VI paio o nervo abducente.

Nervo ottico

Esso prende origine dalla papilla del nervo ottico, costituito dall'unione degli assoni delle cellule gangliari della retina, abbandona il bulbo oculare e si incontra nel chiasma ottico con il nervo ottico dell'altro occhio per scambiarsi le fibre. Proseguono poi nei tratti ottici che giungono nei corpi genicolati laterali del diencefalo.

Nervo oculomotore comune:

E' composto da fibre motrici somatiche che originano dai nuclei dell'oculomotore (mesencefalo) recandosi nei muscoli estrinseci dell'occhio, e da fibre effettive viscerali che nascono dal nucleo di Edinger-Westphal (nel mesencefalo) e si recano a due muscoli intrinseci dell'occhio (muscolo sfintere della pupilla e muscolo ciliare). Quando giunge alla fessura orbitaria superiore il nervo si divide nel ramo superiore e ramo inferiore. Il ramo superiore si distribuisce al muscolo retto superiore e al muscolo elevatore della palpebra superiore. Il ramo inferiore innerva il muscolo

CAPITOLO 1. SISTEMA VISIVO

retto mediale, retto inferiore e obliquo inferiore. Dal ramo del muscolo obliquo superiore, si stacca un ramo che raggiunge il ganglio ciliare.

Nervo trocleare (patetico):

E' un nervo motore somatico, costituito da fibre che prendono origine nel mesencefalo dal nucleo del nervo trocleare e si distribuiscono al muscolo obliquo superiore dell'occhio.

Nervo abducente:

E' un nervo motore somatico, ha origine nel ponte, dal nucleo del nervo abducente e provvede ad innervare il muscolo retto laterale dell'occhio. Anche il nervo abducente trasporta fibre sensitive somatiche che raccolgono dal muscolo stimoli propriocettivi. Tali fibre sensitive raggiungono il nervo oftalmico.

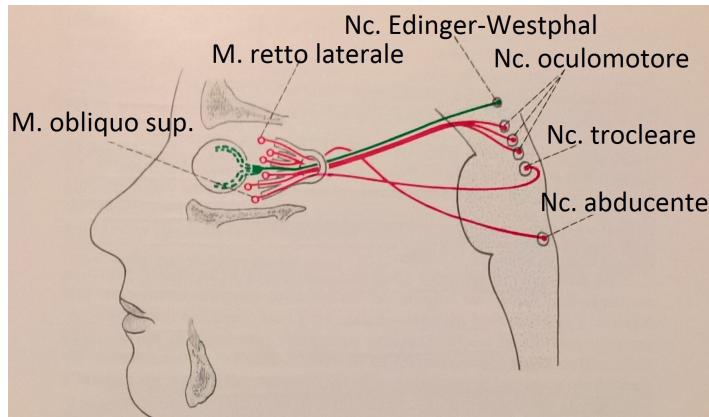


Figura 1.9: Schema dell'origine e distribuzione dei nervi oculomotori, trocale, abducente. Schema dell'origine e distribuzione dei nervi oculomotori, trocale, abducente.

Nervo trigemino:

Esso è costituito da tre branche: oftalmica, mascellare e mandibolare. Contiene un gran numero di fibre sensitive somatiche e un minor numero di fibre motrici somatiche. La componente sensitiva somatica ha origine dal ganglio semilunare da cui viene inviato un prolungamento periferico nelle tre branche. Grazie a questo le fibre raccolgono stimoli sensitivi estrociettivi della cute della faccia, delle mucose dell'occhio, della bocca, del naso e inoltre stimoli propriocettivi dai muscoli

1.1. ANATOMIA E FISIOLOGIA

estrinseci dell'occhio, dai muscoli mimici e dagli alveoli dentali. La componente motrice somatica origina dal nucleo masticatorio del trigemino e si distribuisce ai muscoli masticatori, al muscolo del martello, muscolo tensore del velo del palato, muscolo miloideo e al ventre anteriore del muscolo digastrico. Alle tre branche si trovano annessi diversi gangli parasimpatici: ganglio ciliare, ganglio sfenopalatino, gangli sottomandibolare e sottolinguale ed il ganglio ottico. Il *nervo oftalmico* nel suo decorso trova il ganglio ciliare, dal quale partono le fibre parasimpatiche che si portano ai muscoli intrinseci del bulbo oculare. Prima di raggiungere la fessura orbitaria superiore, si divide in nervo nasociliare, nervo frontale e nervo lacrimale. Il *nervo mascellare* si distribuisce ad un'estesa area cutanea della faccia ed alla mucosa delle cavità nasali e della bocca. È annesso al ganglio sfenopalatino, centro intercalato sul decorso delle fibre parasimpatiche che innervano la ghiandola lacrimale e le ghiandole della mucosa nasale e del palato. Il *nervo mandibolare* è un nervo misto costituito da fibre motrici somatiche e sensitive somatiche. Innerva i muscoli masticatori con la componente che giunge dal nucleo motore del ponte; con la componente somatosensitiva che origina dal ganglio semilunare si distribuisce alla cute della parte inferiore della faccia ed a parte della mucosa buccale.

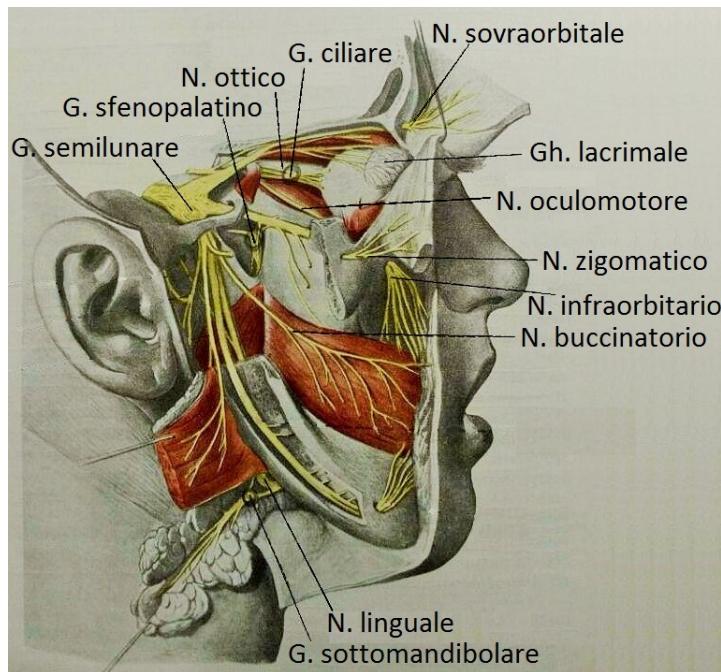


Figura 1.10: Nervo trigemino.
Nervo trigemino.

CAPITOLO 1. SISTEMA VISIVO

1.2 Funzioni

1.2.1 Stato refrattivo dell'occhio

Il potere refrattivo dell'occhio può essere considerato la somma di una serie di superfici refrattive, quali la cornea, il cristallino, l'umor acqueo e l'umor vitreo, oppure come la somma delle distanze che separano ogni superficie con differente indice di rifrazione. Dal momento che il potere è determinato dai raggi di curvatura delle superfici e dal loro indice e siccome lo stato refrattivo finale è calcolato dalla relazione del potere refrattivo con la retina, l'ametropia, cioè l'anormale condizione refrattiva dell'occhio, è suddivisa in due categorie:

assiale: dipende dalla lunghezza dell'occhio,

refrattiva: dipende dal potere dell'occhio. Il cambiamento del potere dell'occhio può essere dovuto all'indice di rifrazione dei mezzi oppure alla curvatura degli stessi. Un soggetto è considerato emmetrope quando, guardando all'infinito, il fuoco del sistema di lenti dell'occhio cade sulla retina e perciò l'immagine viene vista a fuoco. Nel caso avvenga una variazione della perfetta coincidenza del fuoco principale dell'occhio con la retina, allora si hanno anomalie refrattive o errori di rifrazione.

Gli errori refrattivi si classificano in base a dove cade il fuoco del sistema occhio rispetto alla retina:

miopia: se il fuoco cade anteriormente alla retina, causato da un occhio con potere maggiore oppure con lunghezza assiale maggiore.

ipermetropia: se il fuoco cade posteriormente alla retina, causato da un occhio con potere minore oppure un occhio con lunghezza assiale minore.

astigmatismo: se non esiste un fuoco singolo per tutti i meridiani dell'occhio ed è detto miopico se i fuochi cadono prima della retina o ipermetropico se cadono dopo la retina.

1.2.2 Accomodazione

L'accomodazione è il meccanismo che consente di aumentare il potere convergente dell'occhio e quindi di vedere nitidamente gli oggetti a tutte le distanze. Quello che avviene è un incremento dello spessore del cristallino e una diminuzione del

suo diametro equatoriale, maggiore convessità della superficie anteriore, aumento della curvatura della superficie posteriore, il polo anteriore si avvicina alla cornea, mentre quello posteriore si allontana. L'accomodazione risulta rilassata in un soggetto emmetrope quando guarda all'infinito, mentre la attiva per guardare a diverse distanze ravvicinate. Usando il massimo potere accomodativo, si ha a fuoco una distanza prossimale che si definisce punto prossimo, ed è la distanza più vicina all'occhio vista ancora nitidamente. Il punto remoto è invece la maggiore distanza che può essere vista nitidamente. La differenza tra punto remoto e punto prossimo è detta estensione accomodativa, mentre la stessa differenza ma espressa in diottrie è detta AMPIEZZA ACCOMODATIVA. L'ampiezza accomodativa è la quantità massima di potere accomodativo o diottrico, che l'occhio può aggiungere partendo da una condizione di emmetropizzazione. Essa viene calcolata facendo il reciproco diottrico del punto prossimo, misurato in metri, con occhio emmetrope o emmetropizzato. Con il passare degli anni la capacità di variazioni di messa a fuoco dell'occhio subisce una lenta e continua riduzione ed oltre un certo valore assume il nome di presbiopia. Questa è dovuta ad una diminuzione della capacità di modifica della curvatura delle superfici del cristallino, per perdita di elasticità della capsula.

La variazione accomodativa può essere considerata come una retroazione ad un particolare stimolo, ma può anche essere indotta indirettamente quando vi è un atto di convergenza volontario. Nell'osservazione di un oggetto a distanza prossimale sono diversi i fattori che influenzano l'accomodazione, tra questi: la sfocatura dell'immagine retinica, il movimento dell'oggetto, la sua distanza apparente, la binocularità. Si presume che l'accomodazione sia servita sia dal sistema nervoso simpatico che parasimpatico. Il sistema parasimpatico ha il ruolo principale e le sue fibre pregangliari originano dal nucleo di Edinger-Westphal, a livello del mesencefalo in prossimità del nucleo oculomotore, procede con il terzo nervo cranico, raggiungono poi il ganglio ciliare, da dove si dipartono fibre postgangliari che penetrano nell'occhio lungo i nervi ciliari corti, mentre altre fibre viaggiano con i nervi ciliari lunghi. Sul ruolo del sistema simpatico sono presenti delle controversie, ma sembra che i due sistemi abbiano ruolo antagonista, come in tutte le attività autonome, con effetto dominante del parasimpatico nella stimolazione accomodativa ed una funzione di aiuto nel passaggio dal vicino al lontano per il simpatico. Per la componente simpatica che innerva il muscolo ciliare, si sa che origina nel diencefalo e viaggia lungo il midollo spinale fino al più basso segmento cervicale e il più alto segmento toracico, fa sinapsi con il centro cilio-spinale di

CAPITOLO 1. SISTEMA VISIVO

Budge, nel tratto intermediolaterale del midollo. Da qui i nervi di secondo ordine lasciano il midollo dall'ultima vertebra cervicale e prima toracica; queste fibre preganglionari scorrono e fanno sinapsi con il ganglio cervicale superiore. Le fibre continuano fino al plesso carotideo ed entrano nell'orbita, o con la prima divisione del nervo trigemino (oftalmico), oppure indipendentemente, dove possono unirsi con i nervi ciliari brevi e lunghi.

La stimolazione dell'accomodazione avviene nella seguente sequenza di eventi:

1. i coni della retina sono stimolati dall'annebbiamento
2. la somma dei segnali di annebbiamento viene trasmessa attraverso lo strato magnocellulare del nucleo genicolato laterale alla corteccia visiva
3. la somma delle risposte delle cellule corticali formula il segnale di annebbiamento
4. il segnale viene trasmesso anche all'area parieto-temporale e al cervelletto per processare l'informazione
5. il segnale va al mesencefalo, ai nuclei oculomotori, ai nuclei di Edinger-Westphal dove viene formulato il comando
6. il comando motore viene trasmesso al muscolo ciliare tramite il nervo oculomotore, il ganglio ciliare e poi i nervi ciliari corti
7. viene cambiato lo stato di contrazione del muscolo ciliare
8. il cristallino si deforma per ottenere la messa a fuoco sulla retina dell'immagine e quindi una visione più chiara.

Associata alla risposta accomodativa vi sono i fenomeni della contrazione pupillare e convergenza, che avvengono per sincinesia e costituiscono la reazione al punto prossimo. La risposta accomodativa avviene per un cambio di vergenza della luce a livello retinico in seguito all'avvicinamento dell'oggetto. La miosi è una risposta riflessa e la configurazione del nervo oculomotore suggerisce che le tre funzioni siano collegate. Però la convergenza è solo uno dei fattori che influenzano l'accomodazione, come lo stimolo di convergenza non deriva integralmente dall'accomodazione (Flom 1960).

Gli oggetti situati a diverse distanze nello spazio sono percepiti singoli grazie alla capacità degli occhi di mutare il loro allineamento nello spazio. Per ottenere la visione binoculare singola è necessario che le due fovee, che sono i punti retinici corrispondenti, siano allineate sullo stesso oggetto di interesse, per cui si dice che i due occhi convergono sul medesimo oggetto. Nell'utilizzo quotidiano degli occhi è necessario che la convergenza e l'accomodazione funzionino in armonia

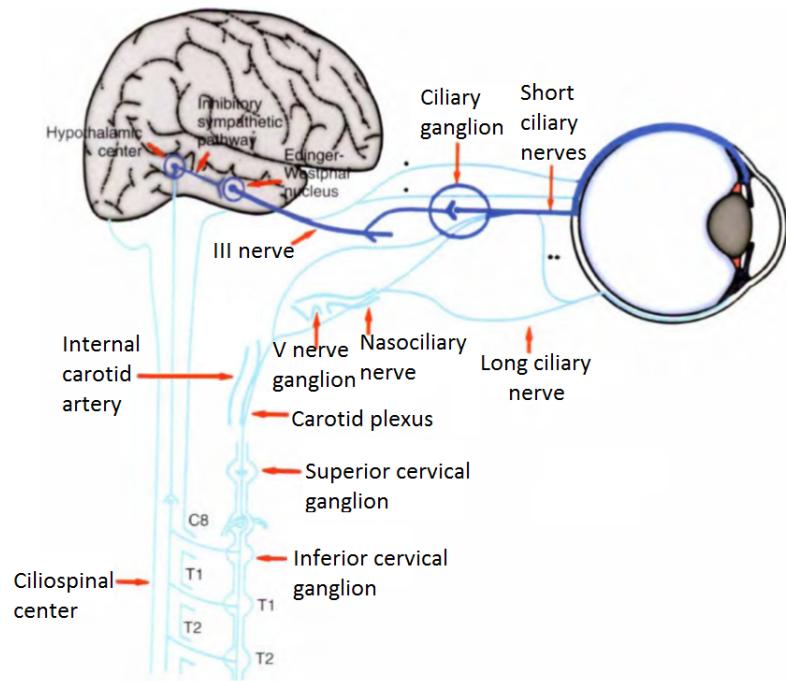


Figura 1.11: Vie parasimpatica e simpatica del muscolo ciliare
Vie parasimpatica e simpatica del muscolo ciliare

per consentire una nitida visione binoculare singola. Quando gli occhi convergono si ha la stimolazione indotta dell'accomodazione, chiamata accomodazione convergente. Se un occhio o gli occhi accomodano sopravviene una stimolazione della convergenza, che prende il nome di convergenza accomodativa. Convergenza e accomodazione, abbiamo detto essere collegate, ma con un certo grado di libertà. Infatti la convergenza continua ad essere funzionante anche in persone presbiti con ridottissima capacità accomodativa, mentre il giovane ipermetropo è abituato ad utilizzare una quantità di accomodazione in eccesso alla quantità utile di convergenza. L'ammontare di accomodazione utilizzabile senza mutamento della convergenza si chiama accomodazione relativa. Allo stesso modo la quantità di convergenza che può variare mantenendo l'accomodazione stabile, è detta convergenza relativa.

1.2.3 Fusione e binocularità

La visione singola, in condizioni binoculari, è permessa dal fatto che per ogni elemento retinico stimolato da uno dei due occhi esiste un corrispondente elemento

CAPITOLO 1. SISTEMA VISIVO

retinico nell'altro occhio con la stessa localizzazione spaziale. L'elemento retinico è l'insieme delle strutture che elaborano la sensazione visiva in risposta alla stimolazione di un'area unitaria della retina. Ciascun elemento retinico localizza lo stimolo in una determinata direzione detta "direzione visiva della percezione", e la linea che unisce il punto fissato con la fovea è la linea principale di direzione. La visione binoculare avviene in due fasi. La prima, la visione monoculare simultanea, è dovuta alla stimolazione visiva dei due occhi. La seconda è la fusione delle due percezioni monoculari in una percezione singola a livello della corteccia occipitale.

Ciascun recettore retinico ha nell'altra retina un corrispondente recettore con la stessa localizzazione spaziale. Punti retinici con la stessa localizzazione spaziale sono detti "punti retinici corrispondenti". La corrispondenza retinica spiega la visione binoculare singola, cioè la fusione sensoriale, che è un complesso meccanismo fisiologico attraverso il quale le immagini che colpiscono le due retine in punti corrispondenti, dopo essere giunte alla corteccia visiva, vengono percepiti come un'unica immagine che rappresenta la fusione delle due immagini primitive. La superficie immaginaria nello spazio composta da tutti i punti le cui immagini cadono su punti retinici corrispondenti è detta oroptero. La fusione può avvenire anche in caso l'immagine non colpisca la retina in punti retinici perfettamente corrispondenti, l'importante è che si trovino all'interno dell'area di panum, l'area intorno all'oroptero in cui possono trovarsi gli oggetti per essere visti singoli. La disparità tra le immagini che vengono fuse entro i limiti dell'area di panum costituisce la base fisiologica per la percezione della stereopsi.

Stereopsi

La stereopsi è la capacità di fondere immagini leggermente differenti percepiti da ciascun occhio durante l'osservazione di un oggetto tridimensionale. La fusione avviene se vengono stimolati punti retinici corrispondenti o con piccole disparità, in modo che non creino diplopia. La fusione può essere motoria o sensoriale, la prima porta a un aggiustamento della posizione dei due occhi per centrarsi sul punto di fissazione, mentre la seconda è un'integrazione mentale dei segnali provenienti dai due occhi. Per mantenere la fusione sensoriale è necessario che i due occhi siano sempre bene allineati e che le loro direzioni visive principali si incontrino nel punto di fissazione, se non dovesse succedere avverrebbe la diplopia. Per osservare gli oggetti a diverse distanze si effettuano movimenti coordinati degli occhi che possono essere volontari o riflessi. Gli occhi possono compiere movimenti coniugati (versioni) dove ruotano nella stessa direzione e con la stessa ampiezza, oppure non

coniugati (vergenze) dove si muovono in direzione opposta per spostare nello spazio il punto di intersezione degli assi visivi. Quando osserviamo un oggetto lontano e poi lo avviciniamo, avviene il fenomeno della convergenza. La convergenza può essere misurata in diottrie prismatiche, che è quella quantità di prisma in grado di determinare lo spostamento del raggio di luce di 1 cm alla distanza di 1 m. Come detto prima, l'accomodazione e la convergenza interagiscono. Può avvenire la risposta in convergenza prodotta da un'unità di stimolo accomodativo e può essere espressa tramite il rapporto convergenza accomodativa/accomodazione (AC/A), che misura la capacità di risposta della funzione di convergenza alla stimolazione di una unità di accomodazione. L'accomodazione e la convergenza sono controllate da due sistemi differenti: autonomo per l'accomodazione e volontario o scheletrico per la convergenza. Per avere una visione binoculare efficiente queste due componenti devono funzionare in armonia.

Eteroforie

La visione binoculare può essere mantenuta in presenza di una perfetta coordinazione dell'apparato neuromuscolare dei due occhi, però essendo un sistema complicato, raramente si ha questa condizione. Anche in assenza di una adeguata centratURA, però, è possibile mantenere gli occhi allineati sull'oggetto grazie ai riflessi fisionomi compensatori. Le condizioni che ne richiedono l'uso sono le "eteroforie o strabismo latente", se il riflesso è assente, allora si ha "strabismo manifesto", se si presenta saltuariamente allora si ha "strabismo intermittente o tropia". Le forie possono essere di tre tipi in base alla direzione della deviazione:

ortoforia: quando gli occhi sono centrati senza l'utilizzo di sforzi fisionomi

exoforia: quando, interrompendo la fusione con un mezzo dissociatore, gli occhi non rimangono allineati al punto di fissazione, ma uno devia verso l'esterno (tempia)

sotoforia: quando gli occhi, in condizione di dissociazione, deviano verso l'interno (naso)

Disparità di fissazione

Si è detto che la fusione può avvenire per punti retinici disparati, a patto che si trovino nell'area di Panum. In caso di eteroforia le immagini possono non stimolare esattamente le due fovee, ma la disparità può essere lieve e gli occhi

CAPITOLO 1. SISTEMA VISIVO

possono deviare solo di un'entità pari alla disparità di fissazione. La disparità di fissazione è una condizione presente in eteroforici con visione binoculare singola, rappresenta quindi l'ammontare di slittamento retinico consentito all'eteroforico nel limite della visione binoculare.

Capitolo 2

La postura e ciò che la influenza

La posturologia studia l'essere umano nel suo ambiente vitale ed è la prima a servirsi dei riflessi posturali per l'analisi di patologie funzionali. La postura è definita come "il modo di stare in equilibrio nelle varie posizioni", ed esprime una funzione relativa ai modi e alle capacità del corpo umano di acquisire e mantenere tutte le posizioni, conservando l'equilibrio¹. Il sistema dell'equilibrio può essere considerato un sistema complesso e aperto: complesso perché costituito da un insieme di sottoinsiemi reciprocamente interrelazionati, aperto perché ciascuno di essi interagisce con l'ambiente e con la situazione in atto. Ogni componente del sistema è in rapporto con tutte le altre parti che lo costituiscono e va incontro a modificazioni, conseguentemente alle variazioni di queste ultime, al fine di costruire un insieme funzionale stabile. Il sistema che regola la staticità del corpo nello spazio è il sistema tonico posturale. Il Sistema-Tonico-Posturale (STP) è un sistema cibernetico, un circuito che necessita di un'afferenza (input), proveniente dagli esterocettori e propriocettori, di centri superiori di modulazione, integrazione, pianificazione, risposta, controllo e di un'efferenza (output) che traduce il segnale elaborato dai centri superiori in gesto motorio. Il suo studio consente di discriminare al meglio fra gli elementi determinanti la causa primaria di una sindrome patologica. Le strutture recettoriali concorrono nell'apportare informazioni posturali, che, una volta elaborate, migliorano l'equilibrio muscolare. Queste sono:

- occhio: la formazione dell'immagine retinica fornisce all'individuo informazioni relative ai suoi movimenti nello spazio. I recettori visivi sono i coni e i bastoncelli che informano sulla situazione ambientale

¹R. Ciancaglini, R. Gelmetti, E. Lazzari "Evoluzione degli studi sulla relazione tra occlusione e postura" da Mondo Ortodontico gennaio 2008

CAPITOLO 2. LA POSTURA E CIÒ CHE LA INFLUENZA

- apparato stomatognatico
- sistema vestibolare: endolinfa e otoliti dell'orecchio interno determinano importanti adeguamenti del sistema posturale in relazione alle tre dimensioni dello spazio, da coordinare/integrare con le informazioni provenienti dagli apparati descritti precedentemente.
- recettori presenti sulla cute della pianta del piede

Il sistema posturale funziona come un insieme che ha lo scopo di lottare contro la forza di gravità per mantenere la posizione eretta equilibrando e coordinando le funzioni a seconda del fine. Ciascun recettore apporta le proprie specifiche informazioni che poi, rielaborate e integrate, daranno luogo allo schema posturale finale. Per realizzare queste funzioni neurofisiologiche, l'organismo utilizza informazioni provenienti sia dall'esterno (esterocettori: sensibili al tocco, alla pressione e al movimento) che dall'interno (enterocettori, propriocettori: danno informazioni sulle risposte statiche e dinamiche dei muscoli e sulle tensioni esercitate sui tendini).



Figura 2.1: Muscoli estrinseci dell'occhio

2.1 L'apparato stomatognatico

Il complesso stomatognatico svolge funzioni come la masticazione, la deglutizione, la fonazione, la digestione e la respirazione. Esso è formato da:

- una struttura ossea costituita dalle ossa mascellari e palatine, dalla mandibola, dall'articolazione temporo-mandibolare (ATM) e dalle arcate dentarie.
- da una struttura miofasciale, costituita dai muscoli masticatori e dai muscoli di contrappoggio della masticazione (trapezio, sternocleidomastoideo, sopra e sotto-ioidei)
- strutture legamentose

2.1. L'APPARATO STOMATOGNATICO

- innervazione sensitivo-motoria e neuro-vegetativa
- organo della lingua.

L'organo della lingua merita un approfondimento, poiché fornisce numerose informazioni posturali. Esso è costituito da una porzione anteriore (corpo) ed una posteriore (base), e dal frenulo linguale che collega la superficie ventrale della lingua con il pavimento del cavo orale, in corrispondenza della linea mediana. Nel corpo linguale si distingue l'apice (punta), una faccia superiore (dorso), una inferiore e due bordi laterali. I muscoli estrinseci presenti nella lingua sono: genioglosso (protusore), ioglosso (abbassatore, retrattore), stiloglosso (elevatore e retrattore), palatoglosso (elevatore del corpo), faringoglosso e condroglosso. I muscoli intrinseci sono composti da sistemi di fascetti muscolari detti longitudinali superiore e inferiore, trasversale e verticale. I muscoli intrinseci regolano la forma, mentre gli estrinseci determinano la posizione. L'innervazione motoria della lingua è data dal nervo ipoglosso, mentre quella sensitiva dal ramo linguale del nervo trigemino per i due terzi anteriori, dal glossofaringeo per la base e dal nervo laringeo superiore del nervo vago per la zona glossoepiglottica. La lingua è coinvolta nelle attività di masticazione, deglutizione e fonazione. Vi sono dei recettori che permettono di controllare la postura della lingua, questi sono: corpuscoli di Meckel, di Pacini, di Meissner, di Ruffini e i propriocettori. La capacità di riconoscere la posizione della lingua e delle strutture anatomiche circostanti, dipende dalle afferenze sensoriali.

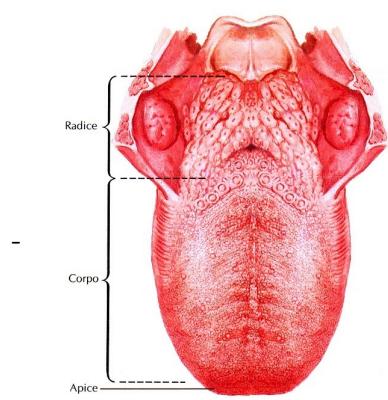


Figura 2.2: Struttura della lingua

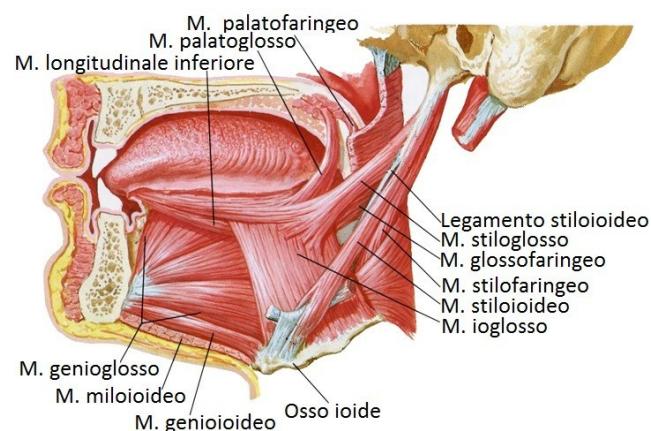


Figura 2.3: Muscoli estrinseci della lingua

CAPITOLO 2. LA POSTURA E CIÒ CHE LA INFLUENZA

Dagli studi di Ferrante², emerge che, in condizioni fisiologiche, la lingua a riposo deve essere posizionata con l'apice a contatto del palato, subito dietro la papilla retroincisiva, punto corrispondente allo spot linguale, ossia all'emergenza della seconda branca trigeminale dal foro naso-palatino. Lo spot è situato precisamente tra la papilla interdentale, che si trova nella parte mediana del palato duro, subito dietro gli incisivi superiori, e la prima ruga palatina. Di fondamentale importanza per la definizione dello spot e del suo ruolo, sono gli studi di Halata e Baumann (1999)³, in cui venne indagata l'innervazione sensitiva del palato duro nel macaco Rhesus, dimostrando che nel punto comunemente chiamato spot palatino è presente una quantità elevatissima di cinque diversi esterocettori. La postura linguale e la compressione dello spot ad ogni atto deglutorio comportano la stimolazione dei recettori naso-palatini che continuano ad informare il quinto paio dei nervi cranici. La stimolazione dello spot risulta, quindi, di fondamentale importanza anche durante la funzione deglutoria. Durante la fase orale della deglutizione i denti vengono a contatto tra loro (massima intercuspidazione) grazie ai muscoli masseteri e temporali, la lingua prende progressivamente contatto con il palato duro a partire dallo spot con movimento antero-posteriore. Il contatto in massima intercuspidazione tra le arcate dentarie durante la fase deglutoria appena descritta risulta di notevole importanza, perché ciò permette di conferire grande stabilità alla mandibola e, di conseguenza, la lingua avrà la possibilità di compiere un movimento identico e ripetibile, permettendo alla deglutizione di generare un input meccanico e neurologico sempre uguale.



Figura 2.4: Lo spot palatino

Tutti gli elementi elencati precedentemente condizionano l'occlusione, cioè il rapporto tra denti superiori e inferiori, i quali dovrebbero cooperare perfettamente. Ciò non avviene quando vi sono delle disfunzioni derivanti da traumi diretti o a

²Ortodonzia.net (Internet). L'importanza della deglutizione nell'ambito gnatologico e posturale. Dott. Antonio Ferrante (consultato il 24 agosto 2015). Disponibile all'indirizzo www.ortodontia.net/deglutizione

³Halata Z e Baumann KI, Sensory nerve endings in the hard palate and papilla incisiva of the rhesus monkey, ANAT EMBRYO, 199(5), 1999, pp. 427-437

2.2. INFLUENZA DELL'OCCHIO E DELL'APPARATO STOMATOGNATICO SULLA POSTURA

distanza che possono creare condizioni che disturbano l'equilibrio della struttura e della funzione stomatognatica con ripercussione neuro-muscolare locale o posturale. L'apparato stomatognatico è anche un recettore posturale, cioè un organo che invia le informazioni al cervello su come interpretare lo spazio. Numerose ricerche cliniche dimostrano come un disturbo dell'equilibrio occlusale si ripercuota verso l'insieme del sistema posturale, e viceversa.

L'apparato stomatognatico presenta infatti molti recettori:

- meccanocettori capsulari, presenti soprattutto nella zona posteriore della capsula. La loro scarica al sistema nervoso centrale permette l'attivazione dei muscoli della mandibola che ne riadattano la postura in base all'informazione inviata. Con il tempo, questo meccanismo cronico provocherà disfunzioni che coinvolgono muscoli di contro-appoggio come trapezio e sternocleidomastoideo, i quali funzionano in sinergia con l'occhio.
- recettori muscolari dentali che sono in grado di rispondere a stimoli infinitesimali. In caso di disfunzione patologica le risposte del sistema nervoso centrale coinvolgono non solo i muscoli dell'apparato stomatognatico, ma anche la muscolatura degli altri distretti come lingua, testa, colonna cervicale.

2.2 Influenza dell'occhio e dell'apparato stomatognatico sulla postura

Disfunzioni all'apparato stomatognatico o all'occhio possono creare perturbazioni al sistema posturale, costringendolo a riadattarsi.

La struttura dell'occhio è deputata alla conversione dell'immagine. La possibilità di correzione è relativa, abbastanza limitata e dipende dalle possibilità adattative di messa a fuoco. Questa funzione dipende da: forma dell'occhio, elasticità e trasparenza del cristallino. Riguardo la funzione oculomotoria, l'occhio, grazie alla muscolatura estrinseca, può essere allungato, stirato e compresso da un'alterata azione di questi muscoli. A causa di questi cambiamenti possono verificarsi difetti nella convergenza o alterazioni nella sovrapposizione delle immagini. Quindi fra le patologie oculari che possono intervenire nel determinare uno squilibrio tonico posturale si riconoscono: disturbi di rifrazione, disturbi di convergenza ed eteroforie. In particolare i disturbi di convergenza e del parallelismo determinano delle necessità di integrazione dello schema corporeo, il quale dovrà scegliere uno schema alternativo a quello ottimale. Il fatto di avere un'eccellente visione non esclude che possa esservi il difetto di convergenza o parallelismo.

CAPITOLO 2. LA POSTURA E CIÒ CHE LA INFLUENZA

L'apparato stomatognatico, come precedentemente descritto, è caratterizzato da diverse strutture che agiscono in armonia per svolgere differenti funzioni (parlare, masticare, deglutire). In particolare l'articolazione temporomandibolare (ATM) contrae connessioni muscolari e lagamentose con la regione cervicale, creando un complesso funzionale chiamato sistema cranio-cervico-mandibolare. Il sistema stomatognatico è connesso alla postura grazie all'esistenza delle catene muscolo-fasciali. La fascia è il tessuto connettivo fibroso che, organizzato in foglietti e setti, separa ed unisce ogni parte del corpo. Essa presenta anche una contrattilità autonoma che influenza la postura dell'intero corpo a causa del pre-tensionamento della catena miofasciale. La catena miofasciale è un gruppo di muscoli interconnessi attraverso la fascia. La sua esistenza può spiegare perchè disordini di funzioni muscolari come masticazione e deglutizione possono essere trasmesse a distanza nel corpo umano. Sempre per questo alterazioni funzionali di una parte del corpo possono creare disordini in un'altra.

2.2.1 Ripercussioni dello SMOF sul sistema visivo

Definiamo lo Squilibrio Muscolare Oro-Facciale (SMOF) come un'alterazione dell'equilibrio delle strutture del complesso bucco-facciale, quindi dell'apparato stomatognatico, che può essere causata da:

- mancato passaggio dalla deglutizione infantile a quella adulta con la corretta postura linguale e quindi corretta deglutizione
- malocclusioni dentali
- respirazione orale, a causa di patologie o di allergie
- scorretta postura della lingua determinata da vizi orali (succiamento del pollice, prolungato uso del ciuccio o biberon..)
- traumi o ferite al complesso oro-facciale
- disfunzioni del sistema nervoso centrale⁴

Le conseguenze dello SMOF e in particolare della funzione deglutoria si ripercuotono sia sulla postura che su altri distretti corporei. La deglutizione, attraverso la stimolazione trigeminale, può interferire con i recettori posturali principali, tra cui l'occhio. Il motivo per cui i recettori occhio e bocca si influenzano reciprocamente è descritto dalla via OCULOCEFALOGIRA. Essa è costituita da:

⁴<http://www.gruppocdc.it/pazienti/prestazioni/laboratorio-analisi-cliniche/chimica-clinica-tossicologica/7-cdc/cdc-ita/314-trattamento-dello-squilibrio-muscolare-oro-facciale>

2.2. INFLUENZA DELL'OCCHIO E DELL'APPARATO STOMATOGNATICO SULLA POSTURA

- una via ascendente, che trasporta le informazioni propriocettive dai recettori paradontali delle arcate superiori e dai recettori dello spot palatino al nucleo mesencefalico del trigemino e da qui proietta ai nuclei del III, IV, VI nervo cranico
- una via discendente, dove le afferenze provenienti dall'apparato stomatognatico, proiettano le informazioni al nucleo mesencefalico del trigemino, il quale comunica con il nucleo accessorio spinale, nelle corna anteriori del midollo cervicale (C1-C5). Da qui parte il nervo accessorio (XI) che innerva il muscolo trapezio superiore e lo SCOM (sterno-cleido-occipito-mastideo). Inoltre dai muscoli oculomotori partono fibre che arrivano ai nuclei oculomotori e poi raggiungono il nucleo del trigemino, il quale è coinvolto anche nell'apertura e chiusura della mandibola e nella masticazione.

Un disturbo visivo (foria, insufficienza accomodativa, ipoconvergenza, ecc..) può influenzare l'occlusione dentale attraverso variazioni della posizione della testa mediate dal sistema oculocefalogiro ed atte al compenso funzionale della patologia. Però è vero anche che una malocclusione può determinare una posizione viziata della testa, quindi il sistema visivo dovrebbe adattarsi alla nuova posizione e modificherebbe il suoi parametri. Quindi sebbene l'apparato stomatognatico e il sistema visivo siano funzionalmente distinti, esiste una correlazione sia a livello neurofisiologico, per la comunicazione dei nervi trigemino, oculomotore e accessorio, sia a livello neuromuscolare, per le catene muscolo-connettivali (catene miofasciali)⁵

⁵<https://alessandrogarlinzoni.wordpress.com/2016/10/28/perche-l-occhio-influenza-la-postura/>

CAPITOLO 2. LA POSTURA E CIÒ CHE LA INFLUENZA

Capitolo 3

Ricerca

3.1 Ricerca e protocollo

L'interesse per le relazioni tra occhio, postura e apparato stomatognatico sta crescendo, come dimostra la letteratura scientifica dell'ultimo decennio e l'approccio dei clinici a riguardo. In particolare le ricerche riportano la presenza di un'associazione clinica tra le malocclusioni dentali e i difetti di convergenza, come descritto da Silverstrini-Biavati et al. 9 Bilello et al. hanno condotto uno studio che ha portato a verificare la correlazione tra sistema stomatognatico e oculomotore, notando la presenza di eteroforie o eterotropie e difetti di convergenza in persone con malocclusioni dentali 10 . Un'altra ricerca condotta da Monaco ed al. suggerisce la correlazione tra difetti di refrazione e malocclusioni, in particolare: l'incidenza di astigmatismo e ipermetropia è maggiore in soggetti con prima classe dentaria, mentre la miopia è maggiore per soggetti con seconda classe 11 .

In seguito alla lettura di questi studi e all'approfondimento delle connessioni nervose presenti tra i due sistemi, è nata l'idea di questa ricerca. Essa propone di verificare il cambiamento del sistema visivo in seguito al trattamento logopedico e osteopatico dell'apparato stomatognatico in soggetti con disfunzioni primarie orofacciali. Ciò che si vuole verificare è che la riabilitazione delle disfunzioni orofacciali porti a un miglioramento dei difetti visivi della persona. Per difetto visivo si intende: anomalie refrattive, accomodative, muscolari, di convergenza e stabilità. Lo svolgimento della ricerca è stato effettuato a Brescia presso il negozio di ottica Ottico Bertella e in collaborazione con l'ambulatorio della dottoressa Alice Delbono (logopedista) e il dottor Stefano Grassotti (osteopata, fisioterapista), nei mesi da settembre 2016 a gennaio 2017. Sono stati coinvolti tutti i soggetti

CAPITOLO 3. RICERCA

affluenti presso l'ambulatorio e i conoscenti della laureanda e dei collaboratori, per un totale di 93 persone. Tra questi sono stati selezionati complessivamente 19 soggetti che rispettavano i criteri di inclusione e si sono rivelati disponibili alla partecipazione e all'impegno. Questi sono stati divisi in gruppo sperimentale e gruppo di controllo in base alle scelte dei singoli.

3.2 Materiali e metodi

Sono stati selezionati 19 soggetti con primarietà deglutoria e squilibrio muscolare oro-facciale di età media di 25 anni: 10 appartenenti al gruppo sperimentale, 9 appartenenti al gruppo di controllo. Sono stati esclusi:

- Soggetti con terapia logopedica per la rieducazione della deglutizione in corso
- Soggetti con malattie neurodegenerative
- Soggetti non collaboranti (deficit cognitivi, bambini sotto i 6 anni)

Entrambi i gruppi sono stati sottoposti ad una valutazione osteopatica-posturale iniziale, dove si è risaliti alla disfunzione primaria linguale e deglutoria. Si parla di disfunzione primaria linguale e deglutoria quando l'alterazione della funzione linguale genera la disfunzione di altri recettori del STP a cascata, per motivi prevalentemente neurologici (connessioni tra nuclei della base dei diversi nervi cranici, in particolare III, IV, V, VI, XI nervi cranici).

Successivamente ciascun soggetto è stato valutato dal punto di vista optometrico. La valutazione è stata ripetuta a distanza di tre mesi per il gruppo di controllo e prima e dopo il trattamento logopedico-osteopatico di tre mesi per il gruppo sperimentale. Essa comprendeva i seguenti test:

- Refrazione
- Stereopsi lontano e vicino
- Foria ambientale lontano, con il metodo di Howell
- Punto prossimo di convergenza effettuato nelle posizioni: diritto, basso e alto
- Foria ambientale da vicino con il metodo di Howell, effettuato nelle posizioni: diritto, basso, alto
- Cover test nelle 9 posizioni di sguardo con quantificazione con prismi
- Ampiezza accomodativa tramite metodo push up
- Disparità di fissazione con Wesson Card
- MEM

3.2. MATERIALI E METODI

3.2.1 Svolgimento della ricerca

3.2.1.1 Test posturali per stabilire primarietà linguale

I test posturali esplorano i riflessi neurofisiologici del STP e permettono di ottenere informazioni sul cambiamento della postura, della simmetria del tono e della forza muscolare, stimolando o inibendo l'attività dei recettori posturali. A seguito della stimolazione o inibizione può verificarsi il miglioramento o peggioramento della funzione indagata (per esempio della simmetria del tono muscolare) a seconda di quale recettore viene considerato.

Nella ricerca sono stati utilizzati diversi test posturali, tra cui il “test degli indici” che “studia le simmetrie del tono muscolare attraverso modificazioni delle informazioni recettoriali”¹² Si inizia proponendo il test di base posizionando il soggetto in stazione eretta con denti non a contatto e piedi in posizione neutra. Si chiede quindi di anteporre gli arti superiori con gli indici in avanti. L'arto più indietreggiato segnala un aumento omolaterale del tono dei muscoli estensori della colonna vertebrale. Dopo aver eseguito il test di base si verifica l'adattamento fra i diversi recettori e il sistema tonico posturale in vari modi, ad esempio:

- si chiede di guardare a destra e a sinistra per attivare la muscolatura estrinseca oculare e il sistema oculogiro. In fisiologia eseguendo questo test si ha un aumento del tono muscolare contro laterale con arretramento dell'arto. Ad esempio: la rotazione degli occhi a sinistra fa aumentare il tono dei muscoli estensori di destra, quindi arretra l'arto superiore di destra. Se ciò non avviene si rileva un problema di oculomotricità non adattato dal STP, quindi il risultato del test si definisce positivo.
- si chiede al soggetto di protrudere la lingua e di deviarla a destra e a sinistra per valutare la risposta del STP rispetto al recettore linguale. Ad esempio se in un soggetto, quando protrude la lingua, il test di base risulta modificato significa che vi è una probabile disfunzione linguale che interferisce sul STP, quindi il risultato del test è positivo.

Al termine della valutazione si possono osservare diversi risultati positivi, ad esempio in un soggetto si può trovare una positività sia al test del sistema oculogiro che al test del recettore linguale. Diventa necessario quindi stabilire quale sia il recettore che interferisce maggiormente con il STP (disfunzione primaria) e che porta in disfunzione anche l'altro recettore (disfunzione secondaria).

Un recettore risulta primario se, dopo averlo stimolato, porta ad un miglioramento degli altri recettori. Ad esempio se si ha sia positività del recettore oculare

CAPITOLO 3. RICERCA

sia positività del recettore linguale si può effettuare uno stretching della lingua e, in seguito, verificare con il test degli indici se i test descritti sopra sono diventati negativi. Se ciò avviene si ha una primarietà linguale e la disfunzione del recettore oculare risulta secondaria alla disfunzione linguale. Se invece dopo lo stretching linguale il test sul recettore linguale risulta negativo a occhi chiusi mentre positivo ad occhi aperti, allora la disfunzione del recettore oculare è primaria sulla disfunzione linguale.

3.2.1.2 Test per visita optometrica

Per tutti i test, eccetto la refrazione, è stato utilizzato l'eventuale occhiale che sarebbe stato indossato durante il periodo di trattamento. Laddove il soggetto avesse cambiato correzione senza preavviso, i test pre e post trattamento sono stati effettuati con le stesse lenti. Inoltre è stato valutato il grado di fatica (da 1 che indica assenza di fatica a 5 che indica molta fatica) provato durante lo svolgimento di ogni test.

Refrazione: la refrazione è stata effettuata tramite il metodo della sospensione foveale, laddove il soggetto non presentava fastidi. In alternativa è stato effettuato il test 7 con il forottero. Il risultato riportato è dato dalla lente che permetteva la migliore acutezza visiva e il migliore bilanciamento binoculare per il soggetto.

Stereopsi: è stato utilizzato per vicino il test della mosca di Titmus a 40 cm, in particolare si fa riferimento al test con cerchi per la percezione della profondità (da 800 a 40 sec).



Figura 3.1: Test Mosca di Titmus

3.2. MATERIALI E METODI

Foria ambientale: lo scopo era di individuare il disallineamento degli assi visivi in condizione di dissociazione da lontano e vicino. È stata utilizzata la Howell Card a 40 cm, con un prisma di 6° base alta. Da vicino si è valutata la foria in posizione: basso (circa 45 sotto lo sguardo), diritto, alto (circa 45 sopra lo sguardo).

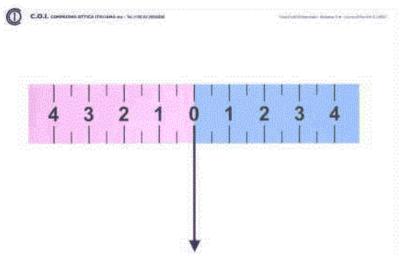


Figura 3.2: Howell card lontano

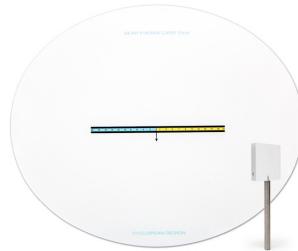


Figura 3.3: Howell card vicino

Punto prossimo di convergenza (PPC): l'obiettivo era di valutare il punto di rottura e recupero della binocularità del soggetto, quindi comprendere la sua stabilità e capacità di recupero della binocularità. Si è voluto valutare come varia il PPC nella posizione in basso, diritto e in alto. È stato utilizzato come target una penlight e si chiedeva di osservare la luce finché non si fosse sdoppiata e riferire poi quanto tornava singola.

Cover test: il test è stato utilizzato per valutare e quantificare in modo oggettivo il funzionamento e la stabilità della muscolatura estrinseca dell'occhio. È stato effettuato mostrando la penlight ad una distanza di circa 30 cm nelle 9 posizioni di sguardo, seguendo l'H diagnostica, in modo da poter valutare la stabilità conferita dai muscoli oculari. L'instabilità è stata quantificata con l'utilizzo dei prismi Base Interna per le exoforie/tropie, Base Esterna per le esoforie/tropie.

CAPITOLO 3. RICERCA

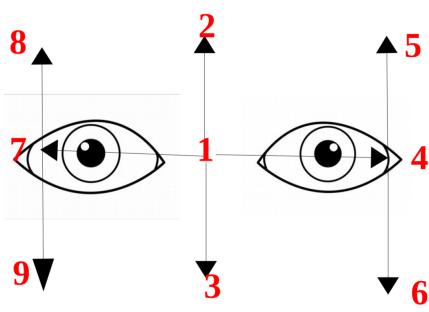


Figura 3.4: Indicazione posizione di sguardo indagate

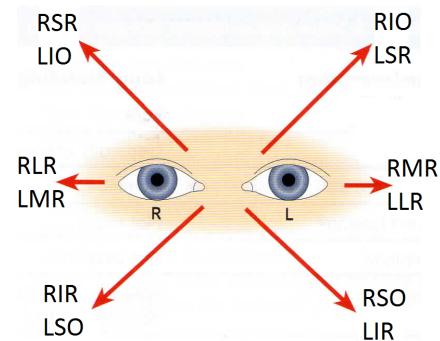


Figura 3.5: Muscoli stimolati nelle varie posizioni di sguardo

Aampiezza Accomodativa: lo scopo era di valutare la capacità accomodativa del soggetto, tenendo conto dell'età. È stato utilizzato il metodo Push up per occhio destro, sinistro e binoculare, utilizzando come target i numeri della bacchetta di Lang e quantificando in centimetri.



Figura 3.6: Bacchetta di Lang per l'ampiezza accomodativa

Disparità di fissazione: utilizzata per valutare la posizione degli assi visivi in condizioni di binocularità. È stata mostrata la Wesson Card a 25 cm, con occhiali polarizzati e quantificata in minuti d'arco.

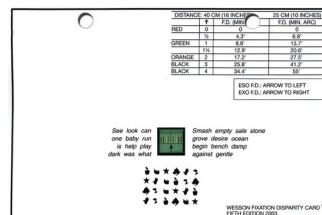


Figura 3.7: Wesson card

3.2. MATERIALI E METODI

MEM: il test è stato effettuato per valutare la posizione del piano accomodativo del soggetto, quantificato con lenti positive per LAG e negative per LEAD.

3.2.1.3 Valutazione e trattamento dello SMOF

La valutazione del soggetto con squilibrio muscolare orofacciale comprende:

1. Raccolta anamnestica

- Anamnesi familiare
- Anamnesi fisiologica sono state poste domande su: allattamento, presenza di abitudini viziate e parafunzioni, tipo di alimentazione, atteggiamenti posturali scorretti
- Anamnesi patologica si è indagata la presenza di patologie che possono aver facilitato l'esordio di una disfunzione muscolare orofacciale (traumi, carie, deviazioni del setto nasale o polipi nasali, allergie, frequenti infezioni delle vie respiratorie, otiti, perforazioni timpaniche)

2. Esame obiettivo, con lo scopo di valutare il tono e la funzione di distretti muscolari (orbicolare delle labbra, mentale, buccinatore, muscoli masticatori, muscoli del pavimento orale, muscoli linguali, nasali, diaframma, muscoli sopraioidei e sottoioidei)

3. Analisi delle funzioni dell'apparato stomatognatico (posizione linguale a riposo, durante l'atto deglutorio ed in fonazione, masticazione, tipo e modalità di respirazione)

Durante l'esame obiettivo si sono analizzate alcune caratteristiche del soggetto, quali la distanza naso-mento (se varia durante la deglutizione è un indice significativo di deglutizione deviata) e l'angolo cervico-pelvi-mandibolare (se ottuso potrebbe indicare deglutizione deviata).

Moyers distingue due tipi di deglutizione atipica:

- Con spinta semplice: contrazione dei muscoli periorali, contrazione degli elevatori mandibolari, spinta linguale anteriore, arcate dentali a contatto
- Con spinta complessa: contrazione dei muscoli periorali, nessuna contrazione degli elevatori mandibolari, spinta linguale anteriore con lingua e/o labbro inferiore interposto tra le arcate dentali che non giungono, così, a contatto.

CAPITOLO 3. RICERCA

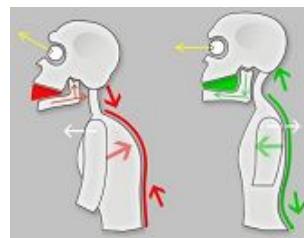


Figura 3.8: Differenza tra angolo cervico-pelvi-mandibolare ottuso (sinistra) e normale (destra)

Piano di trattamento

In seguito è stato svolto il trattamento logopedico dello squilibrio muscolare orofacciale che si fonda soprattutto sui principi e sulla pratica della Terapia Miofunzionale. Quest'ultimo è un metodo rieducativo volto al raggiungimento di un equilibrio nel tono dei muscoli oro-facciali e alla correzione delle funzioni di pertinenza stomatognatica, quali la deglutizione, la fonazione, la masticazione e la respirazione. Il termine di “Myofunctional Therapy” (MFT) è stato coniato da Lischer nel 1918 e proposto all’American Society of Orthodontists da Rogers. Questi focalizzò l’attenzione sul ruolo determinante che ha il comportamento neuromuscolare nei confronti dello sviluppo dento-scheletrico e della terapia ortodontica. La stimolazione della muscolatura orofacciale può correggere in parte o completamente alcune dismorfosi dentali. Infatti i muscoli vengono considerati come “apparecchi ortodontici viventi” e vanno pertanto rieducati per stabilizzare e migliorare i risultati che si possono ottenere mediante il trattamento ortodontico.

Il piano terapeutico seguito dai soggetti dello studio è diviso in 3 fasi:

1. allenamento della muscolatura orofacciale con esercizi di rinforzo/rilassamento e stretching. In questa prima fase si utilizzano strumenti per rinforzare il tono dell’orbicolare delle labbra come nell’ “esercizio del bottone”, in cui il soggetto deve posizionare un bottone legato ad un filo tra denti e labbra e tirarlo, facendo resistenza con le labbra.



Figura 3.9: Differenza tra angolo cervico-pelvi-mandibolare ottuso (sinistra) e normale (destra)

3.2. MATERIALI E METODI

Vengono proposti inoltre esercizi per allenare la postura linguale corretta, per esempio posizionando sull'apice della lingua un elastico ortodontico e chiedendo al soggetto di raggiungere e comprimere lo spot. Questo esercizio è utile anche per allenare l'atto degluttitorio corretto.



Figura 3.10: Indicazione posizione di sguardo
Figura 3.11: Muscoli stimolati nelle varie posizioni di sguardo



Gli esercizi vanno eseguiti dal soggetto anche a domicilio almeno una volta al giorno, annotando su una griglia fornita dalla logopedista le sessioni di esercizi eseguite quotidianamente.

2. si insegna al soggetto a deglutire utilizzando cibi solidi e liquidi. Questa fase necessita di maggiore impegno da parte del soggetto, perché durante il pasto deve porre spesso attenzione a come posiziona la lingua mentre sta masticando e deglutendo.

3. si effettuano controlli periodici per verificare se gli esercizi vengono eseguiti correttamente e se l'atto degluttitorio e la postura linguale vengono automatizzati in modo corretto.

Gli esercizi sono stati integrati con il trattamento osteopatico, il quale prevede un approccio globale ed uno locale. Il trattamento globale è stato indirizzato a correggere le disfunzioni più severe e strutturate valutate sul soggetto, interessanti l'apparato muscolo scheletrico e viscerale. Normalizzate queste, si passa ad un approccio mirato al distretto cefalico e alle strutture più intimamente correlate all'apparato stomatognatico dal punto di vista neurologico e tissutale. Si sono valutati e trattati specificamente le articolazioni della base e della volta cranica, il massiccio facciale, i muscoli masticatori, i muscoli sub-occipitali, muscoli sopra e sotto ioidei, il diaframma toracico.

CAPITOLO 3. RICERCA

3.3 Analisi Statistica

Per l'analisi statistica dei dati è stato utilizzato il software Libre Office Calc. È stata effettuata sia un'analisi descrittiva dei dati che un'analisi inferenziale. La prima parte mostra la descrizione del campione, la seconda parte riporta i dati in forma grafica confrontando le differenze presenti tra prima e seconda valutazione e tra trattati e non trattati per i test che hanno riportato cambiamenti più evidenti dei valori medi. È stata effettuata anche l'analisi inferenziale tramite il test di Wilcoxon, nonostante la bassa numerosità del campione. Però è proprio grazie al piccolo campione che si è potuta effettuare l'analisi dei singoli dati riscontrati. Infine sono descritti due casi clinici a titolo esemplificativo per testimoniare il cambiamento avvenuto in seguito al trattamento.

3.3.1 Analisi descrittive del campione

I 19 soggetti rientrati nello studio sono stati divisi in 10 nel gruppo sperimentale e in 9 nel gruppo di controllo. Dei 10 soggetti del gruppo sperimentale 7 sono di sesso femminile e 3 di sesso maschile e il 50% dei soggetti ha un'età inferiore o pari a 22 anni. Dei 9 soggetti del gruppo di controllo 4 sono di sesso femminile e 5 di sesso maschile e il 50% dei soggetti ha un'età inferiore o pari a 22 anni. Di seguito è riportata una sintesi delle caratteristiche dei soggetti che hanno partecipato alla ricerca:

	Maschio	Femmina	Totale
Numero	8	11	19
Età	20.13	25.82	
Min.	10	12	
Max.	31	55	
Dev. Std.	6.13	13.04	

Tabella 3.1: Dati a confronto dei tre casi considerati

3.3. ANALISI STATISTICA

	Trattati	Non trattati	Totale
Maschio	3	5	8
Femmina	7	14	11
Totale	10	9	19
Età	25.10	21.56	
Dev. Std.	14.52	4.42	
Mediana	22	22	

Tabella 3.2: Dati a confronto dei tre casi considerati

Di seguito è stato riportato il calcolo e l'analisi dei valori medi del campione sperimentale.

La Tabella 3.3 riporta i valori di media, mediana e moda per tutti i test effettuati, confrontando i dati della prima valutazione (medie 1, mediane 1, mode 1) con i dati della seconda valutazione (medie 2, mediane 2, mode 2) per i soggetti sottoposti al trattamento.

CAPITOLO 3. RICERCA

	Medie 1	Medie 2	Mediane 1	Mediane 2	Mode 1	Mode 2
Sfero OD	-0.05	-0.40	0.13	0.00	0.00	0.00
Cilindro OD	-0.45	-0.35	0.00	0.00	0.00	0.00
Sfero OS	-0.20	-0.35	0.13	0.00	0.00	0.00
Cilindro OS	-0.43	-0.33	0.00	0.00	0.00	0.00
Foria L	0.00	0.05	0.00	0.25	0.00	0.50
Stereo L	184.00	190.00	30.00	30.00	30.00	30.00
PPC diritto	9.60	4.30	5.50	5.00	3.00	0.00
PPC alto	10.70	9.10	6.00	6.00	6.00	0.00
PPC basso	7.80	1.10	0.50	0.00	0.00	0.00
Foria V alto	2.50	3.35	2.00	1.50	2.00	0.50
Foria V diritto	1.90	2.35	1.50	1.50	1.00	1.00
Foria V basso	2.65	2.10	2.00	1.50	2.00	1.00
CT 1	7.40	6.60	7.00	6.50	2.00	6.00
CT 2	10.30	11.80	12.00	11.00	0.00	8.00
CT 3	3.30	3.40	0.00	2.00	0.00	0.00
CT 4	5.40	5.90	3.50	4.00	0.00	4.00
CT 5	10.10	11.90	9.50	9.00	0.00	8.00
CT 6	5.00	3.20	3.00	2.00	0.00	0.00
CT 7	11.70	7.00	8.50	6.00	0.00	6.00
CT 8	14.10	9.60	12.00	8.00	0.00	8.00
CT 9	3.30	6.60	0.00	5.00	0.00	4.00
AA OD	8.70	10.20	8.00	9.00	4.00	6.00
AA OS	11.00	10.70	8.50	8.50	8.00	5.00
AA OO	8.00	8.90	7.00	7.00	8.00	5.00
Stereo V	138.00	44.00	70.00	40.00	40.00	40.00
DF	19.51	15.11	13.70	13.70	6.90	13.70
MEM OD	0.85	0.88	1.00	1.00	1.00	1.25
MEM OS	0.95	0.78	0.88	0.88	0.75	0.25

Tabella 3.3: Valori medi del campione sperimentale

I dati che devono essere confrontati sono i valori della mediana, la quale ci informa che il 50% dei soggetti ha presentato un dato non superiore al suo valore. La ricerca si pone di osservare un miglioramento dei valori della seconda valutazione rispetto a quelli della prima. Per miglioramento si intende una riduzione del valore, il quale dovrebbe avvicinarsi allo 0, quindi la differenza tra i dati pre e post trattamento deve essere maggiore di 0. Osservando la variazione della mediana quindi si può supporre che almeno la metà dei soggetti abbia riportato una riduzione del valore e quindi un miglioramento. I seguenti test riportano la presenza

3.3. ANALISI STATISTICA

di un cambiamento positivo nella mediana almeno di 0,50 unità:

- Punto prossimo di convergenza diritto e basso
- Foria vicino alto e basso
- Cover test in posizione 1 (diritto, nessun muscolo stimolato)
- Cover test in posizione 2 (alto in centro; stimolazione: retti superiori entrambi gli occhi)
- Cover test in posizione 5 (in alto a sinistra; stimolazione: retto superiore OS, obliquo inferiore OD)
- Cover test in posizione 6 (in basso a sinistra; muscoli stimolati: obliquo superiore destro e retto inferiore sinistro)
- Cover test in posizione 7 (a destra; muscoli stimolati: retto esterno destro, retto mediale sinistro)
- Cover test in posizione 8 (in alto a destra; muscoli stimolati: retto superiore destro, obliquo inferiore sinistro).
- Stereopsi vicino

I test che hanno riportato un minimo cambiamento positivo (0,25 unità) o nullo sono:

- cilindro e sfero
- Foria lontano
- Stereopsi lontano
- PPC alto
- Foria vicino diritto
- Ampiezza accomodativa OS

I test che hanno riportato un peggioramento sono:

- Cover test in posizione 3 (in basso al centro; stimolazione: retti inferiori entrambi gli occhi)
- Cover test in posizione 4 (a sinistra; stimolazione: retto laterale OS, retto mediale OD)
- Cover test in posizione 9 (in basso a destra; stimolazione: obliquo superiore OS, retto inferiore OD)
- Ampiezza accomodativa OD e binoculare
- Disparità di fissazione
- MEM

CAPITOLO 3. RICERCA

3.3.2 Analisi e discussione dei dati

In questa sezione verrà verificato se è possibile riscontrare un cambiamento statisticamente significativo tra gli esiti dei test effettuati prima e dopo il trattamento logopedico-osteopatico, utilizzando il test di Wilcoxon.

In particolare verranno analizzati i test: PPC diritto, CT in posizione 7, CT in posizione 8 e Stereopsi vicino. Questi sono infatti i test che hanno riportato un maggiore miglioramento dei valori medi, quindi si va ad osservare se esso può anche essere considerato statisticamente significativo. Il confronto statistico tra i dati della prima visita e della seconda valutazione è stato misurato utilizzando il test di Wilcoxon (Wilcoxon paired-sample test), il quale si applica nel confronto di dati appaiati quando la variabile in esame non è distribuita in maniera normale. Essa è l'equivalente per dati appaiati del test di Student e può essere effettuato anche per piccoli campioni. L'ipotesi nulla afferma che non ci sia stato alcun cambiamento tra il prima e dopo il trattamento. Il livello di significatività è stato posto a 0.05 e il test è a due code. Si considerano i valori della prima valutazione appaiati con quelli della seconda valutazione. In appendice sono riportati i dati ottenuti dalle valutazioni, calcolando la differenza tra pre e post trattamento. Se la differenza è positiva allora è stato riscontrato un miglioramento, se è pari a 0 allora la condizione è rimasta invariata, se è negativa significa peggioramento.

3.3.2.1 Punto prossimo di convergenza (PPC) diritto

Nella tabella 2 e nella tabella 3 sono mostrati i valori medi dei dati del punto di rottura del PPC in posizione diritta rispettivamente per il gruppo dei trattati e per il gruppo dei non trattati. Nella tabella 4 e 5 sono invece riportati i valori medi dei dati del punto di recupero per, rispettivamente, gruppo dei non trattati e gruppo dei trattati. Osservando le tabelle dei dati in appendice, in seguito al trattamento, si nota che nel gruppo sperimentale 5 (50%) soggetti hanno punti di rottura più vicini, uno (10%) rimane invariato, mentre 4 (40%) hanno punti di rottura più distali. 8 (80%) soggetti invece recuperano a una distanza minore, mentre 2 (20%) soggetti a distanza maggiore. A distanza di 3 mesi dalla prima visita nel gruppo di controllo si hanno 2 (22,2%) soggetti che riportano punti di rottura più ravvicinati, 2 (22,2%) rimangono invariati e 5 (55,5%) riportano valori più distali. Il punto di recupero per 3 (33,3%) soggetti del gruppo di controllo è più vicino, 1 (11,1%) è rimasto invariato mentre per 5 (55,5%) soggetti è più lontano.

3.3. ANALISI STATISTICA

	<u><u>Prima</u></u>	<u><u>Dopo</u></u>
Numeri dati	10	10
Media	9.60	4.30
Dev. Std.	11.81	3.40
Mediana	5.50	5.00
Moda	3.00	0.00
Errore Std.	12.49	3.61

Tabella 3.4: Dati gruppo sperimentale PPC rottura diritto

	Prima	Dopo
Numeri dati	9	9
Media	9.89	7.44
Dev. Std.	14.28	6.54
Mediana	6.00	5.00
Moda	0.00	\
Errore Std.	14.51	6.33

Tabella 3.5: Dati gruppo di controllo PPC rottura diritto

	<u><u>Prima</u></u>	<u><u>Dopo</u></u>
Numeri dati	10	10
Media	14.20	7.40
Dev. Std.	12.32	7.72
Mediana	9.00	7.00
Moda	8.00	0.00
Errore Std.	12.82	8.17

Tabella 3.6: Dati gruppo sperimentale PPC recupero diritto

	Prima	Dopo
Numeri dati	9	9
Media	13.56	10.33
Dev. Std.	16.36	7.75
Mediana	9.00	8.00
Moda	0.00	8.00
Errore Std.	16.45	7.30

Tabella 3.7: Dati gruppo di controllo PPC recupero diritto

Negli istogrammi sull'asse delle ascisse sono riportati i valori centrali degli intervalli che rappresentano i dati raccolti del punto di rottura/recupero, mentre sull'asse delle ordinate sono presenti le frequenze riscontrate per ogni intervallo. Sono riportati sia il grafico del gruppo sperimentale che quello del gruppo di controllo e le colonne blu si riferiscono ai dati della prima valutazione, mentre quelle rosse ai dati della seconda valutazione.

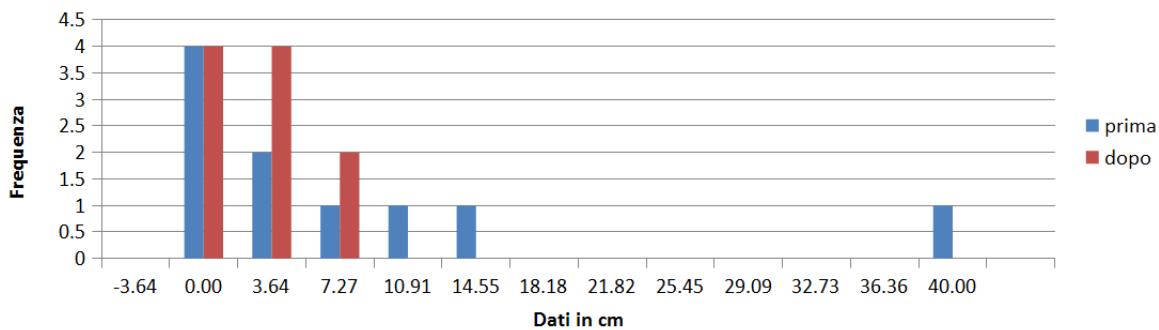


Figura 3.12: Grafico gruppo sperimentale per punto di rottura PPC (diritto): confronto tra prima e seconda valutazione

CAPITOLO 3. RICERCA

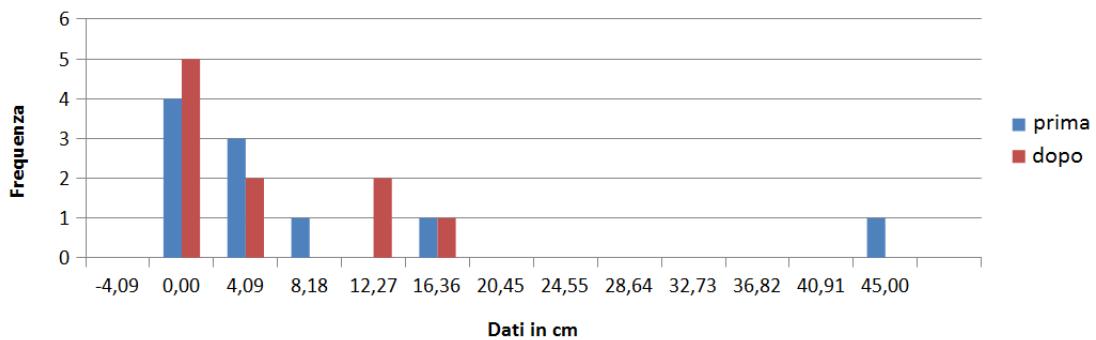


Figura 3.13: Grafico gruppo di controllo per punto di rottura PPC (diritto): confronto tra prima e seconda valutazione

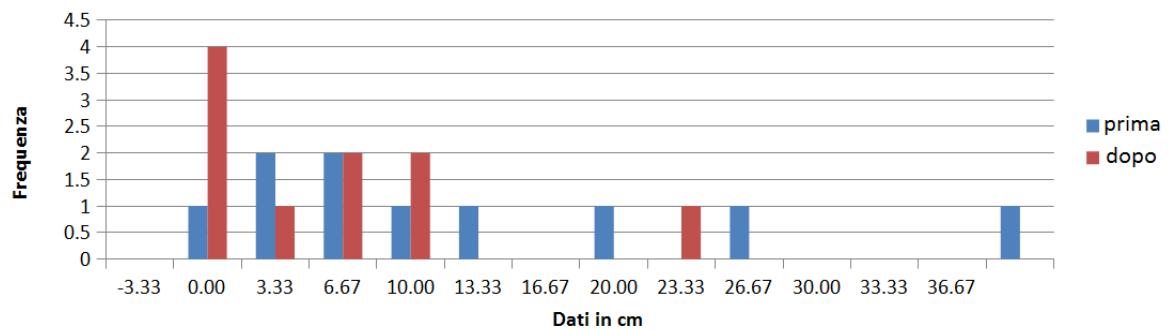


Figura 3.14: Gruppo sperimentale per punto di recupero PPC (diritto): confronto tra prima e seconda valutazione

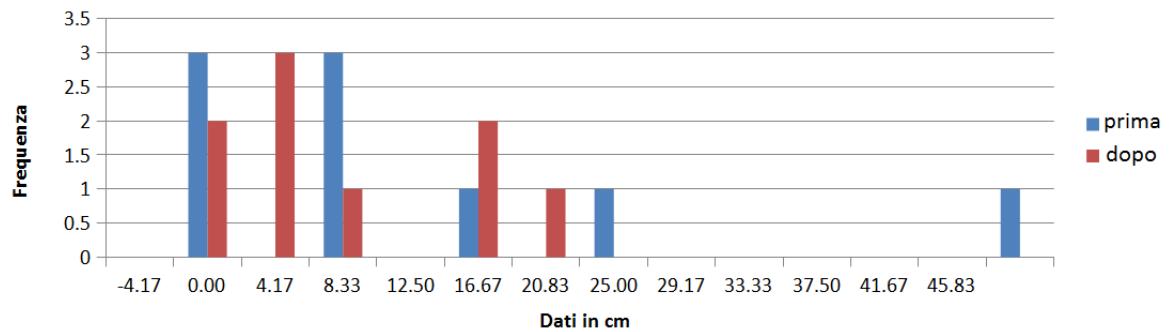


Figura 3.15: Gruppo di controllo per punto di recupero PPC (diritto): confronto tra prima visita e seconda valutazione

3.3. ANALISI STATISTICA

Il test di Wilcoxon riporta per il punto di rottura un W-value di 14,5 il quale, essendo superiore al valore critico (critical value=5), riferisce che il cambiamento non può essere considerato statisticamente significativo. Per il punto di recupero viene riportato un W-value pari a 10,5, con valore critico a 8. Quindi anche per il punto di recupero il cambiamento è non significativo. Osservando però gli histogrammi riportati è possibile notare uno spostamento dei dati verso valori inferiori, quindi con lo spostamento delle colonne rosse verso sinistra. Inoltre dai dati presenti in appendice è possibile notare che un cambiamento è stato effettivamente rilevato, anche se non è stato valutato come statisticamente significativo dal test di Wilcoxon. Infatti il 50% dei soggetti trattati migliora il valore del punto di rottura e l'80% riduce il valore del punto di recupero. Al contrario nel gruppo di controllo si riscontra un miglioramento del punto di rottura solo per il 22,2%, e per il 33,3% un miglioramento del punto di recupero.

3.3.2.2 Cover test in posizione 7

La posizione 7 corrisponde allo sguardo rivolto a destra, stimolando i muscoli retto esterno dell'occhio destro e il retto interno dell'occhio sinistro. I dati sono stati presi con il valore assoluto, senza considerare se si trattava di eso/exo foria o eso/exo tropia, dal momento che non cambiava l'entità del difetto, ma la sua quantità. In appendice sono riportati i valori e il segno (-) corrisponde a esoforia/tropia, mentre (+) exoforia/tropia. Nel gruppo sperimentale 6 (60%) soggetti riportano un miglioramento, uno (10%) rimane invariato e 3 (30%) sono peggiorati. Nel gruppo di controllo 3 (33,3%) soggetti riportano un miglioramento, 3 (33,3%) sono invariati e 3 (33,3%) sono peggiorati. Nella tabella 6 e 7 vengono inseriti i valori medi del gruppo sperimentale e del gruppo di controllo. Sotto sono riportati gli histogrammi che rappresentano i dati ottenuti nella prima valutazione (colonne blu) e seconda valutazione (colonne rosse).

Il test di Wilcoxon fornisce un W-value di 17 con valore critico a 5. Il cambiamento non è quindi da considerarsi statisticamente significativo. Anche in questi histogrammi però è possibile notare lo spostamento delle colonne rosse verso sinistra, indicando che effettivamente un buon numero di soggetti (60%) ha riscontrato un miglioramento dei valori, verificabile anche osservando i dati riportati in appendice. Stessa cosa non può essere detta per i soggetti appartenenti al gruppo di controllo, dove solo il 33,3%

CAPITOLO 3. RICERCA

	=	Prima	Dopo
Numeri dati		10	10
Media		11.70	7.00
Dev. Std.		14.04	4.64
Mediana		8.50	6.00
Moda		0.00	6.00
Errore Std.		14.89	4.81

Tabella 3.8: Dati gruppo sperimentale Cover test 7

	Prima	Dopo
Numeri dati	9	9
Media	10.78	10.00
Dev. Std.	4.41	3.46
Mediana	12.00	8.00
Moda	12.00	8.00
Errore Std.	3.84	3.70

Tabella 3.9: Dati gruppo di controllo Cover test 7

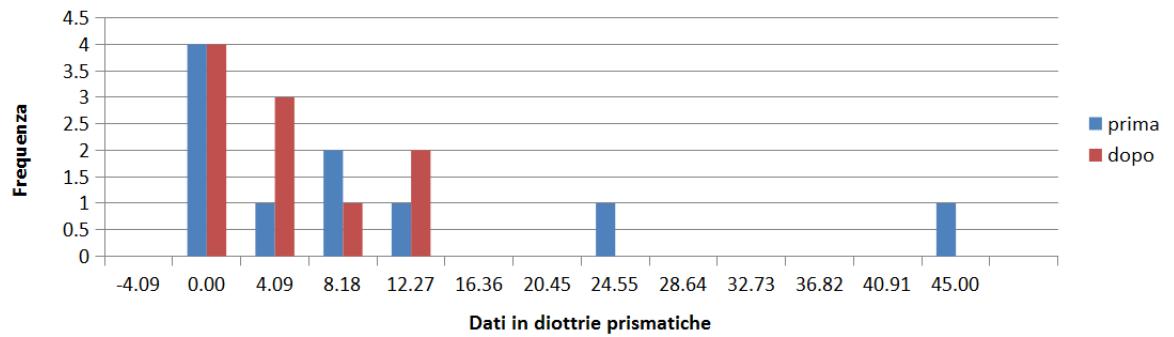


Figura 3.16: Grafico gruppo sperimentale per cover test 7: confronto tra prima visita e seconda visita

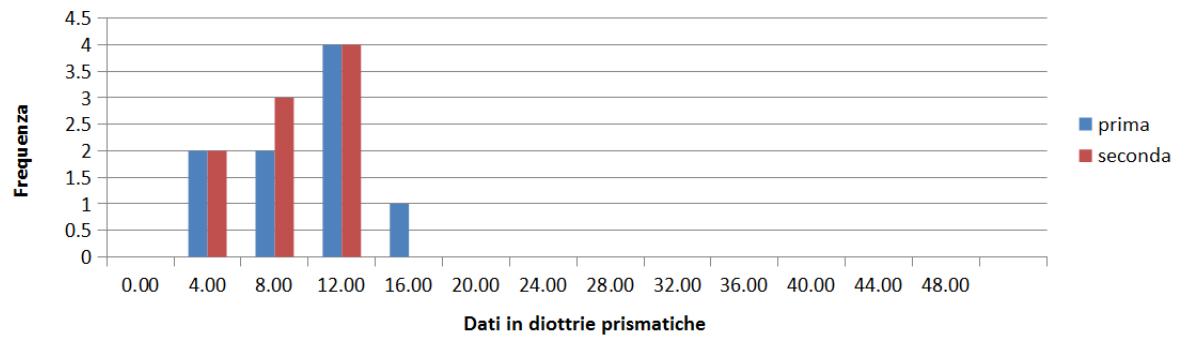


Figura 3.17: Grafico gruppo di controllo per cover test 7: confronto tra prima visita e seconda visita

3.3.2.3 Cover test in posizione 8

La posizione 8 corrisponde allo sguardo rivolto in alto a destra, stimolando i muscoli obliqui inferiore dell'occhio sinistro e il retto superiore dell'occhio destro. In

3.3. ANALISI STATISTICA

	Prima	Dopo
Numeri dati	10	10
Media	14.10	9.60
Dev. Std.	14.84	6.02
Mediana	12.00	8.00
Moda	0.00	8.00
Errore Std.	15.74	6.28

Tabella 3.10: Dati gruppo sperimentale Cover test 8

	Prima	Dopo
Numeri dati	9	9
Media	10.00	15.89
Dev. Std.	6.08	8.34
Mediana	8.00	16.00
Moda	8.00	\
Errore Std.	6.17	8.92

Tabella 3.11: Dati gruppo di controllo Cover test 8

questa posizione nel gruppo sperimentale 4 (40%) soggetti ha riportato un miglioramento, 2 (20%) sono rimasti invariati e 4 (40%) sono peggiorati. Nel gruppo di controllo nessun (0%) soggetto è migliorato, uno (11,1%) è rimasto invariato e 8 (88,8%) soggetti sono peggiorati. Come per il cover test 7 sono state riportate le tabelle dei valori medi e gli histogrammi rappresentanti i dati ricavati durante la prima e seconda visita.

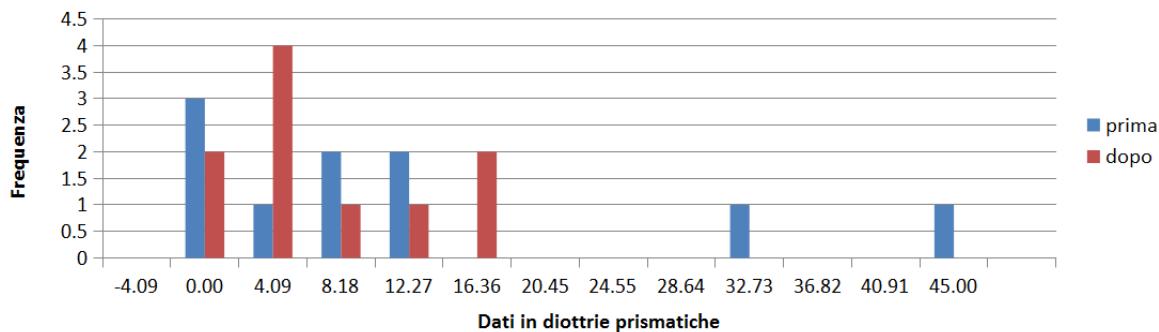


Figura 3.18: Grafico gruppo sperimentale per Cover test 8: confronto tra prima e seconda valutazione

Il test di Wilcoxon un W-value di 15 con un valore critico di 4. Il cambiamento risulta quindi non significativo. Confrontando i dati del gruppo sperimentale e il gruppo di controllo si nota come, a differenza dei precedenti test, non è possibile riscontrare il miglioramento nella maggior parte dei soggetti trattati, ma è interessante notare come il gruppo non sottoposto a trattamento sia per l'88,8

CAPITOLO 3. RICERCA

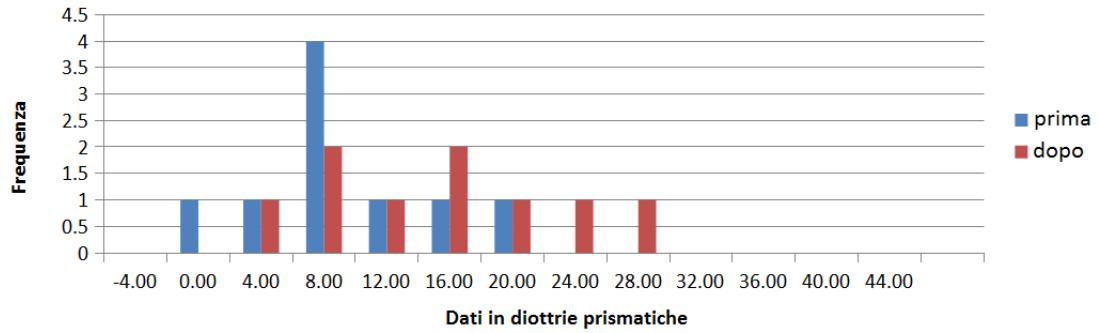


Figura 3.19: Grafico gruppo di controllo per Cover test 8: confronto tra prima e seconda valutazione

	Prima	Dopo
Numeri dati	10	10
Media	138.00	44.00
Dev. Std.	146.20	12.65
Mediana	70.00	40.00
Moda	40.00	40.00
Errore Std.	154.53	11.44

Tabella 3.12: Dati gruppo sperimentale Cover test 8

	Prima	Dopo
Numeri dati	9	9
Media	180.00	148.89
Dev. Std.	172.55	153.33
Mediana	50.00	40.00
Moda	40.00	40.00
Errore Std.	154.99	147.63

Tabella 3.13: Dati gruppo di controllo Cover test 8

3.3.2.4 Stereopsi vicino

I valori della stereopsi vicino sono riportati in appendice. Nel gruppo sperimentale è stato possibile riscontrare un miglioramento in 6 soggetti (60%), 4 soggetti (40%) sono rimasti invariati e nessuno (0%) è peggiorato. Nel gruppo di controllo sono migliorati 4 soggetti (44,4%), rimasti invariati 4 soggetti (44,4%) e uno (11,1%) è peggiorato. Nelle tabelle sono riportati i valori medi. Sotto sono riportati gli istogrammi con il confronto tra prima e seconda valutazione in soggetti trattati e non trattati.

Il test di Wilcoxon fornisce un W-value di 0 con valore critico a 0. Il cambiamento è quindi da considerarsi significativo. Infatti in questo test è evidente la presenza di un cambiamento anche negli istogrammi riportati e nei valori medi. Inoltre è possibile osservare come nel gruppo sottoposto al trattamento il 60% dei soggetti abbia riscontrato un miglioramento che ha portato 9 soggetti su 10 a vedere tutti i cerchi in rilievo e nessuno sia peggiorato.

3.3. ANALISI STATISTICA

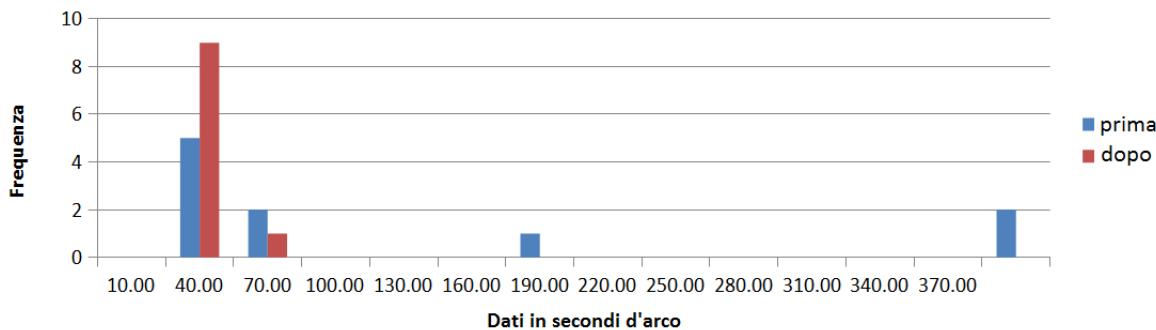


Figura 3.20: Grafico gruppo sperimentale per la Stereopsi vicino: confronto tra prima e seconda valutazione

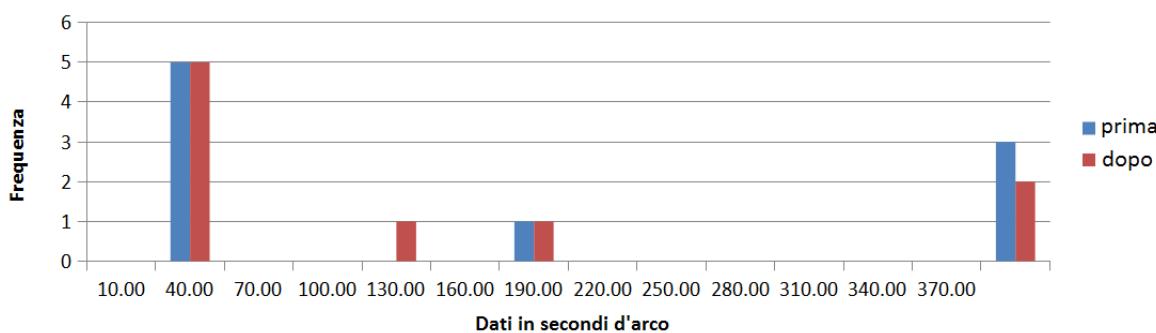


Figura 3.21: Grafico gruppo di controllo per la Stereopsi vicino: confronto tra prima e seconda valutazione

3.3.3 Analisi dei casi clinici

Per concludere viene riportata la descrizione di due casi clinici maggiormente significativi dal punto di vista dei risultati ottenuti. Entrambi hanno effettuato il trattamento ma è stato applicato un differente impegno.

Soggetto n1: C.G. 14 anni, femmina

Dopo la valutazione osteopatica-posturale, avvenuta il 6 settembre 2016, è stato possibile verificare che C.G. fosse affetta da deglutizione atipica con interposizione linguale e malocclusione in II classe dentale. È stata quindi inserita, per sua scelta, nel gruppo dei trattati e si è perciò sottoposta al trattamento logopedico-osteopatico per 3 mesi. Dall'analisi visiva effettuata il 15 settembre, prima del trattamento, e il 22 dicembre, dopo il trattamento, si sono ottenuti questi dati:

CAPITOLO 3. RICERCA

	Prima	Dopo
Difetto refrattivo	+0,50 D (entrambi gli occhi)	0 D entrambi gli occhi
Foria lontano	1 eso	0.50 eso
Stereopsi lontano	30"	30"
PPC diritto	16 cm	3 cm
PPC alto	20 cm	5 cm
PPC basso	15 cm	3 cm
Foria vicino alto	0.50 exo	0.50 exo
Foria vicino diritto	1 exo	1 exo
Foria vicino basso	1 exo	1 exo
CT 1	12 exo	4 exo
CT 2	14 exo	8 exo
CT 3	14 exo	6 exo
CT 4	0	4 exo
CT 5	10 exo	6 exo
CT 6	10 exo	4 exo
CT 7	0	4 exo
CT 8	13 exo	8 exo
CT 9	0	4 exo
Aampiezza accomodativa OD	14 D (5 cm)	16.60 D (13 cm)
Aampiezza accomodativa OS	11 D (8 cm)	14 D (8 cm)
Aampiezza accomodativa OO	16.60 D (6 cm)	16.60 D (11 cm)
Stereopsi vicino	80"	40"
Disparità di fissazione	6.90 exo	6.90 exo
MEM OD	1.00 LAG	1.25 LAG
MEM OS	1.25 LAG	1.25 LAG

Tabella 3.14: Dati valutazione di C.G.

I dati rivelano la presenza di disfunzioni del sistema visivo, soprattutto riguardo il punto prossimo di convergenza, il cover test nelle 9 posizioni di sguardo, la stereopsi vicino e la disparità di fissazione. Si potrebbe ipotizzare un alterato utilizzo dei muscoli estrinseci dell'occhio per lo scompenso causato dalla deglutizione atipica e dalla malocclusione. Presenta inoltre una leggera ipermetropia a entrambi gli occhi corretta con lenti oftalmiche. C.G. ha effettuato con costanza gli esercizi proposti dalla logopedista e si è presentata ogni settimana all'ambulatorio per il trattamento osteopatico. È stata rivalutata il 22 dicembre, dopo 3 mesi e la situazione è notevolmente migliorata. Il punto prossimo di convergenza si è avvicinato notevolmente e anche i valori del cover test si sono abbassati. Complessivamente il soggetto ha riferito di non aver faticato nello svolgimento dei testi e di sentirsi più

3.3. ANALISI STATISTICA

stabile anche dal punto di vista della postura. Si suppone quindi che sia migliorata la stabilità del sistema visivo del soggetto, dal momento che migliora la capacità di mantenere singola la mira durante il PPC e questo può aver portato ad una maggiore consapevolezza dello spazio e quindi al miglioramento del valore della stereopsi.

Soggetto n2: V.M. 22 anni, femmina

Un caso molto interessante è quello di V.M. di 22 anni. Il soggetto si presenta dall'osteopata per difficoltà di equilibrio che non le permettevano di rimanere a lungo in piedi. Dall'analisi osteopatica-posturale è emersa la primarietà dell'apparato stomatognatico per la presenza di deglutizione atipica. È stata quindi sottoposta al trattamento logopedico-osteopatico in seguito alla prima visita optometrica avvenuta il 15 settembre 2016. È stata successivamente rivalutata il 5 gennaio 2017 dopo un trattamento di circa 3 mesi. Di seguito è riportato ciò che è stato rilevato:

CAPITOLO 3. RICERCA

	Prima	Dopo
Difetto refrattivo	OD: +0,25 D; OS: -1,75 D	OD: 0 D; OS: -1,25 D
Foria lontano	0	0
Stereopsi lontano	ASSENTE	ASSENTE
PPC diritto	8 cm	9 cm
PPC alto	4 cm	13 cm
PPC basso	1 cm	4 cm
Foria vicino alto	0	0.50 exo
Foria vicino diritto	0.50 exo	0
Foria vicino basso	2 exo	1 exo
CT 1	12 exo	6 exo
CT 2	20 exo	14 exo
CT 3	0 exo	2 exo
CT 4	9 exo	4 exo
CT 5	20 exo	8 exo
CT 6	8 exo	0
CT 7	9 exo	6 exo
CT 8	0	6 exo
CT 9	0	4 exo
Aampiezza accomodativa OD	20 D	7.70 D
Aampiezza accomodativa OS	12.50 D	12.50 D
Aampiezza accomodativa OO	16.60 D	9 D
Stereopsi vicino	400"	40"
Disparità di fissazione	SOPPRESSIONE OD	13.70 exo
MEM OD	1.50 LAG	2.25 LAG
MEM OS	0.25 LEAD	0.25 LEAD

Tabella 3.15: Dati valutazione di V.M.

In questo caso è interessante osservare come i dati prima del trattamento evidenziassero un'instabilità della binocularità data dalla soppressione dell'occhio destro. Sono anche alterati i valori del cover test, i quali sono migliorati nella seconda visita. V.M. ha effettuato con minore costanza l'esercizio logopedico e le sedute osteopatiche rispetto al soggetto n1. Nonostante questo ha mostrato dei miglioramenti soprattutto dal punto di vista dell'equilibrio. V.M. infatti non lamenta più perdite di equilibrio ed ha svolto i test optometrici della seconda visita con maggiore facilità rispetto alla prima. La difficoltà di equilibrio la si può riscontrare anche a livello oculare, infatti la binocularità risultava compromessa. Nella seconda valutazione il cambiamento riguarda il test della stereopsi vicino e della disparità di fissazione, i quali forniscono informazioni su come viene utilizzata la

3.4. CONCLUSIONI

binocularità. Si suppone che la maggior stabilità dei muscoli oculari, rilevata con il cover test, abbia portato a un miglior utilizzo degli stessi e quindi una migliore stabilità binoculare.

3.4 Conclusioni

A conclusione della ricerca e dell’analisi statistica dei dati è stato possibile osservare che il cambiamento non è risultato statisticamente significativo per la maggior parte dei test effettuati.

Analizzando i valori medi è stato possibile riscontrare un miglioramento nei test di Punto Prossimo di Convergenza, Cover test (a destra e in alto a destra) e Stereopsi vicino. Tra questi è stato rilevato un cambiamento da considerarsi statisticamente significativo solo nel test della Stereopsi vicino. Il sistema visivo potrebbe infatti aver trovato una migliore stabilità a seguito del trattamento all’apparato stomatognatico, permettendo una maggiore consapevolezza dello spazio e quindi un miglioramento della percezione della profondità. Sicuramente il miglioramento della stereopsi sarà dovuto al miglioramento della binocularità del soggetto e quindi dovrebbe essere legato alle altre funzioni. Quindi nonostante non sia evidenziato un cambiamento statisticamente significativo, un miglioramento delle altre funzioni dovrebbe aver influenzato il rientro dei valori della stereopsi nella normalità.

A causa dei pochi dati non è possibile fornire informazioni statisticamente attendibili ed è aperta l’ipotesi che si possa trattare di un cambiamento casuale, ma, dal confronto dei risultati del gruppo sperimentale e del gruppo di controllo, è possibile anche ipotizzare l’efficacia del trattamento logopedico-osteopatico su soggetti con primarietà linguale. Il miglioramento delle disfunzioni dell’apparato stomatognatico ha permesso al sistema visivo di trovare una nuova stabilizzazione, quindi è probabile che se fosse stata effettuata una terza valutazione a distanza di altri mesi di trattamento, si sarebbe potuto osservare un cambiamento maggiormente significativo anche in altre funzioni del sistema visivo. Pertanto questa ricerca può essere considerata come un punto di partenza per indagare quali sono le funzioni visive che sono maggiormente legate all’apparato stomatognatico. Infatti complessivamente 5 soggetti trattati su 10 hanno riportato maggiore stabilità delle funzionalità del sistema visivo, con un miglioramento complessivo dei valori.

Nella ricerca sono state riscontrate diverse difficoltà e diversi limiti:

CAPITOLO 3. RICERCA

- Il campionamento era molto selettivo, quindi è stato difficile riuscire ad includere un maggior numero di soggetti nel tempo avuto a disposizione, dal momento che molte persone inizialmente incluse, sono venuti meno all'impegno o hanno deciso di non continuare la partecipazione della ricerca.
- La riuscita della ricerca dipendeva fortemente dall'impegno dei soggetti, i quali sono stati seguiti dalla laureanda e dalla logopedista attraverso la compilazione di un diario a casa e attraverso appuntamenti in ambulatorio. Il limite è stato doversi affidare al loro impegno.
- È necessario tenere conto delle condizioni di salute del soggetto al momento della valutazione. Spesso è stata effettuata dopo la scuola o dopo il lavoro, quando il soggetto aveva già applicato uno sforzo visivo, il quale potrebbe aver alterato i risultati.

Per ulteriori sviluppi futuri sarebbe interessante sottoporre i soggetti ad un questionario riguardo la loro condizione di salute prima di ogni valutazione ottometrica, per essere sicuri che le condizioni di salute siano le stesse e quindi si possano rendere i dati più realistici. Sarebbe interessante anche approfondire il cambiamento del punto prossimo di convergenza utilizzando un campione più ampio per comprendere quanto la disfunzione della deglutizione possa influire sulla convergenza; infatti si potrebbe effettuare un confronto con quanto riportato in letteratura, dove si registra un cambiamento della convergenza trattando le mal occlusioni dentali.

Nonostante le difficoltà riscontrate, essa può essere un buon punto di partenza per un ulteriore approfondimento su quali sono le funzioni visive maggiormente connesse all'apparato stomatognatico e che quindi possono essere alterate da una disfunzione di esso. La ricerca potrebbe essere continuata e quindi si potrebbe costituire un campione più grande in modo da rendere più attendibili le analisi statistiche. Il lavoro effettuato ha mostrato comunque risultati soddisfacenti considerando i pochi soggetti coinvolti e costituisce un esempio di lavoro multidisciplinare. Infatti in quanto optometristi dovremmo ricordare che gli occhi del soggetto che valutiamo fanno parte di un sistema molto più ampio e complesso e quindi una disfunzione del sistema visivo potrebbe derivare da un mal funzionamento di altri sistemi. Pertanto non sono sempre le lenti oftalmiche che permettono un miglioramento delle funzioni visive, spesso è un trattamento eseguito con impegno e costanza in un distretto del corpo che può portare a importanti miglioramenti su tutto il sistema posturale, compreso il sistema visivo.

3.4. CONCLUSIONI

É un buon punto di partenza per poter fare in modo che chi farà una ricerca di questo tipo non incorrerà negli stessi errori

CAPITOLO 3. RICERCA

Appendice A

Risultati dei test

	Rottura prima	Rottura dopo	Differenza	Recupero prima	Recupero dopo	Differenza
S. 1	8	9	-1	14	13	1
S. 2	13	0	3	5	0	5
S. 3	16	3	13	28	3	25
S. 4	13	0	13	23	0	23
S. 5	2	6	-4	4	25	-21
S. 6	7	5	2	10	8	2
S. 7	40	7	33	40	9	31
S. 8	4	8	-4	8	10	-2
S. 9	3	5	-2	8	6	2
S. 10	0	0	0	2	0	2

Tabella A.1: Dati PPC diritto del gruppo sperimentale

APPENDICE A. RISULTATI DEI TEST

	Rottura prima	Rottura dopo	Differenza	Recupero prima	Recupero dopo	Differenza
S. 1	0	0	0	0	0	0
S. 2	10	16	-6	18	20	2
S. 3	0	1	-1	0	2	-2
S. 4	5	7	-2	9	10	-1
S. 5	0	4	-4	0	8	-8
S. 6	45	5	40	50	8	42
S. 7	6	3	3	9	6	3
S. 8	17	17	0	27	22	5
S. 9	6	14	-8	9	17	-8

Tabella A.2: Dati PPC diritto del gruppo di controllo

	Prima	Dopo	Differenza
S. 1	9 x	6 x	3
S. 2	25 x	14 x	11
S. 3	0	4 x	-4
S. 4	0	4 x	-4
S. 5	2 x	14 x	-12
S. 6	45 x	2 x	43
S. 7	14 x	12 x	2
S. 8	2 x	2 x	0
S. 9	8 x	6 x	2
S. 10	12 x	6 x	6

Tabella A.3: Dati Cover test 7 del gruppo sperimentale

	Prima	Dopo	Differenza
S. 1	4 x	8 x	-4
S. 2	12 x	12 x	0
S. 3	8 x	6 x	2
S. 4	14 x	14 x	0
S. 5	12 s	14 s	-2
S. 6	6 s	8 s	-2
S. 7	9 x	8 x	1
S. 8	14 x	14 x	0
S. 9	18 x	6 x	12

Tabella A.4: Dati Cover test 7 del gruppo di controllo

	Prima	Dopo	Differenza
S. 1	0	6 x	-6
S. 2	35 x	18 x	17
S. 3	13 x	8 x	5
S. 4	0	0	0
S. 5	2 x	10 x	-8
S. 6	45 x	4 x	41
S. 7	12 x	16 x	-4
S. 8	8 x	8 x	0
S. 9	12 x	18 x	-6
S. 10	14 x	8 x	6

Tabella A.5: Dati Cover test 8 del gruppo sperimentale

	Prima	Dopo	Differenza
S. 1	10 x	16 x	-6
S. 2	20 x	20 x	0
S. 3	6 x	8 x	-2
S. 4	18 x	30 x	-12
S. 5	8 s	12 s	-4
S. 6	0	4 s	-4
S. 7	8 x	10 x	-2
S. 8	8 x	25 x	-17
S. 9	12 x	18 x	-6

Tabella A.6: Dati Cover test 8 del gruppo di controllo

	Prima	Dopo	Differenza
S. 1	400"	40"	360
S. 2	40"	40"	0
S. 3	80"	40"	40
S. 4	200"	40"	160
S. 5	80"	40"	40
S. 6	40"	40"	0
S. 7	60"	40"	20
S. 8	40"	40"	0
S. 9	40"	40"	0
S. 10	400"	80"	320

Tabella A.7: Dati Stereopsi vicino del gruppo sperimentale

	Prima	Dopo	Differenza
S. 1	50"	40"	10
S. 2	50"	40"	10
S. 3	40"	40"	0
S. 4	40"	40"	0
S. 5	400"	400"	0
S. 6	400"	140"	260
S. 7	200"	200"	-200
S. 8	40"	40"	0
S. 9	400"	200"	200

Tabella A.8: Dati Stereopsi vicino del gruppo di controllo