

Università degli studi di Padova



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

UNIVERSITA DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Fisica e Astronomia Galileo Galilei

Corso di Laurea Triennale in Ottica e Optometria

TESI DI LAUREA

***The Humphriss Immediate Contrast: aspetti funzionali, esecutivi e
confronto con altre procedure.***

Relatore: Prof. Paolo Facchin

Laureanda: Audrey Garcia Quesada
Matricola n. 1155636

ANNO ACCADEMICO 2018 / 2019

Università degli studi di Padova

*Il vero viaggio di scoperta,
non consiste nel cercare nuove terre,
ma nell'avere nuovi occhi*

Marcel Proust

INDICE

Abstract	1
Capitolo I	
1.1 Introduzione	2
1.2 Visione Centrale Periferica	5
1.3 Binocularità	5
1.4 Percezione della sfocatura di un'immagine attraverso l'annebbiamento generato dall'uso di una lente positiva	9
1.5 Sommazione di Contrasto Binoculare	11
1.6 Soppressione foveale e fusione periferica	12
Capitolo II	
2.1 Refrazione Soggettiva Binoculare	15
2.2 Il Turville Infinity Balance. Un metodo di Refrazione Binoculare	18
2.3 Altri metodi per eseguire una refrazione binoculare	20
2.4 Humphriss Immediate Contrast, un metodo di refrazione binoculare. Septum Psicologico	21
2.5 Il principio del Septum Psicologico utilizzato nella refrazione da vicino e nel bilanciamento binoculare	26
Capitolo III	
3.1 Confronto tra Humphriss Immediate Contrast con altre tecniche	28
Conclusioni	36
Bibliografie	38

ABSTRACT

IL metodo Humphriss Immediate Contrast (HIC) è una tecnica di refrazione binoculare che sfrutta alcuni fenomeni visivi che accadono a seguito dell'utilizzo di una lente sferica positiva di potere 0.75/1.00 diottrie posta davanti un occhio.

In questo modo viene instaurato un fenomeno conosciuto come Septum Psicologico, attraverso il quale è possibile valutare lo stato rifrattivo di un occhio mentre il controlaterale non è occluso, ma parzialmente inibito, per mantenere la visione binoculare. Questa condizione è possibile grazie ad una soppressione foveale nell'occhio annebbiato, mantenendo però attiva la fusione periferica binoculare. Questa procedura rispetta la condizione naturale di visione binoculare, dove l'accomodazione viene rilassata, motivo per il quale non è necessario fare il bilanciamento binoculare.

Per cui, in confronto con altre tecniche, HIC è un test di facile e veloce realizzazione, senza l'utilizzo di strumentazione particolare, permettendo di ottenere risultati molto accurati.

CAPITOLO I

1.1 Introduzione.

Attraverso la visione, acquisiamo la maggior parte dell'informazione sul mondo circostante e su noi stessi, per esempio chi siamo e dove siamo attraverso la visione binoculare. Inoltre, ci permette di associare, grazie alla nostra memoria, un odore a un determinato colore oppure a un oggetto qualunque. La visione è quindi un complesso elaborato generato da quello che percepiamo con i nostri occhi, che poi, il nostro sistema analizza e interiorizza.

La visione binoculare è quindi il meccanismo attraverso il quale il nostro cervello elabora le immagini provenienti dai due occhi generando un'unica visione, interpretando e comprendendo il mondo intorno a noi in modo sicuro e stabile, Grazie anche a una giusta sensibilità al contrasto, la prestazione visiva migliora permettendo di osservare a lunghe distanze e grazie alla stereopsi è possibile percepire la profondità degli oggetti posti davanti a noi.

Non tutti hanno a disposizione le condizioni binoculari necessarie perché questo perfetto processo visivo avvenga, diventa quindi fondamentale valutare le proprie capacità visive in modo da aiutare il nostro sistema visivo a migliorare un eventuale deficit, ove sia possibile. La valutazione di tali capacità viene definita dal termine "refrazione". La refrazione può essere stimata con metodi oggettivi o soggettivi: in particolare questo ultimo, lo stato della visione viene valutato attraverso l'interazione diretta tra esaminatore ed esaminato.

La refrazione soggettiva dovrebbe essere effettuata in condizioni il più vicine possibile alla condizione normale di vita del soggetto, senza essere influenzata da stimoli che possono condizionare la normale visione binoculare.

Quindi è molto importante che la refrazione sia effettuata in condizione di binocularità, parliamo di Refrazione Binoculare, dove il soggetto non avrà un occhio occluso perché altererebbe la sua normale condizione visiva abituale. Durante il test, entrambi gli occhi saranno aperti permettendo alla fusione di essere presente a vantaggio di un unico percetto generato da entrambi gli occhi, mentre la

valutazione rifrattiva verrà eseguita un occhio alla volta.

In cambio, la refrazione monoculare, si effettua occludendo un occhio mentre si valuta lo stato visivo del controlaterale, però in questa condizione, il soggetto non avrà il percetto unico generato da entrambi gli occhi grazie alla fusione, ma solamente ciò che è in grado di percepire con l'occhio esaminato. Questo sistema però potrebbe nascondere fenomeni importanti che altererebbero successivamente la visione binoculare, avendo come conseguenza una visione sgradevole e non confortevole, motivo per cui alcune persone potrebbero non riuscire a tollerare la propria correzione finale, rifiutando l'uso degli occhiali.

Tanti sono stati gli studi svolti durante questi anni per capire la vera funzionalità di una refrazione in condizioni ambientali naturali in modo di riuscire a rilevare un eventuale errore rifrattivo che non comprometta la binocularità, stabilendo così il giusto valore nel rapporto tra accomodazione e convergenza a vantaggio del comfort visivo.

Questo è il motivo fondamentale che ci ha portato a scegliere questa tematica e di approfondirla durante questo elaborato. Credo sia molto importante conoscere la refrazione binoculare e studiare i suoi vantaggi, ma soprattutto valutare tutti gli aspetti che hanno luogo durante questa procedura, aspetti che provengono dall'ottica visuale, la fisiologia e psicofisica della visione.

L'obiettivo di questo elaborato è quindi, capire le fondamenta della binocularità, sulle quali viene strutturata la refrazione soggettiva binoculare, così da potere dimostrare la sua efficacia. Cominciando la ricerca sullo stato di visione binoculare, analizzando i possibili metodi utilizzati per la sua valutazione, focalizzandoci sulla la refrazione binoculare, nello specifico sul Metodo di Humphriss Immediate Contrast (HIC). Questa è una tecnica molto accurata e facile da svolgere, senza utilizzo di strumentazione sofisticata, una tecnica che pur utilizzando l'annebbiamento, instaura ugualmente nel nostro sistema una condizione visiva confortevole e priva di dissociazione.

Prima di tutto volevamo stabilire un confronto tra il metodo HIC e altri anch'essi

utilizzati nella refrazione binoculare, ma dalla ricerca fatta in un primo momento non si trovò sufficienti pubblicazioni ne studi recenti, quindi ci siamo indirizzati per una più specifica ricerca sui fenomeni che agiscono durante la procedura del HIC e le basi psicofisiche, così da potere evidenziare in fase di comparazione tutti gli aspetti che fanno questo di metodo una valida e rapida procedura rispetto ad altri.

Fortunatamente la ricerca in letteratura ha mostrato molti studi su questa tecnica, alcuni di essi recenti anche se molti non trattavano il metodo HIC nella sua completezza. Tuttavia, è stato però possibile stabilire ugualmente un loro legame potendo analizzare le fondamentali caratteristiche di ognuno, per stabilire un confronto, sottolineando i concetti e i principali vantaggi di questo metodo.

Questo elaborato è stato strutturato per capitoli seguendo il metodo di ricerca. Nel primo capitolo è descritta la visione binoculare e alcuni fenomeni che si generano durante la refrazione binoculare, come la sommazione di contrasto binoculare, la fusione periferica, la soppressione foveale e la percezione della sfocatura. Il secondo capitolo tratta sui diversi metodi utilizzati per la refrazione binoculare e approfondisce il metodo HIC e il Septum Psicologico. Nel capitolo numero 3 invece se parla del confronto tra il HIC e altri metodi.

Alla fine, dopo un'analisi della ricerca fu possibile stabilire delle conclusioni fondamentalmente sui vantaggi del metodo HIC, risaltando la sua importanza nell'esame optometrico e la efficacia della sua procedura. Questo risulta essere un metodo fondamentale, che essendo di veloce esecuzione, ci permette di essere più rapidi, indispensabile per potere svolgere altri test successivamente.

1.2 Visione centrale e periferica.

La retina è la tunica più interna che costituisce la parete del bulbo oculare, essa viene suddivisa in due foglietti, uno esterno e l'altro interno nominato retina sensoriale, questi a sua volta sono divisi in strati, dove ogni uno ricopre un ruolo fondamentale nella ricezione degli stimoli luminosi e la loro trasformazione in segnali nervosi che poi vengono trasmesse alle strutture cerebrali¹. Tale processo visivo richiede dell'interazioni sofisticate tra i diversi tipi di neuroni.

La retina è anche suddivisa in una zona centrale e una zona periferica. La zona centrale si localizza nei primi 10° partendo dalla foveola, che simboleggia il pavimento con un diametro di 0.35 mm. La fovea rappresenta l'abbassamento più centrale di circa 1,5 mm a 5° dal pavimento, essa è circondata dall'area parafoveale e della regione centro periferica anche denominata perifovea. La zona periferica invece viene delimitata laddove finisce la perifovea fino l'ora serrata, nominata così alla zona di passaggio della retina alla pars plana.

La zona centrale della retina è anche denominata Macula, ha una forma ellissoide² di circa 5 mm ed è la struttura deputata alla visione dei colori, durante il giorno o in condizione di elevata illuminazione, ovvero visione fotopica. Nella retina periferica invece, usiamo la visione scotopica, denominata così la visione notturna o in condizione di scarsa illuminazione. Viene delimitata così perché fino a 0,25 mm dal centro della fovea sono presenti solo coni, mentre andando verso la periferia presenziamo un decremento del numero di coni e ci sarà una prevalenza dei bastoncelli.

Questa differente densità di fotorecettori è responsabile della visione nitida nel punto di fissazione e della visione non tanto nitida nella zona periferica del campo visivo.

1.3 Binocularità.

La nostra visione quotidiana è frutto di un insieme di fenomeni che una volta collegati conformano quello che noi chiamiamo vedere.

Vedere, non è soltanto osservare ciò che abbiamo nel nostro campo visivo, ma è anche analizzarlo ed è la primissima parte di tutto un complesso fenomeno che inizia dai nostri occhi e prende seguito nelle aree visive superiori. Perché questo avvenga è necessario prima di tutto che gli occhi abbiano la capacità di percepire gli stimoli luminosi, in modo che le immagini provenienti da entrambi gli occhi vengano fuse in un unico percelto, tutto questo grazie alla capacità del nostro sistema visivo che sviluppa nei primi anni di vita, tutti i fenomeni che insieme conformano la nostra visione binoculare.

La visione binoculare è un fenomeno molto complesso la cui efficienza non solo dipende dalla buona capacità visiva dei nostri occhi, ma influisce su quello che impariamo quando osserviamo, generando così una vera e propria personale esperienza visiva, che si acquisisce fin dei primi anni di vita, insieme allo sviluppo delle strutture anatomiche e neurologiche che influenzano ciò che siamo capaci di vedere e in che modo esso viene trasmesso.

Il nostro sistema visivo quindi è in grado di percepire le due immagini provenienti dai due occhi, in questo modo grazie alla capacità di fusione, generiamo un'immagine ideale, in condizioni fisiologiche non disturbata da fenomeni come annebbiamento o diplopia.

Una ridotta performance binoculare, potrebbe invece farci sospettare dei deficit strutturali oppure un mal funzionamento del sistema neuro sensoriale, visto che parte della nostra visione binoculare dipende anche della nostra esperienza visiva. I bambini ad esempio, che hanno sviluppato una ambliopia da anisometropia non corretta (differenza diottrica tra i due occhi), hanno una differente percezione dell'immagine tra i due occhi rendendo la visione alterata: in salvaguardia di questa situazione, il loro sistema visivo agisce sopprimendo la visione dell'occhio con l'immagine peggiore a favore di quella migliore, mantenendo però solamente una visione monoculare, penalizzando lo sviluppo delle funzionalità binoculare.

Il modello identificato da Claude Worth nel 1915 spiega l'interazione di tre fasi o gradi come viene conosciuta, che coesistono durante la visione binoculare e che in loro assenza, ci sarà il rischio che venga istaurato il fenomeno della soppressione,

parliamo della Percezione Simultanea, della capacità di Fusione e della Stereopsi. Inoltre, agisce anche il fenomeno della Rivalità Binoculare con un ruolo fondamentale nello sviluppo della visione e della percezione visiva, perciò questi fenomeni sono determinanti, nonché necessari al corretto funzionamento della visione binoculare. Per la rilevanza nel nostro studio e la sua importanza durante la refrazione binoculare in esame, prendiamo in considerazione alcuni di essi.

Durante la Percezione Simultanea le due immagini provenienti dai due occhi verranno percepite, elaborate e proiettate entrambe nel campo visivo simultaneamente. Affinché questo processo funzioni in modo corretto sarà molto importante la qualità delle immagini: se una delle due viene recepita come carente di particolari o nitidezza rispetto all'altra, allora è possibile che venga instaurata una soppressione a carico dell'immagine peggiore e in questo modo viene stabilita la visione monoculare come abbiamo già menzionato prima, cosa che non soltanto avviene nel caso dei bambini, ma può accadere anche se, dovuto a cause genetiche, patologiche oppure traumatiche, il soggetto rimane privo delle capacità strutturali in uno dei due occhi.

I percetti simultaneamente identificati dai due occhi, forniscono due immagini che però, grazie alla capacità di Fusione del nostro sistema, non vengono viste doppie: questo perché siamo in grado di coordinare e indirizzare i movimenti dei nostri occhi in modo tale che gli stimoli luminosi cadano su punti retinici corrispondenti; affinché questo avvenga, è necessario a livello retinico che i campi visivi non abbiano dei deficit, così saranno legati reciprocamente in modo tale che ogni area retinica in un occhio, troverà corrispondenza nel controlaterale, quindi un'identica area conforme. In queste aree, che prendono il nome di Aree Corrispondenti della fovea, ogni punto oggetto che viene percepito dalle due retine, viene poi elaborato a livello corticale, producendo la fusione in un'unica immagine, come se provenisse da un terzo occhio posizionato esattamente a metà tra i due.

Le immagini retiniche dello stesso oggetto però, sono leggermente diverse e anche la loro localizzazione spaziale, dovuto alla normale distanza anatomica tra i due occhi, motivo per il quale la stimolazione di aree corrispondenti è caratterizzata da immagini non perfettamente identiche, ma prospetticamente differenti. Il nostro

sistema visivo quindi, elabora le immagini leggermente diverse che giungono in punti retinici corrispondenti e grazie a questo, è possibile la percezione di profondità di un oggetto generata dalla binocularità ed è un fenomeno conosciuto come Stereopsi, attraverso il quale il nostro sistema è in grado di riconoscere la tridimensionalità di un oggetto e così ottenere informazione sulla sua forma e posizione nello spazio visivo.

Se invece questi stimoli visivi generano una disparità tal di avere le immagini non compatibili del tutto tra loro, allora possiamo dire di essere in presenza di due interpretazioni diverse. Per tanto la percezione diventerebbe instabile alternandosi tra ciò che viene interpretato dai due occhi. In questo caso saremo in presenza di una “competizione”, osservandosi possibilmente anche un fenomeno di inibizione, in questo modo un’immagine verrà soppressa mentre l’altra diventa percezione visiva. Questo è un processo che accade in maniera automatica³ e descrive il fenomeno della Rivalità Binoculare.

Per comprendere meglio l’effettiva interazione di questo fenomeno nella nostra visione binoculare di ogni giorno, facciamo riferimento a uno studio⁴ nel quale è stato testato l’effetto provocato dalla veloce alternanza di stimoli visivi tra i due occhi, presentati nelle stesse dinamiche temporali. Di seguito si osservò che veniva instaurata una competizione tra le due interpretazioni, ottenendo delle rappresentazioni visive corticali indipendentemente dall’occhio attraverso il quale raggiungevano le aree visive superiori, così la rivalità binoculare presente tra i due occhi, fu interpretata come un fenomeno fondamentale nella percezione dell’immagine. Il risultato finale di questo studio ha creato un’opportunità unica per caratterizzare le dinamiche neurali intrinseche durante l’elaborazione corticale.

Un altro studio⁵ stabilì un modello dove veniva spiegato che la rivalità binoculare si basa sulle interazioni tra l’elaborazione sensoriale e la modulazione dell’attenzione, col fatto che la rivalità binoculare richiede dell’attenzione e che diversi stati percettivi emergono quando le due immagini sono scambiate tra i due occhi, quindi l’attenzione è un processo necessario per la rivalità binoculare, che gioca un ruolo fondamentale amplificando la competizione visiva esistente e indirizzandola verso uno dei due stimoli visivi.

Quindi ciò che noi vediamo, è semplicemente l'inizio di uno straordinario e complesso fenomeno che coinvolge tutti un insieme di strutture anatomiche e le loro capacità che vengono sviluppate dal nostro proprio sistema, per spiegare e comprendere che non possiamo fare a meno della nostra visione.

Non tutti siamo in grado di osservare due immagini e fonderle in un unico percetto grazie alle straordinarie capacità del nostro sistema visivo di generare la visione binoculare. Essa però non sempre lavora al suo meglio e purtroppo a volte non riusciamo a spiegare ciò che osserviamo, questo perché probabilmente ci sono delle carenze visive oppure gli occhi, fondamentali strutture anatomiche che permettono il percetto, non funzionano perfettamente. Di fondamentale importanza nel percorso binoculare è anche la motilità oculare, creando una perfetta sinergia, così che noi possiamo indirizzare lo sguardo in qualsiasi punto di interesse senza preoccuparci della variazione della distanza.

È proprio sulla visione binoculare che si fonda un'analisi visiva, ogni volta che facciamo un esame della capacità visiva, cerchiamo di analizzare e valutare come si comportano tutti quei fenomeni menzionati precedentemente, in modo da capire al meglio per quale ragione un soggetto non riesce a leggere ad una certa distanza, oppure non è in grado di spiegare ciò che sta vedendo in visione binoculare, mentre invece riesce a farlo in mono visione.

Quindi è proprio questo il motivo per il quale nasce una refrazione in condizione binoculare, dove si può analizzare direttamente l'interazione di questi fenomeni senza alterarli, controllando inoltre lo stato accomodativo, correlato alla binocularità attraverso il rapporto accomodazione convergenza, perché non possiamo valutare l'una senza prendere in considerazione anche l'altra.

1.4 Percezione della sfocatura di un'immagine attraverso l'annebbiamento generato dall'uso di una lente positiva.

La consapevolezza della sfocatura di una immagine è un processo visivo molto complesso, che coinvolge aspetti neurologici, retinici e corticali, che si basa nei

fenomeni interpretativi della percezione, nell'attenzione visiva e nei principi di ottica visuale.

Tanti studi⁶ furono svolti per capire il meccanismo che permette di discriminare soggettivamente la sfocatura di un determinato target e le possibili differenze tra questo fenomeno e il rilevamento di tale sfocatura. La più importante conclusione fu che la soglia di discriminazione di un'immagine sfocata risultava notevolmente inferiore alla soglia di rilevamento dell'immagine sfocata. Altri studi invece utilizzavano una simulazione dell'annebbiamento in modo computerizzato⁷, anche essi con l'obiettivo di dimostrare il comportamento del fenomeno di discriminazione presente nella fovea. In questo caso, come in precedenza, la soglia di discriminazione della sfocatura risultò essere inferiore al rilevamento dell'immagine sfocata da parte del soggetto.

Altri invece, si focalizzarono sulla percezione di un'immagine sfocata nella retina periferica⁸, che dimostrò però che la sensibilità a questo fenomeno diminuiva con l'eccentricità retinica. Quindi in periferia retinica c'è di sicuro presente una discriminazione dell'immagine nel caso quest'ultima fosse sfocata, senza compromettere la visione binoculare, in quanto, l'immagine sfocata non interferisce nella fusione dei percetti proveniente dai due occhi. In altre parole, un'immagine sfocata nelle zone periferiche non disturba il nostro sistema visivo e di conseguenza è sempre possibile avere come risultato un percetto nitido.

Comunque, l'effetto della focalizzazione retinica e la discriminazione di un'immagine sfocata è un processo complesso che dipende dal posizionamento dell'immagine in esame in modo che possa influenzare il suo rilevamento dal nostro sistema visivo. Motivo per il quale l'annebbiamento generato da una lente positiva, va a interessare solamente la zona centrale della fovea, senza compromettere la fusione periferica dell'immagine

Uno studio realizzato dal dipartimento di Scienze della visione, nel Collegio di Optometria di New York⁹, ha analizzato questo fenomeno in maniera più approfondita, questa volta stabilendo il rapporto effettivo tra le soglie di percezione e di discriminazione di un'immagine sfocata, analizzata nella zona centro periferica della fovea

di circa 8° , concludendo che entrambi le soglie aumentavano con l'eccentricità retinica, anche se la discriminazione risultava più sensibile rispetto alla percezione, fenomeno che poteva essere attribuito alla variazione nella funzione di trasferimento della modulazione ottica con il defocus retinico.

La soppressione foveale unilaterale indotta quindi dalla sfocatura, può essere utilizzata durante la refrazione anneggiando leggermente un occhio. In effetti, la percezione delle alte frequenze spaziali può essere facilmente inibita da una lente positiva, senza che quest'ultima distrugga la binocularità, che invece viene garantita dalle frequenze medio basse¹⁰. Pertanto, la visione dei due occhi viene isolata anche se entrambi sono aperti e contribuiscono alla visione binoculare, fattore importantissimo nella base del metodo HIC.

1.5 Sommazione di contrasto binoculare

Per comprendere il fenomeno di Sommazione di Contrasto Binoculare è importante la relazione esistente tra la soglia di percezione del contrasto in condizione di visione monoculare e binoculare. Nella visione centrale in un soggetto sano, la sensibilità del contrasto binoculare risulta maggiore da quella monoculare, di conseguenza uno stimolo può a volte essere percepito binocularmente anche quando il suo contrasto è sensibilmente basso per essere percepito da uno dei due occhi singolarmente¹¹.

Normalmente noi abbiamo una sensibilità al contrasto molto elevata soprattutto quando siamo in condizione di visione binoculare, quindi possiamo discriminare più facilmente una situazione di basso contrasto, cosa che monocularmente si rende più difficile. Con l'utilizzo di una lente positiva davanti a un occhio, mentre il controlaterale è anneggiato, si instaura la condizione dove il soggetto deve discriminare il contrasto di un'immagine che diminuirà sempre di più all'aumento progressivo del valore della lente, rendendo in questo modo più difficoltosa la percezione e la discriminazione dell'immagine. Invece se utilizziamo una lente negativa, il processo agisce al contrario, saremo in grado di percepire più facilmente ciò che vediamo grazie all'aumento di contrasto.

Questo spiega come il nostro sistema è in grado di rifiutare automaticamente una lente positiva anche se di basso potere, quando la si confronta con una negativa di pari valore. Riassumendo, grazie al fenomeno di sommazione di contrasto binoculare siamo in grado di avvertire immediatamente il cambiamento di contrasto in questione di secondi. Inoltre, si è rilevato una sensibile riduzione nel campo visivo periferico della sommazione di contrasto binoculare, soprattutto nei soggetti con parziale compromissione della visione centrale.

In questi casi è risultato che la presenza di frequenze spaziali elevate oppure di stimoli su aree retiniche non corrispondenti, la sensibilità al contrasto binoculare può causare una soppressione reciproca tra i due occhi, mentre in presenza di frequenze spaziali medie-basse che stimolano aree retiniche corrispondenti, la probabilità di sommazione di contrasto binoculare può risultare più elevata. In base ai risultati dello studio sembrerebbe preferibile utilizzare quindi dei sistemi di indagine sulla refrazione che siano binoculari e non monoculari

La somma di contrasto binoculare quindi è una parte importante nella refrazione binoculare utilizzando il metodo HIC. Precisamente grazie a questo fenomeno si rende possibile la discriminazione delle lenti presentate davanti a un occhio durante lo svolgimento del test, che può essere diversa da un soggetto all'altro a seconda della capacità di percezione del contrasto, indirizzandoci così verso la lente più appropriata da utilizzare nell'occhio testato a seguito del miglioramento della acuità visiva durante la visione binoculare. Invece quando l'acuità visiva in un occhio è maggiore del controlaterale, la sommazione di contrasto risulterà peggiore rispetto alla sensibilità di contrasto monoculare, fenomeno nominato Inibizione Binoculare.

1.6 Soppressione foveale e Fusione Periferica

L'informazione proveniente dai due occhi, viene combinata a livello delle prime zone della corteccia visiva, dove esiste un'interazione tra circuiti eccitatori ed inibitori.

Ci sono tre differenti stati percettivi che possono esserci durante la visione binoculare, parliamo di fusione delle immagini proveniente dai due occhi che

vengono combinate in un percelto singolo, oppure la percezione della diplopia dove le immagini dei due occhi vengono viste separatamente e il fenomeno della soppressione dell'immagine proveniente da un occhio in modo di generare una risposta di percezione singola monoculare.

Questo dipende della capacità di fusione del nostro sistema visivo nello stato binoculare, che a sua volta risponde al tipo di stimolo percepito, parliamo di una fusione non riuscita e quindi in questo caso ci sarà la probabilità che avvenga una soppressione da parte da uno dei due occhi, oppure può esserci un fallimento sia della fusione che della soppressione e in questo caso si manifesta la diplopia.

Ci possono essere due tipi di soppressione¹², quella fisiologica, presente nella normale visione binoculare che impedisce la consapevolezza della diplopia fisiologica e del fenomeno di rivalità binoculare e poi quella che può avere cause patologiche e che si evolve con dei sintomi classificati in: diplopia, stato di confusione e immagini incompatibili. Questa ultima accade nella visione binoculare quando lo stesso oggetto stimola tutte e due le fovee, ma le immagini retiniche hanno una diversa forma e misura ostacolando la fusione centralmente, grazie alla fusione periferica viene mantenuta la visione binoculare singola ma una soppressione centrale si genera di solito nell'occhio più ametrope, perciò, sul fenomeno delle immagini incompatibili si basa il metodo HIC. Grazie all'utilizzo di una lente positiva, differenti meccanismi di soppressione nella zona centro periferia della fovea possono essere stimolati dalle condizioni visive dello stesso occhio oppure tra i due occhi.

Uno studio dove fu testato la soppressione seguita ad un cambiamento di contrasto nei campi recettivi di centro e periferia in soggetti adulti e in soggetti più anziani¹³, dimostrò che esistono meccanismi differenti di soppressione suscitati attraverso variazioni di contrasto che possono oppure non possono essere percepite centralmente, modificandosi con l'avanzare dell'età dovuto all'invecchiamento del sistema visivo, dove le persone più anziane mostravano un aumento della soppressione al contrasto nella zona centro periferica rispetto ai soggetti più giovani. Da questo possiamo capire che la percezione di una immagine può essere differente quando si testa un soggetto più adulto, soprattutto in condizione di bassa

illuminazione come nel caso dell'utilizzo di un'occlusore durante la refrazione monoculare.

La differenza di nitidezza tra le immagini percepite dai due occhi quindi, provoca un deterioramento della visione binoculare. Sulla base di questo, un altro studio¹⁴ analizzò la soppressione foveale monoculare in soggetti con normale visione binoculare, nei quali fu provocato uno stato di anisometropia (differenza diottrica tra i due occhi) generando un defocus leggermente diverso tra i due occhi. L'obiettivo dello studio era di capire se l'area di soppressione foveale era una variabile dipendente dal valore dell'anisometropia e se effettivamente questi due fattori potevano essere correlati, modificando in qualche modo gli effetti sulla visione binoculare.

Si concluse questa analisi trovando che piccole quantità di anisometropia inducono piccole aree di soppressione nella fovea centralmente, che possono crescere linearmente con l'aumento del valore dell'anisometropia. Nello stesso modo si capì che con valori di anisometropia molto bassi non si verifica invece nessuna soppressione.

Quindi, in altre parole, riprende ciò che Humphriss aveva già dimostrato, che un valore di anisometropia di circa 3.00 DS, generato dall'annebbiamento di un occhio con una lente positiva di potere elevato, produce soppressione dell'intera immagine percepita con questo occhio e non soltanto una soppressione della zona centrale della fovea.

Un aspetto interessante di questo studio fu riscontrato in uno dei soggetti interessati, chi aveva una condizione di antimetropia (differenza di ametropia tra i due occhi) e non indossava la sua correzione. Per ciò sfruttava l'occhio miope per compensare la sua precoce presbiopia, quindi per osservare gli oggetti posti a distanza ravvicinata. Nel suo caso una piccola deviazione di 0.25 DS provocava una piccolissima area di soppressione in questo occhio, visto che di solito viene ignorato quando si focalizza a distanza, lo quale solleva un aspetto molto rivelatorio rispetto all'occhio ipermetrope, esse poteva essere facilmente ignorato se la distanza dell'esperimento fosse stata più ravvicinata.

Questi risultati suggeriscono che il decremento delle prestazioni binoculari in soggetti con una eventuale anisometropia può verificarsi a causa di un'inibizione centrale della fovea dell'occhio più deficitario e non esclusivamente alla sua differenza diottrica.

Quando la visione centrale viene compromessa, il comportamento visivo guidato diventa dipendente della retina periferica, spesso nel PRL (preferred retinal locus)¹¹. Tante persone che hanno danni permanenti alla fovea sfruttano questo fenomeno, ad esempio quelli che presentano una degenerazione maculare che devono usare la periferia retinica per vedere.

Quando la percezione del contrasto è differente tra i due occhi, come nel caso di soggetti con ambliopia o cataratta e in presenza di errori rifrattivi notevoli, allora la sensibilità al contrasto binoculare può essere peggio dalla migliore monoculare di entrambi gli occhi, questo perché si osserva una mancanza del fenomeno della sommazione di contrasto binoculare che può sorgere da una soppressione reciproca tra i due occhi.

Perciò ci sarà fusione periferica, qualvolta ci sia presente il fenomeno di soppressione centrale della fovea, sia da cause fisiologiche o patologiche, così come indotto da manipolazioni degli stimoli visivi, come nel nostro caso con l'utilizzo di una lente positiva che genera un annebbiamento e a sua volta disturba l'immagine vista dalla fovea centralmente, ma non compromette il percetto periferico.

CAPITOLO II

2.1 Refrazione Soggettiva Binoculare

Per realizzare l'esame rifrattivo, generalmente si eseguono i test prima in un occhio mentre il controlaterale è occluso tramite un apposito occlusore: trattandosi quindi di una refrazione soggettiva in condizioni di monocularità.

In una refrazione soggettiva binoculare i test possono essere eseguiti in modo

simile, la grande differenza però sta nel fatto che entrambi gli occhi del soggetto sono aperti senza l'uso dell'occlusore, potendo così vedere il target a distanza programmata.

Secondo l'analisi di Bannon¹⁵, una refrazione soggettiva "binoculare" dovrebbe rivelarsi superiore a una refrazione monoculare in quanto l'accomodazione, la convergenza e l'adattamento alla luce sono più costanti.

Horowitz¹⁶ aveva notato che la fusione tra un occhio con visione a bassa illuminazione come nel caso dell'occhio occluso e la visione ad alta illuminazione come nell'occhio testato, potrebbe produrre una percezione dell'illuminazione inferiore a quella percepita monocolarmente solo dall'occhio non occluso. Inoltre, ci potrebbe essere una alterazione della luminanza che può alterare la soglia di acuità.

Uno studio condotto da Grolman¹⁷, ha sottolineato che una tecnica di refrazione che coinvolge entrambi gli occhi contemporaneamente è di fatto più realistica, consentendo la determinazione delle prestazioni di ogni occhio mentre entrambi collaborano alla formazione del singolo percepito in condizioni di normale efficienza motoria e fusionale.

Tanti studi ritenevano che la visione binoculare potesse gestire la singola risposta accomodativa per formare un'unica immagine e che la fusione periferica è un processo che aiuta a mantenere stabile tale processo. Dopodiché Bennett e Rabbetts (1984) hanno espresso che l'aspetto più importante della refrazione binoculare era precisamente il controllo dell'accomodazione.

Il fattore comune tra queste osservazioni è che tutta la visione, durante la rifrazione binoculare, avviene in condizioni di fusione periferica, con l'esclusione quindi di una piccola zona centrale della fovea. Grazie a questo, è possibile effettuare la refrazione su condizioni visive dove ci sia un disallineamento visivo, oppure condizioni come anisometropia ipermetropica. A tal proposito Amos (1990) studiò altre problematiche che potevano trovare vantaggio nella refrazione binoculare, tra queste elencò l'antimetropia, ipermetropia latente intermittente e pseudomiopia.

Questo ci fa pensare che in tante altre alterazioni sia conveniente una refrazione dove sia presente la binocularità, in condizioni dove ad esempio c'è una rilevante differenza di massima acuità visiva tra i due occhi come l'ambliopia, oppure ridotta acuità unilaterale causata da malattia o di origine fisiologica. Visto che durante l'esecuzione di essa non viene introdotta una dissociazione, è possibile utilizzarla anche nelle situazioni di problematiche motilità oculare, oppure in presenza di forie orizzontali e verticali significative, cicloforia, paralisi dei muscoli extraoculari e nistagmo latente. La refrazione soggettiva binoculare permette un maggior rilassamento dell'accomodazione e aiuta a diminuire l'estensione dei movimenti oculari nel nistagmo, rispetto a una refrazione soggettiva monoculare, visto che con un occhio occluso si manifesta in modo più evidente.

Il processo di soppressione di una piccola zona centrale della fovea può avvenire attraverso metodi diversi, con l'ausilio di una lente positiva oppure con l'utilizzo di filtri polarizzati. Tanti studi furono svolti negli anni per cercare il modo giusto di effettuare una refrazione in condizioni binoculari, dove però venissero rispettate le condizioni di visione naturale, o almeno il più simile possibile alle condizioni ambientali.

La tecnica di Calder Gillie (1957), prevedeva l'uso di bassi poteri sferici per annebbiare l'occhio non testato attraverso un flipper. Il soggetto poteva riconoscere lo stato di visione binoculare migliore con dei piccoli cambiamenti di potere positivo o negativo presentati soltanto in un occhio, mentre il controlaterale era aperto e annebbiato, concludendo che, il fatto di annebbiare un occhio e nel frattempo testare l'altro, dipendesse dalla capacità del soggetto di sopprimere la visione centrale nell'occhio non testato.

La refrazione descritta da Dorland Smith era una tecnica originariamente progettata per rivelare uno spasmo accomodativo, usando come punto di partenza i valori ottenuti dalla retinoscopia. Inizialmente veniva stabilita una lente sferica di annebbiamento pari a 2.00 diottrie(D) seguendo il criterio di Copeland, da utilizzare davanti l'occhio non testato in modo di indurre una soppressione centrale della fovea¹⁸.

Humphriss invece utilizzò un valore sferico pari a 0,75 D di annebbiamento davanti l'occhio non testato, proponendo di seguito l'esecuzione di un test bicromatico sull'altro occhio, per trovare il valore di sfera adatto a correggere l'ametropia del soggetto. In seguito, notò che questa tecnica creava una soppressione centrale dell'immagine foveale nell'occhio annebbiato, ma allo stesso tempo le immagini periferiche restavano fuse; notò anche che durante l'esecuzione, l'occhio non annebbiato rispondeva a cambiamenti di 0.25 D con rotazione di asse del cilindro di 5°, e utilizzando valori superiori per l'annebbiamento la visione binoculare veniva alterata, rompendo la fusione e di conseguenza aprendo le porte al fenomeno della diplopia.

L'occlusione di un occhio può stimolare l'accomodazione nell'occhio non testato, e secondo la legge di Hering; un equivalente valore accomodativo viene istaurato nell'occhio testato. Quindi una refrazione dove è possibile controllare lo stato accomodativo è utile per evitare una sovracorrezione in negativo o sottocorrezione in positivo, soprattutto nei soggetti con ipermetropia, pseudomiopia e antimetropia¹⁹.

2.2 Il Turville Infinity Balance. Un metodo di Refrazione Binoculare.

Fra i metodi che sono stati studiati per effettuare una refrazione binoculare, viene generalmente preso in considerazione per primo il Turville Infinity Balance (TIB). Questa è una tecnica che instaura nel soggetto una fusione periferica binoculare mentre è presente un fenomeno di occultamento, cioè l'immagine percepita da un occhio non viene percepita dal controlaterale e viceversa, grazie all'utilizzo di un septum (separatore). Il metodo prevede l'utilizzo di una tabella con due target distanti tra loro di sei centimetri, posizionata dietro al soggetto mentre lo stesso sarà davanti a uno specchio a una distanza di tre metri. Il septum è ricavato con una opacità centrale a forma di I direttamente sullo specchio. Il metodo è stato successivamente adattato alla visione diretta degli ottotipi (senza riflessione) usando proprio un corpo in sospensione posto opportunamente fra esaminato e schermo.

Questo sistema prevede che la distanza tra il soggetto e l'immagine riflessa della tabella sullo specchio, aumenti fino a sei metri. Così facendo il soggetto percepirà nell'immagine riflessa un target da un occhio separato dal controlaterale e viceversa, mantenendo però osservabile contemporaneamente da entrambi gli occhi tutta la parte periferica del sistema, in modo tale da generare un blocco fusionale. Geometricamente, è possibile pensare al sistema come se il septum fosse collocato nell'intersezione di due linee immaginarie incrociate diagonalmente, che connettono rispettivamente la fovea di un occhio con la parte del bersaglio che dovrebbe essere vista solo dal controlaterale. In questo modo il setto occulta all'occhio destro la parte posta a sinistra e all'occhio sinistro quella posta a destra. Invece, nelle aree più periferiche della retina in entrambi gli occhi ci sarà la stessa immagine generata dal contorno del target, condizione in cui porterà alla fusione delle due immagini.

Questa però non è una situazione del tutto binoculare, perché non esiste una percezione simultanea binoculare delle due mire centrali. Quello che il soggetto esaminato è in grado di osservare e percepire in condizioni fisiologiche quando viene applicato il TIB test è simile all'ottotipo, tuttavia però le mire centrali sono viste monocularmente. Questa condizione può essere descritta come una percezione simultanea binoculare "periferica" dove uno dei due percetti del target presentato cade su una zona della fovea di un occhio, mentre l'altro percetto cadrebbe sulla regione periferica dello stesso occhio, accadendo lo stesso nel controlaterale²⁰. Motivo per il quale questo metodo può essere considerato come una percezione monoculare di veloce alternanza tra i due occhi, ecco perché il TIB viene usato maggiormente come tecnica per il bilanciamento binoculare.

La tecnica in questione fu studiata attraverso le ricerche approfondite sulla visione binoculare in Sud Africa, sotto la direzione della Dottoressa Hannon, docente di psicologia dell'Università de Witwatersrand, Johannesburg²¹, chi provò che sulle persone con condizione binoculare normale, non c'era bisogno di utilizzare un Septum vero e proprio, perché nel loro centro visivo superiore esiste un meccanismo di autoregolazione altamente selettivo, che può essere usato nel suo posto, quindi sotto una condizioni più naturale.

2.3 Altri metodi per eseguire una Refrazione Binoculare.

Altre metodologie possono essere utilizzate in alternativa per arrivare ad effettuare una refrazione binoculare, alcuni sfruttano il concetto del septum, sempre con l'obiettivo di arrivare al blocco fusionale periferico generando una soppressione della fovea, altri invece utilizzano la polarizzazione.

Uno dei più utilizzati è il metodo polarizzato, Polatest (Haase, 1961). Questo test ci permette di avere una visione simultanea monoculare del target per entrambi gli occhi, quindi possiamo avvertire due immagini separate dello stesso target in modo da poter valutare ogni occhio indipendentemente dall'altro, ma comunque con fusione periferica grazie alla presenza di blocchi fusionali che vengono percepiti da entrambi gli occhi. Utilizzando delle slides polarizzate di acuità visiva e immagini per i diversi momenti della refrazione, sempre proiettate in uno schermo illuminato, in questo modo possiamo non solo effettuare la completa procedura dello stato rifrattivo, ma anche valutare eventuali eteroforie, disparità di fissazione, aniseiconia, cicloforia funzionale e stereopsi del soggetto grazie ai diversi target che lo compongono.

Haase riteneva ci fossero delle differenze nei risultati ottenuti con il Polatest rispetto ad esempio il Cilindro di Maddox, questo fattore poteva dipendere direttamente della percezione del soggetto, visto che il Polatest sfrutta la luce mentre nel Maddox la posizione della barra viene determinata in una condizione più al buio. Invece le procedure effettuate per il bilanciamento binoculare sono molto simili tra loro a quelle utilizzate nel TIB.

Un altro metodo che sfrutta sempre la polarizzazione è il Vectograph (Grolman, 1966). Questo è un metodo che a differenza del Polatest, usa dei simboli e caratteri in alta risoluzione proiettati su uno schermo permettendo di osservare con un occhio, una sessione del test composta da un'immagine opaca mentre nell'altro occhio si osserva l'altra porzione uniformemente illuminata. In questo modo si può effettuare la refrazione su un occhio alla volta senza che le funzioni vengano alterate dalle interferenze ottiche del controlaterale. Fenomeno ottenuto attraverso il test costruito con delle opposte linee verticali e orizzontali localizzate in varie zone

dello schermo che possono essere viste binocularmente, con l'obiettivo di generare la fusione periferica, insieme a dei numeri e caratteri anch'essi percepiti con entrambi gli occhi. Quindi avremo una porzione dello schermo dove le lettere saranno viste soltanto dall'occhio destro mentre i numeri e linee vengo percepite in modo binoculare, e lo stesso accade per occhio sinistro.

Per concludere, siamo in una condizione dove possiamo valutare soltanto ciò che sta osservando uno dei due occhi, grazie alla soppressione foveale, mentre allo stesso tempo entrambi osservano i simboli fusi.

Anche in questo caso il grafico utilizzato nei test ci permette di valutare la disparità del soggetto grazie a la fusione binoculare generata dalla sovrapposizione delle parti viste monocularmente, queste formano una croce molto simile a quella del Polatest, con un piccolo punto di fissazione che genera un blocco centrale. Inoltre, possiamo valutare anche la stereopsi.

Un significativo svantaggio di questa procedura sta nel fatto che una leggera inclinazione della testa del soggetto può indurre ad uno spostamento e quindi posizionamento diverso del target, causando un aumento della separazione verticale delle linee quando valutiamo la disparità.

2.4 Humphriss Immediate Contrast, un metodo di Refrazione Binoculare. Septum Psicologico.

Il metodo Humphriss Immediate Contrast (HIC) utilizzato come refrazione binoculare, viene sviluppato sulla base del TIB, l'occhio non è occluso e non necessita dell'utilizzo di un septum vero e proprio, neppure elementi selettivi come ad esempio i filtri polarizzati. Nasce così il termine di Septum Psicologico, dove sostituendo l'occlusore con una lente positiva di valore sferico pari a 0.75/1.00 D, si instaura una condizione visiva simile a quella ottenuta con il TIB, però questa volta il nostro sistema sfrutta l'annebbiamento generato dalla lente positiva su uno dei due occhi.

Prima di tutto però fu necessario determinare il valore minimo da dare alla lente

positiva che provocasse questo annebbiamento e instaurare nel soggetto le stesse dinamiche ottenute con il metodo TIB, rispettando altresì le condizioni binoculari, la soppressione centrale della fovea nell'occhio annebbiato e rendendo possibile esaminare l'occhio controlaterale. Con questa finalità si effettua un piccolo esperimento²¹ dove aumentando progressivamente il potere di una lente positiva su un occhio, veniva generata una miopia artificiale finché la visione veniva del tutto soppressa.

In questo modo, venne riscontrato che nella maggior parte dei soggetti se instaurava una soppressione quando il valore sferico arrivava a 1.50 D. La valutazione della binocularità, durante la progressione del potere positivo, permetteva di verificare la fusione periferica e la soppressione centrale nell'occhio annebbiato. Successivamente, venne notato che il valore di annebbiamento di 1.00 D era quello borderline, al di sotto del quale si rischiava che l'annebbiamento fosse insufficiente e che quindi l'occhio non testato collaborasse troppo venendo meno il controllo sull'accomodazione. Al contrario, con un valore superiore, il rischio poteva essere quello di un collasso della binocularità, condizione che avrebbe fatto venire meno le condizioni sperimentali. Per questo motivo, la esecuzione di tante altre rifrazioni, hanno infine concluso che utilizzando una lente positiva di valore sferico da 0.75 D a 1.00 D, era possibile ottenere i risultati previsti all'inizio dell'esperimento.

Come punto di partenza per emmetropizzare il soggetto, uno dei modi più utilizzati è la retinoscopia. Humphriss propone un metodo per verificare l'accuratezza del valore trovato. Prima di tutto inizia sovrapponendo una lente che annulla la distanza di lavoro di entrambi gli occhi raggiungendo una acuità visiva di 2.5/10 da lontano. Dopodiché viene ridotto l'annebbiamento binoculare fino 5/10, per poi proseguire monocularmente riducendo l'annebbiamento a step di +0.50 D fino al raggiungimento di un'acuità visiva pari a 10/10. Alla fine, si utilizza una lente sferica di +1.00 D per annebbiare l'occhio appena testato per poter lavorare sul controlaterale, riducendo l'annebbiamento nello stesso modo fino ai 10/10. A questo punto, se la schiascopia è stata eseguita accuratamente, il positivo che si è dovuto togliere per raggiungere i 10/10 di acuità visiva dovrebbe essere dello stesso valore.

Per svolgere la rifrazione binoculare, è importante lasciare la correzione trovata nella schiascopia dopodiché, Humphriss ha proposto di cominciare utilizzando una lente sferica di valore $+0.75$ D davanti a un occhio (che per maggior comprensione del testo cominceremo dall'occhio sinistro), così da osservare la linea dell'ottotipo corrispondente a 5/10. Di seguito si comincia a testare la sfera dell'occhio destro anteponendo una lente di $+0.25$ D per un secondo che verrà rimpiazzata con un'altra lente negativa di pari valore per mezzo secondo. A questo punto, il soggetto dovrà dare una risposta immediata su quale delle due alternative farà vedere meglio l'ottotipo.

Ci si aspetta una preferenza immediata per la lente negativa, segno che il soggetto non sta accomodando, quindi si addiziona -0.25 D alla sua correzione sferica. Se però vede meglio con la lente negativa ma le lettere sono più piccole e scure, vuol dire che in questo caso il soggetto comincia ad accomodare, pertanto la lente non verrà aggiunta. Se invece le risposte sono di preferenza per la lente positiva oppure mostrerà poca sicurezza nella scelta tra le due varianti, allora si addiziona $+0.25$ D alla sua correzione sferica.

Ottenere un rifiuto immediato della lente negativa, scegliendo la visione con quella positiva, comporta che l'occhio testato, viene indotto ad accomodare e allora l'occhio annebbiato accomoderà anch'esso della stessa quantità, motivo per il quale l'annebbiamento dovrà essere aumentato di $+0.25$ D per garantire il rilassamento accomodativo. A questo punto si avrà l'accomodazione rilassata in entrambi gli occhi.

Il test prosegue anteponendo sull'occhio destro le lenti sferiche $-/+ 0.25$ D con la tecnica precedentemente spiegata finché viene rifiutata la lente positiva, nel momento in cui questo accade la fase del test sarà completata procedendo con la valutazione dell'occhio sinistro nello stesso modo, anteponendo però la lente di annebbiamento sull'occhio destro.

A questo punto viene eseguito il controllo dell'astigmatismo nel soggetto, dove si utilizza la tecnica HIC insieme alla metodologia del Cilindro Crociato di Jackson (JCC). La procedura del JCC è la stessa a quella adoperata durante la rifrazione

monoculare, ma in questo caso, l'occhio non esaminato non verrà occluso ma sarà annebbiato secondo il metodo HIC, quindi si eseguirà il test un occhio alla volta.

Terminata la valutazione del cilindro, si rivede la sfera con il test bicromatico (rosso/verde), lasciando la preferenza per il target rosso. Grazie alla funzionalità del Septum Psicologico di mantenere rilassata la componente accomodativa, la fase del bilanciamento binoculare non è necessaria.

Durante la procedura del metodo HIC si distinguono fenomeni trattati nel primo capitolo di questo lavoro, quali: la Percezione dell'annebbiamento, la Soppressione Foveale e la Fusione Periferica. La differenza tra il metodo TIB e il metodo HIC è che quest'ultimo utilizza il Septum Psicologico rendendo possibile l'esecuzione del test in binocularità.

Septum Psicologico.

Il termine deriva sempre dalla tecnica del TIB, e viene denominato così il fenomeno di inibizione della zona centrale della fovea dovuto ad un leggero annebbiamento di un occhio, questo grazie all'utilizzo di una lente positiva, così l'occhio non annebbiato può essere esaminato come se il controlaterale fosse occluso, grazie alla capacità del nostro sistema visivo di autoregolarsi. Questa inibizione è un processo naturale, che in un certo modo funziona come un interruttore che può essere acceso o spento in modo tale che, il sistema visivo lavori prevalentemente sull'immagine più nitida, cercando sempre di fornire la massima acuità visiva binoculare possibile. Quindi il termine di septum vero e proprio nel metodo TIB viene rimpiazzato dal termine Septum Psicologico, visto che il risultato è frutto dell'interazione dell'effetto della lente con tutto quello che viene interpretato a livello delle aree visive superiori.

Un esperimento²² fu realizzato per capire le giuste condizioni che potessero innescare questo meccanismo, sfruttando un target con delle linee orizzontali e verticali che potevano essere viste da entrambi gli occhi simultaneamente, l'immagine veniva percepita come mostrato nella figura 1 (rettangolo in mezzo), quindi un rettangolo composto da tre piccoli quadrati dove quello centrale forma

una croce corrispondente alla visione dei due occhi.

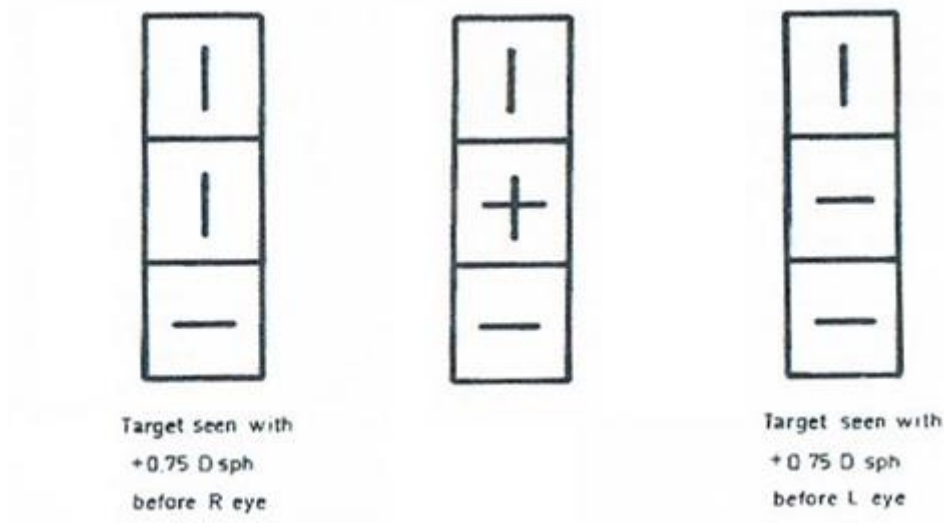


Fig. 1. Immagini viste attraverso l'annebbiamento generato dall'utilizzo di una lente positiva di valore sferico pari a 0.75 D.

Inizialmente il test mostra un rettangolo verticale composto da due quadrati che con l'ausilio di un prisma a base interna posto davanti a uno dei due occhi, si sdoppia orizzontalmente. Di seguito un altro prisma verticale viene collocato davanti all'occhio controlaterale spostando il rettangolo della metà della sua altezza. A questo punto, il prisma a base interna viene ridotto fino a quando le due parti del rettangolo appaiono fuse, in modo che il rettangolo è composto da tre piccoli quadrati. Il quadrato in alto viene visto dall'occhio destro, quello in basso dall'occhio sinistro, invece il quadrato in mezzo è visto binocularmente. Dopodiché, si posiziona una lente +0.25 D davanti a uno dei due occhi aumentando il suo valore fino a quando si percepisce un cambiamento.

La maggior parte dei soggetti riferiva un cambiamento dopo il posizionamento della lente positiva di valore pari a 0.75 D. Inoltre, si osservò che la linea orizzontale nel riquadro centrale spariva una volta che la lente era posizionata davanti l'occhio destro, stessa cosa quando viene posizionata la lente davanti all'occhio sinistro, ma la linea verticale spariva nel riquadro centrale.

In questo modo gli altri due target potevano essere visti sempre in condizione binoculare, osservandosi la presenza del fenomeno di inibizione centrale, laddove

la lente positiva veniva posizionata. Quindi la croce centrale viene generata in visione binoculare grazie alla fusione del percolato dei due occhi. Inoltre, si capì che il tempo di comparsa e scomparsa delle linee era immediato al posizionamento della lente davanti all'occhio testato.

Ciò che risulta interessante è il fatto che solo la linea centrale nel target viene interessata all'inibizione, eccentricamente la percezione della sfocatura è più grossolana e l'inibizione che avviene a livello centrale non si verifica perifericamente. Questo dimostra che esiste una specie di soppressione "selettiva" nella fovea e quindi può essere semplicemente eliminata dalla visione binoculare, quella parte dell'immagine che viene superata dalla migliore acuità visiva binoculare.

In sostanza una piccola zona centrale della fovea viene soppressa e di conseguenza si rende possibile la refrazione soggettiva nell'occhio non annebbiato, senza avere cambiamenti nel comportamento della binocularità, con l'utilizzo di una sfera positiva di potere compreso tra le 0.75 e 1.00 D. Se invece il potere della lente è superiore, allora la visione binoculare incomincia a crollare²⁰, l'effetto dell'annebbiamento attraverso questa sfera causa nella zona centrale della fovea una inibizione della percezione dell'immagine nell'altro occhio, considerando che necessita una piccola area centrale della fovea di 0.5° per riconoscere le lettere corrispondente ad una acuità visiva di 6/10.

2.5 Il principio del Septum Psicologico utilizzato nella refrazione da vicino e nel bilanciamento binoculare.

Quando delle lenti positive o negative vengono poste davanti un soggetto presbite per osservare un target ad una distanza ravvicinata, i fattori che determinano quale lente fornisce un'immagine più nitida sono diversi, questo perché il soggetto può scegliere di fare una delle due cose: può rilassare l'accomodazione e scegliere la lente positiva, oppure può accomodare e scegliere la lente negativa.

Il principio per effettuare il test da vicino è simile a quello della refrazione da lontano. Si effettua la rifrazione su un occhio mentre l'altro è annebbiato. Si utilizzano due alternative di lenti (+/-) così il soggetto dovrà scegliere quella che gli

permette di vedere il target più nitido a distanza ravvicinata.

Supponendo che la rifrazione da lontano sia correttamente bilanciata e il soggetto abbia la correzione per la distanza di lettura posizionata, si comincia antepoendo davanti a uno dei due occhi una lente positiva di valore 0.50 D, annullando in questo modo il LAG accomodativo su questo occhio, nonostante questa condizione, il soggetto continuerà a vedere bene con entrambi gli occhi. Dopodiché si toglie la lente positiva e si antepone una lente negativa di uguale valore davanti allo stesso occhio, condizione che porta il soggetto a non vedere molto bene con l'occhio testato, mentre il controlaterale continua ad avere una visione nitida. Grazie al principio della Sommazione di Contrasto Binoculare, dovrebbe preferire la visione con la lente positiva. Perciò, si prosegue incrementando il valore positivo di ulteriore 0.50 D sempre sullo stesso occhio. Se così facendo però il soggetto nota che l'ultima lente posizionata risulta forte mentre continua a vedere nitido con l'altro occhio, sarà un segnale di preferenza per la lente precedente, risultando pertanto adeguata come valore di addizione.

Il metodo HIC può essere molto utile come alternativa di bilanciamento binoculare, visto il ruolo determinante nel controllo dell'accomodazione, anche se non è da considerarsi un vero metodo di bilanciamento binoculare. In questo caso il metodo va usato in seguito alla refrazione monoculare dopo aver trovato il valore della sfera e del cilindro, monocularmente, rispettando la sua procedura.

Questa procedura però non è particolarmente utile quando l'abilità accomodativa è carente o assente, come nel caso delle persone presbite o pseudoafachiche. Non è neppure necessario il bilanciamento binoculare una volta che la refrazione soggettiva viene effettuata mantenendo la fusione periferica, quindi durante la refrazione binoculare.

Poiché le altre procedure di bilanciamento richiedono di eguagliare le acuità visive sotto annebbiamento di entrambi gli occhi, bisogna che essi abbiano la possibilità di raggiungere la stessa AV durante la refrazione monoculare, e se la migliore acuità visiva differisce tra i due occhi dopo la fase monoculare, risulta inutile eseguire il bilanciamento binoculare, quindi quest'ultima fase dovrebbe essere saltata²³.

Capitolo III

3.1 Confronto tra Humphriss Immediate Contrast con altre tecniche.

Abbiamo visto che il metodo di Humphriss può essere quindi utilizzato nella refrazione binoculare e anche se non è del tutto da considerarsi una tecnica di bilanciamento binoculare, può essere però utilizzata come alternativa in alcuni casi, questo perché a differenza di tanti altri test, i risultati ottenuti utilizzando questo metodo sono di gran lunga molto più accurati. Inoltre, trattasi di una procedura molto semplice che permette al soggetto di avere un maggiore comfort durante l'esecuzione del test. Tra HIC e le altre tecniche utilizzate durante l'esame optometrico ci sono quindi delle diversità, che possono alterare i risultati finali.

Nonostante ciò, si può apprezzare una similitudine nei risultati finali se confrontati con alcuni test. Ad esempio, analizzando i test utilizzati durante il bilanciamento binoculare in condizioni dissociative, noi sappiamo che in queste condizioni, il nostro sistema visivo si trova in Stress e di conseguenza si attivano dei meccanismi che possono alterare indiscutibilmente il valore ottenuto, quindi, non potremmo essere certi che i valori finali siano del tutto giusti.

Se invece di analizzarli separatamente proviamo a confrontarli con un metodo che non lavora in dissociazione, senza così compromettere la visione binoculare e da non generare uno stress nel nostro sistema visivo, in questo modo troveremo dei risultati diversi, ma non solo, forse anche più veritieri visto che le condizioni di esecuzione sono molto più vicine al comportamento visivo abituale dove il soggetto si trova nel suo stato naturale di comfort.

Quindi un'analisi approfondita del metodo in questione utilizzato nella refrazione binoculare non basta per risollevare questa tecnica, pensiamo invece sarebbe importante fare un confronto con altre tecniche, così di potere stabilire i punti salienti e le differenze più rilevanti tra questi metodi, cosa che ci aiuterà a definire la tecnica più giusta e sicura di utilizzare durante l'esame optometrico, sia per rilevare il valore dell'astigmatismo che per la sua applicazione come metodo di bilanciamento binoculare.

Confronto tra Humphriss Immediate Contrast con altri metodi utilizzati per rilevare l'astigmatismo.

Nella nostra ricerca, per trovare degli studi precedenti che confrontassero il metodo HIC con altri, ne abbiamo trovati pochi dove venisse veramente coinvolto, questo perché di solito i confronti avvengono tra tecniche di simile esecuzione o quanto meno con degli aspetti simili tra loro, come nel caso dei test dissocianti.

Uno studio realizzato da Bryan L. Johnson²⁴ fu uno di questi che stabilì un confronto tra varie tecniche soggettive usate per trovare il valore dell'astigmatismo. Il più utilizzato di tutti è il metodo del cilindro Crociato di Jackson (JCC), così stabilì una tecnica di confronto tra questo metodo e altri due: Il HIC e la tecnica di Pratt.

La tecnica di Pratt viene utilizzata durante la refrazione da vicino, perciò i valori trovati non sono molto comparabili con le altre due tecniche, questo perché la distanza di esecuzione del test è diversa, anche se questo è un fattore che di solito non genera una diversità rilevante nel valore dell'astigmatismo che si mantiene costante nella refrazione sia da lontano che da vicino, nel nostro caso, la procedura del test supporta questa differenza.

La Tecnica di HIC si utilizza come già descritto precedentemente, dopodiché si esegue la procedura del JCC per rilevare l'astigmatismo. Per ciò i due metodi hanno degli aspetti in comune, ma la procedura di esecuzione del JCC è differente, nel caso della refrazione monolare un occhio viene occluso e si procede con il test tutto monocularmente, con HIC invece si sfrutta la soppressione centrale della fovea nell'occhio non testato, e si lavora con la fusione periferica per testare l'occhio controlaterale.

Il test di Pratt invece è utilizzato per trovare il potere e asse del cilindro da vicino, descritto da Carol B. Pratt, in condizioni di monocularità e viene condotto a 40 cm dagli occhi. In questo caso per trovare l'addizione del soggetto, viene utilizzata una sfera positiva con un valore massimo tale di avere una acuità visiva di 10/10, successivamente si controlla l'astigmatismo usando come target due griglie

incrociate, una di essa è composta sia da linee orizzontali che verticale, come quella usata nel test binoculare del cilindro crociato per trovare la addizione, l'altra invece è formata da linee oblique che permette di trovare l'orientamento del cilindro allo scopo di mantenere le linee perfettamente nitide. In questo modo si troverà sia il potere dell'astigmatismo, scegliendo quella lente che determina l'uguaglianza tra le due griglie e l'asse d'orientamento.

Il metodo Pratt rappresenta, se vogliamo, un metodo più sicuro per accertarsi dell'astigmatismo trovato nella refrazione da lontano. Questa tecnica quindi, a differenza di HIC non ha bisogno dell'ausilio della procedura di JCC, perché sfrutta una sua propria metodologia, inoltre anche qui, il test viene effettuato in condizioni monoculari, diverso al resto delle procedure per trovare l'addizione per la visione prossimale.

La tecnica del Cilindro Crociato di Jackson (JCC) è la più usata durante la refrazione da lontano per trovare il potere e asse del cilindro, questo lo si ottiene attraverso una lente che comprende lo stesso valore di cilindro negativo e positivo, fra loro orientati a 90 gradi. Utilizzata con la tecnica del flipper cambiando in pochi secondi il valore +/- davanti un occhio, mentre l'altro è occluso, però senza influenzare il potere equivalente sferico. Questo test si fa in condizioni visive monoculari, nonostante ciò può essere combinato con tecniche come il HIC, portando il soggetto a una condizione più naturale.

Il nostro obiettivo è quello di capire se c'è una notevole diversità tra queste tecniche, soprattutto tra le due applicate nella refrazione da lontano, in modo di potere stabilire quanto funzionale sia utilizzare una di esse nella nostra pratica quotidiana.

Quando si utilizza il JCC, ci possono essere degli errori molto comuni legati alla sua procedura, ad esempio ci può essere un fallimento dovuto al fatto che si deve incrementare il valore della sfera di 0.25 D ogni qualvolta che viene aumentato un cilindro negativo di 0.50 D, che non sempre viene effettuato. Un altro degli errori trovati con questa procedura sta nel fatto di cambiare troppo velocemente il potere del cilindro da positivo a negativo, senza che il soggetto abbia il tempo sufficiente

di analizzare e dare un giudizio. In conclusione, non permette al soggetto di vedere la differenza della variazione dell'immagine attraverso le due lenti proposte, in modo di non essere del tutto certi di quale è più corretta e a volte si dà per scontato che indecisione nella scelta della lente idonea, sia sintomo di uguaglianza o peggio ancora, stabilire che quello sia il valore giusto, quindi in questo caso bisogna accertarsi del valore trovato.

Lo studio citato, mostrò che anche se il JCC è una tecnica usata in tutto il mondo per tantissimi clinici, dipende molto dell'abilità dell'esaminatore di eseguire e interpretare correttamente tutta la procedura. Inoltre, fu provato che il potere trovato nel JCC (monoculare) e nel HIC, in quasi il 98 percento dei soggetti esaminati, oscillava solo di 0.25 D di differenze, così come il valore dell'asse di rotazione, che differiva di circa 5° tra le due procedure. Quindi possiamo dedurre che la differenza effettiva tra JCC (monoculare) e HIC non è molto significativa, nonostante la differenza nella esecuzione del test JCC nei due casi.

I valori però attraverso il Pratt erano sensibilmente discordanti, i risultati ottenuti erano significativamente maggiori e c'era qualche differenza nel potere e asse del cilindro rispetto dalle altre due tecniche, quindi come abbiamo detto in precedenza, questo test è da eseguire solo in casi di dubbi durante la procedura svolta da lontano in modo di confermare la correzione ottenuta.

Questa tendenza ai risultati un po' più elevati di potere del cilindro nel test di Pratt, potrebbe essere dovuto dalla distanza del test e dalla diversa procedura. Hughes²⁵ sosteneva che questo poteva essere dovuto al cambiamento di uno dei settori delle fibre sospensorie del cristallino, dovuto alla accomodazione durante la visione prossimale.

Per dimostrare questo, studiosi come Rutstein e Eskridge²⁶ determinarono l'asse del cilindro in condizioni monoculari e binoculari in paziente con cicloforia compresa tra i 4 e gli 8 gradi, utilizzando però il metodo di TIB, in questo caso la differenza nell'asse del cilindro da monoculare a binoculare variava di oltre 1.00 diottra.

Quindi ci può essere una componente di cicloforia importante che può generare

questo cambiamento, perciò, avere un controllo di questo fattore sarebbe di grande sviluppo per i nostri esami quotidiani, cosa che può avvenire attraverso il HIC, mantenendo lo stato accomodativo controllato e così la cicloforia manifesta durante lo svolgimento del test.

HIC può essere usato come alternativa al metodo di JCC per determinare sia l'asse che il potere del cilindro, sebbene i risultati ottenuti dallo studio di Johnson forniscono valori molto simili (sia come potere che come asse), tuttavia in presenza di elevati valori di astigmatismo, sarebbe rischioso l'utilizzare un metodo dove viene occluso uno dei due occhi, considerando che la variazione minima di asse può produrre effetti indesiderati invalidanti per il comfort del soggetto.

Confronto tra Humphriss Immediate Contrast con altri test utilizzati come Bilanciamento Binoculare.

La fase finale di una refrazione monoculare effettuata da lontano è il bilanciamento della risposta accomodativa nei due occhi, assicurandosi però che durante le prime fasi della refrazione di ogni occhio si abbia ottenuto la massima acuità visiva di entrambi.

Le tecniche che vengono utilizzate in questa fase, sono metodi di bilanciamento dove di solito viene introdotta una condizione nella quale il soggetto viene dissociato attraverso i prismi oppure con l'ausilio di filtri polarizzati, che permettono di separare la visione di un occhio rispetto all'altro mentre si focalizza il target, risultando però una condizione artificiale che potrebbe alterare le condizioni visive.

Noi sappiamo che quando un prisma viene posizionato davanti agli occhi, esso proietta l'immagine sulla retina in direzione della base. Il sistema visivo per compensare questa alterazione agisce attraverso le riserve fusionali ripristinando la visione singola. Tuttavia, le riserve fusionali hanno dei limiti, per cui se si supera un certo valore, si verifica una rottura, e di conseguenza l'immagine apparirebbe doppia. Questo fenomeno viene sfruttato per tutti i test dissocianti.

Quindi queste tecniche, non vengono mai eseguite in uno stato monoculare, ma

nemmeno binocularmente come suggerisce il termine, perché in condizione dissociante abbiamo una visione del tipo bioculare, la quale si produce una rottura della fusione sdoppiando così la visione, producendo due target distinti per i due occhi, permettendoci di esaminare gli occhi singolarmente uno alla volta, potendo diversificare ciò che viene visto da uno rispetto all'altro. Quindi la terminologia "bioculare" riferisce soltanto che durante questa fase verrà stabilizzato lo stato accomodativo in entrambi gli occhi in modo da generare un'uguaglianza, ma non in condizione di binocularità.

Per questo motivo l'Università di Scienze Mediche di Zahedan²⁷, ha eseguito uno studio su 60 studenti utilizzando differenti metodi di bilanciamento binoculare, prendendo come punto di partenza i risultati trovati durante l'esame oggettivo con l'ausilio della retinoscopia, rettificata poi da refrazione monoculare.

Il confronto fu su quattro metodi diversi, tre in condizione dissociante: occlusione alternata, metodo di dissociazione prismatica e il test bicromatico (rosso/verde), l'ultimo test invece era in condizione associata, si trattava del metodo HIC.

Si può dire che ogni metodo però se ne conosce, sia i vantaggi che gli svantaggi, ad esempio le già conosciute limitazioni del test di Occlusione Alternata, riguardante le immagini non viste nello stesso tempo dai due occhi. Inoltre, il bilanciamento finale è limitato in soggetti dove non è stato possibile arrivare ad una massima acuità visiva tra i due occhi nella fase precedente della refrazione monoculare. Un altro fattore invalidante di questa tecnica è mantenere lo status accomodativo in tutti e due gli occhi, soprattutto nell'occhio non occluso, visto che in nessun momento della procedura il soggetto si troverà con tutti e due gli occhi contemporaneamente focalizzati nel target, con la conseguenza di una completa rottura della visione binoculare, condizione che genera un confusionale stato visivo del soggetto sotto esame. Tutto ciò ad indicare che questa tecnica confrontata con altre, è quella con più svantaggi sia durante la procedura che nei possibili risultati.

La dissociazione prismatica, procedura spesso utilizzata per bilanciare lo stato accomodativo, può essere inefficace in casi estremi come deviazioni manifeste (tropie), dove può verificarsi la soppressione di un occhio e quindi non "rilevare"

la diplopia indotta dal tentativo di dissociare, oppure nel caso dell'ambliopia. Infatti, per svolgere questa procedura, si richiede che entrambi gli occhi abbiano la stessa acuità visiva monoculare e che essa sia almeno 10/10.

Utilizzando il test bicromatico, si minimizzano i problemi associati al raggiungimento dell'uguaglianza di acuità visiva tra i due occhi, inoltre permette durante l'esecuzione di avvicinarsi al valore di massima acuità visiva in ogni occhio. Deve essere fatto in condizioni dissocianti attraverso i prismi e quindi le immagini devono essere separate, così da conferire uno stato di diplopia in modo di poter confrontare separatamente i target rosso/verde sia nell'immagine vista da un occhio che quella vista dal controlaterale. Il problema però è che non sempre si riesce ad avere una uguaglianza tra il rosso e il verde. Inoltre, alcuni test come ad esempio il Duochrome, non hanno i colori con le lunghezze d'onda giuste e quindi l'equalizzazione che si cerca durante il test, potrebbe non corrispondere allo stato di emmetropizzazione del soggetto.

Humphriss Immediate Contrast (HIC), è un altro test che viene usato in questa fase, ha un ruolo importante nel controllo dell'accomodazione ed è un test di veloce esecuzione. La sua procedura non ha bisogno dell'utilizzo di dispositivi ottici aggiunti, come ad esempio i prismi oppure i filtri polarizzati che sono invece necessari per la dissociazione prismatica e per il bicromatico dissociato.

Comunque, non si tratta di una vera tecnica di bilanciamento, perché non funziona sul concetto di pareggiare le acuità visive (come ad esempio nella dissociazione prismatica), ma sulla identificazione del punto in cui si instaura un'attività accomodativa in uno dei due occhi separatamente. Di fatto questo metodo permette di identificare con precisione il potere della lente più negativa, oltre al quale il soggetto inizia ad accomodare.

Tornando al precedente studio citato, nel confronto tra queste quattro tecniche di bilanciamento, si osservò che il valore di media più basso fu trovato nel confronto tra la tecnica di Occlusione Alternata e il bilanciamento attraverso la dissociazione prismatica. Non fu così invece nel confronto tra il test bicromatico e la tecnica di HIC, dove si scoprì che effettivamente queste due tecniche generavano dei valori

molto simili. Nonostante ciò, si conclude che quelli con esiti che si discostano maggiormente sono in assoluto l'occlusione alternata e il metodo di HIC. Questo perché il HIC permette nel soggetto la visione binoculare, mentre l'occlusione alternata crea la rottura della binocularità durante tutto lo svolgimento del test, fattore che genera indiscutibilmente una grande differenza tra i risultati ottenuti.

Per concludere il confronto, posso dire che i primi tre metodi inducono una completa dissociazione dei due occhi e di conseguenza una sospensione della visione binoculare con relativo annullamento delle vergenze fusionali, portando un possibile cambiamento della risposta accomodativa. Utilizzando invece un metodo non dissociativo, come HIC, siamo certi che il soggetto si trova in un perfetto stato confortevole di visione binoculare, e che i risultati saranno molto più accurati e vicini alle condizioni ambientali e naturali della nostra visione.

CONCLUSIONI

Durante la ricerca è stato difficile trovare materiale dove venisse studiato il metodo HIC interamente. Tanti articoli trovati, approfondivano sulla procedura di svolgimento del test, ma difficilmente veniva spiegato tutto il funzionamento psicofisico e ottico, che si trovano alla base di questa tecnica. Quindi una ricerca più settoriale ha prodotto materiale più dettagliato e approfondito anche se, non essendo una tecnica nuova, il materiale trovato non era molto recente.

Uno dei fattori più importanti della ricerca fu lo studio del Septum Psicologico e come il nostro sistema visivo percepisce l'annebbiamento generato da un basso potere positivo davanti a un occhio, instaurando una soppressione nella fovea centralmente che comporta una fusione periferica, a vantaggio di una rifrazione in condizione di binocularità.

I vantaggi di utilizzare il metodo HIC riscontrati attraverso questa ricerca sono molti, non solo per essere una tecnica che si svolge in condizione binoculare, ma anche perché lo si fa senza l'utilizzo di dispositivi dissocianti, rispettando al meglio le condizioni di visione naturale.

Durante lo svolgimento del test è possibile avere un controllo dello stato accomodativo, utile in soggetti con ipermetropia. Questo è reso possibile grazie alla identificazione della lente negativa, oltre alla quale il soggetto inizia ad accomodare. Permette mantenere il rapporto accomodazione convergenza, grazie allo stato binoculare durante l'esecuzione.

Può essere utile anche in soggetti con ciclodeviazione, in quanto le condizioni binoculari, mantenendo latente la foria, consentono di misurare l'orientamento dell'astigmatismo in modo più corretto. Aspetto importante nei casi di astigmatismi molto elevati, dove una piccola rotazione di asse, può influenzare negativamente lo stato visivo del soggetto.

È una tecnica di semplice e veloce esecuzione, grazie alla capacità di mantenere rilassata l'accomodazione, in questo modo non è necessario svolgere la fase del

bilanciamento binoculare. Inoltre, non richiede l'utilizzo di molti dispositivi durante la procedura.

Nonostante ciò, il test trova alcune limitazioni, come ad esempio, in soggetti con una instabilità binoculare e/o rottura della fusione causa di una diplopia e soppressione di una delle due immagini. In soggetti che hanno sviluppato una significativa ambliopia e di conseguenza l'immagine foveale in uno dei due occhi viene permanentemente inibita. In soggetti dove ci sia una forte dominanza di un occhio, è probabile che l'annebbiamento utilizzato sull'occhio dominante, non genera una soppressione foveale, pertanto, le risposte soggettive di nitidezza saranno prese da questo occhio, invece dal controlaterale.

A prescindere dalle limitazioni riscontrate con il metodo Humphriss Immediate Contrast, secondo me, questo dovrebbe essere inserito nella clinica quotidiana, in quanto ritengo sia una tecnica di refrazione binoculare completa e accurata. Pur non essendo una tecnica nuova e non essendoci in letteratura molti confronti con altre tecniche refrattive, la sua procedura si basa su principi fondamentali e poco discutibili. Si presume quindi, in funzione della ricerca che è stata fatta in questo elaborato, che potenzialmente questo metodo fornisca risultati molto più corretti.

BIBLIOGRAFIE

1. M. G. Bucci. *Oftalmologia*. Editoriale Seu, 1993. p 267-301.
2. Luciano Liuzzi, Franco Bartoli. *Manuale di Oftalmologia*, IV edizione, Minerva Medica, 2002. p 6.
3. Alais David. Binocular rivalry: competition and inhibition in visual perception. *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci*. 2012.
4. Logothetis NK, Leopold DA, Sheinberg DL. What is rivalling during binocular rivalry? *Nature*. 1996.
5. Hsin-Hung Li, James Rankin, John Rinzel, Marisa Carrasco, and David J. Heeger. Attention model of binocular rivalry. *PNAS Plus, Neuroscience, Psychological and Cognitive Sciences*, 2017.
6. Campbell FW, Westheimer G. Sensitivity of the eye to differences in focus. *J Physiol* 1958; 143:18P.
7. Mather G. The use of image blur as a depth cue. *Perception* 1997; 26:1147–58.
8. Ronchi L, Molesini G. Depth of focus in peripheral vision. *Ophthalmic Res* 1975;7:152–7.
9. Wang, Bin MD, MS, Ciuffreda, Kenneth J. OD, PhD, FAAO. *Blur Discrimination of the Human Eye in the Near Retinal Periphery*. Optometry and Vision Science, 2005
10. Benjamin, WJ. *Borish's Clinical Refraction*, 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2006. p 177.
11. Alberti CF & Bex PJ. Binocular contrast summation and inhibition depends on spatial frequency, eccentricity and binocular disparity. *Ophthalmic Physiol Opt* 2018; 38: 525–537.
12. Frank Eperjesi, Michelle M. Rundstrom. *Practical Binocular Vision Assessments*. Butterworth-Heinemann, Elsevier Science, 2004.

13. Kabilan Pitchaimuthu, Bao N. Nguyen, Allison M. McKendrick. Aging alters intraocular but not interocular foveal center surround contrast suppression. *Journal of Vision* (2017) 17(1):16, 1–10.
14. Trefford Simpson. The suppression effect of simulated anisometropia. *Ophthal. Physiol. Opt.*, 1991, Vol. II.
15. Bannon RE. 1965. Binocular refraction-A survey of various techniques. *Optom Weekly* 56(31):25-31.
16. Horowitz MW. 1949. An analysis of the superiority of binocular over monocular visual acuity. *J Exp Psychol* 39:581-597.
17. Grolman BE. 1966. Binocular refraction-A new system. *N Engl J Optom* 17: 118-130.
18. Benjamin, WJ. *Borish's Clinical Refraction*, 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2006.
19. Harvey, W, Franklin, A. *Eye Essentials: Routine Eye Examination*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2005. p 99– 112.
20. Amigo G. Binocular Balancing Techniques. *American Journal of Optometry and archives of American Academy of Optometry*, 1968, 511-522.
21. Humphriss D., Woodruff EW. *Refraction by Immediate Contrast*. The Optometric weekly. 1962
22. Humphriss D. 1982. The psychological Septum. An investigation into its function. *Am J Optom Physiol Opt* 59:639-641.
23. Benjamin, WJ. *Borish's Clinical Refraction*, 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2006. p 836– 847.
24. B L Johnson, J S Edwards, David A Goss, D K Penisten, G W Fulk. A comparison of three subjective tests for astigmatism and their interexaminer reliabilities. *Journal of the American Optometric Association* 67(10):590-8, 1996.

25. Hughes WL. Changes of axis of astigmatism on accommodation. Arch Ophthalmol 1941; 26(5):742-9.
26. Rutstein RP, Eskridge JB. Effect of cyclodeviations on the axis of astigmatism (for patients with superior oblique paresis). Optom Vis Sci 1990; 67(2): 80-3.
27. Momeni-Moghaddam H, Goss DA. Comparison of four different binocular balancing techniques. Clin Exp Optom. 2014 Sep;97(5):422-5.