



Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Fisica e Astronomia "Galileo Galilei"

Dipartimento di Psicologia generale

Corso di Laurea Triennale in Ottica e Optometria

TESI DI LAUREA

Ipovisione e Apprendimento Percettivo in soggetti
affetti da Degenerazione Maculare: correlazione tra
follow up e progressione malattia

Relatore: Dott.ssa Clara Casco

Correlatori: Prof.ssa Dominga Ortolan

Dott. Ric. Luca Battaglini

Laureanda: Giulia Quarta

Matricola: 1079182

Anno Accademico 2015-2016

INDICE

Introduzione	1
1. Minorazione Visiva	3
1.1 Classificazione	5
1.2 Acuità Visiva	7
1.3 Campo Visivo	9
2. Ausili ottici	11
2.1 Prescrizione Ausili	13
2.2 Sistemi Ingrandenti	15
2.3 Illuminazione E Postura	19
2.4 Nuove Tecnologie	20
3. Degenerazione Maculare Senile	23
3.1 Preferred Retinal Locus	26
3.2 Microperimetria	27
4. Le Neuroscienze E Il Training	31
4.1 Analizzatore Visivo	31
4.2 Plasticità Sinaptica	33
4.3 Apprendimento Percettivo	34
4.4 Biofeedback	37
5. “PL in Patients With Central Vision Loss”	39
6. Follow Up	41
6.1 Acuità	42
6.2 Sensibilità Al Contrasto	44
6.3 Crowding	46

7. Analisi Dei Dati	49
7.1 Esposizione Di Quattro Casi	49
7.2 Discussione Dati	64
8. Conclusioni	73
Bibliografia	75
Ringraziamenti	

INTRODUZIONE

L'elaborato nasce come valutazione a posteriori di uno studio condotto da un'equipe di professionisti nell'ambito della neuropsicologia e delle neuroscienze. Il focus dello studio è rivolto all'apprendimento percettivo e ai miglioramenti che esso porta a livello visivo nei soggetti affetti da degenerazione maculare con perdita della visione centrale. I soggetti sono stati esaminati attraverso dei test di carattere optometrico come acuità, campo visivo e sensibilità al contrasto al fine di valutare l'efficienza visiva nel pre e post-training e per alcuni anche in un follow up.

Nel seguente scritto sono stati raccolti nuovi dati nelle medesime condizioni dello studio suddetto, a distanza di 1 anno e mezzo in media, per rilevare un ulteriore follow up. Ciò ha consentito di valutare la performance attuale dei pazienti in relazione all'evoluzione della patologia oltre che gli effetti e l'efficacia dell'apprendimento percettivo nel tempo.

1.MINORAZIONE VISIVA

Le patologie che colpiscono l'apparato visivo con conseguente calo e/o perdita dell'acuità visiva sono molteplici. La prima patologia con il maggiore numero di soggetti coinvolti è la cataratta, definita come qualsiasi opacizzazione del cristallino, usualmente progressiva e irreversibile, che porta alla perdita della funzionalità visiva con implicazioni mediche, sociali ed economiche; essa è dovuta a un fisiologico accumulo di pigmento con conseguente riduzione di trasmissione della luce. (M.Bucci, 1993). La seconda patologia per diffusione ed estensione è la Degenerazione Maculare Senile; l'organizzazione intergovernativa delle Nazioni Unite stima infatti che i soggetti nel mondo affetti siano dai 20 milioni ai 25 milioni con una prevalenza nei diversi Paesi che varia dal 1,2% al 29,3%; è considerata la prima causa di ipovisione nei paesi industrializzati. Secondo il Beaver Deam Eye Study l'1,6% della popolazione viene colpita prima dei 55 anni e il 27,9% dopo i 75.

A livello europeo si conta un'incidenza del 39,3% su soggetti ipovedenti, seguita dalla miopia degenerativa e dalla retinopatia diabetica, 9%.

Secondo i dati forniti dall'Ufficio Statistico dell'INPS di Roma (gennaio 2008) In Italia *“si stima la presenza di circa 25.000 unità di ipovedenti presenti nella regione Veneto”*.

(E. Ambrosi; G. Scalise;, 2009). Le cifre sono così suddivise: il 36% (circa 3.000) corrisponde a maschi ciechi assoluti e parziali; il 64% (oltre 5.500) fa riferimento a femmine cieche assolute e parziali a fronte di 4 milioni di abitanti totali. Notevole quindi l'incidenza elevata su soggetti di sesso femminile (2,28%).

Effettuando un'analisi dei dati per fasce d'età, si evince una correlazione marcata tra Ipovisus (ciechi parziali) ed età anagrafica. In particolare se in una prima fascia che va da 0 a 30 anni i soggetti totali si aggirano a essere circa 200 (105 uomini/82 donne), dai 66 anni in poi la cifra della popolazione interessata è ingente, 972 gli uomini e 2.656 le donne; ciò corrisponde al 71,15% del totale. Dai dati qui resi emerge così la consistenza della patologia senile nella popolazione della regione Veneto: l'avanzare dell'età e quindi l'invecchiamento fisico interessa il sistema visivo nel 70% dei casi con un calo visivo, dovuto alla riduzione dell'acuità foveale o del campo visivo.

Grazie alla collaborazione tra il Gruppo italiano per lo Studio della Ipovisione (G.I.S.I), l'Unione Italiana Ciechi (U.C.I) e altre importanti organizzazioni, attualmente la classificazione dei soggetti con deficit visivo prende in considerazione anche la zona periferica retinica. In precedenza, considerando esclusivamente l'acuità visiva, un soggetto con un campo visivo ridotto a pochi gradi

centrali non veniva considerato ipovedente nonostante la disabilità quotidiana nel muoversi autonomamente come la difficoltà di individuare ostacoli, salire e scendere le scale o attraversare la strada. Per mezzo della legge n.138 del 3 Aprile 2001 “Classificazione e quantificazione delle minorazioni visive e norme in materia di accertamenti oculistici” i soggetti affetti da minorazione visiva vengono classificati mediante la misurazione di dati comparabili: si valuta quindi distintamente il residuo visivo e il residuo perimetrico.

1.1 CLASSIFICAZIONE

Ai sensi della suddetta legge sono considerati

-ciechi totali (art. 2): i soggetti aventi la totale mancanza della vista in entrambi gli occhi oppure percepiscono l'ombra e la presenza della luce o il movimento di una mano binocularmente o nell'occhio migliore oppure che hanno un residuo perimetrico totale inferiore al 3%.

- ciechi parziali (art. 3): i soggetti con un residuo visivo non superiore a 1/20 binoculare o nell'occhio migliore, anche con correzione oppure aventi un residuo perimetrico totale inferiore al 10%.

-ipovedenti gravi (art.4): presentano un residuo visivo non maggiore a 1/10 in ambedue gli occhi o in uno soltanto

con correzione applicata oppure possedenti un residuo perimetrico binoculare inferiore al 30%.

-ipovedenti medio-gravi (art.5): i pazienti presentano un residuo visivo non superiore a 2/10 binoculare o monoculare nonostante la correzione, oppure un residuo perimetrico inferiore al 50%.

-ipovedenti lievi (art.6): quanti hanno un residuo visivo non superiore a 3/10 monoculare o binoculare oppure aventi il residuo perimetrico inferiore al 60%.

Condizione	Residuo Visivo	Residuo Periferico
Ciechi totali	-assente -percezione ombra/luce -percezione movimento	-<3%
Ciechi Parziali	- $\leq 1/20$	-<10%
Ipovedenti gravi	- $\leq 1/10$	-<30%
Ipovedenti medio-gravi	- $\leq 2/10$	-<50%
Ipovedenti lievi	- $\leq 3/10$	-<60%

Tabella 1. Classificazione e quantificazione delle minorazioni visive

1.2. ACUITA VISIVA

Con il termine Acuità visiva si fa riferimento al visus del soggetto nella condizione abituale, correzione compresa. L'abilità dell'occhio di risolvere e riconoscere i dettagli di uno stimolo dipende dalla nitidezza dell'immagine che si crea sulla retina (D, Cline; H.W., Hofstetter; J.R., Griffin, 1996). L'acuità visiva viene misurata mediante l'utilizzo di ottotipi: le lettere proiettate, retroilluminate o digitali hanno misure e dimensioni rapportate alla distanza alla quale viene effettuata la misurazione.

Il paziente infatti deve distinguere caratteri e/o forme a dimensioni standard con un elevato contrasto, per esempio carattere nero su sfondo bianco o viceversa (A. Rossetti; P. Gheller;, 2° ed.). Per rilevare il visus abituale del paziente è consigliabile svolgere il test a una distanza tale da consentire il rilassamento dell'accomodazione, ovvero la capacità di mettere a fuoco (D.P.R. 30 dicembre 1981). Per i soggetti in età avanzata, il fattore dell'accomodazione assume meno rilevanza in quanto con l'età vi è una fisiologica diminuzione della stessa legata alla presbiopia. Ciò è dovuto principalmente all'indebolimento del muscolo ciliare responsabile della modifica di curvatura del cristallino necessaria alla messa a fuoco di un oggetto a diverse distanze. Per le suddette ragioni il test in questione può essere effettuato a una distanza inferiore dei convenzionali 4 metri.

Quando il residuo visivo bilaterale scende al di sotto dei 4/10 comincia a generare disabilità (Abati, 2000).

Per determinare l'acuità è necessario considerare la fissazione centrale quando l'immagine dell'oggetto osservato cade in fovea. Nel certificato rilasciato dal medico oculista, oltre alla definizione dello stato della patologia - non migliorabile mediante intervento chirurgico e/o correzione esistente - è inserito come dato obiettivo il residuo visivo espresso in decimi e rilevato in condizioni abituali, siano esse naturali o con correzione. Al fine di effettuare un confronto di dati rilevati si fa riferimento al decreto del presidente della Repubblica n.834 del 30 dicembre 1981. In tale testo è riportato il valore dell'acutezza rilevata del paziente a 5 metri di distanza. Qualora il soggetto non riesca a vedere la prima lettera dell'ottotipo, viene ridotta la distanza dallo schermo fino a 1 metro. In tal caso il valore di 1/10 a 5 metri è equivalente a 5/50, riducendo la distanza viene sostituito il valore del numeratore con i metri necessari per consentire la visione (ad esempio 2 metri: 2/50). Avvicinando poi ulteriormente l'ottotipo a 50 cm, il valore si converte in centesimi (1/100). Se in questo caso il soggetto non è in grado di riconoscere la lettera presentata allora si andrà a misurare l'acuità con il conteggio delle dita della mano dell'operatore, lo step successivo per rilevare un visus minore fa riferimento al movimento della mano. Quest'ultimo caso è considerato

cecità assoluta in quanto viene meno la percezione e il senso della forma. (E. Ambrosi; G. Scalise;, 2009)

1.3. CAMPO VISIVO

Il secondo dato preso in considerazione, sostituibile al visus, è la misurazione dei gradi di estensione del campo visivo espresso in percentuale (legge 138/2001). Ogni occhio ha un proprio campo visivo e la visione binoculare sovrappone questi due nella zona centrale. Il campo monoculare si estende dal lato tempiale, seguendo l'asse di allineamento degli occhi fino ai 150 gradi di estensione sul lato opposto. Principalmente la visione è ostacolata dalla presenza del naso che impedisce e blocca la visuale ma anche dalla posizione allineata dei due occhi. I due campi monoculari si intersecano nella porzione centrale (vedi figura 1) costituendo i 120 gradi del campo binoculare. Un soggetto affetto da minorazione visiva presenta spesso delle macchie scure nel campo visivo che, riducendo l'area visiva, diminuiscono la quantità di

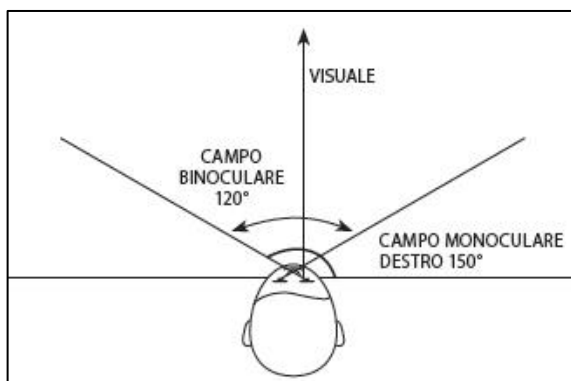


Figura 1. Rappresentazione del campo visivo

informazioni necessarie al cervello per elaborare l'immagine.

2. AUSILI OTTICI

Circa il 60-80% dei pazienti ipovedenti (7 milioni di utenti in Europa), per facilitare le loro attività quotidiane dalla lettura alla deambulazione, ricorrono all'utilizzo di ausili ottici talvolta associati a sistemi ottici ingrandenti (Abati, 2000). La funzione degli ausili ottici è quella di migliorare la capacità visiva residua (Savaresi & Rigamonti, 1989). Questi dispositivi offrono un ingrandimento dell'immagine retinica, una qualità più elevata dell'immagine o l'ampliamento del campo visivo; a queste soluzioni si affiancano delle variabili sui risultati raggiungibili come la postura e l'illuminazione. Nei casi di soggetti con ipovisus, la condizione clinica più ricorrente è la presenza di scotoma centrale, campo visivo tubulare o nistagmo (M. Cannao, 1989). Ciò indirizza l'optometrista nella scelta del sistema ottico ingrandente più idoneo per il paziente. La presenza dello scotoma centrale, vale a dire un'area funzionalmente cieca, è il segno di un interessamento maculare della patologia. Tale area è deputata alla risoluzione di stimoli ad alte frequenze spaziali, ciò comporta una difficoltà quotidiana nelle attività che richiedono la discriminazione e il riconoscimento di immagini dettagliate, come può essere la pagina di un libro a distanza di lettura o la segnaletica stradale da lontano. I soggetti devono imparare a fissare in un punto adiacente alla fovea affinché l'immagine cada in un punto integro della retina; ciò comporta un abbassamento della

definizione dell'immagine retinica correlato al calo della sensibilità per la riduzione del numero di coni. Per ovviare a questo scompenso, si aumenta la dimensione dell'immagine proporzionalmente alla distanza dalla fovea mediante un ingranditore, se non si può aumentare la dimensione dell'oggetto, oppure si riduce la distanza dall'oggetto, espediente tipico dei soggetti miopi privi di correzione. Qualora si verificano più condizioni contemporaneamente, l'ingrandimento ottenuto sarà la somma delle singole metodiche. È noto che un ingrandimento equivale a 4 diottrie per una distanza di 25 cm; per conoscere l'ingrandimento è sufficiente suddividere per 4 il potere diottrico stimato. Ciò è soltanto un valore teorico in quanto l'ingrandimento reale è in funzione della capacità accomodativa, dei vizi refrattivi e della distanza di lettura abituale dell'utente. Inoltre bisogna tenere conto dell'accomodazione disponibile del paziente, dell'ametropia e della distanza dal punto prossimo.

Tra il materiale necessario ai fini della prescrizione del sistema ingrandente vi sono un sistema 1.5X per lontano a fuoco fisso, che in media raddoppia il visus, e le tavole di Keeler a 25 cm per rilevare l'acuità da vicino. Queste tavole

sono costituite da ottotipi con caratteri progressivamente decrescenti in scala logaritmica (80% della dimensione precedente) che riportano il valore in percentuale, diottrie e X dell'ingrandimento necessario al paziente per la lettura di un carattere con dimensioni pari a quello utilizzato nella stampa dei quotidiani. Il soggetto effettua tutti i test necessari nella condizione abituale, avendo prima verificato che essa lo induca in uno stato di emmetropia per garantire la miglior messa a fuoco. La distanza reale di lettura viene rilevata dall'utente chiedendo di allontanare la tavola di Keeper, posta vicino al naso, fino alla messa a fuoco. L'ingrandimento reale è pari dunque al reciproco della distanza espressa in metri e risulta essere la somma del potere dell'addizione e dell'accomodazione.

2.1 PRESCRIZIONE AUSILI

L'ausilio ottico più idoneo per il soggetto è identificabile attraverso un'analisi delle necessità (lavoro, lettura, deambulazione), dello stato della patologia (stabile, in progressione), del visus e del campo visivo residuo (ipovedente grave, medio-grave o lieve). È solito garantire una visione migliore all'occhio dominante in caso di pari acuità residua dei due occhi e in caso di ingrandimenti molto elevati la visione binoculare e la Stereopsi vengono meno. Il sistema ingrandente può avere un valore massimo di 12D in binoculare e 40D in monoculare. Gli occhiali

bifocali sono consigliati solo se il soggetto nel lontano trae miglioramento nel visus; l'addizione massima è pari a +12D.

L'elemento mancante a questo elenco di dati oggettivi è però il comfort visivo che esclusivamente il soggetto può riferire. L'accettazione del dispositivo da parte del paziente non è sempre facile per questioni estetiche: talvolta si predilige un sistema ipercorrettivo, che non si differenzia molto da un occhiale da lettura, a uno galileiano che risulta essere più funzionale ma al tempo stesso antiestetico.

Il paziente deve quindi sottoporsi agli esami visivi eseguiti in casi di ametropia ma la patologia e le limitazioni visive rendono l'esame più duraturo e pieno di incertezze nelle risposte. Una prima parte oggettiva è costituita dall'esame esterno in lampada a fessura, analisi dei riflessi pupillari, oftalmoscopia, schiascopia da lontano, campo visivo e percezione dei colori. A ciò segue l'esame soggettivo per lontano e per vicino che portano alla scelta del sistema ingrandente.

Idealmente il sistema dovrebbe fornire un'ampia scelta di ingrandimenti, rendere un'immagine retinica di qualità elevata, non limitare il campo visivo ma questo non è applicabile quando le condizioni sono contrastanti tra loro: un ingrandimento maggiore diminuisce il campo visivo e peggiora la qualità dell'immagine a causa delle aberrazioni.

Per tali ragioni la prescrizione di un ausilio visivo è il risultato di un compromesso per una buona visione correlata all'attività del paziente, all'età, al campo visivo, al livello culturale.

2.2 SISTEMI INGRANDENTI

Per ottenere un ingrandimento, un aumento della grandezza apparente dell'oggetto osservato, si può ricorrere all'impiego di differenti mezzi che utilizzano strategie diverse per rispondere alle esigenze visive del paziente e ampliare l'offerta al soggetto ipovedente. L'ingrandimento, inteso come il rapporto tra gli angoli sottesi dell'oggetto osservato e dall'immagine virtuale, viene espresso dal suffisso X (ad esempio, 5x indica un'immagine resa dal sistema 5 volte più grande) e può sfruttare diversi principi fisici di ottica geometrica (A. Rossetti; P. Gheller;, 2° ed.).

I sistemi ottici ingrandenti più diffusi, aventi lo scopo di migliorare la grandezza dell'immagine retinica e stimolare di conseguenza un numero maggiore di recettori retinici, sono i sistemi ipercorrettivi e i telescopi: i primi si adoperano per la visione prossimale, dove ha anche più influenza, gli altri per la visione a distanza, dove l'effetto è moderato.

Il modo più semplice e rapido per ottenere un ingrandimento da vicino consiste nel ridurre la distanza di lettura. Per riprodurre questo effetto, è sufficiente impiegare un sistema ottico convergente, simile a un occhiale da lettura, costruito su questo principio fisico. Per ottenere un'immagine virtuale, dritta e ingrandita è sufficiente posizionare l'oggetto da osservare tra il punto focale del sistema e la lente convergente. Una singola lente positiva è sufficiente a ottenere un ingrandimento dell'immagine, modificando la distanza lente-occhio varia anche l'ingrandimento, che risulta essere massimo quando la posizione dell'oggetto coincide con il punto focale della lente o del sistema di lenti (microscopi semplici) (M. Cannao, 1989).

Il potere della lente positiva necessario per permettere l'osservazione dell'oggetto alla distanza (d), non considerando l'attività dell'accomodazione, è dato dall'inverso della stessa.

L'ingrandimento di distanza relativa richiesto può essere identificato grazie al rapporto tra acuità presente e acuità desiderata; l'acuità presente va confrontata con l'acuità desiderata per la stessa distanza¹ considerando quindi l'acuità visiva a grande distanza con eventuale correzione e l'acuità visiva desiderata da vicino.

¹ Il calcolo può trascurare la differenza tra acuità a distanza e acuità prossimale

Gli ausili ottici basati su questa teoria sono le lenti d'ingrandimento manuali o fisse, gli iperoculari applicati sulla faccia anteriore della lente dell'occhiale, i videoterminali a circuito chiuso (CCTV), le lenti bifocali con elevata addizione (+35D in monoculare, +12 D o prismi base interna² in binoculare) (Grosvenor, 1989).

Si ricorre, invece, alla prescrizione di telescopi per un ingrandimento per la visione a distanza. In questo caso si sfrutta l'ingrandimento angolare in quanto l'oggetto è molto distante e non può essere avvicinato, né la grandezza può variare.

La visione attraverso un telescopio richiede una notevole capacità accomodativa: il valore approssimato è dato dal prodotto della vergenza della mira - inverso della distanza - per l'ingrandimento del telescopio al quadrato.

Attualmente esistono in commercio telescopi con messa a fuoco regolabile (da 70 cm all'infinito). I telescopi più diffusi sono di tipo "galileiano" o di tipo "kepleriano". La prima tipologia è costituito da due lenti, un oculare posteriore negativo e un obiettivo anteriore positivo, che hanno il medesimo fuoco. La funzionalità del sistema è limitata alla discriminazione di particolari a distanza, non è adatto alla deambulazione. L'ingrandimento fornito si aggira attorno al 2X, molto basso; la distanza di lavoro è ridotta come lo è il campo; le aberrazioni sono elevate. A

² Oltre le 4D di addizione è consigliabile una prescrizione prismatica: 1 dpt BI per ogni diottria.

ciò si contrappone la leggerezza e il costo basso del dispositivo.

La variante di tipo Kepleriano invece presenta un obiettivo e un oculare entrambi positivi, che produce un'immagine invertita. Per ovviare a questo problema si inseriscono dei prismi -roof prism system- che raddrizzano l'immagine. Questo sistema, nonostante offra una buona qualità ottica e una distanza di lavoro maggiore, è antiestetico a causa del tubo più lungo, risulta essere pesante per l'utente e ha un costo maggiore.

Per un soggetto che necessita di un ingrandimento a distanza intermedia, è preferibile combinare le due soluzioni sopra elencate, impiegando un telemicroscopio che combina un ingrandimento di distanza relativa a uno angolare.

A questi strumenti si accostano gli ausili non ottici, dove a variare è la dimensione dell'oggetto da osservare, tra questi i più diffusi sono: gli audiolibri, le tastiere con tasti più grandi, i testi stampati con il carattere di scrittura maggiore, filtri per le lunghezze d'onda brevi³.

³ Preferibilmente con trasmissione nulla sotto i 500 nm ((A. Rossetti; P. Gheller;, 2° ed.)

AUSILI INGRANDENTI PER PATOLOGIE MACULARI

Il soggetto affetto da una patologia che interessa la zona maculare e in grado di utilizzare ancora la zona periferica, può ricorrere a qualsiasi tipo di ingranditore disponibile. Per la lettura, quasi sempre, si utilizza una lente di ingrandimento dotata di supporto che il paziente può appoggiare sulla pagina o utilizzare degli occhiali ingrandenti. Per i più esigenti, anche per questioni lavorative, il videoingranditore a circuito chiuso è il mezzo più adatto grazie anche ai nuovi lettori a scanner posti nel mouse. Per le lunghe distanze invece, a seconda della necessità di utilizzo, è raccomandabile l'uso di un telescopio rimovibile piuttosto che uno fisso.

2.3 ILLUMINAZIONE E POSTURA

Gli ausili ottici si rivelano basilari per lo svolgimento delle attività quotidiane. Durante un programma di riabilitazione visiva il tipo di illuminazione utilizzato gioca un ruolo importante e ogni utente trae dei benefici nella visione a seconda della quantità presente, della direzione di provenienza, dell'intensità. Questi fattori suddetti vanno poi impostati in funzione del contrasto dello stimolo da osservare. (JULIAN, 1983).

L'illuminazione ottimale aumenta la sensibilità al contrasto, più dell'acuità visiva, e aumenta il campo

funzionale riducendo l'ampiezza degli scotomi relativi (A. Rossetti; P. Gheller;, 2° ed.)

La condizione ideale prevede inoltre di posizionare il testo all'altezza degli occhi ma l'uso di mezzi ingrandenti diminuisce la distanza di lettura; è compito del professionista quindi informare l'utente sulle miglorie ottenibili se egli prestasse attenzione alla posizione del collo e della schiena e poggiasse i gomiti sul piano di lettura. Per queste ragioni, è consigliato l'impiego di tavoli a piani inclinabili e di sedie con schienali e poggia braccia regolabili.

2.4 NUOVE TECNOLOGIE

Oltre agli strumenti classici utilizzati, negli ultimi anni è stato ingente l'apporto dato dallo sviluppo della tecnologia. Per ausili elettronici si intendono sia i sistemi televisivi a circuito chiuso (CCTV o videoingranditori) sia i sistemi computerizzati. Dai videoingranditori ai più recenti tablet, questi strumenti hanno incrementato il numero di mezzi disponibili per la visione nei soggetti affetti da ipovisus. I videoingranditori sono costituiti da una telecamera per riprendere un'immagine che viene visualizzata e ingrandita su uno schermo e modernamente anche questi sistemi possono utilizzare una tecnologia digitale: i più moderni sono portatili, alcuni hanno microtelecamere incorporate nel mouse, altri ancora sono indossabili, detti

a caschetto. Un modello di questi ultimi sistemi è usato per la visione a tutte le distanze essendo dotato di una telecamera miniaturizzata autofocus, posizionata sulla testa, che invia le immagini a degli occhiali con due piccoli schermi a cristalli liquidi posti a pochi mm dagli occhi. I sistemi computerizzati ingrandiscono o migliorano il display di un computer oppure un'immagine da scanner, inoltre sono in grado di leggere un testo.

Gli stessi ingegneri programmatori hanno addizionato ai sistemi operativi dei computer delle funzionalità specifiche per queste problematiche visive. Nell'ultimo sistema operativo lanciato nel mercato nel 2015 dalla Microsoft vi è la possibilità di integrare nella schermata una lente d'ingrandimento 16X e fornire all'utente un lettore denominato "assistenza vocale", mentre 10 anni fa si poteva esclusivamente ingrandire fino a 5X e aumentare il contrasto della schermata.

La funzione dello zoom è facilitata anche dall'introduzione dei dispositivi touchscreen che favoriscono l'uso e la diffusione delle nuove tecnologie, rendendo semplice anche un'attività, come la lettura di un quotidiano, alla quale l'utente aveva rinunciato a causa delle ridotte dimensioni del carattere utilizzato.

3. DEGENERAZIONE MACULARE

La Degenerazione Maculare è una patologia oculare che interessa la retina e la forma più diffusa è quella senile che colpisce generalmente soggetti in età adulta dopo i 55 anni (Age-related Macular Degeneration).

L'eziopatogenesi della malattia è ancora sconosciuto anche se alcuni autori sostengono la causa genetica (M.Bucci, 1993).

A livello microscopico si osserva una modificazione dello strato dei fotorecettori: i coni, i quali per loro natura hanno un ricambio più lento del segmento esterno rispetto ai bastoncelli, diminuiscono di numero e aumentano di diametro i restanti (M.Bucci, 1993).

Contemporaneamente, al livello dell'epitelio pigmentato retinico (EPR), si ha un aumento dei residui citoplasmatici di fuscina e di fotorecettori poiché le cellule dell'EPR, oltre a diminuire, perdono la capacità di fagocitare e riciclare la sezione recettoriale esaurita funzionalmente (L. Liuzzi, F. Bartoli, 2002). Simili depositi possono localizzarsi anche a livello della membrana di Brunch, strato che divide l'ERP dalla coriocapillare. Esaminando il fundus oculis quanto detto è riscontrabile con la presenza di drusen e di membrane neovascolari, talvolta con distacchi sierosi o siero-emorragici e di aree atrofiche interessanti la coroide e la retina.

La disabilità maggiore con la quale devono convivere i pazienti è la perdita della visione centrale con conseguente riduzione dell'acuità visiva, specie nel vicino. I soggetti esaminati presentano un calo del visus centrale e una macchia cieca nel campo visivo (Ronald, 2005).

Quest'ultimo dato è verificabile attraverso un test grossolano ma rapido che consente di individuare la zona della retina danneggiata: la griglia di Amsler, un reticolo di linee nere su sfondo bianco ad alto contrasto che ai pazienti appare in uno o più punti distorta e irregolare a causa della presenza dello scotoma.

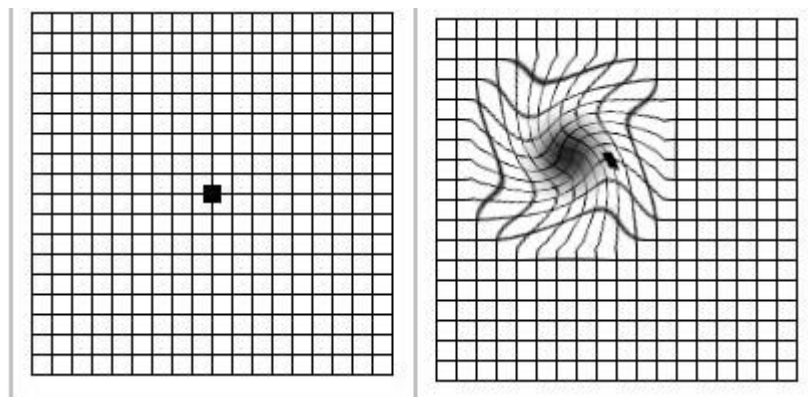


Figura 2. Griglia di Amsler in normovisione a sinistra e in DMS a destra

A causa delle lesioni testé, il decorso della DMS avanza sino al completo coinvolgimento della retina, annotabile con la cecità. Non essendo stati individuati i fattori di rischio della DMS la terapia medica risulta di limitata efficacia. Alcuni autori hanno proposto l'uso delle vitamine A, E, C e del Betacarotene per la prevenzione del danno cellulare; altri suggeriscono l'assunzione di zinco. E'

consigliato anche l'utilizzo di occhiali da sole per prevenire i fenomeni degenerativi. Nel campo dell'oftalmologia si ricorre alla fotocoagulazione laser per arrestare la progressione delle lesioni (M.Bucci, 1993). Clinicamente si distinguono due quadri tipici della DMS: una forma atrofica o secca e una essudativa o umida.

La prima tipologia ha una progressione lenta atrofica dei fotorecettori, dell'ERP e della coriocapillare. Solitamente è bilaterale e la visione viene compromessa nell'arco di mesi, talvolta anni. Non è possibile intervenire clinicamente, i pazienti possono utilizzare ausili per l'ipovisione.

La seconda forma deriva da una neovascolarizzazione coroideale che origina dalla coriocapillare e si estende alla membrana di Brunch. Il soggetto che ne è affetto riferisce metamorfopsia (visione oggetti deformati) e visione annebbiata a causa della diffusione di liquido essudativo e sangue. Se scoperta tempestivamente, il trattamento fotocoagulativo con argonlaser risulta essere funzionante.

3.1 PREFERRED RETINAL LOCUS

Da studi condotti su soggetti ipovedenti è emerso che il paziente, affetto da scotoma centrale, avendo la zona foveale danneggiata, utilizza un'area retinica preferenziale eccentrica con la quale guardare. Viene così definito il concetto di Preferred Retinal Locus, PRL (Abati, 2000). Nei pazienti con scotoma centrale la visione nel PRL avviene con l'orientamento degli occhi che si assestano quando l'immagine cade nella zona funzionale. Generalmente la pseudofovea ha dimensioni maggiori della fovea, da 625 a 3800 minuti di arco quadrati⁴, ed è situata nella zona levo-superiore; talvolta si trova a destra e può variare in alcuni popoli dove cambia con la direzione di lettura. La sua posizione è correlata al tipo di patologia: nel caso di degenerazione maculare atrofica è sempre vicino alla zona patologica, nella Malattia di Stargardt è molto lontano in quanto l'area interessata è piuttosto estesa, in presenza di foro maculare è sempre situato nella parte alta. La posizione del PRL può inoltre variare tra pazienti giovani e anziani, con alcuni soggetti che utilizzano più di un PRL per svolgere compiti diversi (uno per lettura e uno per l'esplorazione visiva). Trattandosi di un'area extrafoveale, quindi con un numero inferiore di coni, l'immagine apparirà ridotta e meno definita. Talvolta i soggetti impiegano un PRL non propriamente adatto gravando sulla visione stessa solo perché la zona è funzionale. Nella

⁴ Il valore è tratto da uno studio fatto su casi reali e casi simulati.

rieducazione visiva mediante biofeedback si localizza il PRL ideale, situato in una zona retinica funzionale e al tempo stesso non distante dalla fovea. Ciò garantisce un numero consistente di fotorecettori, evita ingrandimenti eccessivi e minimizza l'angolo di visione eccentrica che consente la lettura osservando almeno 4/6 lettere contemporaneamente.

3.2 MICROPERIMETRIA

Per esaminare in maniera più dettagliata il fundus perimetry con oftalmoscopio a scansione laser, i pazienti affetti da AMD effettuano una microperimetria. Questo esame effettuato da un oftalmologo, fornisce un dato oggettivo a disposizione del professionista per confrontare l'evolversi della patologia e la stabilità di fissazione a distanza di tempo, correlando le affezioni maculari e le relative fasi. Lo strumento è in grado di quantificare con molta precisione la sede, la stabilità della fissazione e la sensibilità della regione maculare in corrispondenza delle lesioni anatomiche visibili con un oftalmoscopio. In realtà, l'esame di follow up di un soggetto affetto da degenerazione maculare non è indiscusso in quanto non si è sempre sicuri di analizzare i medesimi punti retinici dell'esame precedente; per questo motivo si fa ricorso al microperimetro di ultima generazione come il MP1 (Nidek Technologies Inc., Italia). Quest'ultimo strumento è in

grado di utilizzare un sistema di presentazione generando degli stimoli su uno schermo LCD. L'analisi dei dati avviene poi mediante un sistema di "tracking" dell'immagine retinica in relazione allo stimolo dell'area o del punto studiato; l'acquisizione di immagini a colori dei 45° centrali del fondo oculare del paziente avviene attraverso una macchina fotografica a raggi infrarossi per seguire i movimenti dell'occhio del paziente. Da ciò si ottiene una mappatura intuitiva a colori della sensibilità maculare: uno stimolo rosso rappresenta uno stimolo ad alta intensità, ma la sensibilità in quel punto è bassa, se lo stimolo invece è verde, cioè di bassa intensità, la zona retinica gode di un'elevata sensibilità. (<http://www.nidektechnologies.it/ProductsMP1All.htm>). I pazienti sono invitati a fissare eccentricamente una croce rossa, con diametro variabile per circa 30 secondi, mentre si controlla la fissazione del target con la loro fovea. La tecnica di misura rileva 25 campioni al secondo, 750 campioni di fissazione in 30 s. Il software Nidek registra il periodo temporale misurato e la proporzione del periodo di tempo che è stato effettivamente monitorato. Si registra anche la percentuale dei punti di fissazione che cade in un intervallo di 2/4 gradi di diametro attorno al centro del bersaglio di fissazione, in base al tempo efficacemente monitorati. Questo strumento può effettuare la misurazione in modalità automatica o personalizzata per il paziente, si ha così la certezza di analizzare il soggetto nelle

medesime aree retiniche. Se il paziente percepisce lo stimolo e preme il grilletto la risposta viene registrato altrimenti "non si vedono" viene registrato I passi precedenti vengono ripetuti finché il modello è completato o l'operatore interrompe l'esame. Lo studio della fissazione è utile ai professionisti per tecniche riabilitative in soggetti ipovedenti, per studi delle maculopatie degenerative e distrofiche e gli annessi trattamenti e più in generale per gli interventi riabilitativi in ipovedenti da malattie retiniche (Midena & Staurenghi).

4.LE NEUROSCIENZE E IL TRAINING

Il binomio occhio-cervello è un elemento imprescindibile nel campo della neuroscienza. Questa materia si propone l'obiettivo di teorizzare modelli riguardanti i processi di evoluzione intellettuale e cognitiva (M. Cannao, 1989). L'ottica riabilitativa ha quindi la capacità di essere un ulteriore mezzo a disposizione dei pazienti affetti da situazioni clinicamente annunciate come casi privi di soluzione.

4.1 ANALIZZATORE VISIVO

Dalla scuola neuropsicologica sovietica nasce il termine "analizzatore visivo" per definire tutte le componenti che vanno dall'occhio sino alla corteccia visiva, zona dell'encefalo deputata all'integrazione delle diverse informazioni ricevute. Analizzando il processo di elaborazione degli stimoli, è stato dimostrato che una prima informazione proviene dai singoli nervi ottici, costituiti dagli assoni delle cellule gangliari della retina; questa prima fase è deputata all'analisi di componenti elementari come il contrasto, la forma, il colore, le dimensioni. Questo tipo di informazioni seguono un percorso proattivo, ovvero dal recettore periferico viaggiano verso la corteccia. All'interno della scatola cranica vi è una semidecussazione delle fibre nasali dei due nervi ottici, il chiasma ottico, che fa sì che l'informazione proveniente dall'emicampo visivo destro è inviata in direzione della

parte sinistra del cervello e viceversa. Successivamente le fibre si dirigono verso differenti strutture (Brodal, 1983). Un piccolo numero di assoni del tratto ottico si separa per fare sinapsi con le cellule dell'ipotalamo, un altro 10% oltrepassa il talamo per innervare il mesencefalo ma la maggior parte degli assoni del tratto ottico innervano il corpo genicolato laterale (CGL) del talamo dorsale. Le proiezioni dirette verso alcune parti dell'ipotalamo hanno la funzione di sincronizzare vari ritmi biologici, come il sonno e la veglia, in relazione al ciclo luce-buio. Le proiezioni diretta ad una parte del mesencefalo, definita pretetto, regolano il diametro pupillare e alcuni movimenti del bulbo oculare. I neuroni del CGL che proiettano alla corteccia visiva primaria del lobo occipitale, denominata area 17⁵, costituiscono la radiazione ottica e si distribuiscono analogamente alla topografia dei campi visivi. A questa via genicolo-striata si affianca una seconda via extragenicolata detta via tecto-pulvinar costituita da una parte delle fibre dei tratti ottici in sinapsi con la lamina quadrigemina al tubercolo superiore e con il pulvinar del talamo o con il tronco encefalico giungendo alle aree visive secondarie della corteccia visiva occipitale (aree 18 e 19) (Holmes, 1918).

⁵ Secondo la classificazione di Brodmann

Dunque l'anatomia e la fisiologia delle vie visive centrali comprovano l'integrazione di molteplici canali paralleli, relativamente indipendenti, che analizzano l'informazione visiva ognuno dei quali fornisce indicazioni relative al movimento, alla forma e al colore (Bear, Connors, & Paradiso, 2007).

Nel caso di soggetti ipovedenti però, come i soggetti affetti da ADM, essi sono indotti a utilizzare afferenze visive alterate.

4.2 PLASTICITÀ SINAPTICA

Analizzando la struttura anatomica della corteccia visiva e le connessioni esistenti tra le due vie funzionali visive si capisce che le informazioni elaborate dall'encefalo provengono da entrambi gli occhi; gli assoni della proiezione genicolostriata ultimano nell'area 17 dalla quale ripartono gli input elaborati verso le aree 18 e 19. Anche il sistema extragenicolato giunge alla corteccia visiva secondaria, la quale ha collegamenti associativi interemisferici con la corteccia visiva secondaria controlaterale (Luria, 1977). L'esperienza attiva secondo lo scienziato Donald Hebb è alla base della plasticità sinaptica la quale origina dalla coattivazione sincrona dei neuroni. Egli afferma che la simultanea attivazione di due o più neuroni risulta produrre un rafforzamento delle connessioni. Questa coattivazione ripetuta produce una

regolazione della risposta a lungo termine, sia eccitatoria che inibitoria. I disturbi della funzione visiva nei soggetti maculopatici non interessano soltanto i fotorecettori e i meccanismi retinici della visione. La lesione a livello maculare porta a una riorganizzazione globale del sistema visivo, che interessa tutte le vie ottiche dalla retina alla corteccia cerebrale. Numerosi studi hanno evidenziato che la corteccia cerebrale è capace di adattamento, anche in età adulta, in caso di comparsa di alterazioni sensoriali e particolarmente di minorazioni visive. Quando compare uno scotoma dovuto ad una lesione retinica, le cellule della corteccia visiva corrispondente all'area della visione allargano i loro campi recettivi alle aree adiacenti allo scotoma e le attivano delle connessioni orizzontali con le aree vicine della corteccia cerebrale. Questo concetto esprime un potenziale di plasticità corticale (Enciclopedia medica italiana. 3. aggiornamento 2 ed., 2008).

4.3 APPRENDIMENTO PERCETTIVO

È stato dimostrato ampiamente che l'impiego dell'ausilio visivo non consente, nella maggior parte dei casi, un'autonomia completa dell'utente e l'impiego a pieno delle funzionalità visive. Attraverso un trattamento riabilitativo svolto da professionisti in centri attrezzati, si possono ottenere risultati rilevanti. A seguito di un'accurata valutazione funzionale, viene elaborato un training di

riabilitazione visiva considerando il residuo funzionale visivo, le necessità del paziente e la motivazione. E' fondamentale che il paziente abbia consapevolezza del proprio residuo fisso e non si abbatta sulla disabilità acquisita. La reazione dell'ipovedente adulto si rivela tipicamente nei seguenti atteggiamenti: ci sono persone che si legano in modo dipendente esclusivamente ai propri cari altri invece si isolano rifiutando aiuti e ausili esterni. Il trattamento riabilitativo necessita della compliance del paziente, fattore che può modificare l'esito se viene meno.

L'apprendimento percettivo è in grado di modulare le proprietà di risposta dei singoli neuroni deputati alla visione ma anche la capacità degli stessi di creare delle reti neuronali (Vecchies, Testa, & Casco, 2011).

Attraverso lo svolgimento ripetuto di determinati compiti visivi, i soggetti che si prestano alla tecnica dell'apprendimento percettivo beneficiano di miglioramenti a lungo termine nelle abilità allenate, per la zona retinica specifica del singolo occhio.

Il miglioramento è riscontrabile non solo a singoli elementi dell'immagine ma anche alle relative interazioni spaziali.

L'apprendimento richiede una modificazione strutturale dei processi del neurone che modifica la comunicazione tra neuroni.

La plasticità nel cervello umano adulto è intesa come una modificazione a lungo termine del sistema percettivo (Karni & Sagi, 1991), essa è indotta dall'apprendimento percettivo che richiede di un'esperienza attiva da parte del soggetto.

Per indurre l'apprendimento percettivo, si coinvolge il soggetto in un compito in cui deve discriminare, per esempio, la frequenza spaziale di due reticoli o il loro orientamento. La fase di apprendimento consiste nell'effettuare un numero prestabilito di sessioni, ognuna composta da numerose prove, ai fini di allenare le capacità visive. Le prestazioni del soggetto in esame generalmente hanno in una fase iniziale (le prime sessioni) un veloce miglioramento seguito da una seconda fase con miglioramento più lento fino a una condizione di stallo, dove l'allenamento non produce più alcun effetto, né positivo né negativo.

Nel corso degli ultimi anni, i paradigmi del PL sono stati impiegati con successo per il trattamento di una serie di condizioni visive che colpiscono la visione centrale (Campana & Maniglia, 2015). Il training per diverse settimane con compiti visivi di base ha migliorato le abilità visive, come l'acuità visiva (VA) e la funzione di sensibilità al contrasto (CSF) (Chung, 2011)(Polat, 2009). Inoltre, c'è una recente evidenza psicofisica sulla facilitazione collineari nella vicina periferia del campo visivo (4° di

eccentricità), utilizzando dei reticoli con determinato contrasto e orientamento che affiancano lo stimolo, detti fianchi o flankers, a una distanza maggiore rispetto alla fovea (tra 7λ e 8λ) (Maniglia & al, 2011).

4.4 BIOFEEDBACK

Il biofeedback è una tecnica che il soggetto acquista seguendo le proprie funzioni biologiche somatiche, delle quali non si ha coscienza, mediante l'impiego di un sistema di rilevazione che registra ogni minima variazione della funzione ai fini di modificare volontariamente la funzione. Un esempio molto semplice è rappresentato dal termometro che rileva la temperatura corporea. Il potenziamento a lungo termine ("Long Term Potentiation") genera una stimolazione continua della sinapsi anche con stimolo assente che il cervello registra come esperienza e che associa a segnali biochimici. Per questo motivo, grazie all'esperienza acquisita in momenti passati, la riabilitazione risulta più efficace, come nel caso dei soggetti divenuti ipovedenti da adulti. La fotostimolazione ha quindi l'obiettivo di stabilizzare la fissazione, incrementare PEV (segnali elettroencefalografici che forniscono informazioni sull'integrità delle vie nervose), acuità e velocità di lettura (Vingolo, Salvatore, & Lupo). Mediante la microperimetria MP1 viene analizzato il PRL più redditizio per il paziente, quello meno decentratato

possibile, e viene mantenuto grazie al biofeedback sonoro continuo che indica la costanza. Questa risposta dello strumento risulta fondamentale affinché il soggetto non prosegua la ricerca con i movimenti oculari. MP1 consente di osservare direttamente il fondo oculare in esame e di proiettare lo stimolo di fissazione nella zona prestabilita dall'esame microcampimetrico. L'operatore ha la possibilità di personalizzare il trattamento per ogni paziente scegliendo anche l'area migliore, quella più sensibile o quella più centrale disponibile.

Altre tipologie di biofeedback sono l'I.B.I.S. (Improved Biofeedback Integrated System), dove il feedback è un suono stabile e acuto e il VP (Visual Pathfinder) riconoscibile dal pattern a scacchiera associato all'applicazione di tre elettrodi per la registrazione del potenziale visivo evocato (PEV).

5. “PL in patients with central vision loss”

L'articolo “Perceptual learning to long lasting visual improvement in patients with central vision loss” a cura di M. Maniglia, A. Pavan, G. Sato, G. Contemori, S. Montemurro, L. Battaglini e C. Casco (2016) è lo studio dal quale prende spunto questa tesi. Questo articolo analizza se il mascheramento laterale nel PRL dei pazienti affetti da degenerazione maculare può migliorare il residuo visivo. I soggetti in esame sono stati sottoposti a 25 sessioni di training con due metodi di detezione del contrasto: il primo gruppo di 3 pazienti MD e 3 di controllo hanno svolto il test mediante una risposta di tipo sì/no senza feedback, il secondo invece costituito da 4 MD e 3 soggetti di controllo hanno risposto con il metodo 2AFC, ovvero dovevano fare una scelta forzata tra le due opzioni proposte e ricevevano un feedback quando la risposta era errata. Lo stimolo da osservare monocularmente era una gabor affiancata verticalmente da due patches ad alto contrasto, i quali generano l'effetto del mascheramento laterale, per una durata variabile tra i 133 e i 250 ms. Dallo studio è emerso che entrambi i metodi sono risultati efficaci a migliorare il visus dei pazienti ma il secondo metodo (2AFC) ha prodotto un miglioramento significativo della sensibilità al contrasto anche per le frequenze spaziali non allenate. Inoltre, i test di follow up a distanza di 4/6 mesi hanno dimostrato che i benefici ottenuti dai pazienti allenati con il metodo della scelta forzata sono stati conservati, ciò

implica una modifica della plasticità neuronale a lungo termine nella corteccia visiva. Da ciò si afferma che il training, tecnica non invasiva e a lungo termine, è efficace per migliorare l'acuità visiva del PRL in pazienti con perdita di visione centrale. L'ipotesi che nasce da questo articolo è la seguente: "Quanto a lungo sono effettivamente mantenuti i miglioramenti acquisiti mediante le 25 sessioni di allenamento neurovisivo? Le modificazioni a livello della corteccia visiva sono permanenti o soggette a continue trasformazioni, siano esse positive o negative? Può essere sufficiente effettuare un allenamento soltanto? Dopo quanto tempo è necessario allenarsi nuovamente? La malattia, degenerazione maculare, quanto influisce sul rendimento ottenuto? Quanto l'avanzamento dell'età è una variabile influenzante?"

Affinché queste domande abbiano una risposta esaustiva è fondamentale ritestare gli stessi soggetti esaminati nelle medesime condizioni.

Inoltre il rendimento verrà correlato all'eventuale avanzamento della patologia per rendere i risultati il più possibile applicabili in condizioni generiche.

6. FOLLOW UP

I pazienti sono stati sottoposti a misurazioni di tipo optometrico per rilevare lo status di rendimento del loro sistema visivo affetto dalla malattia.

Ai soggetti in esame è stato richiesto di recarsi presso il centro L.I.RI.P.A.C di Padova nel laboratorio di Neurovisus, coordinato dalla professoressa Clara Casco, al fine di svolgere i test di follow up (2016) nelle medesime condizioni del pre, post training e follow up del 2013/2014.

La postazione utilizzata per esaminare i pazienti consiste in una scrivania con sopra un monitor di dimensioni pari a 19 pollici CTXCRT Trinitron con una frequenza di aggiornamento di 75 Hz e una risoluzione spaziale di 1024 × 768 pixel. Ogni pixel sottende 1,9 minuti d'arco. La luminanza media del display è di 46.7cd / m². Su tale dispositivo appaiono le lettere e gli stimoli da discriminare e riconoscere. Durante l'esecuzione dei test al computer l'illuminazione ambientale era pressoché assente e le distanze dallo schermo variavano a seconda del test in atto. I pazienti MD sono stati addestrati solo nel loro PRL.

Prima della somministrazione della prova, al paziente sono state spiegate le procedure del compito e date le istruzioni adeguate. Per garantire la riuscita del test eseguiti, sono stati presentati alcuni stimoli di prova per aiutare la

comprensione del compito da eseguire. La risposta è stata poi fornita verbalmente dal paziente stesso e l'esaminando, situato in una postazione adiacente, provvedeva a registrare le risposte date mediante l'utilizzo di una tastiera da computer.

Per effettuare un'analisi dei dati a distanza di tempo, 18 mesi in media, i soggetti sono stati rivalutati nelle stesse condizioni dello studio in analisi citato nel capitolo 5.

MD4 ha effettuato un primo follow-up a distanza di 4 mesi, MD5 e MD6 dopo 6 mesi mentre MD7 dopo 5.

I test sono stati condotti monocolarmente, occhio sinistro per MD4 e MD6, destro per MD5 e MD7.

6.1 ACUITA' VISIVA

Il primo test di controllo è rappresentato dall'acuità visiva mediante l'utilizzo del software FrACT3.9.2. (Freiburg Visual Acuity and Contrast Test).

Il test è stato eseguito a una distanza di 200 cm dal piano dello schermo.

Al soggetto è richiesto di osservare lo stimolo, le landolt-C in 4 possibili direzioni con apertura superiore/inferiore/destra/sinistra, e di identificarlo o almeno provare ad associare il segno visto a una delle direzioni indicate in un intervallo di tempo pari a 30s

(4AFC). Le dimensioni dello stimolo variavano a seconda della risposta fornita, la difficoltà aumentava se la risposta era corretta e diminuiva se errata. Per valutare se il training fosse trasferito a condizioni di visione simili a quelle della vita quotidiana, gli stimoli sono stati presentati centralmente e agli osservatori è stato chiesto di utilizzare la fissazione ottimale, proprio come era stato fatto nei test di pre e post training.

Una seconda misurazione dell'acuità è stata effettuata con E-Prime software a 57 cm di distanza dal monitor. Gli stimoli presentati nel PRL erano le lettere di Sloan (D, N, S, C, K, R, Z, H, O, V) in ordine casuale. La dimensione dello stimolo successivo variava secondo una staircase 1-up/3-down (Levitt, 1971). L'ampiezza era pari a 1, corrispondente a un tratto di -0.72 LogMAR. La dimensione del carattere iniziale era di 20, corrispondente alla larghezza del tratto di 0,57 LogMAR. La sessione terminava dopo 100 prove oppure dopo 18 inversioni⁶ della scala, con il valore della soglia dato dalla media delle ultime 8 inversioni, corrispondenti al 79% di risposta corretta.

La differenza principale con il precedente metodo è il tempo di esposizione dello stimolo: esso veniva presentato sullo schermo solo per 133 millisecondi. Nonostante si vada a

⁶ Per inversione si intende ogni cambiamento direzionale della scala

misurare il visus come fatto in precedenza non si ottiene sempre un valore simile. Questa seconda misurazione però è indispensabile: il valore ottenuto è necessario per stabilire il valore di soglia del soggetto, che aumentato del 30% servirà a impostare la dimensione dello stimolo – necessariamente soprasoglia- nel test dell'affollamento. Durante l'esecuzione dei test per valutare l'acuità monocularmente i soggetti in esame tendevano a strizzare l'occhio vedente al fine di focalizzare al meglio lo stimolo presentato. L'utilizzo di un occlusore di plastica sull'occhio non in esame, portava i pazienti a spostare leggermente il capo come se volessero percepire anche con l'altro occhio, al fine di rilevare maggiori informazioni utilizzando quindi entrambi gli occhi per risolvere il compito.

6.2 SENSIBILITÀ AL CONTRASTO

Il secondo test, invece, valuta la sensibilità al contrasto del soggetto monocularmente. Anche questo esame viene eseguito con la stessa applicazione del precedente, ovvero il software FrACT.

Gli stimoli più utilizzati negli studi della percezione del contrasto sono spot di luce su sfondo scuro o reticoli, come in questo caso. Essi si definiscono nel dominio della frequenza misurata in numero di cicli per grado di angolo visivo. La frequenza spaziale è determinata dalle dimensioni del periodo (l'inverso della frequenza) del

reticolo e dalla distanza dell'osservatore. Il compito solitamente consiste nella detezione o nella discriminazione (identificazione) del target e la metodologia applicata fornisce il valore di soglia, il valore di contrasto necessario a determinare un valore prestabilito –dal software- di detezione. In alternativa, il software può fornire il valore della sensibilità, ottenuto dall'inverso della soglia (Psicofisica della percezione umana, 2012).

Sullo schermo del computer compare un cerchio con all'interno una serie di bande chiaro-scure per un tempo massimo di 30s. Il compito da risolvere consiste nell'indicare una delle quattro possibili direzioni dello stimolo, orizzontale/ verticale/ obliquo destro/ obliquo sinistro (4AFC). Il soggetto riceve un feedback sonoro qualora la direzione indicata sia errata. La procedura con la quale varia la presentazione dello stimolo successivo è Best Pest (Pentland, 1980). La misurazione viene ripetuta per diverse frequenze spaziali, ovvero varia il numero di cicli contenuti in un angolo visuale di 1° (C/°) spiegato ai pazienti come la variazione dell'ampiezza che intercorre tra le linee. In dettaglio la sensibilità al contrasto è stata rilevata a 1 ciclo per grado, 3 cicli per grado 5 cicli per grado e 7 cicli per grado. Maggiore è la frequenza spaziale, minore sarà l'ampiezza delle linee. La valutazione della capacità di detenzione del contrasto in relazione alla frequenza spaziale è sintetizzata nella funzione di trasferimento della modulazione (MTF) per indicare, anche

in ambito clinico, il modo con cui viene trasferita la percezione del contrasto dal sistema ottico e neurale (A. Rossetti; P. Gheller;, 2° ed.). La massima sensibilità per l'essere umano è rilevabile per stimoli con 2 o 3 c/g, dimensioni ideali per la comunicazione con i campi recettivi (Maffei & Mecacci, 1979). Seguendo la curva media della MTF, si osserva che gli stimoli con dimensioni maggiori vengono percepiti in modo peggiore se questi hanno una frequenza spaziale superiore a quella ideale. Gli studi neurofisiologici e psicofisici⁷ hanno dimostrato che molti neuroni sono selettivi nel dominio della frequenza spaziale, oltre che per l'orientamento. Da ciò risulta che la curva della sensibilità al contrasto è l'integrazione di molteplici meccanismi, i canali di frequenza spaziale, specializzati per stimoli con dimensioni determinate. L'introduzione dell'utilizzo di questo test in psicofisica risale agli anni 60 grazie a Campbell (Ronchi, 2006).

6.3 CROWDING TEST O AFFOLLAMENTO

Il Test del crowding, effettuato nei pazienti MD con la presentazione dello stimolo nel PRL, ha lo scopo di rilevare la distanza minima necessaria affinché sia identificabile la lettera centrale affianca da un'altra lettera per lato. Avendo impostato la dimensione dello stimolo del 30% maggiore

⁷ Maffei e Fiorentini, 1973; De Valois, Albrecht, Thorrel, 1982; Hubbel e Wiesel, 1968

rispetto al valore di acuità ricavato con E-prima, si ha la certezza di presentare uno stimolo visibile dal paziente. I pazienti sono tutti in grado di identificare tutte e tre le lettere presentate alla più grande distanza utilizzata. È stata quindi misurata la distanza critica, vale a dire lo spazio che intercorre tra le lettere da bordo a bordo, e gli esaminati hanno il 79% di precisione nel discriminare il bersaglio. La distanza iniziale tra le lettere è stata fissata a 1,98 LogMAR e la dimensione del passo a 0.28 LogMAR. Gli stimoli sono stati presentati per 133ms. La spaziatura è stata variata con una staircase 1-up/3-down (Levitt, 1971). La sessione termina dopo 100 prove o 18 inversioni. La soglia è stata stimata dalla media dei valori di spaziatura corrispondenti alle ultime 8 inversioni.

7. ANALISI DEI DATI

Qui di seguito sono riportate le singole schede dei pazienti esaminati (3 uomini e 1 donna) appartenenti al campione di studio utilizzato per realizzare l'articolo riportato nel capitolo 5. In particolare si analizzano i singoli casi per poter comprendere al meglio le variabili che hanno potuto interferire con lo svolgimento del training effettuato e individuare le cause-effetto degli avvenimenti registrati.

7.1 Esposizione dei quattro casi

CASO I (MD4)

Anamnesi: uomo di 50 anni affetto da DMS in occhio sinistro con scotoma avente diametro pari a 4 gradi, utilizza un PRL situato 1 grado in alto e 2 gradi a sinistra dalla fovea.

Pre-Training: il soggetto è stato sottoposto alla misurazione dei test di acuità (1.07 LogMAR), di sensibilità al contrasto (0.64% a 1 cpd; 2.65 % a 3 cpd; 12.66% per 5 cpd) e di crowding (3.1 gradi a 4° di eccentricità).

Post-Training: sono state ripetuti gli stessi esami nelle medesime condizioni. Grazie al NVT egli ha beneficiato di un miglioramento consistente dell'acuità (0,56 LogMAR), una sensibilità al contrasto altrettanto incrementata per ogni frequenza spaziale misurata (0.32% a 1 cpd; 0.75 % a 3 cpd; 3.39 % per 5 cpd; 9.70% a 7 cpd). Anche il test del crowding ha rilevato che lo spazio critico (il minimo

spazio cui non si ha affollamento) si è ridotto notevolmente (1.5 gradi).

Follow-up: Il paziente non è stato sottoposto a un controllo di follow up nei mesi successivi al termine del training neurovisivo (NVT).

Inoltre egli ha svolto l'allenamento con uno stimolo di frequenza spaziale di 3 cpd e a frequenze spaziali più alte ma in modo non continuativo.

Follow up 2016: Il paziente è stato rivalutato attentamente nei test eseguiti in passato per analizzare i postumi del training. Il soggetto ha riferito di non aver notato un calo del visus, riesce a svolgere le sue attività quotidiane senza grandi difficoltà grazie anche allo stato di integrità dell'occhio destro. I dati raccolti sono i seguenti: l'acuità visiva è peggiorata di soli 0.16 LogMAR (0.72 LogMAR) a conferma di quanto riferito dal paziente. Un risultato ottimo se confrontato con il valore rilevato nel pre-training. La sensibilità al contrasto a 1cpd è pari al 0.76%, a 3 cpd 1.37%, a 5 cpd 5.3% e infine 16.85% a 7 cpd. In termini concreti, il soggetto ha avuto un calo proporzionale in ogni frequenza spaziale misurata ma non a tal punto da aver perso totalmente ciò che aveva acquisito in termini di contrasto con l'allenamento. Il valore del crowding è ritornato ad un valore pressoché simile a quello rilevato al principio (2.99 gradi).

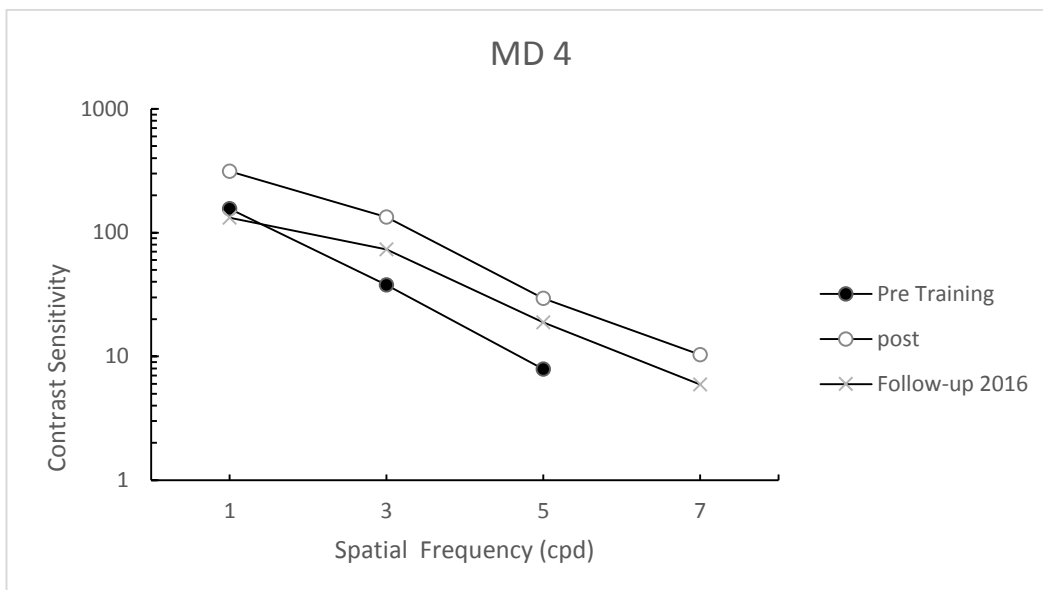


Figura 3 Sensibilità al contrasto del paziente MD4

Microperimetria:

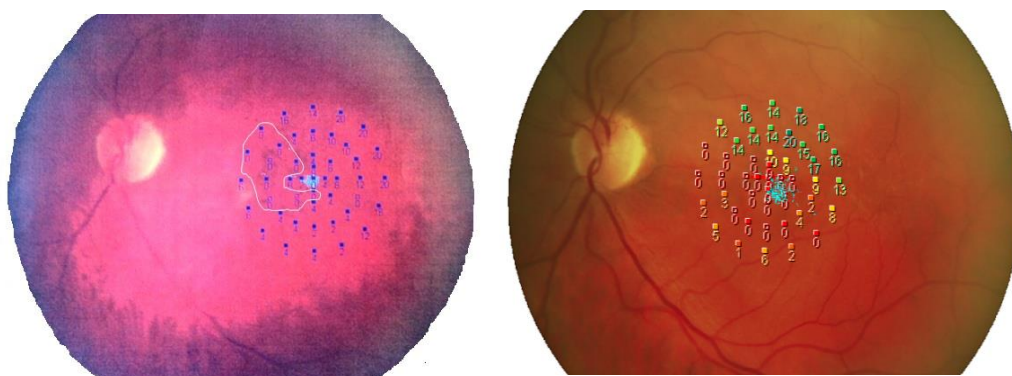


Figura 4 Microperimetria confronto pre e post training occhio sinistro MD4

La posizione del PRL è rimasta stabile, per questo l'acuità non è arrivata ai livelli pre training, come anche la sensibilità al contrasto e il paziente riferisce di non aver notato un calo del visus, egli riesce a svolgere le sue attività quotidiane senza grandi difficoltà.

CASO II (MD5)

Anamnesi: donna di 55 anni affetto da maculopatia in occhio destro con scotoma assoluto paracentrale puntiforme e presenta un foro maculare lamellare al primo stadio in sede foveale, occhio sinistro attualmente si presenta cieco conseguente a un distacco di retina monolaterale. Condizione refrattiva in entrambi gli occhi è di elevata miopia (-13.00 D) corretta con LAC. Inoltre ella nelle condizioni abituali fa uso di un sistema telescopico ai fini di compensare i fori retinici e la cataratta in avanzamento, patologia non presente all'inizio del training di Neurovisus. Inoltre, negli ultimi due anni, si è verificato un piccolo distacco di retina che appare essere stabile nonostante ella avesse subito una laser terapia negli anni '90 per prevenire la malattia nell'occhio destro dopo aver interessato già quello sinistro. L'avanzamento dell'età ha fatto sì che per effettuare i test da vicino siano risultati necessari gli occhiali a causa della presbiopia. A oggi riferisce di vederci peggio, sia da lontano che da vicino.

Pre-Training: il soggetto ha seguito il training con uno stimolo con frequenza spaziale di 6 cpd abbassato a 4 cpd nella fase intermedia a seguito di un'interruzione. Acuità massima raggiungibile con correzione ottimale è pari a 8/10 (0,47 LogMAR) dovuta probabilmente a una dispersione del punto di fissazione. La sensibilità al contrasto si presenta con 0.61% a 1 cpd, 1,01% a 3 cpd,

2,01% a 5 cpd e 4,51% a 7 cpd. Lo spazio critico invece è pari a 0.67 gradi.

Post-Training: l'acuità visiva è migliorata notevolmente, 0.18 LogMAR; Stessa cosa dicasi per la sensibilità al contrasto (0.28% a 1 cpd, 0.51% a 3 cpd, 1.37% a 5 cpd e 1.74% a 7 cpd), si rileva infatti un miglioramento di circa una unità logaritmica alle basse frequenze spaziali allenate e in quantità minore a quelle non allenate come 7 cpd, e il crowding a 100 ms assume un valore di 0.06 gradi.

Follow up: a termine del training, nonostante l'interruzione e la variazione delle soglie, il paziente ha riportato i dati consecutivi: l'acuità visiva è rimasta pressoché simile (0.21 LogMAR anziché 0.18 LogMAR). I valori relativi alla sensibilità al contrasto si collocano al di sotto di quelli rilevati nel post-training per le frequenze spaziali di 3 cpd (0.61%) e 7 cpd (2.33%), migliorano ancora di più a 5 cpd (1,06%) e diminuiscono notevolmente a 1 cpd (0.71%). L'affollamento visivo, nell'area allenata indicata dalla soglia "spazio-critico", rimane equivalente (0.09).

Follow up 2016: è da prendere in considerazione il lasso di tempo intercorso dal precedente follow up, risalente al 2013 oltre che alla scheda clinica della paziente in cui hanno rilievo la presenza di un distacco di retina in OD, un principio di cataratta e la presenza della presbiopia. I test di follow up sono stati eseguiti tutti con le stesse condizioni ambientali e le correzioni refrattive del paziente

che fornissero la massima acuità, come al momento iniziale del training, quindi LaC con potere -12.75 D per il lontano e occhiali da vicino per il test dell'affollamento eseguito a 57 cm. L'acuità, rilevata binocularmente in quanto la visione dell'occhio sinistro è nulla, è diminuita rispetto al follow up come lo stesso soggetto ha avvertito personalmente e riferito in sede d'esame. La sensibilità al contrasto ha subito un evidente calo come riportato di seguito: 1.37% a 1 cpd, 1.49% a 3 cpd, 5.58% a 5 cpd, 12.53% a 7 cpd.

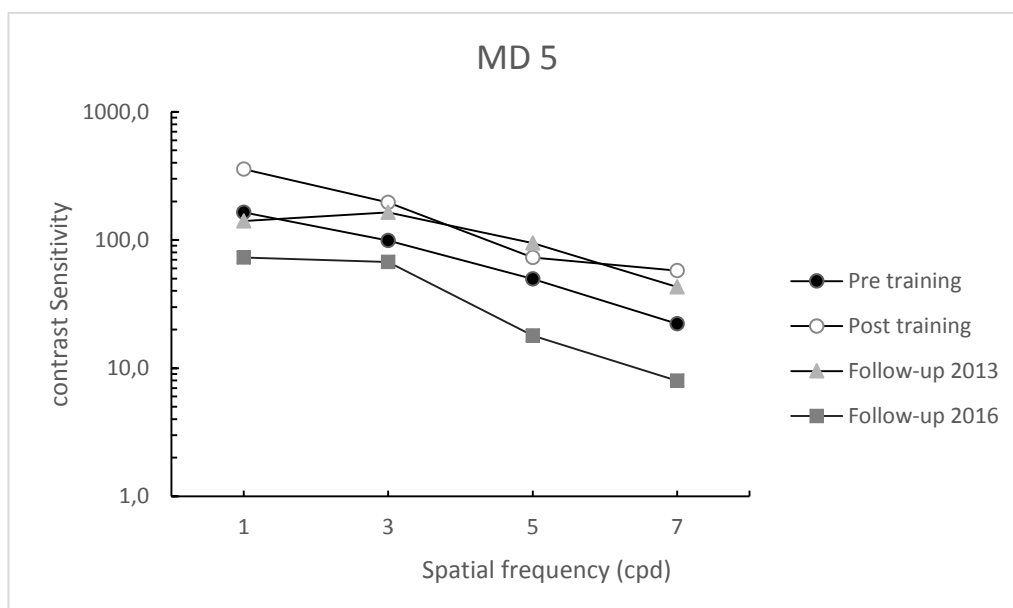


Figura 5 Sensibilità al contrasto del paziente MD5

Il valore del crowding è aumentato ulteriormente rispetto al valore iniziale (0.76 gradi rispetto ai 0.67 gradi del pre-training).

Microperimetria:

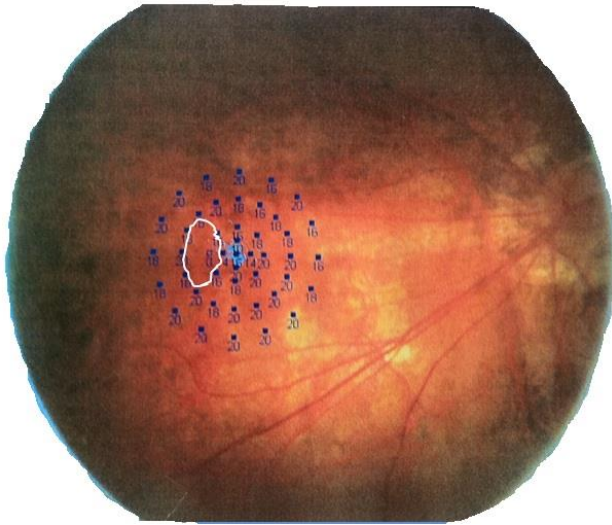


Figura 6 Microperimetria pre-training occhio destro MD5

Negli ultimi 2 anni si è verificato un piccolo distacco di retina che però al momento appare essere stabilizzato. Inoltre il contattologo di riferimento della paziente, P. Gheller, ha modificato la correzione refrattiva utilizzata per effettuare il training e sotto consiglio dello stesso professionista i test di follow up 2016 sono stati effettuati con la correzione abituale, una lente a contatto nell'occhio destro con potere -12,75D .

Inoltre, l'oftalmologo ha riscontrato un inizio di cataratta che potrebbe co-spiegare la riduzione del visus.

CASO III (MD6)

Anamnesi: uomo di 60 anni con degenerazione maculare dovuta a sindrome di Best. L'acuità visiva molto ridotta è pari a 2/10 per l'occhio sinistro e 1/10 per il destro. Lo scotoma presente nell'occhio sinistro ha posizione H7x6.5V mentre nel destro si trova in H3.5x 3,7V. Il PRL è a 4 gradi sull'asse orizzontale in direzione nasale e 2,7 gradi superiormente. Il training, analizzando la scotometria, viene effettuato sull'occhio sinistro nel campo visivo di sinistra in visione monoculare distante 4/5 gradi dal centro dell'asse orizzontale e 2/3 gradi in basso. Per la sensibilità al contrasto, il training avrà un andamento progressivo in funzione della frequenza spaziale che aumenterà con le settimane.

Pre-Training: L'acuità del paziente MD6 è pari a 0.56 LogMAR rilevata con il test di Landolt C. La sensibilità al contrasto si presenta molto scarsa tranne che per 1 cpd (0.36% a 1 cpd; 0.80% a 3 cpd; 3.6% per 5 cpd; 8.0% a 7 cpd). Il crowding ha valore di 2.30 gradi; la macchia cieca durante i test da vicino come il crowding è distante 15.3 cm dal centro. Al soggetto è stato chiesto di fare i test fissando centralmente, e per esser sicuri di ciò è stato posizionato un pallino sulla macchia cieca a circa 16° dal centro dal punto di fissazione che non deve percepire.

Post-Training: Successivamente alle 61 sessioni, l'acuità è incrementata a 0,36 LogMAR, un miglioramento pari a

0.20 unità logaritmiche, la sensibilità al contrasto è notevolmente potenziata grazie al training (0.37% a 1 cpd, 0.04% a 3 cpd, 0.17% a 5 cpd e 0.65% a 7 cpd). Un miglioramento lieve avviene anche per il crowding dove si abbassa lo spazio critico a 1.89 gradi.

Follow up: MD6 ha perso 0.1 LogMAR di acuità (0.47 LogMAR) ma il calo più brusco è avvenuto per la sensibilità al contrasto dove i valori sono ritornati simili a quelli rilevati nel pre-training (0.32% a 1 cpd; 4.62% a 3 cpd; 12.20% per 5 cpd; 20.62% a 7 cpd). In un valore intermedio tra pre e post training, si colloca il valore rilevato nel follow up del crowding, pari a 2.07 gradi. Inoltre il soggetto riporta durante l'esame di avere difficoltà di lettura, il che lo porta ad avvicinarsi ai supporti.

Follow up 2016: Oltre al training di Neurovisus, il paziente ha affiancato un ciclo di biofeedback all'allenamento visivo che ha terminato nel mese di maggio-giugno 2016. Egli riferisce di avere difficoltà nella lettura nell'ultimo anno. A seguito degli esercizi di Neurovisus, la sensazione di miglioria è stata avvertita con la percezione della luce proveniente dai fari delle auto; nel frattempo la correzione (occhiali da lontano e da vicino) è rimasta inalterata. In dettaglio: l'acuità visiva è rimasta pari al pre-training (0,50 LogMAR equivalente a 0,56 LogMAR iniziali), la sensibilità al contrasto ha subito un calo marcato, annullando i benefici ottenuti con il training e oltrepassando i valori

misurati nel pre-training (1.31% a 1 cpd, 15.59% a 3 cpd, 20.29% a 5 cpd e 35.08% a 7 cpd). Anche per il crowding la misurazione ha equiparato quella iniziale (2.29 gradi).

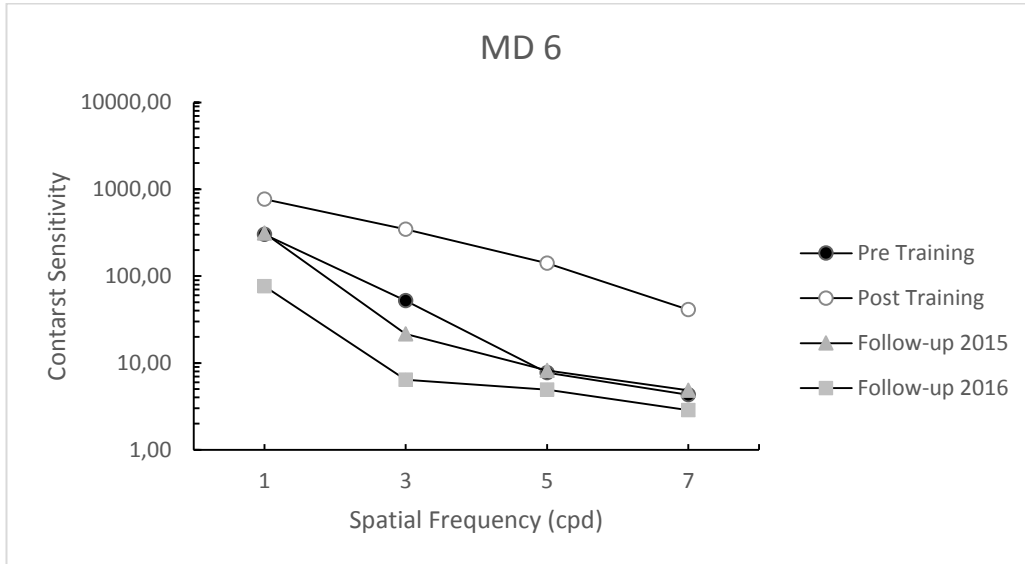


Figura 7 Sensibilità al contrasto del paziente MD6

Microperimetria:

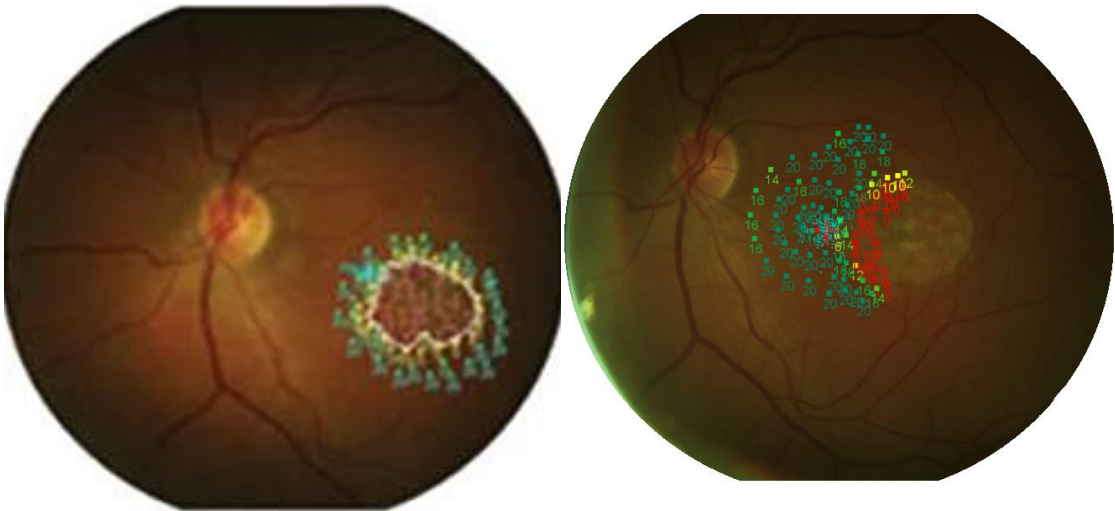


Figura 8 Microperimetria a confronto pre e post training occhio sinistro MD6

Nella prima immagine si evince che a livello foveale la fissazione era scarsa perciò, verosimilmente, hanno deciso

di intraprendere le sedute di training per stimolare zone adiacenti la fovea. Nella seconda immagine la sede della fissazione non è più centrale dove si localizza la cicatrice, ma verso la papilla e osservando l'esame sulla fissazione, il PRL da relativamente instabile è divenuto instabile.

I risultati degli esami effettuati testimoniano che il training, effettuato per allenare esclusivamente la zona retinica individuata come PRL, si è rilevato relativamente vano a causa dello spostamento dello stesso.

CASO IV (MD7)

Anamnesi: il paziente presenta una distrofia dei fotorecettori visivi, i coni, con uno scotoma nel campo visivo dell'occhio destro. Esso misura circa 7° in verticale e 7° in orizzontale rispetto alla fovea. Il PRL è situato a 4.5 cm orizzontalmente sull'asse temporale di conseguenza il training verrà svolto a 4.5° h nel campo visivo sinistro. Il soggetto utilizza occhiali con correzione prismatica per la misurazione dell'acuità da lontano e occhiali con correzione positiva per il vicino. Inoltre, gli stimoli sono presentati con 4.5° di eccentricità orizzontale verso sinistra.

Pre-Training: il paziente ha i seguenti valori: 0.87 LogMAR in acuità visiva, 1.88% a 1 cpd; 12.60% a 3 cpd; 35.4% per 5 cpd; 1.20 gradi per il test dell'affollamento. Quest'ultimo dato è considerato di per sé basso, quindi si presume che non modifichi nel tempo.

Post-Training: nella valutazione effettuata al termine delle sezioni di allenamento, l'acuità visiva è migliorata di 0.14 LogMAR (0.73LogMAR) mentre i valori della sensibilità al contrasto riportano una costanza per 1 cpd (1.73%) e un miglioramento consistente per 3 cpd e 5 cpd (rispettivamente 5.41% e 4.29%).

Follow up: Il soggetto è stato rivalutato nel 2015. In allegato alla scheda tecnica, si hanno dei dati clinici che riportano una stabilità della fissazione del PRL. Inoltre per

la lettura da vicino, MD7 predilige la visione senza occhiali ipercorrettivi sostituendoli talvolta con occhiali da presbite e in certe circostanze, considerando la sua condizione di miopia, senza occhiali. Inoltre, dietro consiglio del medico oculista, gli è stato consigliato un ciclo riabilitativo al microperimetro. L'acuità visiva si è rilevata simile al valore del post-training (0.78LogMAR) ma aumentata in OD e una riduzione in OS. La sensibilità al contrasto è in netto miglioramento (2.54% a 1 cpd; 4.18% a 3 cpd; 3.93% per 5 cpd). Si è riscontrato un beneficio nelle funzioni visive non allenate.

Follow up 2016: nel tempo intercorso al nuovo follow up il paziente ha iniziato il biofeedback e ha ripetuto la microperimetria che però rivela una leggera perdita di fissazione. La curva della sensibilità al contrasto mostra un mantenimento degli effetti del training a eccezione di una riduzione di sensibilità marcata a 5cpd rispetto al primo follow-up.

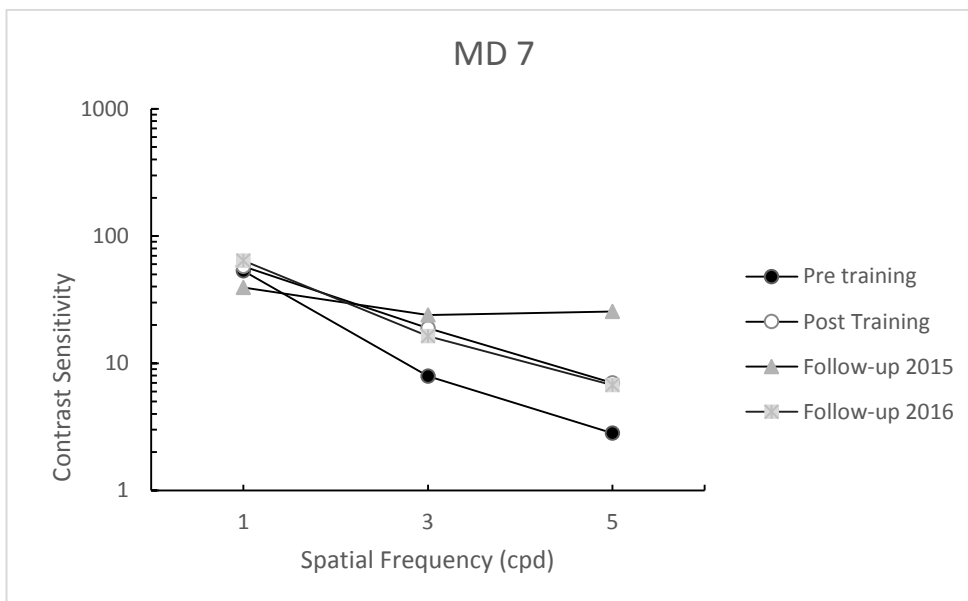


Figura 9 Sensibilità al contrasto paziente MD7

È stato rilevato il crowding, che nel frattempo si è abbassato ulteriormente al valore di 0.90 gradi, indicando una ulteriore riduzione dell'affollamento.

Microperimetria:

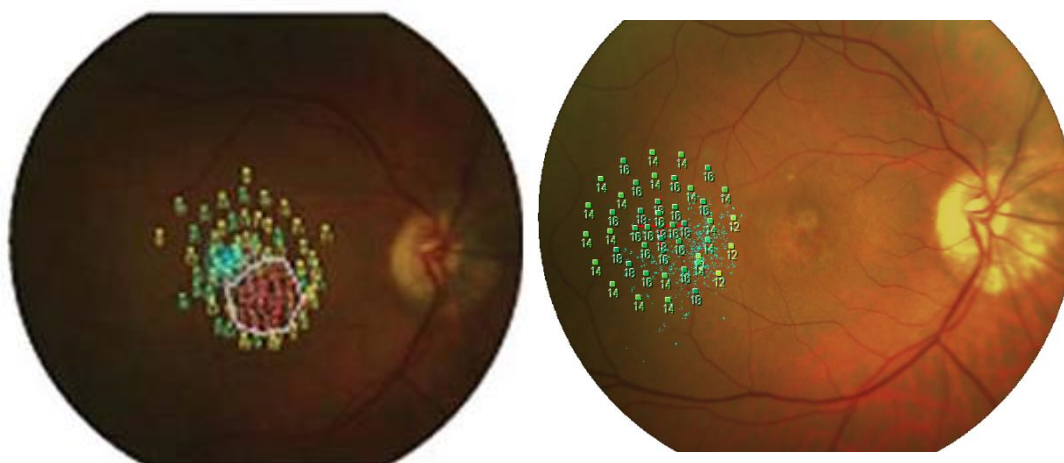


Figura 10 Microperimetria confronto pre e post training occhio destro MD7

C'è stato uno spostamento del PRL in zona extrafoveale, il quale da relativamente stabile è divenuto instabile, nonostante la sensibilità della zona retinica prescelta abbia un'elevata sensibilità. Questo spostamento temporale è dovuto alla presenza della CRD con scotoma centrale.

7.2 DISCUSSIONE DEI DATI

Di seguito sono riportati i valori schematizzati dei pazienti MD4, MD5, MD6 e M7 suddivisi per i singoli test (acuità/ sensibilità al contrasto/crowding). Ad accompagnare i dati sono presenti i relativi grafici che schematizzano l'andamento delle funzioni visive per ogni paziente.

	Pre Training	Post Training	Follow up 2014	Follow up 2016
MD4	1,07	0,56		0,72
MD5	0,47	0,18	0,21	0,37
MD6	0,56	0,36	0,47	0,5
MD7	0,87	0,73	0,78	0,65
Media (4)	0,74	0,46		0,56
Media(3)	0,63		0,49	0,51
ds	0,28	0,24	0,29	0,16
es	0,14	0,12	0,14	0,08

Tabella 2 Valori acuità visiva Landolt C in LogMAR

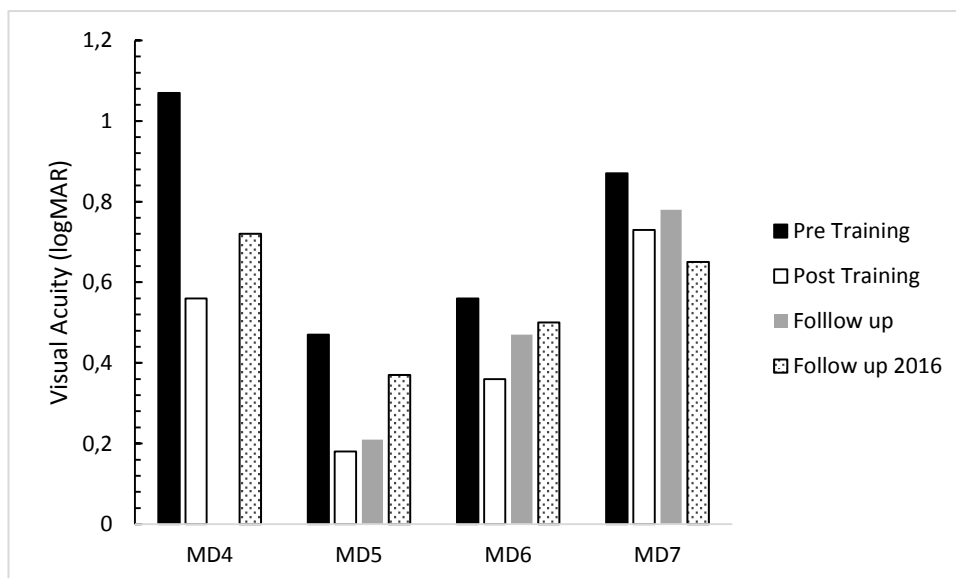


Tabella 3 Acuità Visiva con Landolt C

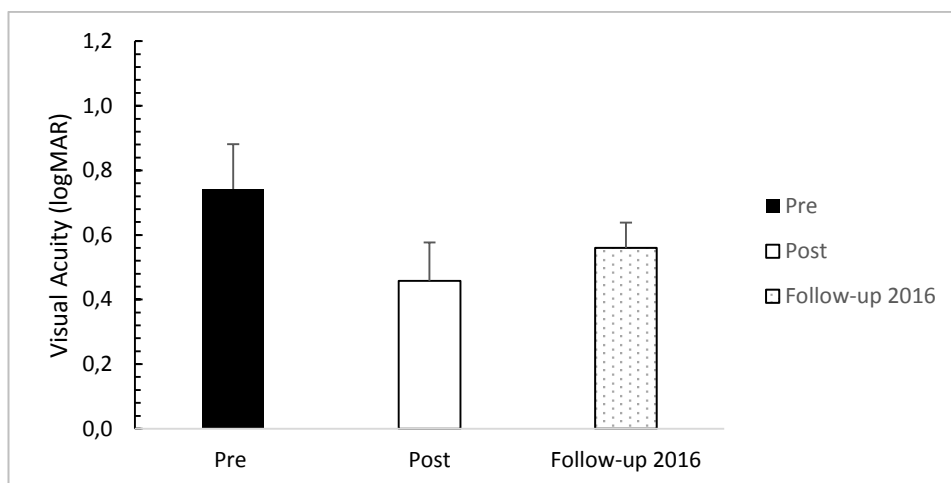


Tabella 4 Valori medi pazienti MD. Errori medi \pm barre d'errore

Inizialmente i soggetti presentavano un valore di acuità in un range ampio, con valori differenti tra loro: da 1.07 LogMAR per MD4 a 0.47 LogMAR per MD5.

Successivamente al training l'acuità è migliorata per tutti i pazienti allenati ma senza seguire un andamento progressivo neppure in riferimento all'acuità iniziale, di conseguenza risulta che il soggetto con migliore beneficio sia stato MD4 (miglioramento di 0.51 LogMAR) nonostante avesse un'acuità peggiore rispetto agli altri e a controprova di ciò, vi è la condizione di MD7 che ha subito un miglioramento di 0,14 LogMAR nonostante la condizione iniziale fosse di 0.87 LogMAR. Quindi non vi è correlazione tra acuità iniziale e miglioramento ottenuto.

Analizzando i dati medi, con le barre di errore, di evince una lieve perdita (0.10 LogMAR) dell'acuità visiva nel tempo. Per i soggetti che si sono prestati ad una sessione di Follow up nel 2014 (tutti ad esclusione di MD4) il visus

è rimasto stabile (da 0.49 LogMAR a 0,51 LogMAR). Questo dato sul mantenimento degli effetti dell'allenamento è rilevante e comprova la funzionalità del training eseguito.

Nonostante il numero esiguo di pazienti, è stata effettuata una ANOVA a misure ripetute considerando le sessioni di pre, post training e follow up 2016 e le frequenze spaziali esaminate (1 cpd, 3 cpd e 5 cpd). I valori principali training e frequenza spaziale non hanno un peso significativo al contrario lo è la loro l'interazione (training X FS) con i seguenti risultati: $F_{2,6} = 4,2$ $p = 0,024$ $\eta^2 p = 0,58$. Sia il Post-hoc che il t-test eseguito con correzione di Bonferroni convalidano la deduzione che al follow up recente, le prestazioni a 1 cpd sono risultate essere migliori rispetto alla frequenza spaziale di 5 cpd ($p = 0,35$).

<i>MD4</i>		PRE	POST	2014	2016
	1	303,03	769,27	312,50	76,34
	3	52,08	344,82	21,65	6,41
	5	7,71	140,84	8,20	4,93
<i>MD5</i>		PRE	POST	2014	2016
	1	156,25	312,50	-	131,58
	3	37,74	133,33	-	72,99
	5	7,90	29,50	-	18,86
<i>MD6</i>		PRE	POST	2014	2016
	1	53,19	57,80	39,37	64,10
	3	7,91	18,84	23,92	16,31
	5	2,82	7,00	25,45	6,72
<i>MD7</i>		PRE	POST	2014	2016
	1	163,93	357,14	140,84	72,99
	3	99,01	196,08	163,93	67,11
	5	49,75	72,99	94,30	17,92
MEDIA		PRE	POST	2014	2016
	1	169,10	374,18	-	86,25
	3	49,18	173,27	-	40,17
	5	17,05	62,58	-	12,11
DS		PRE	POST	2014	2016
	1	102,57	294,55	-	30,66

3	37,97	135,88	-	34,21
5	21,93	58,93	-	7,30
ES	PRE	POST	2014	2016
1	51,29	147,28	-	15,33
3	18,99	67,94	-	17,10
5	10,97	29,46	-	3,65

Tabella 5 Valori di sensibilità al contrasto in LogCs⁸

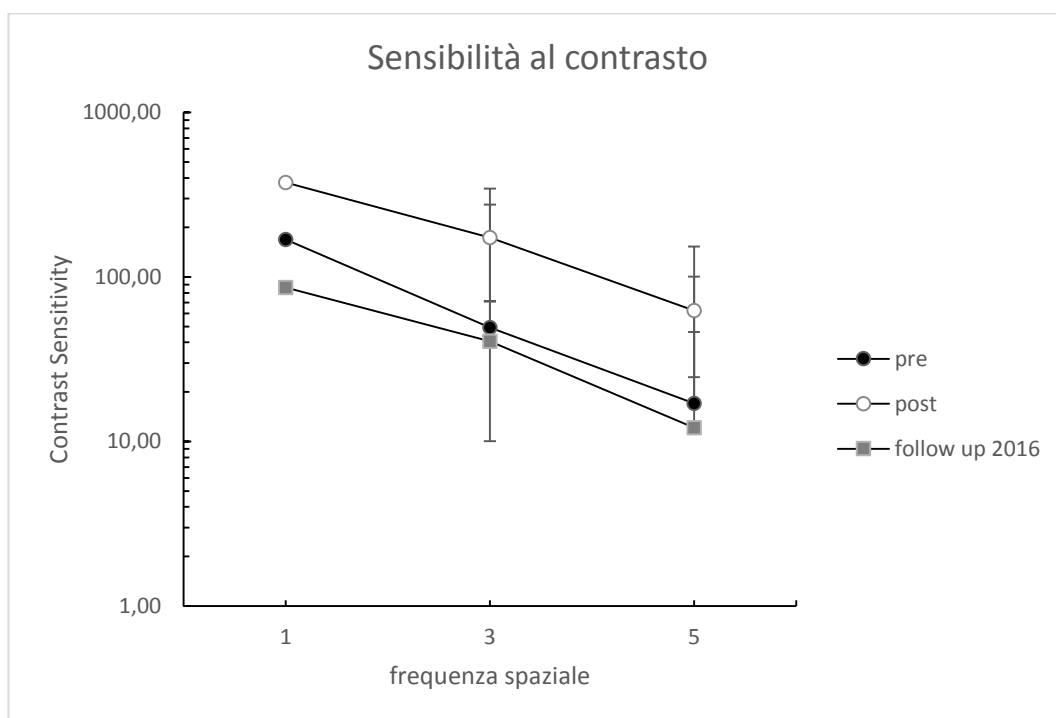


Tabella 6 Rappresentazione dei valori media della sensibilità al contrasto in logCS

Prevalentemente i soggetti in esame hanno riportato un brusco calo della sensibilità al contrasto per tutte le frequenze spaziali rilevate; in particolare, i benefici acquisiti grazie al training visivo sono stati quasi del tutto persi. Per la frequenza spaziale di 1 ciclo per grado il valore di follow up rilevato nel 2016 è pari o più basso del valore misurato prima del training. Per le altre frequenze

⁸ I valori riportati in tabella sono stati convertiti in valore percentuale (%) mediante la formula di conversione $(1/(x/100))$ per una facilitazione nella comprensione della parte discorsiva.

spaziali, MD6 e MD5 hanno ottenuto valori più bassi del pre-training, MD4 in calo ma comunque ancora migliori del pre-training. A differenziarsi da questa condizione è il soggetto MD7, il quale presenta a 1 cpd un miglioramento mantenuto e potenziato nel tempo anche se con andamento alternante (il dato è maggiore del pre e post training, ma il dato di follow up del 2014 presentava un peggioramento), per le altre frequenze spaziali invece la sensibilità al contrasto è diminuita ma non ha raggiunto il livello iniziale. In linea generale, i valori della sensibilità al contrasto si distribuiscono in un range che comprende i valori del pre-training.

Inoltre, conoscendo la scheda clinica del paziente MD6, egli ha seguito una sessione di biofeedback tra il follow up 2014 e il 2016, ma ciò non appare aver prodotto significativi miglioramenti sulle abilità visive, o per lo meno non sono state mantenute dal soggetto. Oltretutto, dal confronto della microperimetria (pre-training e follow-up/pre-biofeedback) si rileva nella prima che a livello foveale la fissazione era scarsa perciò, verosimilmente, si è deciso di intraprendere le sedute di Neurovisus per stimolare le zone adiacenti alla fovea, in quella post-training la sede della fissazione non è più centrale, dove si localizza la cicatrice dovuta alla sindrome di Best, ma è spostata verso la papilla.

Lo spostamento del PRL in una nuova zona retinica funzionale implica che i test, effettuati con le coordinate del PRL utilizzato dal paziente nella fase del training, comprovano che la zona esaminata non è più attualmente funzionale come lo era nel 2014 ed è stata inconsciamente sostituita, come accaduto per MD6.

.	Pre Training	Post Training	Follow-up	Follow-up 2016
MD4	3,10	1,53		2,99
MD5	0,67	0,06	0,09	0,76
MD6	2,30	1,89	2,07	2,29
MD7	1,20	1,20	1,20	0,90
media 3	1,39		1,12	
media (4)	1,82	1,17		1,74
ds	1,09	0,79	0,99	1,08
es	0,55	0,40	0,50	0,54

Tabella 7 Valori del crowding in deg

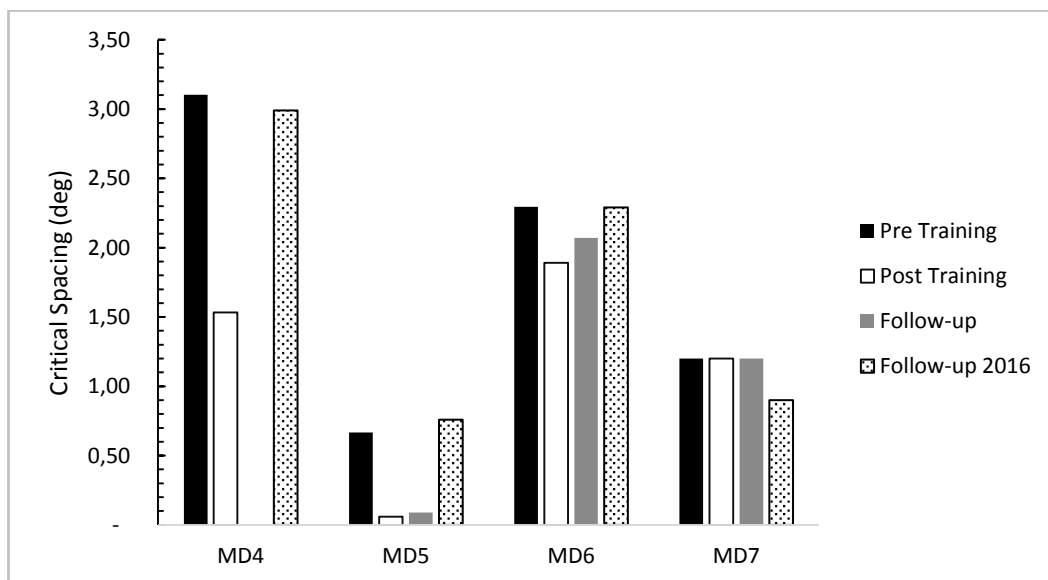


Tabella 8 Grafico del crowding dei singoli pazienti MD

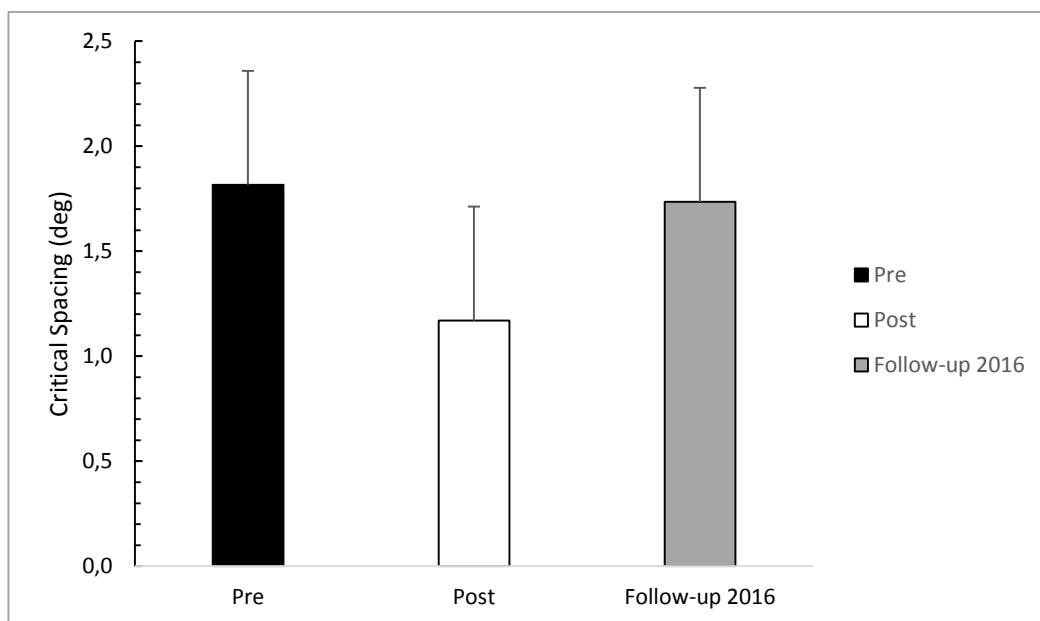


Tabella 9 Grafico dei valori medi del crowding

I valori del crowding, la distanza minima che consente al soggetto di individuare la lettera interposta tra due, sono in uno stato pari a quello iniziale. Ciò non accade per il paziente MD7, come avvenuto anche per il test dell'acuità visiva e della sensibilità al contrasto, dove il training ha portato una riduzione della distanza, quindi il soggetto è migliorato. Anche per il test dell'affollamento è stata effettuata una ANOVA a misure ripetute, considerando oltre al training anche la distanza critica, ma il dato non è significativo.

	Post/pre	Follow-up/pre
MD4	0,49	0,96
MD5	0,09	1,14
MD6	0,82	1,00
MD7	1,00	0,75
Media	0,60	0,96

Inoltre, normalizzando la spaziatura critica dei singoli pazienti – calcolando il rapporto tra il valore pre e il valore post training e il rapporto tra il valore follow up e il valore del pre-training- si ottiene un numero. Se questo assume un valore inferiore a 1 (MD4, MD6 e MD7) si può affermare che ci sia stato un miglioramento della prestazione; se è superiore a 1 (MD5) indica peggioramento della capacità di risoluzione, nonché la necessità del soggetto di una spaziatura critica maggiore.

8. CONCLUSIONI

Vi è un'alta variabilità interindividuale dell'acuità visiva dovuta alla posizione del PRL, allo stato degenerativo della malattia, alle dimensioni dello scotoma e alla sensibilità retinica.

I miglioramenti registrati derivano dalle rispettive curve di apprendimento dei pazienti, una curva più inclinata sta ad indicare un apprendimento più rapido temporalmente. Osservando le prestazioni del follow up 2016 si individua una correlazione, inversamente proporzionale, tra la pendenza della curva dell'apprendimento e la perdita dei miglioramenti; più inclinata è la curva, meno la performance risulta peggiorata.

In generale si appura un valore dell'acuità ridotto rispetto ai valori pre-training ma tuttavia in generale maggiore rispetto ai valori iniziali; ciò fa dedurre che tutti i soggetti hanno beneficiato del training neurovisivo eseguito ma il rendimento è in calo a causa probabilmente del tempo intercorso. Sarebbe quindi da verificare l'ipotesi di mantenere in allenamento i pazienti con delle sessioni ravvicinate di training per rafforzare ulteriormente e mantenere costante i potenziamenti acquisiti. Analizzando le microperimetrie dei pazienti, il calo dell'acuità visiva è inevitabile e giustificato dall'aumento dell'eccentricità della fissazione perché il PRL si sposta. Ciò risulta incidere anche sulla sensibilità al contrasto: essa si riduce sia per

le alte frequenze spaziali sia per le basse (le prime per ragioni ottiche, le seconde per ragioni corticali).

Per concludere, lo spazio critico varia con l'eccentricità del target ma non con la grandezza dello stimolo che è impostato sempre e sin dall'inizio con dimensioni soprasoglia.

BIBLIOGRAFIA

- A. Rossetti; P. Gheller;. (2° ed.). *Manuale di Optometria e Contattologia*. Bologna: Zanichelli.
- Abati, S. e. (2000). *Argomenti di Ipovisione*. Canelli: Fabiano Editore.
- Bear, M., Connors, B., & Paradiso, M. (2007). *Neuroscienze: Esplorando il cervello* . Edra.
- Brodal, A. (1983). *Neuroatonomia clinica*. Edi-Ermes.
- Campana, & Maniglia. (2015).
- Chung, S. T. (2011). Improving reading speed for people with central vision loss through perceptual learnig. *Investigative Ophtalmology & Visual Science* .
- classificazione e quantificazione delle minorazioni visive e norme in materia di accertamenti oculistici. (s.d.).
- D, Cline; H.W., Hofstetter; J.R., Griffin. (1996). *Dictionary of Visual Science*. Boston: Butterworth-Heinemann.
- D.P.R. 30 dicembre 1981, N. (s.d.).
- E. Ambrosi; G. Scalise;. (2009). *Aspetti sociali nella minorazione visiva*. padova: Centro Polifunzionale regionale per la promozione della Salute e della Vita Sociale dei Ciechi e degli Ipovedenti.
- Enciclopedia medica italiana. 3. aggiornamento 2 ed.* (2008). Biblioteca Nazionale Centrale di Roma: USES UTET scienze mediche.
- Gennaro, D. (1987). *Trattato di Ergoftalmologia e Traumatologia*. Palermo: ed. Medical Books.
- Grosvenor, T. P. (1989). Primary Care Optometry.
- Holmes, G. (1918). *Disturbances of vision by central lesions*. Br.J. Ophthalmol. 2.
- <http://www.nidektechnologies.it/ProductsMP1All.htm>. (s.d.).
- JULIAN, W. G. (1983). *the use of light to improve the visual performance of people with low vision*. Amsterdam: CIE 20th.
- L. Liuzzi, F. Bartoli. (2002). *Manuale di oftalmologia*. Edizioni Minerva Medica.
- Levitt, H. (1971). Transformed up-down methods in psychoacoustics. *The journal of the Acoustical Society of America*.
- Luria. (1977). *Come lavora il cervello*. Bologna: Il mulino.
- M. Cannao. (1989). *Ipovisione i problemi dell'età evolutiva*. Bosisio Parini: La nostra Famiglia.
- M.Bucci. (1993). *Oftalmologia*. Seu.

- Maffei, & Mecacci. (1979). *La visione*. mondadori.
- Maniglia, & al. (2011). Reducing crowding by weakening inhibitory lateral interactions in the periphery with perceptual learning. *PLoS One*.
- Midena, E., & Staurengi, G. (s.d.). Microperimetria.
- Pentland, A. (1980). Maximum likelihood estimation: The best PEST. *Attention, Perception & Psychophysics*.
- Polat, U. (2009). Making perceptual learning practical to improve visual functions. *Vision Research*.
- Psicofisica della percezione umana. (2012, Maggio).
- Ronald, A. (2005). Preferred retinal loci and macular scotoma characteristics in patients with age-related macular degeneration. *Elsevier*.
- Ronchi, L. R. (2006). *la scienza della visione dal punto di vista delle scienze naturali*. Firenze: Fondazione Giorgio Ronchi.
- Savaresi, G., & Rigamonti, M. (1989). *Considerations about optic and electronic magnifiers*.
- Vecchies, A., Testa, T., & Casco, C. (2011). Plasticità neurale e apprendimento percettivo. *Professional optometry*, 41-42.
- Vingolo, E. M., Salvatore, S., & Lupo, S. (s.d.). *Elettrofisiologia pratica della visione*. Fabiano Editore.

RINGRAZIAMENTI

A coloro che mi hanno messo al mondo e mi amano con tutto il cuore lasciandomi libera di scegliere, a mio fratello Stefano. Alla mia famiglia tutta.

A colui che mi ama “11mila” che con la sua presenza mi ha reso forte e matura.

A quelle persone insostituibili che hanno creduto in me fino in fondo, Paola e Chiara.

Alle mie colleghe di corso Giulia e Chiara e Anna con le quali ho condiviso questo percorso.

Alla professoressa Mariella Ferrecchia, esempio di determinazione e amore puro, nonché punto fisso del mio percorso formativo.

Grazie,

Giulia.