

Istituto di Ricerca
e di Studi in Ottica
e Optometria

**“ Valutazione sulla differente percezione della stereopsi
in in rilievo e in profondità”**

Candidato:
Laura Calamai

Relatore:
Paolo Sostegni

Anno di discussione:
2015

Indice

Abstract	3
Introduzione	4
Materiali e metodi	5
Risultati	9
Discussione	20
Conclusione	22
Bibliografia	23

ABSTRACT

Propositi. L'obiettivo di questo studio è stato quello di valutare l'eventuale presenza di una differente percezione tra stereopsi in rilievo e in profondità in un medesimo soggetto, e calcolare se, da un punto di vista statistico, la differenza rilevata potesse considerarsi significativa. Si è inoltre verificato se ci fosse una relazione tra la grandezza e distribuzione dell'area di Panum e la miglior percezione in rilievo piuttosto che in profondità (o viceversa)

Metodi. Il gruppo iniziale di soggetti analizzati era composto da 68 persone, di età compresa fra i 19 e i 29 anni, che avessero un'acuità visiva non inferiore ai 10/10 e visione binoculare. Partendo da questi presupposti, venivano effettuati 8 test: ampiezza dell'area di Panum con due differenti versioni della corda di Brock, stereopsi locale (con il Butterfly stereotest) e globale (con il Titmuss Stereotest) in profondità e in rilievo, disparità di fissazione ed eventuale foria associata misurate con la Wesson Card.

Risultati. Dei 59 soggetti finali risultati idonei allo studio, il 71% (42 soggetti) ha mostrato una differente percezione per quanto riguarda la stereopsi locale. Per la stereopsi globale al contrario, un solo soggetto ha indicato di non riconoscere la figura "in rilievo", mentre è stata individuata senza difficoltà "in profondità".

Conclusioni. La differenza di percezione fra le due misure di stereopsi c'è, più evidente in alcuni soggetti e meno in altri. Attraverso il T-test sono stati analizzati i valori di stereopsi in profondità e in rilievo, ma il valore del fattore p ottenuto non è risultato statisticamente significativo perché si è rivelato $>0,05$.
Con i test effettuati non siamo riusciti a trovare nessuna relazione tra la preferenza di stereopsi e l'organizzazione del sistema binoculare.

INTRODUZIONE

Durante lo svolgimento di un esame optometrico è prassi comune valutare la stereopsi del nostro paziente; questo esame viene solitamente eseguito ad una distanza prossimale, e ponendo il soggetto in condizioni tali da percepire le immagini proposte sollevate rispetto all'effettivo piano di osservazione. Il proposito di questa tesi è stato quello di valutare se ci fosse una differenza fra la percezione della stereopsi in rilievo, così come viene comunemente misurata, e in profondità. Avendo notato fin da subito che i valori ottenuti erano effettivamente diversi, si è voluto ampliare la ricerca per determinare se la differenza fosse imputabile alla diversa distribuzione degli spazi dell'area di Panum, e se ci fosse una correlazione con la disparità di fissazione. Ho cercato materiale al riguardo, sia su classici testi di visione binoculare, che su articoli di studi più recenti pubblicati in internet, ma non ho trovato niente di scritto che affrontasse l'argomento stereopsi da questo punto di vista.

MATERIALI E METODI

I 59 soggetti a cui proporre i test sono stati scelti casualmente fra gli studenti del nostro istituto. Come requisiti di base era richiesta un'AV di almeno 10/10 e visione binoculare (con o senza correzione); per questa prima valutazione sono stati consultati i risultati dello screening visivo effettuato all'inizio dell'anno scolastico 2014/2015, dagli studenti del corso di Optometria, su tutti gli alunni dei corsi curricolari. Il campione iniziale era composto da 68 persone, ma 9 soggetti non sono risultati idonei in quanto non in grado di eseguire alcuni test; nello specifico, la prova che maggiormente ha creato delle difficoltà è stata la valutazione dell'area di Panum, poiché richiede un notevole sforzo da parte del sistema visivo di mantenere la fissazione su un piccolo stimolo posto a distanza ravvicinata.

Come prima cosa al soggetto veniva misurato il valore di stereopsi in rilievo. Con il termine "stereopsi" si intende infatti la percezione della tridimensionalità, e quindi della diversa profondità degli oggetti nello spazio, percepibile in visione binoculare. Questa percezione si ottiene grazie alle immagini retiniche di uno stesso oggetto che si formano su punti retinici non corrispondenti. Il minimo valore di disparità che può dare origine alla visione stereoscopica è 2'', ma i valori di un soggetto normale, misurabili in ambulatorio, sono compresi fra i 14'' e i 40'' (Parks, 1971; Romano e Romano, 1973; Birnbaum, 1993). Quando parliamo di stereopsi dobbiamo fare una distinzione tra le sue due componenti, quella globale e quella locale (Julesz, 1971), ed è importante valutarle entrambe poiché sono coordinate da meccanismi diversi del nostro visivo: la stereopsi locale risponde ad elementi simili che si presentano con un certo grado di disparità laterale, la stereopsi globale invece è indotta da stimoli che non presentano dettagli monoculari evidenti, e sono quindi percepibili solo per quei soggetti che hanno sviluppato una corretta visione binoculare. Per la stereopsi globale è stato utilizzato il Butterfly Stereotest: l'immagine da individuare è immersa in una serie casuale di puntini bianchi e neri, che in assenza di stereopsi non mostrano contorni netti, per cui la figura non è riconoscibile. L'immagine ha elementi di disparità adeguati a stimolare la stereopsi, e viene inviato verso il corrispondente occhio attraverso un sistema formato da una fitta serie di piccoli cilindri trasparenti che funzionano come prismi, posta a coprire la figura. Per la stereopsi locale invece è stato utilizzato il Titmuss Stereotest, su cui il soggetto doveva riconoscere quali fra gli stimoli proposti risultasse più in rilievo rispetto ad altri.

In questo tipo di test infatti si hanno mire simili con contorni ben definiti, spostati lateralmente l'uno rispetto all'altro e mostrati separatamente ma in contemporanea ai due occhi. Le tavole venivano tenute dall'operatore ad una distanza di 40 cm e all'altezza del viso del soggetto. Entrambe i test sono polarizzati, per cui il paziente era tenuto ad indossare l'apposito occhialino.

Il passo successivo era valutare l'estensione dell'area di Panum. L'area di Panum è quella zona, dello spazio oggetto, in cui gli elementi vengono percepiti come singoli, anche se le loro immagini cascano su elementi retinici disparati. Gli occhi percepiscono effettivamente immagini diverse, ma la disparità è tanto piccola che il nostro sistema riesce a fonderle in una sola immagine. È proprio grazie a questa lieve disparità che siamo in grado di percepire la tridimensionalità degli oggetti. È stato dimostrato (Fender e Julsz, 1967) che le dimensioni dell'area aumentano all'aumentare degli elementi che danno al sistema visivo indizi di disparità; quindi, quanto più lo stimolo osservato presenta elementi stereoscopici, tanto più possiamo aumentare la distanza fra le due mire prima che il soggetto percepisca una sensazione di diplopia. In base a questo studio, si è pensato di eseguire due misure: una con la classica corda di Brock già presente in istituto, con mire di 8,5 mm, e una con una versione che avesse mire di fissazione più piccole, 1 mm circa. Gli spazi misurati risultano in effetti essere più grandi con la prima versione piuttosto che con la seconda, ma ciò che interessava per la nostra sperimentazione era in particolare valutare se una predilezione verso la sensazione della profondità piuttosto che del rilievo fosse associabile ad una maggiore estensione dell'area prima o dopo l'oroptero, e per questo serviva avere misure che fossero le più precise possibili; si è deciso quindi di utilizzare anche stimoli più piccoli, perché il soggetto notasse esattamente il punto in cui l'oggetto appariva doppio. La prima misurazione è stata fatta con la versione classica; il soggetto doveva mantenere l'asta all'altezza del naso e osservare costantemente la pallina bianca che l'operatore poneva a 40 cm. Mantenendo lo sguardo fisso sul riferimento centrale, veniva chiesto quando le altre due mire, che l'operatore avvicinava sempre più al punto di fissazione, erano percepite singole, in modo da poter individuare i limiti dell'area di Panum.

Come terzo test, è stata misurata la disparità di fissazione ed eventuale foria associata, con l'utilizzo della Wesson Card (Wesson e Konig, 1983) e la cassetta dei prismi. Con "disparità di fissazione" si intende un disallineamento degli assi visivi al punto di fissazione, circoscritta sempre all'interno dell'area di Panum. Se gli assi visuali si incontrano dopo il punto di fissazione si parla di exodisparità; se invece gli assi visuali si incrociano prima della mira osservata, siamo di fronte ad una esodisparità. Questo fenomeno venne studiato per la prima volta agli inizi del '900 (Hofman e Bielschowsky, 1900 – Judd, 1907), ma ancora oggi esistono varie teorie circa il suo reale significato.

C'è infatti chi sostiene che sia una condizione anomala (Mallet, 1974), e la considera una soluzione del nostro sistema binoculare per compensare uno squilibrio muscolare e difficoltà fusionali; ma c'è anche chi la ritiene una condizione normale, un metodo che il sistema visivo adotta per compiere il minimo sforzo pur mantenendo una visione singola (Flom et al, 1957). A favore di quest'ultima tesi citiamo in particolare gli studi di Schor (1980), che vede nella disparità di fissazione il valore necessario per mantenere un allineamento corretto senza creare uno stress eccessivo, e che per primo fece la distinzione fra il meccanismo fusionale lento e veloce. Ad ogni modo, sia che venga vista come una caratteristica anomala, sia come un risparmio energetico, tutti gli autori concordano sul fatto che elevati valori di disparità di fissazione di una visione binoculare inefficiente, che può portare a sintomi astenopici. Per la sua misurazione ho utilizzato la Wesson Card, uno strumento di semplice utilizzo che permette di misurare la disparità di fissazione in modo "diretto", rilevando il valore angolare che costituisce la disparità. Vi sono raffigurati elementi che, visti contemporaneamente con entrambi gli occhi, stimolano la fusione; presenta poi una piccola finestrella in cui, tramite l'utilizzo di filtri polarizzati, si presentano immagini diverse ai due occhi (una freccia e una serie di linee colorate), al fine di rilevare l'entità del disallineamento. Il soggetto doveva riferire la posizione della freccia rispetto alle stanghette colorate, in modo da poter stabilire se fosse presente una eso o una exo disparità di fissazione. A questo punto si procedeva con la misurazione della foria associata, cioè con che quel valore prismatico che annulla il disallineamento. Si ponevano davanti agli occhi del paziente lenti prismatiche di valore sempre crescente, fino a che la freccia e la linea colorata centrale non fossero state perfettamente allineate. Come massimo valore prismatico da presentare è stato posto il limite a 5 Dpr.

A questo punto si passava ad una successiva valutazione dell'area di Panum, con la seconda tipologia della corda di Brock. Il principio di funzionamento rimaneva lo stesso, per cui di nuovo il soggetto era invitato a fissare il riferimento centrale e a riferire quando le due mire circostanti venivano percepite come singole.

In ultimo luogo, si riproponevano al soggetto i test per la stereopsi, ma adesso l'occhiale polarizzato veniva fatto indossare al contrario, in modo che la percezione non fosse più in rilievo ma in profondità. Di nuovo la valutazione veniva fatta sia per la stereopsi globale che per la locale.

I test sono stati proposti sempre nello stesso ordine: gli stereotest come primi ed ultimi, per evitare quanto più possibile che il soggetto ricordasse l'esatta posizione degli elementi da riconoscere (in particolare per la stereopsi locale); le due prove con la corda di

Brock venivano invece intervallate dal test per la disparità di fissazione, in quanto mantenere la fissazione su piccoli elementi posti ad una distanza ravvicinata è un compito che può affaticare il sistema visivo.



RISULTATI

Come prima cosa sono andata a valutare se ci fosse effettivamente una differenza nella percezione della stereopsi locale.

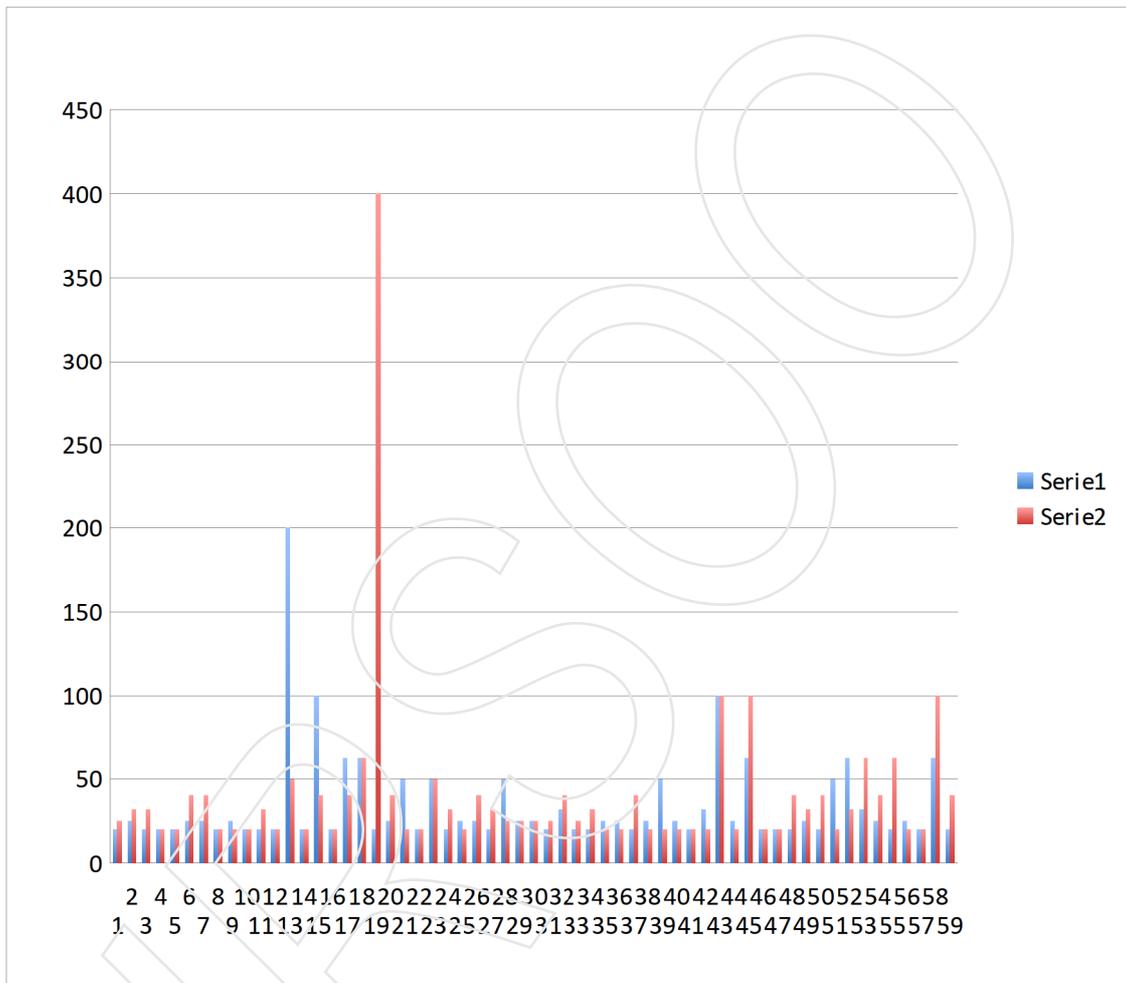


Figura1. In blu è rappresentata la stereopsi in rilievo e in rosso quella in profondità. Le colonne più alte indicano un'acuità stereoscopica scarsa perché il grado di disparità che le immagini devono presentare deve essere un valore numerico molto elevato.

L'utilizzo di un istogramma a colonna mi ha permesso di vedere quante persone avessero riportato valori diversi, e in che entità. La differenza è risultata evidente nel 71% delle persone esaminate (42 soggetti). Il T-test però non ha ritenuto la differenza statisticamen

te significativa, in quanto è risultato $p > 0.05$ ($p = 0.44$). Come si può vedere infatti nella maggior parte dei casi la differenza fra le colonne è bassa, il che sta a significare una differenza di acuità stereoscopica relativamente importante, almeno da un punto di vista statistico.

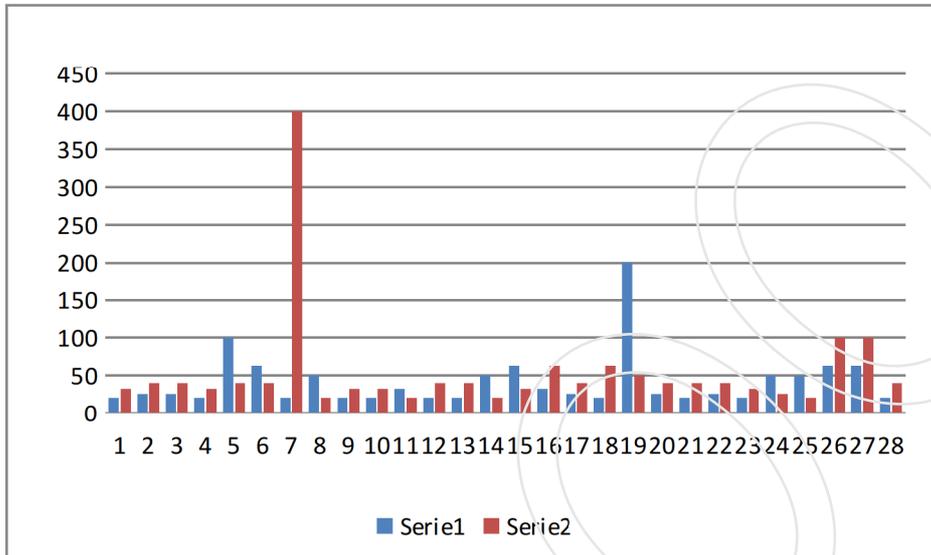


Figura 2. In questo grafico invece sono inseriti solo i soggetti che mostravano una differenza di percezione per almeno due immagini, o che passassero da valori normali a non normali di acuità stereoscopica. Le colonne blu rappresentano la stereopsi in rilievo, e le colonne rosse quella in profondità.

Percentuale della visione in rilievo e in profondità

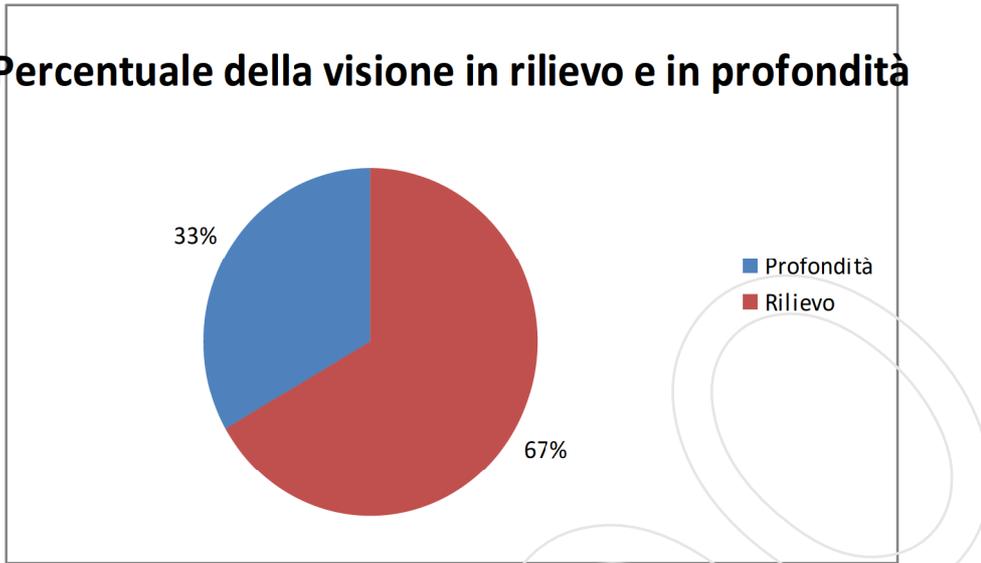


Figura 3. Con questo grafico a torta si evidenzia il fatto che la maggior parte delle persone (prese nel campione con una differenza significativa) ha notato meglio la stereopsi in rilievo (Gruppo A, 67%) piuttosto che in profondità (Gruppo B, 33%).

Percentuale della visione in rilievo e in profondità

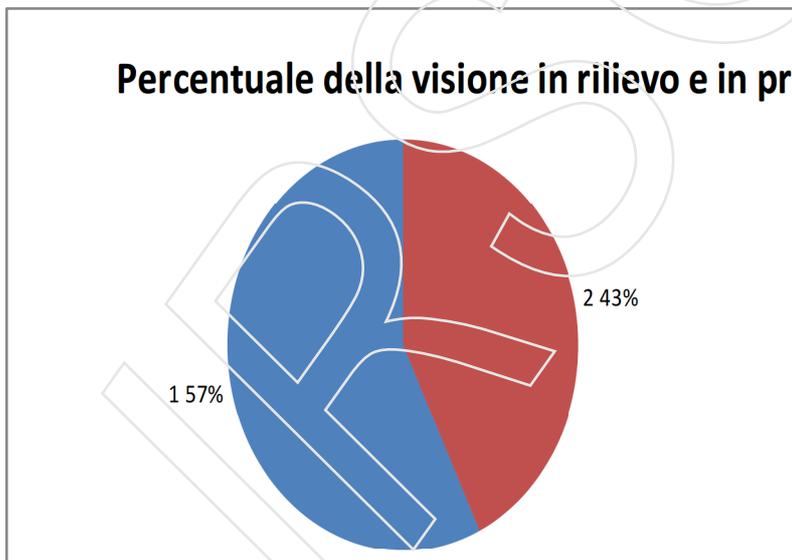


Figura 4. Questo grafico a torta rappresenta invece la percentuale di soggetti che percepiscono meglio la profondità o il rilievo, ma presi nella totalità di soggetti che hanno mostrato una differenza. Il 57% degli esaminati (24 persone) hanno visto meglio le immagini in rilievo, mentre il 43% (18 persone) hanno visto meglio le figure in profondità.

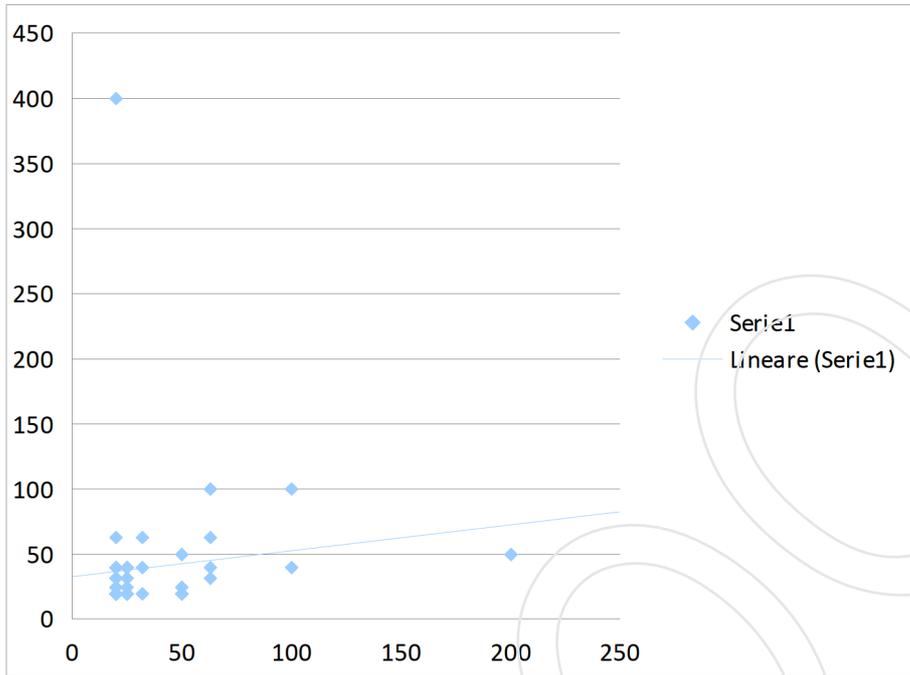


Figura 5. Questo grafico di dispersione mette in evidenza un'assenza di relazione tra le due misurazioni della stereopsi. La retta è infatti quasi completamente parallela all'asse delle ascisse, con un valore di $r^2=0.0121$.

Sono poi andata a controllare se ci fosse una relazione tra l'estensione dell'area di Panum e la preferenza di stereopsi, sempre utilizzando un grafico di dispersione.

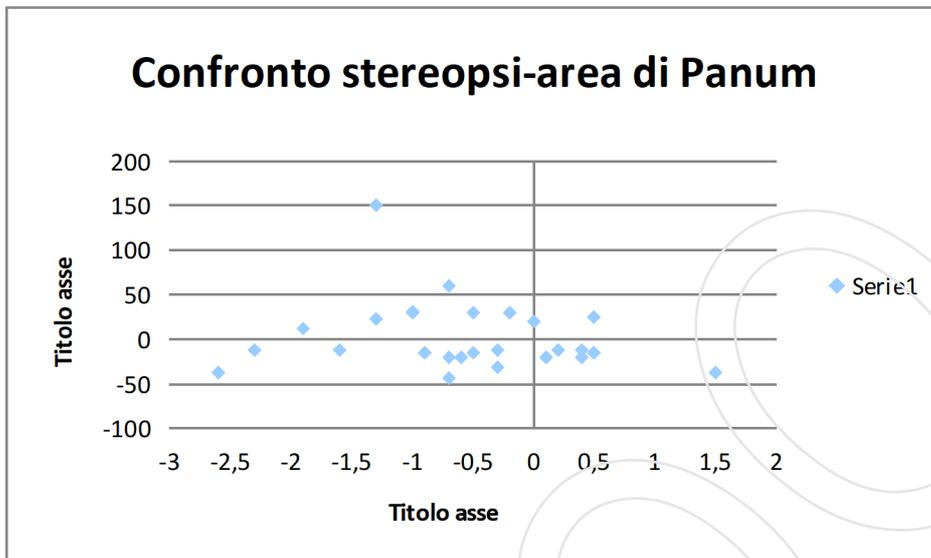


Figura 6. I punti rappresentati sul piano vanno a formare una linea parallela all'asse orizzontale, il che denota un'assenza di relazione tra i due valori.

I grafici a dispersione si utilizzano per valutare se esiste un collegamento tra i dati in esame. Il software statistico calcola quello che viene definito "coefficiente di correlazione, r^2 , e traccia una linea lungo i punti rappresentati sul piano. In base al valore numerico del coefficiente possiamo definire se i dati sono correlati o no. Se $r^2 = +1$ o $r^2 = -1$ significa che i punti sono perfettamente correlati tra loro, se $r^2 = 0$ i punti sono slegati tra loro. Viene considerato un valore significativo $r^2 > 0,75$. Sulla base dei punti rappresentati, si può anche tracciare una linea, per cui la pendenza è direttamente proporzionale al valore che assume r^2 .

Dividendo i soggetti in base alla disparità di fissazione rilevata ho calcolato e rappresentato le percentuali della distribuzione dell'area di Panum.

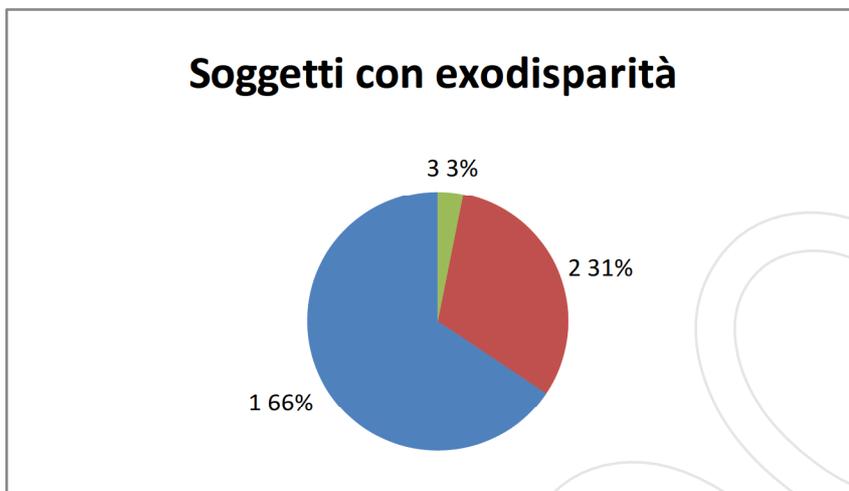


Figura 7. Fra i soggetti con exodisparità di fissazione il 66% ha mostrato una maggiore estensione dell'area di Panum oltre il punto di fissazione, 31% ha mostrato un'estensione maggiore prima del punto di fissazione, mentre il restante 3% ha mostrato una pari estensione.

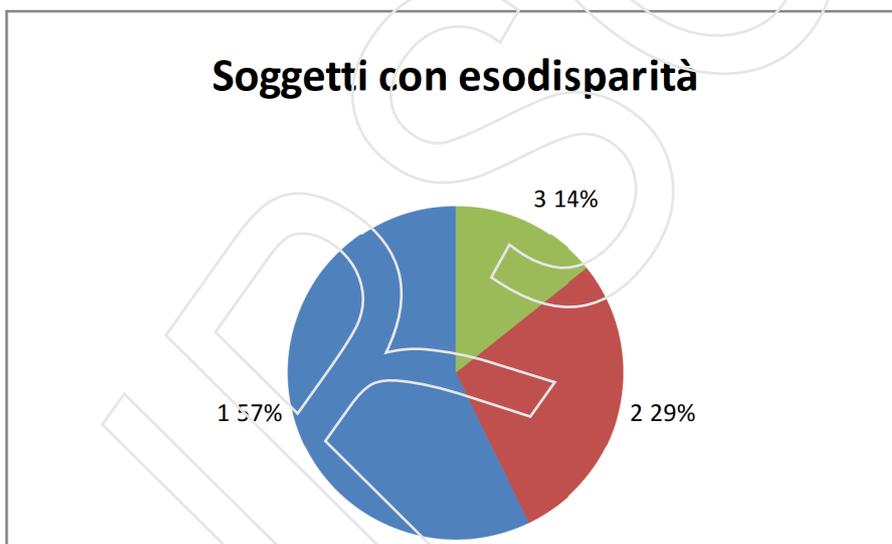


Figura 8. Il 57% dei soggetti con esodisparità di fissazione dimostra avere una un'area di Panum più estesa nel vicino, il 29% presenta la situazione opposta, e il restante 14% ha riportato la stessa grandezza.

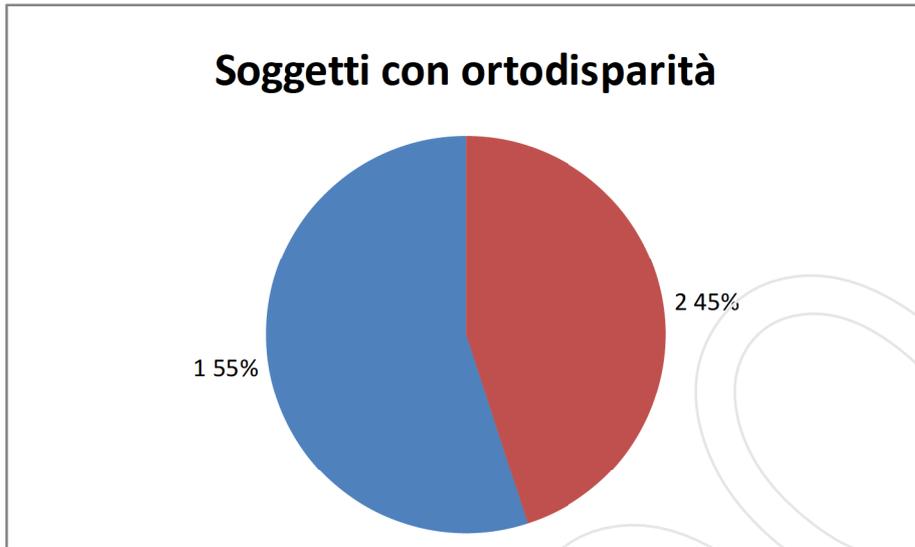


Figura 9. Nei soggetti con ortodisparità la distribuzione è quasi la medesima; si parla infatti di un 55% di soggetti che hanno mostrato un'area di Panum più ampia nel vicino, e di un 45% nel lontano. Non sono stati riscontrati casi in cui le due zone avessero la stessa ampiezza.

Avendo utilizzato due strumenti per valutare la grandezza dell'area di Panum, ho controllato se le misure fossero comparabili oppure no.

	DIFFERENZA BROCK GRANDE	DIFFERENZA BROCK PICCOLA
MEDIA	0,603389831	-0,013559322
MEDIANA	0,6	-0,2
DEVIAZIONE STANDARD	2,203599415	1,298468279

Tabella 1. È stata calcolata la differenza tra il valore prima e dopo il punto di fissazione, ottenuti con entrambi gli strumenti, ed è stata poi fatta la media. Con le mire grandi, la media è risultata di valore positivo, ad indicare che lo spazio prima della mira fosse più ampio; con la seconda versione della corda invece, la media ha dato un valore negativo, indice del fatto che lo spazio più ampio fosse quello oltre la mira.

I seguenti istogrammi mettono in evidenza la distribuzione dell'area di Panum in tutti i soggetti, sia con la corda di Brock grande che con quella piccola.

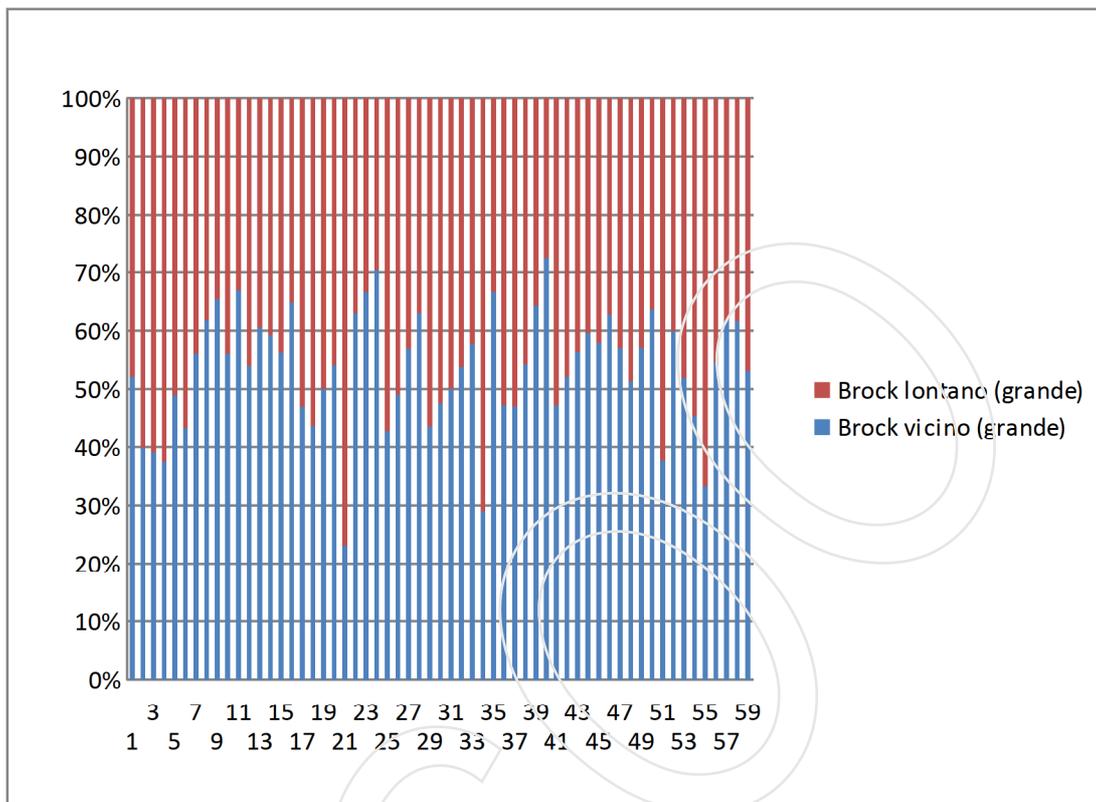


Figura 10.

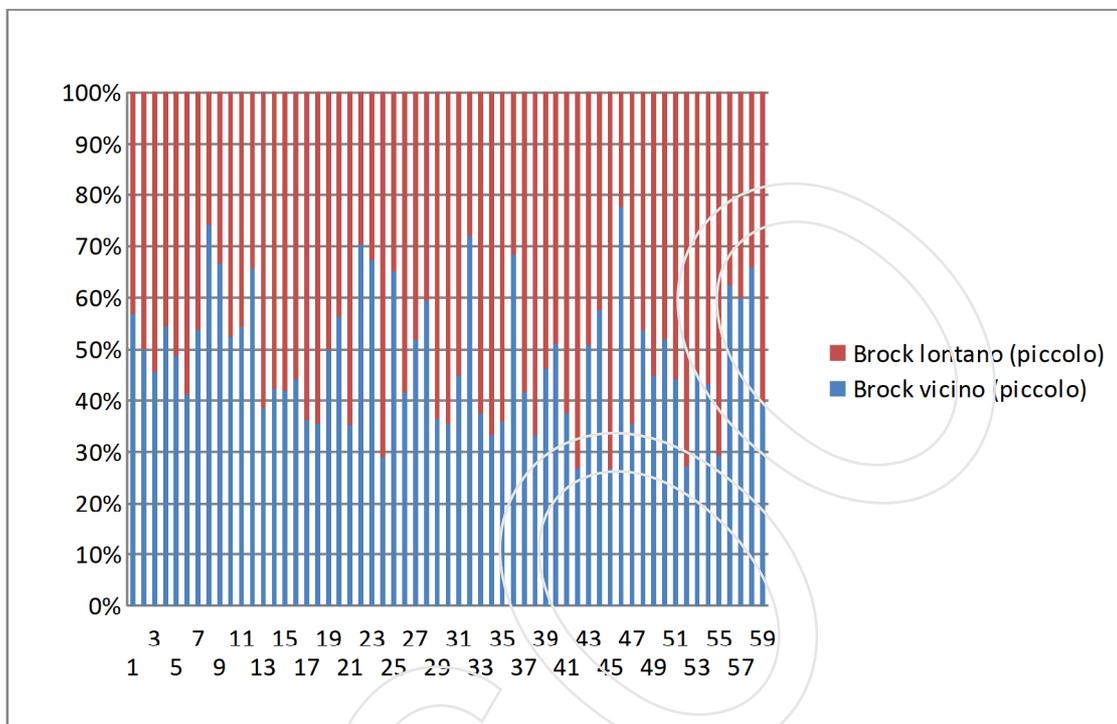


Figura 11.

I grafici 7 e 8 rappresentano l'area di Panum su una percentuale fissa. Dalle immagini sembra che con le mire grandi le misurazioni siano più regolari, mentre con le mire piccole appaiono più frastagliate.

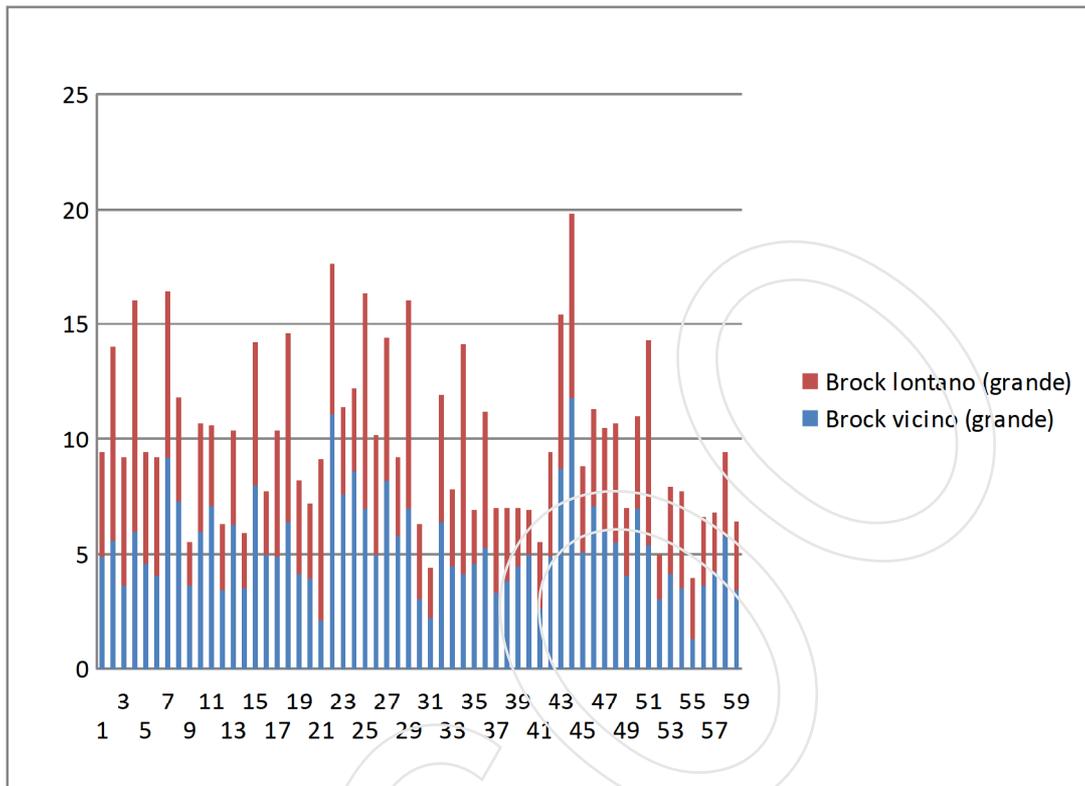


Figura 12.

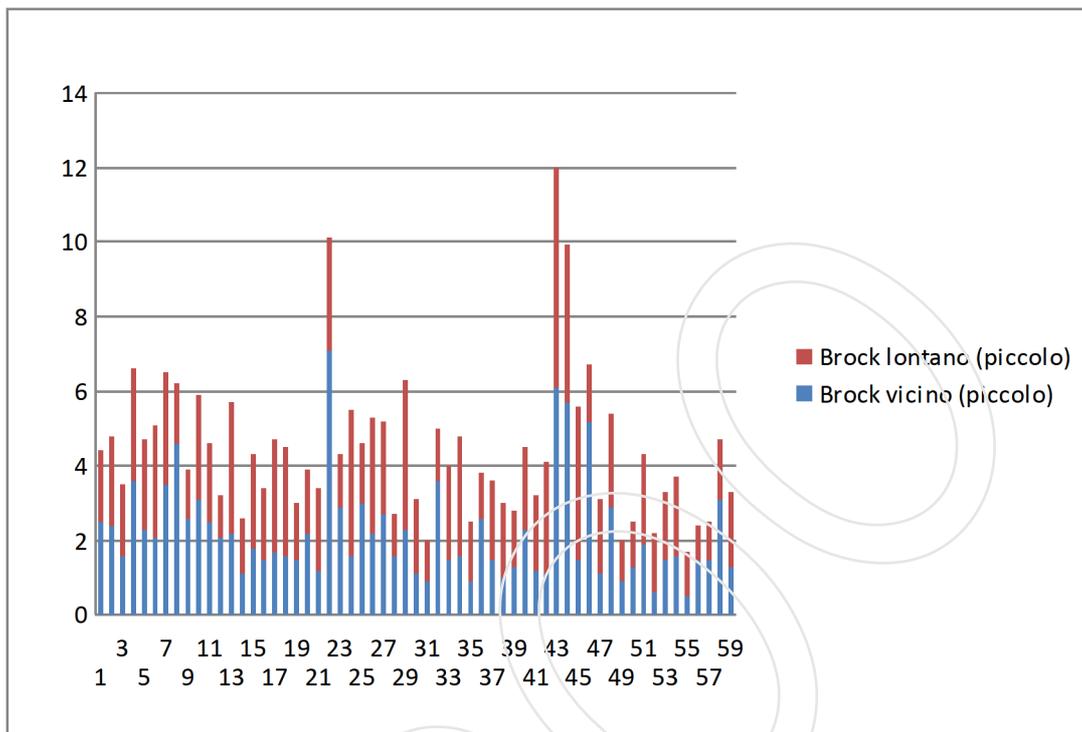


Figura 13.

I grafici 9 e 10 mostrano invece la reale distribuzione degli spazi. Viene messa in evidenza il fatto che con le mire grandi l'area assume un'ampiezza maggiore, fattore che conferma ciò che era stato dimostrato da Fender e Julsz nel loro studio (1967).

	SOMMA BROCK GRANDE	SOMMA BROCK PICCOLA
<i>MEDIA</i>	10,02372881	4,416949153
<i>MEDIANA</i>	9,4	4,3
<i>DEVIAZIONE STANDARD</i>	3,64248584	1,935614715

Tabella 2. È stata calcolata l'ampiezza totale dell'area di Panum. Risulta che con le mire più grandi, i soggetti riescano a sopportare maggiormente la disparità retinica che si crea, continuando a fondere le immagini in una sola, ed aumentando in questo modo la regione di spazio in cui poter muovere gli oggetti senza percepire la diplopia, e senza spostare lo sguardo da un riferimento fisso.

DISCUSSIONE

L'idea di questa sperimentazione è nata perché durante una visita in ambulatorio, abbiamo notato che il paziente in esame mostrava scarsa stereopsi, pur non presentando nessun segno di anomalia della visione binoculare o di errori refrattivi.

Abbiamo allora provato a mettere l'occhialino polarizzato al contrario, in modo che le immagini si presentassero in profondità, e la percezione dell'esaminato è notevolmente migliorata.

Abbiamo subito provato il test in entrambi i modi su più soggetti, così da valutare se questa differente percezione fosse riscontrabile su più persone. Il risultato è stato positivo, e abbiamo voluto cercare di capire a cosa fosse dovuta questa differenza. Dei 59 soggetti esaminati, 42 hanno mostrato una diversa percezione. Nel grafico in figura 1 sono inseriti tutti i soggetti che hanno evidenziato una differenza, nel grafico in Fig. 2 invece abbiamo considerato solo quei soggetti che al test della stereopsi locale mostravano una percezione maggiore di almeno due immagini, e chi passava da valori ritenuti normali a non. Per porre questo limite abbiamo fatto riferimento a studi precedenti, che hanno considerato normali i valori compresi fra 14" e 40" (Parks, 1971 – Romano e Romano, 1973 – Birnbaum, 1993). Il risultato finale, rappresentato nel grafico in Fig. 3, mostra quindi che 28 soggetti, corrispondenti al 47 %, hanno notato una differenza significativa nella percezione delle immagini; di questi, il 67% ha visto meglio gli stimoli in rilievo e il rimanente 33% in profondità.

La differenza non è stata considerata statisticamente significativa, ma ci sono ben 11 persone che passano da valori anomali, e quindi da sempre considerati con acuità stereoscopica scarsa, a valori perfettamente nella norma.

Particolare risulta essere il caso del soggetto 13 della Fig. 1, che oltre ad avere una stereopsi locale di 200" in rilievo e 50" in profondità, non è riuscito a percepire l'immagine presentata in rilievo al test della stereopsi globale.

Questo fattore trova conferma nel fatto che la stereopsi locale e globale sono meccanismi regolati da sistemi diversi, così come era stato dimostrato da Julesz (1971).

Sono andata a controllare se i due gruppi contenessero ognuno un numero maggiore di persone con la stessa disparità di fissazione, ma in verità sia il gruppo A che il gruppo B hanno la maggior parte di soggetti con exodisparità. C'è da considerare però che del gruppo totale di partenza, 31 persone sono risultate con exodisparità, a fronte di soli 8 soggetti con esodisparità. Questo dislivello influenza inevitabilmente l'analisi finale, e diventa difficile fare una valutazione statistica.

Siamo poi andati a controllare se ci fosse una correlazione tra la distribuzione degli spazi nell'area di Panum e la preferenza di stereopsi. L'aspettativa era trovare una preferenza nel rilievo per quei soggetti che mostrassero uno spazio maggiore prima del punto di fissazione, e una preferenza nella profondità per chi avesse una regione più ampia oltre il punto di fissazione. In verità il grafico in Fig. 6 non ha mostrato una relazione fra le due variabili.

L'analisi successiva è stata fatta in riferimento alla disparità di fissazione e all'area di Panum. Per questa valutazione ho preso i risultati scaturiti dalla prova con la corda di Brock a mire piccole; ci interessava che il soggetto notasse con la maggior accuratezza possibile il punto in cui compariva la diplopia, ed uno stimolo ridotto si prestava meglio a questa situazione. I grafici in Figg. 7-8 sembrano mostrare che i soggetti con exodisparità abbiano un'area più ampia oltre il punto di fissazione, mentre la maggior parte dei soggetti con esodisparità ha notato più tardi la diplopia nello spazio prima della mira di riferimento. Questo è in effetti il risultato che ci aspettavamo, ma di nuovo c'è da considerare la differenza numerica dei due campioni, per cui la precisione del calcolo percentuale è considerarsi relativa.

Avendo utilizzato due versioni della corda di Brock per il rilevamento dei dati, sono andata a mettere a confronto i risultati ottenuti con le due tipologie. La tabella 1 mostra le medie calcolate delle due misure: con le mire grandi risulta essere mediamente maggiore lo spazio prima del punto di fissazione, con le mire piccole invece risulta essere più grande la regione dopo. C'è quindi una differenza fra le misure effettuate fra i due strumenti.

L'utilizzo delle due versioni ci ha permesso di verificare lo studio effettuato da Fender e Julesz (1967) in cui hanno dimostrato che più aumentano i riferimenti stereoscopici di una mira osservata, e maggiore è la capacità del sistema visivo di mantenerla singola. La tabella 2 infatti mette in evidenza il fatto che con la corda di Brock a mire grandi, l'area di Panum appaia nettamente maggiore rispetto all'altra versione.

In ultimo luogo ho impostato dei grafici a colonna che mostrassero la distribuzione dell'area di Panum con le due corde. Con le immagini 10 e 11, gli spazi vengono rapportati ad una percentuale fissa; in questo modo risulta evidente che con le mire grandi l'area maggiore fosse oltre il punto centrale fissato (colonne blu), mentre con le mire più piccole diventasse maggiore la regione prima del punto di fissazione (colonne rosse). Nella Fig. 10, inoltre, sembra che la distribuzione degli spazi prima e dopo la mira centrale sia più regolare, distribuita mediamente intorno al 50%; in Fig. 11 invece i punti di passaggio fra le due regioni sembrano essere più frastagliati e divisi su diverse percentuali. Questo fatto può stare ad indicare che con le mire piccole (Fig. 11) i soggetti esaminati riuscissero a dare una valutazione più precisa circa il momento in cui compariva la diplopia, per cui le misure risultano più differenziate l'una dall'altra.

Le immagini 12 e 13 invece, sono la reale rappresentazione degli spazi dell'area di Panum, che ci consentono di vedere come gli spazi con le mire grandi risultino essere maggiori rispetto alle mire piccole.

CONCLUSIONI

Gli intenti che ci eravamo proposti con questa sperimentazione erano principalmente due: valutare se le persone potessero veramente notare una differenza nella percezione in rilievo e in profondità all'esame della stereopsi, e cercare di capire a cosa fosse dovuta questa differenza.

Non siamo riusciti a trovare un collegamento attraverso gli esami effettuati; c'è però da considerare che il campione utilizzato era troppo ristretto, in quanto dei 59 soggetti iniziali, 42 hanno notato una differenza; di questi, solo 28 hanno mostrato un netto miglioramento, ed eseguire delle analisi statistiche su un numero così esiguo di soggetti risulta difficile, ed i risultati ottenuti sono imprecisi. Inoltre il fatto di avere un così forte dislivello fra soggetti con esodisparità ed exodisparità, ha reso il tutto ancora più complicato. Ciò che è sicuro però, è che la differenza c'è, ed alcuni soggetti lo hanno dimostrato in modo netto e chiaro; non è quindi sufficiente eseguire l'esame come abitualmente facciamo, proponendo il test con gli elementi in rilievo, ma nel momento in cui il nostro paziente non mostra di avere un livello di visione stereoscopica normale, diventa importante valutare se in profondità la situazione cambi.

Questa sperimentazione non si deve fermare qui. Il progetto futuro è continuare ad esaminare quante più persone possibili, così da aumentare il campione da valutare per cercare di capire a cosa possa essere ricollegata questa differenza.

Bibliografia

Birnbaum MH. (1993) Optometric Management of Nearpoint Vision Disorder. Butterworth-Heinemann, Boston

Calossi A, Fossetti A, Rossetti A. et al., (2012) Ottica Visuale.

Fender D, Julesz B. (1967) Extension of Panum's fusional area in binocularity stabilized vision. *J Opt Soc A*, 57, 819-30.

Flom BC, Fried AN, Jampolsky A. (1957) Fixation Disparity in relation to heterophoria. *Am J Ophthalmol*, 43, 97-106.

Hofman FB, Bielschowsky A. (1900) Ueber die Willkur entzogenen fusionsbewegungen des augen. *Arch Physiol*, 80, 1.

Julesz B. (1960) Binocular depth perception of computer-generated patterns. *BellSystem Tech J*, 39, 1125.

Mallet RFJ. (1974) Fixation disparity – its genesis in relation to asthenopia. *Ophthalmic Optician*, 14, 1159 – 1168.

Parks M. (1971) Sensory adaptation in strabismus. In: Symposium on strabismus. The CV. Mosby Co, St. Louis.

Romano PE, Romano JA. (1973) Fusion: a new classification and methods for determining the level of sensory binocular cooperation. *Survey Ophthalmol*, 17, 458-68.

Schor CM. (1980) Fixation disparity: A steady state error of disparity-induced vergence. *Am J Optom Physiol Opt*, 57, 618-31.

Wesson MD, Konig R. (1983) A new Clinical Method for Direct Misurement of Fixation Disparity. *South J Optom*, 1, 48-52.