



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Università degli studi di Padova

Dipartimento di Fisica e Astronomia “Galileo Galilei”

Corso di Laurea in Ottica e Optometria

TESI DI LAUREA

**Il videogioco allena la visione: confronto
prima e dopo una sessione di gioco**

Relatore: Dott.ssa Dominga Ortolan

Correlatore: Dott. Luca Stanco

Laureando: Peroni Chiara

Anno accademico: 2015/2016

Indice

Abstract	5
Introduzione	7
I Visione e postura	9
I.1 L'attività prossimale	12
I.2 La visione binoculare	19
II Plasticità sinaptica.....	25
II.1 Plasticità sinaptica e visione	27
II.2 Videogioco e allenamento delle abilità visive	29
III Lo studio.....	33
III.1 Selezione soggetti.....	33
III.2 Protocollo d'esecuzione.....	33
III.3 Ambiente	34
III.4 Videogioco	35
III.5 Strumenti	35
III.6 Test utilizzati e modalità di somministrazione.....	36
III.7 Analisi statistica	42
IV Risultati	43
Discussione	59
Conclusione.....	65
Appendici	67
Bibliografia	71
Ringraziamenti.....	73

Abstract

SCOPO: Scopo di questo elaborato è valutare la possibilità di allenare le abilità visive tramite l'utilizzo di videogiochi.

METODO: È stata somministrata una batteria di test optometrici per misurare varie capacità visive, tra cui acuità, forie e movimenti oculari. Tutti i test sono stati eseguiti a distanza prossimale con l'ausilio di un tablet con *Visionapp*.

RISULTATI: I risultati ottenuti sottolineano come il punto di annebbiamento per l'ampiezza accomodativa, il valore di rottura per il punto prossimo di convergenza e gli inseguimenti orizzontali siano cambiati ottenendo dei benefici positivi a seguito della sessione di gioco.

COCLUSIONE: In conclusione può essere affermato che, tramite impiego di un videogioco statico come scacchi, vi sia una propedeuticità verso il beneficio di alcune abilità visive, mentre altre si mantengono stabili e costanti.

Introduzione

I videogiochi sono una realtà nuova, sviluppati grazie all'avvento combinato di tecnologia informatica e cinematografica in continua evoluzione. Oggigiorno la prospettiva è caratterizzata da *un'era dominata dal mondo virtuale, con la presenza di videogiochi utilizzabili per TV, cellulare, computer, tablet, playstation e internet; giochi che rappresentano l'intrattenimento maggiore per bambini, adolescenti e adulti.* (Tanoni, 2003)

Relativamente all'utilizzo dei videogiochi ci sono posizioni contraddittorie. Da un lato l'eccesso di tempo passato a giocare con i videogames rappresenta un pretesto di isolamento, estraneazione e possibile mancanza di empatia, oltre al rischio di un diretto contatto con aspetti violenti o eccessivamente stimolanti, soprattutto nel caso dei bambini, facilmente influenzabili se non attentamente monitorati. Ricerche evidenziano, invece, come un uso intelligente di questi strumenti possa apportare aspetti positivi riguardanti la visione.

La vista è il principale canale per poter captare informazioni del mondo che ci circonda. La nostra vita, leggere, scrivere, muoversi in modo indipendente, lavorare, socializzare, dipendono dalla visione, e, quindi dagli occhi.

Gli occhi sono complessi strumenti ottici che ci permettono, soprattutto nella loro attività coordinata, di vedere ciò che si dispiega attorno a noi, vastità di colori, forme e strutture.

Il giocare, attività divertente e interattiva, riveste un ruolo importante in ambito pedagogico poiché è lo strumento che determina lo sviluppo del

bambino, che gli permette di relazionarsi al mondo esterno, di sperimentare e di acquisire nuove conoscenze.

Il gioco è una parola cardine della didattica [...] è uno strumento formidabile per lo sviluppo dell'intelligenza e della socialità infantile (Dozza & Loiodice, 1994). Giocando il bambino si orienta verso l'utilizzo della creatività e verso il cambiamento, infatti interviene in modo attivo sugli elementi che lo circondano andando a modificarli oppure costruendo progetti ed esperienze nuove, *nuove situazioni da cui prendere il via per ulteriori scoperte, conquiste, cambiamenti* (Galli, 1982).

Attraverso il gioco il contenuto educativo si rivolge a finalità formative legate alle capacità del bambino di socializzare, di comunicare, permettendo la sua valorizzazione cognitiva.

Il giocare ai videogiochi potrebbe avere delle correlazioni a quanto appena detto, infatti, se ne viene fatto un uso positivo *produce su di noi effetti antropologici che [...] modificano in profondità il nostro modo di pensare e agire* (Formenti C. , 2010), rendendo ciò che è virtuale reale, e, influenzando l'educazione dei bambini e in particolar modo gli aspetti visivi.

Con i videogiochi utilizzati sul computer si ha a che fare con una visione prossimale, un'attività da vicino che potrebbe portare a un affaticamento visivo, soprattutto perché diventa un passatempo che si somma all'impegno visivo a distanza ravvicinata dello studio o lavoro.

I. Visione e postura

La postura è l'adattamento personalizzato di ogni individuo all'ambiente fisico, psichico ed emozionale, [...] è il modo con cui reagiamo alla forza di gravità e comunichiamo (Chetta, 2007).

Attualmente la postura è sempre più implicata in complicazioni muscolo-scheletriche, e non solo, anche nella visione riveste un ruolo importante. Il legame tra la visione e la postura scaturisce a seguito di un coinvolgimento del sistema vestibolare. Il sistema vestibolare si trova a ridosso dell'orecchio ed è importante poiché grazie alle sue funzioni sensoriali è in grado di permettere il riconoscimento del corpo nello spazio, l'orientamento della testa, del collo e il movimento del corpo stesso. Le informazioni provenienti da tale sistema giungono fino ai nuclei vestibolari in comunicazione con i muscoli dell'occhio, i posturali e cervicali. Collo, tronco e testa, quindi, sono connessi; *le strutture oculari rappresentano una specie di "analizzatore spaziale" [...] gli occhi rappresentano il meccanismo pilota per la testa e la testa è il meccanismo pilota per il corpo (Formenti M. , 2008-2009).*

Ai nuclei vestibolari, infatti, giungono direttamente le afferenze provenienti dagli occhi in modo da permettere una collaborazione, oltre che una comunicazione fra i due sistemi. Un'interazione tra il sistema vestibolare e oculomotore può essere meglio descritta dal riflesso vestibolo-oculare che permette il movimento della testa mantenendo però gli occhi fermi a fissare la mira selezionata.

Sono gli occhi che permettono all'encefalo di avere informazioni sull'ambiente esterno, in particolar modo la fovea, zona della retina nella quale si concentrano il maggior numero di recettori retinici. Essa è implicata nel permettere la stabilità posturale laterale, garantendo

movimenti a destra e a sinistra. Dai recettori visivi infatti si dipartono fibre nervose che prima di giungere alla corteccia si dirigono presso aree motorie.

Il mantenimento della postura è dunque un compito che riguarda varie zone neurologiche con un coinvolgimento anche dei recettori visivi. Oltre quindi alla corteccia possiamo assistere a una correlazione *delle funzioni vestibolari (labirinto), del cervelletto, della formazione reticolare, dei recettori visivi e, in minor misura, uditivi, degli esterocettori di tatto e pressione [..]* (Chetta, 2007).

Da tutto ciò scaturisce come un comportamento inadeguato a livello posturale vada a influenzare negativamente le abilità visive, soprattutto se si tratta di attività prossimale.

Una postura errata può comportare, per esempio l'avvicinamento del viso del soggetto al piano di lavoro, che porta a un avanzamento del tronco, che non poggia più dunque sulla sedia o sul sostegno in uso. Dall'avanzamento del tronco vengono determinate due conseguenze; una riduzione dello spazio a livello della gabbia toracica, in seguito allo scivolamento del diaframma verso l'alto, inducendo quindi un minor spazio per i polmoni che vengono raggiunti da una minore quantità d'aria e in netta correlazione un aumento della frequenza cardiaca. Una tensione muscolare coinvolge i muscoli oculomotori. Più specificatamente il tronco spostandosi determina un incurvamento a livello della schiena e un'assunzione di una postura non fisiologica. Per permettere a tale postura di essere mantenuta il nostro organismo mette in atto uno sforzo dato in questo caso dall'azione coordinata di più muscoli; fasci muscolari lombari vengono contratti. La loro tensione è trasmessa a livello dorsale, scapolare, cervicale, mandibolo-mascellare fino a raggiungere i muscoli oculomotori. Stress e tensione a livello di

tali muscoli hanno ripercussioni sulla visione, in particolar modo sulla binocularità, sui meccanismi di convergenza e accomodazione, sull'allineamento degli assi visivi, quindi presenze successive di eteroforie (strabismi latenti) o eterotropie (strabismi manifesti).

Anche altre problematiche visive, per esempio l'astigmatismo, possono essere legate ad aspetti tipicamente posturali: astigmatismo e inclinazione della testa durante l'attività da vicino, con il raggiungimento di diverse immagini a livello retinico, e il mantenimento del collo in una postura non fisiologica che portano a far insorgere comportamenti tensori di altri muscoli del corpo per far fronte a tale situazione.

Bisogna quindi sottolineare come visione e postura siano due facce della stessa medaglia, più precisamente *Come la visione, anche il controllo posturale costituisce una funzione appresa* (Carlino, 2014)

L'importanza di preservare una visione binoculare integra è dimostrata da molti studi, per migliorare l'efficienza dell'attività visiva, soprattutto a distanza prossimale, dove la sincinesia tra miosi e in particolare accomodazione e convergenza sono maggiormente interessate. Se l'intero sistema non è bilanciato la visione prossimale sarà pesante, difficoltosa oppure porterà a risultati inadeguati nonostante l'impegno utilizzato.

Pertanto un soggetto con visione binoculare fragile o assente potrà elaborare informazioni poco precise.

I.1 L'attività prossimale

L'attività prossimale è l'attività che viene svolta qualora si compia un lavoro a una distanza ravvicinata, in particolar modo un lavoro di tipo visivo a una distanza che convenzionalmente è considerata a 40 cm. Durante la visione da vicino intervengono la convergenza e l'accomodazione.

La convergenza è un movimento disgiunto degli occhi, poiché essi si muovono in direzioni diverse. Tali movimenti sono possibili grazie alla presenza dei muscoli estrinseci *retto superiore, retto inferiore, retto laterale, retto mediale, obliquo superiore o grande obliquo, obliquo inferiore o piccolo obliquo, elevatore della palpebra* (Bucci, 1999).

La capacità invece che ci permette di vedere nitido a diverse distanze è definita accomodazione e avviene a opera del cristallino. Il cristallino è infatti una lente, che ritroviamo a livello del segmento anteriore dell'occhio, in grado di modificare il suo potere diottrico per consentire la messa a fuoco sul piano retinico di oggetti posti a diverse distanze.

L'accomodazione si verifica grazie alla contrazione delle fibre del muscolo ciliare che comporta uno spostamento della regione ciliare in avanti (Bucci, 1999) e un conseguente rilasciamento della Zonula di Zinn.

La distanza cui i soggetti solitamente dovrebbero svolgere attività di letto-scrittura è definita come distanza di Harmon (DH). La DH prende il nome dal primo ricercatore, il pedagogista Darell Boyd Harmon, che l'ha spiegata e ha individuato una correlazione tra essa e la distanza minima alla quale bisognerebbe leggere o scrivere. La distanza di Harmon viene quantificata molto semplicemente misurando lo spazio tra il gomito e la prima falange del dito medio del soggetto esaminato.

Al fine di essere rispettata ed esplicitare i suoi benefici, necessita di considerare la fisiologia e la richiesta naturale dell'organismo, che a volte può essere supportata da ausili come il piano inclinato. In particolar modo quando ci viene chiesto di leggere del materiale istintivamente lo poniamo parallelamente al piano facciale con una posizione che rispecchia appunto il piano inclinato. Durante le attività prossimali tale inclinazione viene meno, in quanto molto spesso il materiale didattico è posto orizzontalmente. In questo modo però, il nostro organismo determina uno spostamento del capo in avanti, con un conseguente avanzamento del tronco, che non andrà più a poggiare sulla sedia, il tutto si esprimerà attraverso una rigidità muscolare dalle fasce lombari ai muscoli cervicali. A ciò verrà poi aggiunto l'affaticamento visivo per sovraccarico dei meccanismi di convergenza e accomodazione, con disfunzioni della stessa visione binoculare. Il soggetto manifesterà anche una difficoltà di lettura, una facilità a perdere il segno, dolore a lato e anteriormente alla testa, possibile presenza di visione doppia.

Uno sforzo prolungato da vicino impone l'utilizzo costante di accomodazione e convergenza. Per far fronte a questo sovraccarico di accomodazione, l'organismo mette in gioco il sistema nervoso simpatico (SNS) che rilasciando adrenalina determina un allontanamento dell'accomodazione con un effetto cicloplegico. A questo punto l'accomodazione si trova a distanza rispetto al piano di fissazione, mentre la convergenza è più vicina. Per il legame forte che connette questi due meccanismi, si assiste a un'attivazione del sistema nervoso parasimpatico (SNP), che, riporta l'accomodazione sul piano di fissazione, facendo scivolare però anche la convergenza in un punto più vicino; il soggetto si troverà in una condizione di esoforia. Per poter

riavere una visione singola e nitida entrano in gioco le vergenze, l'accomodazione viene nuovamente allontanata a seguito di divergenza. Questo procedimento descritto costituisce un circolo vizioso che porta all'accumulo di stress, causa di errori refrattivi, disfunzioni accomodative e binoculari.

Una corretta postura può portare a una prevenzione di tale condizione, in particolar modo grazie all'ausilio di un piano inclinato di 20°.

Secondo Harmon *"Se il soggetto può poggiare i gomiti su un piano orizzontale mentre sostiene del materiale di lettura, si potrà notare che gli avambracci descriveranno un'angolo di circa 20° rispetto al piano. Si potrà tracciare un ideale triangolo isoscele compreso tra il punto intermedio degli occhi, la nocca intermedia del dito medio e il gomito"* (Harmon, 1951).

In questa posizione il viso non risulta essere troppo vicino al piano di lavoro, permettendo quindi un equilibrio tra i meccanismi di convergenza e accomodativi, mantenendo una fisiologica posizione di simmetria dell'organismo.

Un'attività prossimale attenta, quindi a una distanza adeguata, offre anche la possibilità di godere di un campo visivo ampio, concetto che risulta essere molto importante ai fini optometrici, in grado quindi di evitare eventuali modifiche permanenti a livello oculare.

Il campo visivo corrisponde a un'area dello spazio in cui, a una data distanza di fissazione, è possibile percepire la forma, luminosità o colore senza muovere gli occhi o la testa (Leonardi, 2013-2014). Un campo visivo fisiologico si estende, nel caso di luce bianca, temporalmente di 100°, verso il basso di 75°, mentre in alto e nasalmente di 60°. L'estensione del campo visivo nasale può però variare a seconda delle dimensioni del naso del soggetto.

Durante l'attività prossimale, se si assiste a una posizione asimmetrica, la condizione di parallelismo, ossia il fatto che il viso e il piano di lavoro debbano essere paralleli, porta il soggetto ad avvicinare il capo con una conseguente condizione di chiusura dell'area visiva. In questa condizione gli occhi devono far fronte a una situazione di contrasto ridotto poiché ridotto è anche l'apporto di luce, infatti sul piano per lo svolgimento delle attività prossimali viene a formarsi una zona d'ombra. L'illuminazione è un fattore, quindi, assai importante, poiché senza un'adeguata condizione luminosa, che deve rispettare il più possibile la luce naturale, il soggetto tenderà a perdere il segno, non potendo utilizzare al meglio gli inseguimenti oculari a cui andrà ad unirsi l'apporto del movimento della testa. Una maggiore esposizione alla luce naturale, inoltre, fa in modo che la retina produca dopamina, un neurotrasmettitore di cruciale importanza nella buona recezione delle immagini al cervello e, un fattore importante per evitare la crescita dell'occhio, o meglio il suo allungamento assiale, peculiarità del vizio miopico.

Tuttavia questa non è l'unica problematica prerogativa a un campo visivo chiuso. Il fattore più importante è determinato da una stimolazione visiva troppo centrale, senza nessun apporto periferico, da una visione prettamente rivolta a una struttura bi-dimensionale e una staticità dei movimenti oculari. Il campo visivo chiuso, determina un isolamento dallo spazio, come se il soggetto non stesse percependo gli oggetti posti lateralmente; una non attivazione della visione periferica assieme agli altri fattori, quindi, non può andare ad apportare dei meccanismi di rilassamento e di beneficio, anzi, porta a concentrare convergenza e accomodazione determinando un accumulo di aspetti tensori. Tali aspetti se mantenuti nel tempo inducono a portare a una

modifica fisiologica e anatomica del bulbo oculare, tipica delle condizioni miopiche. Di fronte a ciò si potrebbe verificare a un allungamento dell'occhio, cambiamento che sarà poi permanente; questo perché, l'organismo messo davanti a una situazione stressoria si adatta. Dallo studio *Influence of Near Tasks on Posture in Myopic Chinese Schoolchildren* di Bao, Jinhua; Drobe, Björn; Wang, Yuwen Chen, Ke; Seow, Eu Jin; Lu Fan, è infatti confermata la relazione tra progressione miopica e lavoro a distanza prossimale; il rallentare dello svilupparsi di tale vizio refrattivo può essere dato da una postura corretta con adeguate impostazioni di scrivania e sedia.

In seguito a un campo visivo chiuso vengono messi in atto dei meccanismi che assieme a una postura scorretta fotografano la perfetta condizione stressoria dell'organismo; per esempio la sbagliata impugnatura della penna o l'asimmetria fra i movimenti oculari. Una presa scorretta dello strumento che ci permette di scrivere, non è da sottovalutare, poiché di certo non determina l'apporto di aspetti positivi a livello del sistema visivo. La mano, tenuta troppo vicino alla punta, può infatti andare a disturbare la visione, non permettendo l'allineamento occhio-punta; per far fronte a ciò il soggetto andrà a inclinare la testa, ma da questo suo comportamento ne scaturirà il raggiungimento di due immagini leggermente diverse a livello retinico. Questa postura, se assunta per del tempo, potrebbe determinare problemi di tipo visivo che possono giungere fino all'insorgenza di astigmatismo.

Oggi la vita odierna ha ridotto le possibilità di movimento determinando una crescita del lavoro a distanza ravvicinata, dato soprattutto dalla presenza di soggetti che durante l'attività lavorativa si ritrovano seduti costringendo il tronco e il collo a rotazioni forzate e a

un sovraccarico della curva lombare. Tale situazione porta a delle manifestazioni stressorie. Secondo A.M. Skeffington (OEP 1950) lo stress visivo è un “*Compito visivo, biologicamente inaccettabile, socialmente compulsivo, centrato al punto prossimo che provoca una reazione di allontanamento che diventa una guida a centrare più vicino nello spazio visivo*”. Lo stress si manifesta attraverso tre fasi: lo stadio percettivo, lo stadio neuro-muscolare e lo stadio strutturale. Il primo caso è caratterizzato da una situazione reversibile con piccole ripercussioni a livello visivo rappresentate per esempio da una ridotta velocità di lettura. Lo stress neuro-muscolare, invece, porta a deficit a livello visivo caratterizzati dall’insorgenza dei tipici sintomi da affaticamento, quali mal di testa, astenopia, bruciore agli occhi; convergenza e accomodazione non presentano più il loro tipico equilibrio, prerogativa di una buona visione. In questo caso però la condizione può essere ancora reversibile. Nel terzo stadio ci si trova di fronte a una vera e propria irreversibilità, dove si assiste a una modifica strutturale. Questi meccanismi vengono messi in atto dal nostro organismo per giungere a una condizione di migliore efficienza e maggiore stabilità.

Sempre sostenuto da Skeffington in correlazione a questi adattamenti dell’organismo, come risposta a situazioni stressorie, vi sono degli elementi chiamati anche **valori cuscinetto**, dei meccanismi difensivi dati dalla presenza di una leggera ipermetropia (fino a 0,75 dt) e una condizione exoforica (di circa 6 dtp per il vicino) che fanno fronte allo stress visivo.

Importante è anche notare come nell’ultimo periodo con l’apporto di strumenti tecnologici sempre più all’avanguardia, utilizzati molto spesso sia in ambito lavorativo che come passatempo, si assista a una

maggior interazione fra occhio e schermo con riscontri negativi, sondaggio *Sheedy 1992*. Gli schermi, infatti, presentano una maggior concentrazione di luce blu, il 30% in più rispetto a quella già presente in natura; tale condizione può portare a iperemia oculare, disturbi del sonno e del ritmo circadiano, affaticamento visivo, secchezza degli occhi, astenopia e mal di testa, oltre che a un ridotto contrasto a livello retinico. Anche al videoterminale la postura è determinante. Una postura corretta implica uno schermo orientabile con immagine stabile e caratteri grandi e con buona definizione, la tastiera deve consentire l'appoggio delle mani, non deve essere riflettente e i simboli devono presentare un contrasto sufficiente. La sedia deve consentire un completo appoggio del tronco. Le luci consigliate durante il lavoro al video terminale dovrebbero essere bianche, ma con tonalità calda. Va evitato poi il posizionamento dell'operatore con eventuale presenza di finestra alle spalle che causa riflessi fastidiosi sullo schermo.

Il nostro organismo e soprattutto il sistema visivo sono strutture biologiche che prediligono una condizione di risparmio dallo sforzo, che associata al mantenimento di un'attività prossimale a distanza adeguata e all'assunzione di una postura corretta co-partecipano all'integrità del sistema visivo garantendo una buona visione.

Nella quotidianità di chiunque il sistema visivo è fortemente sollecitato: ricorrenti cambi di posizione a diverse distanze richiedono cambi continui a carico di movimenti oculari, accomodazione e convergenza che attivano e si coordinano a tutte le altre abilità visive. La visione deve poter gestire adeguatamente queste richieste, ma un sistema fragile potrebbe non riuscirvi senza manifestare disturbi o strategie alternative.

I.2 La visione binoculare

La visione binoculare è il prodotto della collaborazione di entrambi gli occhi. L'immagine dell'oggetto fissato deve raggiungere contemporaneamente la fovea dei bulbi oculari.

*Quando gli occhi sono attivi nel formare un'unica percezione, detta anche ciclopica, si parla di **binocularità**.* (Rossetti & Pietro, Manuale di optometria e contattologia, 2003)

La visione binoculare non è presente sin dalla nascita, ma si sviluppa ai due anni di età e abbraccia poi un processo di raffinazione che si estende fino agli otto anni d'età; ciò perché implica in essa la presenza di una buona acuità visiva, una non marcata differenza di visione fra i due occhi, e, il completo sviluppo funzionale e anatomico delle strutture bulbari.

Nell'uomo si parla di direzione visiva ciclopica, poiché, le informazioni provenienti da entrambi gli occhi vengono rielaborate formando una percezione unica, paragonabile alla presenza di un terzo occhio posto sulla fronte, al centro dei due realmente esistenti.

Oggetti che cadono sulle aree retiniche corrispondenti costituiscono la formazione di un'unica immagine.

La stereopsi determina la visione in tre dimensioni, data dalla minima differenza di percezione dei due occhi che, viene definita disparità orizzontale. Queste minime differenze permettono al nostro cervello di elaborarle per fornire informazioni relative alla profondità e allo spazio. Andare a definire la qualità della visione stereoscopica nei soggetti risulta essere molto importante ai fini optometrici; la stereopsi infatti non si sviluppa da sé, ma è una capacità che si attiva successivamente,

in un certo senso si impara. Stereopsi viene anche definita iper-acuità, dove la capacità risulta essere migliore quando si ottiene una soglia di discriminazione a pochi secondi d'arco; dunque sarà molto più facile ed efficace una stereopsi a distanza prossimale rispetto che in profondità. Si distinguono due tipi di stereopsi, una locale e l'altra globale.

La stereopsi locale è data grazie all'utilizzo di test delimitati da margini, inoltre le immagini presenti sono completamente uguali se non spostate. Nel caso della stereopsi globale serve l'apporto di una maggiore raffinatezza, poiché non è più distinguibile l'apporto monoculare e non sono presenti delimitazioni o margini.

Quando è presente una piccola deviazione per cui la visione binoculare viene mantenuta con sforzo visivo e conseguente affaticamento, e, gli assi visivi mantengono la fissazione in due punti leggermente diversi, si è di fronte a un **eteroforia** (Stevens, 1906).

Se la deviazione è compensata si parla di foria, se manifesta di tropia. In particolar modo le eteroforie possono riguardare il piano orizzontale, come nel caso di esoforia (fissazione in un punto più vicino) ed exoforia (fissazione in un punto più lontano), o, il piano verticale, quindi iperforia occhio destro (iper OD), dove la fissazione dell'occhio destro è rivolta a un punto più alto rispetto all'occhio sinistro, e, iperforia dell'occhio sinistro (iper OS).

Nel caso in cui gli assi visivi risultassero allineati si parla invece di **ortoforia**.

Altri problemi legati alla visione binoculare sono perlopiù correlati ad aspetti quali accomodazione e convergenza.

Originariamente la classificazione delle anomalie accomodative è stata concepita da Donders e ampliata da Duke-Elder, in essa sono trattati: fatica accomodativa secondaria a errore refrattivo, difficoltà accomodative in relazione al rapporto AC/A, sclerosi del cristallino, insufficienza accomodativa, accomodazione fluttuante (ill-sustained), inerzia accomodativa, paralisi dell'accomodazione, spasmo accomodativo.

Qui sono analizzate solo in parte l'insufficienza accomodativa, l'eccesso accomodativo e l'inerzia accomodativa. Per quando riguarda la convergenza possono verificarsi, invece, casi di eccesso di convergenza, insufficienza di convergenza e pseudo insufficienza di convergenza, vi sono poi anche problemi legati alla divergenza, quindi eccesso di divergenza e insufficienza di divergenza.

In breve **l'insufficienza accomodativa** si caratterizza per una buona accettabilità di positivo; l'ampiezza accomodativa è inferiore alla norma. Il soggetto potrebbe presentare anche un ipermetropia non corretta o ipermetropia latente.

L'eccesso accomodativo, al contrario dell'insufficienza accomodativa, non accetta il positivo. Ci si trova di fronte a un soggetto non in grado di rilassare l'accomodazione, e, a un'eccessiva risposta accomodativa rispetto a quella che normalmente dovrebbe essere presente. Si interviene tramite attività rieducative come il visual training (VT).

Nell'inerzia accomodativa si assiste a una disfunzione accomodativa legata alla lentezza nel cambiare tra uno stimolo accomodativo e uno di rilassamento. Per questo soggetto risulteranno alquanto difficili test legati alla flessibilità accomodativa.

Le disfunzioni proprie della convergenza, in questo caso **l'eccesso di convergenza**, si caratterizza per la possibile presenza di ipermetropia.

Solitamente eccesso di convergenza e insufficienza accomodativa possono essere fra loro correlate. In questo caso la situazione è però risolvibile grazie all'utilizzo di positivo, data la buona accettabilità di quest'ultimo.

L'insufficienza di convergenza è una disfunzione legata all'incapacità di accettare il positivo, correlata ad un'elevata exoforia e a un punto prossimo di convergenza (PPC) anomalo. Anche in questo caso si procede tramite utilizzo del VT.

Ultima ma non meno importante è la **pseudo insufficienza di convergenza**. Essa è caratterizzata da sintomatologie simili all'insufficienza di convergenza, ma può essere distinguibile dal momento che si assiste ad una buona accettabilità di positivo.

Per quanto riguarda la divergenza, **l'eccesso di divergenza** è una problematica che riguarda la visione prettamente rivolta verso il lontano, non a caso la condizione di exoforia che si manifesta è più marcata nel lontano che nel vicino, il soggetto può lamentare stanchezza visiva, disattenzione, visione doppia; in particolar modo con un eccesso di divergenza si può assistere anche a una deviazione di uno dei due occhi verso l'esterno. Al contrario **nell'insufficienza di divergenza** si nota una marcata esoforia, sempre maggiore a distanza piuttosto che nel vicino. Associati a tale disfunzione binoculare possono verificarsi problemi di diplopia, mal di testa, stanchezza e difficoltà nel mettere a fuoco passando dal vicino al lontano.

In entrambi i casi legati a problemi di divergenza si può eseguire il VT.

I soggetti che presentano le disfunzioni sopra elencate o altre a esse correlate, come **sindrome visuo-posturale e disfunzione visuo-**

motoria, possono utilizzare una scorretta postura durante l'attività prossimale o per difficoltà a mantenere la concentrazione e una visione binoculare efficiente. Essi prediligono dunque varie pause, impiegano più tempo nello svolgere compiti a distanza ravvicinata, possono presentare malessere generale, tensioni e affaticamento visivo con conseguente bruciore agli occhi, mal di testa, lacrimazione, astenopia e difficoltà di lettura.

II. Plasticità sinaptica

La plasticità sinaptica è nota come la capacità del sistema nervoso di modificarsi per determinare delle connessioni sinaptiche più efficienti di quelle già presenti o di adattarsi a condizioni mutate. Tale capacità è massima nei bambini ed è presente anche in soggetti adulti, tuttavia in quest'ultimo caso dipende principalmente dall'esperienza e dalle condizioni ambientali.

Nel 1949 Donald Hebb sottolineò come la plasticità sinaptica avvenisse tramite stimolazione simultanea di due neuroni e, portasse alla formazione di connessioni nuove, o connessioni vecchie ma rafforzate, fra i due neuroni. Queste connessioni sinaptiche avrebbero poi determinato un maggior rilascio di neurotrasmettitore, dunque una migliore efficienza comunicativa, si parla di **facilità sinaptica**.

Al fine di avere un vero e proprio potenziamento delle connessioni sinaptiche è opportuno che la stimolazione scarichi in maniera simultanea e regolare presso i due neuroni, altrimenti viene a verificarsi l'effetto opposto, ossia un depotenziamento o addirittura un'eliminazione delle connessioni.

Cambiamenti a livello sinaptico possono interessare periodi di alcuni millisecondi fino a periodi che abbracciano veri e propri mesi. *I meccanismi molecolari che sono alla base di queste risposte plastiche consistono in modificazioni post-traduzionali di proteine già presenti e, nel caso di effetti a lungo termine, in modificazioni dell'espressione genica.* (Purves, et al., 2004)

La plasticità sinaptica può avere effetti a breve termine, come opportunamente accade con la facilità sinaptica. In questo caso si assiste a un maggior rilascio di neurotrasmettitore, dovuto a un'eccessiva

presenza di calcio nelle terminazioni sinaptiche (Ca^{2+}). Quando giunge una stimolazione ad alta frequenza si nota un'accentuazione dell'accumulo di Ca^{2+} e un rafforzamento sinaptico chiamato potenziamento post-tetanico. Può anche avvenire l'effetto opposto e quindi una **depressione sinaptica** a causa di un'intensa attività sinaptica che, determina un esaurimento delle vescicole sinaptiche.

Nel caso di effetti a lungo termine è utile una stimolazione ad alta frequenza, ma di breve durata. In questi casi si parla di **potenziamento a lungo termine (LTP)** o viceversa di **depressione a lungo termine (LTD)**. Durante la stimolazione sinaptica a bassa frequenza viene rilasciato glutammato che si lega ai suoi recettori, gli NMDA. Tali recettori normalmente e in condizioni di riposo risultano essere bloccati dal magnesio (Mg^{2+}), posto all'interno del canale recettoriale, che impedisce il passaggio di Ca^{2+} . L'eccitazione del neurone post-sinaptico aumenta la variazione di membrana, o tramite depolarizzazione o tramite stimolazione ad alta frequenza; gli NMDA in questo caso e con il glutammato legato a essi, si liberano dal magnesio, il Ca^{2+} può entrare dai recettori. Una volta entrato, il Ca^{2+} determina l'attivazione della proteina chinasi Ca^{2+} /calmodulina-dipendente e della proteina chinasi C. I bersagli di queste proteine non sono ancora conosciuti, tuttavia si pensa che questi meccanismi determinino un aumento del numero dei recettori sulle sinapsi potenziate.

Per quanto riguarda la LTD, essa avviene se si è in presenza di una stimolazione a bassa frequenza. Ciò non permette al recettore NMDA di aprirsi. In questo caso si attiva però un processo di fosfatasi.

LTP, invece, si caratterizza per alcune proprietà:

1. La sua manifestazione dipende dalla depolarizzazione della cellula post-sinaptica che determina una liberazione di neurotrasmettitore;
2. La specificità: interessa soltanto le sinapsi attivate e non può essere estesa ad altre sinapsi presenti nella cellula;
3. Il potenziamento avviene soltanto con neuroni che presentano una connessione sinaptica e che rispondono in maniera sincrona.

Si pensa inoltre che tale processo sia alla base dell'apprendimento e della memoria.

Ma come è influenzata la visione dalla plasticità sinaptica?

IV.1 Plasticità sinaptica e visione

La plasticità sinaptica interviene nella visione grazie all'apporto fornito dall'apprendimento percettivo. La visione è una delle abilità in grado di subire delle variazioni, può quindi essere plasmata e raffinata anche in età adulta se vengono utilizzati opportuni esercizi mirati e in modo ripetitivo. È stata appunto quest'ultima scoperta a portare avanti ricerche in questo campo, che hanno determinato l'evolversi di principi utilizzati nel visual training (VT), ossia l'allenamento delle abilità visive come movimenti oculari, accomodazione, convergenza, visualizzazione, sensibilità al contrasto e stereopsi. Il visual training è quel ramo dell'optometria che, permette a abilità visive carenti di essere migliorate. Esso si basa sull'apprendimento percettivo per portare al raggiungimento di effetti positivi riguardanti la visione. L'apprendimento percettivo poggia le sue radici, invece, sulla capacità

del cervello di modificarsi e di far fronte a tali cambiamenti andando ad agire sulla conformazione delle connessioni neurali.

L'apprendimento percettivo è la tecnica riabilitativa in grado di modulare sia le proprietà di risposta dei singoli neuroni che la capacità dei neuroni visivi di connettersi in reti neuronali (Casco, Vecchies, & Testa, Ottobre 2011).

Tale processo richiede l'esperienza attiva da parte del soggetto, e, va ad agire sulla plasticità sinaptica del cervello portando una modifica a lungo termine. La fase di apprendimento consiste di numerose sessioni, ognuna composta da diverse prove.

Le opportunità che vengono quindi messe in luce dall'apprendimento percettivo sono state il fulcro delle ricerche condotte sull'utilità dei videogiochi nella visione. Recenti studi, in particolar modo quello condotto dalla neuropsicologa Daphne Bavelier hanno sottolineato come i videogiochi d'azione possano avere effetti positivi a livello visivo, effetti a lungo termine che permangono anche durante la cessazione dell'attività ludica.

I principali cambiamenti riscontrati sono soprattutto a carico di meccanismi legati all'attenzione, quindi a livello della corteccia parietale, sede che controlla l'orientamento e l'attenzione. Anche il lobo frontale, sede che ci permette di delineare come manteniamo viva l'attenzione, e il cingolo anteriore, che regola l'attenzione e il risolvimento dei conflitti, sono stati coinvolti. (Bavelier, Your brains on action games).

II.2 Videogioco e allenamento delle abilità visive

Con l'apprendimento percettivo è possibile l'allenamento delle abilità visive, in particolar modo numerosi studi toccano vari aspetti legati a questa tematica.

In *“Action video games play facilitates the development of better perceptual templates”* di V. R. Bejjanki, et al., condotto dal Department of Brain and Cognitive Sciences and center for Visual Science, dell'University of Rochester, si sottolinea come, a seguito di recenti progressi nel campo dell'apprendimento percettivo, si sia cercato, attraverso la correlazione di psicofisica ed elementi neuronali, di dimostrare l'utilità dei videogiochi d'azione. Dopo un impegno con gli shooter-game, infatti, i soggetti presi in considerazione dimostrano livelli percettivi migliori per il compito e lo stimolo preposti. Questi aspetti riguardano sia l'attenzione che la visione. In particolar modo per la visione venivano rinforzate abilità come la sensibilità al contrasto, l'affollamento, il mascheramento, la visione periferica, mentre per l'attenzione si notava una migliore concentrazione sulla rilevazione delle modifiche, una velocità maggiore nella detenzione degli stimoli, fino a correlazioni con il multitasking.

The Effect of Video Game training on the vision of adults with bilateral deprivation of amblyopia” di S. T. Jeon, D. Maurer, T. L. Lewis; descrive, invece, come anche nel caso di ambliopia, più precisamente in età adulta, siano possibili dei miglioramenti a seguito di un training con i videogiochi d'azione. I soggetti considerati nello studio presentavano ambliopia scaturita dalla presenza di cataratta congenita. Per le sessioni di gioco sono state spese 40 ore di allenamento,

distribuite in un periodo di un mese. I risultati finali hanno portato a determinare il miglioramento, in alcuni soggetti, per entrambi gli occhi su varie abilità visive, quindi acuità, sensibilità al contrasto, movimenti globali. Per altri soggetti, invece, vi è stato un apporto positivo sulla visione di singole lettere, sull'affollamento, sull'acuità visuo-spaziale e sull'attenzione visiva. Il tutto ha confermato ancora una volta come gli soprattutto siano strumenti di allenamento visivo.

La sensibilità al contrasto è uno dei fattori principali che influenza la nostra visione e il dimostrare come essa possa essere stimolata in un percorso complementare all'utilizzo di shooter-game è lo scopo fissato in "*Enhancing the contrast sensitivity function through action video game training*" di R. Li, U. Polat, W. Makous, D. Bavelier.

Dagli studi della Bavelier emerge, inoltre, come persone che non giocano a videogames abbiano capacità visive normali, mentre soggetti che giocano spesso a videogiochi presentino delle abilità visive migliori, che riguardano principalmente alcuni aspetti; come la sensibilità al contrasto, la coordinazione occhio-mano, l'attenzione visuo-spaziale, e la motilità oculare.

Questi miglioramenti possono essere importanti perché interessano abilità che possono fare la differenza nelle attività quotidiane. Infatti, la sensibilità al contrasto è l'elemento che ci permette di distinguere oggetti e forme dallo sfondo. Nella vita reale non siamo mai posti di fronte a una situazione di massimo contrasto, ciò vuol dire che solitamente le forme che distinguiamo non sono per forza nere su sfondo bianco o viceversa. L'utilizzo di test optometrici che valutano la sensibilità al contrasto ci permette di identificare la capacità dei soggetti di distinguere delle mire in una situazione di contrasto ridotto. La

sensibilità al contrasto diviene una funzione importante ad esempio quando si guida ed è presente la nebbia. Il fatto, quindi, di avere una maggiore percezione degli ostacoli che potrebbero insorgere risulterebbe essere determinante.

La motilità oculare descrive, invece, i movimenti oculari che avvengono a opera dei muscoli estrinseci. Gli occhi sono in grado di ruotare in diverse posizioni. Essa, dunque, è importante ai fini della visione binoculare, poiché i muscoli permettono il direzionarsi degli assi visivi e quindi la collocazione dell'immagine in punti retinici corrispondenti.

Anche l'attenzione visuo-spaziale è determinante, poiché grazie al suo apporto è possibile ricercare oggetti in contesti affollati, compiere dunque una ricerca visiva in una situazione dove appaiono elementi distrattori.

La coordinazione occhio-mano è invece il meccanismo alla base delle attività quotidiane, che ci permette di realizzare svariate azioni grazie alla guida degli occhi e alla precisione del rapporto tra sistema oculare e sistema motorio.

Durante una sessione di gioco tramite shooter-game il soggetto è portato a seguire il bersaglio determinando un maggiore movimento oculare rispetto alle condizioni normali, oltre che a una maggiore concentrazione e capacità nel trovare il target, anche in condizioni nella quale il contrasto risulta essere ridotto, e, infine una maggiore precisione e una migliore coordinazione occhio-mano per poter sia porre l'attenzione sul gioco che sui comandi da utilizzare. Le capacità visive giungono dunque a una situazione limite che comporta un conseguente cambiamento a livello neuronale, e, quindi un adattamento

alle condizioni che vengono imposte dal gioco stesso. Perché il potenziamento delle abilità visive dovrebbe avvenire soltanto tramite utilizzo di videogiochi d'azione, quindi dinamici?

Nello studio condotto dalla Bavelier sono stati presi in considerazione ben 22 soggetti, divisi poi in due gruppi di 11 soggetti ciascuno. A un gruppo è stato assegnato il compito di giocare per un totale di 50 ore a un videogioco sparattutto, distribuito in 9 settimane; all'altro gruppo, invece, è stato chiesto di giocare a un videogame statico, sempre per la stessa quantità di tempo. Nel primo caso è stato selezionato *Call of Duty*, nel secondo caso *The Sims 2*. Ebbene da tale studio è emerso appunto che i soggetti che avevano giocato al videogame d'azione avevano ottenuto un miglioramento del 43% e che tali effetti si sono mantenuti per un periodo di 5 mesi.

Si potrebbe pensare di sfruttare le caratteristiche di videogiochi per allenare specifiche abilità visive per ottenere effetti mirati sulla visione.

III. Lo studio

Lo studio qui condotto si è preposto di andare a valutare l'allenamento delle abilità visive tramite l'utilizzo di videogiochi similmente ad altre ricerche condotte in precedenza. In particolar modo si sottolinea come gli shooter game determinino apporti positivi a livello visivo se confrontati con giochi statici.

III.1 Selezione soggetti

Per questo studio sono stati reclutati a random, tra amici e compagni di corso, alcuni soggetti all'interno dell'ambito Universitario, data appunto la locazione nella quale si svolgevano i test.

Essi si sono dimostrati molto partecipativi, collaborativi, disponibili e interessati allo studio in corso, inoltre i tempi delle sessioni di gioco sono stati da loro rispettati.

III.2 Protocollo d'esecuzione

Lo studio condotto ha seguito un protocollo in modo da ridurre al minimo tutte le possibili variabili che avrebbero potuto interferire con le misurazioni andando a falsare i risultati, per esempio l'utilizzo di luoghi diversi, diverse condizioni di luminosità, diverse rilevazioni di distanze.

Un protocollo è una formalizzazione d'azioni, in particolar modo l'esecuzione dei test ha seguito sempre lo stesso ordine, gli operatori infatti utilizzavano la playlist creata sul tablet compilando anche l'apposita scheda di esecuzione (appendice B). Dapprima è stato somministrato il questionario anamnestico (appendice A), poi gli altri

test secondo l'ordine: DI, DH, DL, dominanza oculare, acuità visiva prossimale, AA, PPC, flessibilità accomodativa, forie di Owell, stereopsi, sensibilità al contrasto e inseguimenti con DEM test.

Per tutti i test sono state rispettate le opportune distanze di esecuzione. Gli incontri sono avvenuti sempre nello stesso luogo e alla stessa ora delle volte precedenti, in modo da non avere a che fare con condizioni fisiologiche oculari differenti.

L'illuminazione è stata mantenuta a valori tra 200 – 250 lux in ogni seduta di controllo.

Le postazioni sono sempre state le stesse, caratterizzate dalla presenza di una sedia di 45 cm e un tavolo di 78 cm di altezza.

Per la realizzazione di tutti i test gli operatori hanno utilizzato gli stessi strumenti.

I soggetti reclutati non avevano patologie oculari.

III.3 Ambiente

Il luogo designato è stata l'aula A del corso di laurea in Ottica e Optometria, presso l'Università di Padova, in Via Ognissanti, 69.

Durante lo svolgimento dei test l'illuminazione è stata data dalle luci a neon bianche, tutte accese con un valore compreso tra 200 e 250 lux; la finestra dietro al soggetto chiusa, in modo da evitare riflessi fastidiosi sullo schermo del tablet con *Visionapp*, evitando anche variazioni luminose date dalla luce solare.

I soggetti, a turno, sono stati fatti sedere su una sedia di 45cm posta di fronte a un tavolo spazioso alto 78 cm; qui venivano realizzati la maggior parte dei test.

L'aula utilizzata poteva vantare infatti la presenza di due postazioni con tavolo e sedia delle stesse dimensioni e stesso strumento per la misurazione. Nella prima sono stati eseguiti tutti i test tranne la stereopsi; nella seconda postazione la stereopsi con test autostereoscopico molto sensibile. Lo strumento veniva collocato su un apposito sostegno in una postazione affianco alla principale, in modo così da evitare sia movimenti del tablet stesso durante l'esecuzione del test da parte del soggetto, sia la presenza fastidiosa di riflessi fuorvianti per il conseguimento dei risultati.

III.4 Videogioco

Lo studio ha avuto una durata di una settimana, le misurazioni sono state prese due volte, all'inizio e alla fine, negli stessi momenti della giornata, rispettando quindi gli orari delle volte precedenti.

Durante la settimana ai soggetti è stato chiesto di giocare a scacchi, in particolar modo a *Simple Chess* sulla piattaforma *Steam*. L'unica indicazione data riguardava la durata della sessione di gioco che doveva essere pari a 30-40 minuti giornalieri. Durante il primo incontro gli operatori hanno spiegato il tipo di gioco da utilizzare, facendo provare il videogame ai soggetti, in modo da evitare così eventuali fraintendimenti.

III.5 Strumenti

Per la realizzazione di tutti i test è stato utilizzato un tablet con *Visionapp*.

Visionapp è un'apposita applicazione utilizzata per la valutazione delle abilità visive binoculari, per eseguire screening su bambini, controllo di

occhiali multifocali e bilanciamento per il vicino, ecc., in modo completo. Lo strumento è dotato di TFT display autostereoscopico, da 10,1 pollici, 1920 x 1200 (224 ppi).

Altri strumenti a integrazione di alcuni test sono stati un flipper $\pm 2.00dt$, un prisma di 6Dp, un occlusore e un metro da 105 cm.

III.6 Test utilizzati e modalità di somministrazione

La batteria di test optometrici effettuati comprendeva: questionario anamnestico, distanza interpupillare (DI), distanza di Harmon (DH), distanza di lettura (DL), dominanza oculare, acuità visiva prossimale (AV), ampiezza accomodativa (AA), punto prossimo di convergenza (PPC), flessibilità accomodativa con flipper $\pm 2,00dt$, forie di Owell, stereopsi, sensibilità al contrasto, motilità oculare con DEM test.

QUESTIONARIO ANAMNESTICO

Il questionario anamnestico (appendice A) è stato somministrato ai soggetti alla prima seduta di controllo.

La prima parte è incentrata nel raccogliere informazioni generali sul soggetto, il tipo di passatempo preferito, il tempo dedicato all'attività prossimale; la seconda parte, invece, pone l'attenzione su eventuali problemi durante il lavoro da vicino, per concludere con la terza parte più legata alla raccolta di notizie sulla salute oculare del soggetto, della famiglia e l'eventuale assunzione di farmaci che potrebbero alterare o influenzare le capacità visive.

Nel questionario sono presenti 17 domande. La compilazione è avvenuta in presenza degli esaminatori, in modo da poter far fronte a eventuali dubbi da parte dei soggetti.

DISTANZA INTERPUPILLARE

La distanza interpupillare o DI è la distanza che intercorre tra i centri pupillari che, più precisamente coinciderebbero con i centri di rotazione degli occhi. Essa è espressa in millimetri.

Per l'esecuzione del test è stato utilizzato l'apposito righello millimetrato. L'esaminatore si è posto di fronte al soggetto esaminato invitandolo ad osservare unicamente il suo occhio aperto. Lo strumento è stato quindi allineato con lo zero a livello del bordo pupillare e in seguito è stata eseguita la misurazione. Per esaminare l'occhio destro (OD) del soggetto l'operatore ha mantenuto l'occhio sinistro (OS) aperto e viceversa.

DISTANZA DI HARMON

Per distanza di Harmon o DH, si intende la distanza che intercorre tra il gomito e la prima falange del dito medio. Tale distanza rispecchia il valore ideale alla quale bisognerebbe svolgere attività quali lettura o scrittura, al fine di mantenere un equilibrio fra le capacità visive e non indurre dei meccanismi stressori a livello scheletrico-posturale.

Per ottenere una misurazione più precisa, durante il test, ai soggetti è stato chiesto di poggiare il gomito sul tavolo. In seguito gli operatori hanno potuto compiere le misurazioni tramite utilizzo di un metro.

DISTANZA DI LETTURA

La distanza di lettura, identificata anche con la sigla DL, rispecchia la distanza alla quale il soggetto esaminato è solito compiere attività di letto-scrittura.

In questo studio la distanza di lettura è stata misurata chiedendo al soggetto di leggere, tenendo fra le sue mani il test, in modo da determinare il manifestarsi della posizione da esso solitamente utilizzata.

DOMINANZA OCULARE

Come nella maggior parte degli organi doppi del nostro corpo prediligiamo l'utilizzo di una struttura piuttosto che un'altra, anche per gli occhi si assiste a un meccanismo simile. L'occhio dominante è l'occhio che dirige tutte le relazioni spaziali.

Per determinare la dominanza oculare è stato utilizzato un apposito cartoncino con un foro al centro di circa 2cm di diametro. Il soggetto è stato fatto dapprima accomodare, in seguito gli è stato chiesto di puntare una mira a distanza con entrambi gli occhi aperti. Per tenere il cartoncino sono state utilizzate entrambe le mani tese. L'esaminatore si impegnava poi, grazie all'ausilio dell'apposito strumento, ad occludere alternativamente gli occhi. Nel mentre in cui l'occhio era chiuso al soggetto è stato chiesto se la mira si spostava o meno. L'occhio con la quale viene mantenuto l'allineamento è l'occhio definito dominante.

ACUITA' VISIVA PROSSIMALE

Tramite l'utilizzo di questo test è possibile valutare la condizione visiva da vicino.

Il test dell'acuità visiva prossimale è stato somministrato tramite ausilio del tablet con *Visionapp*. Il tablet è stato posto a 40 cm, mentre ai soggetti veniva chiesto di leggere le lettere presenti sullo schermo, dapprima con l'occhio destro (OD), poi con l'occhio sinistro (OS) e in seguito con entrambi gli occhi (OO) aperti. È stata utilizzata come mira l'ottotipo ridotto di Snellen.

AMPIEZZA ACCOMODATIVA

Il test dell'ampiezza accomodativa, AA, viene eseguito monocularmente. Nella ricerca all'esaminato è stato chiesto di avvicinare il tablet giungendo ad annebbiamento della mira, tornando poi indietro fino a recupero della visione nitida. Nel frattempo la distanza era misurata prontamente dagli esaminatori. I valori raccolti sono stati, quindi due: il punto d'annebbiamento dell'immagine e il punto di recupero costituito dalla visualizzazione della mira nitida.

La mira utilizzata per lo svolgimento del test è stata una linea orizzontale corrispondente a 10/10.

PUNTO PROSSIMO DI CONVERGENZA

Il test del punto prossimo di convergenza, o PPC, permette di individuare il punto più vicino in cui gli occhi riescono a convergere.

Per lo studio il PPC è stato misurato binocularmente tramite avvicinamento del tablet fino a visione doppia e in seguito allontanamento del tablet per riottenere un'immagine nitida e singola.

Le misurazioni sono state prese dagli operatori; in particolar modo i dati

raccolti sono stati due: il punto di rottura della visione singola e il punto di recupero, cioè il ritorno alla presenza di un'unica immagine nitida. Per l'esecuzione del test si è usufruito di una mira costituita da una riga verticale corrispondente ai 10/10.

FLESSIBILITA' ACCOMODATIVA

L'esecuzione di tale test valuta l'elasticità accomodativa.

Per la somministrazione è stato opportuno l'ausilio di un flipper ± 2.00 dt. E' stato utilizzato come mira l'ottotipo per lettura di Snellen, sempre dal tablet, in particolar modo concentrando l'attenzione sul testo 0,62M. Il flipper veniva posto davanti agli occhi del soggetto dall'operatore, alternando le lenti positive e negative ogni qualvolta il soggetto affermasse di vedere nitido. Lo svolgimento del test ha una durata di 60 secondi.

FORIE DI OWELL

Attraverso questo test optometrico è possibile valutare l'eventuale presenza di eteroforie e determinarne la loro quantificazione.

Il test è stato eseguito sempre a distanza prossimale con l'ausilio dell'apposito tablet. A ciò è stato associato l'impiego di un prisma di 6 Dp che, posto di fronte all'occhio destro, nel nostro caso, permetteva al soggetto di vedere due mire. Per la quantificazione e il tipo di eteroforia è stato chiesto al soggetto di dire dove puntava la freccetta presente nella mira.

STEREOPSI

Tale test valuta la qualità e la presenza di visione stereoscopica.

Nello studio è stata esaminata sia la stereopsi locale che globale tramite l'ausilio del tablet con *Visionapp* posto su un apposito sostegno.

Il test è interattivo, il soggetto è stato invitato a toccare il display touch per rispondere.

SENSIBILITA' AL CONTRASTO

Il test della sensibilità al contrasto permette di quantificare la capacità del sistema visivo di discernere differenze di luminosità in aree adiacenti. In questa ricerca la somministrazione è avvenuta tramite esecuzione del test sul tablet. In particolar modo lo strumento offriva l'opportunità di valutare la sensibilità al contrasto principalmente a quattro frequenze spaziali: 1,5 - 3 - 6 - 12 cicli/ grado.

La luminosità massima raggiungibile era pari allo 0,5% (Michelson).

Lo strumento associava alle misurazioni anche una scala logaritmica correlata.

INSEGUIMENTI DEM TEST

Gli inseguimenti sono capacità prettamente legate alla motilità oculare.

La loro valutazione è avvenuta tramite somministrazione del Dem test (appendice C). Al soggetto è stato chiesto di leggere una serie di numeri, dapprima in verticale e successivamente in orizzontale. Gli esaminatori nel frattempo misuravano il tempo e determinavano l'eventuale presenza di errori.

Il test valuta gli inseguimenti sia orizzontalmente che verticalmente.

III.7 Analisi statistica

A seguito dei dati raccolti è stata condotta un'analisi statistica tramite inserimento dei valori nel foglio di calcolo Excel.

Sono stati individuati i principali indici statistici su tutti i valori per ogni test, quindi media, scarto quadratico medio, errore associato, Z-test sulla media, indice di correlazione, Z-test sugli indici di correlazione e relative probabilità. In seguito sono poi stati elaborati i grafici.

IV. Risultati

I risultati ottenuti dall'analisi dei dati sono i seguenti:

Soggetti

I soggetti che hanno preso parte allo studio sono stati 17; 10 femmine e 7 maschi.

La media di età è di $22,76 \pm 0,51$ anni

Questionario anamnestico

Dal questionario anamnestico si sono ottenuti i seguenti risultati riportanti nel Grafico in figura 1.

In particolar modo sull'asse delle X compaiono le varie domande presenti nel questionario, lungo l'asse delle Y i valori delle risposte. La scala utilizzata per le risposte abbraccia dei valori da 1 a 5, dove 1 indica il valore minimo (per niente) e 5 il valore massimo (moltissimo).

Per costruire il grafico sono state utilizzate le medie, le barre descrivono dunque il comportamento medio della popolazione studiata.

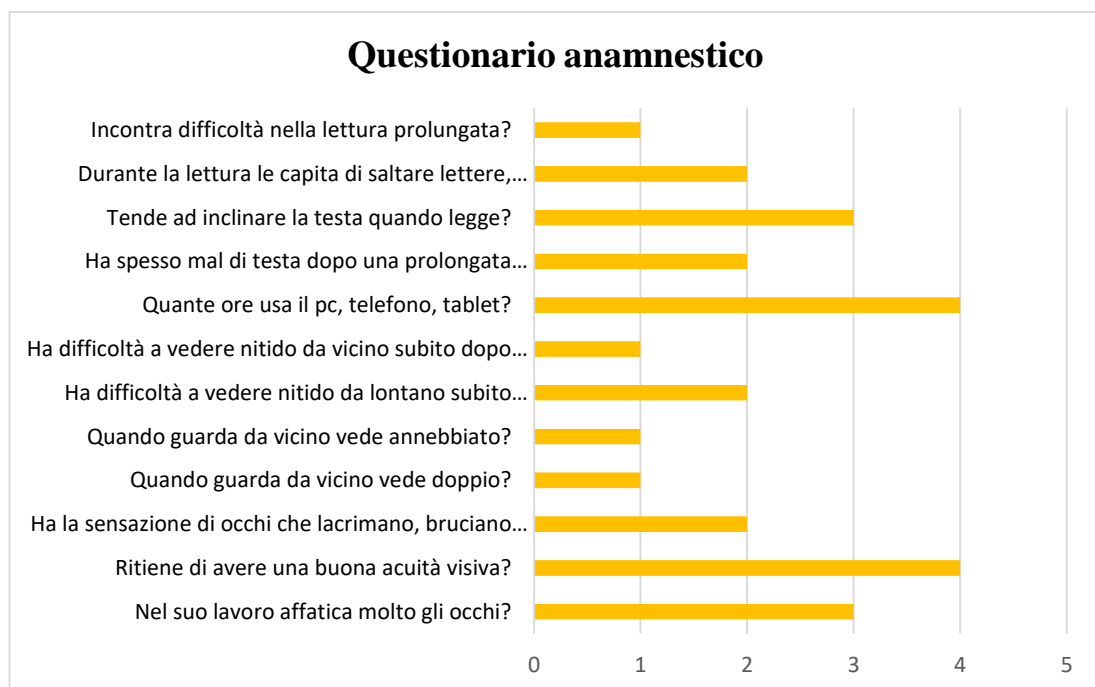


Figura 1: grafico a barre. Descrizione dell'andamento delle risposte nel questionario di anamnesi.

Condizione refrattiva

Data la presenza di soggetti con diverse condizioni refrattive è stata condotta un'analisi sulla distribuzione di emmetropia e ametropie, come si nota dal Grafico in figura 2.

I valori di eventuali correzioni ametropiche sono stati ricavati dalla correzione in uso del soggetto.

11 soggetti, il 58,82%, sono risultati emmetropi; 6 soggetti, il 35,29%, miopi; nessun soggetto ipermetrope.

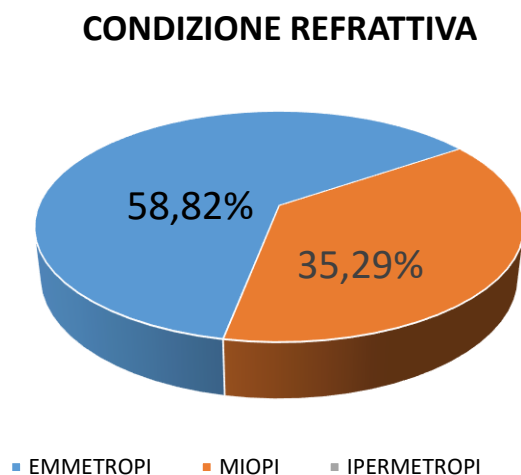


Figura 2: distribuzione condizione refrattiva

Acuità visiva prossimale

I dati sono stati raccolti in tre grafici.

Il grafico in figura 3 rappresenta l'acuità visiva prossimale nell'OD al primo incontro e al secondo incontro, quindi dopo la sessione di gioco. Sulle ascisse ritroviamo i soggetti, sulle ordinate l'acuità visiva espressa in decimi.

Le due barre al di sopra di ogni numero corrispondono ai dati presi nei due incontri.

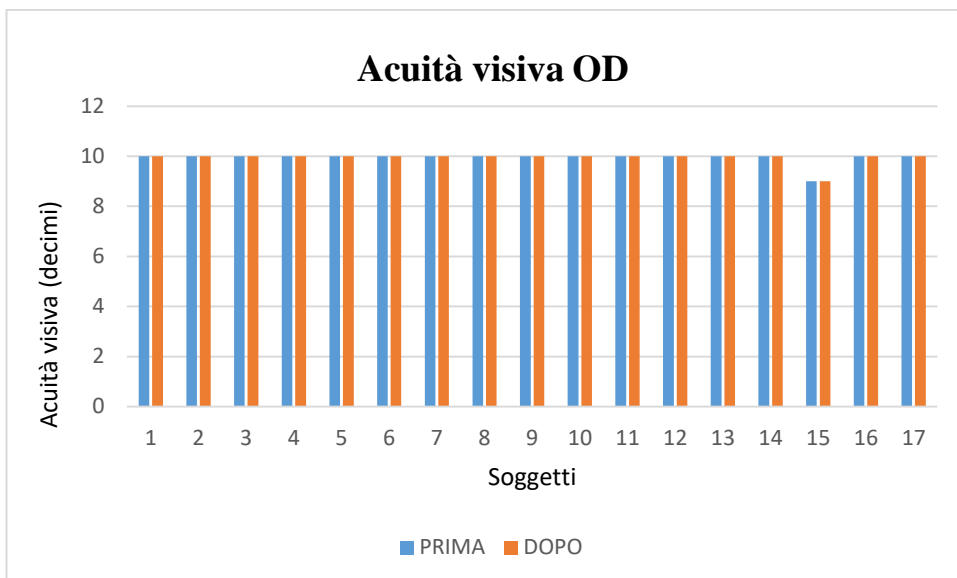


Figura 3: istogramma acuità visiva prossimale dell'occhio destro (OD), prima e dopo la sessione di gioco.

Il grafico (figura 4) descrive, invece, l'acuità visiva prossimale nell'OS prima e dopo la sessione di gioco. Anche qui sull'asse delle X ritroviamo i soggetti, sull'asse delle Y l'acuità visiva espressa in decimi.

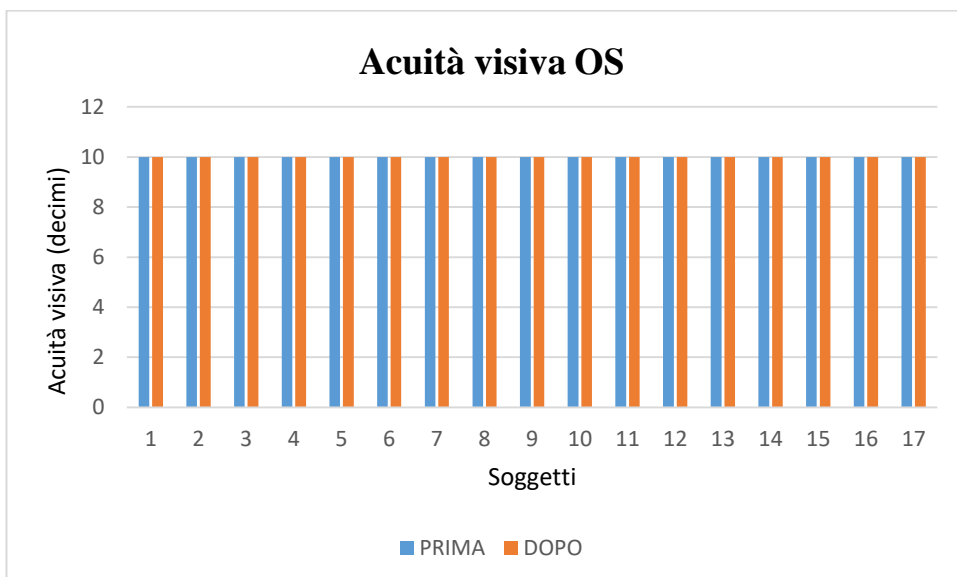


Figura 4: istogramma acuità visiva prossimale dell'occhio sinistro (OS), prima e dopo la sessione di gioco.

Nel grafico in figura 5 è descritta l'acuità visiva prossimale misurata con entrambi gli occhi aperti. In particolare sull'asse delle X sono rappresentati i soggetti, sull'asse delle Y l'acuità visiva prossimale espressa in decimi.

Per ogni numero corrispondente a un soggetto sono rappresentate due barre; una rappresenta i dati ottenuti al primo incontro, l'altra al secondo incontro.

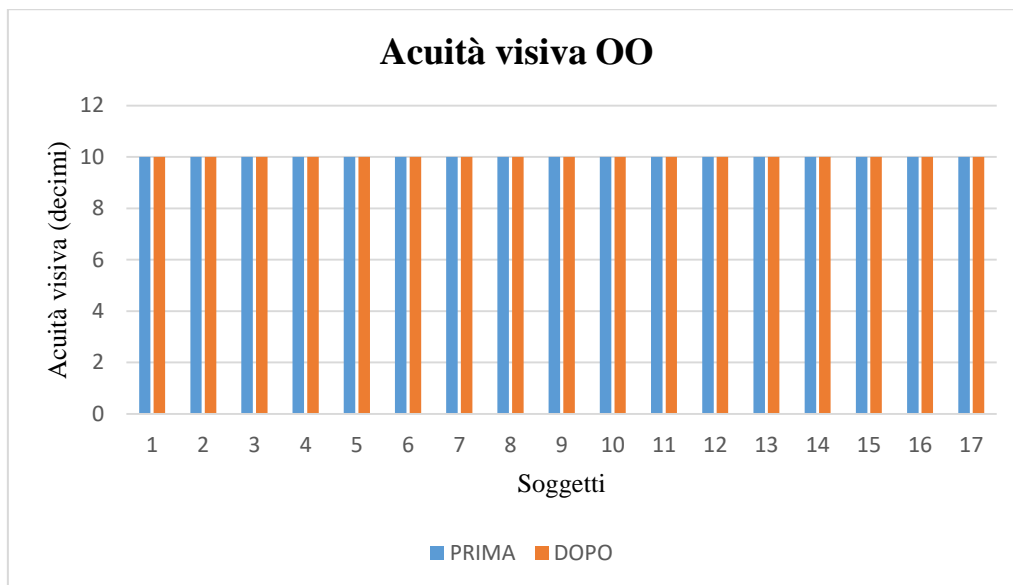


Figura 5: istogramma acuità visiva prossimale per entrambi gli occhi (OO), prima e dopo la sessione di gioco

Punti di annebbiamento

Dal grafico in figura 6 viene fotografata la condizione dell'annebbiamento rilevato tramite il test dell'ampiezza accomodativa.

Ogni punto corrisponde a un soggetto. Le misurazioni sono 34 poiché occhio destro(OD) e occhio sinistro(OS), considerati durante il test separatamente, ai fini dell'analisi statistica sono stati presi in considerazione assieme. Sulle ascisse sono rappresentati i valori del primo incontro; sulle ordinate la differenza (Δa) tra il primo (a_1) e il secondo (a_2) incontro, $\Delta a = \Delta a_2 - \Delta a_1$.

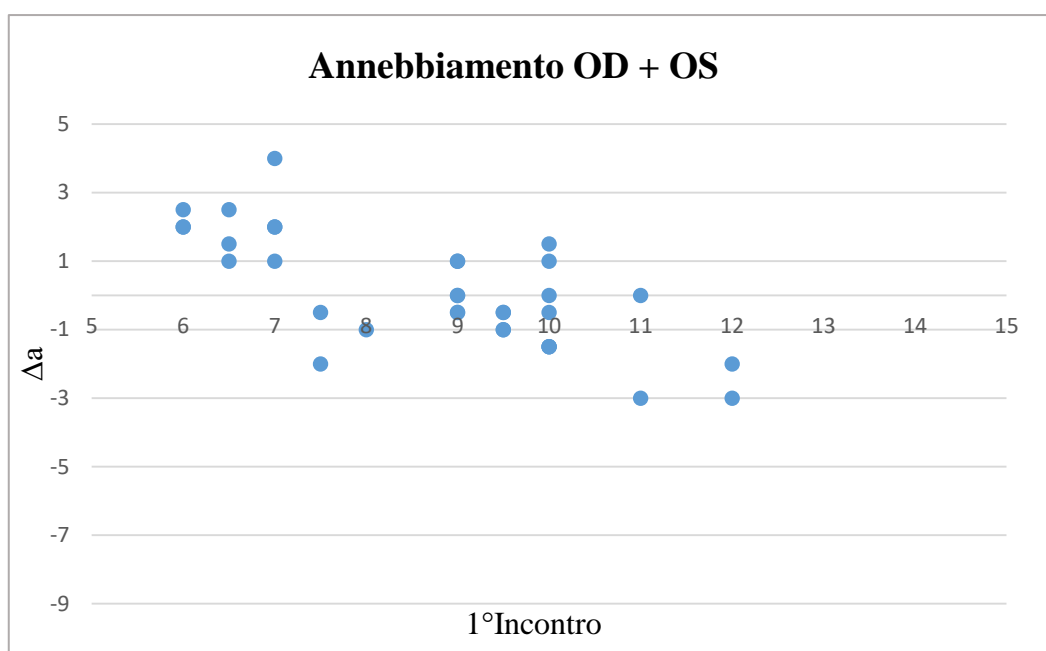


Figura 6: grafico a dispersione per annebbiamento di OD e OS, ottenuti tramite il test dell'AA.

Sono stati poi ottenuti i seguenti valori:

Tabella I con relativi valori di media, r e Z test.

Media Δa	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	0,13 cm
Errore media	$\frac{sqm}{\sqrt{N}}$	0,28 cm
Correlazione "r"	$\frac{\sum_{i=1}^N x_i y_i - \frac{\sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i}{N}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N x_i)^2}{N}} \sqrt{\sum_{i=1}^N y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N y_i)^2}{N}}}$	0,73

Errore su "r" $\sqrt{\frac{(1-r^2)}{(N-2)}}$	0,12
Z test sulla media $\frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}}$	0,47
Z test su "r" $\frac{r}{\sqrt{\sigma^2}}$	-6,04
Probabilità Z test media	63,8%

Punti di recupero

Il grafico in figura 7 analizza il punto di recupero, valore scaturito sempre dal test dell'ampiezza accomodativa.

Ogni punto rappresenta un soggetto. Le misurazioni sono 34 poiché occhio destro(OD) e occhio sinistro(OS), considerati durante il test separatamente, ai fini dell'analisi statistica sono stati presi in considerazione assieme.

Nell'asse X sono rappresentati i dati raccolti dal primo incontro; nell'asse Y invece la differenza tra i punti di recupero del secondo incontro (r_2) e primo incontro (r_1), $\Delta r = r_2 - r_1$.

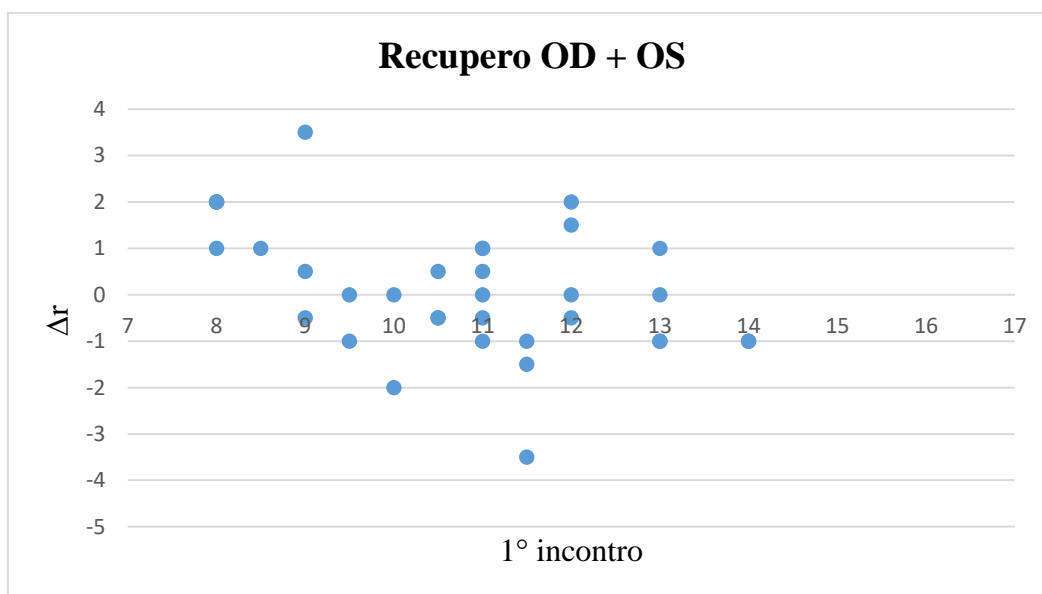


Figura 7: grafico a dispersione rappresentante i punti di recupero dati dal test dell'AA.

Seguono i dati in tabella:

Tabella II con relativi valori di media, r e Z test.

Media Δa	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	0,09 cm
Errore media	$\frac{sqm}{\sqrt{N}}$	0,24 cm
Correlazione "r"	$\frac{\sum_{i=1}^N X_i Y_i - \frac{\sum_{i=1}^N X_i \sum_{i=1}^N Y_i}{N}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N X_i)^2}{N}} \sqrt{\sum_{i=1}^N Y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N Y_i)^2}{N}}}$	-0,43
Errore su "r"	$\sqrt{\frac{(1-r^2)}{(N-2)}}$	0,16
Z test sulla media	$\frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}}$	0,37
Z test su "r"	$\frac{r}{\sqrt{\sigma^2}}$	-2,74
Probabilità Z test media		71%
Probabilità Z test correlazione		0,65%

PPC Rottura

Il seguente grafico rappresenta il punto di rottura nel test del punto prossimo di convergenza (PPC).

A ogni puntino corrisponde un soggetto. In questo caso le misurazioni prese sono 17, poiché nel test i dati relativi ai due occhi non vengono presi separatamente.

Lungo le ascisse abbiamo sempre la rappresentazione dei dati relativi al primo incontro, nelle ordinate la differenza (Δ_{ppc}) fra i due incontri, in particolar modo: $\Delta_{ppc} = \Delta_{ppc2} - \Delta_{ppc1}$.

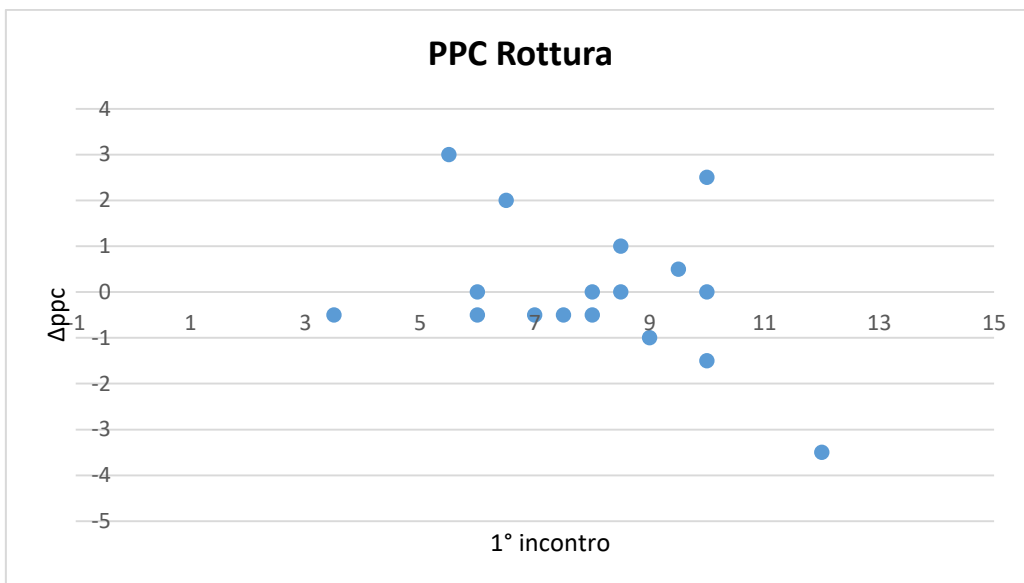


Figura 8: grafico a dispersione che descrive il posizionamento dei dati relativi al punto di rottura nel test del PPC.

In tabella invece:

Tabella III con relativi valori di media, r e Z test.

Media Δa	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	0,03cm
Errore media	$\frac{sqm}{\sqrt{N}}$	0,01 cm
Correlazione "r"	$\frac{\sum_{i=1}^N X_i Y_i - \frac{\sum_{i=1}^N X_i \sum_{i=1}^N Y_i}{N}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N X_i)^2}{N}} \sqrt{\sum_{i=1}^N Y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N Y_i)^2}{N}}}$	-0,36
Errore su "r"	$\sqrt{\frac{(1-r^2)}{(N-2)}}$	0,24
Z test sulla media	$\frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}}$	4,12
Z test su "r"	$\frac{r}{\sqrt{\sigma^2}}$	-1,48
Probabilità Z test media		0,006%
Probabilità Z test correlazione		13,88%

PPC Recupero

I punti di recupero relativi al test del PPC sono raccolti nel seguente grafico a dispersione.

Ogni soggetto è rappresentato da un punto. Anche in questo caso i dati raccolti sono 17.

I valori relativi al primo incontro sono disposti lungo l'asse X, la differenza (Δ_{ppr}) tra i dati del secondo incontro (ppr_2) e i dati del primo incontro (ppr_1) li ritroviamo sull'asse Y.

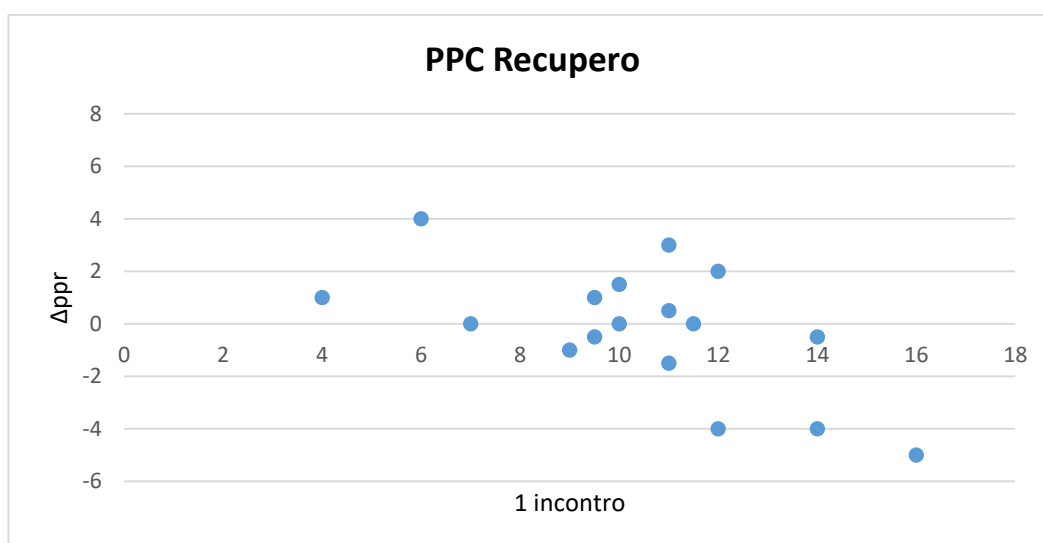


Figura 9: rappresentazione di punti di recupero relativi al test del PPC, in un grafico a dispersione.

In tabella:

Tabella IV con relativi valori di media, r e Z test.

Media Δa	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	-0,21cm
Errore media	$\frac{sqm}{\sqrt{N}}$	0,59cm
Correlazione "r"	$\frac{\sum_{i=1}^N x_i y_i - \frac{\sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i}{N}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N x_i)^2}{N}} \sqrt{\sum_{i=1}^N y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N y_i)^2}{N}}}$	-0,61
Errore su "r"	$\sqrt{\frac{(1-r^2)}{(N-2)}}$	0,20
Z test sulla media	$\frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}}$	-0,35

Z test su "r" $\frac{r}{\sqrt{\sigma^2}}$	-2,97
Probabilità Z test media	72,6%
Probabilità Z test correlazione	0,30%

Flessibilità accomodativa

I dati raccolti dal test della flessibilità accomodativa, quindi con l'ausilio di un flipper $\pm 2.00dt$, sono stati rappresentati in un grafico a dispersione.

Ogni puntino rappresenta un soggetto e le misurazioni sono 17 poiché si tratta di un test svolto in binoculare.

Anche in questo caso i dati del primo incontro sono riportati sulle ascisse, mentre la differenza (Δf) tra i dati del secondo incontro (f_2) e del primo (f_1) è disposta lungo le ordinate. La relazione descritta quindi sull'asse delle Y è data da $\Delta f = \Delta f_2 - \Delta f_1$.

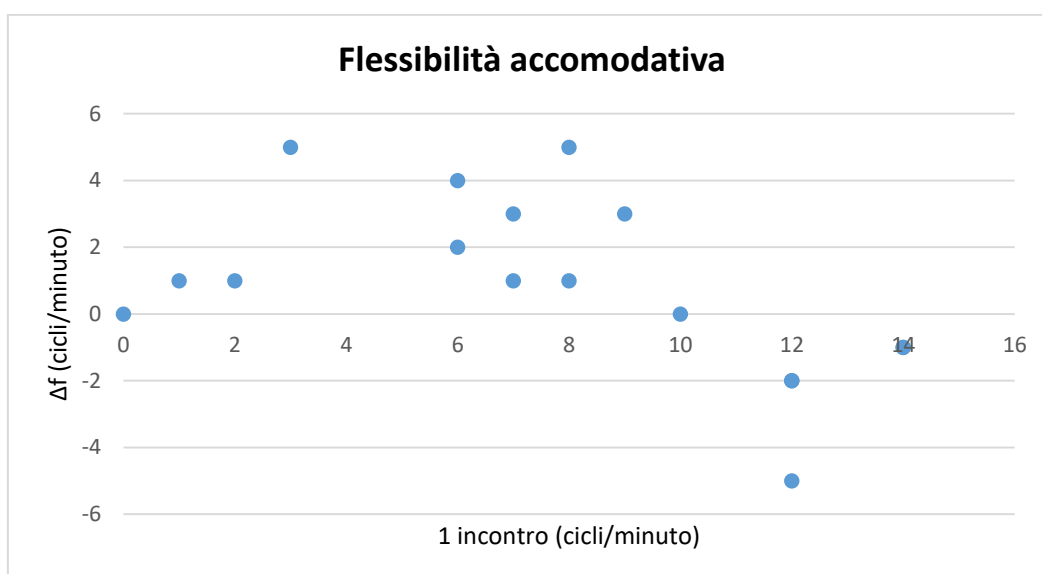


Figura 10: grafico a dispersione che descrive il numero di cicli al minuto realizzati tramite utilizzo del flipper $\pm 2,00dt$.

Dalla tabella:

Tabella V con relativi valori di media, r e Z test.

Media Δa	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	0,88
Errore media	$\frac{sqm}{\sqrt{N}}$	0,65
Correlazione "r"	$\frac{\sum_{i=1}^N x_i y_i - \frac{\sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i}{N}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N x_i)^2}{N}} \sqrt{\sum_{i=1}^N y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N y_i)^2}{N}}}$	-0,51
Errore su "r"	$\sqrt{\frac{(1-r^2)}{(N-2)}}$	0,22
Z test sulla media	$\frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}}$	1,36
Z test su "r"	$\frac{r}{\sqrt{\sigma^2}}$	-2,27
Probabilità Z test media		17,4%
Probabilità Z test correlazione		2,32%

Forie

Nel grafico (figura 11) sono riportati i valori relativi al test delle forie.

Come nei precedenti casi le misurazioni sono 17.

Sul grafico a dispersione lungo le ascisse ritroviamo i dati del primo incontro, mentre a livello delle ordinate sono disposti i dati ottenuti dalla differenza (Δfr) tra secondo incontro (fr_2) e primo incontro (fr_1), in particolar modo l'asse Y è meglio descritto da: $\Delta fr = \Delta fr_2 - \Delta fr_1$.

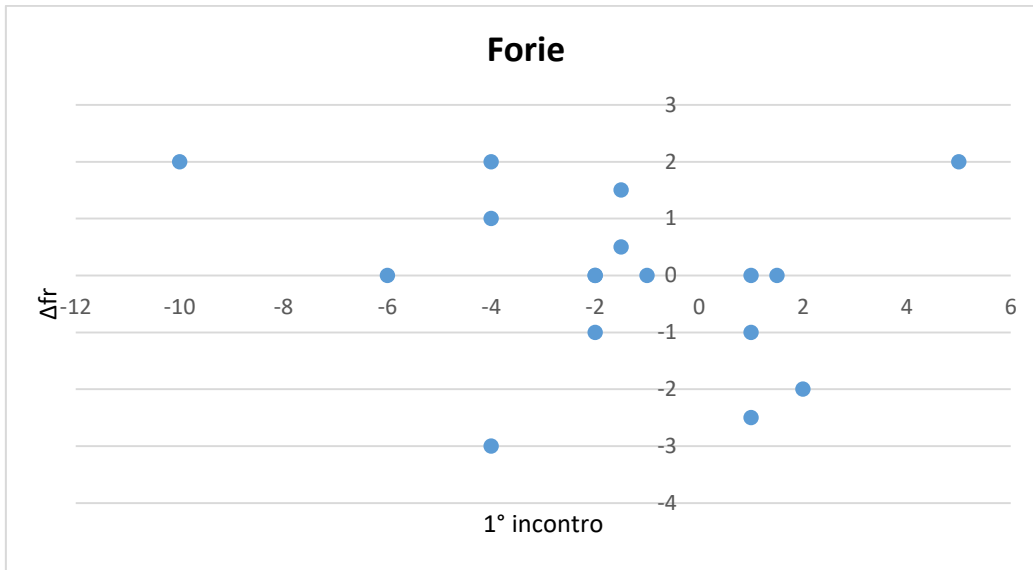


Figura 11: grafico a dispersione, descrizione condizione eteroforica. In particolare i valori negativi rappresentano l'exoforia, i valori positivi l'esoforia.

I dati ottenuti sono stati inseriti nella seguente tabella:

Tabella VI con relativi valori di media, r e Z test.

Media Δa	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	-0,03
Errore media	$\frac{sqm}{\sqrt{N}}$	0,09
Correlazione "r"	$\frac{\sum_{i=1}^N x_i y_i - \frac{\sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i}{N}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N x_i)^2}{N}} \sqrt{\sum_{i=1}^N y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N y_i)^2}{N}}}$	-0,23
Errore su "r"	$\sqrt{\frac{(1-r^2)}{(N-2)}}$	0,25
Z test sulla media	$\frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}}$	-0,33
Z test su "r"	$\frac{r}{\sqrt{\sigma^2}}$	-0,91
Probabilità Z test media		74%
Probabilità Z test correlazione		36,28%

Inseguimenti verticali

I valori degli inseguimenti verticali sono stati riportati in tale grafico.

Le misurazioni sono 17; ad ogni punto nel grafico a dispersione corrisponde un soggetto.

Collocati sull'asse X sono presenti i dati del primo incontro; sull'asse Y i dati ottenuti dalla differenza (Δ_v) tra secondo e primo incontro, segue la relazione $\Delta_v = \Delta_{v1} - \Delta_{v2}$.

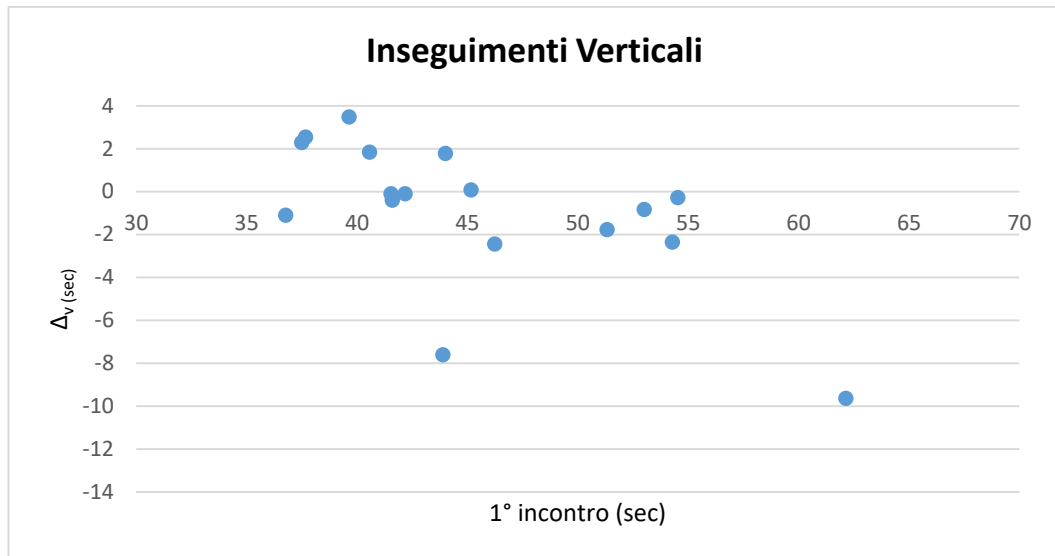


Figura 12: rappresentazione valori degli inseguimenti verticali, dati ottenuti tramite somministrazione DEM test.

Nella tabella i valori ottenuti:

Tabella VII con relativi valori di media, r e Z test.

Media Δa	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	-0,85 sec
Errore media	$\frac{sqm}{\sqrt{N}}$	0,83 sec
Correlazione "r"	$\frac{\sum_{i=1}^N X_i Y_i - \frac{\sum_{i=1}^N X_i \sum_{i=1}^N Y_i}{N}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N X_i)^2}{N}} \sqrt{\sum_{i=1}^N Y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N Y_i)^2}{N}}}$	-0,63
Errore su "r"	$\sqrt{\frac{(1-r^2)}{(N-2)}}$	0,20
Z test sulla media	$\frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}}$	-1,03
Z test su "r"	$\frac{r}{\sqrt{\sigma^2}}$	-3,18
Probabilità Z test media		30%
Probabilità Z test correlazione		0,15%

Osservando il grafico in figura 12 si può notare come i puntini, che rappresentano i soggetti, siano concentrati per valori lungo l'asse X tra 35 e 55, eccezione fatta per un caso collocato alle coordinate (62,15; -9,63). Questo soggetto è stato quindi escluso, come si vede dal Grafico (figura 13)

Grafico (figura13), le misurazioni sono 16, ad ogni puntino corrisponde un soggetto. Sulle ascisse ritroviamo la disposizione dei dati del primo incontro, sulle ordinate la differenza tra primo (Δ_{v1}) e secondo (Δ_{v2}) incontro. Vale la relazione $\Delta_v = \Delta_{v1} - \Delta_{v2}$.

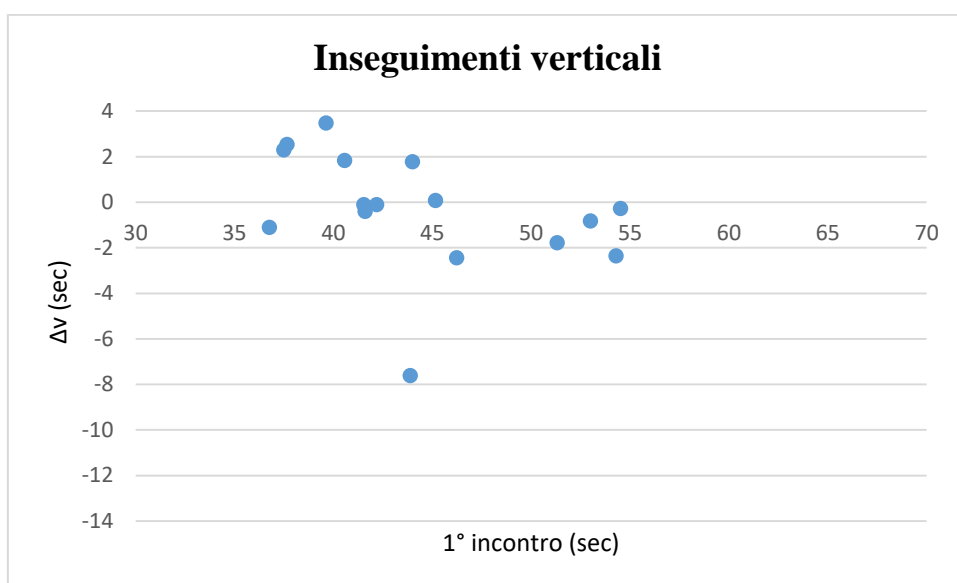


Figura 13: rappresentazione inseguimenti su un grafico a dispersione, le misurazioni sono 16 a seguito dell'esclusione di un soggetto.

In tabella sono riportati i seguenti dati:

Tabella VIII con relativi valori di media, r e Z test

Media Δa	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	-0,31
Errore media	$\frac{sqm}{\sqrt{N}}$	0,66
Correlazione "r"	$\frac{\sum_{i=1}^N x_i y_i - \frac{\sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i}{N}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N x_i)^2}{N}} \sqrt{\sum_{i=1}^N y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N y_i)^2}{N}}}$	-0,40
Errore su "r"	$\sqrt{\frac{(1-r^2)}{(N-2)}}$	0,25

Z test sulla media	$\frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}}$	-0,47
Z test su “r”	$\frac{r}{\sqrt{\sigma^2}}$	-1,61
Probabilità Z test media		63,83%
Probabilità Z test correlazione		10,74%

Inseguimenti orizzontali

Con il DEM test che permetteva la raccolta dei dati riguardanti i movimenti oculari, sono stati raccolti 17 dati, rappresentati poi in questo grafico a dispersione.

Dal grafico in figura 14 possiamo dunque vedere la disposizione delle misurazioni durante il primo incontro lungo l’asse delle X. Nelle ordinate è invece presente la differenza (Δ_o) delle misurazioni raccolte nel secondo incontro (v_2) e nel primo incontro (v_1). Vale anche in questo caso la relazione $\Delta_o = \Delta_{o2} - \Delta_{o1}$

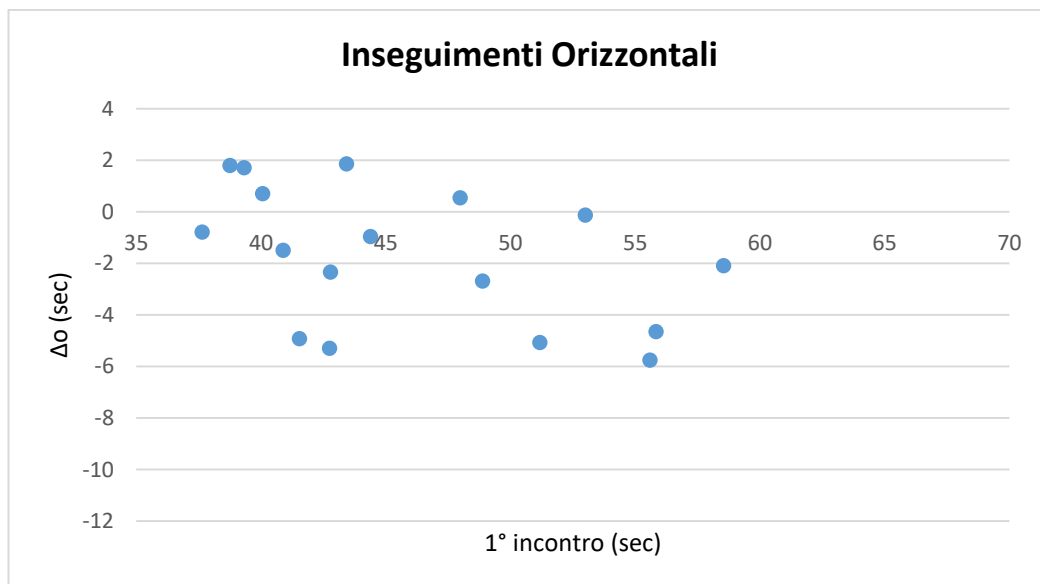


Figura 14: Grafico a dispersione. Rappresentazione inseguimenti orizzontali. Per ricavare i dati è stato utilizzato il DEM test.

I valori trovati sono riportati nella seguente tabella:

Tabella IX con relativi valori di media, r e Z test.

Media Δa	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	-1,73 sec
Errore media	$\frac{sqm}{\sqrt{N}}$	0,64 sec
Correlazione "r"	$\frac{\sum_{i=1}^N X_i Y_i - \frac{\sum_{i=1}^N X_i \sum_{i=1}^N Y_i}{N}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N X_i)^2}{N}} \sqrt{\sum_{i=1}^N Y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N Y_i)^2}{N}}}$	-0,46
Errore su "r"	$\sqrt{\frac{(1-r^2)}{(N-2)}}$	0,23
Z test sulla media	$\frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}}$	-2,69
Z test su "r"	$\frac{r}{\sqrt{\sigma^2}}$	-2,02
Probabilità Z test media		0,7%
Probabilità Z test correlazione		4,34%

Discussione

Lo studio qui condotto si pone come principale obiettivo il verificare attraverso l'utilizzo di appositi test optometrici l'effettivo mantenimento delle abilità visive. In particolare si è voluto valutare la mancanza di miglioramenti, prerogativa degli shooter games.

Per poter trarre conclusioni sui dati raccolti è stata svolta un'attenta analisi statistica sui valori medi, sui coefficienti di correlazioni, e sulla loro significanza calcolata con lo Z-test

In particolar modo, a disconferma della tesi sostenuta, si è osservato come anche un gioco statico, in questo caso gli scacchi, possa produrre leggeri miglioramenti, anche se prerogativa di alcune abilità visive piuttosto che di altre.

Nel test del PPC, più precisamente se viene considerato il punto di rottura, si assiste a un notevole miglioramento delle abilità visive, confermato dal valore elevato che assume lo Z-test, riscontrabile tramite valore della rispettiva probabilità (tabella III). Lo Z-test è un test statistico che permette di determinare, fissato un valore costante, il discostamento di un campione di dati osservati all'interno della popolazione presa in considerazione. Nel nostro caso lo Z-test è stato calcolato a due code; ciò vuol dire che in un'ipotetica distribuzione gaussiana a media nulla e deviazione standard pari a 1, il 90% delle probabilità che i dati presi in considerazione siano coerenti con l'ipotesi di base, cioè che tra il primo e il secondo incontro ci sia un'effettiva stabilità delle abilità visive (ipotesi H_0), corrisponde all'intervallo di $\pm 1,68$. In seguito a tale valore è stato associato un indice probabilistico che definisce il valore di non corrispondenza; quindi che tra il primo e

il secondo incontro, i due dati non siano uguali. Dalla tabella III però possiamo osservare come i valori misurati risultino essere molto diversi dall'intervallo nella quale l'ipotesi H_0 si manifesta, spostandosi invece verso la coda della gaussiana. Ciò è verificabile dal valore assunto dall'indice probabilistico legato allo Z-test calcolato sulla media. Una probabilità bassa, come in questo caso, indica una non corrispondenza fra i dati del primo e del secondo incontro, conseguentemente dunque si può affermare che vi sia stato un miglioramento di tale abilità. Da ciò possiamo concludere che l'ipotesi H_0 può essere rifiutata e al suo posto viene confermata l'ipotesi H_1 . A livello optometrico la rottura del punto prossimo di convergenza indica che la visione binoculare nel determinato punto viene meno, in un punto che però rispetto al precedente incontro è più vicino. Il miglioramento a cui si assiste, quindi, potrebbe essere spiegato dal momento che con il gioco scacchi viene coinvolta molto la visione periferica e d'insieme con un conseguente rilassamento dei meccanismi di convergenza e accomodazione che in una successiva stimolazione, in questo caso durante la realizzazione del test al secondo incontro, determineranno lo svilupparsi di performance migliori. Il soggetto, inoltre, tramite il gioco di scacchi è più stimolato sia per la concentrazione che attenzione, ma soprattutto alla visualizzazione poiché durante la sessione di gioco si va incontro a una simulazione di strategie e di situazioni; in tal senso il giocatore è portato, quindi, a valutare tutta la scacchiera, ossia fornire attenzione alle singole pedine, ma aprendosi perifericamente alle diverse possibilità, nel valutare rischi e benefici e tenere pronta ogni possibile mossa. A livello visivo ciò fa in modo che ci si debba concentrare sulla pedina che si intende muovere, ma senza escludere il resto della scena; potrebbero quindi anche essere presenti dei

meccanismi visuo-spaziali, come il dover percepire e dare un orientamento sulla scacchiera alle pedine e soltanto in seguito l'agire e il manipolare a determinare e far scaturire questo miglioramento delle capacità visive.

Altro risultato significativo è considerato quello assunto dagli inseguimenti orizzontali, effettuati tramite DEM test, dove il valore dello Z-test (tabella IX) indica una significativa differenza con l'ipotesi H_0 . Questo perché come nel caso precedente, andando a porre l'attenzione sulla probabilità correlata allo Z-test calcolato sulla media, si nota come il valore sia basso. L'indice probabilistico indica in questo caso come via sia lo 0,7% di probabilità che i dati non siano uguali, di conseguenza un'alta probabilità che essi siano diversi; perciò sottolineano la presenza di miglioramento visivo. L'acquisizione di tali capacità potrebbe essere dovuta a una particolare struttura dello schermo. Ai soggetti che hanno effettuato tale studio, infatti, veniva chiesto di svolgere l'attività ludica preferibilmente su un computer; la struttura tipica di uno schermo da computer è perlopiù orizzontalizzata, schiacciata a livello verticale per svilupparsi a livello orizzontale. Questa caratteristica potrebbe avere influito positivamente sui movimenti compiuti dagli occhi spostandosi da un capo all'altro della scacchiera per controllare appunto le mosse di gioco. Ciò potrebbe spiegare anche il più significativo miglioramento a livello orizzontale piuttosto che verticale, anche se in quest'ultimo caso, dato il valore non proprio bassissimo (tabella VII) dello Z-test non si possono escludere effettivi miglioramenti in caso di un periodo di gioco più lungo. La tabella VII e il grafico (figura 12) non sono stati presi in considerazione, ma sostituiti nell'analisi, dalla tabella VIII e grafico (figura 13) poiché

nei primi era presente un valore che si discostava molto dagli altri, quindi eliminato.

Per tutti gli altri test non si assiste a valori così rilevanti da poter rifiutare l'ipotesi H_0 , anche se in taluni casi, ad esempio per l'ampiezza accomodativa (tabella V) i dati assumono dei valori elevati per lo Z-test, e piuttosto ridotti per la probabilità ad esso correlata, elemento che avrebbe potuto dimostrare la presenza di un allenamento se la sessione di gioco fosse stata più lunga.

I test della stereopsi, sensibilità al contrasto sono stati invece da subito eliminati poiché mancavano di un'opportuna sensibilità e già dal primo incontro facevano trasparire risposte al massimo dei valori.

Essendo stati, poi, eseguiti i test con l'utilizzo della correzione abituale da parte dei soggetti, anche dal punto di vista dell'acuità visiva (figura 3, figura 4 e figura 5) si può notare a occhio come non sia presente un cambiamento di tale capacità in quanto tutti gli esaminati raggiungevano valori massimi al test già dal primo incontro.

Per quanto riguarda l'indice di correlazione viene descritta una relazione massima tra le due variabili statistiche quando r , che definisce l'orientazione della disposizione dei dati sul grafico, assume valori compresi tra $\pm 1,00$. Per $r = 0$ nella distribuzione non c'è correlazione. Anche in questo caso abbiamo proceduto calcolando la probabilità legata all'indice di correlazione. Fra le variabili con un effetto significativo possiamo avere il punto di annebbiamento dell'AA, il punto di recupero per il test dell'AA e il punto di recupero nel test del PPC.

Nel caso dell'annebbiamento (Grafico in figura 6) l'indice di correlazione assume un valore molto vicino a 1. Da questo si può concludere che vi sia una correlazione, anche se non massima, tra le due variabili considerate. Dalla figura 6 si può infatti notare come soggetti che presentavano un punto di annebbiamento molto lontano prima della sessione di gioco, dopo l'utilizzo del gioco statico abbiano dimostrato una tendenza all'avvicinamento. Ciò può essere in linea con i miglioramenti scaturiti a livello del punto di rottura del test PPC, e spiegato quindi come un rilassamento dei meccanismi di convergenza e accomodazione durante il gioco scacchi.

La correlazione la ritroviamo anche a livello del punto di recupero del test AA (figura 7) e nel recupero del test PPC (figura 9) con opportune tabelle di valori. Si noti appunto in tabella II e tabella IV i risultati bassi ottenuti dalla probabilità, che sottolineano correlazione fra le variabili. Gli effetti potrebbero essere stati indotti o dal motivo sostenuto nella precedente correlazione, o a una memorizzazione da parte dei soggetti di alcuni test.

A questo punto sarebbe utile verificare la presenza dei benefici a livello visivo su soggetti che non abbiano già eseguito allenamento con altre tecniche. La popolazione di questa ricerca, infatti avevano già sostenuto lo stesso esperimento con l'utilizzo di un videogioco d'azione, conosciuto appunto per la sua capacità di allenare le abilità della visione, per cui si potrebbe sospettare un prolungarsi di tali benefici anche a livello delle settimane successive. Scelta obbligata per limiti di tempo e per disponibilità ridotta al reclutamento, complice la necessità di presentarsi con tempi scanditi in una specifica aula per la presa dati, per una grossa parte di volontari.

Altro fattore importante che ha determinato miglioramento potrebbe essere stato dato dalla memorizzazione dei test da parte dei soggetti.

Per una futura ricerca in questo campo si può prevedere, appunto, di prendere in esame soggetti che utilizzino esclusivamente un videogame statico e magari andare a costituire un gruppo di controllo selezionato per eseguire soltanto i test senza sessioni di gioco. I soggetti dovrebbero poi essere scelti con la stessa condizione refrattiva, permettendo quindi di escludere eventuali differenze che potrebbero agevolare determinati esaminati piuttosto che altri. Lo studio dovrebbe infine essere rivolto a un numero maggiore di soggetti, in modo da poter svolgere un'analisi statistica più corretta e adeguata, e avere una durata di tempo maggiore soprattutto per permettere ai soggetti stessi di relazionarsi di più con il videogame. Interessante potrebbe essere, in una sottoanalisi, anche il reclutamento di soggetti con specifiche problematiche visive per valutare l'effetto delle caratteristiche di VT del gioco alle abilità visive.

Conclusioni

Le capacità visive sono caratterizzate da duttilità, in grado quindi di subire variazioni adattandosi e plasmandosi in un processo che porta loro ad acquisire raffinatezza.

Questo elaborato ha voluto sottolineare come tale prerogativa possa essere raggiunta con l'ausilio di videogiochi, che promuovono dunque il miglioramento delle abilità visive, offrendo quindi la possibilità a questi strumenti di essere impiegati per scopi terapeutici.

Il significato di questi risultati va valutato nell'ottica che un'attività prossimale se gestita in spazi luminosi, per tempi calibrati, con attenzione alle valutazioni di tipo ergonomico e posturale e con adeguate compensazioni ottiche, ove necessario, potrebbe fornire benefici evidenti a livello di performance visivo, a supporto poi del benessere della persona. Questo è ancora più facile se l'attività risulta ben inquadrata in un programma di VT optometrico. In tal senso sarebbe possibile stimolare anche soggetti poco motivati agli esercizi tradizionali, ma che con un videogioco potrebbero unire l'utile al dilettevole.

Appendici

Appendice A

Questionario Anamnestico					data: _____	
Nome: _____		Cognome: _____		Data di nascita: _____		
Occupazione?		<input type="checkbox"/> Lavoro	<input type="checkbox"/> studente	<input type="checkbox"/> Altro _____		
Rispondi alle seguenti domande dando un punteggio da 1 a 5.						
"1" sta per valori minimi di scala "5" per massimi						
1	Nel suo lavoro affatica molto gli occhi? (lavoro da vicino)	1 per niente	2 qualche volta	3 poco	4 abbastanza	5 moltissimo
2	Quale sorta di passatempo predilige? Se attività ravvicinata quanto tempo ci dedica? (tempo riferito in minuti)	1 <30	2 >30, <60	3 >60, <90	4 >90, <120	5 >120
3	Ritiene di avere una buona Acuità Visiva?	1 per niente	2 poco	3 sufficiente	4 buona	5 molto buona
4	Ha la sensazione di occhi che lacrimano, bruciano o pungono durante l'attività da vicino?	1 per niente	2 qualche volta	3 poco	4 abbastanza	5 moltissimo
5	Quando guarda da vicino vede doppio? Se si quando accade e quanto spesso?	1 per niente	2 qualche volta	3 poco	4 abbastanza	5 moltissimo
6	Quando guarda da vicino vede annebbiato? Se si quando accade e quanto spesso?	1 per niente	2 qualche volta	3 poco	4 abbastanza	5 moltissimo
7	Ha difficoltà a vedere nitido da lontano subito dopo un'attività da vicino?	1 per niente	2 qualche volta	3 poco	4 abbastanza	5 moltissimo
8	Ha difficoltà a vedere nitido da vicino subito dopo un'attività da lontano?	1 per niente	2 qualche volta	3 poco	4 abbastanza	5 moltissimo
9	Ha spesso mal di testa dopo una prolungata attività da vicino? (lettura, tablet, pc, ecc)	1 per niente	2 qualche volta	3 poco	4 abbastanza	5 moltissimo
10	Tende ad inclinare la testa quando legge?	1 per niente	2 qualche volta	3 poco	4 abbastanza	5 moltissimo
11	Durante la lettura le capita di saltare lettere parole o righe?	1 per niente	2 qualche volta	3 poco	4 abbastanza	5 moltissimo
12	Incontra difficoltà nella lettura prolungata?	1 per niente	2 qualche volta	3 poco	4 abbastanza	5 moltissimo
13	Ha mai avuto patologie oculari? Se si quali? _____					
14	In famiglia ci sono stati antecedenti di patologie oculari? _____					
15	Assumi qualche farmaco? Se si quale? _____					
16	Ultimo esame visivo fatto? _____					
Note: _____						

Appendice B

SCHEMA DATI

Iniziali nome e cognome ____ . ____ .					
Sesso _____					
DI _____	DH _____	DL _____	Dominanza OD OS		
VICINO					
Abituale	Sfero	Cil	Asse	Prisma	Add
OD					
OS					
OO					
AA	OD	OS			
Annebbiam.					
Recupero					
PPC	OO				
Rottura					
Recupero					
Flipper±2.00 _____ c/m			Più lento con _____		
FORIE VICINO (Owell) _____					
STEREOPSI		LOCALE	GLOBALE		
periferia(580 sec/arc)					
Periferia(290 sec/arc)					
Paracentrale(350 sec/arc)					
Paracentrale(233sec/arc)					
Paracentrale(115sec/arc)					
Centrale(290sec/arc)					
centrale(233sec/arc)					
Centrale(175sec/arc)					
centrale(115sec/arc)					
centrale(58sec/arc)					
SENSIBILITA' AL CONTRASTO					
Note:					
INSEGUIMENTI					
Note:					

Appendice C

Foglio1

FOGLIO PUNTEGGI DEM TEST

Nome e Cognome _____ Età _____

TEST A		TEST B		TEST C				
32	43	61	76	32	74	53	96	82
71	56	34	92	25	51	74	43	65
54	21	26	33	18	45	75	62	38
96	14	93	95	71	93	36	94	21
81	75	12	24	44	54	21	16	73
25	54	71	19	57	36	78	47	86
53	39	46	44	70	47	63	51	29
74	72	65	72	93	20	39	63	42
43	43	58	61	66	30	21	94	15
67	81	29	36	79	47	63	51	28
14	76	57	25	52	33	72	48	81
49	47	35	58	43	54	23	16	74
76	62	76	74	76	93	36	91	27
62	59	44	47	19	46	76	65	30
37	93	84	66	22	59	71	43	63
73	23	43	31	35	76	54	94	86
67	34	41	76					
35	67	56	56					
78	41	29	97					
91	18	18	85					

Tempo V1 _____ T. V2 _____
 Tempo V totale _____ Errori _____
 Tempo Equivalente _____

Tempo: _____
 Errori:
 S: _____ A: _____
 O: _____ T: _____
 tempo equivalente:
 $\text{Tempo} \left[\frac{80}{80 - O + A} \right] =$ _____
 Errori totali: _____

Ratio: tempo eq. Orriz. / tempo eq. Vert, = _____

Bibliografia

Tanoni I., Videogiocando s'impara. Dal divertimento puro all'insegnamento-apprendimento, Mori, Casa Editrice Centro studi Erickson, 2003

Bucci. G. M., Oftalmologia, Roma, Società Editrice Universo, 1999

Rossetti A., Gheller P., Manuale di optometria e contattologia, Bologna, Zanichelli editore S.p.A., 2003

Purves D., Augustine J.G., Fitzpatrick D., Katz L.C., LaMantia A. S, McNamara J., Williams S. M., Neuroscienze, Zanichelli editore S.p.A., 2 edizione, 2004

Leonardi A., Anatomia e fisiopatologia oculare con elementi di farmacologia, 2013-2014

Dozza L., Loiodice I., 0-6 anni. Manuale di didattica, Roma- Bari, Edizioni Laterza, 1994

Galli M. C. (a cura di), Voglia di giocare, Angeli, Milano, 1982, p.17, con tagli

Chetta G., Postura e Benessere, 2007

Stevens G. T., A Treatise on the Motor Apparatus of the Eyes, Philadelphia, F. A. Davis Company, 1906

Formenti C., La rivincita di McLuhan, Corriere della Sera, 2010

Carlino M. G., Visione e Postura, 2014

Formenti M., Visione ed apprendimento, 2008-2009

Polat R. Li, U., Makous W., Bavelier D., Enhancing the contrast sensitivity function through action video game training, NatNeurosci, Marzo 2009, volume 12, p.527

Jeon S. T., Maurer D, Lewis T. L. The Effect of Video Game training on the vision of adults with bilateral deprivation of amblyopia, Koninklijke Brill NV, Leiden, Maggio 2012

Bejjanki V. R., Zhang R., Li R., Pouget A., Green C.S, Lu Z., Bavelier D., Action video games play facilitates the development of better perceptual templates, Indiana University, Bloomington, IN, Ottobre 2014

Vecchies A., Testa T., Casco C., Plasticità neurale e apprendimento percettivo, Professional Optometry, Ottobre 2011

Harmon D. B., The coordinated classroom, American Seating Company, Grand Rapids 2, Michigan, 1951

Schmitt Earl P., D.O.S., The Skeffington perspective of the behavioral model of optometric data analysis and vision care, Bloomington IN, Milton Keyes, UK, 1950

Bao, Jinhua; Drobe, Björn; Wang, Yuwen Chen, Ke; Seow, Eu Jin; Lu Fan, Influence of Near Tasks on Posture in Myopic Chinese Schoolchildren, Optometry Vision Science, Aug 2015

Ringraziamenti

Ringrazio tutti coloro che mi sono stati vicino, che mi hanno aiutato e supportato durante questo percorso, in particolar modo le persone conosciute durante gli studi universitari, che hanno contribuito a rendere più leggere le mie giornate arricchendomi come persona.

Un ringraziamento particolare va alla mia famiglia che mi ha sempre sostenuta e consigliata senza cui probabilmente non sarei qui.