

Università degli studi di Padova

Dipartimento di Fisica e Astronomia “Galileo Galilei”

Corso di Laurea Triennale in Ottica e Optometria

TESI DI LAUREA

Allenare le capacità visive mediante il videogioco

Relatore: Prof. Dominga Ortolan

Correlatori: Prof. Luca Stanco

Laureando: Bastianon Federico

Matricola: 1052350

Anno Accademico 2015/2016

INDICE

Abstract	5
Introduzione	7
Capitolo I Impegno prossimale e al computer.....	11
1.1 Disturbi posturali.....	12
1.2 Astenopia e sintomi visivi.....	14
Capitolo II Plasticità sinaptica.....	25
2.1 Plasticità sinaptica a breve e lungo termine.....	27
Capitolo III Visione e apprendimento percettivo.....	31
3.1 Visual training.....	31
Capitolo IV I videogiochi.....	37
4.1 Attenzione visuo-spaziale.....	38
4.2 Dinamica di attenzione visiva.....	39
4.3 Sensibilità al contrasto.....	40
Capitolo V Lo studio.....	43
5.1 Somministrazione test.....	43
5.2 Test.....	44
Capitolo VI Risultati.....	47
Conclusioni	61
Discussione	63

ABSTRACT

Scopo: Lo scopo di questo elaborato è verificare se esiste una reale correlazione tra videogiochi d'azione e l'incremento delle funzioni visive, tramite il processo di apprendimento percettivo.

Metodo: Le capacità visive tra cui acuità visiva, flessibilità accomodativa, inseguimenti e punto prossimo di convergenza, di un gruppo di soggetti sono state esaminate prima e dopo l'addestramento con un videogioco d'azione (WarMode e Team Fortress 2)

Risultati: Dal confronto dei dati è emerso un miglioramento dei tempi d'esecuzione del test relativo agli inseguimenti visivi.

Conclusioni: L'utilizzo di videogiochi in tempi e modalità adeguate può servire come mezzo di supporto al training per coloro che manifestano deficit di elaborazione visiva.

INTRODUZIONE

Al giorno d'oggi, in cui la tecnologia è entrata a far parte della nostra vita quotidiana in modo preponderante, si è soliti fare un rendiconto di quanti vantaggi e svantaggi ne derivino. A questo proposito spesso si è sentito demonizzare strumenti come computer, tablet, cellulari, ecc. perché sembrerebbero influire a livello di visione per lo stimolo e sforzo continuo, per le radiazioni emesse e la riduzione dell'ammiccamento legato alla concentrazione, oltre a tensioni muscolari, indolenzimenti a collo, spalle e schiena. Nei vecchi monitor a tubo catodico (o schermi CRT), ormai praticamente non più utilizzati, la luce visibile era prodotta facendo leva sull'utilizzo di un fascio di elettroni che veniva a colpire una superficie rivestita di materiale fluorescente, posta immediatamente dietro il vetro.

Utilizzando campi magnetici od elettrici, il flusso veniva deflesso in modo da arrivare a colpire un punto prestabilito nella superficie dello schermo. I fosfori, eccitati dall'energia degli elettroni, emettevano luce.

I più recenti monitor LCD, invece, fondano il loro funzionamento sulle proprietà ottiche dei cristalli liquidi, sostanze che vengono posizionate tra superfici vetrose dotate di numerosissimi contatti elettrici (ciascun contatto elettrico sovrintende "il comportamento" di un'area del pannello identificabile come pixel). Grazie all'utilizzo di filtri polarizzatori, posti sulle due facce di ciascun vetro, e all'applicazione del campo elettrico, si possono regolare le caratteristiche della radiazione luminosa emessa.

I raggi X ,definiti come quelle porzione dello spettro elettromagnetico con lunghezza d'onda compresa fra 10 nanometri e 1 picometro, vengono

universalmente considerati pericolosi per la salute in forza dell'elevato potere di penetrazione e, in particolare, perché trattasi di radiazioni ionizzanti. I vecchi monitor a tubo catodico (CRT) emettevano un “quantitativo” ridotto di raggi X, principalmente in forza delle elevate tensioni necessarie per il funzionamento dello schermo. La stragrande maggioranza dei raggi X, inoltre, veniva bloccata dallo spesso vetro al piombo posizionato nella parte frontale del monitor.

Inoltre, tutti i produttori di monitor CRT si sono sempre dovuti attenere alle regolamentazioni in materia di onde elettromagnetiche. La FDA statunitense, per esempio, stabilisce un limite di 0,5 milliroentgen per ora (mR/hr) per l'intensità dei raggi X alla distanza di 5 cm dalla superficie esterna di un apparecchio elettronico.

La buona notizia è che con l'avvento degli schermi LCD, l'emissione di raggi X è divenuta nulla, anche grazie alle contenute tensioni in gioco.

Anche per quanto riguarda le emissioni nella zona dell'ultravioletto, nei monitor LCD la radiazione non è praticamente misurabile e neppure lontanamente paragonabile a quanto avveniva coi vecchi CRT.

Nonostante ciò, comunque, a più riprese, diversi organi di informazione tornano a parlare dei rischi intrinseci legati all'impiego di un monitor LCD, o degli schermi di smartphone e tablet. In particolare, vengono citati possibili danni alla vista e alla pelle, disturbi del sonno, mal di testa.

La maggior parte dei monitor LCD impiegato un tubo fluorescente che è il principale responsabile delle emissioni UV. Tale componente, tuttavia, viene adeguatamente schermato proprio per prevenire le emissioni nella zona

dell'ultravioletto tanto una misurazione dell'emissione UV dà risultati non rilevabili.

I pannelli LED, poi, non emettono affatto radiazioni nell'ultravioletto perché viene utilizzata solamente una frequenza, senza fare ingresso nello spettro UV.

È quindi l'affaticamento visivo il vero problema da analizzare se si parla di problematiche al computer.

In realtà, recenti e numerosi studi (1)(21)(23)(24) hanno addirittura evidenziato interessanti risultati su come i tanto criticati computer possano in realtà influenzare la nostra visione. Tramite l'apprendimenti percettivo e la plasticità neurale si sono osservati miglioramenti delle prestazioni visive in soggetti anche adulti.

CAPITOLO I

IMPEGNO PROSSIMALE E AL COMPUTER

Alcuni decenni fa, prima dell'avvento dei computer, il lavoro d'ufficio comprendeva una serie di attività (dattilografia, archiviazione, lettura, scrittura, ecc.) che essendo diverse tra loro necessitavano di una tipologia diversa di postura e visione provocando un'interruzione tra ogni attività. Con l'arrivo del computer tutte queste attività sono state unificate e non necessitano più di alcun cambiamento di postura o visione dal proprio desktop.

Certamente hanno migliorato la qualità del lavoro e l'efficienza ma hanno comportato una serie di problematiche.

In un sondaggio agli optometristi degli Stati Uniti (Sheedy 1992) è risultato che circa il 14.25% dei loro pazienti presentava problemi visivi riconducibili all'uso del videoterminale. Questo studio ha permesso la compilazione di un elenco di sintomi che sono ormai noti collettivamente come *computer vision syndrome* (CVS).

L'American Optometry Association definisce (CVS) come "quel complesso di problemi agli occhi e alla visione legati all'attività prossimale che si manifesta dopo un uso prolungato del computer". I sintomi possono variare ma prevalentemente comprendono: affaticamento degli occhi, mal di testa, visione offuscata (a distanza o ravvicinata), occhio secco e irritato, lentezza nella messa a fuoco, dolori al collo e alla schiena, sensibilità alla luce, visione doppia e distorsione dei colori.

Le cause di tale inefficienze sono da ricondurre sia a problemi visivi individuali che a inadeguate posture o condizioni dell'ambiente lavorativo.

1.1 Disturbi posturali

Anche coloro che non presentano ametropie possono riscontrare dolori muscolari in seguito a prolungate ore di lavoro al computer.

Uno delle maggiori cause di tali manifestazioni sono da retribuire alle postazioni di lavoro spesso non adeguate e alla fissità e al suo prolungarsi.

In una ricerca svolta da Hsiao e Keyserling (1991) è risultato che, normalmente in posizione verticale, la testa e il collo hanno una inclinazione di circa 13° in avanti.

Se quindi il monitor è impostato a livello degli occhi gli utenti hanno due scelte: o assumere una posizione più eretta della testa e del collo rispetto alla posizione preferita, o impiegare un angolo di sguardo sopra la linea di riferimento che passa attraverso il foro dell'orecchio e la parte più bassa della cavità oculare (linea di Francoforte).

Quando la postura con la testa eretta diventa stancante però ci sono poche possibilità per avere sollievo. Una tra queste è quella di inclinare la testa all'indietro. Un'altra alternativa è quella di mantenere la testa in posizione verticale ma inclinando il busto e la schiena in avanti, ma spesso questa posizione è controproducente in quanto induce tensione muscolare a livello del collo.

Ci sono moltissime scuole di pensiero sull'altezza perfetta per lo schermo e ciascuna ha le proprie teorie a supporto. Quello che è certo è che quando la testa è in posizione verticale, la testa è in "equilibrio" sulla colonna vertebrale ed è quindi richiesta poca attività muscolare per mantenerla in posizione. Come detto

precedentemente è molto importante progettare una postazione di lavoro in modo tale da minimizzare sia lo sforzo muscolo-scheletrico che lo sforzo visivo:

il posizionamento del monitor a circa 11-20° sotto l'orizzonte è un buon punto di partenza, poi sedia regolabile, scrivania con sufficiente area di lavoro, in modo da poter posizionare il monitor alla corretta distanza.

È stato inoltre dimostrato che, quando si utilizza un computer portatile si assume una postura più piegata in avanti, questo è probabilmente dovuto alla necessità dell'utente di visualizzare un target visivo più piccolo. Se utilizzati in ambiente d'ufficio dovrebbero essere provvisti di mouse e tastiere esterne al fine di consentire una postura più comoda.

Studi hanno dimostrato che videoterminalisti tendono a preferire distanze di lavoro comprese tra 70-90cm (Jaschinski et al, 1998;. Sommerich). Importante è anche regolare l'altezza della sedia, in modo da avere il monitor ad almeno 10-20° al di sotto della linea orizzontale di sguardo, ma anche tale da consentire di appoggiare i piedi sul pavimento ed evitare che penzolino dalla sedia ma allo stesso tempo non troppo bassa da causare una posizione delle ginocchia superiore all'altezza dei fianchi. Altri accorgimenti riguardano la posizione del mouse e della tastiera, questi devono porsi sullo stesso livello per poter muovere senza impedimenti ed in modo rilassato, importante è che i polsi siano dritti. Da evitare di piegare i polsi verso l'altro o verso il basso o lateralmente in modo da evitare dolori.

1.2 Astenopia e sintomi visivi

Il 76% delle donne e il 57% degli uomini dichiarano di avere almeno un **mal di testa** al mese, ma esistono diverse categorie di mal di testa e possono essere causati da una serie di diverse condizioni.

I mal di testa di origine visiva si verificano più spesso verso la parte anteriore o laterale della testa, anche se ci sono delle eccezioni; si verificano più frequentemente verso metà o fine giornata, non appaiono al risveglio e non producono aure visive di luci lampeggianti; spesso si verificano in maniera differente (o non si manifestano proprio) nel fine settimana; possono verificarsi più frequentemente su di un lato della testa piuttosto che nell'altro.

Al mal di testa spesso si associano stanchezza, sonnolenza, indolenzimento e pesantezza delle palpebre.

E' quindi indispensabile stendere una "case history" approfondita di un soggetto per distinguere al meglio il tipo di fastidio coinvolto.

Il soggetto dovrebbe essere interrogato riguardo il momento di insorgenza, la posizione del dolore, la frequenza, la durata, la gravità, e i fattori aggravanti come stress e determinati alimenti o farmaci.

Molto spesso i lavoratori si lamentano di attacchi di emicrania, ma quest'ultima è una tipologia molto specifica di mal di testa e ha una causa organica non visiva.

Coloro che lavorano molto al computer invece sono più soggetti a mal di testa legati alla tensione. Possono essere scatenati da stress, ansia e depressione ma anche da ametropie, condizioni del lavoro inadeguate come riverberi o errata illuminazione. Generalmente sono da lieve a moderata intensità, spesso si verificano su uno o entrambi i lati della testa e si sviluppano all'inizio o a metà

giornata e sono alleviati dal riposo e il sonno. Quindi, condizioni visive e ambiente lavorativo sono le prime cose da andare a valutare.

L'acuità visiva o acutezza visiva o visus è la capacità discriminativa dell'occhio.

Il sintomo di **visione offuscata** può derivare da errori di rifrazione (ipermetropia, miopia e astigmatismo), da compensazioni inadeguate, presbiopia o altri disturbi di messa a fuoco.

In due esperimenti simili, Wiggins e Daum (1991) hanno esaminato gli effetti di astigmatismo non corretto durante la lettura di materiale da uno schermo di computer. In entrambi gli studi gli autori hanno osservato che la presenza di 0.50-1.00D di astigmatismo non corretto producevano un aumento significativo di disagio durante la lettura.

Considerando l'ambiente lavorativo la presenza di immagini sfuocate può derivare anche da schermi macchiati, ridotti angoli di visione, riflessi che abbagliano oppure monitor con scarsa qualità d'immagine.

Se osserviamo un oggetto posto a una distanza inferiore ai 6 metri i nostri occhi devono effettuare un aggiustamento, spesso però il punto di messa a fuoco non è posto direttamente sull'oggetto osservato ma leggermente dietro.

Se il lavoro al videoterminale procede per un periodo di tempo prolungato, questo lag accomodativo può aumentare. Di conseguenza gli occhi devono lavorare di più per riportare il punto di messa a fuoco sullo schermo. Se la messa a fuoco si realizza, ma con un grande sforzo da parte del sistema visivo, allora si potrebbe manifestare astenopia; se invece non si riesce a compensare si manifesta la visione offuscata.

Uno studio (Luberto et al. 1989) ha rilevato che il 20% dei videoterminalisti rivela sintomi miopici verso la fine del turno di lavoro.

Watten e Lie (1992) hanno confermato questo studio evidenziando che 30 lavoratori informatici manifestavano una tendenza a miope dopo due o quattro ore di lavoro. Ancora un altro studio sulla miopia transitoria (Rosenfeld e Ciuffreda, 1994) ha dimostrato che questa condizione si verifica non solo nel lavoro al computer ma anche dopo la visione di qualsiasi target stampato. Molti di questi studi però soffrono di una mancanza di gruppi di controllo e di bassi numeri di popolazione esaminata.

Anche i riflessi sono da tenere in considerazione: se sullo schermo è presente una riflessione l'occhio tenderà a concentrarsi su di essa. L'immagine riflessa si formerà su un piano più lontano rispetto a quello dello schermo, allontanando il punto di messa a fuoco del soggetto e comportando una sfuocatura dell'immagine dello schermo.

La superficie esterna del bulbo oculare è coperta da uno strato fluido e sottile chiamato film lacrimale. Il mantenimento della sua struttura, essenziale per l'integrità della cornea e della congiuntiva, dipende in grande misura dalla funzionalità dell'apparato lacrimale in quanto la ghiandola lacrimale principale e le ghiandole lacrimali accessorie, di Wolfring e di Krause, la cui secrezione è di tipo acquoso, partecipano alla componente acquosa del film lacrimale mentre la componente lipidica proviene principalmente dalle ghiandole di Meibomio con il contributo delle ghiandole di Zeiss e di Moll. Alle cellule caliciformi

congiuntivali spetta invece il principale compito di secernere la componente mucosa.

Il liquido lacrimale, una volta prodotto, viene distribuito sulla cornea e la congiuntiva per mezzo degli ammiccamenti palpebrali e scorre sul bordo delle palpebre a formare i menischi lacrimali, prima di drenare, attraverso i puntini, nei canalini, nel sacco lacrimale e del dotto naso-lacrimale.

Parte del liquido lacrimale viene persa per l'evaporazione e parte attraverso la congiuntiva per effetto della pompa del sodio. (Bucci)

Per occhio secco si intende un'alterazione multifattoriale del film lacrimale, per qualità o quantità, che non risulta essere più in grado di mantenere sana e protetta la superficie anteriore dell'occhio. I sintomi più comuni sono: sensazione di sabbia, corpo estraneo nell'occhio, arrossamento, dolore, bruciore e fotofobia.

In uno studio condotto da Uchino (7) si è osservato che, il 10.1% degli impiegati uomini e il 21.5% delle impiegate donne giapponesi che utilizzano il computer, lamentano i sintomi di secchezza oculare. Inoltre periodi di lavoro al computer più lunghi sono stati anche associati a una maggiore prevalenza di occhio secco. (8)

Anche in uno studio condotto da Blehm (9) è emerso che chi lavoro molto al pc spesso lamenta secchezza oculare, bruciore e sensazione di sabbia negli occhi. Ha quindi suggerito che questi sintomi possono derivare da:

1) Fattori ambientali che producono l'essiccazione della cornea che potrebbe includere una bassa umidità ambientale, impostazioni di riscaldamento o condizionamento elevati o inquinamenti atmosferici.

2) Velocità di ammiccamento ridotta; diversi studi hanno dimostrato infatti che la velocità di ammiccamento è ridotta durante l'utilizzo del computer. Per esempio

Tsubota e Nakamori (10) hanno confrontato il tasso di ammiccamento in 104 impiegati sia mentre erano rilassati sia durante la lettura di un libro o la visualizzazione di un testo su di un monitor. I tassi medi di ammiccamento erano di 22 per minuto, in condizioni rilassate, ma solo di 10-7 per minuto durante la lettura del libro o del videoterminale.

Un ulteriore studio condotto da Patel (11) ha esaminato il numero di ammiccamento medi prima e durante l'uso del pc ottenendo rispettivamente 18.4 e 3.6 per minuto, hanno anche notato una significativa correlazione tra la stabilità del film lacrimale e l'intervallo di ammiccamento.

Schlote (12) ha notato che la velocità di ammiccamento ridotta nei soggetti che utilizzano il videoterminale è accompagnata anche da modi diversi di ammiccare, infatti proprio nei soggetti che lamentavano i sintomi di secchezza oculare, si presentava un'alternanza di tempi brevi e lunghi tra un ammiccamento e l'altro.

Questi autori hanno ipotizzato che la variazione di questi tempi non fosse altro che un adattamento cognitivo al compito al computer che stavano svolgendo.

E' stato anche osservato che il numero di ammiccamenti diminuisce quando le dimensioni dei caratteri e del contrasto sono ridotti (13) e quando la richiesta di concentrazione per un determinato compito aumenta (14).

3) Ammiccamento incompleto; è un ulteriore aspetto da considerare per quanto riguarda le cause di secchezza oculare. Durante un ammiccamento completo la palpebra superiore copre interamente la superficie della cornea, ridistribuendo uniformemente il film lacrimale. Quando ciò non si verifica siamo in presenza di un ammiccamento incompleto che può comportare a una maggiore instabilità del film lacrimale, principalmente nella zona centrale.

Himebaugh (14) ha analizzato l'ampiezza degli ammiccamenti durante lo svolgimento di varie attività, compreso l'uso del computer e ha notato che era presente in tutte le attività che richiedevano attenzione.

Harrison (15) ha notato che l'ammiccamento incompleto è associabile alla colorazione e presumibilmente a danni, della porzione della cornea inferiore.

Un recente studio condotto da Portello (16) ha esaminato sia la completezza degli ammiccamenti durante lavori svolti al pc sia i sintomi a compiti completati. Una significativa correlazione è stata osservata tra la percentuale dei soggetti con ammiccamento incompleto e tra quelli che lamentavano sintomi da CVS.

Chu (17) ha inoltre notato una prevalenza di ammiccamenti incompleti tra soggetti che svolgevano compiti al pc rispetto ad altri che lavoravano su materiale cartaceo. Questi risultati implicano che l'ammiccamento incompleto può essere una causa parziale dei sintomi di CVS.

Harrison(15) ha osservato che l'ammiccamento incompleto può essere vantaggioso in quanto durante lo svolgimento di un compito non interrompe la concentrazione quanto un ammiccamento completo, ciò è coerente con i risultati di Portello e Rosenfield(18). Nel loro studio hanno osservato, in un gruppo di soggetti, una ridotta capacità di svolgere in modo soddisfacente delle operazioni al computer se a questi si faceva prendere coscienza dei propri ammiccamenti incompleti.

4) Maggiore esposizione corneale. Il monitor del computer è comunemente utilizzato con gli occhi in posizione primaria di sguardo, mentre il testo cartaceo è più comunemente letto con lo sguardo rivolto verso il basso.

La maggior esposizione corneale associata a un angolo superiore di sguardo potrebbe tradursi in un aumento del tasso di evaporazione lacrimale.

5) Età e sesso. La prevalenza di occhio secco aumenta con l'età ed è maggiore nelle donne rispetto agli uomini (20). La prevalenza stimata di occhio secco nelle donne e negli uomini con più di 50 anni di età negli Stati Uniti è rispettivamente del 7.8% e del 4.3%.

6) Malattie sistematiche e farmaci. Moss *ha* riferito che l'incidenza di occhio secco è stato maggiormente riscontrato nei soggetti con artrite, allergie o malattie della tiroide non trattati con ormoni. Inoltre, l'incidenza è stata più alta nei soggetti che assumono antistaminici, farmaci anti-ansia, antidepressivi, steroidi per via orale o vitamine.

Gli occhi sono progettati per essere stimolati dalla luce e per controllare la quantità di luce che entra nel bulbo oculare. Vi sono tuttavia condizioni al giorno d'oggi che sono estranei all'ambiente naturale di illuminazione e questo può causare una reazione negativa alla luce. Il principale fattore di disturbo nei posti di lavoro è l'abbagliamento. Il disagio dell'abbagliamento è in gran parte causato dalla grande disparità di luminosità nel campo visivo del lavoratore.

Una persona è a maggior rischio di avvertire questo disagio da abbagliamento quando la sorgente di luce è molto forte e rivolta direttamente verso gli occhi del lavoratore, oppure in presenza di fogli bianchi o oggetti lucidi che possono riflettere direttamente la luce. Anche la stessa luce emessa dal monitor dei dispositivi non deve essere troppo intensa rispetto alla luce dell'ambiente circostante.

La visione è un atto percettivo unico e coordinato compiuto dai due occhi. La stimolazione simultanea di entrambi permette la fusione sensoriale di due impressioni visive e tale fusione è mantenuta in tutte le posizioni di sguardo da un meccanismo oculomotorio che garantisce un'adeguata convergenza degli assi oculari sull'oggetto fissato. Questa stretta collaborazione tra apparati sensoriale e motorio assicura in definitiva la visione binoculare normale.

Per gli scopi della pratica clinica si distinguono tre gradi principali della percezione binoculare: *percezione simultanea, fusione e stereopsi*.

La visione doppia è un sintomo visivo che si manifesta con la percezione simultanea di due immagini riferite a un singolo oggetto. Può essere provocata da diverse condizioni..

Quando non si tratta di condizione patologica, può essere una anomalia della visione binoculare. In condizioni normali i nostri occhi compiono una fusione delle immagini percepite, sia motoria che sensoriale. La fusione motoria implica l'attività dell'apparato muscolare per posizionare su aree corrispondenti le immagini dell'oggetto d'interesse, mentre la fusione sensoriale è la capacità psichica di ricavare una rappresentazione visiva singola e unitaria a partire da due immagini retiniche simili.

In un gruppo di soggetti Jaschinski-Kruza hanno riscontrato che dopo un'ora di lavoro sia il punto di convergenza sia di accomodazione avevano subito uno spostamento rispetto all'inizio del test.

In particolare notarono che soggetti con distanze maggiori all'inizio del test subivano una variazione maggiore.

L'impegno prolungato da vicino, quale lo studio, la lettura o l'uso del computer impongono all'organismo una richiesta prolungata di accomodazione e convergenza. L'attenzione e la concentrazione prolungata nel tempo su un piano di lavoro piatto e bidimensionale attiva il sistema nervoso autonomo. Ciò interferisce con l'abilità di integrare i sistemi dell'accomodazione e della convergenza per una visione binoculare singola nitida e confortevole.

L'attivazione del sistema nervoso simpatico comporta rilascio di adrenalina che ha effetto ciclopegico, con allontanamento dell'accomodazione dal piano di osservazione, come conseguenza viene attivato il sistema parasimpatico per riportare l'accomodazione sul piano di fissazione, ma questo comporta uno slittamento ESO della convergenza. Lo scivolamento ESO deve essere compensato per mantenere una visione singola e nitida ed ecco che entra in gioco la divergenza per evitare la diplopia. Con la divergenza abbiamo però un rilassamento dell'accomodazione e così ricomincia il circolo. Questa interazione tra accomodazione e convergenza alla lunga può interrompersi comportando delle problematiche visive come errori refrattivi, disfunzioni accomodative e disfunzioni binoculari. (21)

Può accadere che chi lavora al computer non sperimenti la visione doppia, oppure che alcuni la sperimentino in seguito. Questo è un segno che il sistema di convergenza funziona, ma non è capace di smettere di lavorare. Avendo spinto il punto di riposo della convergenza in posizione più vicina gli oggetti posti in lontananza non saranno visti correttamente, apparendo come doppi. A volte come strategia per normalizzare la situazione si verifica soppressione di una delle due immagini.

Il colore è la percezione visiva generata dai segnali nervosi che i fotorecettori della retina inviano al cervello quando vengono colpiti dalle radiazioni elettromagnetiche di determinate lunghezze d'onda e intensità dello spettro del visibile.

La visione del colore nell'uomo (e nei primati catarrhini o scimmie del vecchio mondo) inizia con il processo di assorbimento della luce da parte di tre distinti fotorecettori (coni) contenenti il fotopigmento (molecola che ha la proprietà di assorbire la luce) con tre diversi spettri di assorbimento. I coni – detti L, M e S perché hanno picchi di assorbimento a lunghezze d'onda lunghe (580 nm), medie (540 nm) e corte (430 nm) – hanno spettri di assorbimento molto ampi in sovrapposizione fra loro: non esiste infatti una luce di lunghezza d'onda che riesca a eccitare solo uno dei tre coni. Come aveva intuito Hermann von Helmholtz nell'Ottocento, la nostra percezione del contrasto nasce dal paragone delle attività relative dei tre coni, che generano la stessa risposta con un'infinità di combinazioni di spettri luminosi. Un'uguale sensazione di un colore (colori metamericici) può essere generata da un'ampia gamma di spettri, purché queste generino la stessa terna di attività dei coni L, M e S. Per es., la stessa sensazione di giallo può essere ottenuta utilizzando una luce di lunghezza d'onda corrispondente al giallo (ca. 580 nm) addizionata a una luce bianca (spettro quasi piatto), oppure dalla somma di una luce con lunghezza d'onda corrispondente al verde con una corrispondente al rosso. Questo principio di visione tricromatica (perché ottenuta dalla stimolazione di tre fotorecettori) è stato anche utilizzato nel progettare televisori e videocamere a colori.

Quando i fotorecettori sono esposti per lunghi periodi a un particolare colore, subiscono una desensibilizzazione. Normalmente un'immagine viene spostata in continuazione sulla nostra retina da micromovimenti detti microsaccadi. Tuttavia se l'immagine è grande questi piccoli movimento non sono sufficienti a mantenere l'immagine in movimento su parti della retina non stimulate. Pertanto i fotorecettori costantemente esposti allo stimolo non rispondono alla sollecitazione prolungata. E' quello che si definisce adattamento. Una condizione strategica sarà quindi lavorare su di un monitor a full color.

CAPITOLO II

PLASTICITA' SINAPTICA

La plasticità neurale è definita come: “Cambiamenti nell’organizzazione neurale che possono spiegare le varie forme di modificabilità del comportamento sia a breve che a lungo termine sia in termini di maturazione, adattamento ad ambiente mutevole, specifici e aspecifici tipi di apprendimento e adeguamenti compensativi in risposta alle perdite funzionali da invecchiamento o danni cerebrali”. (2)

I fenomeni di plasticità neurale all’interno del sistema nervoso centrale (SNC) costituiscono la base per formulare qualsiasi intervento riabilitativo: essi rappresentano la necessaria premessa teorica, per poter ipotizzare interventi con il fine di contenere o superare esiti di patologie anche gravi come ictus o lesioni al midollo spinale.

Nella storia vi sono numerose tappe significative che hanno portato la comunità scientifica ad accettare l’esistenza di questo fenomeno.

Vincenzo Malacarne (1744-1816), con le sue osservazioni, è stato tra i primi studiosi a mettere in relazione il fenomeno dell’apprendimento con il tessuto cerebrale. Intorno al 1780 condusse alcuni esperimenti utilizzando coppie di giovani animali “gemelli” come pappagalli della stessa covata o cani della stessa cucciolata. Il suo scopo dichiarato fu quello di stabilire se *“l’esercizio continuo e sommamente energico delle facoltà intellettuali non influisca sullo sviluppo primaticcio di alcune parti dell’encefalo”*: a tal fine sottopose uno solo delle coppie di animali a *“educazione”* e accertò che le circonvoluzioni cerebrali di quello che era stato addestrato si sviluppavano maggiormente rispetto all’altro.

Tra la fine del 19° secolo e l'inizio del 20° si assistette a uno spiccato interesse dei neuroscienziati per quei fenomeni di degenerazione e rigenerazione cellulare nel sistema nervoso centrale. Il termine “*plasticità neurale*” cominciò a far parte del vocabolario impiegato dai ricercatori nelle comunicazioni scientifiche.

Restava ancora molto da scoprire sui meccanismi specifici che interessano la plasticità anche perché a quell'epoca la comunità scientifica internazionale discuteva ancora su quale fosse la “struttura” del tessuto cerebrale” ed era ancora ignota la modalità di trasmissione dell'impulso nervoso. Le due principali linee di pensiero all'epoca erano rappresentati da Camillo Golgi (1843-1926) e dallo spagnolo Santiago Ramon y Cajal (1853 – 1934). Golgi era sostenitore della “*teoria reticolare*” che descriveva il sistema nervoso come un insieme continuo e ininterrotto di tutti i suoi elementi. Viceversa Cajal era il principale esponente della “*teoria del neurone*” che prevedeva che i neuroni fossero separati gli uni dagli altri e potessero comunicare con quelli contigui attraverso zone specializzate chiamate “sinapsi”.

In questo contesto l'italiano Eugenio Tanzi (1856 – 1934) seguendo la *teoria del neurone* di Cajal, intuì che lo stimolo nervoso doveva incontrare una qualche resistenza nel passare da neurone a neurone. Per descrivere il fenomeno dell'apprendimento suppose che per effetto della stimolazione ripetuta si riducesse la distanza tra i neuroni funzionalmente connessi, facilitando quindi il passaggio dell'eccitazione nervosa: questo era possibile solo se i neuroni potevano andare incontro a cambiamenti morfologici e dunque Tanzi ipotizzò che le arborizzazioni terminali dell'assone di un neurone che si trovava “a monte” dovessero poter crescere in lunghezza, avvicinandosi ai dendriti di quello situato “a valle” (Berlucchi, Butcher, 2009).

Anche il medico e psichiatra Ernesto Lugaro (1870 – 1949), influenzato dal suo maestro Tanzi, diede i suoi contributi allo studio della plasticità neurale. Nel 1906 pubblicò un trattato di Psichiatria in cui attribuiva proprio alla plasticità neurale fenomeni come apprendimento e compensazione dei deficit funzionali.

Da molti Lugaro viene considerato come il primo dei neuroscienziati a utilizzare il termine “plasticità” attribuendogli un significato simile a quello moderno, con riferimento sia alla *morfologia* del neurone ma anche intuendo l’importanza ricoperta dai processi chimici ai fini della trasmissione sinaptica (Berlucchi 2002).

Nonostante le numerose anticipazioni, molti ritengono che il neurofisiologo Jerzy Konorski (1903 – 1973) debba essere considerato lo studioso grazie al quale la “plasticità neurale” ha fatto il suo ingresso nelle neuroscienze. Nella sua monografia “Conditioned reflexes and neuron organization”, pubblicata nel 1948, egli definisce il concetto di plasticità neurale, ma avanza anche ipotesi sui meccanismi che la sottendono e che secondo lui devono essere ricercati nella riorganizzazione delle connessioni sinaptiche (Konorski 1948). Konorski ritiene la plasticità neurale come una proprietà fondamentale del sistema nervoso centrale degli animali superiori, che può costituire il meccanismo comune per processi quali l’apprendimento, la memoria, lo sviluppo cerebrale e il recupero che si osserva dopo una lesione al cervello (Butcher 1978).

La questione riguardante la possibilità del tessuto nervoso di riorganizzarsi dal punto di vista anatomico continuò ad appassionare il dibattito neuroscientifico e molti altri ricercatori cominciarono sempre più a ritenere che le modificazioni plastiche neurali potessero costituire il substrato materiale di processi quali la memoria, l’apprendimento e il recupero che si osserva dopo una lesione.

Paragrafo 2.1: Plasticità sinaptica a breve e lungo termine

Una intuibile complicità che si incontra nel voler analizzare i cambiamenti del sistema nervoso dell’uomo e dei mammiferi in generale è costituita dalla grandissima quantità e complessità di neuroni e delle loro connessioni sinaptiche, cosa che rende di estrema difficoltà attribuire con certezza un determinato cambiamento comportamentale a modificazioni delle proprietà di precisi neuroni o sinapsi. Per ovviare a questo problema

in molti studi si è deciso di prendere in esame organismi costituiti da sistemi nervosi di gran lunga più semplici, con il presupposto che la plasticità neurale sia un fenomeno così importante che le sue basi devono essere necessariamente ben conservate anche in sistemi nervosi di organismi più complessi come quelli dei mammiferi.(3) Un esempio è lo studio condotto da Eric Kandel e dai suoi collaboratori della Columbia University sul mollusco marino *Aplysia californica*. Questa lumaca di mare con le sue poche decine di migliaia di neuroni, localizzate in zone precise e molto grandi, si prestava molto bene all'esperimento.

Una forma semplice di plasticità comportamentale dell'*Aplysia* (posseduta anche dall'uomo) è la **sensibilizzazione**, un tipo di apprendimento che permette a un animale di generalizzare una risposta difensiva provocata da uno stimolo nocivo e di estenderla a una varietà di altri stimoli non nocivi.

Nell'*Aplysia* una leggera pressione sul sifone provoca la ritrazione della branchia, se però la stimolazione viene ripetuta più volte induce un'assuefazione con conseguente sospensione della ritrazione. Tuttavia se lo stimolo è associato a un forte shock elettrico sulla coda allora provoca nuovamente una forte risposta difensiva. Anche solo dopo una stimolazione elettrica il riflesso della ritrazione rimane potenziato per un'ora (sensibilizzazione a breve termine).

Se lo stimolo elettrico viene applicato sia su coda che sulla testa della lumaca, il comportamento rimane alterato per più giorni. Questi studi condotti su *Aplysia* e anche su altri invertebrati, come il moscerino della frutta, hanno permesso di fare molte generalizzazioni sui meccanismi nervosi alla base dei fenomeni di plasticità nel sistema nervoso maturo che valgono anche per i mammiferi e altri vertebrati. In primo luogo, la plasticità comportamentale può dipendere da modificazioni dell'efficacia della trasmissione sinaptica. In secondo luogo, queste modificazioni della funzione sinaptica, possono essere effetti a breve termine oppure cambiamenti a lungo termine. Per quanto riguarda gli effetti a breve termine la trasmissione sinaptica può essere modificata per

brevi periodi da diversi meccanismi che agiscono sull'efficienza di rilascio di neurotrasmettitore: **facilitazione sinaptica**, **potenziamento post-tetanico**, **depressione sinaptica**.

Nella facilitazione sinaptica si verifica una successione di potenziali d'azione molto ravvicinati ed è basata sull'aumento transitorio della forza della sinapsi perché a ogni successivo potenziale d'azione presinaptico, i livelli di ioni calcio presenti nella terminazione assonica tendono ad aumentare, rendendo maggiore la quantità di neurotrasmettitore liberata.

In seguito a una scarica di potenziali d'azione ad alta frequenza (tetano), l'arrivo di nuovi potenziali d'azione può evolvere in un aumento della quantità di neurotrasmettitore liberato con un conseguente aumento dell'ampiezza dei potenziali postsinaptici. Questa forma di rafforzamento della trasmissione sinaptica, la cui durata è di alcuni minuti, prende il nome di potenziamento post-tetanico (PTP). Anch'essa dipende dall'aumento della concentrazione di ioni Ca^{2+} nella terminazione presinaptica.

Sempre a livello delle giunzioni neuromuscolari, a seguito di potenziali d'azione ripetuti, la trasmissione sinaptica può registrare un graduale indebolimento, definito depressione sinaptica. I potenziali d'azione che si susseguono depauperano progressivamente le vescicole sinaptiche, e i meccanismi di sintesi di nuovo neurotrasmettitore e di riciclo delle membrane non sono abbastanza rapidi da bilanciarne la perdita. La forza delle sinapsi diminuisce fino a quando la normale dotazione di vescicole non è ricostituita.

I fenomeni di facilitazione, potenziamento e depressione possono modificare per brevi periodi la trasmissione sinaptica ma non possono costituire le basi per la memoria o per altri fenomeni di plasticità comportamentale che persistono per settimane, mesi o anni. Meccanismi di plasticità sinaptica di carattere più duraturo sono ritenuti la base dei fenomeni di memorizzazione e di apprendimento che durano per settimane, mesi o anni, e che costituiscono la base della nostra memoria.

Le basi della memoria consistono in modificazioni di lunga durata delle funzioni cerebrali. Queste comprendono meccanismi duraturi di regolazione della forza sinaptica, ben definiti dal punto di vista molecolare: **potenziamento a lungo termine (LTP)**, consistente nell'aumento della forza sinaptica, **depressione a lungo termine (LTD)**, consistente nella diminuzione della forza sinaptica.

Fino alla metà del '900, queste funzioni cognitive sono state attribuite all'intera corteccia cerebrale, senza alcuna specializzazione regionale. Il riconoscimento dell'esistenza di centri cerebrali della memoria risale agli anni '50 quando Penfield osservò che stimolazioni elettriche di specifiche zone del lobo temporale in pazienti affetti da epilessie gravi promuovevano la rievocazione di eventi precisi. Si è compreso che una struttura encefalica fondamentale per la ritenzione della memoria esplicita è l'ippocampo, situato nel lobo temporale mediale del telencefalo, una regione evolutivamente antica della corteccia cerebrale.

CAPITOLO III

VISIONE E APPRENDIMENTO PERCETTIVO

Con apprendimento percettivo si intende un processo tramite il quale gli individui vanno incontro a un miglioramento a lungo termine a seguito di ripetuti compiti visivi mirati.

L'apprendimento percettivo sfrutta il fenomeno di plasticità neuronale proprio dei neuroni della rete alla base del compito allenato.

Questa plasticità consiste in un aumento delle interazioni neuronali eccitatorie e una riduzione delle interazioni inibitorie e si può osservare anche in adulti con visione normale o patologica.

L'incremento della facilitazione e la diminuzione dell'inibizione, indotti proprio dall'apprendimento percettivo, si traduce in una riduzione del rumore esterno e quindi in un aumento del rapporto segnale/rumore dell'attività neuronale.

La sensibilità al contrasto, per esempio, può essere aumentata in soggetti umani adulti tramite la somministrazione ripetuta di esercizi che prevedono la rivelazione di particolari mire presentate affiancate ad altre di stessa orientazione.(6)

Molto interessante è lo studio che è stato condotto dall'università di Rochester nel quale hanno riscontrato una differenza di sensibilità al contrasto in un gruppo di assidui giocatori di giochi d'azione rispetto a loro coetanei non dediti a questi passatempi.(1)

3.1 Visual Training

La visione è l'abilità di identificare, interpretare e capire quello che si vede. Questa funzione si apprende e si sviluppa fin dall'infanzia e si rafforza con la crescita. Abilità visive inefficienti interferiscono con la ricezione e l'elaborazione

dell'informazione visiva, infatti, due terzi delle informazioni che il cervello riceve sono visive. Tali abilità hanno un ruolo importante nell'apprendimento, nello studio e nel lavoro. Occhi che si muovono, si allineano, focalizzano adeguatamente permettono la comprensione e l'interpretazione di tutti i messaggi visivi.

Le abilità visive che tutti conosciamo sono l'acuità visiva da lontano e da vicino; ma per un sistema visivo efficiente se ne utilizzano molte altre: abilità di inseguimento, abilità di fissazione e messa a fuoco, percezione della profondità, percezione della visione periferica, binocularità, memorizzazione, concentrazione (eseguire un compito visivo prolungato), visualizzazione (capacità di formare immagini mentali per poterle immagazzinare più facilmente).

Nel caso in cui non si abbiano abilità visive adeguate all'impegno si possono presentare situazioni di eccessivo affaticamento a fine giornata di lavoro o studio; diplopia o situazioni di stress visivo che portano a un adattamento e quindi a un peggioramento della condizione visiva.

Il Visual Training (VT), o allenamento visivo, è quella parte dell'optometria che si occupa dello sviluppo e del miglioramento delle abilità visive. Il soggetto impara a coordinare meglio i due occhi in modo tale da ricevere da essi una migliore qualità e quantità di informazioni visive. Essere in grado di elaborare meglio le informazioni visive vuol dire avere dei benefici a livello di visione e di tutte le attività quotidiane.

Il VT serve a sviluppare le abilità visive e le capacità necessarie nelle attività scolastiche, lavorative, di vita quotidiana e nello sport. È appurato che persone che hanno un sistema visivo funzionale, una buona coordinazione, una buona

percezione dello spazio, una migliore binocularità e una buona elaborazione delle informazioni visive sono più efficienti; di conseguenza la lettura sarà più veloce con meno sforzo e per un periodo di tempo prolungato, nel lavoro si avrà un ridotto affaticamento visivo a fine giornata e ridotti fastidi all'utilizzo del video terminale, si avrà anche una migliore efficienza nella guida perché si valuteranno meglio le distanze e sarà meno stancante dal punto di vista visivo.

Alla base del visual training c'è il già citato apprendimento percettivo, tramite il quale allenando certi compiti visivi si induce un miglioramento nelle funzioni visive.

Il cervello è dotato di duttilità, ossia della capacità di cambiare e riconfigurare le connessioni in base a nuovi pensieri ed esperienze. In seguito all'apprendimento, anche la funzione dei singoli neuroni cambia, gli impulsi elettrici viaggiano più facilmente attraverso essi. La possibilità di modificazione delle connessioni neurali e di sviluppo di nuove vie è stata dimostrata dagli esperimenti di Avi Karni e Leslie Underleider dei National Institutes of Mental Health. Nel corso delle indagini, i due ricercatori assegnarono ai soggetti un semplice compito motorio, come tamburellare con le dita, e identificarono le aree cerebrali interessate con una tecnica di scansione, la risonanza magnetica. I volontari eseguirono il compito giornalmente per quattro settimane, divenendo sempre più svelti e abili. Alla fine del periodo, venne rieseguita la risonanza magnetica e si constatò che l'area cerebrale coinvolta nell'esecuzione del compito si era espansa. La ripetizione e la pratica regolare dell'esercizio avevano indotto il "reclutamento" di nuovi neuroni e modificato le connessioni neurali originarie. Nel visual training si combinano esercizi che vanno ad allenare diverse abilità.

Il dottor. Skeffington, padre dell'optometria funzionale e direttore dell'O.E.P. ipotizzò, negli anni '40, lo schema dello sviluppo percettivo-motorio del bambino, suddividendone le tappe in quattro aree fondamentali, di forma circolare, parzialmente sovrapposte: Antigravità, Centratrice, Identificazione e Uditivo-Verbale.

L'area dell'Antigravità è legata al movimento, l'embrione umano si sviluppa in un ambiente nel quale non c'è influenza della gravità essendo completamente immerso in un liquido. Al momento della nascita il bambino entra in contatto con un ambiente completamente diverso, nel quale deve imparare a muoversi vincendo tale forza di gravità, prima con movimenti del capo, poi imparando a rotolare, a strisciare, arrampicarsi fino ad imparare a camminare e correre. Questa evoluzione gli fornisce uno *schema corporeo* rendendolo consapevole delle parti del suo corpo e dei loro movimenti allo scopo di mantenere l'equilibrio.

Lo schema corporeo costituisce il punto di partenza per stabilire una relazione con lo spazio esterno e provocare la localizzazione di se stesso rispetto all'ambiente circostante.

Il secondo cerchio, la Centratrice, costituisce l'attenzione alle cose che ci circondano e dalle informazioni che l'ambiente ci trasmette attraverso i nostri sensi per provocare una risposta di conoscenza. Per quanto riguarda gli occhi, la centratrice è realizzata tramite la centratrice degli assi visivi. Se gli occhi non si allineano contemporaneamente sullo stesso bersaglio ne deriva diplopia o una visione confusa. All'allineamento comporta la conoscenza della collocazione delle cose nello spazio rispetto alla propria posizione.

Il cerchio dell'Identificazione consiste nella capacità di apprezzamento e interpretazione della forma delle cose, del loro peso, composizione, colore ecc.

A tali risultati contribuiscono tutti i sensi, nel processo visivo “l'identificazione si realizza tramite il collegamento degli impulsi trasmessi da ciascun occhio in uno schema unitario che confluirà con gli schemi determinati dagli impulsi provenienti dagli altri sensi, andandosi a confrontare con i modelli già memorizzati dalla corteccia visiva, al fine di una rapida percezione di quanto è situato nel campo di sguardo.”(22)

Il quarto cerchio quello del processo Uditivo-Verbale rappresenta lo sviluppo delle capacità di comunicare tramite l'apprendimento dei suoni vocali sempre più precisa fino all'acquisizione del linguaggio.

I quattro cerchi si sviluppano in modo sincrono e collegato, anche se in alcuni periodi dello sviluppo alcuni sono più preponderanti di altri. La zona di sovrapposizione dei quattro cerchi è quella che Skeffington definisce visione, di conseguenza eventi che influiscono con lo sviluppo di uno di questi cerchi produrrà un restringimento di tale area, ovvero un'inefficienza o disturbo nel processo visuo-posturale.

Pertanto, se la visione è un'abilità percettiva appresa, essa può essere migliorata attraverso una rieducazione individuale che viene effettuata attraverso una serie di procedure che, nel loro insieme, prendono il nome di training visivo optometrico, il quale non comprende solo aspetti oculo-motori o motori, ma anche aspetti pienamente sensoriali.

CAPITOLO IV

I VIDEOGIOCHI

Con l'apprendimento percettivo è possibile allenare una precisa abilità ripetendo con costanza un determinato compito visivo, ma il miglioramento delle competenze è solitamente limitato all'esercizio usato per l'addestramento e non si ripercuote su altri compiti, anche se altamente correlati.

Lo sviluppo di metodi per superare queste limitazioni nella capacità del sistema nervoso umano è diventata una sfida importante nel campo della neuroplasticità. Vari approcci sono oggetto di indagine ma rientrano grosso modo in due settori principali: manipolazioni farmaceutiche dirette, e la formazione indotta dall'allenamento, come il VT. Uno strumento utilizzato per promuovere la formazione indotta da allenamento è il videogioco, che, in questi ultimi anni, ha sollevato molta attenzione per la possibilità di miglioramento delle capacità percettive e cognitive (Green & Bavelier 2006).

Interessanti sono diversi studi che mostrano una maggiore abilità dei soggetti solitamente dediti ai videogiochi: migliore coordinazione occhio-mano (Griffith, 1983), aumento delle risposte della vista periferica (Green e Bavelier, 2006), avanzate capacità di rotazione mentale (Sims e Mayer, 2002), tempi di reazione più rapidi (Castel, 2005), solo per citarne alcuni. Purtroppo solo alcuni studi hanno stabilito un nesso di causalità tra il videogioco e i cambiamenti delle prestazioni.

4.1 Attenzione visuo-spaziale

L'efficacia con la quale l'attenzione viene distribuita all'interno del campo visivo può essere misurata con un compito di ricerca visiva (tipo cercare un mazzo di chiavi in una scrivania piena di oggetti). A tale scopo il test *Useful Field of View test* (Palla 1988) è stato utilizzato in un esperimento condotto da Green and Bavelier 2003. Nel test in questione ai soggetti è stato chiesto di localizzare un bersaglio periferico in un campo di oggetti di distrazione. I partecipanti erano sia assidui giocatori di videogames, maschi, (VGG), che avevano giocato per almeno 5 ore alla settimana nei sei mesi precedenti, sia maschi non-giocatori (NVGG) che avevano poca familiarità o nessuna con videogiochi.

I risultati mostrarono una maggiore facilità nei soggetti VGG nell'identificare il target visivo. Questi risultati dimostrano una differenza di prestazioni tra VGG e NVGG. Naturalmente, non è sufficiente per documentare le capacità avanzate di giocatori di videogiochi. L'unico modo per dimostrare pienamente il nesso di causalità che giocare ai videogiochi d'azione porta ad aumenti di capacità percettive e cognitive, è quello di formare un campione casuale di non-giocatori in un videogioco e misurare i cambiamenti nel loro prestazioni prima e dopo l'allenamento.

A tale scopo sono stati paragonati due ulteriori gruppi, uno sottoposto a giochi d'azione (es. Unreal Tournament, Medal of Honor) l'altro a giochi non d'azione (The Sims, Tetris).

Sottoponendoli al *Useful Field of View test* i giocatori allenati con videogiochi d'azione erano maggiormente capaci di identificare gli obiettivi rispetto a quelli

addestrati con giochi non d'azione, anche se i risultati ottenuti mostravano una differenza minore rispetto al primo esperimento.

4.2 Dinamica di attenzione visiva

La dinamica dell'attenzione visiva può essere misurata con l'attention blink, fenomeno a carico (probabilmente) dell'attenzione, individuato in compiti di tipo RSVP (rapid serial visual presentation) e consistente nella difficoltà nel rilevare il secondo di due stimoli salienti o target (T2), se questo è presentato tra i 200 e i 500 millisecondi dopo il primo target (T1), all'interno di una sequenza di stimoli distrattori.

Nel test condotto da Raymond 1992, i soggetti erano sottoposti a una serie di lettere presentate rapidamente, una alla volta per 100ms, ed era richiesto di identificare la lettera in bianco (solo una era bianca le altre nere). In aggiunta dovevano segnalare se durante il test avevano notato la presenza di una lettera X a seguito della lettera bianca, subito o al massimo 8 lettere dopo. Per la maggior parte dei soggetti se la X era rappresentata poco dopo la lettera bianca non la notavano. L'ipotesi è che il soggetto non riesca a rilevare la X perché l'attenzione fosse tutta rivolta all'identificazione della lettera bianca, non appena la lettera bianca veniva notata l'attenzione veniva rivolta alla presenza della lettera X, ma questo "passaggio" di attenzione definito appunto *attention blink* necessita di quantitativo di tempo.

Dallo studio è risultato che i VGG sono in grado di elaborare un rapido flusso di informazioni visive con maggiore efficienza rispetto ai NVGG. Inoltre i soggetti

addestrati con videogiochi d'azione avevano un tempo di "passaggio" inferiore di quelli allenati con un gioco di controllo.

Un'altra proprietà dell'attenzione è la possibilità di monitorare più oggetti contemporaneamente. Per valutare questo aspetto nello studio condotto da Pylyshyn e Storm 1988 è stato utilizzato il *multiple object tracking (MOT)*.

Il MOT misura il numero massimo di elementi in movimento che possono essere monitorati con successo all'interno di un campo di oggetti in movimento di distrazione.

Dallo studio è risultato che i VGG sono capaci di monitorare mediamente 2 oggetti in più dei NVGG.

L'aumento del numero di oggetti percepiti dai giocatori di videogiochi d'azione è stato confermato anche utilizzando un test di conteggio in cui ai partecipanti venivano presentati un numero casuale di oggetti da 1 a 12 per un breve periodo di tempo e chiedendo loro di riferire quanti ne avevano visti.

La precisione dei VGG è risultata maggiore rispetto a quella dei NVGG. Questa maggiore precisione è stata osservata in assenza di variazioni nei tempi di reazione, suggerendo che i giocatori d'azione sono capaci di percepire più oggetti in parte grazie a una più efficiente sistema di memoria a breve termine (Green e Bavelier 2006).

4.3 Sensibilità al contrasto

La sensibilità al contrasto è la capacità di rilevare piccoli incrementi nei toni di grigio su uno sfondo uniforme, è uno dei principali fattori limitanti in un'ampia

varietà di compiti visivi. Purtroppo è uno degli aspetti della visione che è più facilmente compromesso.

Il deterioramento della qualità ottica dell'occhio negli anni può diminuire la sensibilità al contrasto ma non è l'unico responsabile, fattori neurali sembrano avere il loro contributo. Può quindi essere possibile sviluppare interventi di riabilitazione che migliorino la Sensibilità al contrasto attraverso la plasticità neurale.

In uno studio condotto da Daphne Bavelier (1) è stata testata la sensibilità al contrasto in 22 studenti che erano stati divisi in due gruppi. Uno giocò a giochi d'azione (Unreal Tournament e Call of Duty2) l'altro gruppo invece a The Sims 2, un gioco che non richiede molta coordinazione visuo-motoria.

I volontari giocarono per 50 ore distribuite in 9 settimane prima di essere testati nuovamente.

Dai risultati è emerso che il gruppo sottoposto a gioco d'azione mostrava un miglioramento del 43% nelle loro capacità di notare i contrasti, mentre i giocatori non d'azione non presentavano alcun miglioramento.

CAPITOLO V

LO STUDIO

Il gruppo esaminato è costituito da studenti dell'università di Padova selezionati tra amici e compagni di corso che si sono dimostrati molto disponibili a seguire le procedure necessarie per il corretto svolgimento del test..

A ogni soggetto al momento del primo incontro è stato somministrato un questionario di anamnesi per essere a conoscenza della loro situazione visiva e del loro rapporto con il computer, ovvero periodi d'uso ed eventuali problematiche durante il suo utilizzo.

Successivamente sono stati sottoposti a una batteria di test per raccogliere dati quantificabili relativi alle loro performance visive. Infine sono stati nuovamente sottoposti alla stessa batteria di test a distanza di una settimana durante la quale è stato chiesto di giocare al gioco d'azione WarMode o Team Fortress 2 per almeno 1 ora al giorno.

5.1 Somministrazione test

Tutti i test sono stati tutti eseguiti all'interno dell'aula di ottica in Via Ognissanti dove si svolge il corso di Ottica e Optometria di Padova.

Allo scopo di ridurre al minimo le variabili che potevano influire sulla registrazione dei dati, i test sia in sede del primo controllo che del secondo, sono stati eseguiti con le stesse procedure. L'illuminazione della stanza circa 200-250 lux è stata ottenuta chiudendo le finestre vicine alle postazione d'esame e con le sole luci al neon della stanza. Sono state utilizzate due postazioni fisse, due sedie

di 45cm ed un tavolo di 78cm, scelte in modo che i soggetti non subissero riflessi durante l'esecuzione dei test.

Anche gli orari dei test sono rimasti costanti, tutti i soggetti sono stati esaminati nel pomeriggio, in particolar modo, si è cercato di ripetere la seconda batteria di test nella stessa fascia oraria in cui si era stata eseguita la prima.

È stato inoltre deciso di mantenere la correzione abituale per ogni soggetto, in quanto l'esecuzione di un test completo, con relativa somministrazione della giusta correzione, avrebbe richiesto una quantità di tempo che purtroppo non avevamo.

Per lo svolgimento di tutti i test, eccezion fatta per il test sugli inseguimenti, è stato utilizzato VisionApp, un tablet dedicato allo svolgimento di test a distanza prossimale. Tale dispositivo monta un display da 10.1 pollici, risoluzione 1920x1200 e autostereoscopico a barriera di parallasse, permettendo di visualizzare immagini 3D senza l'impiego di occhiali polarizzati o anaglifici. La luce proveniente dal display passa attraverso una serie di fessure in modo da proiettare immagini differenti per i due occhi, stimolando la percezione di immagini stereoscopiche.

Il tablet inoltre possiede la caratteristica di poter creare una playlist di test da eseguire in successione, elemento che ha permesso una maggiore rapidità d'esecuzione.

5.2 Test

Tutti i seguenti test sono stati svolti sia in data del primo che del secondo incontro.

L'acuità visiva prossimale è stata il primo elemento analizzato, dal VisionApp veniva generato un ottotipo prossimale ed è stato chiesto ai soggetti di leggere fino all'ultima riga, prima monocolarmente poi binocularmente.

Per l'ampiezza accomodativa è stato usato il metodo del push-up, sullo schermo veniva proiettata una mira di dimensioni prossime alla sua acuità visiva e poi avvicinata chiedendo al soggetto di segnalarci non appena la mira appariva annebbiata e poi allontanandolo finché tornava nitida. Tale procedura è stata eseguita monocolarmente per entrambi gli occhi e le distanze ottenute sono state registrate come Annebbiamento Rottura e Annebbiamento Recupero.

Successivamente è stato eseguito il test del punto prossimo di convergenza con procedura simile all'ampiezza accomodativa ma effettuato in binoculare. Anche di questo sono stati registrati i valori di rottura (PPC rottura) e recupero (PPC recupero).

Per la misura delle forie abituali è stato impiegato il test di Owell con l'utilizzo di un prisma di 2 diotrie prismatiche.

Per la flessibilità accomodativa sono state misurati i numeri di cicli completi eseguiti in un minuto mentre leggevano un testo dal tablet, utilizzando un flipper di $\pm 2D$.

Gli ultimi due test eseguiti con il VisionApp sono la stereopsi e la sensibilità al contrasto, calcolati tramite un software interno proprio dell'applicazione. Per la misurazione della stereopsi, abbiamo chiesto ai soggetti di posizionarsi sulla seconda postazione nella quale il tablet era fissato a una superficie inclinata. Ai soggetti è stato chiesto di svolgere l'esercizio cercando di mantenere invariata la loro posizione rispetto a quella del monitor.

L'ultimo test eseguito è stato quello per la valutazione dei movimenti saccadici, per tale misurazione ci siamo serviti del test King-Devik. Il test era composto di due parti, la prima era costituita da un totale di quattro sequenze di numeri posti in colonna, la seconda da una serie di numeri posti disordinatamente. Ai soggetti veniva chiesto di leggere i numeri, il più velocemente possibile, in verticale nella prima parte e in orizzontale nella seconda. Mentre eseguivano il test venivano cronometrati e registrati per avere la certezza che non fossero stati commessi errori.

CAPITOLO VI

RISULTATI

Il gruppo esaminato è costituito da 17 soggetti, 8 maschi e 9 femmine, tutti studenti presso l'università di Padova con un'età compresa tra i 19 e i 25 anni, mediamente 22.7 ± 2 .

Di seguito sono riportati i grafici dei risultati ottenuti.

Grafico 1

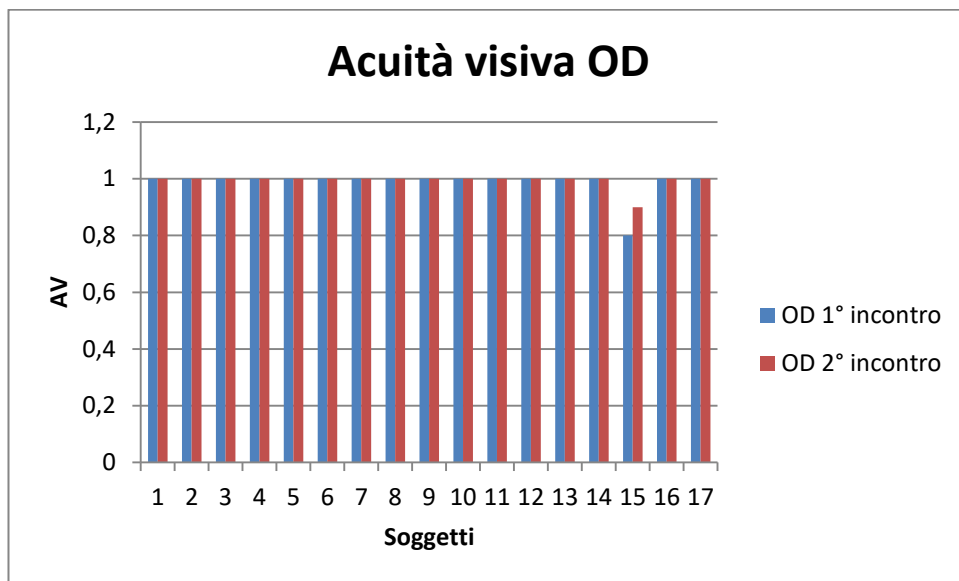


Grafico a istogramma che rappresenta l'Acuità visiva dell'OD dei 17 soggetti rispettivamente al primo e al secondo incontro.

Grafico 2

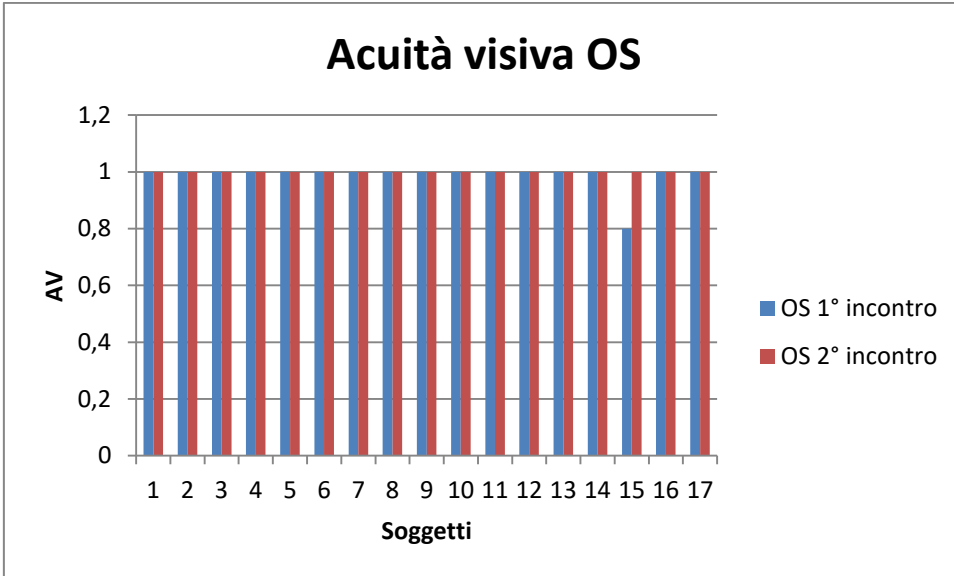


Grafico ad istogramma che rappresenta l'Acuità visiva dell'OS dei 17 soggetti rispettivamente al primo e al secondo incontro.

Grafico 3

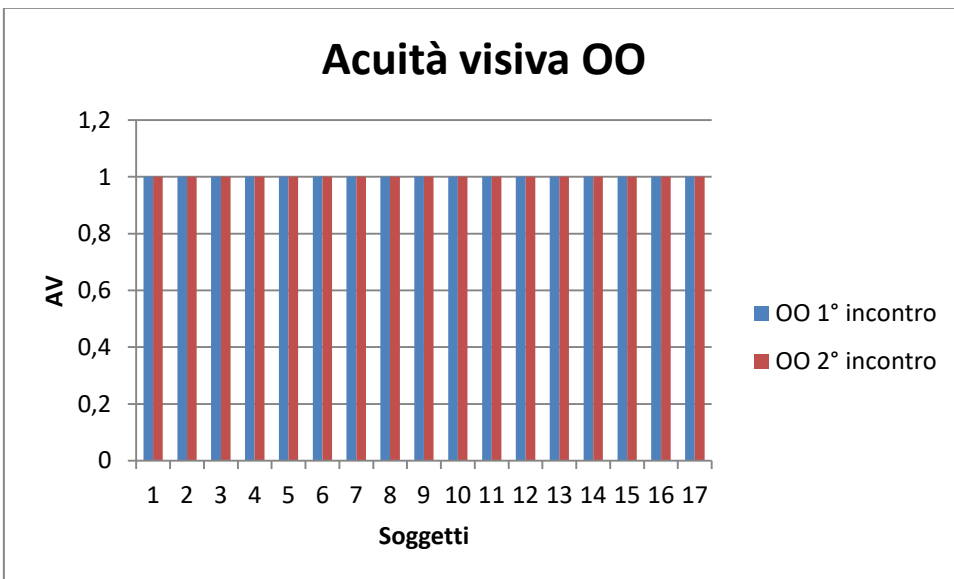


Grafico ad istogramma che rappresenta l'Acuità visiva binoculare dei 17 soggetti rispettivamente al primo e al secondo incontro.

Grafico 4

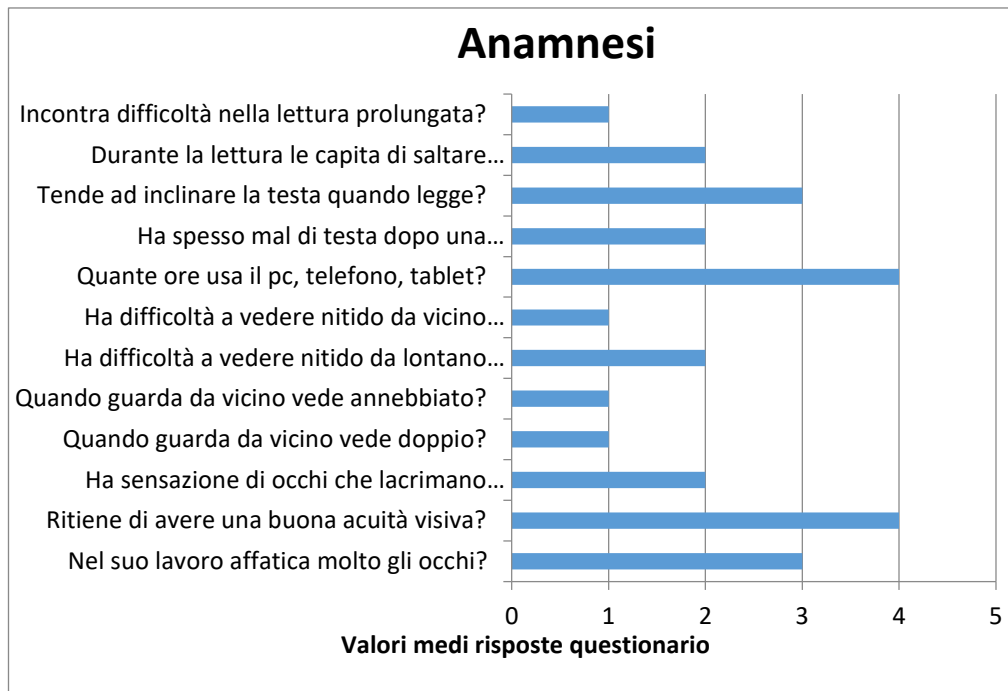


Tabella con la media delle risposte alle varie domande di analisi somministrato prima dell'inizio dei test. In ascissa sono rappresentati i valori medi delle risposte, da 1 a 5 dove 1 corrispondeva al valore minimo (per niente) e 5 al massimo (moltissimo).

Grafico 5

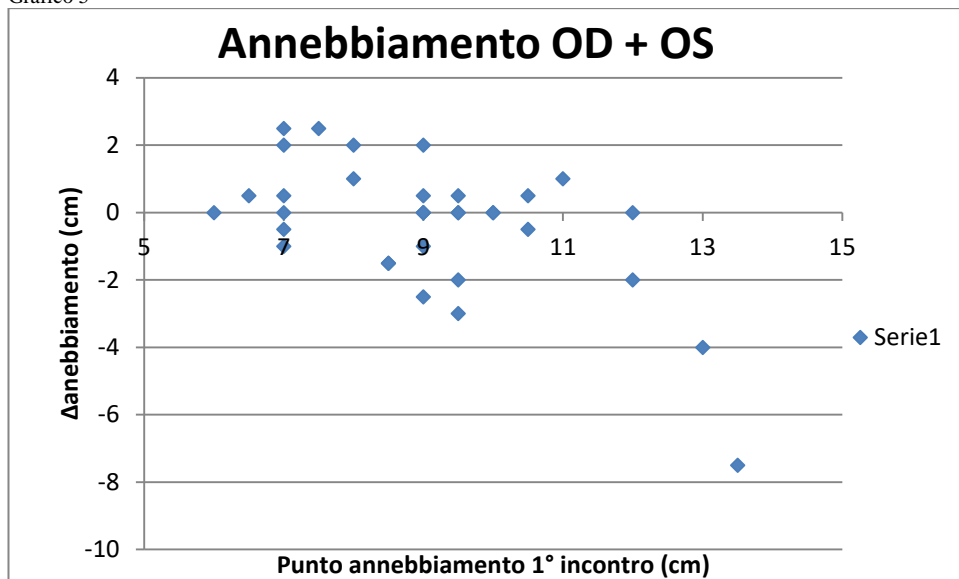


Grafico a dispersioni dei 17 soggetti. In ascissa è riportata la misurazione in cm del punto di annebbiamento di ogni soggetto in riferimento al primo incontro, mentre in ordinata il valore Δ Annebbiamento, ovvero la differenza tra il valore misurato al secondo incontro e quello del primo incontro: $\Delta Ann = Ann2^\circ - Ann1^\circ$

Dei valori ΔAnn abbiamo poi calcolato:

tabella I

Media	-0,34 cm
Errore Media	0,34 cm
z test sulla media	-1,01
Probabilità non ci sia variazione	31,73 %
Indice di correlazione	-0,58
Errore indice di correlazione	0,14
z test indice di correlazione	-4,07
Probabilità non ci sia correlazione	0,006 %

$$errore\ media = \frac{sqm}{\sqrt{N}} \quad sqm = \sqrt{\sum_i \frac{(X_i - X_m)^2}{N-1}} \quad \text{con } X_m = x \text{ medio}$$

$$z\ test = \frac{X_m}{\sqrt{(errore\ media)^2}} \quad \text{indice di correlazione} = \frac{\sum (X_i - X_m)(Y_i - Y_m)}{N} = \frac{\sum (X_i - X_m)(Y_i - Y_m)}{(sqmX * sqmY)}$$

$$errore\ indice\ di\ correlazione = \sqrt{\frac{1 - (\text{indice di correlazione})^2}{(N - 2)}}$$

Grafico 6

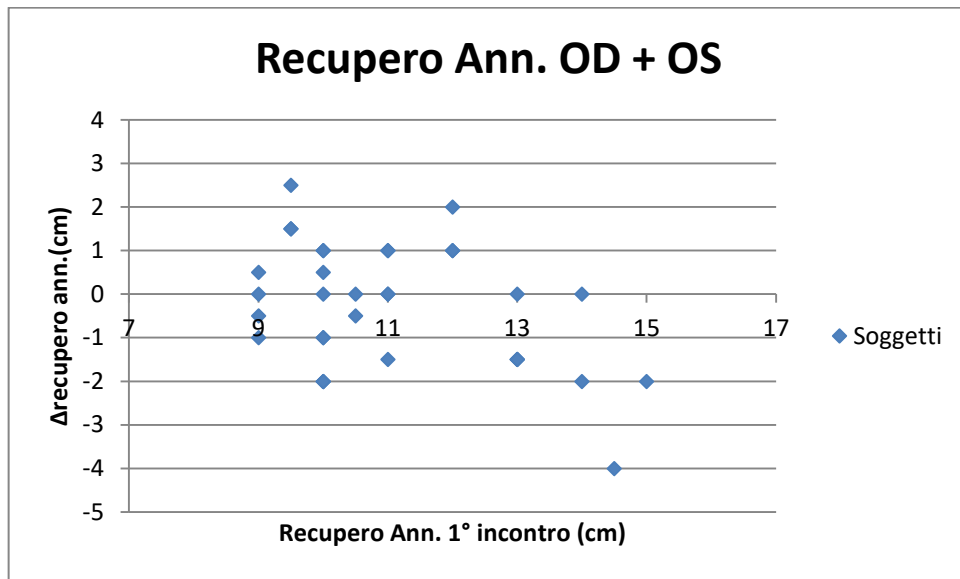


Grafico a dispersione dei 17 soggetti. In ascissa è riportata la misurazione in cm del punto di recupero di annebbiamento di ogni soggetto in riferimento al primo incontro, mentre in ordinata il valore Δ Recupero Ann ovvero la differenza tra il valore misurato al secondo incontro e quello del primo incontro: $\Delta R. Ann = R. Ann2^\circ - R. Ann1^\circ$

Dei valori $\Delta R. Ann$ abbiamo poi calcolato

tabella II

Media	-0,28 cm
Errore Media	0,24 cm
z test sulla media	-1,14
Probabilità non ci sia variazione	27,1 %
Indice di correlazione	-0,41
Errore indice di correlazione	0,16
z test indice di correlazione	-2,52
Probabilità non ci sia correlazione	1,17 %

$$errore\ media = \frac{sqm}{\sqrt{N}} \quad sqm = \sqrt{\sum i \frac{(Xi - Xm)^2}{N-1}} \quad \text{con } Xm = x\ \text{medio}$$

$$z \text{ test} = \frac{Xm}{\sqrt{(\text{errore media})^2}} \quad \text{indice di correlazione} = \frac{\sum(Xi-Xm)(Yi-Ym)}{N \cdot (\text{sqmX} \cdot \text{sqmY})}$$

$$\text{errore indice di correlazione} = \sqrt{\frac{1 - (\text{indice di correlazione})^2}{(N - 2)}}$$

Grafico 7

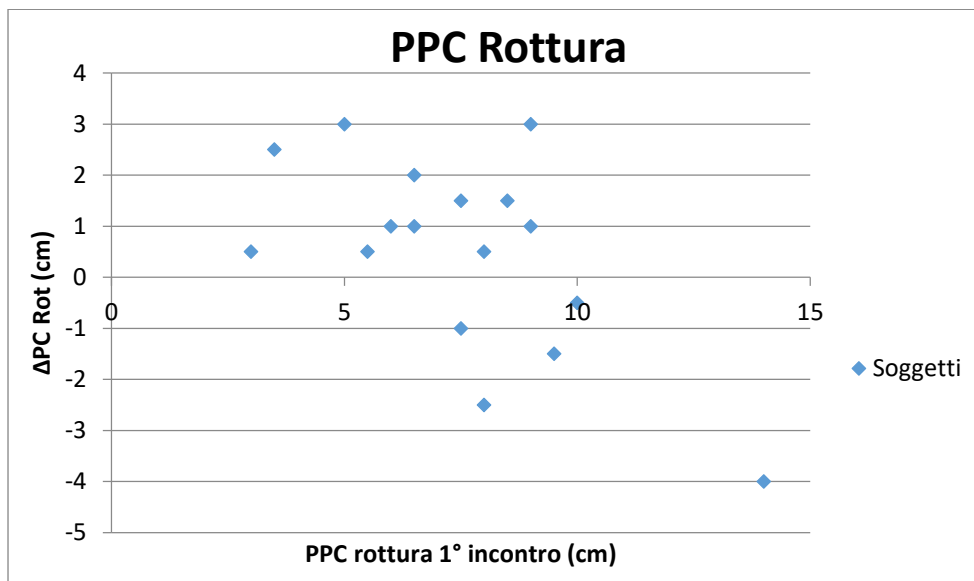


Grafico a dispersione dei 17 soggetti. In ascissa è riportato il valore in cm relativo alla rottura del punto prossimo di convergenza dei vari soggetti misurato in sede del primo incontro. In ordinata è invece riportato il corrispondente valore ΔPPC Rot ovvero la differenza tra i valori di PPC misurati tra secondo e primo incontro:

$$\Delta\text{PPC Rot} = \text{PPC rot } 2^\circ - \text{PPC rot } 1^\circ$$

Dai valori di ΔPPC Rot abbiamo poi calcolato:

tabella III

Media	0,50 cm
Errore Media	0,46 cm
z test sulla media	1,08
Probabilità non ci sia variazione	28 %
Indice di correlazione	-0,61
Errore indice di correlazione	0,20
z test indice di correlazione	-3,00
Probabilità non ci sia correlazione	0,27 %

tabella IV

Media	0,78 cm
Errore Media	0,39 cm
z test sulla media	2,00
Probabilità non ci sia variazione	3,94 %
Indice di correlazione	-0,36
Errore indice di correlazione	0,25
z test indice di correlazione	-1,45
Probabilità non ci sia correlazione	14 %

$$\text{errore media} = \frac{sqm}{\sqrt{N}} \quad sqm = \sqrt{\sum_i \frac{(X_i - X_m)^2}{N-1}} \quad \text{con } X_m = x \text{ medio}$$

$$z \text{ test} = \frac{X_m}{\sqrt{(\text{errore media})^2}} \quad \text{indice di correlazione} = \frac{\sum (X_i - X_m)(Y_i - Y_m)}{(sqmX * sqmY)}$$

$$\text{errore indice di correlazione} = \sqrt{\frac{1 - (\text{indice di correlazione})^2}{(N - 2)}}$$

Grafico 8

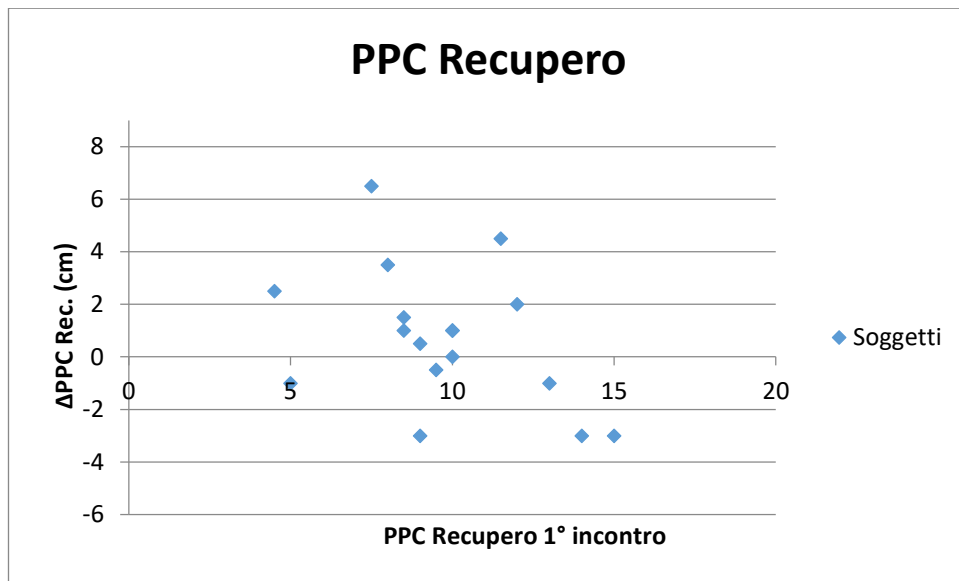


Grafico a dispersione dei 17 soggetti. In ascissa è riportato il valore in cm relativo al recupero del punto prossimo di convergenza dei vari soggetti misurato in sede del primo incontro. In ordinata è invece riportato il corrispondente valore Δ PPC Rec ovvero la differenza tra i valori di PPC misurati tra secondo e primo incontro:

$$\Delta\text{PPC Rec} = \text{PPC rec } 2^\circ - \text{PPC rec } 1^\circ$$

Dai valori di $\Delta\text{PPC Rec}$ abbiamo poi calcolato:

tabella V

Media	0,74 cm
Errore Media	0,64 cm
z test sulla media	1,15
Probabilità non ci sia variazione	23,00 %
Indice di correlazione	-0,41
Errore indice di correlazione	0,24
z test indice di correlazione	-1,74
Probabilità non ci sia correlazione	8,00 %

Grafico 9

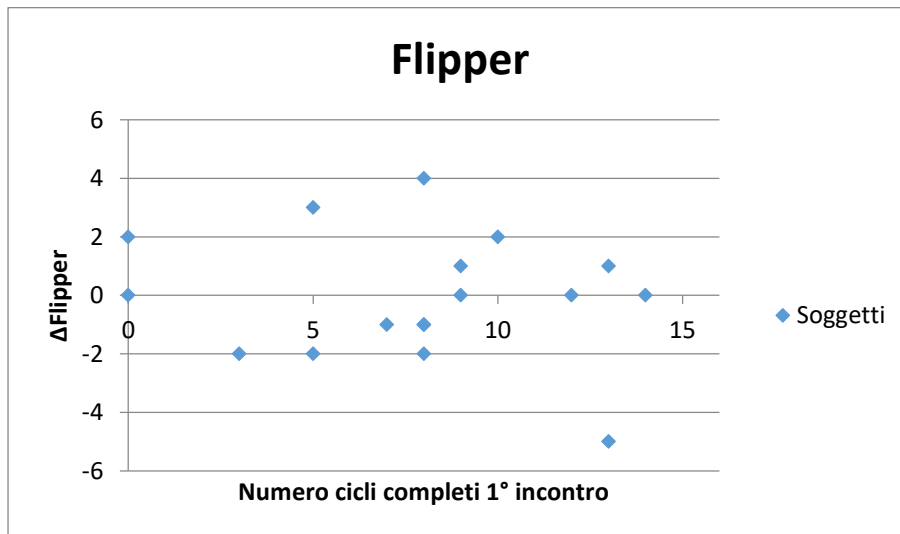


Grafico a dispersione dei 17 soggetti. In ascissa è riportato il valore dei cicli completi effettuati dai soggetti al test del flipper $\pm 2D$ in 1 minuto in sede del primo incontro.

In ordinata invece è riportato il corrispondente valore $\Delta\text{Flipper}$ dato dalla differenza dei valori del secondo incontro e del primo:

$$\Delta\text{Flipper} = N \text{ cicli } 2^\circ \text{ incontro} - N \text{ cicli } 1^\circ \text{ incontro}$$

Dal valore Δ Flipper abbiamo poi ricavato:

tabella VI

Media	-0,06
Errore Media	0,52
z test sulla media	-0,11
Probabilità non ci sia variazione	92,00 %
Indice di correlazione	-0,16
Errore indice di correlazione	0,25
z test indice di correlazione	-0,63
Probabilità non ci sia correlazione	52,00 %

$$\text{errore media} = \frac{sqm}{\sqrt{N}} \quad sqm = \sqrt{\sum_i \frac{(X_i - X_m)^2}{N-1}} \quad \text{con } X_m = x \text{ medio}$$

$$z \text{ test} = \frac{X_m}{\sqrt{(\text{errore media})^2}} \quad \text{indice di correlazione} = \frac{\sum (X_i - X_m)(Y_i - Y_m)}{N (sqmX * sqmY)}$$

$$\text{errore indice di correlazione} = \sqrt{\frac{1 - (\text{indice di correlazione})^2}{(N - 2)}}$$

Grafico 10

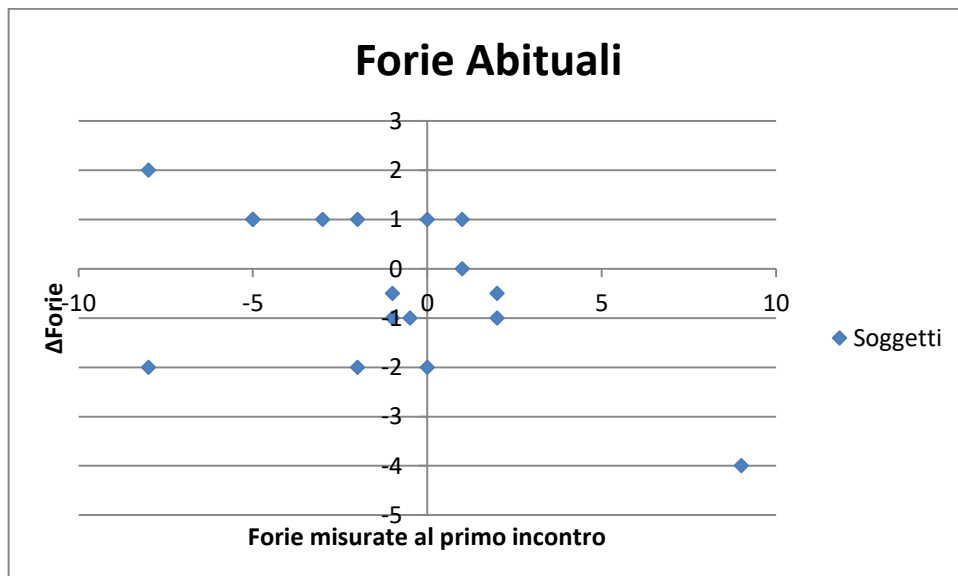


Grafico a dispersione dei 17 soggetti. In ascissa è riportato il valore delle forie abituali di ogni soggetto in sede del primo incontro.

In ordinata invece è riportato il corrispondente valore Δ Forie dato dalla differenza dei valori del secondo incontro e del primo:

$$\Delta\text{Forie} = \text{Forie } 2^\circ \text{ incontro} - \text{Forie } 1^\circ \text{ incontro}$$

Da segnalare che i valori in EXO sono stati riportati con segno negativo, mentre i valori in ESO con segno positivo

Dal valore Δ Forie abbiamo poi ricavato:

tabella VII

Media	-0,35 DP
Errore Media	0,38 DP
z test sulla media	-0,93
Probabilità non ci sia variazione	35,20 %
Indice di correlazione	-0,53
Errore indice di correlazione	0,22
z test indice di correlazione	-2,44
Probabilità non ci sia correlazione	1,40 %

tabella VIII

Media	-0,13 DP
Errore Media	0,32 DP
z test sulla media	-0,39
Probabilità non ci sia variazione	69,65 %
Indice di correlazione	-0,24
Errore indice di correlazione	0,26
z test indice di correlazione	-0,91
Probabilità non ci sia correlazione	36,28 %

$$\text{errore media} = \frac{sqm}{\sqrt{N}} \quad sqm = \sqrt{\sum_i \frac{(X_i - X_m)^2}{N-1}} \quad \text{con } X_m = x \text{ medio}$$

$$z \text{ test} = \frac{X_m}{\sqrt{(\text{errore media})^2}} \quad \text{indice di correlazione} = \frac{\sum (X_i - X_m)(Y_i - Y_m)}{N \cdot (sqmX \cdot sqmY)}$$

$$\text{errore indice di correlazione} = \sqrt{\frac{1 - (\text{indice di correlazione})^2}{(N - 2)}}$$

Grafico 11

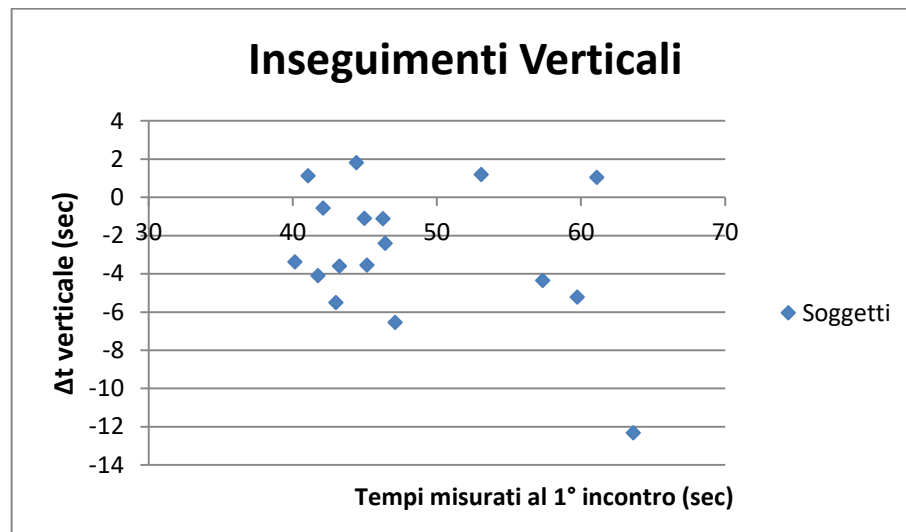


Grafico a dispersione dei 17 soggetti. In ascissa è riportato il tempo t impiegato da ogni soggetto a svolgere il test durante il primo incontro, mentre in ordinata è rappresentato il corrispondente valore Δt verticale corrispondente alla differenza tra il tempo t_2 del secondo incontro e t_1 del primo incontro:

$$\Delta t \text{ verticale} = t_2 - t_1$$

Dai valori di Δt verticale abbiamo poi calcolato:

tabella IX

Media	-2,86 s
Errore Media	0,86 s
z test sulla media	-3,32
Probabilità non ci sia variazione	0,09 %
Indice di correlazione	-0,35
Errore indice di correlazione	0,24
z test indice di correlazione	-1,44
Probabilità non ci sia correlazione	14,98 %

$$\text{errore media} = \frac{sqm}{\sqrt{N}} \quad sqm = \sqrt{\sum_i \frac{(X_i - X_m)^2}{N-1}} \quad \text{con } X_m = x \text{ medio}$$

$$z \text{ test} = \frac{X_m}{\sqrt{(\text{errore media})^2}} \quad \text{indice di correlazione} = \frac{\frac{\sum (X_i - X_m)(Y_i - Y_m)}{N}}{(sqmX * sqmY)}$$

$$\text{errore indice di correlazione} = \sqrt{\frac{1 - (\text{indice di correlazione})^2}{(N - 2)}}$$

Grafico 12

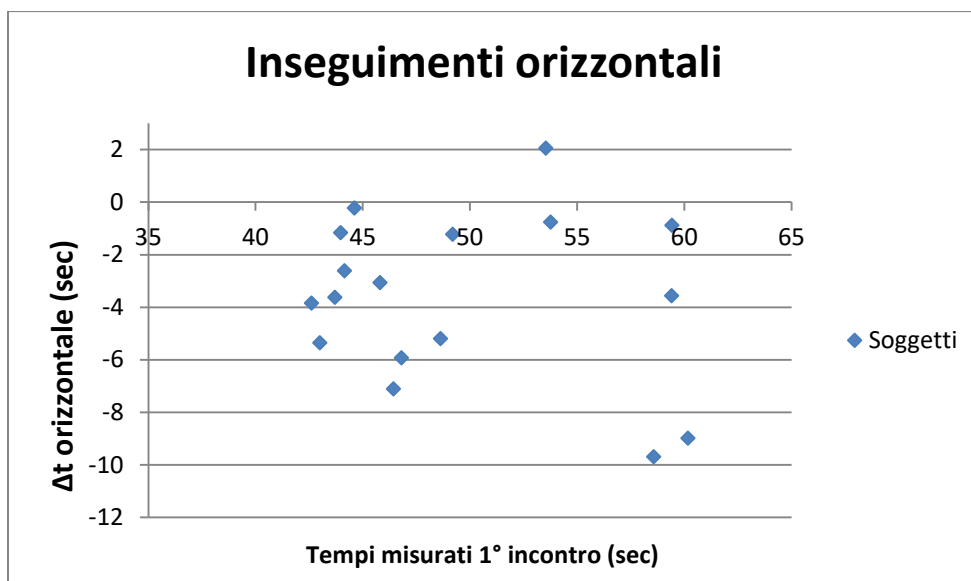


Grafico a dispersione dei 17 soggetti. In ascissa è riportato il tempo t impiegato da ogni soggetto a svolgere il test durante il primo incontro, mentre in ordinata è rappresentato il corrispondente valore Δt orizzontale corrispondente alla differenza tra il tempo t_2 del secondo incontro e t_1 del primo incontro:

$$\Delta t \text{ orizzontale} = t_2 - t_1$$

Dai valori di Δt orizzontale abbiamo poi calcolato:

tabella X

Media	-3,6 s
Errore Media	0,8 s
z test sulla media	-4,7
Probabilità non ci sia variazione	0,0003 %
Indice di correlazione	-0,2
Errore indice di correlazione	0,3
z test indice di correlazione	-0,6818
Probabilità non ci sia correlazione	49,65 %

$$\text{errore media} = \frac{sqm}{\sqrt{N}} \quad sqm = \sqrt{\sum_i \frac{(X_i - X_m)^2}{N-1}} \quad \text{con } X_m = x \text{ medio}$$

$$z \text{ test} = \frac{X_m}{\sqrt{(\text{errore media})^2}} \quad \text{indice di correlazione} = \frac{\frac{\sum (X_i - X_m)(Y_i - Y_m)}{N}}{(sqmX * sqmY)}$$

$$\text{errore indice di correlazione} = \sqrt{\frac{1 - (\text{indice di correlazione})^2}{(N - 2)}}$$

CONCLUSIONI

Analizzando i grafici dei risultati emerge subito che per quanto riguarda l'AV non ci sono state significative variazioni (grafico 1, 2 e 3), eccezion fatta per il soggetto 15 che ha mostrato un lieve miglioramento sia nell'OD che nell'OS.

Per quanto riguarda le condizioni di partenza del gruppo, prima della somministrazione del test possiamo notare (grafico 4) che mediamente i soggetti non presentavano grosse problematiche nello svolgimento di attività prossimali. I soggetti infatti non hanno superato il valore di 2 (corrispondente alla risposta "poco") alle domande riguardanti eventuali sintomi di astenopia, pur mostrando di spendere diverse ore al giorno nell'utilizzo di computer, tablet o cellulari (valore 4 corrispondente a: tra 90 e 120 min al giorno).

Guardando i dati raccolti si può notare che gli unici test ad avere valori significativi allo Z-test sono gli inseguimenti orizzontali e verticali. Considerando una probabilità limite pari ad $\alpha=0.10$ il test ci permette di rifiutare l'ipotesi H_0 , ovvero che il gioco d'azione non influisca sui movimenti saccadici, quando Z è inferiore a -1.64 . Avendo trovato $Z=-3.3$ e $z=-4.7$, rispettivamente per il test verticale e orizzontale, questo suggerisce una effettiva correlazione tra l'utilizzo del videogioco e la variazione dei tempi.

Nello specifico si evidenzia una riduzione media di circa 3.5 secondi nei tempi di svolgimento del test dopo il periodo di allenamento con il videogame sparatutto.

Andando ad analizzare gli indici di correlazione invece si può notare che diversi test hanno mostrato risultati interessanti, in particolare: il punto di annebbiamento (grafico 4) con il valore di -0.6 evidenzia che i soggetti che inizialmente presentavano punti di annebbiamento più distanti hanno conseguito una riduzione maggiore rispetto a coloro che fin dal primo incontro avevano registrato distanza più piccole. Lo Z-test applicato al computo del relativo coefficiente di correlazione porta infatti a una probabilità pari a 0.006% per H_0 (ipotesi di non-correlazione).

Particolare attenzione bisogna prestare invece ai risultati relativi al Punto Prossimo di Rottura e delle Forie abituali.

Del PPC rottura è possibile vedere due tabelle distinte (tabella III e tabella IV). Nella prima sono elencati i valori calcolati sull'intero campione di 17 soggetti, mentre nella seconda è stato escluso il soggetto che nel grafico 7 risultava in basso a destra, con valori molto diversi rispetto al resto del gruppo in esame.

Dalla prima tabella si può notare una probabilità di H_0 (ipotesi di non-correlazione) relativa al coefficiente di correlazione, molto significativa, ben 0.27%. Tale probabilità però cambia considerevolmente se viene escluso tale soggetto, arrivando al 14% suggerendo una scarsa probabilità di correlazione. Ovvero soggetti con PPC bassi al primo test non hanno subito variazioni più o meno significative rispetto a coloro che avevano PPC alti.

Anche lo Z-test relativo alle medie subisce una variazione importante passando da una percentuale di H_0 del 28% ad una del 3.94%, questo cambiamento invece ci porta a pensare che il gioco abbia influito sulla variazione dei risultati.

Anche per quanto riguarda le Forie abituali sono state riportate due tabelle (VII-VIII), nella seconda sono stati riportati i valori calcolati escludendo il soggetto in basso a destra nel grafico 10.

Confrontando le due tabelle si può notare un cambiamento sia della percentuale della probabilità che non ci siano variazioni, (dal 35.20% al 69.65%) sia della probabilità relativa alla correlazione, dal 1.40% al 36.28%, suggerendo il rifiuto dell'ipotesi che il videogioco d'azione abbia realmente influito sulla variazione delle forie abituali dei soggetti.

Nessun risultato significativo è emerso invece riguardo alla flessibilità accomodativa attraverso il test del flipper ± 2 . Si può vedere dalla tabella 6 che risulta ben il 92% di probabilità dell'ipotesi H_0 (nessuna variazione) e del 52% dell'ipotesi H_0 (nessuna correlazione).

DISCUSSIONE

Il videogioco d'azione ha dimostrato quindi un effettivo contributo nell'incrementare le capacità visive. I soggetti infatti, come mostrato in precedenza, hanno migliorato i tempi d'esecuzione dei test ai movimenti saccadici.

Questo è molto probabilmente dovuto alla natura dei giochi d'azione. Le risposte motorie e visive richieste per eseguire un gioco di questa categoria non sono semplici.

I giocatori stanno essenzialmente agendo attraverso un avatar in continuo movimento in un ambiente pieno di target diversi anch'essi in movimento. Il livello di riflessi e le capacità di focalizzare e isolare dallo scenario i bersagli sono elevati, la continua esercitazione quindi (tramite l'apprendimento percettivo) affina la tecnica e quindi le capacità.

Anche il PPC rottura ha mostrato un leggero cambiamento, in particolare un allontanamento di 0.5cm suggerendo un possibile rilassamento binoculare.

Purtroppo per quanto riguarda la sensibilità al contrasto non è stato possibile fare delle considerazioni in quanto sin dal primo incontro i soggetti raggiungevano in gran parte la soglia massima misurata dallo strumento utilizzato.

Questa abilità di risposta più rapida suscitata dai videogiochi d'azione non ha grossissime influenze sulla qualità della vita per la maggior parte delle persone, ma ci sono diversi sottogruppi che potrebbero beneficiarne, in particolare coloro che manifestano deficit di elaborazione visiva come: astenopia, difficoltà di concentrazione o di copiare alla lavagna.

Come accennato in precedenza, uno dei principali ostacoli nello sviluppo di metodi di riabilitazione efficienti è la specificità e l'incapacità spesso di applicarsi ad altri compiti al di fuori dell'esercizio di training. Il training con i videogiochi fa interagire invece più aspetti dell'attenzione visiva (spaziale, temporale, affollamento ecc). A causa della limitata quantità di tempo e della difficoltà nel reperire soggetti ci siamo serviti di un

campione di soli 17 volontari, non sufficientemente grande per fare delle generalizzazioni attendibili per tutta la popolazione.

Oltre a questo sarebbe stato utile affiancare al campione un gruppo di controllo per valutare se il miglioramento fosse dovuto realmente al gioco o ad un aumento di bravura nello svolgere il test.

Sarebbe quindi molto interessante in futuro ripetere il test su un campione più numeroso ma anche più vario di soggetti, ad esempio in funzione dell'età, valutando eventuali variazioni tra soggetti più giovani e più anziani.

Molto importante sarebbe anche la possibilità di monitorare i risultati su un periodo di tempo più lungo, anche un anno, potendo sfruttare strumenti più sensibili, per esempio la sensibilità al contrasto.

Bibliografia

- (1) Bavalier D, Renjie Li, Polat U., Makous W. Enhancing the contrast sensitivity function through action video game Training. Author manuscript, 2010
- (2) da Berlucchi e Buchtel, Neural plasticity: historical roots and evolution of meaning. (2009)
- (3) Neuroscienze George J. Augustine, David Fitzpatrick, cap25-31
- (4) Michele Nasi, I Monitor LCD emettono radiazioni? Rischi per la salute degli occhi. IlSoftware.it 2014.
- (5) In Forma Salute intervista a dott.ssa Simonetta Morselli, Direttore della struttura Complessa di Oculistica dell' Ulss 3 e Direttore del Dipartimento di Chirurgia Specialistica
- (6) Dott. Antonella Vecchies, Tiziano Testa, Prof. Clara Casco Polat study. Plasticità neurale e apprendimento percettivo Professional.
- (7) Uchino M, Schaumberg DA, Dogru M *et al.* Prevalence of dry eye disease among Japanese visual display terminal users. *Ophthalmology* 2008; 115: 1982–1998.)
- 8) Rossignol AM, Morse EP, Summers VM & Pagnotto LD. Visual display terminal use and reported health symptoms among Massachusetts clerical workers. *J Occup Med* 1987; 29: 112–118.
- 9) Blehm C, Vishnu S, Khattak A *et al.* Computer vision syndrome: a review. *Surv Ophthalmol* 2005; 50: 253–262.
- 10) Tsubota K & Nakamori K. Dry eyes and video display terminals. *N Engl J Med* 1993; 328: 584–585.
- 11) Patel S, Henderson R, Bradley L *et al.* Effect of visual display unit use on blink rate and tear stability. *Optom Vis Sci* 1991; 68: 888–892.
- 12) Schlote T, Kadner G & Freudenthaler N. Marked reduction and distinct patterns of eye blinking in patients with moderately dry eyes during video display terminal use. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2004; 242: 306–312.

- 13) Gowrisankaran S, Sheedy JE & Hayes JR. Eyelid squint response to asthenopia-inducing conditions. *Optom Vis Sci* 2007; 84: 611–619.
- 14) Himebaugh NL, Begley CG, Bradley A & Wilkinson JA. Blinking and tear break-up during four visual tasks. *Optom Vis Sci* 2009; 86: 106–114.
- 15) Harrison WW, Begley CG, Liu H, Chen M, Garcia M & Smith JA. Menisci and fullness of the blink in dry eye. *Optom Vis Sci* 2008; 85: 706–714.
- 16) Portello JK, Rosenfield M & Chu CA. Incomplete blinks and computer vision syndrome. *Optom Vis Sci* 2010; 87: E-abstract 105993.
- 17) Chu CA, Rosenfield M & Portello JK. Computer vision syndrome: blink rate and dry eye during hard copy or computer viewing. *Optom Vis Sci* 2010; 87: E-abstract 100698.
- 18) Portello JK & Rosenfield M. Effect of blink rate on computer vision syndrome. *Optom Vis Sci* 2009; 86: E-abstract 95828.
- 19) Salibello C & Nilsen E. Is there a typical VDT patient? A demographic analysis. *J Am Optom Assoc* 1995; 66: 479–483
- 20) La visione binoculare nei suoi aspetti clinici e sociali Hynecos reserch
- 21) Formenti M. Visione ed apprendimento 2008-2009
- 22) Rosanna Bardini Processo di Sviluppo della Visione secondo Skeffington.
- 23) Matthew W.G. Dye, C. Shawn Green e Daphne Bavalier, Increasing Speed of Processing with Action Video Games. Author manuscript, 2010.
- 24) Seong Taek Jeon, Daphne Maurer e Terri L. Lewis. The effect of Video Game Training on the Vision of Adults with Bilateral Deprivation Amblyopia. *Seeing and Perceiving* (2012)