

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Fisica e Astronomia “Galileo Galilei”

Corso di Laurea in Ottica e Optometria

TESI DI LAUREA

**Test e comparazione della valutazione dei movimenti
saccadici tra SEM (Saccadic Eye Movement Test)
e NSUCO su popolazione in età scolare**

Relatore: Prof. Anto Rossetti

Correlatore: Dott. Andrea Binotto

Dott.ssa Anna Tovo

Laureanda: Giorgia Ganassin

Matricola: 1154072

Anno accademico 2019/2020

Indice

ABSTRACT	1
INTRODUZIONE	3
1 Capitolo 1: Movimenti saccadici oculari.....	5
1.1 Circuito di controllo saccadico nel tronco dell'encefalo.....	8
1.2 Saccadi nella lettura.....	11
2 Capitolo 2: Test che valutano i movimenti saccadici.....	15
2.1 Test di osservazione diretta	16
2.1.1 NSUCO Oculomotor test	16
2.2 Test visuo-verbali	19
2.2.1 Developmental Eye Movement (DEM) test.....	20
2.2.2 King – Devick test (NYSOA)	24
2.3 Registrazione oggettiva dei movimenti oculari.....	26
2.3.1 Readalyzer.....	26
2.3.2 Visagraph II.....	27
2.3.3 Tobii RX300 Reading Gaze	28
2.4 SEM (Saccadic Eye Movements) Test.....	29
3 Capitolo 3: Lo studio.....	31
3.1 Descrizione del campione.....	31
3.2 Protocollo esecutivo	35
3.3 Analisi statistica	45
3.3.1 Correlazione Totale NSUCO – SEM.....	46
3.3.2 Correlazione punteggio abilità NSUCO - SEM.....	48
3.3.3 Correlazione punteggio accuratezza NSUCO - SEM	50
3.3.4 Correlazione età – tempo totale SEM	52
3.3.5 Correlazione età – totale NSUCO	54

4	Discussione e conclusioni	57
4.1	Discussione.....	57
4.2	Conclusioni.....	57
5	Bibliografia	59
6	Appendice A.....	69
7	Appendice B.....	72
8	Appendice C.....	73

ABSTRACT

OBIETTIVO

Lo scopo dello studio è quello di comparare il test di valutazione dei movimenti saccadici NSUCO con una nuova procedura in beta testing denominata SEM test (Saccadic Eye Movement Test). SEM test nasce dalla necessità di identificare precocemente un deficit dei movimenti saccadici, fondamentali nella letto – scrittura, in modo rapido, specifico e sensibile in età pre-scolare e scolare.

METODO

Il campione di riferimento consiste in un gruppo di 84 soggetti di età compresa tra i 6 e gli 8 anni.

La rilevazione dei dati è avvenuta all'interno di un progetto di screening visivo gratuito per l'identificazione di difetti visivi, ambliopia, strabismo, alterazioni del quadro oculomotorio e dell'equilibrio della visione binoculare che possono alterare le abilità di lettura.

Nella prima fase dello studio, la scuola ha consegnato ai genitori un questionario anamnestico e chiesto loro di compilarlo, per raccogliere alcune informazioni di base sullo sviluppo del bambino.

Nella seconda fase sono stati somministrati i seguenti test:

- Acuità visiva monoculare e binoculare (a distanza e prossimale);
- Autorefrattometria;
- Cover test (a distanza e prossimale);
- Test del punto prossimo di convergenza (PPC);
- Test della motilità oculare;
- NSUCO test;
- SEM test;
- Randot stereo test;
- Dominanza (visuo-motoria, acustica, manuale, podalica).

RISULTATI

I risultati ottenuti, comparando NSUCO test con SEM Test, evidenziano una correlazione ottenuta con un'analisi di regressione lineare che risulta debole confrontando il punteggio totale NSUCO test con tempo totale ($r = -0,14$), errori ($r = -0,03$) e media ponderata SEM test ($r = -0,15$); accuratezza NSUCO test con tempo totale ($r = -0,09$), errori ($r = -0,11$) e media ponderata SEM test ($r = -0,01$) e abilità con tempo totale ($r = -0,14$), errori ($r = 0,01$) e media ponderata SEM test ($r = 0,01$).

CONCLUSIONI

L'eterogeneità dei risultati, ottenuti confrontando i due test, è dovuta forse ad un'imprecisa formulazione del task assegnato durante lo svolgimento del SEM test. L'enfasi è stata posta sulla precisione e non sulla velocità di esecuzione del compito, chiedendo al soggetto di premere sul tastierino la E uguale a quella vista sullo schermo. Si è deciso, pertanto, di modificare il task da assegnare prima dell'esecuzione del SEM test, con: "vedrai delle E con direzioni diverse, dovrai digitare su questo tastierino quella uguale a quella che vedi nel più breve tempo possibile".

INTRODUZIONE

La trasformazione avvenuta nelle società moderne ha cambiato il modo di vivere delle persone. In questo mutato contesto anche la visione e il suo utilizzo sono cambiati: ci si avvale della visione per percepire e riconoscere gli spazi circostanti, nei quali orientarsi e muoversi opportunamente, ma soprattutto per leggere e comprendere i testi oppure le immagini presentate a distanza prossimale, su supporti cartacei o digitali. Il continuo mutare della richiesta visiva nell'utilizzo degli apparecchi digitali implica oggi distanze specifiche di utilizzo che non erano considerate in passato. La richiesta visiva è quindi più varia, intensa e dispendiosa e, per tenere il passo, l'integrità e l'efficienza visiva sono indispensabili. L'esame della vista quindi non si limita più alla compensazione delle ametropie, ma ne esamina anche le abilità oculomotorie, accomodative e binoculari [1].

La lettura è una delle funzioni visive più importanti nella vita quotidiana. L'atto di leggere è estremamente complesso e coinvolge una funzione integrata di aspetti oculomotori, sensoriali, cognitivi e di attenzione. Una lettura normale comprende sequenze accurate, ritmiche ed eseguite in modo riflessivo di movimenti oculari saccadici, intervallati da brevi pause di fissazioni. I movimenti oculari saccadici correlati alla lettura hanno un'ampiezza di 1-3 gradi e una durata saccadica di 30-60 ms. Per una lettura efficiente è necessaria la presenza di un accurato sistema saccadico, un'accomodazione e una vergenza sincronizzate [2].

L'idea di proporre uno screening e confrontare l'NSUCO Oculomotor Test, validato da "The Northeastern State University College of Optometry" [3], con una nuova procedura in beta testing denominata SEM test (Saccadic Eye Movement Test), è scaturita dall'esigenza di identificare precocemente un eventuale deficit dei movimenti saccadici, fondamentali in età pre-scolare e scolare nell'apprendimento della lettura.

1 Capitolo 1: Movimenti saccadici oculari

Il termine saccade, di derivazione francese, significa "scossone" e descrive il comportamento dell'occhio durante questo movimento [4]. Le saccadi sono rapidi movimenti a balzi dell'occhio generalmente seguiti da una fissazione, che è un periodo di tempo durante il quale l'occhio è fermo. Tali rapidi movimenti vengono eseguiti in media 3-4 volte/s per portare la zona di interesse a coincidere con la fovea [5]. La velocità di esecuzione può raggiungere picchi di $900^\circ/s$, per questo è molto difficile modificarne la traiettoria in corso di esecuzione. Infatti, le saccadi sono considerate un movimento di tipo balistico: una volta iniziato, la sua ampiezza e direzione non possono essere modificate [6].

Gli occhi si muovono congiuntamente: i movimenti in ciascun occhio hanno la stessa ampiezza e direzione. I movimenti saccadici oculari tendono ad avere un profilo temporale caratteristico: l'occhio inizialmente è stabile, quindi accelera rapidamente fino a una velocità di picco, seguita da una decelerazione e infine da un rapido ritorno alla stabilità. Tutto ciò si ottiene in tempi relativamente brevi. Ad esempio, la saccade illustrata in Figura 1 ha una durata di circa 50 ms e, in

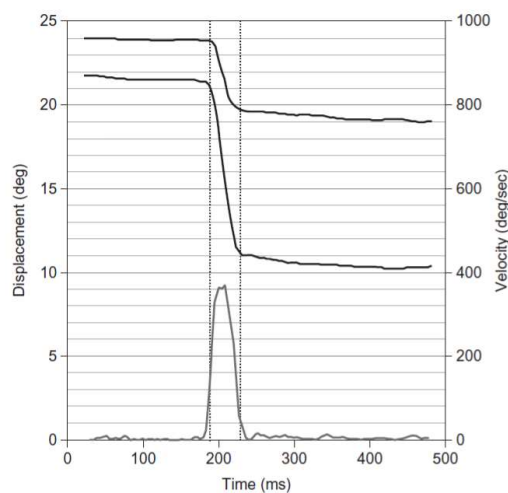


Figura 1 - Un esempio di movimento saccadico che sposta l'occhio di circa 12° verso il basso e verso destra. La linea nera superiore mostra uno spostamento oculare verticale e la linea nera inferiore mostra uno spostamento oculare orizzontale. La linea grigia mostra il profilo della velocità della saccade; le linee tratteggiate verticali indicano l'inizio e la fine del movimento [87].

quell'arco di tempo raggiunge un picco di velocità a 400 °/s. Il picco di velocità di una saccade è strettamente correlato all'ampiezza; in particolare esiste una relazione per cui la velocità massima aumenta linearmente con l'ampiezza. Esiste una relazione simile tra durata della saccade e ampiezza, definita in letteratura sequenza principale (main sequence) [7]. La sequenza principale rappresenta con molta probabilità il comportamento di un sistema che sfrutta in modo ottimale l'accuratezza e la durata del movimento [8]. Le saccadi possono avere varie ampiezze. La maggior parte di esse ha un'ampiezza inferiore a 15°, oltre i quali la testa viene coinvolta nel movimento per reindirizzare l'occhio [9]; anche durante una fissazione gli occhi non sono completamente fermi. Esistono altri tipi di movimenti piccolissimi durante la fissazione: tremori (gli zig-zag sovrapposti ai drift), drift (linee ondulate) e microsaccadi (linee rette) [10].

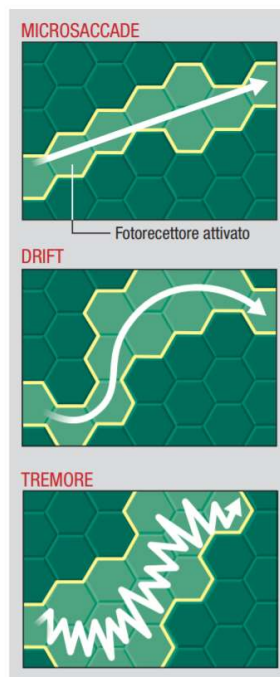


Figura 2 - I movimenti oculari di fissazione, che comprendono le microsaccadi, i drift e i tremori, trasportano l'immagine visiva sopra un mosaico di fotorecettori posti sulla retina [11].

Tutti e tre i tipi di movimento riducono l'adattamento neurale e quindi impediscono la sfocatura dell'immagine visiva [12]. Ricerche recenti hanno dimostrato un'interazione tra l'attenzione implicita e la generazione di microsaccadi [13]. Le

saccadi non hanno sempre traiettorie rettilinee per i movimenti orizzontali, mentre per quelli verticali e obliqui hanno traiettorie curve [14]. La traiettoria delle saccadi verso un bersaglio può essere influenzata dalla presenza di un distrattore, ma rimane coerente rispetto alla traiettoria osservata in assenza di un distrattore [15].

La latenza di una saccade è il tempo impiegato per iniziare una saccade e può essere considerata come il tempo necessario per elaborare lo stimolo visivo, attuare un processo decisionale e compiere l'esecuzione motoria finale. Quando viene generata una saccade come parte di una sequenza di saccadi o di un processo di scansione visiva, questa misura corrisponde all'intervallo di intersaccade. Nella maggior parte degli studi sperimentali sulla risposta saccadica, la latenza della saccade è considerata la durata tra l'evento a cui si sta rispondendo e l'inizio del movimento. La latenza media della saccade è molto variabile sostanzialmente perché è influenzata dalla natura dello stimolo a cui risponde e può variare da un minimo di 100 ms a un massimo di 1000 ms [16]. Le saccadi non sono sempre dirette verso un obiettivo specifico, ad esempio possono essere esplorative. In queste condizioni la saccade non è suscitata dalla presenza di un bersaglio, ma viene guidata da strategie interne [17]. Le saccadi possono essere controllate in maniera volontaria poiché possiamo sempre decidere quando e dove spostare lo sguardo; tuttavia, nella vita quotidiana vengono perlopiù generate in maniera inconsapevole e automatica: in media si effettuano 3 saccadi al secondo. Possono essere generate anche involontariamente, o in maniera riflessa, in risposta ad uno stimolo improvviso, come per esempio quando la nostra attenzione e il nostro sguardo sono catturati da qualcosa che compare nella periferia del nostro campo visivo [6]. Le saccadi non sono limitate a stimoli visivi: infatti, è stato dimostrato che in completa oscurità, in seguito alla stimolazione tattile di una mano, si ha un movimento saccadico diretto verso la mano stimolata [18].

La generazione di una saccade ha un effetto rilevante sull'elaborazione visiva. Entro un periodo inferiore a 50 ms l'input visivo alla retina viene radicalmente modificato man mano che la fovea e la periferia vengono reindirizzate verso un nuovo bersaglio visivo. Il movimento dell'occhio porta alla sfocatura dell'immagine sulla retina e ad una notevole distorsione, che ne provoca un ulteriore spostamento all'interno dell'occhio. In seguito alla misurazione di questo fenomeno si è giunti alla

conclusione che la distorsione comporterebbe uno spostamento di $0,5^\circ$ dell'immagine retinica. Per saccadi più grandi, la stabilizzazione dell'immagine potrebbe non verificarsi per circa 50 ms dopo che il bulbo oculare si è fermato, con una conseguente instabilità dell'immagine retinica [19]. Oltre a questi effetti, vi sono studi che provano che la visione viene attivamente soppressa nella generazione della saccade [20]. La riduzione della sensibilità si verifica prima dell'inizio della saccade, confutando teorie che affermano che la soppressione è semplicemente un risultato o una conseguenza del movimento stesso. Inoltre, la soppressione sembra essere limitata al percorso visivo magnocellulare che è caratterizzato da frequenze spaziali più basse e frequenze temporali più alte [21]. L'insieme di questi processi riduce l'input visivo nel tempo della saccade, fornendo così una spiegazione del perché non si percepisce un forte movimento come risultato di una saccade.

1.1 Circuito di controllo saccadico nel tronco dell'encefalo

I movimenti saccadici volontari sono movimenti rapidi dell'occhio che servono a riorientare lo sguardo. Il controllo neuronale di tali movimenti avviene tramite segnali corticali che trasmettono informazioni sul movimento oculare al mesencefalo attraverso due vie: la prima deriva dai neuroni corticali frontali che vanno verso il collicolo superiore del mesencefalo (SC) [22]. Questi neuroni a proiezione corticale sono eccitatori e trasmettono i risultati della loro elaborazione al collicolo superiore del mesencefalo, per la generazione di saccadi volontarie [23]. La seconda deriva dai neuroni della corteccia cerebrale frontale che inviano impulsi al collicolo superiore del mesencefalo; questa via attraversa una serie di sinapsi all'interno dei gangli della base (BG), prima di raggiungere il collicolo superiore del mesencefalo [24]. Anche i neuroni a proiezione corticale che compongono questo percorso sono eccitatori, tuttavia la maggior parte dei nuclei alla base hanno un alto contenuto di GABA [25]. Pertanto, l'inibizione o la disinibizione dell'attività neuronale del collicolo superiore del mesencefalo può verificarsi a seconda di quali nuclei alla base si stanno attivando [26]. Saccadi accurate possono essere eseguite in meno di 100 ms (Figura 3). Al fine di produrre movimenti oculari così rapidi, un motoneurone deve generare una scarica di potenziali d'azione per superare la

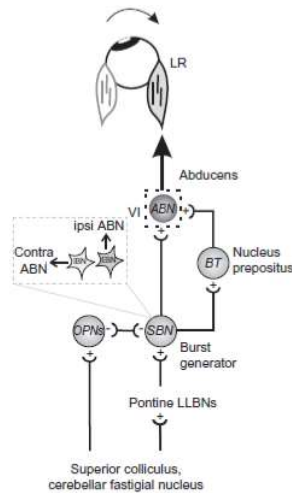
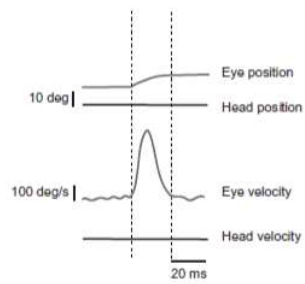


Figura 3 - I movimenti oculari saccadici possono raggiungere velocità fino a $900^\circ/s$ (in alto). In basso è illustrato il percorso premotorio per la produzione di saccadi. I segnali di comando, emessi negli strati profondi del collicolo superiore, vengono inviati ai neuroni burst (BN) nella formazione reticolare paramediana PPRF.

resistenza viscosa dell'occhio mentre si muove nell'orbita. I picchi di frequenza di tale impulso possono raggiungere frequenze di 500 picchi/s. Una volta che l'occhio ha raggiunto la sua posizione finale, al termine di una saccade, viene mantenuto fermo dall'impulso di un motoneurone che produce la contrazione del muscolo estrinseco che generato la saccade. La differenza tra la frequenza di scarica del neurone nella posizione iniziale e in quella finale dell'occhio viene definita "step". Il controllo neurale delle saccadi richiede, quindi, la generazione di un segnale "impulso-step" [27]. La prova dell'esistenza di tale segnale durante le saccadi si può trovare nelle registrazioni della tensione muscolare. Dopo l'inizio della saccade, la tensione muscolare sale a un picco la cui ampiezza e durata sono proporzionali all'entità del movimento oculare; a questo punto la tensione decade a un nuovo livello stazionario entro 350 ms [28]. Il segnale di "impulso" richiesto per effettuare saccadi orizzontali e verticali è generato dai neuroni presenti rispettivamente nella

formazione reticolare paramediana (PPRF) e nella formazione reticolare mesencefalica (MRF). Gli studi di Sasaki e Shimazu, e di Strassman et al., hanno dimostrato che i neuroni burst eccitatori (EBN), nella parte rostrale della formazione reticolare paramediana, sono la fonte dell'impulso ad alta frequenza responsabile della guida del muscolo retto laterale (Figura 3) [29] [30]. I neuroni burst verticali, che si trovano nel nucleo interstiziale rostrale del fascicolo mediale longitudinale (riMLF), sono responsabili della guida dei retti inferiore e superiore [31]. Per guidare le saccadi orizzontali, gli EBN collaborano con un secondo gruppo di neuroni burst inibitori (IBN), situati nella formazione reticolare pontina caudale, che silenziano i motoneuroni antagonisti (gli abducens controlaterali) [32] (Figura 3). Tipicamente per le saccadi dirette ipsilateralmente, i neuroni EBN e IBN (definiti collettivamente saccadic burst neurons; SBNs) trasmettono l'impulso in maniera più vigorosa, precedendo l'inizio di una saccade di circa 10-20 ms [33]. Un'altra classe di neuroni burst correlati alle saccadi, denominati neuroni long-lead burst (LLBN), mandano numerosi impulsi prima delle saccadi; tuttavia, la loro attivazione è preceduta da un'attività maggiore (latenza 16-200 ms) [34]. Un'analisi dettagliata degli LLBN ha rivelato che questi neuroni possono essere ulteriormente suddivisi in tre classi in base alle caratteristiche di scarica e alla posizione cellulare: LLBN eccitatori (eLLBN), LLBN dorsali (dLLBN) e nucleus reticularis tegmentis pontis LLBNs (nrtp LLBNs) [35]. La generazione delle saccadi si basa su un'ulteriore classe di neuroni chiamati neuroni omnipause (OPN). Si ritiene che questi neuroni fungano da inibitori per le saccadi orizzontali e verticali [36]; scaricano a un ritmo continuo quando lo sguardo è costante e si fermano durante le saccadi in tutte le direzioni. Inoltre, la durata della pausa è strettamente correlata alla durata della saccade [37]. Al fine di mantenere fermi gli occhi, alla fine di una saccade, il comando a impulso generato nella formazione reticolare paramediana (PPRF) e nella formazione reticolare mesencefalica (MRF), deve essere trasformato in una scarica tonica adeguatamente ridimensionata. I neuroni saccadic burst (SBN) nella formazione reticolare paramediana (PPRF) proiettano ai neuroni situati nel nucleo preposito (nPH), che coordina il VI e il III nervo cranico per le saccadi orizzontali (Figura 3) [38].

1.2 Saccadi nella lettura

L'abilità di spostare rapidamente gli occhi, raggiungendo con sequenze rapide e precise nuovi punti di fissazione del testo, costituisce uno dei fondamentali prerequisiti alla lettura. Una visione sviluppata correttamente e ben strutturata è indispensabile per il bambino che a partire dalla scuola primaria inizia il processo di scolarizzazione e il conseguente apprendimento della letto-scrittura. La lettura è uno dei compiti più complessi che il bambino deve affrontare nel corso dello sviluppo, poiché richiede l'integrazione tra le abilità visive e i processi cognitivi, che consentono di decifrare e comprendere il testo. Il significato dei segni grafici viene compreso soltanto se questi ultimi sono acquisiti e decodificati in modo corretto. Una parte di tale attività è svolta dagli occhi: il cervello li fa scorrere sul testo e poi esamina le immagini che essi colgono spostandosi lungo la pagina. La scansione visiva di un testo scritto avviene attraverso l'esecuzione di movimenti oculari saccadici alternati a fissazioni: nel corso delle fissazioni, il bambino acquisisce ed elabora le parole osservate; i movimenti oculari saccadici consentono invece la graduale scansione dell'intero testo [1]. Tra le saccadi, gli occhi rimangono relativamente fermi durante le fissazioni per circa 200-300 ms. La durata della fissazione varia in funzione dell'attività specifica (Tabella 1).

Tabella 1 - Durata delle fissazioni e lunghezza delle saccadi nella lettura

Compito	Durata fissazione (ms)
Lettura silenziosa	225
Lettura ad alta voce	275
Ricerca visiva	275
Visione scena	330
Ascolto musica	375
Scrittura	400

L'ampiezza e il numero dei movimenti saccadici, così come la durata delle fissazioni, dipendono da vari aspetti tra cui la capacità e l'esperienza di lettura (Figura 4), la difficoltà del testo e la conoscenza dell'argomento da parte del lettore

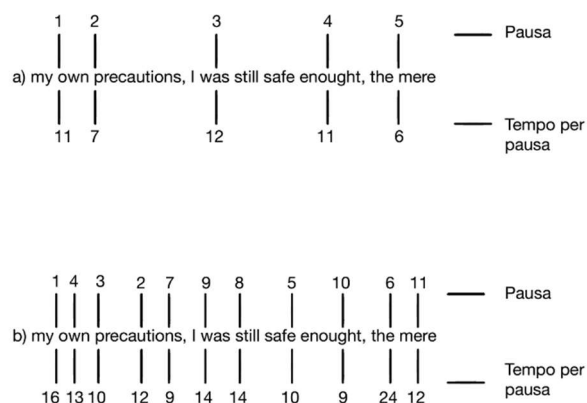


Figura 4 - In alto movimenti oculari di un lettore veloce, in basso quelli di un lettore principiante. La localizzazione di ogni fissazione è indicata con un trattino verticale, il numero posto al di sopra di esso indica l'ordine delle fissazioni e il numero posto sotto evidenzia la durata delle fissazioni, espressa in cinquantiesimi di secondo [89].

[39]. La sensibilità all'input visivo è ridotta durante i movimenti saccadici; questo fenomeno è detto soppressione saccadica [40]. Non si ottengono nuove informazioni visive durante una saccade, perché gli occhi si muovono così rapidamente che sarebbe percepita solo una sfocatura [41]. Più importante, tuttavia, è il fatto che il mascheramento causato dall'informazione percepita prima e dopo la saccade, lo renda tale che non percepiamo la sfocatura [42] [43]. Una minima soppressione è presente anche quando il mascheramento viene eliminato [44], il che suggerisce che esiste un contributo inibitorio centrale anche alla soppressione saccadica. La velocità della saccade aumenta rapidamente durante la saccade, raggiunge il suo picco a metà del movimento e diminuisce fino al raggiungimento del bersaglio. La durata di una saccade è influenzata anche dalla distanza ricoperta [45]. C'è un periodo di latenza associato alla realizzazione di una saccade, perché è un movimento motorio che richiede tempo per essere pianificato ed eseguito. La latenza della saccade è di almeno 150-175 ms [46], il che suggerisce che la programmazione saccadica è fatta parallelamente ai processi cognitivi di comprensione nella lettura e questo indica una particolare complessità della performance in azione.

Determinante nella programmazione di un movimento saccadico è la cattura della percezione visiva nel campo visivo, che può essere diviso in tre regioni: foveale, parafoveale e periferica. L'acuità visiva massima si evidenzia in regione foveale

(circa 2° centrali) con una progressiva riduzione dal centro alla periferia. In parafovea, tra i 2° e i 5°, il visus decresce intorno ai 4-2/10; oltre i 5° in periferia vi è un'ulteriore riduzione: si stima un visus statico di circa 1/10 attorno ai 10° (Figura 5).

Eccentricità retinica (°)	Acuità visiva massima
0	10/10
1	6,5/10
2	5/10-4/10
3	4/10-3,5/10
4	3,5/10-3/10
5	3/10-2/10
10	2/10-1,25/10

Figura 5

Pertanto, i movimenti saccadici risultano fondamentali per spostare il recettore oculare, in modo da posizionare la fovea su quella parte dello stimolo che vogliamo vedere in maniera nitida. Naturalmente, le caratteristiche dello stimolo nella visione parafoveale o periferica influenzano o meno l'esecuzione di una saccade per identificarlo. Ad esempio, se una parola di dimensioni normali è presentata in visione parafoveale, si identifica più rapidamente e con più precisione quando viene fatta una saccade [47]. Tuttavia, se un oggetto o lettera grande viene presentata come stimolo, spesso possono essere identificati nella visione periferica senza l'esecuzione di una saccade [48]. Sanders [49] ha dimostrato che il campo visivo può essere diviso in: regioni in cui uno stimolo può essere identificato senza un movimento oculare, regioni in cui è necessario fare un movimento oculare per identificare lo stimolo e regioni in cui è necessario muovere la testa per identificare lo stimolo.

2 Capitolo 2: Test che valutano i movimenti saccadici

Il motivo principale della valutazione clinica della funzionalità dei movimenti oculari è che la lettura consiste in una serie di saccadi e fissazioni. È stato dimostrato che i soggetti con scarse abilità di lettura leggono più lentamente e hanno fissazioni e regressioni meno ampie e più numerose. Anche se sono necessarie ulteriori ricerche per stabilire con fermezza la relazione causale tra movimenti oculari e lettura, il fatto che i soggetti con scarse abilità di lettura presentino delle anomalie ha suscitato un grande interesse nel valutare queste abilità.

Tabella 2 - Schema riassuntivo delle varie modalità di indagine dei movimenti oculari [1]

Test	Vantaggi	Svantaggi
Elettrofisiologici e eye-tracker	Oggettività Ripetibilità Accuratezza	Costi Invasività Elevati tempi di esecuzione Poco pratici
Psicometrici o indiretti	Prove standard Velocità di esecuzione	Risposte verbali Collaborazione da parte dell'esaminato Influenza di altre variabili
Osservazione diretta	Rapidità Costo	Estrema soggettività Accuratezza Difficoltà di scoring dei risultati

Lo scopo dei test che valutano i movimenti saccadici è quello di valutare la qualità e l'accuratezza della funzionalità saccadica. Secondo una classificazione effettuata da Scheiman M. e Wick B. [2] i test che valutano i movimenti saccadici possono essere suddivisi in: test di osservazione diretta, test visuo-verbali e test che li registrano oggettivamente.

2.1 Test di osservazione diretta

I test di osservazione diretta richiedono che il soggetto guardi da una mira all'altra mentre l'esaminatore ne osserva le saccadi.

2.1.1 NSUCO Oculomotor test

Il NSUCO (Northeastern State University College of Optometry) Oculomotor Test è un insieme di valutazioni soggettive dirette dei movimenti oculari saccadici e di inseguimento. Questo test permette di condurre un'analisi veloce ed economica dei movimenti oculari con la minima partecipazione del soggetto esaminato (utile ad esempio per esaminare bambini in età prescolare e scolare).

L'esaminatore valuta quattro fattori:

1. Abilità
2. Accuratezza
3. Movimenti della testa
4. Movimenti del corpo

Per ognuno viene fatta un'osservazione qualitativa (movimento della testa negli inseguimenti, movimento della testa nelle saccadi, movimento del corpo negli inseguimenti, movimento del corpo nelle saccadi, accuratezza delle saccadi) e una quantitativa (abilità negli inseguimenti, abilità nelle saccadi, accuratezza negli inseguimenti), attribuendo un punteggio da 1 a 5 punti.

Il protocollo di esecuzione tiene in considerazione dieci variabili che devono essere controllate affinché l'attendibilità del test non venga intaccata:

1. *Postura*: il soggetto è in piedi di fronte all'esaminatore con i piedi alla larghezza delle spalle e le braccia distese lungo il corpo.
2. *Movimenti della testa e del corpo*: non dare istruzioni sul movimento della testa e del corpo per permettere al soggetto di esprimere un comportamento naturale durante l'esecuzione.
3. *Mire*: target di Wolff, ossia due piccole sfere di metallo colorato riflettente, \varnothing 5 mm, montate su dei bastoncini. Una mira per gli inseguimenti, due per le saccadi.
4. *Percorso delle mire*: le mire sono poste orizzontalmente davanti al soggetto durante la fase dei movimenti saccadici, mentre nella fase degli

inseguimenti la mire viene mossa in senso orario e antiorario. Si eseguono cinque escursioni saccadiche nella fase delle saccadi (un'*escursione saccadica* comprende il movimento da destra a sinistra e quello di ritorno), si eseguono quattro rotazioni (due in senso orario e due in senso antiorario) nella fase degli inseguimenti.

5. *Estensione dei movimenti oculari*: partendo dalla linea mediana del soggetto, il movimento non deve superare 10 cm. Si adotta quindi una distanza di 20 cm tra le due sferette nel subtest delle saccadi e si effettua una rotazione della sferetta non maggiore di 20 cm nel subtest degli inseguimenti, assicurando così un'*escursione* dei movimenti oculari non superiore, approssimativamente, ai 15° centrali.
6. *Distanza delle mire dagli occhi*: compresa tra la distanza di Harmon (la distanza tra la nocca del dito medio ed il gomito) e 40 cm.
7. *Condizioni visive*: il test va effettuato in condizioni binoculari con correzione in uso, se necessaria.
8. *Età*: il test può essere eseguito a tutte le età, anche a bambini di 2-3 anni. L'unico fattore limitante riguarda la capacità di comprendere le istruzioni da parte del bambino.
9. *Istruzioni*: vanno espresse in modo chiaro e semplice. Per le saccadi "Osserva la pallina rossa. Quando ti dirò verde sposta i tuoi occhi e osserva la pallina verde". Per gli inseguimenti "Segui con i tuoi occhi questa pallina mentre si muove".
10. *Registrazione*: la variabile più importante riguarda ciò che l'esaminatore osserva e registra. L'attenzione del professionista di focalizza su quattro aspetti relativi sia agli inseguimenti che alle saccadi:
 - *Abilità*: il bambino è stato in grado di completare l'esercizio assegnato? Quante escursioni/rotazioni ha portato a termine?
 - *Accuratezza*: quale è stata la qualità della sua esecuzione?
 - *Movimento della testa*: ci sono stati movimenti spontanei della testa durante l'esecuzione?
 - *Movimento del corpo*: ci sono stati movimenti spontanei del corpo durante l'esecuzione?

A ognuno dei quattro aspetti da valutare, l'esaminatore assegna un punteggio che varia da 1 a 5 secondo il seguente schema:

Tabella 3 - Schema di attribuzione dei punteggi NSUCO [1]

Abilità saccadi	Abilità inseguimenti
<ol style="list-style-type: none"> 1. Completa meno di due escursioni 2. Completa due escursioni 3. Completa tre escursioni 4. Completa quattro escursioni 5. Completa cinque escursioni 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Non è in grado di completare mezza rotazione 2. Completa mezza rotazione 3. Completa una rotazione 4. Completa due rotazioni in un senso, meno di due nell'altro 5. Completa due rotazioni in ciascun senso
Accuratezza saccadi	Accuratezza inseguimenti
<ol style="list-style-type: none"> 1. Una o più ampie saccadi iper o ipometriche 2. Una o più moderate saccadi iper o ipometriche 3. Lievi saccadi iper o ipometriche costanti (più del 50% totale) 4. Lievi saccadi iper o ipometriche intermittenti (meno del 50% totale) 5. Nessuna saccade iper o ipometrica 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Più di dieci rifissazioni 2. Da cinque a dieci rifissazioni 3. Tre o quattro rifissazioni 4. Una o due rifissazioni 5. Nessuna rifissazione
Movimenti della testa (saccadi e inseguimenti)	Movimenti del corpo (saccadi e inseguimenti)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Ampi movimenti della testa ogni volta 2. Moderati movimenti della testa ogni volta 3. Lievi ma costanti movimenti della testa (più del 50% totale) 4. Lievi ma intermittenti movimenti della testa (meno del 50% totale) 5. Nessun movimento della testa 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ampi movimenti del corpo ogni volta 2. Moderati movimenti del corpo ogni volta 3. Lievi ma costanti movimenti del corpo (più del 50% del totale) 4. Lievi ma intermittenti movimenti del corpo (meno del 50% del totale) 5. Nessun movimento del corpo

Questo test richiede un attento rispetto delle procedure che ne regolano l'esecuzione, per poter assegnare i punteggi con precisione ed interpretarli correttamente alla luce dei valori normativi. Il test richiede, inoltre, un discreto grado di cooperazione e risulta, quindi, inadatto a bambini incapaci di comprendere le istruzioni, o che non possiedono capacità attentive adeguate a svolgerlo efficacemente [50] [1].



Figura 6 - Aste per NSUCO

2.2 Test visuo-verbali

Questi test sono economici, facilmente gestibili, e forniscono una valutazione quantitativa dei movimenti oculari simulando la lettura. Essi valutano la funzionalità oculomotoria sulla base della velocità con cui è possibile visualizzare, riconoscere, e verbalizzare con precisione una serie di numeri.

Richman et al. hanno creato un test, chiamato developmental eye movement (DEM) test, che teneva conto dell'automaticità della denominazione numerica che si creava durante lo svolgimento di questo tipo di valutazioni.

Un secondo metodo è l'uso di test a tempo e standardizzati come il King-Devick, sviluppato da King A.T. e Devick S. nel 1976 [51]. Entrambi sono progettati secondo lo stesso principio: al soggetto viene chiesto di leggere una serie di numeri il più rapidamente possibile senza utilizzare il dito come guida. I tempi di risposta e il numero di errori vengono quindi confrontati con le tabelle dei valori normativi.

Un potenziale problema con questi test è che i bambini potrebbero leggere i numeri lentamente, semplicemente perché hanno difficoltà a riconoscere i numeri. Il King-Devick test non riesce a differenziare tra un problema saccadico e la difficoltà a riconoscere i numeri, mentre il DEM test considera questo problema. Un altro problema associato all'uso dei test che utilizzano il formato visuo-verbale è l'affidabilità. Gli autori hanno concluso che si dovrebbe essere cauti nell'utilizzare solo il DEM test per giungere ad una diagnosi o per monitorare l'efficacia del trattamento di una disfunzione saccadica [2].

Molti studi hanno analizzato l'utilizzo del DEM test su soggetti adulti [52], e Sampedro e colleghi [53] ne hanno sviluppato una versione per adulti chiamata Adult Developmental Eye Movement Test (A-DEM). Questa versione è stata sviluppata con norme per persone di lingua spagnola dai 14 ai 68 anni; è simile al DEM, ad eccezione di due aspetti: in primo luogo, l'A-DEM utilizza numeri a due cifre anziché i numeri a una cifra usati nel DEM; in secondo luogo, i numeri utilizzati in orizzontale e in verticale non sono gli stessi del DEM. Non è chiaro se le norme sviluppate per la popolazione di lingua spagnola possano essere utilizzate per soggetti di altre lingue [2].

2.2.1 Developmental Eye Movement (DEM) test

Il Developmental Eye Movement Test misura la velocità e la precisione del soggetto esaminato nell'esecuzione di un compito simile alla lettura. Il test viene somministrato con il leggio in condizioni di illuminazione fotopica (circa 400 lux). Il soggetto durante l'esecuzione del test è seduto con i gomiti appoggiati al tavolo e deve leggere, dall'alto verso il basso, due colonne verticali di venti numeri distanziati da uno spazio costante. Il tempo impiegato nella lettura delle due schede, viene sommato per ottenere il Tempo Verticale, senza considerare gli errori. Nella seconda parte (test C) il soggetto legge orizzontalmente una serie di ottanta numeri disposti con spaziatura non regolare su sedici righe (ognuna delle quali contiene cinque numeri), che simulano il compito visuomotorio richiesto durante la lettura. In questo caso il punteggio considera il tempo impiegato e gli errori commessi, con lo scoring che determina il tempo orizzontale corretto [1].

TEST A		TEST C							
3	4								
7	5								
5	2	3	7	5	9	8			
9	1	2	5		7	4	6	6	
8	7	1			4	7	6	3	
2	5	7		9	3	9		2	
5	3	4	5		2		1	7	
7	7	5		3	7	4		8	
4	4	7	4	6	5			2	
6	8	9		2		3	6	4	
1	7	6	3	2	9			1	
4	4	7			4	6	5	2	
7	6	5		3	7	4		8	
6	5	4		5		2		1	7
3	2	7	9	3		9			2
7	9	1		4		7	6	3	
9	2	2		5	7		4	6	6
3	3	3	7		5		9		8
9	6								
2	4								

Figura 7 - DEM test, schede A e C

Le quattro schede del test vanno presentate al bambino in successione:

1. Scheda pre-test: una riga orizzontale di 12 numeri che verifica i pre-requisiti del test.
2. Schede subtest A e B: due colonne verticali di 20 numeri in ciascuna scheda, per un totale complessivo di 80 numeri.
3. Scheda subtest C: 16 righe orizzontali di 5 numeri, disposti con differenti spaziature tra loro, per un totale di 80 numeri.

La dimensione dei numeri corrisponde a un'acuità visiva bassa, circa 2/10 considerando la distanza d'esame di 40 cm.

Le variabili valutate durante l'esecuzione del DEM sono due, il tempo e gli errori:

1. Il tempo di esecuzione dei subtest (in secondi) viene rilevato al termine dei singoli subtest A-B-C.
2. Il numero e il tipo di errori commessi viene rilevato nella scheda C.

Le indicazioni devono essere chiare e in sequenza:

- Pre-test: "Leggi questa riga di numeri, da sinistra a destra, a voce alta", indicando con il dito la direzione di lettura. Se il soggetto non è in grado di leggerla correttamente entro 12 secondi (anche con l'aiuto del dito), non si procede oltre.
- Test A e B (verticali): "Leggi attentamente i numeri scritti in queste due colonne più velocemente che puoi, ma con attenzione". Dopo l'esecuzione

del test A si procede con il test B, spiegando che la modalità di esecuzione è la medesima, ma con numeri differenti.

- Test C (orizzontale): "Leggi attentamente queste righe di numeri il più velocemente che puoi; attento a non saltare alcun numero".

Durante la spiegazione di ogni subtest, con una mano si mantengono coperti i numeri iniziali per evitare che il soggetto li memorizzi. Alla loro scoperta, il soggetto inizia a leggerli e l'esaminatore fa partire il cronometro per misurare la velocità di esecuzione del test. Il soggetto deve usare solo gli occhi, senza tenere il segno con il dito, perché ciò facilita la scansione saccadica. Nel caso in cui ciò accada, il subtest va ripetuto invitando il soggetto a non usare il dito.

L'esaminatore, durante l'esecuzione, annota sull'apposita scheda di registrazione tutti gli errori commessi dal soggetto durante la lettura, che si suddividono in:

- errori di sostituzione (s): il numero viene sostituito con un altro numero;
- errori di omissione (o): il numero non viene letto;
- errori di addizione (a): il numero viene ripetuto due volte oppure viene aggiunto un nuovo numero alla sequenza;
- errori di trasposizione (t): due numeri non vengono letti nella sequenza in cui sono scritti, ma invertendoli.

Al termine, nella scheda di registrazione vengono effettuate le operazioni di scoring, calcolando:

- Tempo verticale (Vertical Time, VT): viene determinato sommando i tempi di esecuzione del subtest A e del subtest B; indicatore del grado di automatizzazione acquisita nel riconoscimento dei numeri.
- Tempo orizzontale (Horizontal Time, HT): il tempo che il soggetto impiega per leggere gli ottanta numeri che compongono il subtest C;
- Tempo orizzontale corretto (Adjusted Horizontal Time, AHT): è il tempo orizzontale che viene considerato nella valutazione normativa e consiste nel modificare il tempo orizzontale in funzione degli errori commessi. Quando gli errori sono di addizione, il tempo orizzontale corretto diminuisce rispetto a quello effettivamente misurato; quando gli errori sono di omissione, il tempo corretto aumenta rispetto a quello effettivamente misurato. Il tempo orizzontale corretto è quindi il tempo di esecuzione senza gli errori di

addizione e omissioni, che sono in grado di influenzare realmente il tempo di esecuzione. Viene calcolato con la seguente formula:

$$ATH = HT \cdot \frac{80}{(80 - O + A)}$$

Il tempo orizzontale (corretto) è un indicatore dell'abilità del bambino nel riconoscere e verbalizzare i numeri nell'eseguire i movimenti saccadici orizzontali.

- Ratio (R): è il rapporto tra il tempo orizzontale corretto e il tempo verticale.

$$\text{Ratio} = \frac{AHT}{VT}$$

La Ratio è un indicatore della qualità dei movimenti saccadici orizzontali.

- Errori totali (E_{tot}):

$$E_{tot} = S + O + A + T$$

Gli errori totali riflettono l'accuratezza del bambino nell'esecuzione del test. Questa procedura di "scoring" consente di ottenere i risultati corretti e poterli confrontare con i valori normativi italiani del DEM Test, previsti per ogni età del bambino in tabelle suddivise per età [54].

Inoltre, il soggetto può essere classificato in una delle seguenti quattro tipologie cliniche [55]:

- Tipologia I: prestazione adeguata in ogni sub test. Bambino nella norma.
- Tipologia II: prestazione normale nei tempi verticali, tempi elevati nell'esecuzione orizzontale con Ratio elevata. Bambino con disfunzione oculomotoria.
- Tipologia III: tempi elevati nell'esecuzione verticale e nell'esecuzione orizzontale con Ratio nella norma. Bambino con difficoltà nel riconoscimento e verbalizzazione dei numeri.
- Tipologia IV: tempi elevati nell'esecuzione verticale e nell'esecuzione orizzontale con Ratio elevata. Bambino con compresenza sia di difficoltà nel riconoscimento e verbalizzazione dei numeri, sia di disfunzione oculomotoria [56].

2.2.2 King – Devick test (NYSOA)

Il test KD prevede la misurazione del tempo necessario a leggere, senza errori e ad alta voce, 120 numeri a una cifra stampati su tre schede standard; il tempo viene misurato con un cronometro. La misura in cui il test KD rifletta i movimenti oculari, rimane una questione di congetture poiché è una misura della prestazione di lettura comportamentale grossolana [57]. Pertanto, è importante misurare oggettivamente i movimenti oculari contemporaneamente all'esecuzione del test KD. Di recente, è stato reso disponibile commercialmente un sistema integrato Eye Tracker/King Devick (ET/KD, definito negli studi: Commercial Off The Shelf COTS).

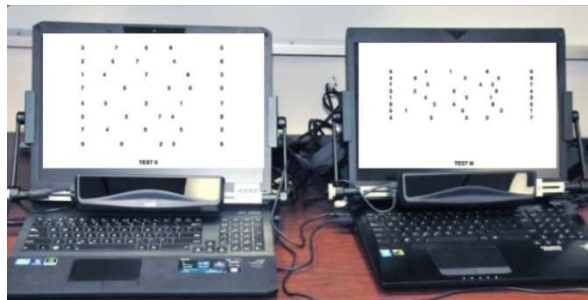


Figura 8 - Sistema King Devick / Eye Tracker

L'eye tracker si trova sotto lo schermo del laptop. Lo schermo a sinistra mostra Test Card (TC) 2, mentre lo schermo a destra mostra TC 3. Il sistema ET/KD presenta le quattro schede del KD standard (Figura 9) sullo schermo del computer.

- La prima scheda è la carta dimostrativa (in alto a sinistra), che contiene cinque righe, di cinque numeri a una cifra, a spaziatura irregolare e interlinea costante. Questi numeri sono collegati con segmenti e frecce, per indicare il percorso che l'occhio deve seguire mentre scansiona i 25 numeri sulla scheda. La performance di lettura della scheda dimostrativa non viene valutata.
- La prima scheda di prova (TC 1) contiene anche otto righe di cinque numeri a una cifra. Tutte le prime cifre delle otto righe sono allineate verticalmente come tutte le ultime cifre definendo così, rispettivamente, un margine sinistro e destro. Le tre cifre interne di ciascuna delle otto file sono

distanziate in modo irregolare. Ogni riga include segmenti orizzontali tra le cifre per rendere esplicito il percorso di scansione previsto.

- La seconda scheda di prova (TC 2) contiene 40 numeri a una cifra essenzialmente con lo stesso formato di TC 1: 8 file con i bordi sinistro e destro giustificati e 3 cifre interne distanziate irregolarmente in ogni riga. La differenza tra TC 1 e TC 2 è che TC 2 non contiene segmenti per facilitare la scansione visiva lungo l'orizzontale.
- La terza scheda di prova (TC 3) contiene 40 numeri a una cifra presentati in 8 file di 5 cifre ciascuna. Tutte le prime cifre delle 8 righe sono allineate verticalmente come le ultime cifre, stabilendo, rispettivamente, un bordo sinistro e destro con le 3 cifre rimanenti distanziate irregolarmente su ogni riga. La differenza tra TC 2 e TC 3 è che la spaziatura verticale di TC 3 è stata compressa di circa il 50%. L'aspettativa è che la difficoltà a leggere le cifre aumenti progressivamente da TC 1 a TC 2 a TC 3 e che questa maggiore difficoltà di lettura si rifletta nelle prestazioni di lettura.

La metrica di prova convenzionale KDNR è il tempo necessario per leggere le tre schede di prova, generalmente riportato in secondi e misurato con un cronometro. Inoltre, viene registrato il numero di errori commessi durante la lettura ad alta voce dei singoli numeri su ciascuno dei tre TC [57].

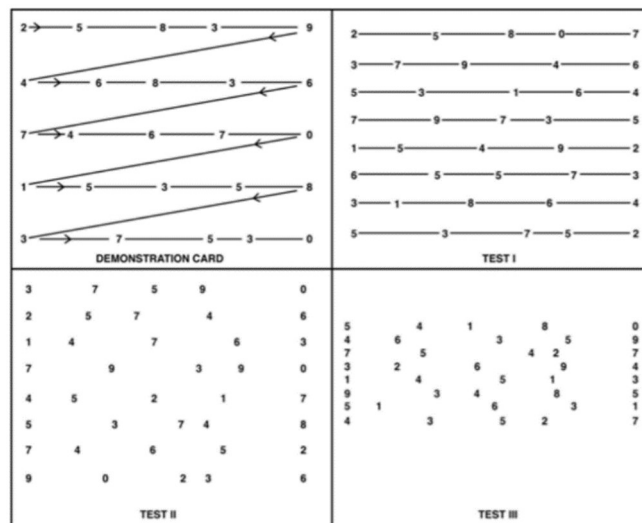


Figura 9 - Le quattro schede del King Devick test

2.3 Registrazione oggettiva dei movimenti oculari

I dispositivi clinici che registrano oggettivamente i movimenti oculari sono il Readalyzer, il Visagraph II e il Tobii RX300 Reading Gaze. Questi sistemi sono composti da occhiali a infrarossi per il monitoraggio e da un'unità di registrazione (Figura 11) entrambi collegati ad un PC compatibile. La registrazione oggettiva dei movimenti oculari presenta numerosi vantaggi rispetto all'osservazione diretta e ai test a tempo standardizzati. Si tratta di una procedura oggettiva che non dipende dalle abilità dell'esaminatore; il Readalyzer, il Visagraph II e il Tobii RX300 Reading Gaze forniscono una registrazione permanente della valutazione. Le informazioni acquisite dalla registrazione oggettiva sono anche più sofisticate, in quanto forniscono informazioni su: numero di fissazioni, regressioni, durata delle fissazioni, velocità di lettura ed efficienza relativa. Tutte queste informazioni possono essere confrontate con le norme stabilite per bambini in età scolare fino all'età adulta. Gli svantaggi di entrambi gli strumenti sono: il costo degli strumenti, la difficoltà di utilizzo con soggetti disattenti, iperattivi o con scarsa fissazione.

2.3.1 Readalyzer

ReadAlyzer è costituito da emettitori e rivelatori a infrarossi montati su una maschera di sicurezza. Questo strumento è in grado di determinare le posizioni degli occhi rilevando i riflessi infrarossi provenienti dalla cornea. La velocità di misurazione dello strumento è di 60 Hz, con una migliore risoluzione angolare rispetto al Visagraph II. I movimenti della testa sono compensati automaticamente per l'analisi dal software ReadAlyzer.

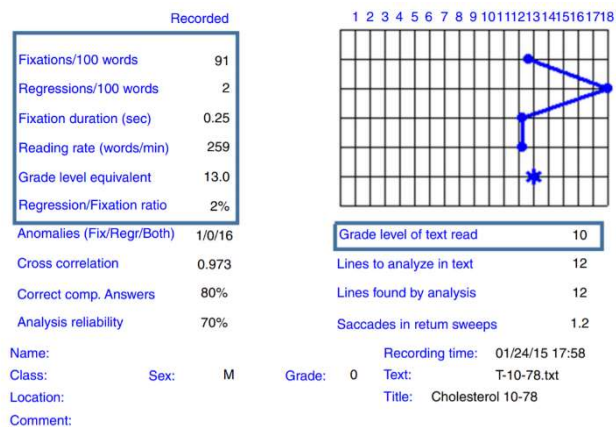


Figura 10 - Profilo di lettura di un soggetto normale registrato con Readalyzer (Report tratto da Readalyzer TM)

2.3.2 Visagraph II

Il Visagraph II test è disponibile da oltre un decennio. Recentemente il suo utilizzo a fini diagnostici e terapeutici sia negli adulti che nei bambini è aumentato notevolmente. Fornisce un metodo standardizzato, oggettivo e automatizzato per valutare i dettagli dei movimenti oculari coinvolti nella lettura, nonché la capacità globale di lettura. Tuttavia, metodologie e criteri variano considerevolmente tra i singoli professionisti, poiché non è stato stabilito alcun protocollo standard universalmente accettato.

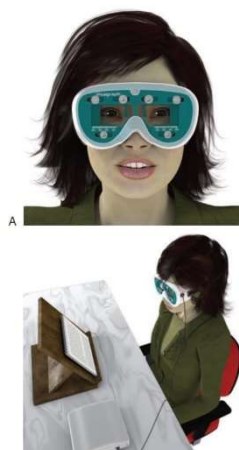


Figura 11 - A: strumento Visagraph II, occhiali e schede di lettura; B: Visagraph II usato per la valutazione dei movimenti oculari

Di particolare importanza è l'istituzione di linee guida valide, poiché queste sono il punto di riferimento per tutti i confronti successivi (valutare gli effetti terapeutici, gli effetti della progressione di una malattia neurologica/oculare, ecc.) [58]. Tuttavia, ci sono poche, e divergenti, informazioni in letteratura relative al tema dell'istituzione di linee guida [59]. Solo i gruppi Taylor [60] [61], Griffin e Grisham [62] e Yolton [63] [64] hanno suggerito di eseguire almeno una prova pratica prima di ottenere le misurazioni base di lettura effettive. Indicazioni così vaghe, tuttavia, hanno un valore pratico limitato. Ciuffreda M.A., Ciuffreda K.J. e Santos D. [58] hanno effettuato un'indagine, con lo scopo di sviluppare e testare procedure e criteri standard, per la determinazione di linee guida valide. Le linee guida che suggeriscono, utilizzano tre paragrafi di pratica negli adulti che cooperano. Negli adulti che non cooperano o in quelli che manifestano un notevole grado di iperattività con movimenti del corpo, possono essere necessari più di tre paragrafi e forse anche più di una sessione di test di base. Nei bambini piccoli, il test potrebbe non solo richiedere più paragrafi di pratica, ma forse anche più di una sessione dello stesso per garantire coerenza e ripetibilità.

2.3.3 Tobii RX300 Reading Gaze

Il suo vantaggio principale è la sua accessibilità rispetto alle soluzioni video-based e alle head-mounted: i soggetti devono solo sedersi davanti allo schermo di un computer, al di sotto del quale è posizionata una telecamera ad infrarossi, dotata di eye tracker. Ciò garantisce un ambiente naturale per il soggetto, che fornisce le risposte più realistiche a diversi stimoli. Uno svantaggio del sistema, rispetto ad altri strumenti utilizzati per valutare i movimenti oculari, è la relativa bassa precisione nella risoluzione e nella frequenza di campionamento. Lo schermo LCD del computer dell' Eye Tracker Tobii1750 [65], ha una fotocamera integrata ad alta risoluzione con un ampio campo visivo, che viene utilizzata per catturare immagini del paziente, per il tracciamento oculare. Durante il monitoraggio, Tobii Eye Tracker utilizza diodi vicini all'infrarosso (NIR-LED) per generare pattern di riflessione sulle cornee degli occhi dei pazienti. La fotocamera raccoglie questi pattern, insieme ad altre informazioni visive sui pazienti. Gli algoritmi di

elaborazione delle immagini nel software identificano i pattern di riflessione corneale, la posizione nello spazio di ciascun bulbo oculare e il punto di sguardo sullo schermo, ovvero dove il paziente sta guardando. Il display si basa su un'unità con una risoluzione massima di 1280 x 1024 pixel. Il campo visivo della fotocamera di Tobii è di 21 x 16 x 20 cm (larghezza x altezza x profondità) a 60 cm dallo schermo. La frequenza dei fotogrammi è di 50 Hz, ovvero 50 dati di punti di sguardo al secondo. A ciascun dato è associato un tempo in millisecondi, che descrive quando viene acquisita ogni immagine della telecamera. Poiché ogni immagine impiega un certo tempo per l'esposizione, il tempo di acquisizione è impostato a metà dell'esposizione ed è preciso a circa +/- 5 ms. Per compensare i movimenti della testa nel calcolo dei movimenti oculari, è sufficiente che uno degli occhi si trovi nel campo visivo. Ciò garantisce un'efficace tolleranza al movimento della testa di circa 30 x 16 x 20 cm (larghezza x altezza x profondità), che è sufficiente per compensare le posizioni della testa che si verificano normalmente quando si è seduti davanti allo schermo di un computer. Tobii Eye Tracker recupera da una fissazione al di fuori del campo visivo in meno di 100 ms e può monitorare lo sguardo negli angoli fino a +/- 40 gradi misurati dalla telecamera [66].

2.4 SEM (Saccadic Eye Movements) Test

Il SEM TEST è una nuova procedura sviluppata per offrire uno screening dei movimenti saccadici localizzatori:

- Rapido: durata del test generalmente entro 1 minuto al fine di non effettuare un test in attenzione sostenuta.
- Non operatore dipendente.
- Indirizzato a: pediatri, insegnanti delle scuole materne, logopedisti, neuropsicomotricisti, psicologi, ma i cui risultati devono essere interpretati da un professionista della visione all'interno di una successiva analisi visiva.
- Eseguibile in età anche pre-scolare in bambini con età pari o superiore ai 4 anni (utilizzando E direzionali per appaiamento a differenza del DEM test che necessita di una conoscenza corretta dei numeri arabi).

Il SEM test utilizza una procedura computerizzata, protetta da copyright Dueffeteconvision (TN) in beta test, che sfrutta un monitor led di dimensioni pari a 12,2" alla distanza di 40 cm dal soggetto.

Il test si sviluppa in due fasi:

1. Determinazione della soglia di acuità visiva foveale, alla distanza di somministrazione del test, mediante metodo staircase con E direzionale non affollata.
2. Comparsa randomizzata nell'area del monitor dello stimolo E direzionale non affollata, con dimensione precedentemente determinata ad acuità visiva prossima all'acuità visiva foveale, al fine di evocare un movimento saccadico esplorativo.

Il soggetto deve indicare la direzione (alto, basso, destra, sinistra) delle E direzionali presenti su di un tastierino numerico posto sul suo asse mediano, effettuando quindi, un movimento saccadico esplorativo per determinare la direzione della E direzionale sul monitor e un successivo movimento saccadico localizzatore sul tastierino, al fine di identificare la medesima E posta in maniera non convenzionale sul tastierino per dare la risposta corretta.

La procedura sopra descritta è proposta per simulare la copiatura dalla lavagna sul quaderno di testo.

Il test può essere eseguito anche chiedendo al soggetto di guardare il monitor, dando la risposta sul tastierino dove le E saranno orientate correttamente con le E in alto sopra, in basso sotto, a destra verso destra e a sinistra verso sinistra sul tastierino.

3 Capitolo 3: Lo studio

I presupposti per lo studio nascono dalla necessità di identificare precocemente un deficit dei movimenti saccadici, fondamentali nella letto – scrittura in modo rapido, specifico e sensibile in età pre-scolare.

La tesi sperimentale si pone l'obiettivo di comparare il test di valutazione dei movimenti saccadici NSUCO Test con una nuova procedura in beta testing denominata SEM Test (Saccadic Eye Movement Test). Il confronto è stato fatto con NSUCO Test poichè è comunemente utilizzato nella pratica clinica ed è rapido. Non è stato utilizzato il DEM Test perché meno rapido di NSUCO test e non utilizzabile con bambini di 6 anni che non conoscono ancora bene i numeri, nonostante sia più simile al SEM Test, in quanto le variabili considerate sono il tempo di esecuzione, il numero e il tipo di errori commessi.

3.1 Descrizione del campione

Hanno partecipato all'indagine statistica le classi prime e seconde della Scuola Primaria Paritaria Maddalena di Canossa di Schio (VI).

Il campione di riferimento è costituito da 84 bambini, di cui 39 femmine e 45 maschi di età compresa tra i 6 e gli 8 anni (età media 7,32 anni \pm 0,5), comprendente miopi, ipermetropi ed astigmatici con correzione.

Tutti i soggetti sono stati valutati nel periodo compreso tra novembre e dicembre 2019. I test sono stati svolti presso la sede della scuola primaria nella fascia oraria compresa tra le ore 08.00 e le ore 14.00. L'illuminazione ambientale rilevata di 60 lux è stata ottenuta oscurando le finestre, per evitare variazioni della luce ambientale esterna e mantenendo accese le plafoniere con illuminazione temperatura colore bianco neutro 5000 K, per ottenere la massima ripetibilità dei risultati intersoggetto. Tutti i test sono stati eseguiti dagli stessi operatori in stanze separate, al fine di non influenzare le risposte dei soggetti.

Al genitore di ogni bambino è stato consegnato un questionario anamnestico e di adesione allo screening, che autorizzava a trattare i dati personali per la ricerca comunque in anonimato.

SESSO DELLA POPOLAZIONE

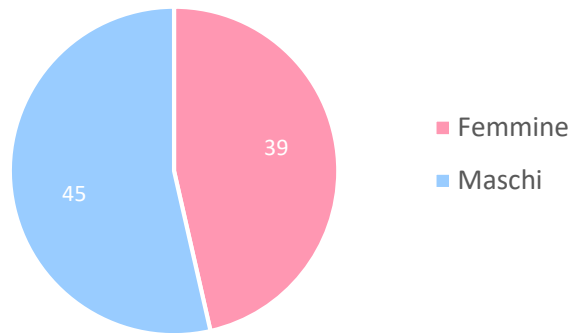


Figura 12 - Distribuzione dei soggetti secondo il sesso

La figura 12 illustra la distribuzione secondo il sesso dei soggetti: 39 femmine e 45 maschi.

Occhiali

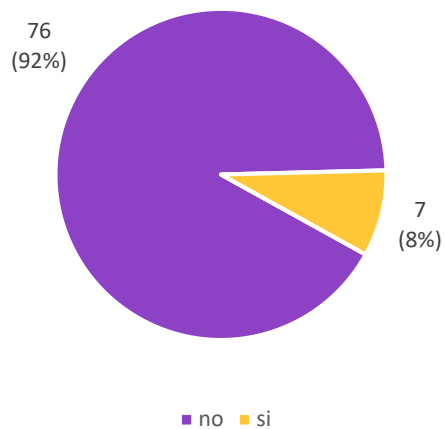


Figura 13 - Distribuzione dei soggetti che portano occhiali

Il grafico in figura 13 presenta i soggetti che portano occhiali (8%) e quelli che non li portano (92%) in condizioni abituali.

Età dei partecipanti

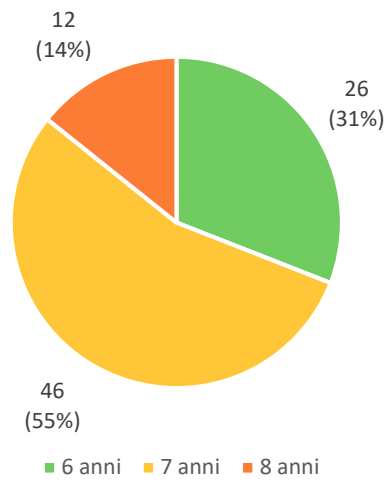


Figura 14 - Distribuzione delle età dei soggetti

La figura 14 suddivide il campione in 3 gruppi in base all'età: il 31% ha 6 anni, il 55% ha 7 anni e il 14% ha 8 anni.

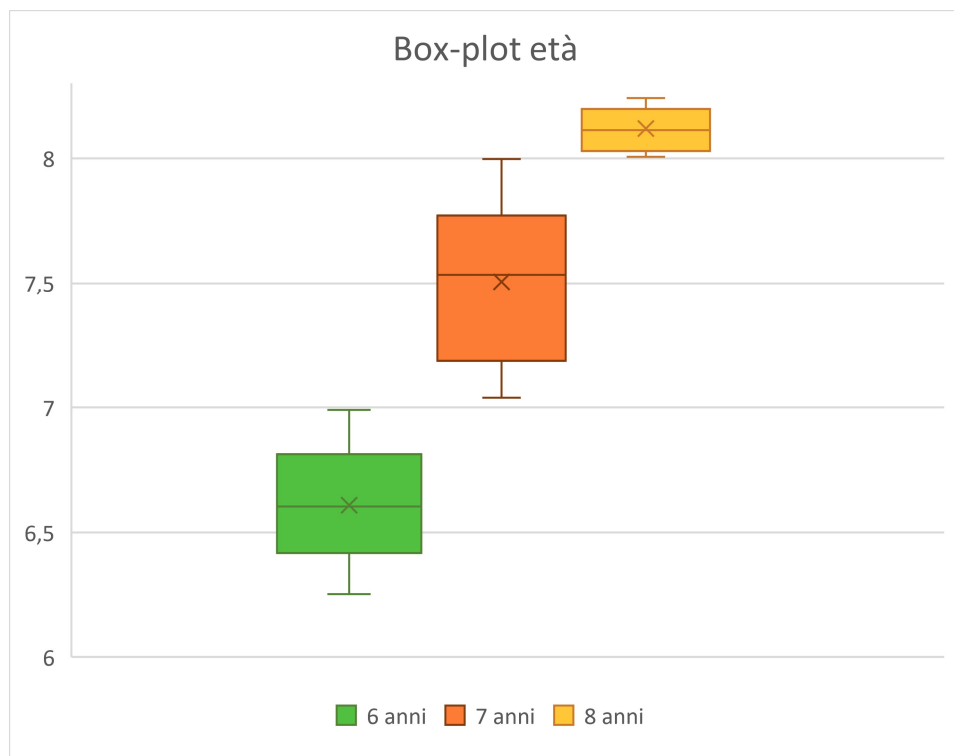


Figura 15 – Distribuzione età (Boxplot età sopra)

Dai box plot in figura 15 si possono evincere i quartili empirici relativi alle età dei soggetti, suddivisi per anno di nascita. In particolare, per i soggetti di 6 anni il primo quartile vale 6,44, la mediana vale 6,60, il terzo quartile vale 6,80, il valore minimo vale 6,24 e il valore massimo vale 6,99; per i soggetti di 7 anni il primo quartile vale 7,21, la mediana vale 7,53, il terzo quartile vale 7,76, il valore minimo vale 7,04 e il valore massimo vale 7,99; per i soggetti di 8 anni il primo quartile vale 8,05, la mediana vale 8,11, il terzo quartile vale 8,19, il valore minimo vale 8,01 e il valore massimo vale 8,24.

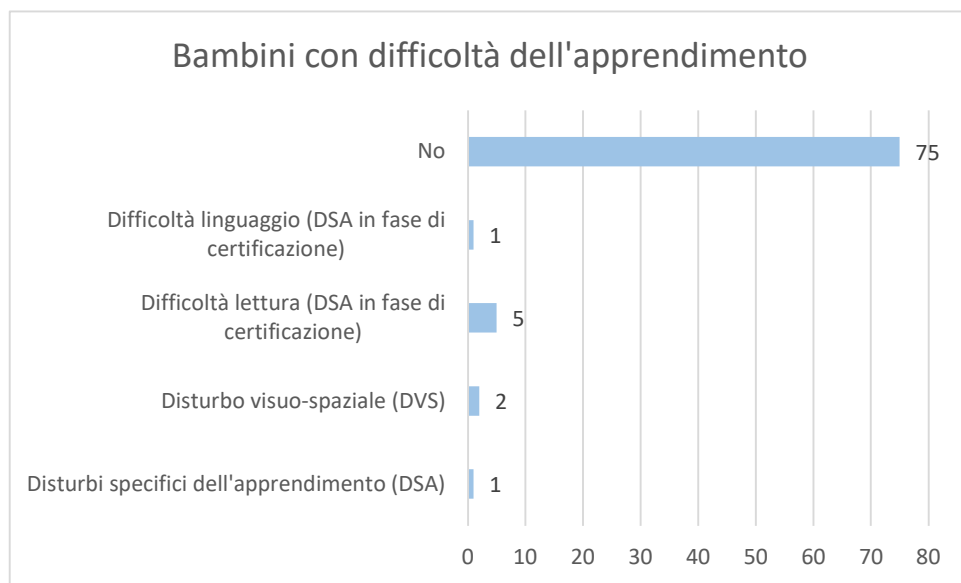


Figura 16 - Distribuzione dei soggetti con difficoltà dell'apprendimento

Analizzando i dati relativi alle difficoltà dell'apprendimento e confrontandoli con gli altri dati raccolti emerge che:

- i due soggetti con difficoltà di lettura commettono 11 e 12 errori al SEM test; uno presenta exotropia per lontano di -20^{Δ} e per vicino di -16^{Δ} .
- I due soggetti con disturbo visuo-spaziale (DVS) presentano un errore refrattivo significativo (ipermetropia/astigmatismo lievi < 3.00 D [67]) non corretto.
- I soggetti con difficoltà di lettura e quelli con disturbo visuo-spaziale presentano: una stereopsi compresa tra $90''$ d'arco e $400''$ d'arco, dominanza crociata e convergenza difficoltosa.

Questi risultati indicano la necessità di un approfondimento rispetto all'influenza che fattori visivi possono avere nel contesto delle certificazioni DSA (non oggetto di questo lavoro); infatti, alcuni disturbi visivi funzionali (non patologici) possono indurre difficoltà, sintomi e prestazioni analoghe a quelle presenti nei DSA, possono essere confuse per quest'ultime e/o associarsi ad esse. I risultati evidenziati in questo campione speciale suggeriscono un'utilità della valutazione visiva approfondita (optometrica e/o ortottica).

3.2 Protocollo esecutivo

Sono stati effettuati i seguenti test:

- ***Acuità visiva a distanza***

Per determinare l'acuità visiva a distanza sono state utilizzate le E direzionali di Albini su ottotipo computerizzato M.O.S. 27 polar costituito da uno schermo LED IPS ad alta definizione (1920x1080 24 bit) di dimensione 27", con luminosità massima di 250 cd/m² e contrasto monitor di 1000:1 (secondo le indicazioni del produttore), con illuminazione ambientale; prima in condizioni monoculari (ottenute con occlusore) e poi in condizioni binoculari. Al soggetto è stato chiesto di indicare con la mano la direzione della E (posta a 6 m di distanza), prima monocularmente e poi binocularmente con eventuale correzione ottica abituale, fino alla determinazione del minimo angolo di risoluzione. La misurazione dell'acuità visiva morfoscopica è stata misurata mediante scala di progressione geometrica (norme ISO-EN e DIN) con coefficiente di affollamento costante. Inoltre, è stata valutata anche tramite procedura di routine automatizzata mediante metodo staircase con calcolo statistico e rappresentazione grafica (limiti di confidenza e deviazione standard).

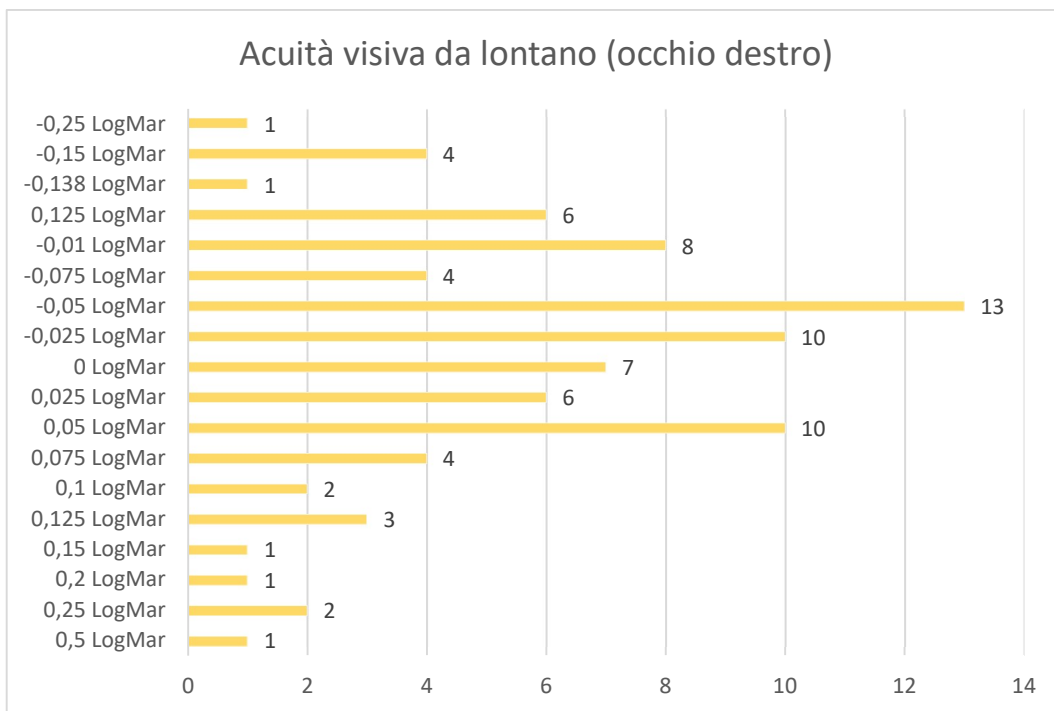


Figura 17 - Distribuzione dell'acuità visiva in LogMar per lontano occhio destro

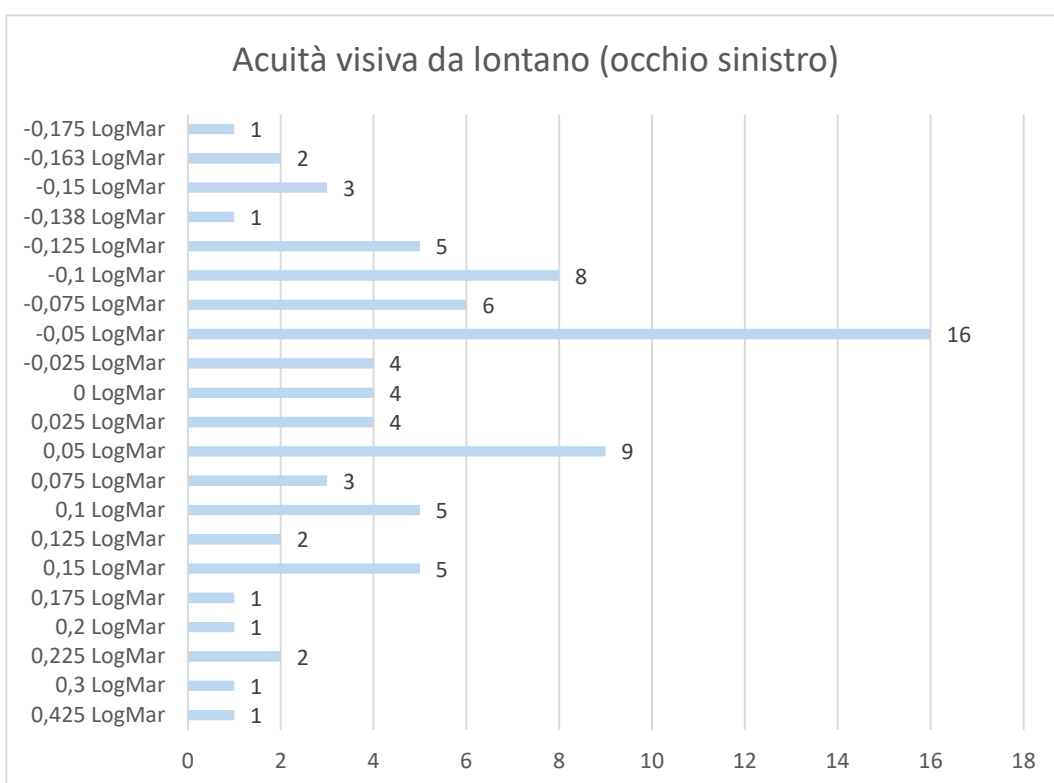


Figura 18 - Distribuzione dell'acuità visiva in LogMar per lontano occhio sinistro

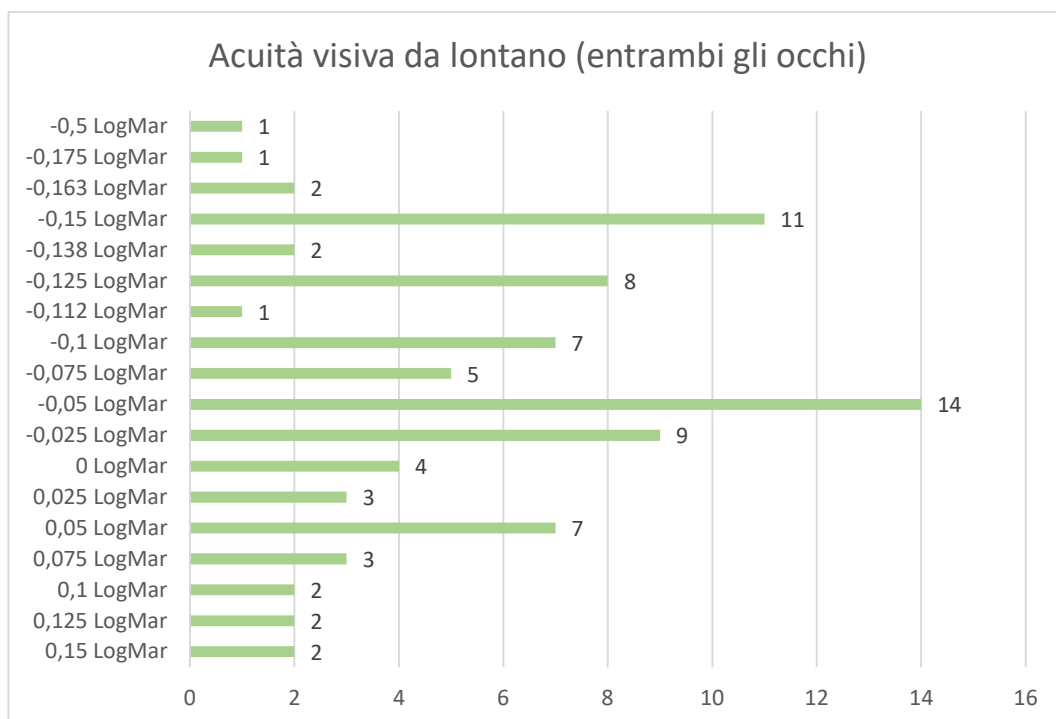


Figura 19 - Distribuzione dell'acuità visiva in LogMar per lontano entrambi gli occhi

Le figure 17, 18 e 19 mostrano la distribuzione dei dati relativi all'acuità visiva misurata a distanza rispettivamente per l'occhio destro, l'occhio sinistro ed entrambi gli occhi.

- ***Acuità visiva prossimale***

L'acuità visiva prossimale è stata valutata alla distanza di 40 cm in condizioni binoculari, con illuminazione ambientale tramite ottotipo elettronico per vicino M.O.S. near, che utilizza E direzionali di Albinì, mediante visus per appaiamento. È stato chiesto al soggetto di indicare su un foglio, nel quale erano rappresentate le 4 varianti delle E direzionali (alto, basso, destra, sinistra), quella uguale a quella presentata sul monitor.

- ***Autorefrattometria***

L'autorefrattometria è stata effettuata con autorefrattometro portatile Nikon - Righton retinomax 2.

AMETROPIE DELLA POPOLAZIONE

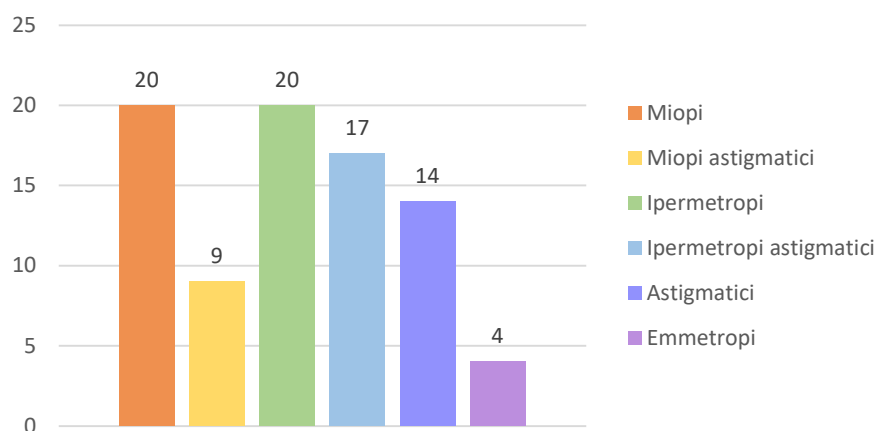


Figura 20 - Distribuzione delle ametropie dei soggetti

Nella figura 20 i soggetti sono divisi in base all'ametropia rilevata con l'autorefrattometro portatile: 20 miopi lievi (< 3.00 D [68]), 9 miopi astigmatici lievi (< 3.00 D), 20 ipermetropi lievi (< 3.00 D [67]), 17 ipermetropi astigmatici lievi (< 3.00 D), 14 astigmatici (con range variabile da -0.25 D a -3.00 D) e 4 emmetropi.

- **Cover test a distanza**

Per la determinazione dello stato eteroforico/eterotropico del soggetto è stato eseguito il cover test cover/uncover e alternato con illuminazione ambientale. Per eseguire il test è stata utilizzata una paletta oclusore ed è stato chiesto al soggetto di fissare attentamente una mira di fissazione di piccole dimensioni [69]. La prima fase del test (cover/uncover) permette di determinare l'eventuale presenza di strabismo. Gli occhi vengono singolarmente coperti e si osserva, mentre si chiede al soggetto di fissare la mira a distanza, l'eventuale movimento dell'occhio controlaterale all'occhio coperto; dopo averlo scoperto, si ripete ocludendolo nuovamente al fine di confermare le osservazioni. Se nessuno dei due occhi si muove, il paziente non presenta tropia. In seguito a questa prima fase, esclusa la presenza di strabismo, è stata eseguita quella alternata per determinare lo stato eteroforico del soggetto [70]. Mentre il soggetto fissa la mira a distanza viene coperto un occhio con l'occlusore che, privato dello stimolo percettivo, devia in

posizione di riposo. Dopo qualche secondo, si sposta l'occlusore velocemente sul controlaterale con un movimento rapido osservando l'occhio scoperto: il soggetto è esoforico se il movimento di recupero va dal naso verso l'esterno; si è in presenza di exoforia se il recupero va dalla tempia verso il naso; se invece non vi è alcun movimento, il soggetto è ortoforico [69]. La quantificazione dell'angolo di deviazione è stato effettuato mediante stecche prismatiche.

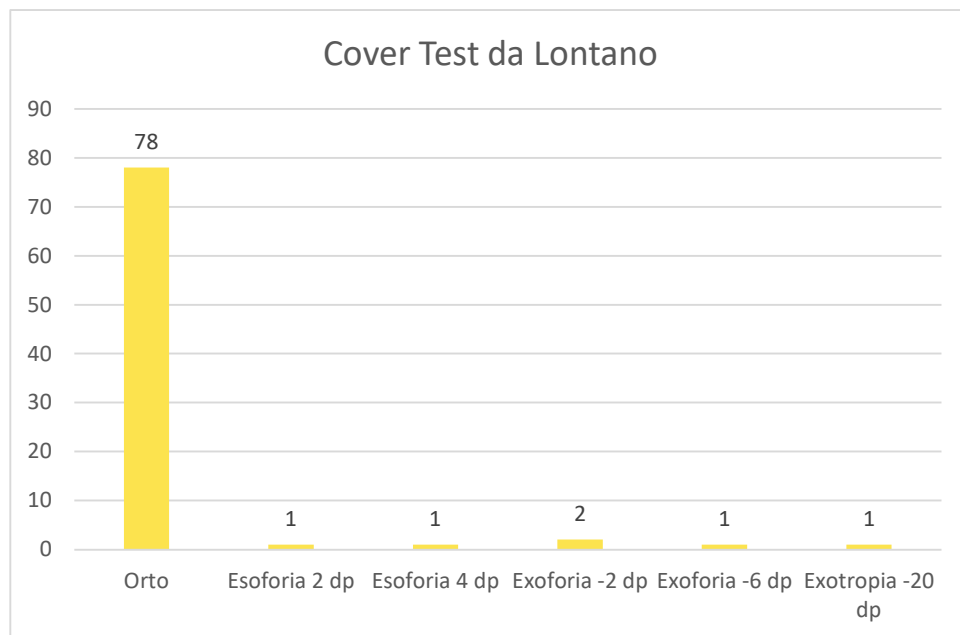


Figura 21 - Dati relativi al cover test da lontano

La figura 21 mostra i dati ottenuti al cover test eseguito a distanza: 78 soggetti presentano ortoforia, uno esoforia 2 dp, uno esoforia 4 dp, due exoforia -6 dp, uno exoforia -6 dp e uno exotropia -20 dp.

- ***Cover test prossimale***

Per la determinazione dell'eteroforia prossimale è stata seguita la stessa procedura descritta sopra, variando la distanza di esecuzione a 33 cm.

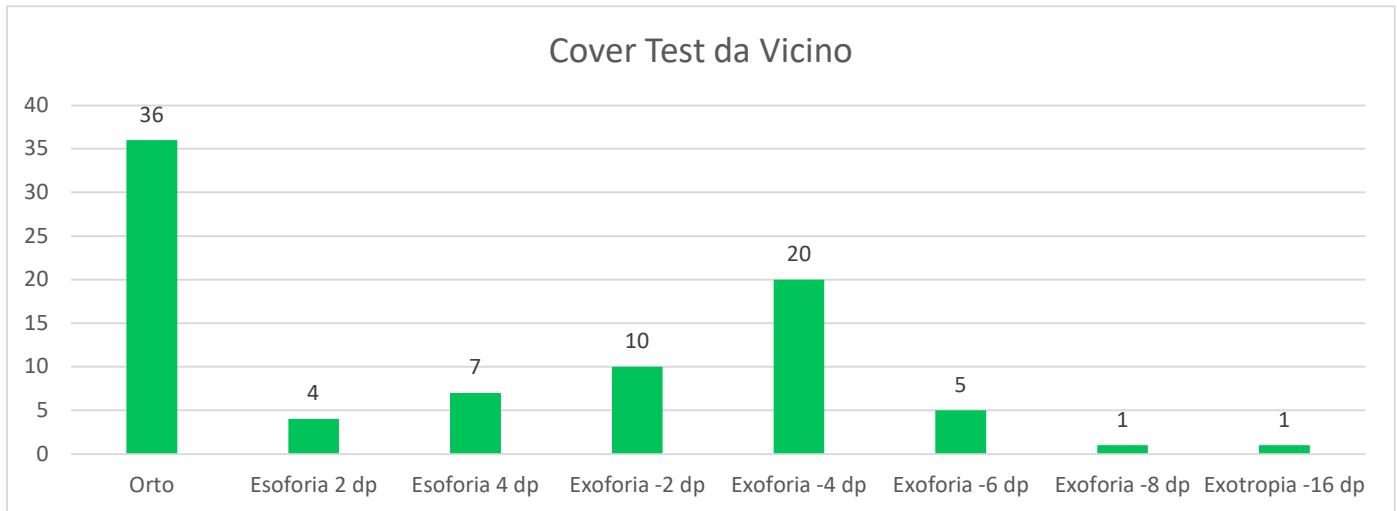


Figura 22 - Dati relativi al cover test da vicino

La figura 22 illustra i dati relativi al cover test prossimale: 36 soggetti sono ortoforici, quattro esoforici di 2 dp, sette esoforici di 7 dp, dieci exoforici di -2 dp, venti exoforici di -4 dp, cinque exoforici di -6 dp, un exoforico di -8 dp e 1 exotropico di -16 dp.

- **Test del punto prossimo di convergenza (PPC)**

Con illuminazione ambientale normale, partendo da una distanza di circa 50 cm dal piano facciale a 20/30° sotto la direzione primaria di sguardo, è stata avvicinata lentamente una mira puntiforme osservando quando un occhio non manteneva più la fissazione (abbandonava deviando verso l'esterno). La mira è stata poi allontanata lentamente dal piano facciale ed è stata registrata la distanza di recupero della fissazione binoculare della mira [70].

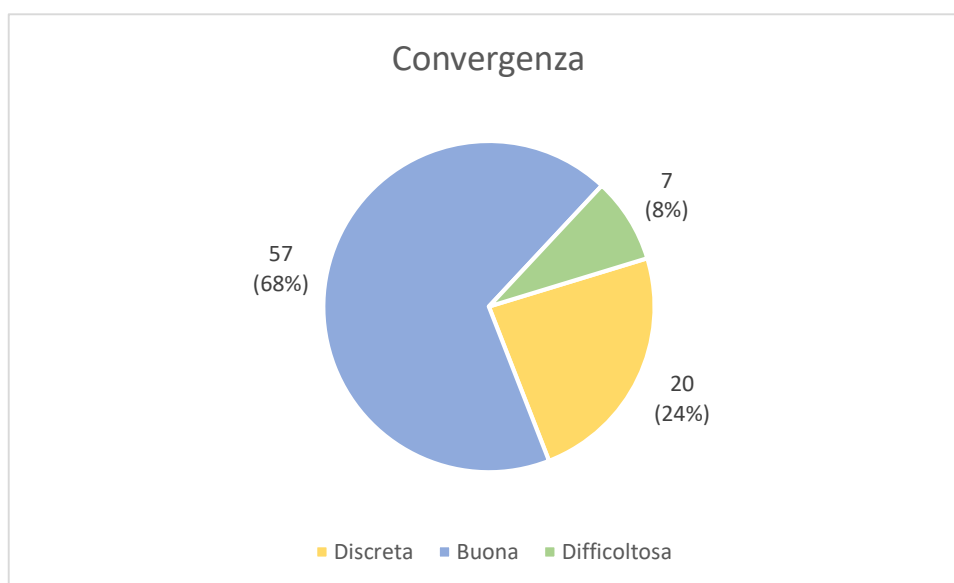


Figura 23 - Distribuzione dei relativi alla convergenza

Dal grafico in figura 23 si evince che: il 68% dei soggetti ha una convergenza buona (< 5 cm), il 24% dei soggetti ha una convergenza discreta (compresa tra 5 cm tra e 7 cm) e l'8% dei soggetti ha una convergenza difficoltosa (> 7 cm) [71].

- **Test della motilità oculare**

Analisi della qualità dei movimenti oculari e dell'integrità del sistema oculomotorio monoculare e binoculare nelle varie direzioni di sguardo tramite la valutazione di:

- *Duzioni monoculari.*

Si occlude un occhio mediante occlusore e si utilizza una mira posta a circa 30/35 cm. Viene chiesto al soggetto, confortevolmente seduto, di seguire con gli occhi la mira in movimento e si osservano i movimenti che il soggetto compie durante il mantenimento della fissazione della mira che viene spostata nelle direzioni diagnostiche di sguardo. Così facendo si ha la possibilità di valutare il campo d'azione dei sei muscoli extraoculari.

- *Versioni binoculari (stima inseguimento).*

Chiedendo al soggetto di mantenere la fissazione della mira, che si muoverà nelle principali direzioni di sguardo, si possono verificare l'eventuale ipofunzione nel campo d'azione specifico di un muscolo e l'adeguata funzione dei movimenti oculari d'inseguimento visivo.

- *Vergenze.*

L'esaminatore muove la mira verso il soggetto e dal soggetto verso il piano facciale dell'esaminatore stesso osservando la presenza di movimenti normali di convergenza e divergenza senza scatti, anticipi o ritardi di un occhio ed i riflessi pupillari associati.

- *Fissazioni (stima saccadi).*

Due mire vengono poste a circa 40 cm (o alla distanza di Harmon) dal piano facciale, separate tra loro da una distanza corrispondente alla larghezza delle spalle del soggetto in esame. Viene chiesto al paziente di fissare l'una e successivamente l'altra mira richiedendo quindi, dei movimenti saccadici nel piano orizzontale, verticale, obliquo, lontano-vicino e viceversa [70].

• ***NSUCO test***

Il sistema sviluppato dal Northeastern State University College of Optometry (NSUCO) ha permesso di valutare la motilità oculare. Le osservazioni fatte sui movimenti oculari di inseguimento e sugli sbalzi di fissazione attraverso questo metodo considerano: abilità, precisione, movimenti della testa e movimenti del corpo. Il soggetto esaminato è seduto di fronte all'esaminatore in posizione eretta, con le gambe leggermente divaricate. Le mire utilizzate sono le sfere di Wolff, piccole sfere metalliche riflettenti di diametro 0,5 cm; una per gli inseguimenti e due per gli sbalzi di fissazione [70].

La determinazione dei valori è stata effettuata per tutti i soggetti dallo stesso operatore (ortottista-optometrista con 11 anni di esperienza).

• ***SEM test***

Il SEM test è stato effettuato tramite un tablet posto alla distanza di 40 cm dal soggetto e un tastierino numerico collocato sull'asse meridiano del paziente. Simulando la copiatura dalla lavagna sul quaderno, il soggetto dopo aver identificato la direzione della E di Albin sul monitor deve premere la E corrispondente sul tastierino numerico.

- ***Randot stereo test***

Il paziente indossava occhiali polarizzati, sopra la propria prescrizione se presente. Il test è stato posto a 40 cm dal soggetto, ben illuminato, privo di abbagliamento e verticale per garantire un corretto asse di polarizzazione; senza consentire al paziente di inclinare o girare la testa. È stata presentata la mira composta da dieci triplette di cerchi (400" a 20") ed è stato chiesto di identificare, per ogni tripletta, quale dei tre cerchi sembrava uscisse dalla pagina. L'ultima tripletta identificata correttamente indica il valore di stereopsi del soggetto [2].



Figura 24 - Randot stereo test

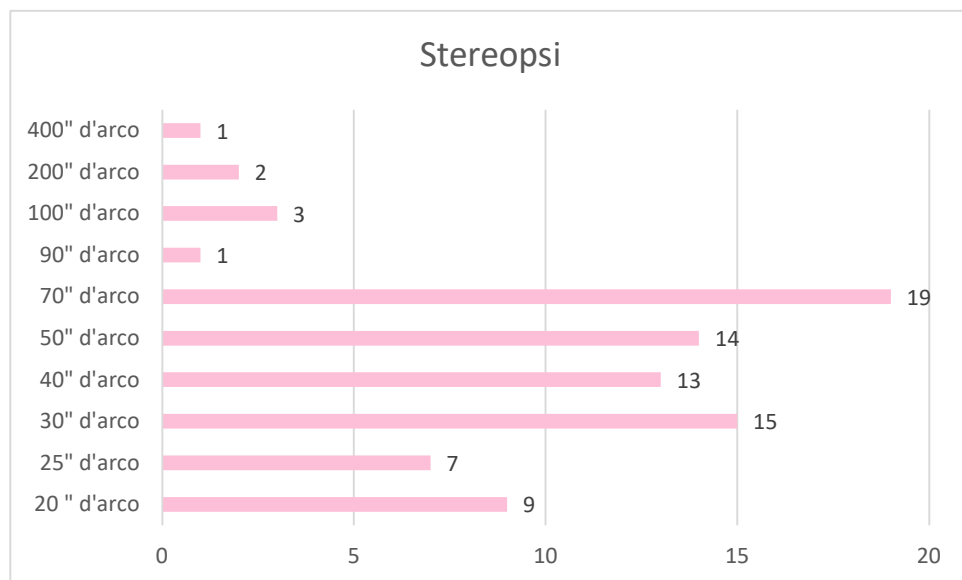


Figura 25 - Grafico relativo ai dati della stereopsi

Dalla figura 25 si può notare come il 70% dei soggetti presenti una stereopsi ottimale, considerando che in letteratura il cut-off di una condizione ottimale è $\leq 50''$ [72] [73].

- **Dominanza**

- **Visuo-motoria:** per la determinazione dell'occhio dominante di sguardo è stato utilizzato un cartoncino con un foro al centro. Il soggetto teneva con le mani il cartoncino a braccia distese all'altezza delle spalle e osservava con entrambi gli occhi aperti attraverso il foro un punto indicato sul muro posizionato davanti ad esso alla distanza di 3 metri. Mediante l'utilizzo di un oclusore è stato chiuso un occhio alla volta ed è stato identificato dominante quello con cui il soggetto ha puntato realmente l'obiettivo [74].
- **Acustica:** corrisponde all'orecchio preferito per l'ascolto. Al soggetto viene chiesto di mostrare il gesto nel momento in cui debba rispondere al telefono.
- **Manuale:** ovvero la mano che si preferisce usare, al soggetto viene chiesto di mostrare con quale mano scrive mediante l'utilizzo di un foglio e una penna.
- **Podalica:** al soggetto è stato chiesto di calciare una pallina per mostrare quale piede utilizza preferibilmente.

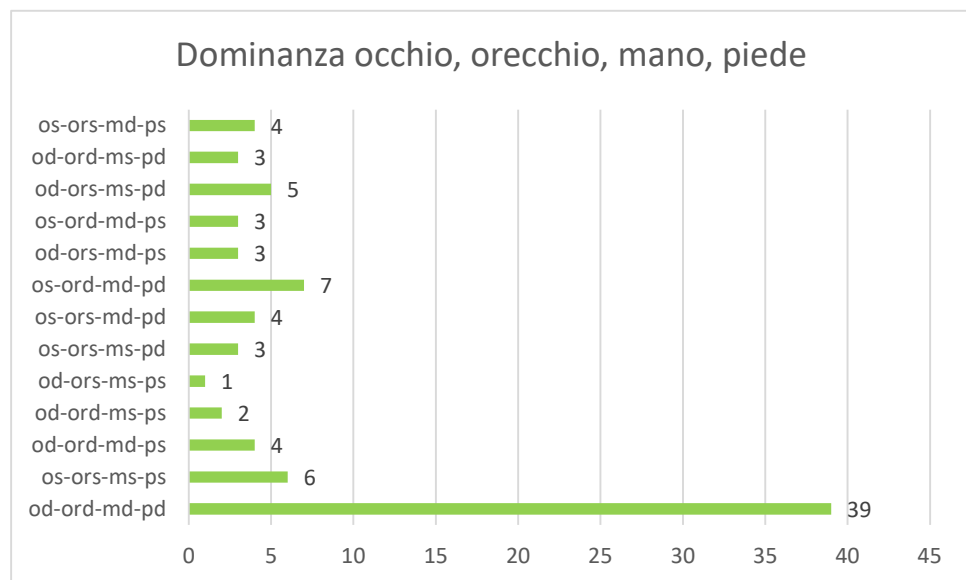


Figura 26 - Distribuzione dei dati relativi alla dominanza di occhio, orecchio, mano e piede

La figura 26 illustra che il 46% dei soggetti ha dominanza destra oculare, acustica, manuale e podalica.

3.3 Analisi statistica

L'analisi statistica dei dati è stata eseguita con un foglio di calcolo preparato appositamente (Excel versione 2002 per Windows). Allo scopo di sintetizzare e rappresentare l'informazione contenuta nei dati relativi al campione si utilizza un'analisi statistica descrittiva.

Per valutare se esistono correlazioni lineari tra i dati relativi al NSUCO test e quelli relativi al SEM test è stata utilizzata la regressione lineare.

La regressione lineare consente di calcolare la retta che meglio descrive l'andamento dei dati. La retta di regressione è descritta da un'equazione $y=mx+q$, dove y è la variabile dipendente e x la variabile indipendente. I coefficiente m e q rappresentano rispettivamente la pendenza, o coefficiente angolare, e l'intercetta. Le statistiche di regressione (r , R^2) sono finalizzate a valutare l'adeguatezza di un modello lineare.

L'analisi di varianza (ANOVA) analizza la variabilità dovuta alla retta di regressione.

Nella statistica inferenziale classica, vengono sempre confrontate due ipotesi: l'ipotesi nulla e l'ipotesi alternativa. Questo confronto non è diretto: bisogna infatti confrontare i dati con l'ipotesi nulla per verificare se sono con essa compatibili. Una misura dell'evidenza contraria all'ipotesi nulla è detta livello di significatività o *p-value*. Il valore p fu proposto da sir Ronald Fisher negli anni '20 come un indicatore della discrepanza tra i dati e l'ipotesi nulla. Sui dati sperimentali viene calcolata una statistica test, che viene rapportata all'appropriata distribuzione statistica, e corrisponde a un valore di probabilità che è appunto denominato p . Il valore p è definito come la probabilità, sotto l'ipotesi nulla (cioè assumendo che l'ipotesi nulla sia vera), di ottenere un risultato uguale o più estremo di quello osservato.

Calcolato il *p-value* relativo ai dati osservati, e fissato un valore soglia α (per convenzione di solito 0,05), è possibile comportarsi come segue:

- se valore $p > \alpha$ l'evidenza empirica non è sufficientemente contraria all'ipotesi nulla che quindi non può essere rifiutata;

- se valore $p \leq \alpha$ l'evidenza empirica è fortemente contraria all'ipotesi nulla che quindi va rifiutata.

È stata verificata la presenza di correlazioni tra le seguenti variabili: punteggio totale NSUCO test e tempo totale, errori e media ponderata SEM test; punteggio abilità NSUCO test e tempo totale, errori e media ponderata SEM test; punteggio accuratezza NSUCO test e tempo totale, errori e media ponderata SEM test; età e SEM test; punteggio totale NSUCO test e SEM test. Nella sezioni seguenti vengono riportati i grafici relativi con le rette di regressione e le statistiche ottenute dai fit.

3.3.1 Correlazione Totale NSUCO – SEM

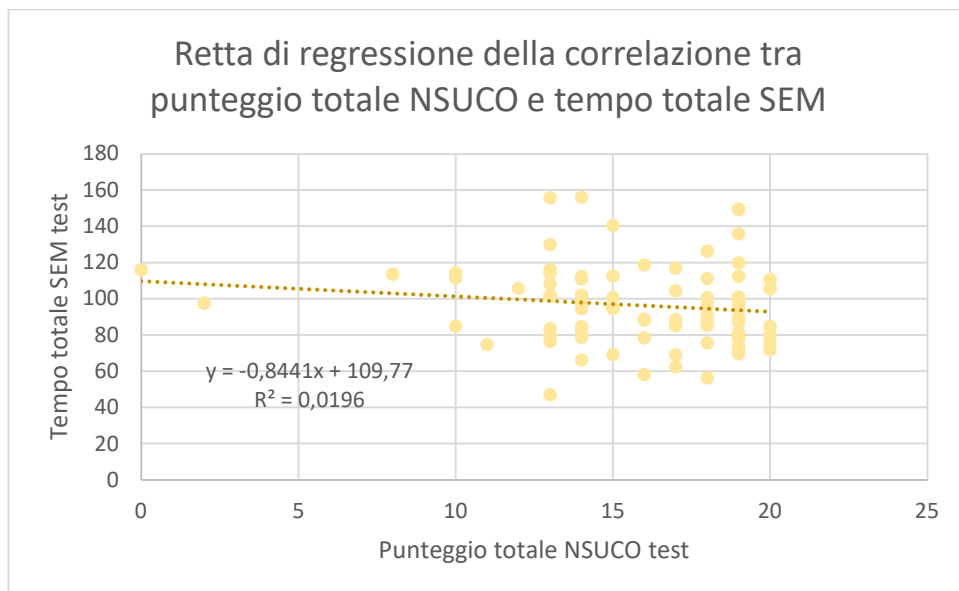


Figura 27 - Retta di regressione della correlazione tra punteggio totale NSUCO test e tempo totale SEM test

- Coefficiente di correlazione lineare di Pearson (r) = -0,1402
- Coefficiente di determinazione (R^2) = 0,0196
- Valore di significatività (p -value) = 0,2039

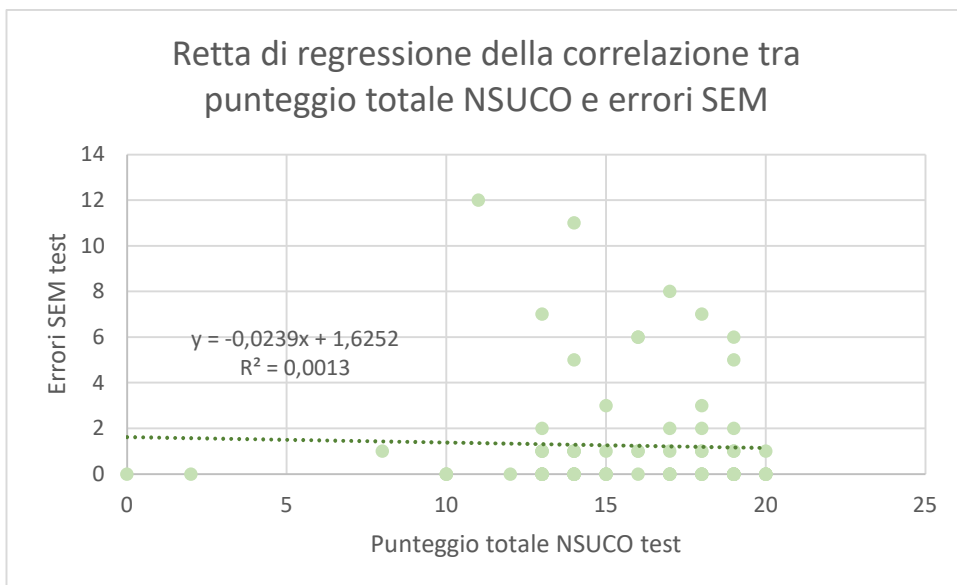


Figura 28 - Retta di regressione della correlazione tra punteggio totale NSUCO test e errori SEM test

- Coefficiente di correlazione lineare di Pearson (r) = -0,0355
- Coefficiente di determinazione (R^2) = 0,0028
- Valore di significatività (p -value) = 0,7481

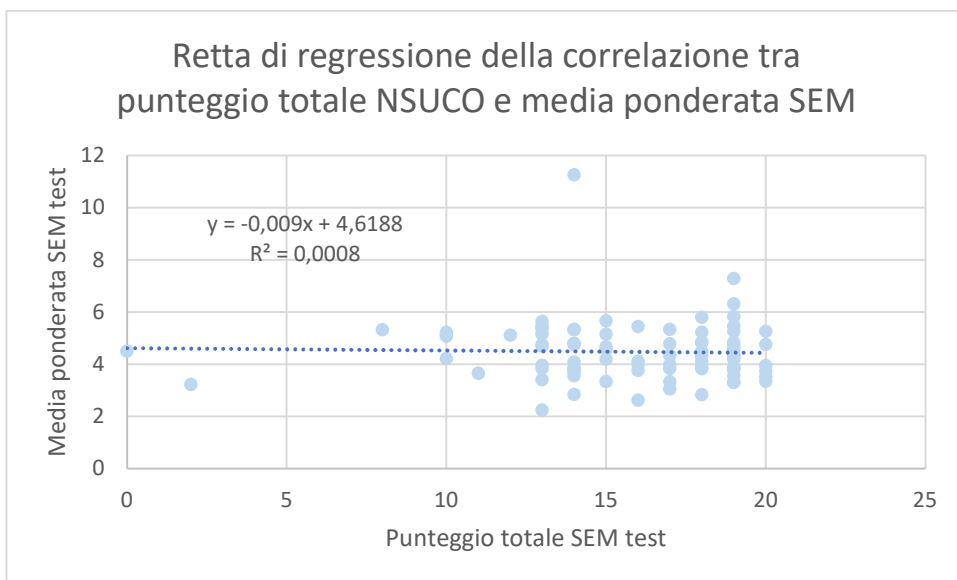


Figura 29 - Retta di regressione della correlazione tra punteggio totale NSUCO test e media ponderata SEM test

- Coefficiente di correlazione lineare di Pearson (r) = -0,1541
- Coefficiente di determinazione (R^2) = 0,0238
- Valore di significatività (p -value) = 0,7983

3.3.2 Correlazione punteggio abilità NSUCO - SEM

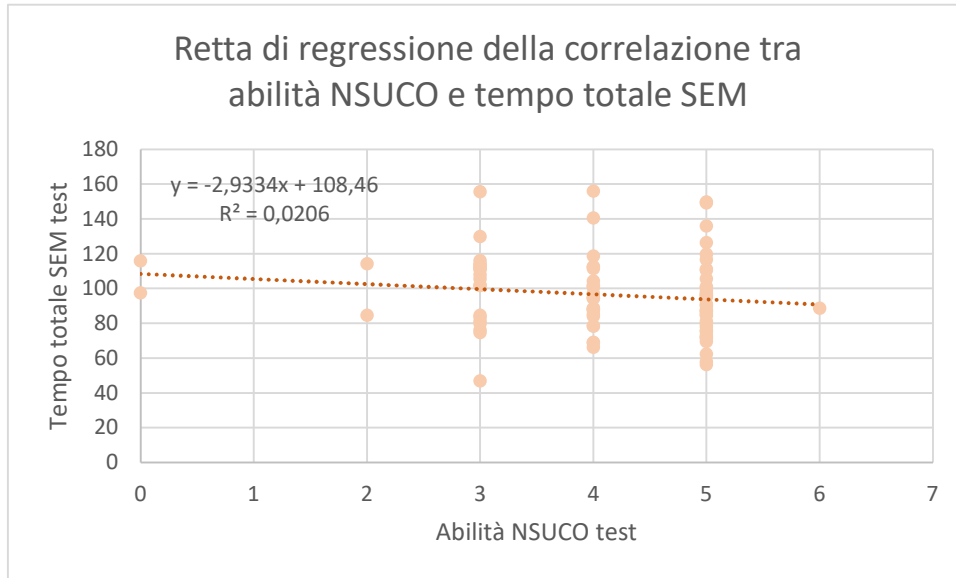


Figura 30 - Retta di regressione della correlazione tra punteggio abilità NSUCO test e tempo totale SEM test

- Coefficiente di correlazione lineare di Pearson (r) = -0,1436
- Coefficiente di determinazione (R^2) = 0,0206
- Valore di significatività (p -value) = 0,1924

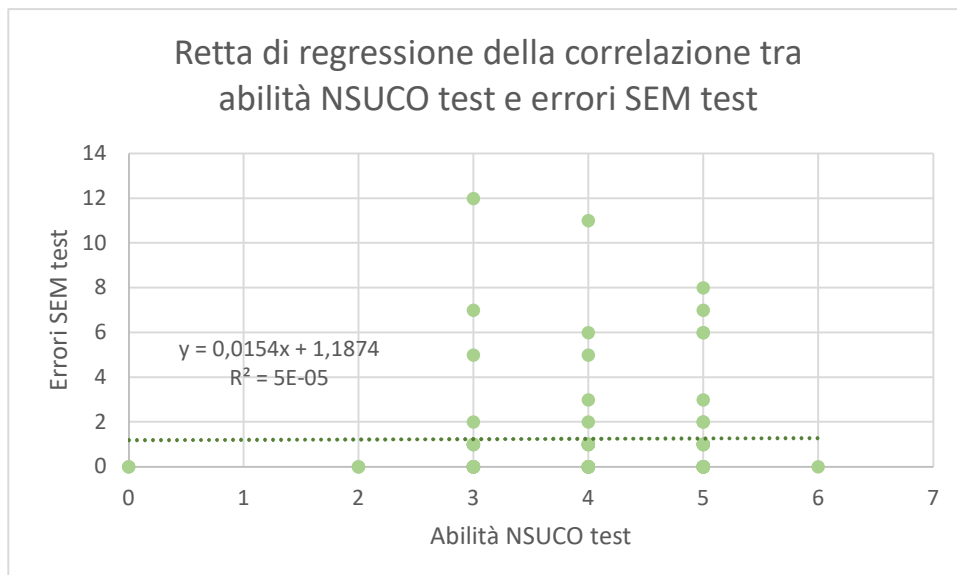


Figura 31 - Retta di regressione della correlazione tra punteggio abilità NSUCO test ed errori SEM test

- Coefficiente di correlazione lineare di Pearson (r) = 0,0068

- Coefficiente di determinazione (R^2) = 5E-05
- Valore di significatività (p -value) = 0,9514

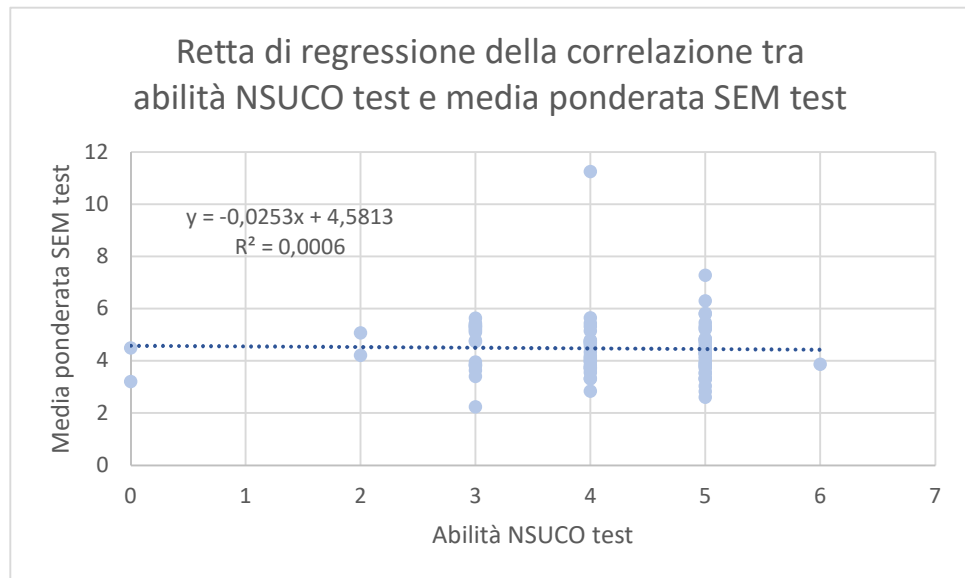


Figura 32 - Retta di regressione della correlazione tra punteggio abilità NSUCO test e media ponderata SEM test

- Coefficiente di correlazione lineare di Pearson (r) = 0,0068
- Coefficiente di determinazione (R^2) = 0,0006
- Valore di significatività (p -value) = 0,8312

3.3.3 Correlazione punteggio accuratezza NSUCO - SEM

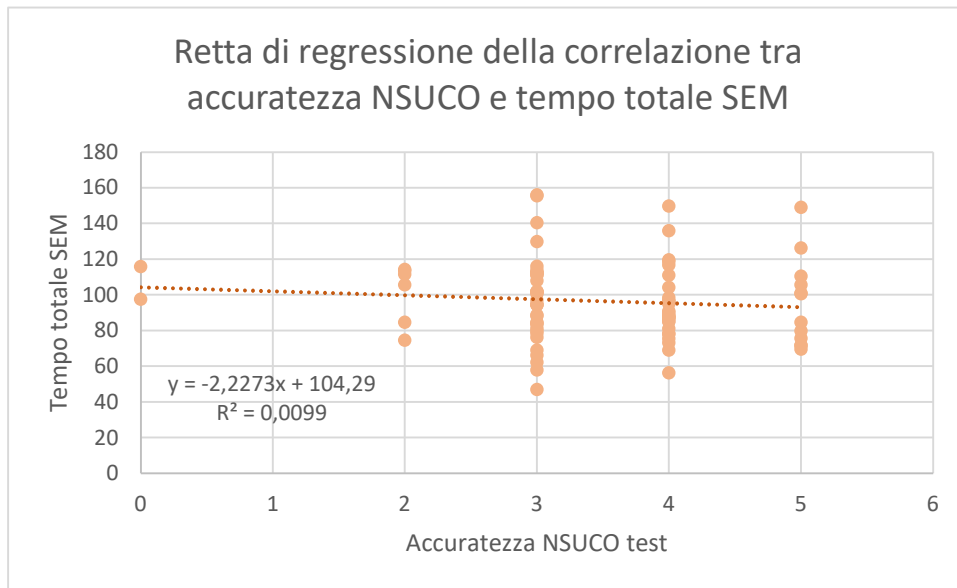


Figura 33 - Retta di regressione della correlazione tra punteggio accuratezza NSUCO e tempo totale SEM

- Coefficiente di correlazione lineare di Pearson (r) = -0,0994
- Coefficiente di determinazione (R^2) = 0,0099
- Valore di significatività (p -value) = 0,3685

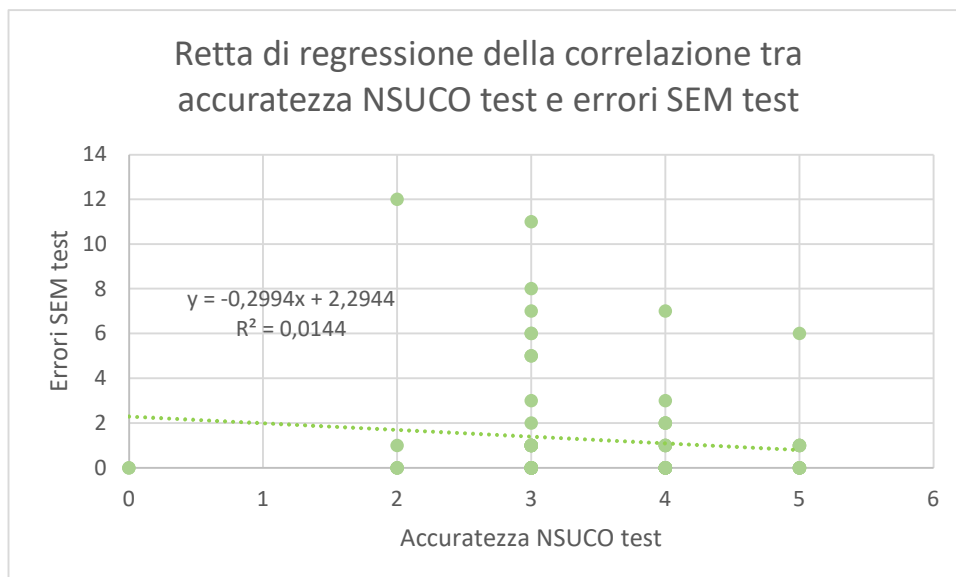


Figura 34 - Retta di regressione della correlazione tra punteggio accuratezza NSUCO test e errori SEM test

- Coefficiente di correlazione lineare di Pearson (r) = -0,1193

- Coefficiente di determinazione (R^2) = 0,0144
- Valore di significatività (p -value) = 0,2776

Dalla retta di regressione in figura si può notare come la maggior parte degli errori sia stata commessa da soggetti a cui è stato attribuito il punteggio 3 di accuratezza all'NUSCO test.

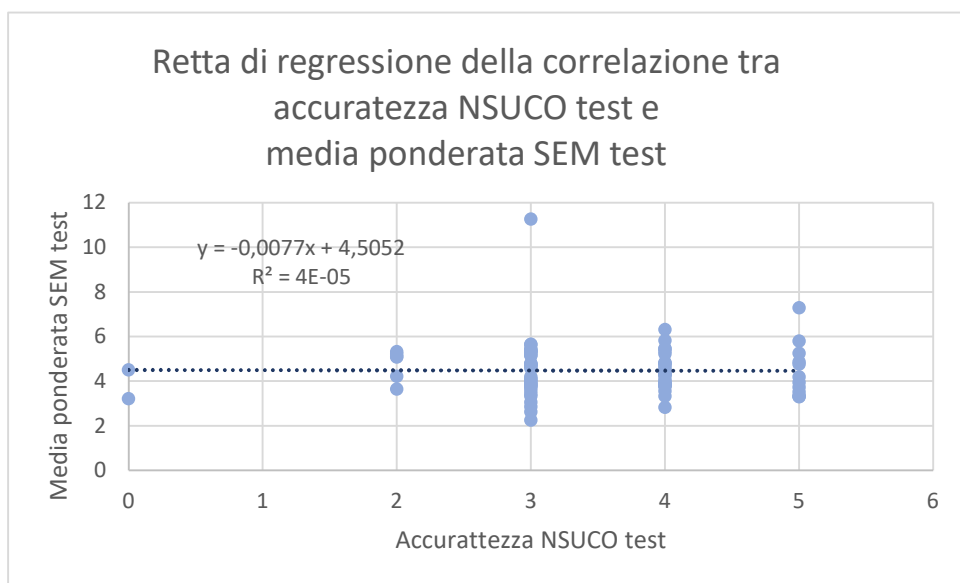


Figura 35 - Retta di regressione della correlazione tra punteggio accuratezza NSUCO test e media ponderata SEM test

- Coefficiente di correlazione lineare di Pearson (r) = -0,0066
- Coefficiente di determinazione (R^2) = 4E-05
- Valore di significatività (p -value) = 0,9526

3.3.4 Correlazione età – tempo totale SEM

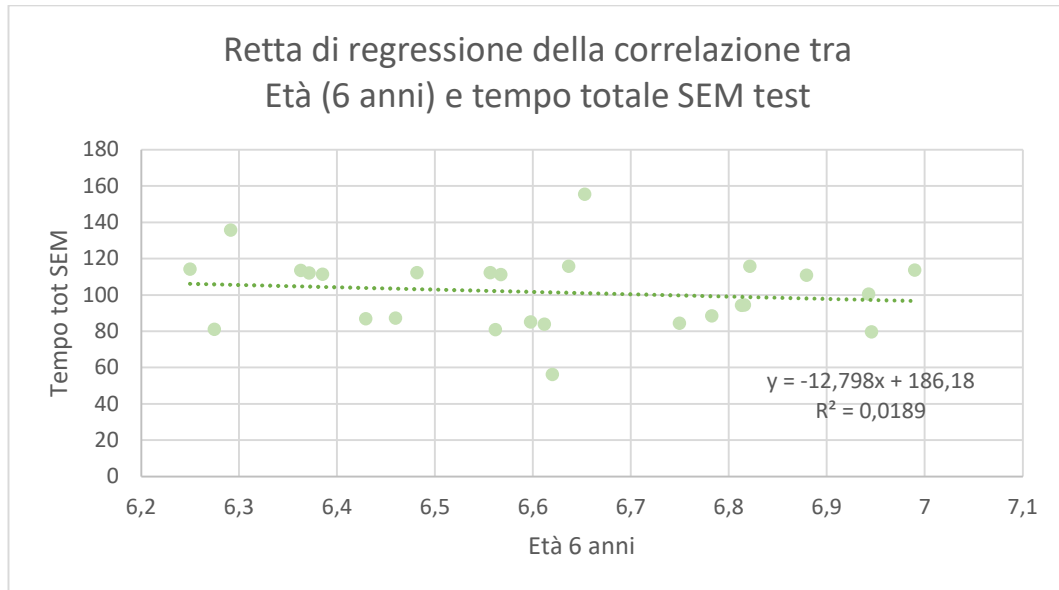


Figura 36 - Retta di regressione della correlazione tra età (6 anni) e tempo totale SEM test

- Coefficiente di correlazione lineare di Pearson (r) = -0,1374
- Coefficiente di determinazione (R^2) = 0,0189
- Valore di significatività (p -value) = 0,5031

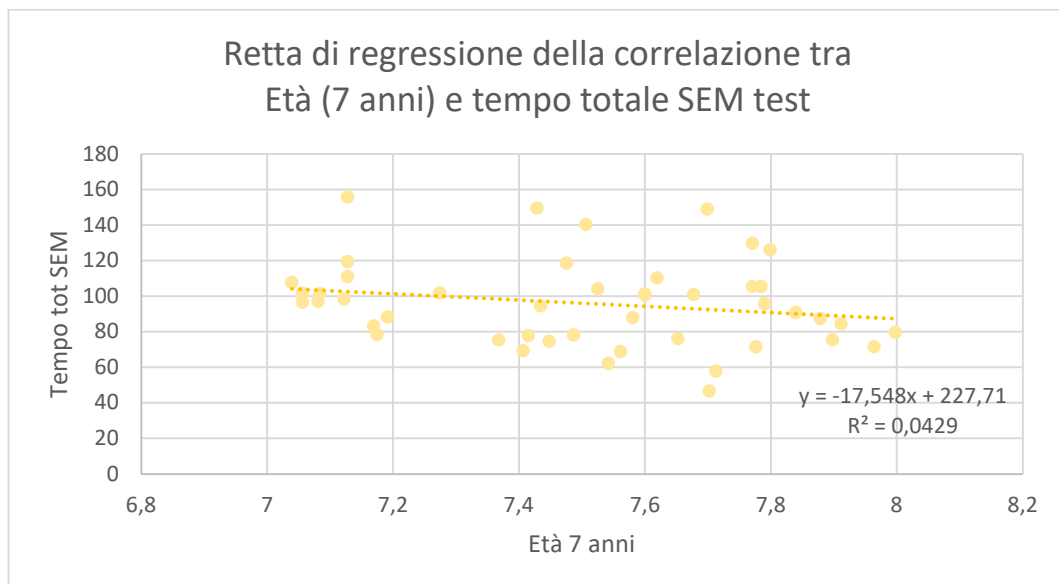


Figura 37 - Retta di regressione della correlazione tra età (7 anni) e tempo totale SEM test

- Coefficiente di correlazione lineare di Pearson (r) = -0,2070
- Coefficiente di determinazione (R^2) = 0,0429

- Valore di significatività (*p-value*) = 0,1674

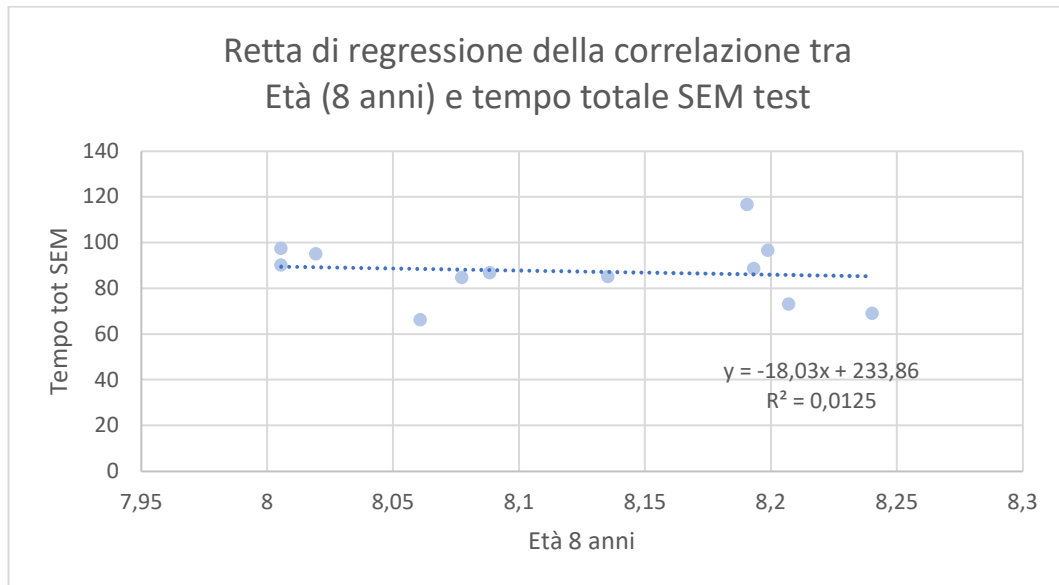


Figura 38 - Retta di regressione della correlazione tra età (8 anni) e tempo totale SEM test

- Coefficiente di correlazione lineare di Pearson (r) = -0,1117
- Coefficiente di determinazione (R^2) = 0,0125
- Valore di significatività (*p-value*) = 0,7295

3.3.5 Correlazione età – totale NSUCO

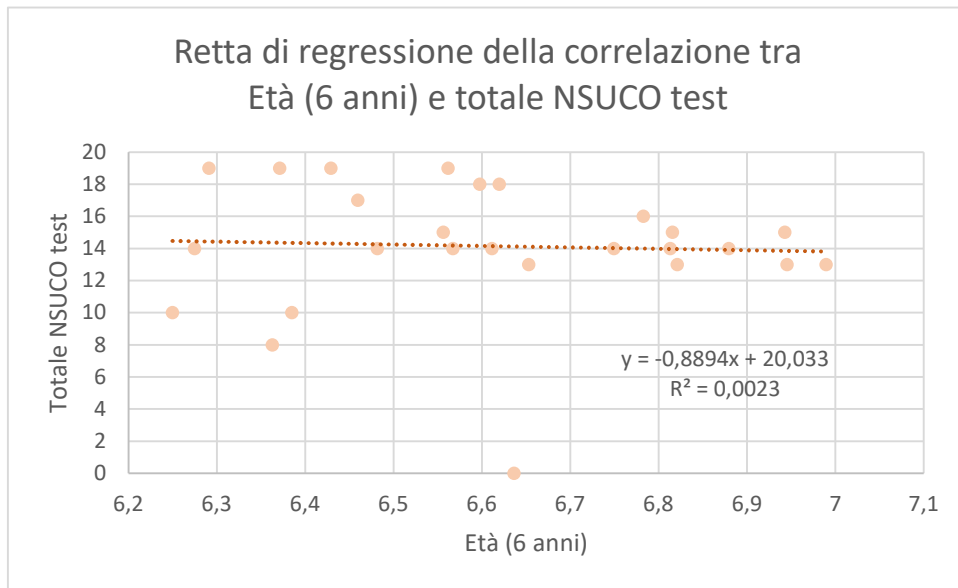


Figura 39 - Retta di regressione della correlazione tra età (6 anni) e punteggio totale NSUCO test

- Coefficiente di correlazione lineare di Pearson (r) = -0,048
- Coefficiente di determinazione (R^2) = 0,0023
- Valore di significatività (p -value) = 0,8158

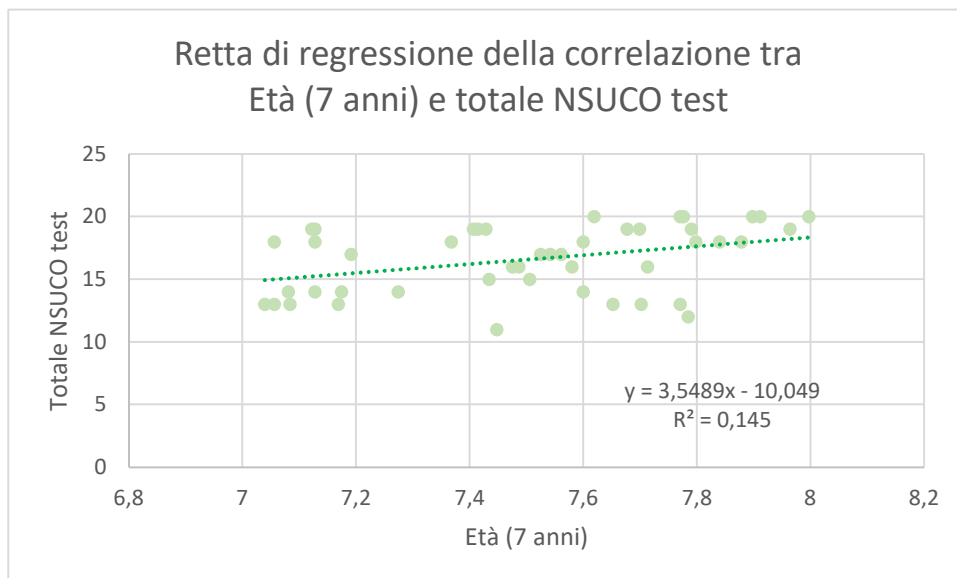


Figura 40 - Retta di regressione della correlazione tra età (7 anni) e punteggio totale NSUCO test

- Coefficiente di correlazione lineare di Pearson (r) = 0,381
- Coefficiente di determinazione (R^2) = 0,145
- Valore di significatività (p -value) = 0,009

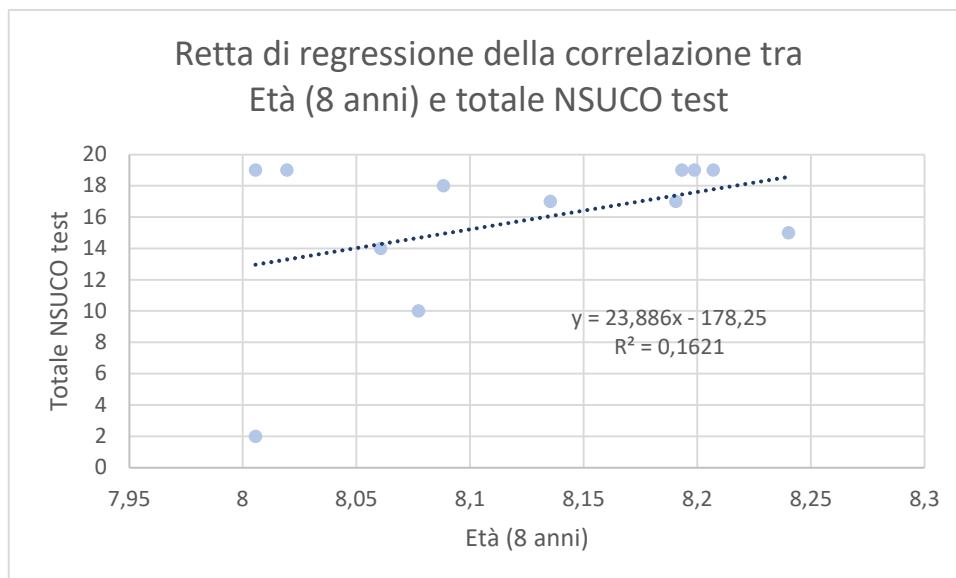


Figura 41 - Retta di regressione della correlazione tra età (8 anni) e punteggio totale NSUCO test

- Coefficiente di correlazione lineare di Pearson (r) = 0,4026
- Coefficiente di determinazione (R^2) = 0,1621
- Valore di significatività (p -value) = 0,1944

Commenti alle statistiche (Coefficiente di correlazione lineare di Pearson, r ; Coefficiente di determinazione, R^2)

In tutte le correlazioni analizzate si evidenzia una correlazione negativa molto debole essendo $r < 0$ e $R^2 < 0,3$. La relazione tra le variabili non risulta pertanto significativa.

Analisi della varianza (Valore di significatività, p -value)

- Quando il valore di significatività risulta grande (p -value $> 0,05$), si può concludere che: l'ipotesi nulla deve essere accettata. Il coefficiente angolare, quindi, si avvicina a zero; ad indicare che le variabili sono indipendenti.
- Quando invece risulta p -value $< 0,05$ l'ipotesi nulla va rifiutata e i dati risultano correlati, anche se debolmente.

In base a tale definizione sono risultati correlati, anche se debolmente, i dati relativi a età e punteggio totale NSUCO test.

4 Discussione e conclusioni

4.1 Discussione

I risultati attesi dall'analisi dei dati ottenuti dalla comparazione di NSUCO test con SEM test, dovrebbero presentare una correlazione lineare negativa, in quanto, in linea teorica, ad un maggiore punteggio assegnato ai 4 aspetti relativi ai movimenti saccadici indagati (abilità, accuratezza, movimento della testa, movimento del corpo), dovrebbe corrispondere un minor valore di SEM test espresso in secondi, a cui viene aggiunto un secondo di penalità nel caso di errori nell'identificazione dell'orientamento del pattern, esprimendo quindi l'accuratezza della performance in errori.

L'analisi dei dati è stata effettuata utilizzando la regressione lineare e considerando: il coefficiente di correlazione lineare di Pearson (r), il coefficiente di determinazione (R^2) e il valore di significatività (p -value).

Si evidenzia una correlazione debole tra i valori ottenuti da NSUCO test, confrontati anche singolarmente come abilità e come accuratezza, con punteggio totale corretto SEM (tempo totale performance sommato all'aggiunta di penalità in caso di errori), media ponderata SEM test ed errori SEM test. Dopo aver suddiviso il campione in tre gruppi di 6, 7 e 8 anni, è stata calcolata la correlazione con punteggio totale NSUCO test e tempo totale SEM test; anche in questo caso la correlazione ottenuta risulta $|R| < 1$, e quindi i dati non sono correlati.

4.2 Conclusioni

Il SEM Test valuta la cattura automatica dell'attenzione, per comparsa nel campo percettivo dello stimolo, mediata da movimenti saccadici. Tutti i soggetti hanno portato a termine il test e la maggior parte di essi senza errori: si apprezzano al massimo 11 e 12 errori commessi da due soggetti su 89. Il compito da svolgere è stato accolto e recepito correttamente da tutti i soggetti.

Per le correlazioni rilevate, i due test vanno utilizzati affiancati e l'uno non sostituisce l'altro. L'eterogeneità dei risultati ottenuti confrontando i due test è dovuta, forse, ad un'imprecisa formulazione del compito assegnato durante lo

svolgimento del SEM test. L'enfasi è stata posta sulla precisione, e non sulla velocità di esecuzione del compito, chiedendo al soggetto di premere sul tastierino la E uguale a quella vista sullo schermo.

Si è deciso, pertanto, di modificare il task da assegnare prima dell'esecuzione del SEM test, in un'ulteriore eventuale valutazione, con: “vedrai delle E con direzioni diverse, dovrai digitare su questo tastierino quella uguale a quella che vedi nel più breve tempo possibile”. Potrebbe essere che riformulando il compito assegnato la correlazione risulti più forte.

La tesi evidenzia che NSUCO è un test utile e con buona ripetibilità intra-utente se effettuato da un esaminatore esperto anche se, come evidenziato da precedenti studi, presenta un'importante variabilità inter-operatore.

Il SEM TEST risulta un test, non operatore dipendente, utile per la valutazione del tempo di cattura automatica dell'attenzione per comparsa nel campo percettivo dello stimolo, fornendo indirettamente anche dati sui movimenti saccadici esplorativi nella ricerca della comparsa dello stimolo sullo schermo e localizzatori, poiché la risposta viene riportata sul tastierino numerico (sul tastierino sono presenti le E direzionali con orientamento prefissato, che il soggetto deve fissare per premere correttamente la E uguale). Il SEM test restituisce un ulteriore dato di performance visiva, che finora non è stato valutato con altri test visuoperceptivi, che valutano l'apparato visivo con stimoli statici e non dinamici.

Lo studio sperimentale ha permesso, inoltre, di confermare l'importanza dello screening delle abilità visive in età scolare, nella fascia di età 6-8 anni, in quanto due bambini che presentavano una certificazione di difficoltà visuo – spaziale presentano un errore refrattivo significativo (ipermetropia/astigmatismo lievi < 3.00 D [67]) non corretto, che inevitabilmente altera la percezione dello spazio e i soggetti con difficoltà di lettura e quelli con disturbo visuo-spaziale, presentano una stereopsi compresa tra 90” d'arco e 400” d'arco, dominanza crociata e convergenza difficoltosa.

5 Bibliografia

- [1] A. Facchin e S. Maffioletti, *La visione nell'apprendimento del bambino*, Milano: Franco Angeli, 2016.
- [2] M. Scheiman e B. Wick, *Clinical management of binocular vision*, Lippincott Williams & Wilkins, 2015.
- [3] W. Maples e T. Ficklin, «Interrater and test-retest reliability of pursuits and saccades,» *Journal of the American Optometric Association*, vol. 59, pp. 549-552, 1988.
- [4] J. N. Wade e W. B. Tatler, *The moving tablet of eye: the origins of modern eye movement research*, Oxford: Oxford University Press, 2005.
- [5] J. M. Findlay e I. Gilchrist, *Active Vision: The Psychology of Looking and Seeing*, New York: Oxford University Press, 2003.
- [6] M. Lisi, P. Bisiacchi e A. Vallesi, «L'analisi dei movimenti oculari come strumento di indagine dei processi cognitivi,» in *Il cervello al lavoro. Nuove prospettive in neuropsicologia*, Il Mulino, 2017.
- [7] T. A. Bahill, R. M. Clark e L. Stark, «The main sequence, a tool for studying human eye movements,» *Mathematical biosciences*, vol. 24, pp. 191-204, 1975 a.
- [8] M. C. Harris e M. D. Wolpert, «The main sequence of saccades optimizes speed-accuracy trade-off,» *Biological Cybernetics*, vol. 95, pp. 21-29, 2006.
- [9] T. A. Bahill, D. Adler e I. Stark, «Most naturally occurring human saccades have magnitudes of 15 degrees or less,» *Investigative Ophthalmology*, vol. 14, pp. 468-469, 1975 b.

- [10] S. R. H. Carpenter, *Movements of the eyes* (2nd edn.), Londra: Pion, 1988.
- [11] S. Martinez-Conde e L. S. Macknik, «Finestre sulla mente,» *Le scienze*, vol. 470, p. 75, 2007.
- [12] S. Martinez-Conde, D. Macknik e H. Hubel, «The role of fixational eye movements in visual perception,» *Nature*, vol. 5, pp. 229-240, 2004.
- [13] R. Engbert e R. Kliegl, «Microsaccades uncover the orientation of covert attention,» *Vision Research*, vol. 43, n. 9, pp. 1035-1045, 2003.
- [14] A. Smit e J. A. M. Van Gisbergen, «An analysis of curvature in fast and slow human saccades,» *Experimental Brain*, vol. 81, pp. 335-345, 1990.
- [15] E. McSorley, P. Haggard e R. Walker, «Time-course of oculomotor inhibition revealed by saccade trajectory modulation,» *Journal of Neurophysiology*, vol. 96, pp. 1420-1424, 2006.
- [16] I. D. Gilchrist, «Saccade latency,» in *The Oxford book of Eye Movements*, Stati Uniti, Oxford University Press, 2011, pp. 87-89.
- [17] P. S. Livensedge, D. I. Gilchrist e S. Everling, *The Oxford Handbook of Eye Movements*, Oxford: OUP Oxford, 2011.
- [18] M. J. Groh e D. L. Sparks., «Saccades to somatosensory targets. I. behavioral characteristics.,» *Journal of neurophysiology*, vol. 75, n. 1, pp. 412-427, 1996.
- [19] H. Deubel e B. Bridgemann, «Fourth Purkinje image signals reveal eye-lens deviations and retinal image distortions during saccades,» *Vision Research*, vol. 35, pp. 529-538, 1995.
- [20] J. Ross, M. C. Morrone, M. E. Goldberg e D. C. Burr, «Changes in visual perception at the time of saccades,» *Trends in Neurosciences*, vol. 24, pp. 113-121, 2001.

- [21] D. C. Burr, M. Morrone e J. Ross, «Selective suppression of the magnocellular visual pathway during saccadic eye movements,» *Nature*, vol. 371, pp. 511-513, 1994.
- [22] J. Harting, B. Updyke e D. Van Lieshout, «Corticotectal projections in the cat: anterograde transport studies of twenty-five cortical areas,» *Journal of Comparative Neurology*, vol. 324, pp. 379-414, 1992.
- [23] M. A. Sommer e R. H. Wurtz, «Composition and topographic organization of signals sent from the frontal eye field to the superior colliculus,» *Journal of Neurophysiology*, vol. 83, pp. 1979-2001, 2000.
- [24] T. Weyand e A. Gafka, «Corticostriatal and corticotectal neurons in area 6 of the cat during fixation and eye movements,» *Vision Neuroscience*, vol. 15, pp. 141-151, 1998.
- [25] J. Tepper e J. Bolam, «Functional diversity and specificity of neostriatal interneurons,» *Current Opinion in Neurobiology*, vol. 14, pp. 685-692, 2004.
- [26] G. Chevalier e J. .. Deniau, «Disinhibition as a basic process in the expression of striatal functions,» *Trends in Neurosciences*, vol. 13, pp. 277-280, 1990.
- [27] D. Angelaki e M. McHenry, «Short-latency primate vestibuloocular responses during translation,» *Journal of Neurophysiology*, vol. 871, pp. 136-147, 1999.
- [28] D. Robinson, «The mechanics of human saccadic eye movement,» *Journal of physiology*, vol. 174, pp. 245-264, 1964.
- [29] S. Sasaki e H. Shimazu, «Reticulovestibular organization participating in generation of horizontal fast eye movement,» *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 374, pp. 130-143, 1981.
- [30] A. Strassman, S. Highstein e R. .. McCrea, «Anatomy and physiology of saccadic burst neurons in the alert squirrel monkey, I Excitatory burst

neurons,» *Journal of Comparative Neurology*, vol. 249, n. 3, pp. 337-357, 1986 a.

- [31] A. K. Moschovakis, C. A. Scudder e S. M. Highstein, «Structure of the primate oculomotor burst generator, I. Medium-lead burst neurons with upward on-directions,» *Journal of Neurophysiology*, vol. 65, n. 2, pp. 203-217, 1991 a.
- [32] Y. Shinoda, Y. Sugiuchi, Y. Izawa e M. Takahashi, «Neural circuits for triggering saccades in the brainstem,» *Progress in Brain Research*, vol. 171, pp. 79-85, 2008.
- [33] Y. Shinoda, Y. Sugiuchi, Y. Izawa e M. Takahashi, «Neural circuits for triggering saccades in the brainstem,» *Progress in Brain Research*, vol. 171, pp. 79-85, 2008.
- [34] D. P. Munoz, M. C. Dorris, M. Paré e E. S. , «On your mark, get set: brainstem circuitry underlying saccadic initiation,» *Can J Physiol Pharmacol*, vol. 78, n. 11, pp. 934-944, 2000.
- [35] C. Kaneko, «Saccade related, long-lead burst neurons in the monkey rostral pons,» *Journal of Neurophysiology* , vol. 95, n. 2, pp. 979-994, 2006.
- [36] T. Ohgaki, C. Markham, J. Schneider e I. Curthoys, « Anatomical evidence of the projection of pontine omnipause neurons to midbrain regions controlling vertical eye movements,» *Journal of Comparative Neurology*, vol. 289, n. 4, pp. 610-625, 1989.
- [37] E. Keller, « Participation of medial pontine reticular formation in eye movement generation in monkey,» *Journal of Neurophysiology*, vol. 37, pp. 316-332, 1974.

- [38] K. Fukushima, C. Kaneko e A. Fuchs, «The neuronal substrate of integration in the oculomotor system,» *Progress in Neurobiology*, vol. 39, pp. 609-639, 1992.
- [39] M. De Luca, «Dislessia evolutiva e movimenti oculari,» in *Il bambino e le abilità di lettura: il ruolo della visione*, Milano, Franco Angeli, 2005.
- [40] E. Matin, « Saccadic suppression: A review.,» *Psychological Bulletin*, vol. 81, pp. 899-917, 1974.
- [41] W. Uttal e P. Smith, « Recognition of alphabetic characters during voluntary eye movements,» *Perception & Psychophysics*, vol. 3, pp. 257-264, 1968.
- [42] B. A. Brooks, D. M. K. Impelman e J. T. Lum, «Backward and forward masking associated with saccadic eye movements,» *Perception & Psychophysics*, vol. 30, pp. 62-70, 1981.
- [43] F. W. Campbell e R. H. Wurtz, «Saccadic omission: Why we do not see a gray-out during a saccadic eye movement,» *Vision research*, vol. 18, pp. 1297-1303, 1979.
- [44] L. A. Riggs, P. A. Merton e H. B. Morton, «Suppression of visual phosphene during saccadic eye movements.,» *Vision research*, vol. 14, pp. 997-1010, 1974.
- [45] R. Abrams, D. Meyer e S. Korablum, « Speed and accuracy of saccadic eye movements: Characteristics of impulse variability in the oculomotor system,» *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, vol. 15, pp. 529-543, 1989.
- [46] R. Abrams e J. Jonides, « Programming saccadic eye movement,» *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, vol. 14, pp. 428-443, 1988.

- [47] A. Jacobs, «On localization and saccade programming,» *Vision Research*, vol. 27, pp. 1953-1966, 1987 a.
- [48] A. Pollatsek, K. Rayner e W. E. Collins, «Integrating pictorial information across eye movements,» *Journal of Experimental Psychology: General*, vol. 113, pp. 426-442, 1984.
- [49] A. Sanders, «Processing information in the functional visual field.,» in *Perception and cognition: Advances in eye movement research*, Amsterdam, G. d'Ydewalle & J. Van Rensbergen , 1993, pp. 3-22.
- [50] W. C. Maples, «NSUCO Oculomotor Test,» 1995.
- [51] A. King e S. Devick, The proposed King-Devick test and its relation to the pierce saccade test and reading levels (Senior research project)., Chicago: Illinois College of Optometry., 1976.
- [52] J. M. Powell, M. Fan, J. P. Kiltz, T. A. Bergman e J. Richman, «A comparison of the developmental eye movement test (DEM) and a modified version of the adul developmental ete movement test (A-DEM) with older adults,» *Journal of Behavioral Optometry*, vol. 17, 2006.
- [53] G. A. Sampedro, E. J. Richman e M. Pardo, «The adult developmental eye movement test (A-DEM): a tool for saccadic evaluation in adults,» *Journal of Behavioral Optometry*, vol. 14, 2003.
- [54] A. Facchin, S. Maffioletti e T. Carnevali, «The Developmental Eye Movement (DEM) Test: Normative Data for Italian Population,» in *Optometry and Vision Development*, vol. 43, 2012, pp. 162-179.
- [55] E. J. Richman, «The Developmental Eye Movement Test Examiners Manual,» *Volume 2.0 - Bernell*, 2009.
- [56] E. J. Richman e P. R. Garzia, «The Developmental Eye Movement Test Examiners Manual - Version 1,» *Examiner Booklet - Bernell*.

- [57] L. A. Temme, P. St. Onge, A. McAtee, K. J. O'Brien e B. K. Byrd, «Evaluation of the Commercial, Off-the-Shelf (COTS) King-Devick Eye Tracking System,» 2017.
- [58] M. Ciuffreda, K. Ciuffreda e D. Santos, «Visagraph Baseline Analysis and Procedural Guidelines,» *Journal of Behavioral Optometry*, vol. 14, 2003.
- [59] K. Ciuffreda e B. Tannen, *Eye movement basics for the clinician*, St. Louis: Mosby Yearbook, 1995.
- [60] A. E. Taylor, C. Charles e Thomas, «The fundamental reading skill,» *Springfield*, 1966.
- [61] S. Taylor, H. Frackenpohl e J. Pettee, «The validity of eye movement photography as a measurement of reading performance,» *Bulletin*, n. 2, 1959.
- [62] J. R. Griffin e J. D. Grisham, *Binocular anomalies: diagnosis and vision therapy*, Boston: Butterworth-Heinemann, 2002.
- [63] D. Colby, R. H. Laukkanen e L. R. Yolton, «Use of the Taylor Visagraph II system to evaluate eye movements made during reading,» *Journal of the American Optometric Association*, 1998.
- [64] S. G. Koenig, C. N. Price, L. M. Baird, R. H. Laukkanen e L. R. Yolton, «Use of the Ober2 model B-100 system for analysis of eye movements made during reading,» *Journal of the American Optometric Association*, vol. 68, pp. 155-162, 1997.
- [65] I. Tobii Technology, «Cognitive psychology, ophthalmology and neurophysiology,» 2008. [Online]. Available: http://www.tobii.com/System/images/icons/file_pdf_16.gif. [Consultato il giorno 15 ottobre 2012].
- [66] F. Källmark e R. Brautaset, «Evaluation of reading performance in clinical settings using the Tobii 1750 Eye Tracker,» *International Journal of Ophthalmic Practice*, vol. 4, n. 1, pp. 12-17, 2013.

- [67] O. A. American, «Care of Patient with Hyperopia,» *Optometric clinical practice guideline*, 1997.
- [68] O. A. American, «Care of the Patien with Myopia,» *Optometric clinical practice guideline*, 1997.
- [69] A. Rossetti e P. Gheller, *Manuale di optometria e contattologia*, Zanichelli, 2013.
- [70] M. Formenti, *Dispensa di Tecniche fisiche per l'optometria 2*.
- [71] M. Scheiman, M. Gallaway, K. Frantz, R. Peters, S. Hatch, M. Cuff e L. Mitchell, «Nearpoint of Convergence: Test Procedure, Target Selection, and Normative Data,» *Omptompetry and Vision science.*, vol. 80, pp. 214-225, 2003.
- [72] P. Adler e Scally, «Test-retest variability of Randot stereoacuity measures gathered in an unselected sample of UK primary school children,» *British Journal of Ophthalmology*, vol. 96, n. 5, pp. 656-661, 2012.
- [73] E. Birch, C. William, J. Drover, V. Fu, C. Cheng, K. Northstone, M. Courage e R. Adams, «Randot Preschool Stereoacuity Test: normative data and validity.,» *33rd Annual Meeting of the American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*, 2007.
- [74] W. H. Fink, «The dominant eye. Its clinical significance».
- [75] C. Hulme e M. J. Snowling, «Reading disorders and dyslexia,» *Current opinion in pediatrics*, vol. 28, n. 6, pp. 731-735, 2016.
- [76] A. R. Shakhnovich, *The brain and regulation of eye movement*, New York: Plenum Press, 1977.
- [77] R. Dodge, «Visual perception during eye movement,» *Psychological Review*, vol. 7 , n. 5, p. 454–465, 1900.

- [78] R. W. Ditchburn, «Eye movement in relation to retinal image,» *Optica Acta: International Journal of Optics* , vol. 1, n. 4, pp. 171-176, 1955.
- [79] A. L. Yarbus, *Eye Movements and Vision*, Mosca: Nauka , 1965 .
- [80] F. C. Volkman, «Vision during voluntary saccadic eye movements,» *Journal of the Optical Society of America*, vol. 52, n. 5, pp. 571-578, 1962.
- [81] B. L. Zuber, L. Stark e M. Lorber, «Saccadic suppression of the pupillary light reflex,» *Experimental Neurology*, vol. 14, n. 3, pp. 351-370, 1966.
- [82] M. J. A., « Site of the Visual Suppression Effect,» *Nature*, vol. 214, p. 1008, 1967.
- [83] N. A. Yakimov, «Recognition of figures during voluntary saccadic eye movements,» *Doklady Bolgarskoi Akademii Nauk*, vol. 25, p. 275, 1972.
- [84] D. R. W. e G. B., «Involuntary eye movements during fixation,» *The journal of physiology*, vol. 119, n. 1, pp. 1-17, 1953.
- [85] W. D. R., «The relations between force and velocity in human muscle,» *The journal of physiology*, vol. 110, pp. 249-280, 1949.
- [86] R. D. A. e F. A. F., «Eye movement evoked by stimulation of frontal eye fields,» *Journal of neurophysiology*, vol. 32, n. 5, pp. 637-648, 1969.
- [87] P. S. Liversedge, D. I. Glichrist e S. Everling, *The Oxford Handbook of Eye Movements*, Oxford: OUP Oxford, 2011.
- [88] J. Findlay e G. I.D, *Active vision: The psychology of looking and seeing*, Oxford: Oxford University Press, 2003.
- [89] Gibson e Lewin, *Maffioletti S.; Facchin A. in "La visione nell'apprendimento del bambino"*, 1975.

6 Appendice A

Progetto di screening visivo per la scuola primaria

1. PREMESSA

Un programma di prevenzione, come lo screening, ci permette di identificare precocemente eventuali difficoltà visive, affinché si possa intervenire tempestivamente con un trattamento specifico adeguato. Il progetto di screening visivo nasce dall'esigenza di individuare precocemente eventuali difficoltà nell'area visiva tramite specifici protocolli.

Lo screening permette di indagare, sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo, le diverse abilità e competenze, consente una valutazione che, seguendo linee guida internazionali, permette di ottenere ottimi risultati in termini di affidabilità e specificità.

Lo screening non è da considerarsi come una valutazione specialistica, ma consente comunque di mettere in evidenza con una buona approssimazione difficoltà nello sviluppo delle abilità visive.

Somministrando una serie di test, delineati secondo linee guida internazionali, sotto forma di gioco e in maniera totalmente non invasiva, sarà possibile valutare le abilità necessarie ai requisiti della letto - scrittura per quanto riguarda l'area visiva e visuo-percettiva.

Lo screening visivo valuta la capacità visiva monoculare, la collaborazione binoculare, la presenza di ambliopia (occhio pigro), difetti visivi (miopia, ipermetropia, astigmatismo), strabismi e alterazioni dei movimenti oculari (saccadici e di fissazione e inseguimento).

I diversi fattori valutati dallo screening evidenziano anomalie nello sviluppo visivo che possono concorrere nell'insorgere di disturbi specifici. I disturbi evidenziati, se non trattati, possono facilitare lo sviluppo di difficoltà di apprendimento nei bambini in età scolare. Recenti studi stimano che la dislessia ha un'incidenza del 3-4 % (quasi 1 bambino in ogni classe), le manifestazioni dislessiche raggiungono percentuali del 20 - 25% (circa 5 bambini in ogni classe) e rappresentano un alto rischio per il successo scolastico, per il futuro adattamento sociale e per lo sviluppo

della personalità [75]. La legge 170/2010 sui Disturbi Specifici di Apprendimento (DSA), il MIUR e il Ministero della Salute sottolineano l'importanza di un'osservazione sistematica dei prerequisiti della lettura, della scrittura e del calcolo.

Lo scopo dello screening è di rilevare indicatori predittivi di successive difficoltà e quindi non è quello di diagnosticare disturbi specifici di apprendimento. Infatti, una diagnosi a questa età non solo sarebbe impossibile, ma anche scorretta. Lo scopo è invece quello di rilevare precocemente eventuali indici di rischio e aree di difficoltà consigliando percorsi di trattamento e/o potenziamento specifico che possano ridurre in misura sostanziale le successive ricadute negative sulle capacità di apprendimento del linguaggio scritto, non solo nei bambini con DSA ma in tutti quelli con Bisogni Educativi Speciali.

2. DESTINATARI

Lo screening visivo e visuo-percettivo si rivolge ai bambini di età compresa tra i 6 e gli 8 anni, ossia le classi prima e seconda della scuola elementare.

3. FINALITÀ

La finalità del progetto è quella di individuare precocemente, attraverso la somministrazione di test non invasivi, eventuali fattori di rischio o aree di fragilità nello sviluppo visivo del bambino in età prescolare.

4. OBIETTIVI

- Valutazione acuità visiva monoculare e binoculare per lontano e per vicino
- Collaborazione binoculare (Stereopsi)
- Screening difetti visivi mediante autorefrattometria in miosi
- Identificazione strabismi e alterazioni dei movimenti oculari
- Valutazione movimenti saccadici (NSUCO test, SEM test)

STRUTTURA DEL PROGETTO

1. FASI

Il progetto prevede tre fasi di attuazione:

1. Consegna questionario anamnestico e di adesione allo screening ai genitori;
2. Somministrazione dello screening ai bambini in sessioni individuali;

2. ATTIVITÀ

Nella prima fase verrà consegnato da parte della scuola e chiesto ai genitori di compilare un questionario anamnestico per raccogliere alcune informazioni di base sullo sviluppo del bambino.

La seconda fase del progetto consiste nella somministrazione di test non invasivi che vengono proposti in situazioni ludiche.

3. TEMPI DI ATTUAZIONE

Il progetto si articola in un numero variabile di incontri a seconda del numero di bambini che aderiscono al progetto, da concordare con l'ente ospitante. La durata degli screening è di 10 minuti a bambino per la valutazione.

La disponibilità del giorno e dell'orario per lo svolgimento degli incontri è da concordare tra l'ente ospitante e il professionista.

4. RISORSE E MATERIALI

Per l'attuazione del progetto è previsto il coinvolgimento di un professionista specializzato Dott. Binotto Andrea e di un professionista in corso di formazione.

Il progetto si svolge nei locali della scuola ospitante a cui si chiede di mettere a disposizione un'aula completamente dedicata con uno spazio di almeno 5X3 metri.

7 Appendice B

Questionario

Hai mai fatto una visita oculistica? Quando?

Porta occhiali? sì/no Da quanto tempo?

Prematurità? sì/no Settimane gestazionali
Punteggio di Apgar

Familiarità per patologie oculari? sì/no Quali?

Il bambino:	MAI	QUALCHE VOLTA	SPESSO
Riferisce difficoltà visiva / fastidio o affaticamento?			
Socchiude gli occhi quando guarda lontano?			
Avvicina molto gli oggetti o si avvicina alla TV?			
Porta gli oggetti vicino ad un solo occhio?			
Inclina la testa quando guarda la TV, smartphone o tablet?			
È strabico (un occhio è deviato)			
Riferisce visione doppia?			
Riferisce visione annebbiata per lontano o per vicino o nel passaggio lontano / vicino -- vicino / lontano			
Si stropiccia frequentemente gli occhi?			
Ha spesso gli occhi arrossati? Riferisce bruciore? Lacrimazione			
Ha mal di testa?			
Inciampa spesso o si disorienta?			

8 Appendice C

Scheda di registrazione dati

COGNOME _____ NOME _____

DATA DI NASCITA _____

ACUITA' VISIVA LONTANO

OD _____ OS _____ OO _____

ACUITA' VISIVA VICINO

OD _____ OS _____ OO _____

AUTOREFRATTOMETRIA

- Nella Norma
 Nei Limiti di Norma
 Dubbio: Miopia Ipermetropia Astigmatismo

COVER TEST LONTANO _____
VICINO _____

CONVERGENZA Buona Discreta Difficoltosa Scarsa
 Assente

MOVIMENTI OCULARI NSUCO TEST

SACCADI	ABILITA'	ACCURATEZZA	TESTA	CORPO
INSEGUIMENTI	ABILITA'	ACCURATEZZA	TESTA	CORPO

SEM TEST AV ____ Tempo totale ____ Errori ____ Punteggio ____
Media ponderata ____ Media ____

STEREOPSI Presente Dubbia Assente

DOMINANZA Occhio DX / SX Orecchio DX/SX Mano DX/SX
Piede DX/SX

COLLABORAZIONE Buona Discreta Scarsa Assente