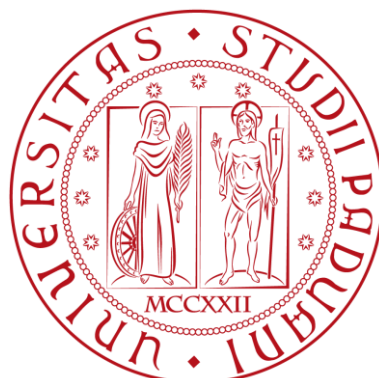


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA



Dipartimento di Fisica e Astronomia

Dipartimento di Psicologia Generale

Corso di laurea triennale in
OTTICA e OPTOMETRIA

Tesi di Laurea

Confronto fra test di motilità oculare.

Relatore: Prof.ssa Clara Casco

Laureanda: Sara Sebellin

Correlatore: Dott. Luca Battaglini

Matricola: 1143247

INDICE

INTRODUZIONE	6
1. MOVIMENTI OCULARI	8
1.1. ANATOMIA DEI MUSCOLI EXTRA-OCULARI.....	8
1.2. ORGANIZZAZIONE DELL'ATTIVITA' MUSCOLARE	10
1.3. MOVIMENTI OCULARI.....	11
1.3.1. MOVIMENTI SACCADICI	12
1.3.2. INSEGUIMENTI	14
1.3.3. VERGENZE.....	15
1.3.4. SISTEMA VESTIBOLARE E OPTOCINETICO.....	15
1.3.5. FISSAZIONI.....	16
2. TEST	17
3. LO STUDIO	19
3.1. SCOPO.....	19
3.2. METODI E STRUMENTI.....	20
3.3. CAMPIONE.....	21
3.4. SPERIMENTATORI	21
3.5. APPARATO STRUMENTALE	22
3.6. ESECUZIONE DEI TEST	22
3.6.1. NSUCO	22
3.6.2. TEST OCULOMOTORIO BASATO SULLE TABELLE DI VALUTAZIONE DI H. E S.	25
3.6.3. ASSEGNAZIONE DEI PUNTEGGI.....	26
4. PRIMA FASE	28
4.1. ANALISI DEI DATI	28
4.2. RISULTATI.....	46
5. SECONDA FASE	47
5.1. SCOPO.....	47
5.2. METODI E STRUMENTI.....	47
5.3. ANALISI DEI DATI	48
5.4. RISULTATI.....	51
6. DISCUSSIONE	52
7. CONCLUSIONE	55
8. BIBLIOGRAFIA	56
9. APPENDICE A	58

TABELLE DI VALUTAZIONE	58
MIRA PER ESECUZIONE TST SACCADI SECONDO H. e S.....	59
ISTRUZIONI PER GLI SPERIMENTATORI.....	60

INTRODUZIONE

La possibilità di muovere gli occhi per collocare la fissazione foveale sull'oggetto interessato è cruciale per permetterci di osservare i dettagli del mondo che ci circonda e muoverci di conseguenza. Un sistema oculomotorio ben funzionante ci permette di risparmiare molto tempo ed energie quando abbiamo la necessità di esplorare visivamente un ambiente o un'immagine: grazie alle abilità raffinate del sistema oculomotore riusciamo a portare in fovea moltissime immagini in poco tempo, così da poter osservare vari punti di maggior interesse della scena che vogliamo studiare. Se non avessimo la possibilità di muovere gli occhi dovremmo impiegare molti più movimenti del collo e del busto, aumentando il dispendio di energia ed eseguendo l'attività di ispezione visiva in modo molto più lento. Un altro caso in cui risulta utile la capacità di poter muovere gli occhi in modo accurato è quando si vuole mantenere la fissazione foveale di un oggetto in movimento che non vogliamo perdere di vista.

Tra i messaggi reperibili per mezzo dei cinque sensi di cui siamo dotati, quello visivo è il solo che può essere captato a piacere dal ricettore e per tutto il tempo che ritiene utile, mentre tatto e gusto richiedono una distanza molto ravvicinata, l'odorato viene impiegato principalmente in funzione di necessità vegetative ed il messaggio uditivo ci viene imposto.

Dato il ruolo importante che rivestono i movimenti oculari nella vita quotidiana di tutti noi, ho ritenuto che fosse doveroso da parte mia analizzarli, direttamente nel campo, a contatto con persone che, come me, se ne servono ogni giorno per potersi muovere nello spazio, per poter leggere, studiare e svolgere tutte le altre attività.

Purtroppo, in Italia, non esiste ancora un test standardizzato e validato per lo studio dei movimenti oculari. È di fondamentale importanza, per un professionista della visione, avere degli strumenti adeguati per poter investigare, in modo efficiente, lo stato di salute visivo dei soggetti che esamina quotidianamente.

Di conseguenza, ho deciso di svolgere un'analisi, sulle correlazioni che ci sono tra le valutazioni generate da due test sulla motilità oculare: l'NSUCO oculomotor

test, validato dal “The Northeastern State University College of Optometry” (Maples & Ficklin; 1988), e un altro test, non validato, che si basa sulle tabelle di valutazione di Heinsen and Schrock. La scelta è ricaduta su questi due, perché entrambi considerano sia i movimenti di inseguimento che i movimenti saccadici.

L’analisi si basa su delle semplici domande che mi sono posta, a cui cercherò di rispondere servendomi di questa analisi. Ma un test basato sulla sola osservazione ed interpretazione dello sperimentatore è affidabile?

Chi può eseguire i test? Li può capire, somministrare ed interpretare solamente un professionista esperto? Cosa succede se un ingegnere somministra un test optometrico a dei soggetti?

1. MOVIMENTI OCULARI

1.1. ANATOMIA DEI MUSCOLI EXTRA-OCULARI

I muscoli che tengono sospeso il bulbo nella cavità orbitaria presentano alcune particolarità: sono formati da numerose fibre moderatamente sottili ed unite in modo lasso. Queste fibre si distinguono in fibre lente (di minor diametro), che presentano una terminazione nervosa a grappolo, e in fibre brusche, con una terminazione a placca. Le fibre muscolari oculari presentano anche terminazioni di tipo sensitivo, deputate alla propriocezione, cioè alla rilevazione della specifica posizione del bulbo. Vi sono, per ogni occhio, sette muscoli estrinseci: uno è deputato all'elevazione della palpebra superiore, i rimanenti sei hanno origine da una formazione tendinea a forma di anello, detta anello di Zinn, aderente in modo stretto all'apice dell'orbita sul corpo dello sfenoide e sulla piccola ala dello sfenoide. Questo anello è formato da tessuto connettivo-fibroso e circonda il nervo ottico in prossimità del forame ottico (Dale & Robert; 1982). A livello dell'inserzione nel bulbo, il tendine dei muscoli penetra nella sclera stabilendo un'intima connessione con la tonaca fibrosa del tessuto sclerale. I muscoli estrinseci oculari sono:

- Retto superiore: origina dalla parte superiore dell'anello di Zinn subito sotto l'inserzione del muscolo elevatore della palpebra; procede in avanti e con la sua porzione tendinea si inserisce a 7,7 mm dal limbus nella parte superiore del bulbo. È innervato dal ramo superiore dell'oculomotore comune (III paio). Il retto superiore ruota il bulbo oltre che in alto anche internamente.
- Retto laterale: ha origine dal contorno laterale dell'anello di Zinn e in parte dalla spina ossea della grande ala dello sfenoide. La sua terminazione tendinea si inserisce a 7-8 mm dal limbus sulla sclera. È innervato dall'abducente (VI paio) e sposta il bulbo all'infuori sul piano orizzontale.
- Retto inferiore: ha origine dal contorno inferiore dell'anello di Zinn, si porta in avanti, passa sotto l'obliquo inferiore e si inserisce sulla sclera a 6,5 mm

dal limbus. È innervato dal ramo inferiore dell'oculomotore (III paio). L'azione principale è di abbassare il bulbo, la seconda di addurlo.

- Retto mediale: ha origine medialmente dall'anello dello Zinn e dopo essersi portato in avanti si inserisce con il suo tendine sulla sclera a 5,5 mm dal limbus. È innervato dal ramo inferiore dell'oculomotore. L'azione del retto mediale è di pura adduzione.
- Obliquo superiore (o grande obliquo): è il muscolo più sottile e lungo dell'orbita e si origina medialmente al forame ottico; si porta in avanti fino alla troclea (puleggia cartilaginea nel margine supero-nasale dell'orbita), passa per la puleggia sottoforma tendinea riflettendosi all'indietro e passando sotto al retto superiore si inserisce sulla sclera nel quadrante supero-temporale posteriormente. È innervato dal trocleare (IV paio). Ruota il bulbo in basso e all'esterno.
- Obliquo inferiore (o piccolo obliquo): è il più corto dei muscoli dell'orbita, si origina dall'osso mascellare, inferiormente e posteriormente alla doccia del sacco lacrimale. Si porta indietro passando sopra al retto inferiore per inserirsi sul quadrante infero-temporale del bulbo e posteriormente. È innervato dal ramo inferiore dell'oculomotore. Ruota il bulbo verso l'alto e all'esterno.

I due obliqui ed i retti inferiore e superiore fanno inoltre compiere al bulbo una parziale rotazione attorno all'asse antero-posteriore (Helveston;1985. Dyer & Lee; 1984).

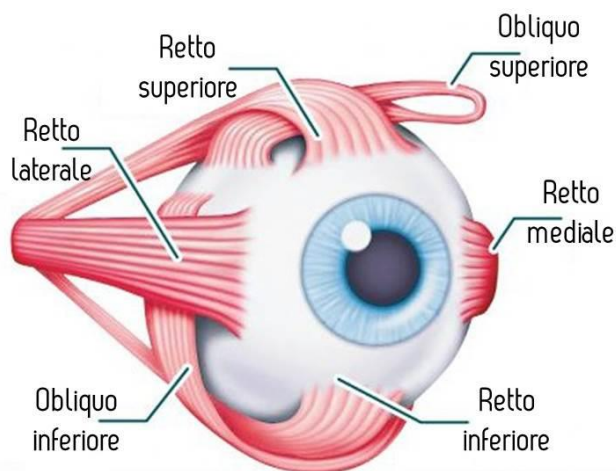


Fig.1 illustrazione dei muscoli estrinseci oculari

I nervi motori presenti nella cavità orbitaria sono quattro:

- N. oculomotore (appartenente al III paio di nervi cranici): a livello del seno cavernoso si divide in due rami che entrano nell'orbita attraverso l'anello di Zinn. Il ramo superiore si distribuisce al retto superiore e, con i rami terminali, all'elevatore della palpebra; il ramo inferiore si divide in tre rami: un ramo procede verso l'avanti per distribuirsi al retto inferiore, un ramo va ad innervare il retto interno, un ramo decorre sul pavimento dell'orbita e va ad innervare l'obliquo inferiore.
- N. trocleare (IV paio): attraversa il seno cavernoso e penetra nell'orbita attraverso la fessura sfenoidale superiore sopra l'anello di Zinn. Si dirige verso l'alto per penetrare nel muscolo obliquo superiore.
- N. abducente (VI paio): anch'esso, attraverso il seno cavernoso, penetra nella cavità orbitaria dentro l'anello di Zinn e si distribuisce al retto laterale.
- N. facciale (VII paio): segue lo stesso decorso dell'abducente.

1.2. ORGANIZZAZIONE DELL'ATTIVITA' MUSCOLARE

Il muscolo che genera il movimento è detto agonista, i muscoli che svolgono la stessa attività vengono detti sinergisti. Il muscolo che, invece, ha attività opposta a quella del muscolo considerato è detto antagonista. L'innervazione che due muscoli sinergisti ricevono è uguale, legge dell'innervazione comune di Hering, 1868. Il muscolo antagonista riceve una stimolazione inibitoria proporzionale e simultanea alla stimolazione ricevuta dal muscolo agonista, legge dell'innervazione reciproca di Sherrington, 1894.

Alla luce di quanto appena descritto, è evidente come il controllo della muscolatura sia piuttosto complesso e come i movimenti oculari siano intimamente legati.

1.3. MOVIMENTI OCULARI

Il sistema oculomotorio agisce per permettere il mantenimento della fissazione bi-foveale in svariate situazioni. Esistono cinque tipologie basilari di movimenti oculari: saccadi, movimenti d'inseguimento, vergenze, movimenti di tipo optocinetico, movimenti vestibolari.

Questi cinque tipi di movimenti oculari permettono di posizionare lo sguardo su un oggetto e di mantenerlo fisso su di esso anche quando oggetto o soggetto si muovono (Anson & Davis, 2014).

Una buona performance del sistema oculomotorio dipende dall'integrità dei nuclei oculomotori, delle vie internucleari e infranucleari e dei muscoli extraoculari, con i loro legamenti. Un'accurata valutazione dei movimenti oculari richiede la considerazione dell'estensione e della qualità dei movimenti in tutte le direzioni primarie di sguardo e l'integrità dei sistemi e delle vie visive coinvolti.

Secondo la legge di Fick, i movimenti oculari avvengono rispetto a tre assi: gli assi di Fick. Questi sono ortogonali tra loro e passano tutti per il centro, o centroide, di rotazione del bulbo oculare, situato 13,5 mm dietro l'apice corneale (Dale & Robert; 1982).

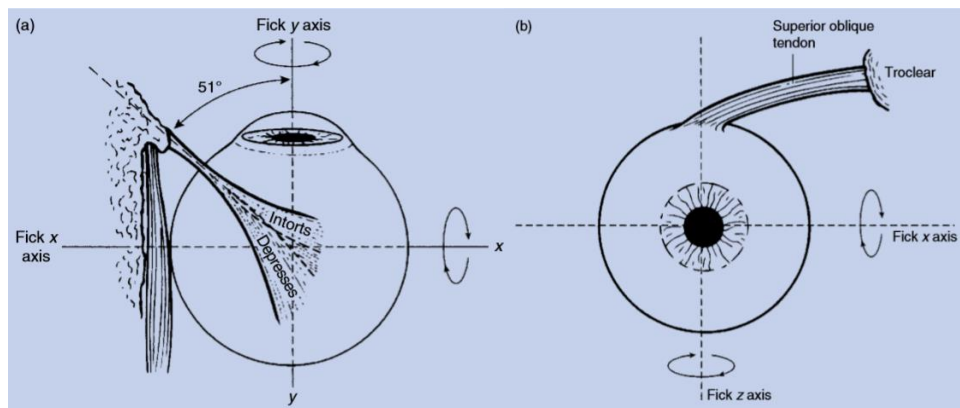


Fig.2(a) rappresentazione del muscolo obliquo superiore dell'occhio destro visto da sopra, con inserzione dello stesso nel bulbo, visibili gli assi x ed y di Fick; (b) vista antero-posteriore dell'occhio destro con rappresentazione degli assi x e z di Fick.

Si dicono movimenti coniugati quelli in cui sono coinvolti entrambi gli occhi nella stessa direzione (versioni), i movimenti non coniugati si hanno quando gli occhi si muovono in modo disgiunto o simmetrico (vergenze), mentre le duzioni sono movimenti monoculari a partire dalla posizione primaria di sguardo. La posizione primaria di sguardo è quella in cui gli occhi presentano gli assi visuali paralleli e sono in posizione centrale; i movimenti in orizzontale e verticale portano ad una posizione secondari e i movimenti combinati sia verticali che orizzontali, cioè obliqui, portano ad una posizione terziaria. In seguito, verranno descritti i principali movimenti oculari (Gonzalez; 1983).

1.3.1. MOVIMENTI SACCADICI

Il movimento saccadico è un movimento oculare veloce, brusco, che permette di spostare la fissazione da un punto all'altro. La sua velocità può variare dai 400 ai 700°/s e la sua latenza è di 0.2s. Data l'elevata velocità di esecuzione, risulta molto difficile modificare la loro traiettoria durante l'esecuzione delle stesse, per questo vengono anche chiamate movimenti "ballistici": una volta iniziata una saccade, la sua ampiezza e direzione non possono essere modificate.

Lo studio delle saccadi risale almeno alla fine del XIX secolo, quando l'oftalmologo francese Louis Émile Javal (1839-1907) osservò che durante la lettura lo sguardo non viene spostato lungo la linea del testo in maniera fluida e continua, ma attraverso una serie di movimenti discreti molto veloci (in francese il termine saccade indica appunto un movimento brusco e rapido), intervallate da momenti di pausa in cui lo sguardo rimane stazionario (fissazioni).

Lo scopo di questo tipo di movimento è quello di localizzare l'immagine in fovea, regione retinica con acuità visiva maggiore (Land; 2009).

Una volta notata la presenza di un oggetto di interesse, viene valutata la sua posizione rispetto alla fovea. Viene sospesa momentaneamente la percezione e a questo punto si manifesta la saccade. Infine, il sistema visivo verifica il

posizionamento della fissazione e se necessario ripete il ciclo, per aggiustare la mira.

Alcune ricerche hanno dimostrato che le caratteristiche visive del target di riferimento, per esempio la luminanza, colore o disposizione spaziale, influenzano la pianificazione e l'esecuzione della saccade (Reuter-Lorenz, Hughes & Fendrich; 1991). Per esempio, un target più luminoso stimola una saccade in modo più rapido.

Già nella prima infanzia compaiono i primi rudimentali movimenti saccadici, che però sono inaccurati, per questo ne servono molti per raggiungere il target visivo voluto. L'abilità di cambiare fissazione con un solo movimento saccadico viene acquisita attorno al primo anno di età (Fielder; 1985).

Il sistema saccadico produce dei segnali finalizzati alla generazione di movimenti oculari coniugati veloci, responsabili di movimenti volontari o involontari conseguenti a stimoli visivi, uditivi o tattili. Questi movimenti, chiamati movimenti saccadici, servono a riposizionare l'oggetto d'interesse in zona foveale. Lo stimolo che dà origine a questo tipo di movimenti può sorgere esternamente, dando origine a delle saccadi "riflesse", le quali sono guidate da eventi periferici, oppure può sorgere internamente, generando delle saccadi "volontarie", guidate da strategie interne (Anson & Davis; 2014).

La latenza saccadica è l'intervallo di tempo trascorso tra l'apparizione dello stimolo e l'inizio del movimento. Per quanto riguarda le saccadi riflesse, l'intervallo rappresenta il tempo che ci mette lo stimolo a viaggiare attraverso le vie ottiche e il sistema oculare a processare il segnale prima di comunicare con i muscoli extraoculari, e dura normalmente 200 ms (Bahill, Clark & Stark; 1975).

La valutazione dei movimenti saccadici risulta molto importante quando si vuole distinguere tra limitazioni neurologiche e meccaniche: la velocità delle saccadi è ridotta nel caso di paralisi neurogena.

1.3.2. INSEGUIMENTI

Un movimento di inseguimento è necessario per mantenere la fissazione su un oggetto in movimento nell'area centrale del campo. Si tratta di un movimento continuo e lento, con velocità pari a circa 30-50°/s e con moderata latenza, di 0,12s. Il sistema che coordina questo tipo di movimenti mantiene stabile il cammino dell'occhio. Dal punto di vista motorio sono molto simili al riflesso optocinetico; tuttavia, mentre il riflesso optocinetico è generato in maniera riflessa in risposta allo scivolamento retinico dell'intero campo visivo, il movimento di inseguimento è generato in maniera indipendente rispetto al contesto in cui è posizionato.

L'efficienza di questo movimento viene quantificata calcolandone il guadagno, cioè il rapporto tra la velocità di movimento dello sguardo e la velocità del bersaglio. Un valore di guadagno uguale a 1 indicherebbe quindi che gli occhi si muovono alla stessa velocità del bersaglio. Di solito il guadagno dei movimenti di inseguimento lento è tipicamente inferiore ad 1, in particolare per velocità del bersaglio molto elevate. Dal momento che il guadagno tende ad essere inferiore ad 1, per evitare che lo sguardo rimanda in dietro rispetto al bersaglio, vengono spesso eseguite saccadi di piccola ampiezza, che servono a ridurre e mantenere a livelli accettabili il distacco tra bersaglio e asse visivo.

Lo stimolo che dà origine agli inseguimenti visivi è un'immagine in movimento nella regione retinica parafoveale.

I movimenti d'inseguimento sono stati rilevati in neonati, quando la velocità del target osservato è molto lenta. Molti dei movimenti di inseguimento nei neonati sono accompagnati da movimenti saccadici. A partire dalla sesta settimana di vita, i movimenti di inseguimento sono caratterizzati dall'alternarsi di movimenti veloci e movimenti lenti. Solamente dal terzo mese di vita questi movimenti si assestano (Roucoux A., Culée & Roucoux M.; 1983).

Gli inseguimenti vengono valutati di consuetudine in tutti i pazienti che effettuano una visita ortottica, al fine di determinare l'estensione e la qualità dei movimenti. Se viene notata o sospettata qualche anormalità, o se il paziente accusa qualche

sintomo durante l'esecuzione di questa analisi, viene effettuata una valutazione più approfondita del sistema.

1.3.3. VERGENZE

Le vergenze sono movimenti oculari disgiunti generati per ottenere e mantenere l'allineamento binoculare. Le vergenze oculari sono movimenti principalmente orizzontali (convergenza e divergenza) ma possono essere dimostrate anche la vergenza lungo il piano verticale e la ciclovergenza.

La convergenza è scatenata principalmente dalla vergenza fusionale, la quale è generata in risposta alla diplopia, e dalla vergenza accomodativa, quando ha luogo l'accomodazione, vi è una risposta conseguente alla sfocatura dell'immagine: la convergenza viene generata per mantenere l'immagine singola e nitida. Altri fattori causali, meno rilevanti sono: la vergenza prossimale, nella quale la convergenza è generata in risposta alla consapevolezza della prossimità dell'oggetto di fissazione, e la vergenza tonica che conseguente ad una contrazione di piccola entità dei retti mediali.

La convergenza è normalmente associata ad accomodazione e miosi pupillare.

La convergenza compare già nei neonati, ma è scoordinata. Attorno al secondo mese di vita si acquisisce una coordinazione più accurata e stabile.

1.3.4. SISTEMA VESTIBOLARE E OPTOCINETICO

Riflesso vestibolare serve per stabilizzare l'immagine sulla retina durante i movimenti del capo. Questo comportamento è dovuto all'attività dell'apparato vestibolare dell'orecchio che è in grado di rilevare variazioni della posizione del capo e di inviare un comando ai muscoli oculari.

L'apparato vestibolare è deputato a rispondere al meglio ad accelerazioni rapide e di breve durata, mentre si lascia facilmente ingannare da accelerazioni lunghe o inconsuete. Quando, a causa di una patologia, un labirinto risponde in modo diverso rispetto all'altro, è possibile che a causa di ciò si manifestino delle disfunzioni oculomotorie, di equilibrio o di postura.

Il riflesso optocinetico serve per stabilizzare l'immagine sulla retina durante uno slittamento retinico del campo visivo, per esempio quando si è seduti su un treno in movimento e si guarda il paesaggio che scorre fuori dal finestrino.

I movimenti nistagmoidi causano l'oscillazione degli occhi prevalentemente nella direzione orizzontale. Il nistagmo optocinetico è di natura fisiologica; è causato dalla visione di oggetti in movimento. Esiste anche una forma di nistagmo di tipo patologico, questo si manifesta solitamente nella forma acquisita per cause sensoriali, per esempio una mancata differenziazione della zona foveale (nell'albinismo) o a causa di opacità centrali che costringono il soggetto a variare la fissazione alla ricerca di un'area di miglior visione.

1.3.5. FISSAZIONI

Le fissazioni sono i periodi di pausa, tra un movimento oculare e il successivo, durante i quali avviene la nostra percezione visiva. Le fissazioni hanno una durata molto variabile che dipende da una moltitudine di fattori, legati sia alle caratteristiche dell'immagine osservata che agli obiettivi e stati mentali dell'osservatore. È importante sottolineare che, dal punto di vista del controllo motorio, le fissazioni non consistono nella semplice assenza di un comando oculomotorio; sono invece il risultato di un sofisticato meccanismo volto a stabilizzare lo sguardo sul bersaglio, in modo da mantenere l'immagine sulla fovea e permetterne l'analisi da parte del sistema visivo.

2. TEST

Il proposito di questa analisi è quello di confrontare due test di screening sulla motilità oculare.

Sono stati scelti due test di screening perché questa categoria di test possiede delle caratteristiche favorevoli ad una raccolta dati che debba avvenire in un tempo breve e con risorse limitate. Un test di screening è tipicamente molto semplice e veloce da eseguire, richiede una strumentazione essenziale e poco costosa.

Come gold-standard è stato preso in considerazione il test standardizzato dalla Northeastern State University College Of Optometry, dalla quale prende il nome: "NSUCO". Questo test valuta sia movimenti saccadici che di inseguimento (Maples & Ficklin; 1988), per mezzo dell'impiego di due sfere colorate, rossa e verde, poste sull'estremità di una astina.

Uno studio condotto da Maples nel 1989, ha dimostrato che l'NSUCO è in grado di differenziare tra ragazzi con difficoltà di apprendimento e ragazzi normali.

Il secondo test preso in esame si basa sulle tabelle di valutazione di Heinsen and Schrock (Gogel & Griffin; 1982). Anche questo test valuta sia movimenti saccadici che inseguimenti. Non vi sono, in letteratura, indicazioni precise riguardo la mira da usare, per questo è stato deciso di impiegare delle mire accomodative, descritte in seguito.

Sono stati scelti questi due test perché valutano gli stessi tipi di movimenti oculari: saccadi ed inseguimenti.

L'analisi dei movimenti saccadici deve fornire indicazioni riguardo l'abilità e la precisione con cui il soggetto sposta la fissazione da un punto all'altro del campo visivo.

I test per i movimenti d'inseguimento hanno lo scopo di valutare la precisione con cui gli occhi inseguono un oggetto in movimento, all'interno del loro campo visivo.

Entrambi i test si basano sulla valutazione qualitativa della performance oculomotoria, cercando di riprodurre le condizioni fisiche a cui i soggetti sono

sottoposti quotidianamente, durante la lettura o durante l'esplorazione visiva di un ambiente.

Pur essendo un'osservazione di tipo qualitativo, vengono assegnati dei punteggi alle performance. L'NSUCO (Scheiman & Wick; 1994) ha una tabella di valutazione unica per entrambi i tipi di movimenti indagati, con punteggi divisi, mentre Heinsen and Schrock hanno ideato due tabelle divise, una per la valutazione della saccadi, una per la valutazione degli inseguimenti.

3. LO STUDIO

3.1. SCOPO

Lo scopo di questo studio è quello di confrontare due test di screening sulla motilità oculare, sopra descritti: l'”NSUCO” oculomotor test, test già validato, e un test basato sulla valutazione delle tabelle di Heinsen and Schrock.

In primo luogo, lo studio si propone di indagare se l'NSUCO, essendo un test standardizzato con domande precise, possa essere eseguito da chiunque o se sia necessaria l'esperienza e la conoscenza di un optometrista. Si vuole dimostrare che è necessaria la somministrazione da parte di personale preparato e formato, mentre la somministrazione effettuata da personale estraneo all'optometria risulta inefficiente.

Inoltre, si vuole dimostrare che si tratta di un test attendibile perché se somministrato da due professionisti della visione fornisce risultati concordi.

Le stesse questioni vengono sollevate per quanto riguarda il secondo test, dove il risultato atteso è meno chiaro, non essendo stato standardizzato.

In fine, si vuole valutare se i due test restituiscono risultati simili. Dal momento che vanno ad indagare entrambi sugli stessi movimenti oculari, si vogliono confrontare i punteggi assegnati da uno sperimentatore ad un soggetto, secondo i due test. Ci si aspetta che, se in un soggetto si rilevano delle difficoltà nei movimenti d'inseguimento per mezzo del test NSUCO, queste difficoltà vengano rilevate anche dal test H/S e viceversa.

3.2. METODI E STRUMENTI

Un test si definisce attendibile quando i punteggi ottenuti da un gruppo di soggetti sono coerenti, stabili nel tempo e costanti dopo molte somministrazioni. Il grado di attendibilità di un test non indica altro che il livello di correlazione esistente tra due distribuzioni ottenuti dagli stessi soggetti nello stesso test (Bossuyt; 2008).

Per una valutazione approfondita è stato deciso di valutare l'attendibilità dei due test confrontando le rilevazioni di dati effettuate, su un campione di trenta soggetti, da quattro sperimentatori.

Per questo motivo è stato deciso di somministrare i due test ad ogni soggetto, per quattro volte, ogni somministrazione è stata effettuata da uno sperimentatore diverso.

Sono state analizzate le correlazioni tra le rilevazioni degli sperimentatori, confrontando punteggi assegnati da due sperimentatori diversi, ad un soggetto, sottoposto ad uno dei due test, non tralasciando il confronto tra i due “esperti” e quello tra i due “non esperti”. Per questa comparazione è stato sfruttato il programma di calcolo MATLAB®, per mezzo del quale sono stati calcolati: p-value, livello di significatività del modello, ovvero se il modello lineare proposto è migliore di un modello con una sola costante; R squared, o coefficiente di determinazione; inclinazione della retta di regressione.

Sono poi state calcolate le correlazioni tra i risultati dei due test, effettuati da uno sperimentatore su di un soggetto, sempre per mezzo del calcolo dei coefficienti sopra-citati.

Il P-value esprime il livello di significatività osservato, ovvero quanto è probabile riscontrare un risultato uguale a quello osservato, supposta vera l'ipotesi nulla.

L' R^2 rappresenta un indicatore che, partendo dalla retta di regressione, sintetizza in unico valore di quanto la grandezza analizzata si discosta mediamente da tale retta. Può assumere valori da 0 a 1, se pari a 0, non esiste nessuna relazione lineare tra le due variabili, se è pari a 1, allora esiste una perfetta relazione lineare fra il fenomeno analizzato e la sua retta di regressione.

L'inclinazione della retta di regressione ci dice quanto i dati confrontati siano simili tra di loro. In questo caso i dati confrontati sono i punteggi di sperimentatori diversi allo stesso test oppure punteggi dei due test assegnati dallo stesso sperimentatore. L'inclinazione di una retta, a livello matematico, può assumere qualunque valore positivo e negativo, i valori di pendenza simili molto vicini ad 1 indicano che i punteggi assegnati sono coerenti, mentre i valori che si discostano molto dal valore 1, indicano che, a parità di abilità oculomotorie del soggetto, i punteggi assegnati (da due sperimentatori nello stesso test, o da uno sperimentatore nei due test) sono diversi.

3.3. CAMPIONE

Il campione di soggetti a cui sono stati somministrati i due test è di 30 persone, di cui 8 maschi e 22 femmine, di età variabile dai 18 ai 28 anni. Ognuno di questi è stato sottoposto per quattro volte ai due test: ogni sperimentatore somministrava entrambi i test ad ogni soggetto.

Tutti gli individui che fanno parte del campione sono studenti e non presentano patologie che possano influire sugli esiti del test: daltonismo, dislessia o altro.

3.4. SPERIMENTATORI

Sono stati coinvolti quattro sperimentatori, due definiti “esperti” in quanto studenti di ottica e optometria, due definiti “non esperti”. Sono stati tutti, in egual modo, forniti delle istruzioni per la rilevazione dati, anche chi era già a conoscenza dei test oculomotori interessati nella rilevazione. Le istruzioni fornite sono consultabili nell'appendice.

I due “non esperti” hanno avuto la possibilità di provare a fare il test ad un paio di soggetti prima di iniziare la rilevazione vera e propria, in modo di capire meglio

cosa volesse dire dover concentrarsi sull'osservazione dei movimenti oculari, dato che non avevano mai avuto esperienza clinica.

3.5. APPARATO STRUMENTALE

L'apparato strumentale si compone di pochi elementi. Come già specificato nella descrizione dei test, la scelta ricaduta su due test di screening ha come conseguenza il fatto che l'apparato strumentale impiegato nella rilevazione ed elaborazione dei dati sia molto essenziale. Per la rilevazione dei dati è stato consegnato un piccolo kit ad ogni sperimentatore. Questo kit comprendeva:

- una coppia di palline rossa-verde, di diametro pari a 0,5 cm, attaccate a delle astine lunghe 40 cm, per l'esecuzione dell'NSUCO;
- una penna che presenta la scritta "*MICRON*", della quale lo sperimentatore sceglieva una lettera da far guardare al soggetto, generalmente la *M* o la *N*;
- un foglio con stampata la mira delle due matite, per l'esecuzione del test dei movimenti saccadici secondo H. e S.;
- un foglio con le tre tabelle per valutare i due test (vedi appendice).

3.6. ESECUZIONE DEI TEST

3.6.1. NSUCO

Il test viene eseguito con il soggetto in postura eretta, di fronte all'esaminatore, gambe leggermente divaricate. Non vengono date direttive specifiche riguardo il coinvolgimento della testa perché una parte del punteggio da assegnare riguarda anche la scelta, da parte del soggetto, di coinvolgere o meno la testa ed il corpo (Maples & Ficklin; 1990). Tutto il test va eseguito in condizione binoculare e con la correzione abituale.

Vengono impiegate due sferette di diametro pari a 0.5 cm come mire di fissazione, una rossa e una verde.

Nella fase di valutazione degli inseguimenti si usa solamente la pallina rossa: si impugna l'astina, all'apice della quale si trova la pallina, e si compiono dei movimenti circolari di diametro pari a 20 cm, due volte in senso orario e due volte in senso antiorario. Queste rotazioni devono essere eseguite di fronte al soggetto, in modo che il punto più alto e più basso della traiettoria circolare coincidano con la linea mediana dell'esaminato (Maples; 1995.). La distanza di lavoro, ovvero lo spazio che deve intercorrere tra l'apice corneale del soggetto e la mira di fissazione, deve essere compresa tra la distanza di Harmon¹ e 40 cm. Le istruzioni che l'esaminatore deve fornire sono: "Ora eseguirò dei movimenti circolari con la pallina, devi seguirla con gli occhi senza distogliere lo sguardo".

Per quanto riguarda la valutazione quantitativa è necessario seguire le indicazioni riportate nella tabella di valutazione (riportata in appendice), gli aspetti da valutare sono:

- abilità negli inseguimenti: l'esaminatore conta quante rotazioni della pallina il soggetto riesce a seguire senza distogliere lo sguardo. Il massimo numero di rotazioni da eseguire è due per ogni direzione. Il punteggio massimo viene assegnato quando il soggetto è in grado di seguire tutte e 4 le rotazioni.
- Precisione negli inseguimenti: chi valuta deve contare il numero di refissazioni compiute dal soggetto. Il punteggio massimo viene assegnato quando non vi è nessuna refissazione, il minimo quando vi sono più di 10 refissazioni nel totale delle 4 rotazioni.

Nella fase di valutazione degli sbalzi di fissazione, o movimenti saccadici, si impiegano due palline come mire di fissazione, una rossa e una verde. Si impugnano entrambe le asticelle con le palline e si pongono di fronte al soggetto, ad una distanza da esso che sia compresa tra la distanza di Harmon e i 40 cm. Le palline devono essere poste ad una distanza di 10 cm dalla linea mediana del paziente, quindi sono poste a 20 cm l'una dall'altra.

¹distanza di Harmon: distanza tra la punta del gomito e la giuntura dell'indice del soggetto.

Le istruzioni da fornire sono: “Quando dico rosso, guarda la pallina rossa; quando dico verde, guarda la pallina verde. Ricorda di non anticipare i miei comandi”.

La valutazione quantitativa avviene secondo le indicazioni riportate in tabella:

- abilità negli sbalzi di fissazione: è richiesto di contare quanti sbalzi riesce a compiere da una pallina all'altra, a comando. Il massimo numero di sbalzi che viene richiesto di far eseguire al soggetto è pari a 5. Più balzi compie, più alto è il punteggio.

- precisione negli sbalzi di fissazione: si contano le imprecisioni e di conseguenza si assegna il punteggio. L'assenza di imprecisioni prevede l'assegnazione del punteggio massimo, come nelle valutazioni precedenti. È considerata imprecisione quando il soggetto, nel compiere la saccade, non esegue un movimento “pulito” che arriva direttamente alla mira da guardare, ma compie delle piccole saccadi di aggiustamento, oppure quando il soggetto non rispetta che l'esaminatore dia l'indicazione di balzare da una mira all'altra, o quando distoglie lo sguardo da entrambe le mire.

Durante tutto il test, l'esaminatore deve fare caso ad eventuale coinvolgimento della testa o del corpo, durante i movimenti oculari eseguiti. Il punteggio viene assegnato in base alla durata della partecipazione della testa o del corpo, nel corso dell'esecuzione di tutto il test: se non vi è mai partecipazione viene assegnato il punteggio massimo, altrimenti si valuta per quanto tempo sono stati coinvolti nei movimenti oculari e in che intensità: il coinvolgimento può essere lieve, medio oppure marcato. Per esempio, un movimento della testa marcato è quando in maniera molto evidente, la testa compie delle rotazioni, seguendo la traiettoria della pallina. Una piccola rotazione della testa sull'asse del collo, di ampiezza pari a qualche grado, è considerata un coinvolgimento di entità lieve.

3.6.2. TEST OCULOMOTORIO BASATO SULLE TABELLE DI VALUTAZIONE DI H. E S.

Il test di motilità oculare basato sulle tabelle di valutazione di Heinsen and Schrock è l'insieme di due valutazioni distinte di movimenti saccadici e di inseguimento.

Per l'analisi dei movimenti d'inseguimento possiamo utilizzare solo test che si basano sull'osservazione diretta dei movimenti di inseguimento evocati chiedendo al paziente di seguire un oggetto in movimento. L'esame si svolge presentando una mira di fissazione di tipo accomodativo relativamente piccola (2-3/10) ad una distanza di 40 cm dall'apice corneale del soggetto. In questo specifico caso, è stata impiegata come mira una penna con delle lettere scritte lungo lo stelo. L'operatore invita il paziente ad osservare una delle lettere sulla penna e di seguirla, quindi comincia a spostarla lentamente prima in direzione orizzontale, poi in verticale, quindi lungo le due diagonali e contemporaneamente osserva i movimenti d'inseguimento delle varie direzioni diagnostiche di sguardo. La mira deve essere spostata lentamente in quanto, essendo gli inseguimenti relativamente lenti, una velocità eccessiva provocherebbe una perdita della fissazione e di conseguenza i movimenti diventerebbero a scatti (ricorso a saccadi). Una volta eseguito il test, l'operatore esprime la qualità dei pursuit ricorrendo alla stessa scala di valutazione utilizzate per i movimenti saccadici.

Questo test viene generalmente eseguito prima in condizioni monoculari e poi in condizioni binoculari. In fase monoculare si osserva se entrambi gli occhi hanno un'estensione di movimento adeguata in tutte le nove posizioni diagnostiche di sguardo, in questa fase è possibile anche riconoscere quale muscolo extra-oculare causa il deficit oculomotorio. In fase binoculare si valuta il sistema oculare e l'integrazione tra i due occhi nel compito d'inseguimento visivo.

Dato che l'NSUCO oculomotor test prevede solamente una valutazione binoculare e che l'obiettivo di questo studio è quello di confrontare i due test, è stato ritenuto superfluo effettuare la valutazione monoculare degli inseguimenti valutati secondo H. e S. Inoltre, i soggetti dovendo essere sottoposti per quattro volte ad ogni test,

avrebbero accusato maggiormente la stanchezza, che avrebbe alterato le ultime performance rispetto alle prime.

Per la valutazione dei movimenti saccadici ampi, uno dei test più semplici da utilizzare si basa sull'utilizzo di due mire accomodative di dimensione corrispondente a 2-3/10, tenute a 40 centimetri dal paziente, una a destra e l'altra a sinistra, ad una distanza di 25 cm tra di loro. L'operatore invita il soggetto a fissare alternativamente per una decina di volte, mentre valuta l'accuratezza dei movimenti saccadici così evocati. Per questo esame sono state impiegate le "matite alfabetiche": matite su cui sono disegnate una serie di lettere. In questo caso si è preferito stampare le mire su dei fogli, in modo che la distanza tra le due "matite" fosse costante per tutti i soggetti (si veda appendice). Il foglio è stato consegnato al soggetto in modo che lo posizionasse alla propria distanza di lettura, possibilmente compresa tra la distanza di Harmon e i 40 cm dall'apice cornale. Per esprimere l'efficienza del sistema saccadico è stata utilizzata la scala di valutazione di Heinsen/Schrock system: questo sistema si basa sulla valutazione di 5 aspetti, ai quali viene assegnato un punteggio la cui somma può dare al massimo 10 punti.

3.6.3. ASSEGNAZIONE DEI PUNTEGGI

Nell'NSUCO i punteggi assegnati possono variare da 1 a 5 e vi sono 5 aspetti valutati, sopra descritti, per un totale di un massimo di 25 punti. Nel punteggio totale è compresa sia la valutazione dei movimenti di inseguimento sia quella degli sbalzi di fissazione.

Il test di motilità oculare basato sulle tabelle di valutazione di Heinsen e Schrock, invece, per movimenti saccadici ed inseguimenti ha un sistema di valutazione che si basa sulla somma di più punteggi, che può raggiungere un valore massimo pari a 10 punti per quanto riguarda i movimenti di inseguimento e sempre un valore massimo di 10 punti per quanto riguarda i movimenti saccadici. I vari punteggi, che generalmente vanno da 1 a 3, vengono assegnati ad una serie di caratteristiche

salienti dell'azione indagata. Per quanto riguarda i movimenti saccadici, vengono valutati: movimento della testa (3-1), precisione (2-1), automaticità (2-1), stabilità (2-1) e resistenza (1); mentre, per quanto riguarda i movimenti d'inseguimento vengono valutati: regolarità/precisione (3-0), movimento della testa (3-0), automaticità (3-0) e resistenza (1-0).

Per l'assegnazione dei punteggi sono state stampate tutte e tre le tabelle valutative in dei fogli, in modo che gli sperimentatori avessero già un modello da compilare con delle crocette o inserire dei numeri in corrispondenza dei punteggi da assegnare (tabelle riportate in appendice). In questo modo è stato possibile eseguire una valutazione di tipo quantitativo, senza dover interrompere continuamente lo svolgimento del test per riportare le valutazioni.

4. PRIMA FASE

4.1. ANALISI DEI DATI

Sono stati calcolati i coefficienti relativi alla correlazione tra ogni coppia di sperimentatori.

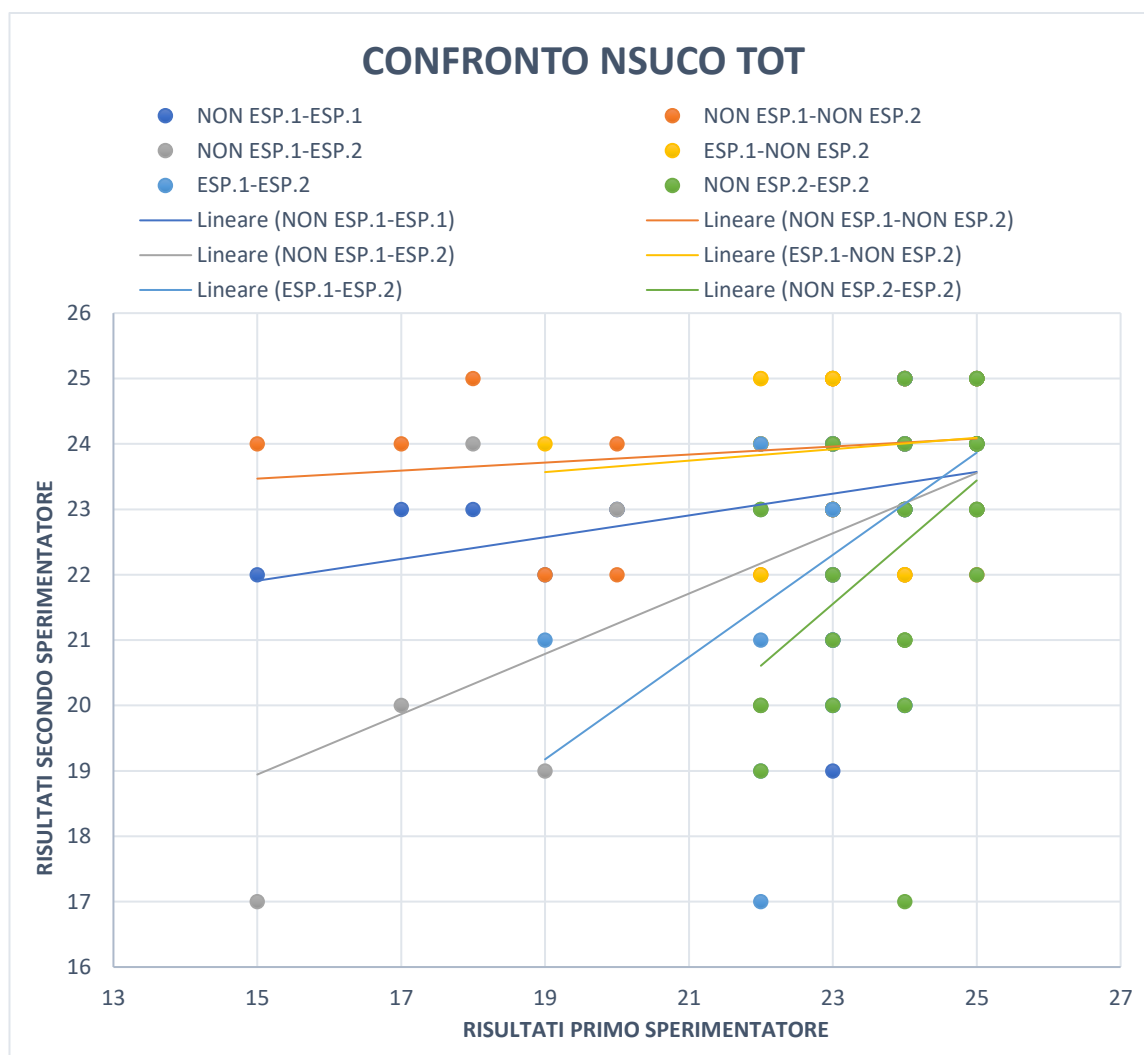


Fig.3 grafico che rappresenta le rette di regressione delle correlazioni tra i punteggi totali dell'NSUCO assegnati dagli sperimentatori. In particolare, gli sperimentatori esperti sono denominati "ESP.1" ed "ESP.2", mentre i non esperti sono "NON ESP.1" e "NON ESP.2". Ogni colore rappresenta la correlazione tra due sperimentatori, sono state valutate tutte le coppie possibili, sia tra esperti, che tra non esperti, che coppie miste.

	NON ESP; E-ESP.1	NON ESP.1; NON ESP.2	NON ESP.1; ESP.2	ESP.1; NON ESP.2	ESP.1; ESP.2	NON ESP.2; ESP.2
R ² ADJ	0,1	-0,016	0,299	-0,0273	0,167	0,242
R ²	0,131	0,0191	0,323	0,00812	0,195	0,268
PENDENZA	0,16633	0,061386	0,46113	0,087336	0,78166	0,34424
INTERCETTA	19,423	22,548	12,027	21,91	4,3249	-0,16543
P-VALUE	0,04989	0,467	0,00105	0,636	0,0145	0,0034

Tab.I coefficienti statistici calcolati per le correlazioni tra sperimentatori che riguardano il confronto tra i punteggi totali dell'NSUCO.

I coefficienti di determinazione R^2 calcolati per le varie coppie di rilevazioni indicano che non vi è nessuna correlazione forte: i valori sono compresi tra 0,00812 e 0,323, e sorprendentemente anche la coppia di sperimentatori esperti (“ESP.1-ESP.2”) mostra una correlazione molto debole ($R^2=0,195$).

La più forte tra le correlazioni calcolate risulta essere quella tra “NON ESP.1” ed “ESP.2”, quindi tra uno degli sperimentatori non esperti e uno degli esperti ($R^2=0,323$; $p\text{-value}=0,00105$). Anche la seconda correlazione più forte risulta essere tra “NON ESP.2” ed “ESP.2” ($R^2=0,268$; $p\text{-value}=0,0034$).

I $p\text{-value}$ ci indicano che i dati osservati sono statisticamente significativi.

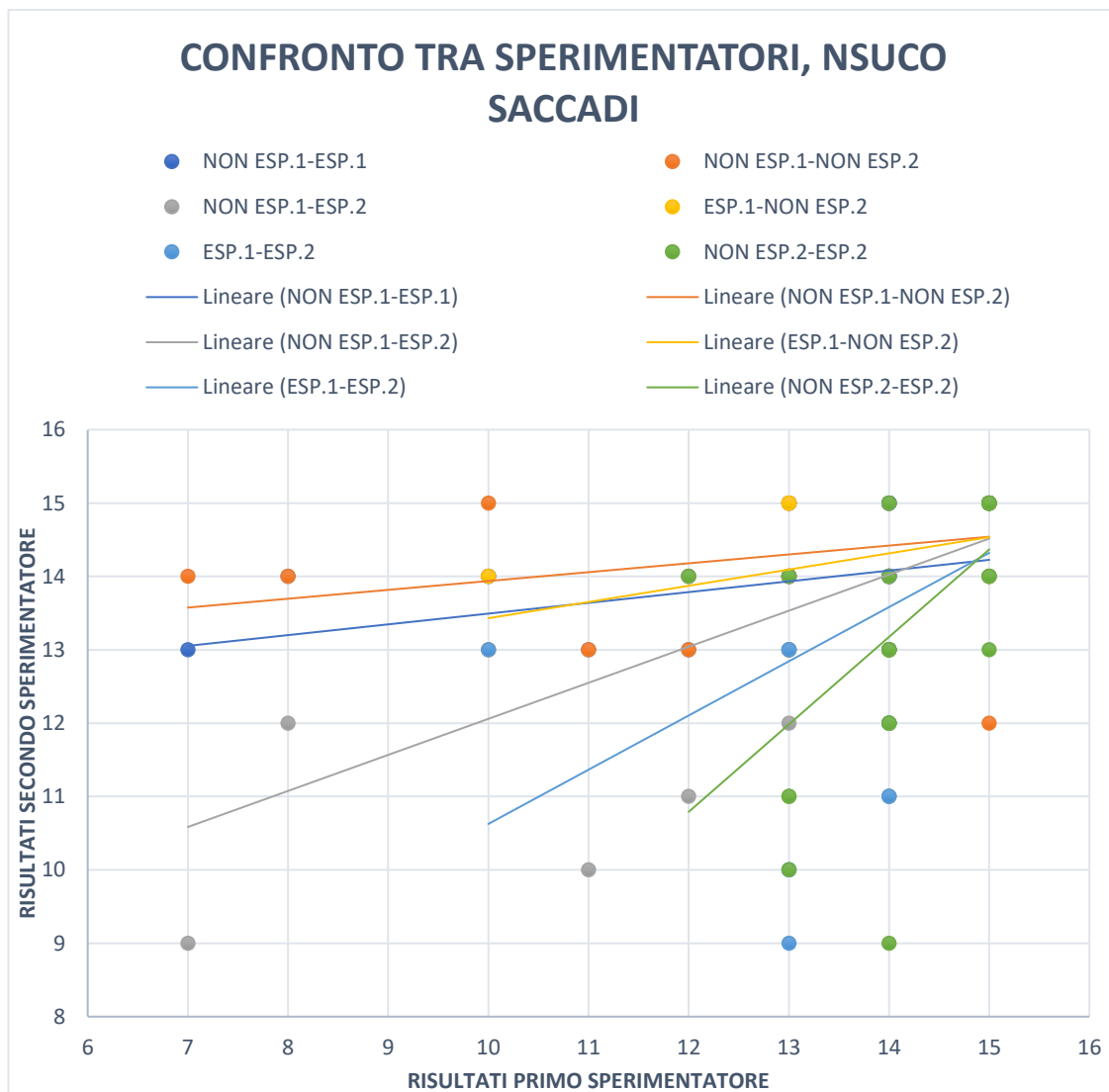


Fig.4 grafico che rappresenta le rette di regressione delle correlazioni tra i punteggi parziali dell'NSUCO, riferiti alle saccadi, assegnati dagli sperimentatori. In particolare, gli sperimentatori esperti sono denominati "ESP.1" ed "ESP.2", mentre i non esperti sono "NON ESP.1" e "NON ESP.2". Ogni colore rappresenta la correlazione tra due sperimentatori, sono state valutate tutte le coppie possibili, sia tra esperti, che tra non esperti, che coppie miste.

	NON ESP; E-ESP.1	NON ESP.1; NON ESP.2	NON ESP.1; ESP.2	ESP.1; NON ESP.2	ESP.1; ESP.2	NON ESP.2; ESP.2
R ² ADJ	0,0507	0,0505	0,32	0,0387	0,172	0,31
R ²	0,0834	0,0832	0,344	0,0718	0,2	0,354
PENDENZA	0,14655	0,12069	0,49138	0,22098	0,73884	1,1921
INTERCETTA	12,028	12,731	7,1454	11,221	3,2388	-3,514
P-VALUE	0,122	0,122	0,000661	0,152	0,132	0,000523

Tab.II coefficienti statistici calcolati per le correlazioni tra sperimentatori, riguardo i punteggi delle saccadi secondo l'NSUCO.

Questa correlazione è stata fatta isolando i punteggi relativi ai movimenti saccadici del test NSUCO. Quindi tenendo conto solamente delle voci: “precisione sbalzi di fissazione”, “abilità sbalzi di fissazione” e “movimento testa e corpo”. La scelta di eseguire anche questi confronti tra coppie di sperimentatori, isolando i dati relativi ad una sola tipologia di movimento oculare, deriva dallo scarso risultato del confronto precedente: in questo modo si vuole verificare se vi è una scarsa correlazione anche più nello specifico, o se è semplicemente conseguenza del fatto che l'NSUCO raggruppa la valutazione di due tipologie di movimenti.

Purtroppo, anche tra queste correlazioni nessuna risulta abbastanza forte. I valori di R² variano da 0,0718 a 0,354. Le correlazioni più forti si hanno tra “NON ESP.1” ed “ESP.2” (R²=0,344; p-value=0,000661) e tra “NON ESP.2” e “ESP.2” (R²=0,354; p-value=0,000523). I P-value di questi due confronti, nello specifico, ci indicano che i dati osservati sono statisticamente significativi.

La pendenza delle rette di regressione ci indica che vi è maggior coerenza tra i risultati dati da “NON ESP.2” ed “ESP.2” a parità di prestazione: la valutazione dei movimenti saccadici di un soggetto, effettuata da parte di “NON ESP.2” risulta essere molto simile a quella effettuata da “ESP.2”, perché come si evince dal grafico, all'aumentare del punteggio assegnato da “NON ESP.2” aumenta, della stessa quantità circa, il punteggio assegnato da “ESP.2”.

Tra i due esperti vi è una correlazione debole, statisticamente significativa, con una pendenza pari a 0,73884. Ciò vuol dire che uno tende a dare punteggi mediamente più elevati dell'altro, a parità di soggetto esaminato (il rapporto è circa 3:4).

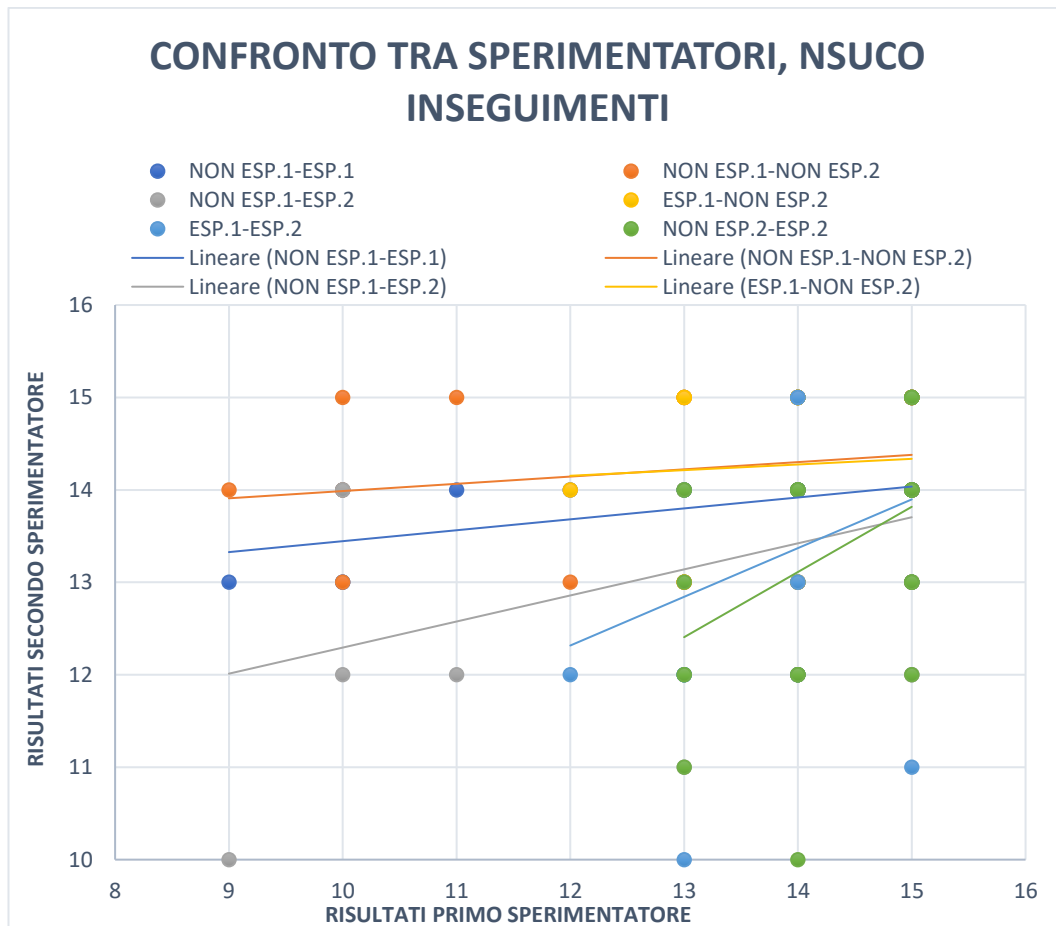


Fig.5 grafico che rappresenta le rette di regressione delle correlazioni tra i punteggi parziali dell'NSUCO, riferiti ai movimenti di inseguimento, assegnati dagli sperimentatori. In particolare, gli sperimentatori esperti sono denominati "ESP.1" ed "ESP.2", mentre i non esperti sono "NON ESP.1" e "NON ESP.2". Ogni colore rappresenta la correlazione tra due sperimentatori, sono state valutate tutte le coppie possibili, sia tra esperti, che tra non esperti, che coppie miste.

	NON ESP; E-ESP.1	NON ESP.1; NON ESP.2	NON ESP.1; ESP.2	ESP.1; NON ESP.2	ESP.1; ESP.2	NON ESP.2; ESP.2
R ² ADJ	0,0432	-0,00183	0,134	-0,0319	0,0727	0,163
R ²	0,0762	0,0327	0,164	0,00365	0,105	0,192
PENDENZA	0,11814	0,078294	0,28207	0,061069	0,52672	0,070522
INTERCETTA	12,264	13,204	9,4733	13,42	5,9962	3,2388
P-VALUE	0,14	0,339	0,0265	0,751	0,0812	0,0155

Tab.III coefficienti statistici calcolati per le correlazioni tra sperimentatori riguardo i punteggi assegnati alle performances degli inseguimenti secondo l'NSUCO.

Sono stati confrontati, per completezza, anche i dati parziali nell'NSUCO riguardanti gli inseguimenti, tenendo conto delle voci: “precisione inseguimenti”, “abilità inseguimenti” e “movimento testa e corpo”.

I coefficienti di determinazione R^2 variano da 0,00365 a 0,192; sono valori estremamente bassi, che indicano delle correlazioni deboli, tra tutte le coppie possibili di sperimentatori.

I valori di p-value indicano che solamente due confronti sono statisticamente significativi: quello tra “NON ESP.2” ed “ESP.2” ($R^2=0,192$; p-value=0,0155) e quello tra “NON ESP.1” e “ESP.2” ($R^2=0,164$; p-value=0,0265).

Tra gli esperti vi è nuovamente una correlazione molto debole, statisticamente significativa, accompagnata da una retta di regressione con pendenza pari a 0,52672 che ci indica una differenza notevole tra i punteggi assegnati allo stesso soggetto.

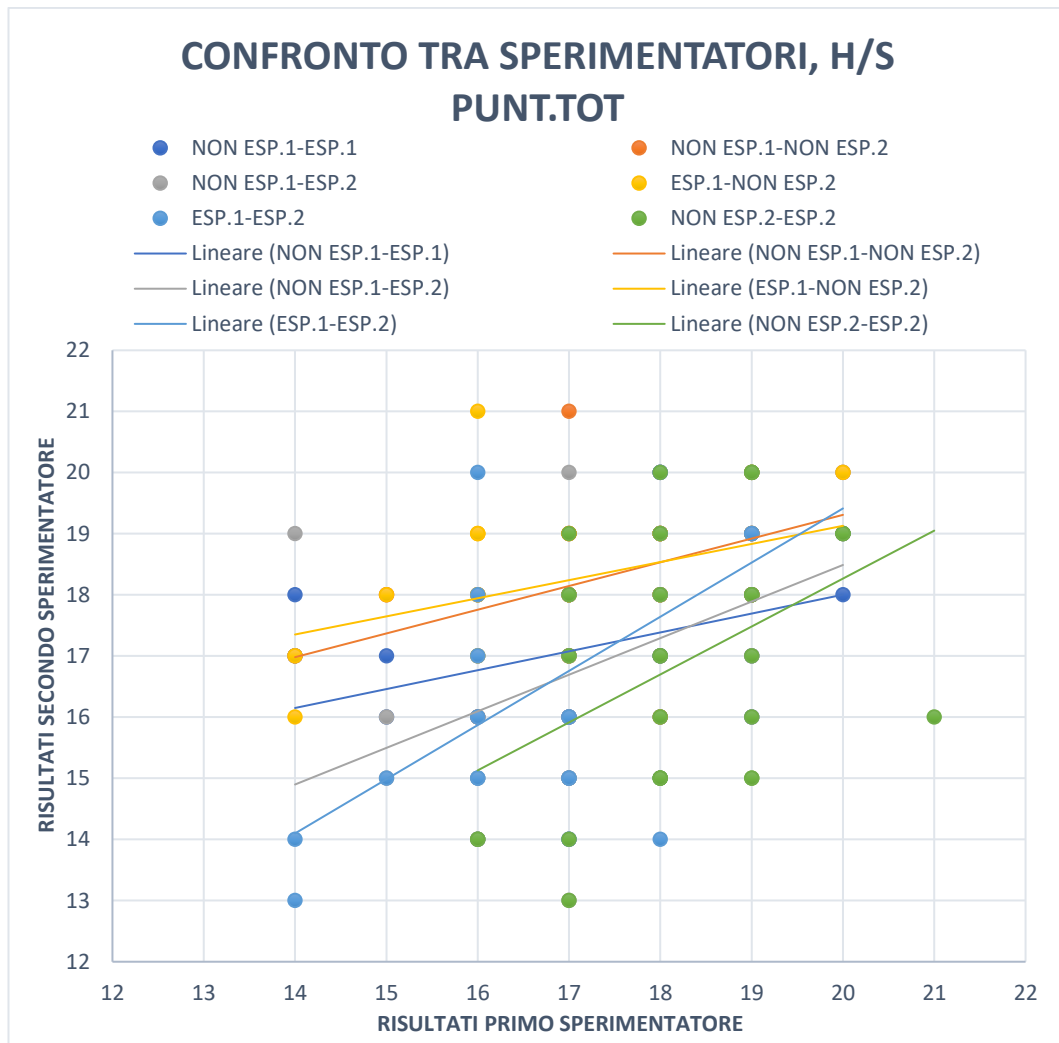


Fig.6 grafico che rappresenta le rette di regressione delle correlazioni tra la somma delle valutazioni di saccadi ed inseguimenti secondo il test di H.eS. assegnati dagli sperimentatori. In particolare, gli sperimentatori esperti sono denominati “ESP.1” ed “ESP.2”, mentre i non esperti sono “NON ESP.1” e “NON ESP.2”. Ogni colore rappresenta la correlazione tra due sperimentatori, sono state valutate tutte le coppie possibili, sia tra esperti, che tra non esperti, che coppie miste.

	NON ESP; E-ESP.1	NON ESP.1; NON ESP.2	NON ESP.1; ESP.2	ESP.1; NON ESP.2	ESP.1; ESP.2	NON ESP.2; ESP.2
R ² ADJ	0,0758	0,247	0,173	0,11	0,37	0,162
R ²	0,108	0,273	0,202	0,141	0,392	0,191
PENDENZA	0,30874	0,38798	0,59836	0,2964	0,8858	0,78412
INTERCETTA	11,828	11,549	6,5219	13,204	1,6975	2,584
P-VALUE	0,0767	0,00303	0,0128	0,0407	0,000217	0,0158

Tab.IV coefficienti statistici calcolati per le correlazioni tra sperimentatori, riguardo i punteggi totali assegnati al test di H/S.

Per completezza sono state confrontate anche le coppie di somme tra punteggio saccadi e punteggio inseguimenti (secondo i criteri di valutazione di H. e S.), dato che l'NSUCO propone un punteggio totale che comprende le valutazioni di entrambe le tipologie di movimenti oculari. Dagli output fornitici da MATLAB© possiamo verificare che, anche in questo caso, dai valori di R² riportati in tabella, non si evidenzia nessuna correlazione forte tra punteggi assegnati da due sperimentatori, nemmeno tra i punteggi assegnati dai due esperti. È interessante evidenziare il fatto che, cambiando test, cambiano anche le coppie con correlazione più forte. Ora le correlazioni più forti risultano essere quelle tra “ESP.1” e “ESP.2” (R²=0,392; p-value=0,000217) e tra “NON ESP.1” e “NON ESP.2” (R²=0,273; p-value=0,00303), statisticamente significative, come indicato dall'indice P-value.

La pendenza della retta di regressione costruita con i dati dei due esperti assume valore 0,8858 questo indica il fatto che i punteggi assegnati dai due sperimentatori variano in modo molto simile: all'aumentare del punteggio assegnato da “ESP.1”, aumenta di una quantità molto simile il punteggio assegnato da “ESP.2”, in particolare, all'aumentare di 0,89 punti il risultato di “ESP.1”, aumenta di 1 punto il risultato di “ESP.2”.

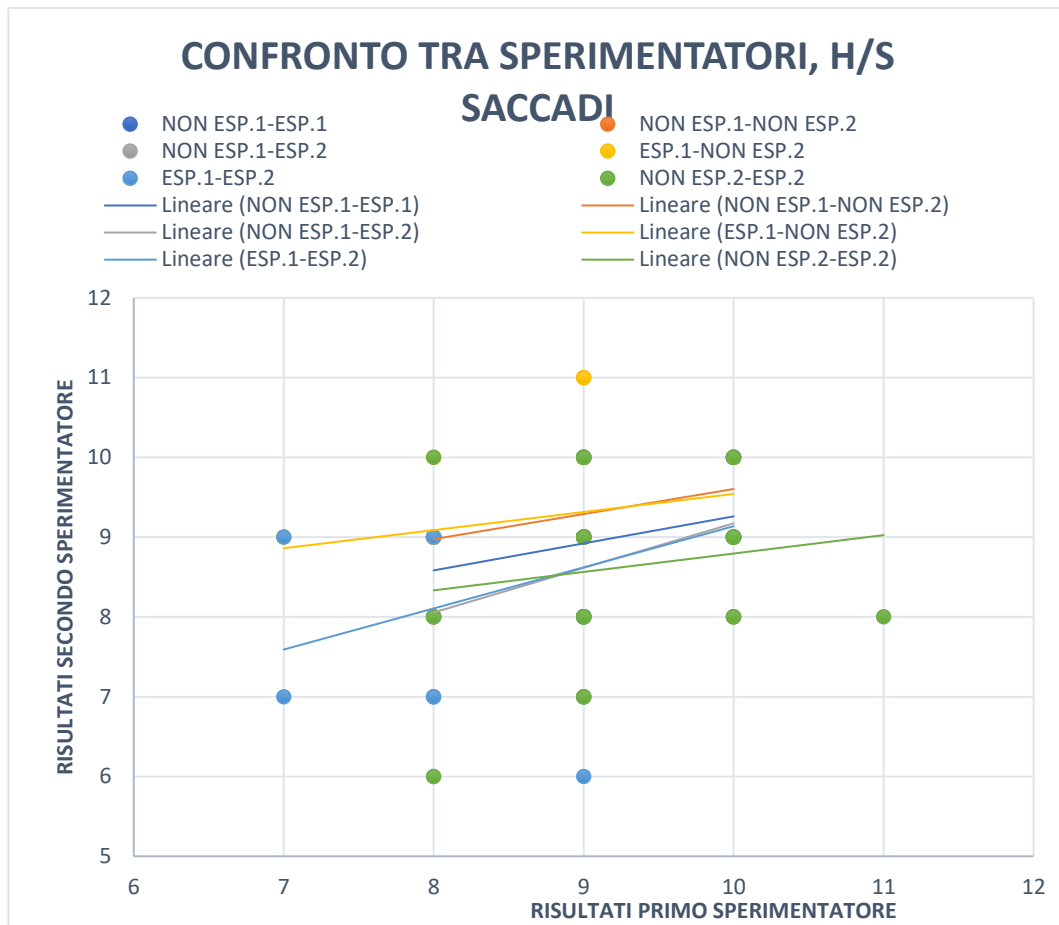


Fig.7 grafico che rappresenta le rette di regressione delle correlazioni punteggi parziali del test di H.eS. sulle saccadi, assegnati dagli sperimentatori. In particolare, gli sperimentatori esperti sono denominati “ESP.1” ed “ESP.2”, mentre i non esperti sono “NON ESP.1” e “NON ESP.2”. Ogni colore rappresenta la correlazione tra due sperimentatori, sono state valutate tutte le coppie possibili, sia tra esperti, che tra non esperti, che coppie miste.

	NON ESP; E-ESP.1	NON ESP.1; NON ESP.2	NON ESP.1; ESP.2	ESP.1; NON ESP.2	ESP.1; ESP.2	NON ESP.2; ESP.2
R ² ADJ	0,0762	0,0712	0,144	0,0234	0,13	-0,006
R ²	0,108	0,103	0,173	0,0571	0,16	0,0282
PENDENZA	0,3385	0,31403	0,55902	0,2269	0,521	0,2308
INTERCETTA	5,8753	6,4633	3,5835	7,2731	3,979	66,4872
P-VALUE	0,0761	0,0834	0,0221	0,203	0,0287	0,375

Tab.V coefficienti statistici calcolati per le correlazioni tra sperimentatori, riguardo i punteggi assegnati alle performances delle saccadi, secondo il test di H/S.

Tra i confronti che riguardano i risultati del test sulle saccadi, secondo i criteri valutativi di H. e S., non si evidenzia nessuna correlazione forte. Le uniche due correlazioni con valore di P-value che supera la soglia per assumere significatività statistica sono tra “ESP.1” e “ESP.2” ($R^2=0,16$; $p\text{-value}=0,0287$) e tra “NON ESP.1” e “ESP.2” ($R^2=0,173$; $p\text{-value}=0,0221$).

Entrambe le rette di regressione delle ultime due correlazioni citate hanno valori ridotti 0,55902 e 0,521. Ciò significa che a parità di soggetti, la variabilità di punteggi assegnati cambia da sperimentatore a sperimentatore.



Fig.8 grafico che rappresenta le rette di regressione delle correlazioni tra i punteggi del test di H.eS. sugli inseguimenti, assegnati dagli sperimentatori. In particolare, gli sperimentatori esperti sono denominati “ESP.1” ed “ESP.2”, mentre i non esperti sono “NON ESP.1” e “NON ESP.2”. Ogni colore rappresenta la correlazione tra due sperimentatori, sono state valutate tutte le coppie possibili, sia tra esperti, che tra non esperti, che coppie miste.

	NON ESP; E-ESP.1	NON ESP.1; NON ESP.2	NON ESP.1; ESP.2	ESP.1; NON ESP.2	ESP.1; ESP.2	NON ESP.2; ESP.2
R ² ADJ	0,0531	0,0413	0,181	-0,0343	0,327	0,0388
R ²	0,0857	0,0743	0,209	0,00139	0,35	0,0719
PENDENZA	0,3054	0,21234	0,5976	0,027881	0,7416	0,45
INTERCETTA	5,7118	7,2235	3,3003	8,7695	2,1691	4,25
P-VALUE	0,116	0,145	0,0111	0,845	0,0006	0,152

Tab.VI coefficienti statistici calcolati per le correlazioni tra sperimentatori, riguardo i punteggi assegnati alle performances di inseguimenti visivo, secondo il test di H/S.

Anche in questo caso le correlazioni sono molto deboli, con valori di R^2 variabili tra 0,00139 e 0,35. Spicca un valore, tra gli altri, che è associato alla correlazione tra “ESP.1” e “ESP.2” ($R^2=0,35$; $p\text{-value}=0,00057$). Correlazioni più forti e statisticamente più significative è giusto aspettarsele dal confronto tra i dati degli esperti, come in questo caso.

Pur essendo la più forte, in questo caso specifico, non vi è un coefficiente di determinazione abbastanza elevato per essere definita una correlazione forte in maniera assoluta.

A questo punto sono stati confrontati i punteggi dei due test prendendo in considerazione dei dati di un solo sperimentatore alla volta, per vedere se uno sperimentatore valutava i movimenti oculari di un soggetto, dando punteggi coerenti tra i due test: ad esempio, se l'esaminatore X ha dato un punteggio elevato alla performance degli inseguimenti secondo la valutazione dell'NSUCO, mi aspetto che abbia dato un punteggio elevato anche alla valutazione degli inseguimenti secondo H. e S.

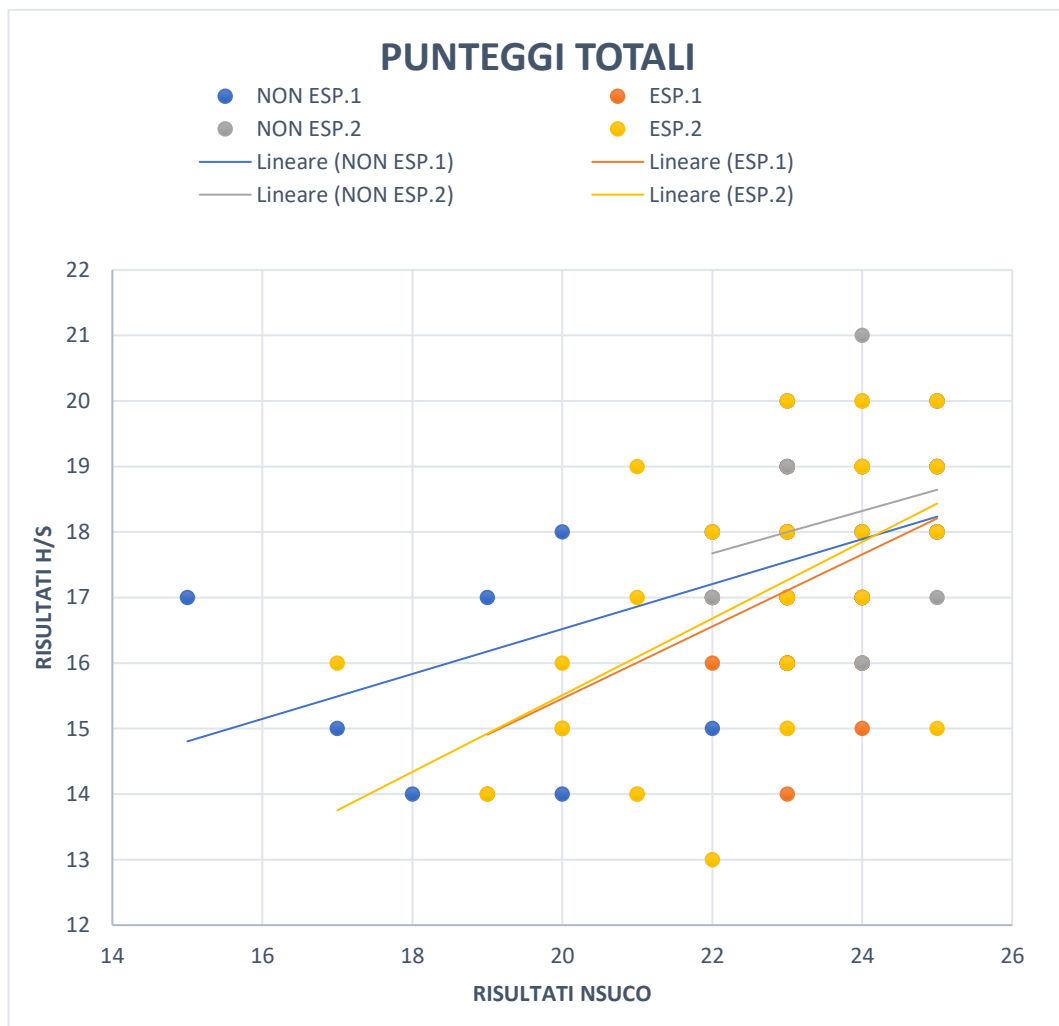


Fig.9 grafico che rappresenta le rette di regressione delle correlazioni tra i punteggi totali del test NSUCO e di H.eS. assegnati dagli sperimentatori. In particolare, gli sperimentatori esperti sono denominati “ESP.1” ed “ESP.2”, mentre i non esperti sono “NON ESP.1” e “NON ESP.2”. Ogni colore rappresenta la correlazione tra due sperimentatori, sono state valutate tutte le coppie possibili, sia tra esperti, che tra non esperti, che coppie miste.

	NON ESP.1	ESP.1	NON ESP.2	ESP.2
R ² ADJ	0,266	0,149	0,0607	0,29
R ²	0,291	0,178	0,0931	0,315
PENDENZA	0,34295	0,55022	0,32342	0,58531
INTERCETTA	9,6607	4,4533	10,559	3,8028
P-VALUE	0,00208	0,0201	0,101	0,00126

Tab.VII coefficienti statistici calcolati per le correlazioni tra punteggi totali dei due test, assegnati dallo stesso sperimentatore.

Confrontando i punteggi totali risultano abbastanza coerenti le valutazioni di “ESP.2” ($R^2=0,315$; $p\text{-value}=0,00126$) e di “NON ESP.1” ($R^2=0,291$; $p\text{-value}=0,00208$), entrambe statisticamente significative.

Le valutazioni di “ESP.1” risultano avere significatività statistica, ma il coefficiente di determinazione resta molto basso, indicando quindi una correlazione debole tra punteggi assegnati all’NSUCO e al test di H/S ($R^2=0,178$; $p\text{-value}=0,0201$).

I punteggi assegnati da “NON ESP.2” risultano non essere statisticamente significativi e mostrano una bassa correlazione ($R^2=0,0931$; $p\text{-value}=0,101$).

In questo e nei prossimi due confronti fra test si evidenziano dei valori ridotti di pendenza delle rette di regressione. Questo è dovuto al fatto che i due test hanno un punteggio massimo differente, sia per quanto riguarda i punteggi totali (25 per NSUCO e 20 per H./S.) sia per quanto riguarda i parziali (15 per NSUCO e 10 per H./S.), quindi se nell’NSUCO è stato assegnato un punteggio di 8, nell’altro test un punteggio di 8 non identifica una performance equivalente, ma una performance migliore. Per questo, l’identificazione di performances valutate in modo equivalente non può avvenire per mezzo della semplice analisi della pendenza della retta di regressione.

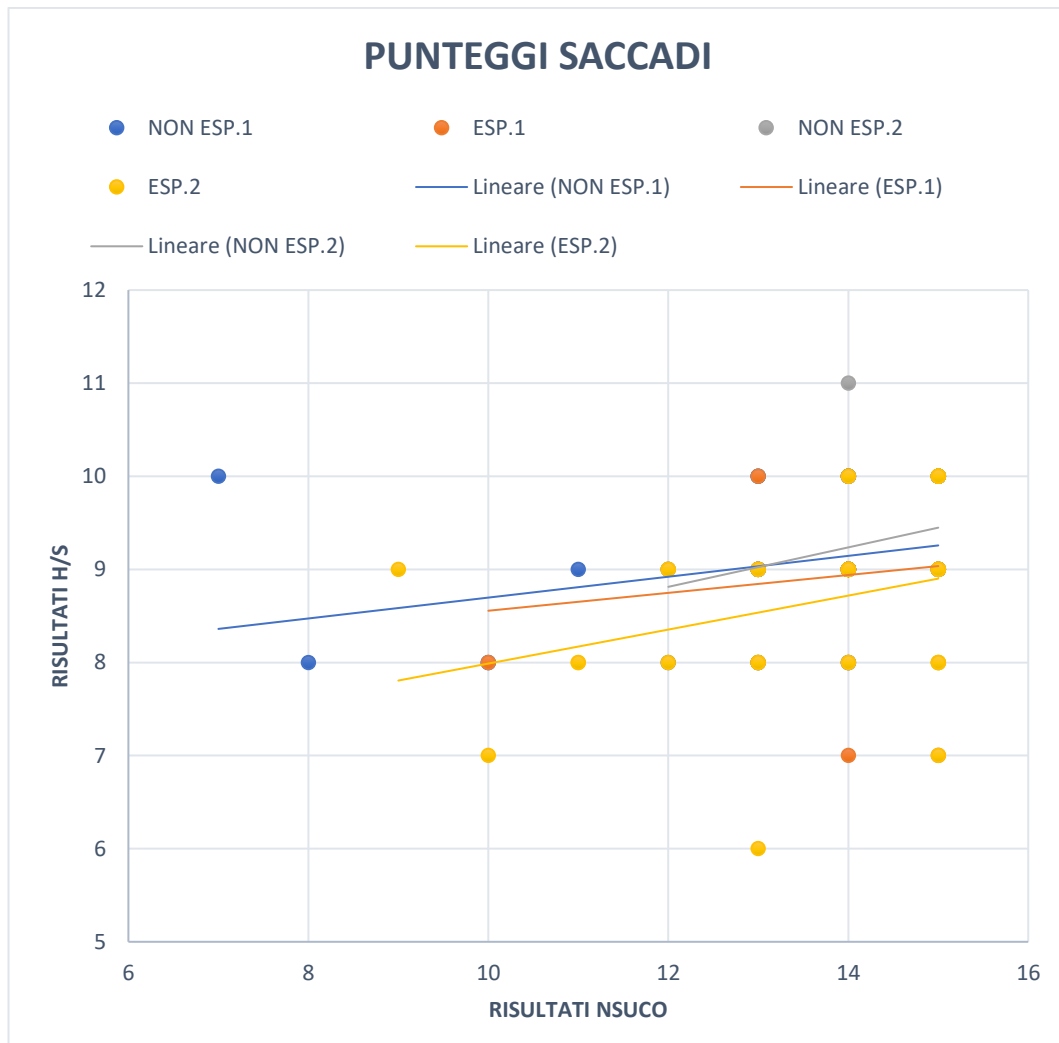


Fig.10 grafico che rappresenta le rette di regressione delle correlazioni tra i punteggi parziali del test NSUCO, riferiti alle saccadi e del test di H.eS. sulle saccadi assegnati dagli sperimentatori. In particolare, gli sperimentatori esperti sono denominati “ESP.1” ed “ESP.2”, mentre i non esperti sono “NON ESP.1” e “NON ESP.2”. Ogni colore rappresenta la correlazione tra due sperimentatori, sono state valutate tutte le coppie possibili, sia tra esperti, che tra non esperti, che coppie miste.

	NON ESP.1	ESP.1	NON ESP.2	ESP.2
R ² ADJ	0,0651	-0,0178	0,0303	0,0685
R ²	0,0973	0,0173	0,0637	0,101
PENDENZA	0,11207	0,095982	0,095982	0,1825
INTERCETTA	7,5764	7,596	6,2709	6,1637
P-VALUE	0,0933	0,488	0,178	0,0877

Tab.VIII coefficienti statistici calcolati per le correlazioni tra punteggi delle saccadi assegnati dallo stesso sperimentatore, secondo i due test.

Lo stesso procedimento di confronto tra punteggi dati dallo stesso sperimentatore, focalizzato però sui punteggi assegnati alle performance dei movimenti saccadici, mostra come i coefficienti di determinazione siano estremamente bassi per tutti gli sperimentatori. Variano da 0,0173 a 0,101.

Anche i p-value indicano che nessuna correlazione è significativa a livello statistico. Questo risultato potrebbe indicare il fatto che i due sistemi di valutazione dei movimenti saccadici, secondo l'NSUCO e secondo H.e S., hanno delle differenze basilari di quesiti coinvolti talmente grandi da non essere confrontabili nei risultati.

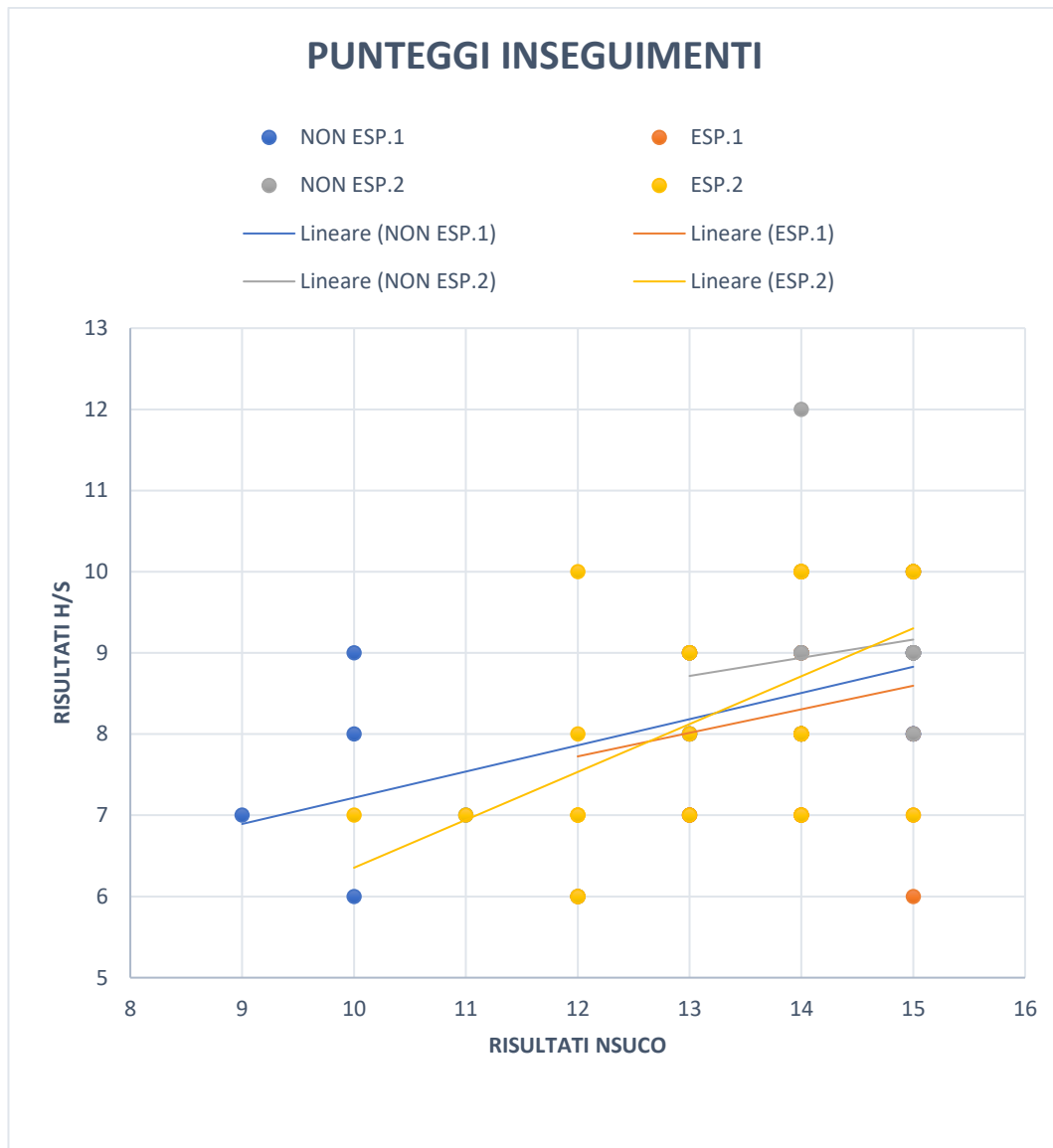


Fig.11 grafico che rappresenta le rette di regressione delle correlazioni tra i punteggi parziali del test NSUCO, riferiti agli inseguimenti e del test di H.eS. sugli inseguimenti, assegnati dagli sperimentatori. In particolare, gli sperimentatori esperti sono denominati “ESP.1” ed “ESP.2”, mentre i non esperti sono “NON ESP.1” e “NON ESP.2”. Ogni colore rappresenta la correlazione tra due sperimentatori, sono state valutate tutte le coppie possibili, sia tra esperti, che tra non esperti, che coppie miste.

	NON ESP.1	ESP.1	NON ESP.2	ESP.2
R ² ADJ	0,276	0,00673	0,0107	0,26
R ²	0,301	0,041	0,0448	0,286
PENDENZA	0,32261	0,29008	0,2239	0,5896
INTERCETTA	3,9899	4,2443	5,806	0,4579
P-VALUE	0,00169	0,283	0,262	0,0023

Tab.IX coefficienti statistici calcolati per le correlazioni tra punteggi assegnati ai movimenti d'inseguimento, secondo i due test, dallo stesso sperimentatore.

Il confronto tra punteggi riguardanti gli inseguimenti da dei risultati diversi dal confronto precedente: i dati rilevati da “NON ESP.1” ($R^2=0,301$; $p\text{-value}=0,00169$) e da “ESP.2” ($R^2=0,286$; $p\text{-value}=0,00233$) risultano statisticamente significativi, pur avendo una correlazione debole.

4.2. RISULTATI

I risultati delle correlazioni tra sperimentatori rendono evidente il fatto che non vi è nessuna correlazione forte, questo è reso noto dal coefficiente di determinazione, R^2 , che si aggira attorno a 0,45 come valore massimo.

Alcune delle correlazioni assumono comunque significatività statistica.

Al contrario di quanto si potrebbe pensare, le correlazioni più elevate si hanno tra esperti e non esperti, e non tra due esperti.

Questa caratteristica risponde, in parte, ad uno dei quesiti che sono stati posti all'inizio dello studio: anche uno sperimentatore “non esperto” può eseguire questi test oculomotori, assegnando dei punteggi riconducibili a quelli che assegnerebbe un esaminatore “esperto”.

5. SECONDA FASE

5.1. SCOPO

Per rivalutare le correlazioni basse che sono state ottenute, anche tra risultati dei due test dati da un solo sperimentatore, è stato pensato di valutare la coerenza interna dei test, per mezzo del coefficiente alfa di Cronbach. Il coefficiente alpha è un indice del grado in cui un test misura un singolo fattore. I test eterogenei che misurano più di un tratto, produrranno invariabilmente coefficienti alpha bassi. I test omogenei e monofattoriali tenderanno ad avere coefficienti alpha elevati. Per questa ragione, tale coefficiente è considerato un indice della coerenza interna di un test (Pedrabissi & Santinello, 1997).

Inoltre, sono state effettuate due rilevazioni dello stesso test, a distanza di tempo, in modo da valutare la correlazione tra i risultati del test e retest.

5.2. METODI E STRUMENTI

Sono stati, ovviamente, effettuati gli stessi test della prima fase: NSUCO oculomotor test e test oculomotorio basato sulla scala di valutazione di Heinsen and Schrock. Il campione di soggetti sottoposti ai test è equivalente al precedente a livello di caratteristiche, ma composto da altri individui. Le caratteristiche principali che accomunano i due campioni sono: età dei soggetti, compresa tra i 18 e 28 anni, l'occupazione principale dei soggetti (studenti e studentesse) ed il fatto che i soggetti non presentano patologie o condizioni che potrebbero alterare i presupposti per l'esecuzione dei test. I soggetti che, in questa fase, sono stati sottoposti ai test sono 22, di cui 8 maschi e 16 femmine. Questa volta è stato coinvolto solamente uno sperimentatore, che nella fase precedente è stato identificato con "ESP.2". La fase del retest è stata eseguita dopo minimo un paio d'ore, massimo una settimana, dalla fase del test, in questo modo l'esaminatore "ESP.2" non poteva essere influenzato dai punteggi appena assegnati.

5.3. ANALISI DEI DATI

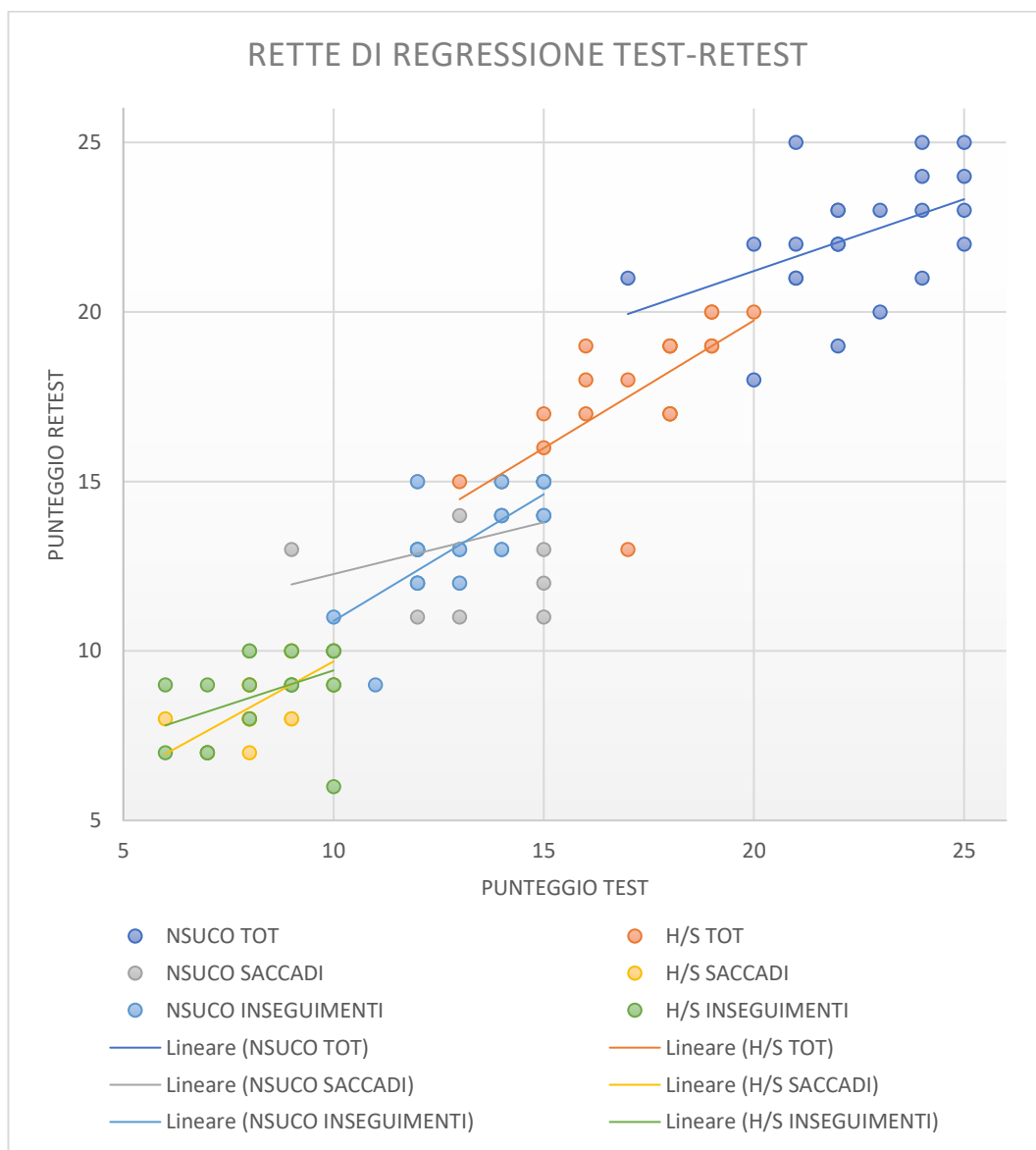


Fig.12 grafico che rappresenta le rette di regressione delle correlazioni tra test e retest di NSUCO oculomotor test e test di Heinsen e Schrock. Queste rilevazioni sono state effettuate da un solo sperimentatore: "ESP.2".

	NSUC O TOT	H/S TOT	SACCA DI NSUCO	SACCA DI H/S	INSEGUIMEN TI NSUCO	INSEGUIMEN TI H/S
R ² ADJ	0,179	0,498	0,071	0,447	0,52	0,155
R ²	0,218	0,522	0,115	0,473	0,543	0,195
PENDENZA	0,4232 2	0,7531 8	0,3052	0,6822	0,7472	0,40506
INTERCETT A	12,743	4,6847	9,2157	2,8686	3,4118	5,3751
P-VALUE	0,0286	0,0001 4	0,122	0,000401	<0,0001	0,0398

Tab.X coefficienti statistici calcolati per le correlazioni tra test e retest effettuato da uno sperimentatore.

Il confronto tra i punteggi parziali dell'NSUCO, riguardanti le saccadi, riporta una correlazione debole, statisticamente non significativa ($R^2=0,218$; $p\text{-value}=0,0286$).

Il confronto tra i punteggi dell'NSUCO assegnati al test e al retest evidenzia una correlazione debole, con dati statisticamente significativi ($R^2=0,218$; $p\text{-value}=0,0286$), come la correlazione tra le due somministrazioni del test degli inseguimenti di H. e S. ($R^2=0,195$; $p\text{-value}=0,0389$). In entrambi questi test la pendenza della retta di regressione risulta bassa, 0,42322 e 0,40506. Questo significa che c'è una mancata corrispondenza tra l'entità dei punteggi assegnati durante la prima somministrazione rispetto ai punteggi assegnati durante la seconda somministrazione, a parità di test, di soggetto e di condizioni di esecuzione.

I tre test che hanno dimostrato una correlazione migliore degli altri, seppure non così elevata sono: correlazione tra la somma dei punteggi dei test di H.e S. ($R^2=0,522$; $p\text{-value}=0,00014$; $pendenza=0,75318$), correlazione tra punteggi assegnati al test sulle saccadi di H.eS. ($R^2=0,473$; $p\text{-value}=0,000401$; $pendenza=0,6822$) e la correlazione tra punteggi parziali dell'NSUCO, riferiti ai movimenti di inseguimento ($R^2=0,543$; $p\text{-value}<0,001$; $pendenza=0,7472$). Soprattutto “H.S. tot” e “inseguimenti NSUCO” hanno un $R^2>0,5$; tenendo conto che $0<R^2<1$, il fatto che sia più vicino all'estremo maggiore che al minore, come

sono tutti gli altri R^2 calcolati precedentemente, ci indica la presenza di una correlazione media. Le pendenze relative ai tre confronti risultano più vicine al valore 1, rispetto a quelle analizzate prima, questo indica il fatto che c'è maggiore corrispondenza tra i punteggi assegnati nel corso delle due somministrazioni: i punteggi assegnati nel test e nel retest si assomigliano più di quelli assegnati in altri test, come per esempio nell'NSUCO (punteggio totale).

In fine è stato valutato l'indicatore alfa di Cronbach che, per mezzo di una serie di formule, va a valutare l'indice di correlazione media tra tutti gli items di un test. Per questa elaborazione sono sufficienti i punteggi assegnati al test singolo, ma avendo già due rilevazioni per ogni test, sono stati calcolati i coefficienti di C. per ogni ripetizione di ogni test, in modo da avere più valori possibili da esaminare. Questo indicatore statistico viene spesso utilizzato nei test psicometrici per misurarne l'attendibilità, ovvero per verificare la riproducibilità nel tempo, a parità di condizioni, dei risultati da essi forniti. In genere valori alti di attendibilità sono da considerarsi quelli che vanno da 0.70 in su (Gylem J.A. & Gylem; 2003). Di seguito sono riportati i valori ottenuti, nessuno dei quali evidenzia un'alta attendibilità del test a cui sono riferiti.

NSUCO 1 esecuzione ($\alpha=0,369807392$);

NSUCO 2 esecuzione ($\alpha=0,071347249$);

SACCADI NSUCO 1 esecuzione ($\alpha=0,22915601$);

SACCADI NSUCO 2 esecuzione ($\alpha=-0,108860759$);

INSEGUIMENTI NSUCO 1 esecuzione ($\alpha=0,229969419$);

INSEGUIMENTI NSUCO 2 esecuzione $\alpha= (0,266402379)$;

SACCADI H/S 1 esecuzione ($\alpha=0,11186$);

SACCADI H/S 2 esecuzione ($\alpha=0,13966$);

INSEGUIMENTI H/S 1 esecuzione ($\alpha=0,40322$);

INSEGUIMENTI H/S 2 esecuzione ($\alpha=0,416393$).

5.4. RISULTATI

Con l'esecuzione del test e retest è stato sottolineato il fatto che, in generale, vi è una correlazione debole tra i punteggi assegnati, nell'esecuzione di questi due test, da uno sperimentatore esperto.

Il calcolo dell'alfa di Cronbach è importante per quanto riguarda le valutazioni assegnate ad una sola tipologia di movimento oculare, qualunque essa sia.

Perché, una volta che si sommano i punteggi di due test che valutano caratteristiche diverse, il coefficiente alfa di Cronbach assume un valore basso, dato che esso dipende dalla media delle intercorrelazioni tra tutti gli items del test e dalla relazione di ogni item del test con il punteggio.

Infatti, il coefficiente alfa di C. calcolato per quanto riguarda i punteggi totali dell'NSUCO risulta molto basso, perché gli items dell'NSUCO non sono omogenei: un soggetto potrebbe avere dei deficit nei movimenti saccadici ma non negli inseguimenti e viceversa, questo fa sì che all'interno del punteggio totale dell'NSUCO vi sia un'eterogeneità di punteggi, che va ad abbassare il valore del coefficiente alpha.

La stessa riflessione va applicata al punteggio somma tra le valutazioni di H/S.

Mi aspetto un coefficiente di Cronbach elevato per i punteggi parziali di saccadi ed inseguimenti rilevati con l'NSUCO e dai punteggi di saccadi di H/S e di inseguimenti di H/S.

Purtroppo, nessuno di questi raggiunge un coefficiente pari o superiore a 0,7; nemmeno l'NSUCO che, essendo stato validato, dovrebbe avere coerenza interna.

6. DISCUSSIONE

Nel confronto tra risultati totali e parziali dell'NSUCO, assegnati da diversi sperimentatori, risulta esserci una correlazione più forte tra non esperti ed un esperto (NON ESP.1-ESP.2 e NON ESP.2-ESP.2) che tra i due esperti (ESP.1-ESP.2), in contraddizione con quanto ci si aspettava all'inizio dello studio.

Nel confronto tra punteggi totali del test valutato secondo H. e S. spicca una correlazione più forte, rispetto alle altre, tra i due sperimentatori esperti. Questo avviene nelle correlazioni tra punteggi totali di questo test e tra punteggi parziali, sia di saccadi che di inseguimenti, con significatività statistica. Come nel caso dell'NSUCO, vi è una certa correlazione anche tra i risultati di uno dei non esperti con uno degli esperti (sempre NON ESP.1 e ESP.2).

Questi risultati smentiscono l'ipotesi iniziale che degli sperimentatori "esperti" avrebbero fornito risultati più coerenti e quindi più attendibili. In generale, vi è una contraddizione tra i risultati ottenuti e ciò che dice la letteratura a riguardo: l'NSUCO, che è stato standardizzato, somministrato da parte di questi quattro sperimentatori, non ha fornito risultati coerenti, quindi è risultato essere un test non attendibile dato che tutte le correlazioni valutate sono considerate deboli.

Le correlazioni effettuate tra i risultati assegnati nei due test, da un solo sperimentatore, sono tutte deboli, alcune addirittura prive di significatività statistica. Questa valutazione mette in luce il fatto che i due test, vanno a valutare gli stessi movimenti oculari, ma con quesiti troppo differenti tra loro. Per questo i due test non si possono definire equivalenti: l'NSUCO misura caratteristiche differenti da quelle misurate dal test secondo H. e S.

Nella seconda fase di analisi, è stato effettuato un test-retest da parte di uno dei due "esperti" su un campione diverso di soggetti: seppur vi siano delle correlazioni tra risultati più forti delle precedenti, risultano comunque deboli a livello generale, quindi viene riconfermato il fatto che i due test non sono equivalenti.

Il calcolo del coefficiente alpha di Cronbach è stata la conferma finale di questa teoria che i test misurano caratteristiche troppo eterogenee, quindi sono privi di consistenza interna.

Purtroppo, è stato reso evidente il fatto che diverse persone che somministrano questi test, producono punteggi diversi, di conseguenza non vi può essere concordanza tra le eventuali diagnosi di diversi sperimentatori.

È stato riscontrato, confrontando le correlazioni, che non vi è molta differenza nella qualità dei risultati ottenuti da un esaminatore esperto rispetto ad un non esperto. Anzi, lo spirito critico e la minuziosa capacità di osservare dell'operatore "NON ESP.1" ha fatto sì che, in molte rilevazioni, i suoi dati fossero tra i più precisi ed accurati.

È emerso anche il fatto che i due test non forniscono le medesime informazioni riguardo le due tipologie di movimenti oculari indagati.

La mancanza di un cut-off e di soggetti patologici ha impedito la valutazione dell'accuratezza diagnostica dei test che avrebbe riconfermato, o smentito, ciò che è stato riportato fin ora.

Seppur il numero di soggetti sia stato sufficiente per un'analisi statistica, sicuramente un numero più elevato avrebbe aggiustato, in maniera fisiologica, alcuni risultati.

Per sviluppare ulteriormente questo studio e vedere fino in fondo quali risposte la statistica ci può fornire ai nostri quesiti, sarebbe interessante comprendere nel campione di soggetti anche qualche soggetto patologico, ovvero qualche individuo che per cause di varia natura, presenti dei deficit importanti nei movimenti oculari. Alcune patologie che potrebbero favorire ad avere delle performances con punteggi estremamente bassi potrebbero essere l'albinismo, glaucoma, emianopsia, deficit dell'attenzione specifici, paralisi ai muscoli extraoculari, dislessia, etc.

Avere un campione con performances molto varie potrebbe favorire il calcolo di un valore di cut-off, per mezzo della valutazione delle deviazioni standard in ambito di distribuzione gaussiana. Avendo un cut-off per ogni test e delle performance più varie di quelle registrate in questo studio, sarebbe possibile valutare anche

l'accuratezza diagnostica dei due test, per mezzo della costruzione di una serie di curve ROC (*Receiver Operating Characteristic*), applicate in ambito psicologico sin dalla metà del XX secolo (Green & Swets; 1974). La costruzione di queste particolari curve permette di definire quanto preciso è un test diagnostico nel riconoscere i malati da i non malati; questo metodo si basa sulla teoria di detezione del segnale. Per definire una di queste curve è necessario partire da un campione di soggetti, tra cui vi siano dei sani e dei malati (i malati devono aver già avuto diagnosi della malattia X), si procede somministrando il test diagnostico in esame a tutti i soggetti e, in seguito ad una serie di operazioni matematiche legate al calcolo probabilistico e alla distribuzione normale gaussiana, si trovano le coordinate dei punti della curva.

In base alle dimensioni dell'area sottesa dalla curva ROC ("*AUC*"), si decreta se un test è accurato o meno; più grande è l'area sottesa dalla curva, più elevata è l'accuratezza diagnostica del test (Bradley, 1997. Hanley & McNeil, 1982.).

7. CONCLUSIONE

I limiti di questo studio sono senza dubbio molteplici: il test basato sulle tabelle di valutazione di Heinsen and Schrock non è un test validato, la variabilità dei punteggi assegnabili è spesso molto limitata. Entrambi i test si propongono di valutare ogni aspetto per mezzo di punteggi numerici, ma alcuni risultano di natura più qualitativa che quantitativa, quindi risulta difficile dare una valutazione costante e sempre coerente. Inoltre, gli sperimentatori considerati “esperti” non hanno anni di esperienza alle spalle, per questo motivo sarebbe utile ripetere la rilevazione con degli optometristi provvisti di un’esperienza decennale alle spalle.

Con degli optometristi considerabili veramente esperti e dei soggetti patologici sarebbe possibile concludere lo studio, per mezzo del calcolo delle curve ROC, e capire se i risultati ottenuti siano causati dal fatto che i due test proposti siano poco attendibili, in contrasto con tutta la letteratura (Maples, 1995. Goyal & Pradhan; 2018) che riguarda soprattutto il test NSUCO, oppure se questi risultati siano stati viziati dai limiti sopra-citati.

8. BIBLIOGRAFIA

Alec M. Anson & Helen Davis; (2014) Supranuclear and Internuclear Disorders; in: Diagnosis and Management of Ocular Motility Disorders- Fourth edition; Blackwell; West Sussex, PO19 8SQ, UK; p 611.

Bahill A.T., Clark M.R. & Stark L. (1975) The main sequence: a tool for studying human eye movements. *Mathematical Biosciences* 24, 191–204.

Bossuyt PM. (2008) Interpreting diagnostic test accuracy studies. *Semin Hematol.* 45(3):189–195.

Bradley A.P., (1997). The use of the area under the ROC curve in the evaluation of machine learning algorithms. *Pattern Recogn.* 30 (7) 1145-1159.

D. M. Green & J. A. Swets. *Signal Detection Theory and Psychophysics* (Wiley, New York, (1966); reprinted with updated topical bibliographies by Krieger, New York, (1974), and Peninsula Publishing, Los Altos, CA, in press).

Dale, M.D. & Robert T. (1982). *Fundamentals of Ocular Motility and Strabismus*. New York: Grune and Stratton

Dyer, M.D., M.S., John A. & Lee, M.D., M.S. *Atlas of Extraocular Muscle Surgery*. New York: Praeger Publishers.

Fielder A. (1985) Neonatal eye movement: normal and abnormal. *British Orthoptic Journal* 42, 10–15.

Gylem J.A. & Gylem R.R. (2003) Calculating, interpreting and reporting Cronbach's alpha reliability coefficient for likert-type scales. Midwest research to practice conference in adult, continuing and community education; the Ohio state university, Columbus, OH.

Gogel, W. C., & Griffin, B. W. (1982). Spatial induction of illusory motion. *Perception*, 11, 187–199.

Gonzalez, Caleb. (1983). *Strabismus and Ocular Motility*. Baltimore: Williams and Wilkins Company.

Goyal A. & Pradhan P. (2018) An Objectively Used Device Designed to Measure Eye Movement. International Journal of Current Research and Review vol 10, issue 21.

Hanley J.A. & McNeil B.J., (1982). The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. Radiology 143, 29-36.

Helveston, Eugene M. (1985). Atlas of Strabismus Surgery. St. Louis: C.V. Mosby Company.

Land MF (2009) Vision, eye movements, and natural behavior. Visual Neuroscience 26: 51–62.

Maples WC & Ficklin T. A preliminary study of the oculomotor skills of learning-disabled gifted and normal children. J Col Optom Vis Dev, Dec 1989; 20:9-14.

Maples WC & Ficklin T. Comparison of eye movement skills between above average and below average readers. Journal of Behavioral Optometry, 1990; 4:87-91.

Maples WC & Ficklin T. Interrater and test-retest reliability of pursuits and saccades. J Am Optom Assoc, 1988; 59:549-552.

Maples WC.(1995). NSUCO oculomotor test. Santa Ana, CA: Optometric Extension Program.

Pedrabissi L. & Santinello M. (1997), “L’attendibilità” in I test psicologici, Il Mulino, Bologna. pp 160.

Reuter-Lorenz PA, Hughes HC, Fendrich R (1991) The reduction of saccadic latency by prior offset of the fixation point: an analysis of the gap effect. Perception & Psychophysics 49: 167–75.

Roucoux A., Culée C., Roucoux M. (1983) Development of fixation and pursuit eye movements in human infants. Behavioural Brain Research 10, 133–139.

Scheiman M., Wick B. (1994). “Diagnostic testing” in Clinical management of binocular vision. Quarta edizione pp.25-26.

9. APPENDICE A

TABELLE DI VALUTAZIONE

NSUCO:

Sesso: M F

Età:

Movimenti saccadici secondo H/S (matite):

Movimento della testa	3 - testa immobile	2 - movimenti inibiti	1 - movimenti non inibiti
Precisione	2 - ottima	1 - alcune imprecisioni	
Automaticità	2 - ottima	1 - ridotta	
Stabilità	2 - prestazioni costanti per almeno 10 sec	1 - prestazioni costanti per 10 sec	
Resistenza	1 - adeguata		

Inseguimento lento secondo H/S:

Regolarità/precisione	Movimento della testa	automaticità	Resistenza
3 - Regolari e nessuna perdita di fissazione	3 - nessuno	3 - normale	1 - adeguata per la durata di un minuto
2 - regolari con qualche perdita di fissazione	2 - tendenza al movimento ma può essere inibita	2 - ridotta	0 - inferiore ad un minuto
1 - a scosse ma con una buona fissazione	1 - movimenti lievi ma persistenti	1 - molto ridotta	
0 - a scosse con una scarsa fissazione	0 - movimenti marcati e persistenti	0 - assente	

ABILITA'	INSEGUIMENTI	1	Non compie mezzo giro nelle due direzioni
		2	Mezza rotazione nelle due direzioni
		3	Una rotazione nelle due direzioni
		4	Due rotazioni in solo una direzione
		5	Due rotazioni in ogni direzione
	SBALZI DI FISSAZIONE	1	Completa meno di 2 balzi
		2	2 balzi
		3	3 balzi
		4	4 balzi
		5	5 balzi
	PRECISIONE	1	Refissazioni > 10 volte
		2	Refissazioni da 5 a 10 volte
		3	Refissazioni da 3 a 4 volte
		4	Refissazioni minori di 2 volte
		5	Nessuna refissazione
	SBALZI DI FISSAZIONE	1	Imprecisione marcata 1 o più volte
		2	Imprecisione media 1 o più volte
		3	Imprecisioni lievi più del 50%
		4	Imprecisioni lievi meno del 50%
		5	Nessuna imprecisione
MOVIMENTI TESTA E CORPO		1	Partecipazione marcata della testa
		2	Movimenti moderati della testa (corpo)
		3	Partecipazione lieve >50% del tempo
		4	Partecipazione lieve <50% del tempo
		5	Nessuna partecipazione testa/corpo

MIRA PER ESECUZIONE TST SACCADI SECONDO H. e S.

Z Y X W V U T S R Q P O N M L K J I H G F E D C B A

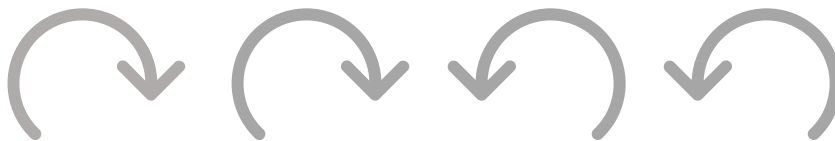
A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

ISTRUZIONI PER GLI SPERIMENTATORI ESECUZIONE DEI TEST

NSUCO OCULOMOTOR TEST: ci concentreremo sulla valutazione quantitativa di questo test, quindi per mezzo della registrazione di valori numerici i quali verranno poi elaborati matematicamente.

Il test viene eseguito con il soggetto in postura eretta, di fronte all'esaminatore, gambe leggermente divaricate. Non vengono date direttive specifiche. Le istruzioni da dare, nella fase di indagine sugli sbalzi di fissazione sono: "quando dico rosso, guarda la pallina rossa. Quando dico verde guarda la pallina verde, ricorda di non cambiare fino a quando te lo dico", per quanto riguarda gli inseguimenti: "osserva la pallina che si muove" Vengono impiegate due sfere di diametro 0.5 cm come mire di fissazione. I movimenti da eseguire con le sfere, attaccate a dei bastoncini lunghi circa 40 cm, sono dei movimenti rotatori nei due sensi, con diametro di 20 cm; gli sbalzi di fissazione vanno eseguiti nel meridiano orizzontale con 20 cm di ampiezza, centrati nella linea mediana. La distanza delle mire dal soggetto deve essere compresa tra la distanza di Harmon e 40 cm. Il test si esegue solamente in condizione binoculare.

MOVIMENTI DA EFFETTUARE PER LA VALUTAZIONE DEGLI INSEGUIMENTI: due rotazioni per ogni direzione con una sola mira (di solito io uso la pallina rossa).



Un soggetto presumibilmente sano (le nostre cavie) riuscirà a compiere 2 giri in entrambe le direzioni. Ma bisogna comunque porre molta attenzione che il movimento che compie sia sinuoso e privo di piccole (o grandi) refissazioni o imprecisioni. Gli occhi devono compiere un movimento più possibile simile al movimento compiuto dallo sperimentatore con la mira.

PER LA VALUTAZIONE DEI MOVIMENTI SACCADICI: dire di osservare la mira del colore corrispondente a quello detto da voi, “quando dico rosso guardi la pallina rossa, quando dico verde guardi la pallina verde”.

⚠ Porre molta attenzione ad anticipazioni e movimenti a scatti.



Valutazione:

ABILITA'	INSEGUIMENTI	1	Non compie mezzo giro nelle due direzioni
		2	Mezza rotazione nelle due direzioni
		3	Una rotazione nelle due direzioni
		4	Due rotazioni in solo una direzione
		5	Due rotazioni in ogni direzione
	SBALZI DI FISSAZIONE	1	Completa meno di 2 balzi
		2	2 balzi
		3	3 balzi
		4	4 balzi
		5	5 balzi
PRECISIONE	INSEGUIMENTI	1	Refissazioni > 10 volte
		2	Refissazioni da 5 a 10 volte
		3	Refissazioni da 3 a 4 volte
		4	Refissazioni minori di 2 volte

		5	Nessuna refissazione
	SBALZI DI FISSAZIONE	1	Imprecisione marcata 1 o più volte
		2	Imprecisione media 1 o più volte
		3	Imprecisioni lievi più del 50%
		4	Imprecisioni lievi meno del 50%
		5	Nessuna imprecisione
MOVIMENTI TESTA E CORPO		1	Partecipazione marcata della testa
		2	Movimenti moderati della testa (corpo)
		3	Partecipazione lieve >50% del tempo
		4	Partecipazione lieve <50% del tempo
		5	Nessuna partecipazione testa/corpo

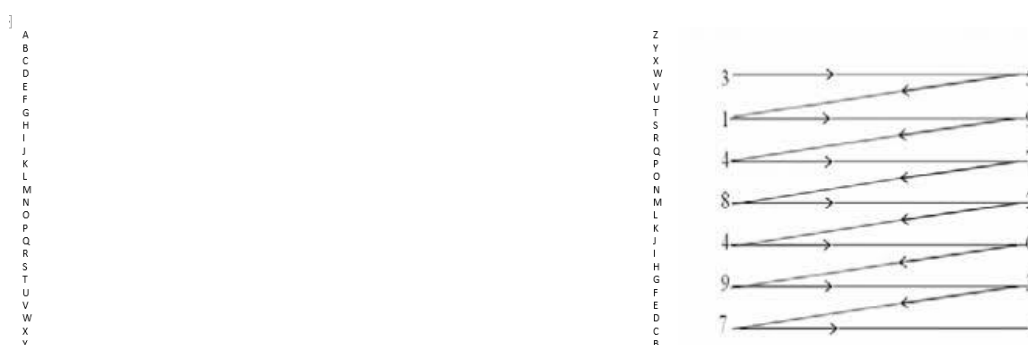
Tab.1 tabella di valutazione NSUCO oculomotor test.

TEST DI MOTILITA' OCULARE CON VALUTAZIONE SECONDO HEINSEN/SCHROCK:

TEST PER L'ANALISI DEI MOVIMENTI SACCADICI: l'analisi dei movimenti saccadici deve fornire indicazioni sull'abilità e sulla precisione con cui il soggetto sposta la fissazione da un punto all'altro del campo visivo. Noi possiamo utilizzare degli esami oggettivi e soggettivi;

per la valutazione dei movimenti saccadici ampi, uno dei test più semplici da utilizzare si basa sull'utilizzo di due mire d'ampiezza corrispondente a 2-3/10, tenute a 40 centimetri davanti al paziente, una a destra e l'altra a sinistra, ad una distanza di 25 cm tra di loro. L'operatore invita il soggetto a fissare alternativamente per una decina di volte, mentre valuta l'accuratezza dei movimenti saccadici così

evocati. Per questo esame sono molto indicate le “matite alfabetiche”, ossia matite su cui sono messe una serie di lettere corrispondenti a 2.5/10 circa. Per esprimere l’efficienza del sistema saccadico si utilizza la scala di valutazione di Heinsen/Schrock system: questo sistema considera un numero maggiore di parametri da valutare, ai quali viene assegnato un punteggio la cui somma può dare al massimo 10 punti (vedi tabella)



A sinistra, la mira che utilizzeremo. A destra, movimenti saccadici che il soggetto eseguirà, in assenza di deficit.

(noi non useremo le matite, sopracitate, ma semplicemente le lettere dell’alfabeto disposte in ordine verticale, a sinistra dall’alto al basso e a destra dal basso all’alto).

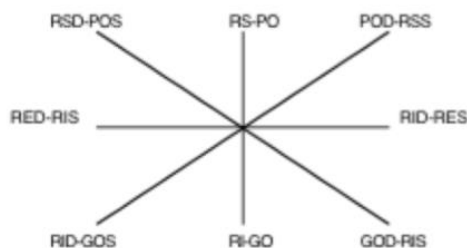
Movimento della testa	3 - testa immobile	2 – movimenti inibiti	1 – movimenti non inibiti
Precisione	2 - ottima	1 – alcune imprecisioni	
Automaticità	2 - ottima	1 - ridotta	
Stabilità	2 – prestazioni costanti per almeno 10 sec	1 – prestazioni costanti per 10 sec	
Resistenza	1 – adeguata		

Tab.2 tabella di valutazione dei movimenti saccadici secondi Heinsen/Schrock.

Il termine automaticità sta ad indicare l'abilità con cui il soggetto compie il test mentre gli è richiesto un compito cognitivo. Quest'ultimo deve essere adeguato all'età: dai 13 anni gli si chiede di contare da 100 a 1 ad intervalli di 3. Questo aspetto è molto importante perché la difficoltà a compiere delle saccadi automatizzate è tipica dei pazienti che hanno problemi di visualizzazione e che non riescono a concentrarsi su ciò che stanno leggendo.

TEST PER L'ANALISI DEI MOVIMENTI D'INSEGUIMENTO LENTO

I test per i movimenti d'inseguimento hanno lo scopo di valutare la precisione con cui gli occhi inseguono un oggetto in movimento. Si eseguono generalmente sia in visione monoculare (test delle duzioni) sia in visione binoculare (test delle versioni). Per l'analisi dei movimenti d'inseguimento possiamo utilizzare solo test che si basano sull'osservazione diretta dei pursuit evocati chiedendo al paziente di seguire un oggetto in movimento; la tecnica è sempre la solita, ma cambia il sistema di valutazione delle prestazioni. L'esame si svolge presentando una mira di fissazione relativamente piccola (2-3/10) ad una distanza di 40 cm; l'operatore invita il paziente a seguire la mira senza muovere la testa, quindi comincia a spostarla lentamente prima in direzione orizzontale, poi in verticale, quindi lungo le due diagonali e contemporaneamente osserva i movimenti d'inseguimento delle varie direzioni. La mira deve essere spostata lentamente in quanto, essendo i pursuit relativamente lenti, una velocità eccessiva provocherebbe una perdita della fissazione e di conseguenza i movimenti diventerebbero a scatti (ricorso a saccadi). La mira più indicata è la penna luminosa, in quanto i riflessi corneali che genera aiutano l'operatore nella valutazione dei movimenti. Una volta eseguito il test, l'operatore esprime la qualità dei pursuit ricorrendo alla stessa scala di valutazione utilizzate per i movimenti saccadici:



movimenti da effettuare con la mira. Io eseguo prima i movimenti in verticale e orizzontale e poi quelli in diagonale.

Heinsen/Schrock system, con questo sistema, a differenza del precedente, si calcola il punteggio valutando un numero maggiore di parametri dei pursuit: la regolarità, la precisione, i movimenti della testa durante l'esame, l'automaticità, la resistenza. A questi parametri viene assegnato un punteggio da 3 a 0, la cui somma può dare al massimo 10.

Regolarità/precisione	Movimento della testa	automaticità	Resistenza
3 - Regolari e nessuna perdita di fissazione	3 – nessuno	3 – normale	1 – adeguata per la durata di un minuto
2 – regolari con qualche perdita di fissazione	2 – tendenza al movimento ma può essere inibita	2 – ridotta	0 – inferiore ad un minuto
1 – a scosse ma con una buona fissazione	1 – movimenti lievi ma persistenti	1 – molto ridotta	
0 – a scosse con una scarsa fissazione	0 – movimenti marcati e persistenti	0 - assente	

Tab.3 tabella di valutazione dei movimenti d'inseguimento secondo Heinsen/Schrock.

N.B. importante rilevare età e sesso del soggetto. Chiedere se è dislessico o se presenta altri disturbi simili.