



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia Generale

Corso di laurea Triennale in Scienze Psicologiche Cognitive e Psicobiologiche

Tesi di laurea Triennale

**VIA MAGNOCELLULARE E LETTURA:
UN NUOVO TRAINING DI RICERCA VISIVA**

MAGNOCELLULAR PATHWAY AND READING:

NEW VISUAL SEARCH TRAINING

Relatore

Prof. Luca Battaglini

Laureanda: Giulia Fontana

Matricola: 2012367

Anno Accademico 2022/2023

INDICE

INTRODUZIONE.....	4
CAPITOLO 1	6
1.1 MODELLI DI LETTURA	6
1.2 LA TEORIA MAGNOCELLULARE	9
CAPITOLO 2	12
2.1 IPOTESI SPERIMENTALI	12
2.2 MATERIALI E METODI.....	14
2.2.1 PARTECIPANTI.....	14
2.2.2 MATERIALI.....	14
2.2.3 TEST E STIMOLI.....	14
2.3 RISULTATI	22
2.3.1 D PRIMO (d').....	22
2.3.2 CRITERIO (C)	23
2.3.3 TEMPO DI REAZIONE (RT).....	25
2.3.4 TEMPI DI LETTURA	26
2.3.5 ERRORI DI LETTURA	28
2.3.6 CORRELAZIONE TRA SCOLARITÀ E DIFFERENZA TRA I PRE E I POST TEST	29
2.4 DISCUSSIONE	30
BIBLIOGRAFIA	35
APPENDICE.....	40

INTRODUZIONE

La dislessia viene descritta nei manuali diagnostici (*Diagnostic and Statistical Manual of mental disorder (DSM-5)* e *International Classification of Diseases (ICD-10)*) come un disturbo specifico dell'apprendimento (DSA) che riguarda le capacità di lettura. Essa è presente nonostante la persona possa avere una adeguata intelligenza, accesso ad un'istruzione convenzionale, opportunità socioculturali nella norma e non siano presenti deficit sensoriali specifici (*American Psychiatric Association, 2013; Organizzazione Mondiale della Sanità, 2019*). La prevalenza del disturbo è stimata tra il 5 e il 17% a livello mondiale; in Italia si valuta abbia una prevalenza di circa il 3-4% della popolazione (Brizzolara, et al., 2007). Queste stime riguardano la fascia di popolazione compresa tra il secondo ciclo della scuola primaria e il termine della scuola secondaria di primo grado. La prevalenza di tale disturbo cambia in base alla regolarità della lingua (l'italiano risulta essere una lingua trasparente, ovvero vi è corrispondenza tra grafema e fonema, mentre l'inglese risulta essere una lingua opaca, dove questa regolarità non sussiste (Brizzolara, et al., 2007).

La presenza di difficoltà nella lettura è stata investigata per diverso tempo e molteplici sono i modelli che ne spiegano le plurime difficoltà riscontrate dai soggetti. Questi verranno descritti in seguito, focalizzando l'attenzione su modello che, secondo alcuni autori, risulta essere il più organico ed esplicativo delle diverse criticità riscontrate da una persona con dislessia: *la Teoria del Deficit Magnocellulare* (Stein, 2018).

La teoria magnocellulare si basa sul ruolo dei neuroni magnocellulari nella lettura: essi permettono di riconoscere le lettere rapidamente e spostare l'attenzione visuo-spaziale ove necessario durante la lettura. (Stein, 2019).

Dalla bibliografia presa in esame emerge che molto spesso i compiti in cui è necessaria l'attivazione e l'utilizzo delle vie neurali composte dalle cellule magnocellulari risultano essere molto difficili per i soggetti che soffrono di dislessia. (Nguyen, et al., 2021; Pammer & Wheatley, 2001; Stein, 2019). Inoltre, è stato riscontrato in uno studio longitudinale che l'attenzione visuo-spaziale in bambini prescolari è in grado di predire l'acquisizione di abilità di lettura nel periodo scolastico. Infatti, nel caso i bambini abbiano carenti capacità visuo-spaziali ci sarà maggiormente la probabilità di sviluppare criticità nella lettura (Franceschini, et al., 2012).

Proprio grazie a queste considerazioni sono nati diversi possibili allenamenti che hanno mostrato come esercitando le vie magnocellulari sia possibile ottenere dei miglioramenti nelle abilità di lettura. Franceschini, Bertoni, Ronconi, Molteni, Gori e Facoetti (2015) hanno ideato un allenamento basato sull'utilizzo degli *action video game* (AVG) che permette di migliorare le abilità di lettura nei bambini con dislessia acquisita nello sviluppo (*developmental dyslexia*, DD). Questi particolari *video game* sono costituiti da molteplici compiti di ricerca visiva in uno scenario complesso costituito da molti stimoli, tra i quali non sono presenti stimoli linguistici (Franceschini, et al., 2015).

Qian e Hong-Yan (2015) hanno utilizzato, invece, un compito di detezione della coerenza del movimento su bambini con DD di madrelingua cinese, ma il risultato si conferma sempre lo stesso: miglioramenti nelle abilità di lettura (Qian & Hong-Yan, 2015).

Il progetto sperimentale descritto in questo elaborato, basandosi sulla letteratura esistente, vuole indagare la possibilità di modificazione di abilità nella lettura, tramite un compito di ricerca visiva (permette l'allenamento delle capacità visuo-spaziali) nei soggetti normo-lettori. Oltre a ciò, si vuole indagare se gli stimoli dell'allenamento debbano avere peculiari caratteristiche per rendere tale compito maggiormente efficace. Precedenti studi hanno dimostrato come sia necessario un aumento della difficoltà crescente del compito per ottenere dei risultati (Bucci, 2021). Per questo motivo nello studio da noi effettuato vi sono tre diverse versioni che si differenziano principalmente per la loro difficoltà nel compito di ricerca visiva. Le abilità di lettura (accuratezza e velocità di lettura) sono state testate precedentemente e posteriormente all'allenamento per determinare eventuali variazioni significative. Ipotesi, obiettivi e risultati di questo progetto sperimentale verranno meglio descritti e analizzati in seguito.

CAPITOLO 1

1.1 MODELLI DI LETTURA

La lettura è un processo esecutivo molto complesso che permette di compiere una integrazione grafo-fonetica, ovvero di associare il segno grafico al suono specifico. Tale procedimento ha inizio dal registro sensoriale visivo che permette di codificare i tratti distintivi delle stringhe di testo per procedere con elaborazioni successive che coinvolgono la memoria a lungo termine e la decodifica semantica.

Il riconoscimento del tratto distintivo facilita la conversione grafema-fonema e viceversa, individuando la parola dalla sua struttura globale. I lettori non esperti hanno bisogno di mettere in atto il processo di lettura per stabilizzare l'informazione dei tratti distintivi del testo, senza questo processo la lettura non diventerebbe automatizzata. Questo risulta fondamentale in lingue trasparenti come l'italiano. (Cornoldi, 2019).

Vi sono diversi modelli interpretativi che spiegano come avviene effettivamente il processo di lettura e si focalizzano su parti diverse di esso, che risultano sostanziali l'uno per l'altro.

Uno dei modelli maggiormente accreditati in letteratura è quello di Coltheart (1978-1981): *il Modello a due Vie*. Questo modello comprende due vie, una procedura diretta, definita via lessicale, e una procedura indiretta, definita via fonologica. Nella via lessicale la parola scritta viene sottoposta ad una analisi visiva e ricercata nel lessico ortografico d'entrata dell'individuo, ovvero l'insieme di tutti i termini da lui conosciuti. In questo modo si può riconoscere immediatamente una parola immagazzinata precedentemente. In seguito, si accede al sistema semantico, permettendo una rappresentazione ortografica, per poter dare un significato alla parola. Quando la parola è stata riconosciuta, si può avere accesso al lessico fonologico di uscita, dove sono presenti tutte le rappresentazioni fonologiche possedute dall'individuo. Facendo poi affidamento al *buffer* fonologico, una specifica memoria di lavoro per la produzione orale, l'individuo sarà in grado di leggere la parola. Il lettore esperto utilizza principalmente questa via, qualora, invece, dovesse leggere una parola da lui non conosciuta, utilizza la via fonologica. Nella via fonologica, o indiretta, dopo l'analisi visiva e la segmentazione grafemica della parola, ovvero una scomposizione della parola nelle unità grammaticali più piccole possedenti un significato, si ha la conversione dei grafemi in fonemi frequentemente associati che verranno poi assemblati insieme e inviati al *buffer* fonologico. Viene definita indiretta perché non è

completa: per poter leggere le parole con un particolare accento o gli ideogrammi correttamente, serve una rappresentazione fonologica, presente nella via diretta grazie al lessico fonologico d'uscita.

Le difficoltà della lettura, secondo la proposta di Warrington e Shallice (1980), dipendono da che via viene principalmente compromessa ossia se le difficoltà avvengono durante l'analisi visiva della parola (dislessie periferiche) oppure nell'elaborazione successiva (dislessie centrali).

Secondo gli altri modelli presenti in letteratura, difficoltà della lettura sono dovute a specifici deficit. Secondo la teoria fonologica, il deficit fonologico è quello che può esistere anche in assenza di altri deficit, che verranno descritti in seguito, i quali possono comparire in persone che soffrono di dislessia, e che può essere ulteriormente aggravato da essi (Ramus, et. al., 2003). I problemi con la componente fonologica possono trovarsi nella rappresentazione, nella codifica e nel richiamo dei fonemi, ostacolando così una corretta acquisizione della decodifica della lingua scritta. A causa di tale problematicità spesso si producono errori di omissione e sostituzione di segmenti fonologici (parafasie fonemiche). Prendendo in considerazione questo aspetto, la problematica principale sembra essere solamente a livello fonologico e non semantico. A sostegno di tale teoria sono state scoperte basi neurologiche specifiche che si attivano durante il processo di lettura: l'area perisilviana dell'emisfero sinistro, permetterebbe la rappresentazione fonologica e la sua connessione con la rappresentazione grafemica (Galaburda, et al., 1985). In soggetti con difficoltà della lettura è stata trovata anche una riduzione della sostanza grigia nelle aree temporali dell'emisfero sinistro (Vinckenbosch, et al., 2005). Diversi studi, però, hanno dimostrato che non tutti i soggetti con deficit fonologici, soprattutto molto specifici, mostrano anche problematiche nella lettura. (Bishop & Adams, 1990) Inoltre, esso può essere considerato un *core deficit* in alcune specifiche lingue, soprattutto in quelle opache come l'inglese. (Brizzolara, et al., 2006)

Spesso associata alla teoria fonologica troviamo anche la teoria denominata del “*Doppio Deficit*”, secondo la quale in concomitanza con la problematica fonologica è presente anche una problematica nella denominazione rapida automatica (*Rapid Automatic Nomination*- RAN), considerata come un'altra competenza indipendente, tanto che i due deficit possono essere anche dissociabili tra loro (Brizzolara, et al., 2006).

Deficit fonologici possono derivare anche da problemi uditivi che risultano così essere causa primaria di una possibile problematica della lettura. (Marshall, et al., 2001). Questa teoria viene definita: “*The Rapid Auditory Processing Theory*”.

In letteratura vi è un'altra teoria esplicativa di possibili problematiche di lettura: la “*Teoria Cerebellare*” (Nicolson, et al., 2001), che nasce dalla considerazione di come soggetti che soffrono di tale disturbo a volte abbiano difficoltà motorie di coordinazione, problematiche nell'apprendimento di sequenze di azioni e complessità nella stima del tempo. Questo è stato riportato in diversi studi in cui soggetti dislessici avevano difficoltà motorie in diversi compiti. Inoltre, le rappresentazioni fonologiche e la conversione grafema-fonema possono essere intaccate da problematiche dell'articolazione della parola durante la sua emissione e da una difficoltà nell'automatizzazione (Nicolson, et al., 2001).

Nessuna di queste teorie, però, permette di spiegare le possibili difficoltà visive che possono caratterizzare persone con dislessia. Per meglio spiegare la causa di queste problematiche, si può far riferimento alla cosiddetta “*Teoria Visiva*” (Livingstone, et al. 1991). Le complessità che questi soggetti affrontano sono principalmente dovute a problematiche balistiche delle saccadi; movimenti rapidi di circa 150-200 ms che permettono di portare un particolare oggetto all'interno della zona centrale del campo visivo, la fovea, dove si ha maggiore acuità visiva. L'ampiezza delle saccadi è determinata dal sistema magnocellulare visivo (descritto nel paragrafo successivo). Oltre a ciò, ci possono essere deficit di fissazione (incapacità di costruire un'immagine stabile e unitaria grazie al susseguirsi di fissazioni dell'oggetto tra una saccade e l'altra) e di ampiezza dei movimenti di vergenza (incapacità di una corretta fissazione binoculare che permette di mantenere allineati gli elementi di un testo o possibili effetti di affollamento visivo (*crowding*)) (Eden, et al., 1996). Secondo alcune evidenze scientifiche le persone con difficoltà di lettura che hanno problemi oculomotori sono circa il 30- 40% (Biscaldi, et al., 2000). Questo numero potrebbe essere anche maggiore, >75% (Livingstone, et al., 1991). A causa di queste problematiche i soggetti sono incapaci di costruire un'immagine corretta, fissa e organica.

1.2 LA TEORIA MAGNOCELLULARE

La teoria visiva è stata però maggiormente integrata in una teoria più organica, che non solo spiega le problematiche oculomotorie (Teoria Visiva), ma anche possibili deficit a carico di altri registri sensoriali (Rapid Auditory Processing Theory) e le difficoltà dovute alla coordinazione motoria (Teoria Cerebellare), questo perché le loro rispettive basi biologiche ricevono una grande quantità di input dalle cellule magnocellulari (Stein, 2019). Essa viene denominata “*Teoria Magnocellulare*”, poiché si focalizza sulla via neurale visiva che comprende le cellule magnocellulari. Tale via parte dalle cellule gangliari della retina (quelle magnocellulari sono circa il 10%, ma ricevono impulsi da una vasta area), passa dal nucleo genicolato laterale del talamo (NGL) e proiettano allo stato 4Cα della corteccia visiva primaria (V1) nel lobo occipitale. Da questa zona, per una maggiore elaborazione visiva, l’informazione viene mandata in due diverse vie: la via dorsale (o via del “*dove*”, nella quale si elabora maggiormente la posizione dell’oggetto all’interno dello spazio in cui si trova) e la via ventrale (o via del “*cosa*”, dove i dettagli dell’immagine vengono elaborati nei minimi particolari). La via dorsale è dominata per il 90% da input magnocellulari e per il restante 10% da input parvocellulari e koniocellulari (due altre specifiche vie che permettono la codifica di dettagli fini dell’immagine e delle informazioni di opponenza dei colori). Questa proietta all’area temporale mediale (*medial temporal* - MT/V5), all’ area motoria, alla corteccia parietale posteriore e alla corteccia prefrontale. Questa via ha un ruolo fondamentale nel direzionare l’attenzione visuospatiale; più avanti si affronterà il suo fondamentale ruolo nei processi di lettura. I neuroni magnocellulari, invece, non hanno il dominio degli input nella via ventrale che permette l’analisi di attributi visivi diversi dal movimento, come forma e colore. Essa proietta all’area V4 della corteccia visiva, alla corteccia inferotemporale (IT) e nel giro fusiforme, in particolare nell’ area facciale fusiforme (*Fusiform Facial Area*- FFA) (Bear, et al., 2016; Stein, 2019).

Grazie ad evidenze scientifiche si pensa che la via magnocellulare possa giocare un ruolo decisivo nel processo di lettura: diversi studi hanno dimostrato che la risposta magnocellulare è minore nella retina e nel nucleo genicolato laterale nei soggetti dislessici (Pammer & Wheatley, 2001), mentre in altri in cui viene utilizzata la risonanza magnetica funzionale (*functional Magnetic Resonance Imaging*- fMRI) è stato trovato che individui con dislessia hanno connessioni strutturali ridotte tra il NGL sinistro e l’area temporale

mediale MT/V5, ma non ridotte tra NGL e corteccia visiva primaria. Ricordiamo che l'area MT/V5 risulta fortemente correlata con le capacità di denominazione, spesso deficitaria nei soggetti dislessici (Müller-Axt, et al., 2017).

Come prima descritto, la via dorsale dell'elaborazione visiva, maggiormente governata dai neuroni magnocellulari, termina anche nell'area parietale posteriore, necessaria per l'attenzione visuospatiale e il movimento oculare.

L'attenzione spesso, se non esplicitamente comandata da processi *top-down*, può essere catturata da un *primer*, ovvero uno stimolo iniziale, di cui spesso non siamo consci, che permette una facilitazione del focus attentivo, se la posizione dello stimolo è concorde con quello del *primer*. Si è visto, però, che, in soggetti con difficoltà nella lettura, questo effetto, denominato “*effetto priming*”, è molto spesso ridotto a causa delle problematiche alla via magnocellulare (Stein, 2018).

Oltre all'utilizzo del *primer*, un'altra possibile modalità per testare le abilità attentive è il paradigma sperimentale denominato *Visual Search*, dove abbiamo uno stimolo bersaglio con caratteristiche specifiche differenti da quelle dei distrattori tra cui si trova. Questo particolare stimolo può essere visto immediatamente, nel caso ci sia un effetto “*pop-out*”, poiché viene identificato tramite una ricerca parallela tra tutti gli stimoli. Oppure deve essere ricercato focalizzandosi attentamente sui diversi stimoli. La ricerca visiva utilizza principalmente la via visiva dorsale per esplorare lo spazio dove sono presenti gli stimoli, per cui le persone che hanno difficoltà di lettura a causa di anomalie alla via magnocellulare, risultano avere maggiore difficoltà in tale compito. (Stein, 2018). (Questo paradigma sperimentale verrà utilizzato nel seguente elaborato come allenamento stimolante la via magnocellulare in soggetti normo-lettori).

La via magnocellulare, comunque, non è importante solo se si considerano i deficit visivi delle persone con dislessia, ma può essere fondamentale sia nelle capacità motorie come il controllo visuomotorio in cui ha un ruolo estremamente importante anche il cervelletto (Stein, 2019), sia nelle capacità uditive dei soggetti, dalle quali dipendono fortemente le capacità fonologiche. Nel sistema di elaborazione uditiva, infatti, sono presenti particolari neuroni di grandi dimensioni che sono considerati come cellule “magnocellulari uditive” (Stein, 2019). Soggetti con dislessia risultano avere minore sensibilità alla modulazione di frequenza (FM) e di ampiezza (AM), che spesso predicono le loro abilità fonologiche. (Stein & McAnally, 1995). Questa problematica potrebbe essere determinata da un deficit

nei “neuroni magnocellulari uditivi”. Infatti, la scarsa sensibilità correla fortemente con quella magnocellulare visiva. (Witton, et al., 1998)

Nonostante diverse prove evidenti e la sua organicità, non sempre questa teoria viene considerata la più attendibile per descrivere le possibili cause delle difficoltà di lettura. Non sempre, infatti, i soggetti dislessici hanno problematicità nella visione. Inoltre, si è visto che molti bambini con anomalie magnocellulari non sempre sviluppano dislessia (Skoyles & Skottun, 2004). Un'altra critica a questa teoria si focalizza sul fatto che il deficit magnocellulare sia da considerare una conseguenza e non la causa di possibili problemi alla lettura. Questa causalità non è facile da identificare, poiché molti studi si focalizzano sulla presenza di una possibile correlazione tra le due. Tuttavia, alcuni studi mostrano che non c'è una relazione diretta di causa-effetto tra la mancanza di esperienza nella lettura e i deficit magnocellulari (Gori, et al., 2016)

In aggiunta, il ruolo del deficit magnocellulare può essere dimostrato grazie ad allenamenti specifici per l'esercizio delle vie visive coinvolte, i quali possono migliorare le capacità di lettura dei soggetti. Questo risultato è stato ottenuto in diverse lingue, sia scritte mediante grafemi (Franceschini, et al. 2015), sia tramite ideogrammi (Qian & Hong-Yan, 2015), sia in lingue semitiche (Chouke, et al., 2012).

Questo elaborato si propone di mostrare come alcune capacità di lettura, in particolare la velocità di lettura e l'accuratezza, possano migliorare in soggetti considerabili normo lettori se sottoposti a un allenamento specifico di ricerca visiva.

CAPITOLO 2

2.1 IPOTESI SPERIMENTALI

Dalla letteratura precedentemente riportata, si è potuto vedere come sia stretto il legame tra la lettura e la via magnocellulare, la quale gioca un ruolo importante non solo per quanto riguarda i movimenti oculari, ma anche nell'attenzione visuo-spaziale. In base a queste informazioni sono state sviluppate ipotesi e obiettivi per un nuovo allenamento sperimentale che verranno qui di seguito illustrati.

Si è visto come diversi allenamenti stimolanti la via magnocellulare, attraverso differenti disegni sperimentali e su campioni con madrelingua dissimile, possano avere un effetto sulle capacità di lettura. Per questo si è deciso di utilizzare un paradigma sperimentale di ricerca visiva attraverso il quale andare a stimolare la via magnocellulare.

Per permettere, però, un possibile effetto perdurabile nel tempo, si sono sottoposti i partecipanti ad un allenamento quotidiano per 9 giorni consecutivi. Questa pratica ripetuta potrebbe essere fondamentale per un apprendimento percettivo, ovvero un fenomeno che migliora in maniera notevole le prestazioni percettive, grazie ad una vera e propria azione funzionale o strutturale sulle connessioni corticali anche nell'adulto. (Lu, et al., 2011). Effetti sono stati visti in diversi registri sensoriali, come quello uditivo, visivo e somatosensoriale e per diversi compiti, come l'orientazione dello stimolo e la posizione di esso in quadranti strutturali specifici. (Karni & Sagi, 1991). Si è visto, inoltre, che questo processo di apprendimento può avvenire a livello retinico localizzato (Karni & Sagi, 1991).

L'apprendimento percettivo non risulta importante solamente per una migliore percezione sensoriale, ma può essere utilizzato anche per una possibile riabilitazione per peculiari forme di ipovisioni, come nel caso dell'emianopsia omonima laterale (Casco, et al., 2018), nell'ambliopia (Barollo, et al., 2017) e nella maculopatia (Maniglia, et al., 2016).

Il paradigma sperimentale da noi scelto costituisce un esempio di allenamento neurovisivo, ovvero un protocollo di allenamento che induce una possibile plasticità attività-dipendente nella corteccia visiva. La pratica prolungata permette di migliorare a lungo termine le prestazioni, che cambiano nel tempo anche in base alle condizioni sperimentali.

Quindi, obiettivo di questo elaborato è riportare se, tramite un allenamento specifico neurovisivo che permette un apprendimento percettivo, è possibile indurre dei miglioramenti nella abilità di lettura in soggetti normo-lettori tramite una attivazione della via magnocellulare.

In questo disegno sperimentale, inoltre, sono state scelte tre diverse difficoltà dell'allenamento per poter vedere quale grado di cambiamento possa apportare un minore o maggiore coinvolgimento dell'attenzione visuo-spaziale.

Una seconda ipotesi sperimentale riguarda, quindi, un possibile effetto specifico dell'allenamento percettivo nelle abilità di lettura, come conseguenza dell'esercizio minore o maggiore della abilità visuo-spaziali.

Le tre condizioni possibili si diversificano in base allo stimolo target da individuare all'interno dei distrattori (stimoli *Gabor patch*, tra i maggiormente utilizzati in questi allenamenti percettivi). La prima condizione, denominata "Orientazione", prevede una analisi parallela degli stimoli, grazie ad un effetto "*pop-out*" dello stimolo target. Questo comporta una minore difficoltà nel compito. La seconda condizione, denominata "Fase" è, invece, maggiormente difficile, perché prevede una analisi peculiare di ogni stimolo presente ai fini dell'individuazione dello stimolo target. La terza condizione, denominata "Configurazione", presenta una specifica configurazione di raggruppamento degli stimoli *Gabor* basati su stimoli ideati e utilizzati in studi precedenti (Szwed, et al., 2011) per controllare possibili differenze determinate da tale aspetto.

La scelta di soggetti normo-lettori è dettata dal fatto che questo progetto si propone come studio pilota utile per un possibile allenamento di sostegno per problematiche inerenti alla lettura e ai disturbi ad essa correlati.

2.2 MATERIALI E METODI

2.2.1 PARTECIPANTI

Per questa ricerca sono stati reclutati 56 normo-lettori, 37 donne ($\mu_F = 31,15$; $\sigma_F = 14,68$) e 19 uomini ($\mu_M = 40,5$; $\sigma_M = 19,56$), con acuità visiva nella norma o corretta tramite lenti specifiche, ove necessario. I partecipanti sono stati divisi in quattro gruppi da 14 partecipanti ognuno, determinati dalle tre condizioni presenti nel disegno sperimentale (gruppo 1 - “Orientazione”, gruppo 2 - “Fase” e gruppo 3 - “Configurazione”) e dal gruppo di controllo (gruppo 4).

Il progetto sperimentale, prima di essere attuato, è stato esaminato e approvato dal Comitato Etico della Ricerca Psicologica presso l’Università degli Studi di Padova (protocollo n. 4485); inoltre, si è svolto in conformità con quanto riportato all’interno della Dichiarazione di Helsinki. Precedentemente all’inizio di ogni sessione sperimentale è stato ottenuto, da ogni partecipante, il consenso informato alla partecipazione e al trattamento dei dati da parte degli sperimentatori.

2.2.2 MATERIALI

Gli strumenti utilizzati come prove di lettura, nella fase di pre e post test, fanno parte della batteria per la valutazione dei DSA, nello specifico quella per la valutazione della Dislessia e della Disortografia Evolutiva (DDE-2) (Sartori, et al., 1995, 2007), dalla quale sono state selezionate la prova 2 e la prova 3; inoltre, vi è una prova singola di decisione lessicale per la valutazione collettiva DLC (Caldarola, et al., 2012).

Il compito di ricerca visiva, invece, è stato somministrato grazie ad un apposito software, installabile tramite download sul computer personale del partecipante, attraverso la piattaforma Matlab Runtime R2017b (9.3).

2.2.3 TEST E STIMOLI

Le prove 2 e 3 del DDE-2, che sono state utilizzate nelle fasi di test e retest, sono entrambe approvate dall’Associazione Italiana Dislessia (AID) per la costituzione del protocollo diagnostico e il trattamento relativo ai disturbi di apprendimento. Nello specifico, esse si occupano di valutare il tempo e l’eventuale presenza di errori nella lettura di parole (prova 2) o di non parole, ovvero sillabe casuali accostate in maniera tale da non avere alcun significato semantico (prova 3), che il partecipante deve pronunciare il più velocemente possibile, cercando di mantenere il massimo grado di

accuratezza della lettura. In entrambe le prove, lo scopo finale è di analizzare la velocità e il grado di accuratezza della lettura del partecipante.

La prova DLC è composta da un elenco contenente parole e non parole distribuite in maniera casuale, ma di pari numero (60 parole e 60 non parole). Il compito del partecipante è leggere mentalmente la lista, segnalando le non parole. Questo test ha come scopo finale quello di determinare il tempo impiegato per la lettura mentale, le risposte corrette (riconoscimento di parole prive di significato), i falsi positivi (parole segnate erroneamente come non parole) e omissioni (dimenticanza di segnare le non parole). Considerando il frequente uso delle parole utilizzate nella prova, che non appartengono a nessun lessico specifico, la presenza di falsi positivi potrebbe essere data da una lettura scorretta della parola e non dalla mancata conoscenza del termine. Le parole presenti, inoltre, sono bilanciate secondo il numero di lettere, il numero di sillabe e di digrammi (sequenze di due grafemi che indentificano un unico fonema all'interno della lingua).

Il compito di ricerca visiva è realizzato tramite la presentazione di stimoli *Gabor Patch* (che verranno mostrati in seguito), ovvero reticoli sinusoidali di luminanza modulati con involuppi gaussiani.

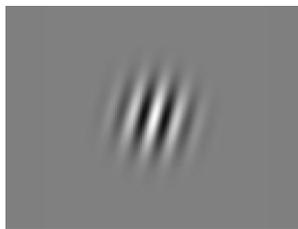


Figura (1): esempio di un generico stimolo Gabor

Vengono utilizzati in ambito di ricerca visiva in quanto sembra esserci un legame in ambito biologico tra funzioni elementari che li descrivono e processi di discriminazione che vengono messi in atto a livello neuronale nella corteccia visiva primaria. Per la creazione dello stimolo *Gabor Patch* usato in questa tesi viene utilizzata una specifica formula (Equazione 1, Eq. 1).

Eq. 1

$$G(x, y) = \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}x + \varphi\right) e^{\left(-\frac{x^2+y^2}{\sigma^2}\right)}$$

In essa troviamo gli elementi caratterizzanti dello stimolo: la lunghezza d'onda (λ), la fase (φ) e la deviazione standard (σ) della luminanza. X e Y si riferiscono, invece, alle coordinate nello spazio di riferimento.

2.2.4 PROCEDURA

L'esperimento è costituito da tre diverse fasi: nella prima lo sperimentatore sottopone il partecipante, in seguito alla firma del modulo di Consenso Informato, ad una prova di valutazione delle proprie capacità di lettura, somministrando le prove descritte nel paragrafo precedente. Come strumento di misura del tempo impiegato del partecipante nella lettura viene utilizzato un cronometro. Al contempo devono essere segnati eventuali errori di lettura, definendone la tipologia. Essa potrebbe riguardare l'aggiunta o sottrazione di lettere, lo scambio di lettere oppure la ripetizione di sillabe. Lo scopo di questa prima fase è quella di determinare il livello di partenza del partecipante. Questa è definita fase di "pre test"; essa risulterà uguale alla terza ed ultima parte, definita "post test".

In seguito alla fase di pre test, viene somministrato al partecipante uno dei compiti di ricerca visiva, attribuitogli in maniera randomizzata. Il compito, che deve essere eseguito quotidianamente per nove giorni consecutivi, è una attività di ricerca visiva nella quale si deve identificare uno stimolo bersaglio, che potrebbe essere presente o assente, all'interno dell'immagine proiettata sullo schermo del computer personale del partecipante. Oltre allo stimolo bersaglio, sono presenti anche stimoli distrattori, con caratteristiche macroscopiche simili a quelle dello stimolo bersaglio.

Le versioni somministrate ai partecipanti dell'allenamento sono 3 e si differenziano a seconda della complessità del compito, delle tempistiche richieste e della peculiarità dello stimolo da dover ricercare all'interno degli stimoli distrattori. Questi tre compiti sono stati denominati:

- 1) Compito Orientazione
- 2) Compito Fase
- 3) Compito Configurazione

1. *Compito Orientazione*

Questa versione è composta da stimoli *Gabor Patch* che possiedono una frequenza spaziale di 5 cicli per grado (cpd) e contrasto al 95%. Lo stimolo bersaglio che deve essere riconosciuto tra i distrattori in questo caso è lo stimolo che presenta una orientazione perpendicolare ad essi (Figura 2 e 3). La durata del compito è di ca. 30 minuti. Qui il partecipante compie una elaborazione simultanea delle caratteristiche di tutti gli elementi osservati. Questo determina che il tempo di reazione dell'esecuzione del compito sia il medesimo indipendentemente dal numero di distrattori presenti.

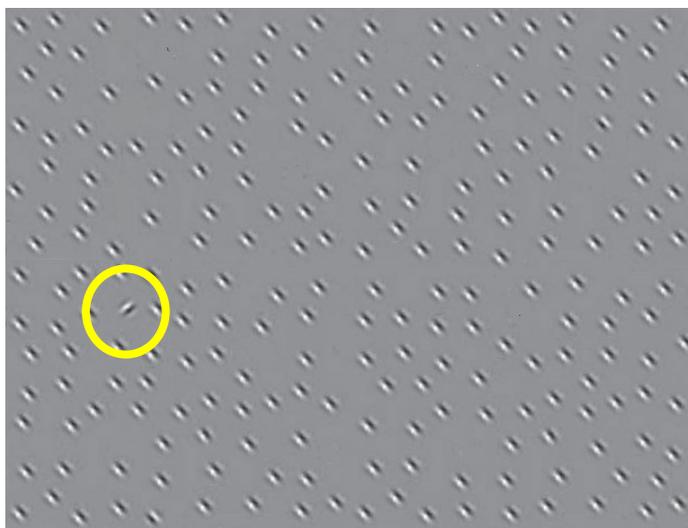


Figura (2): stimolo bersaglio della versione Orientazione in basso a sinistra a 45°

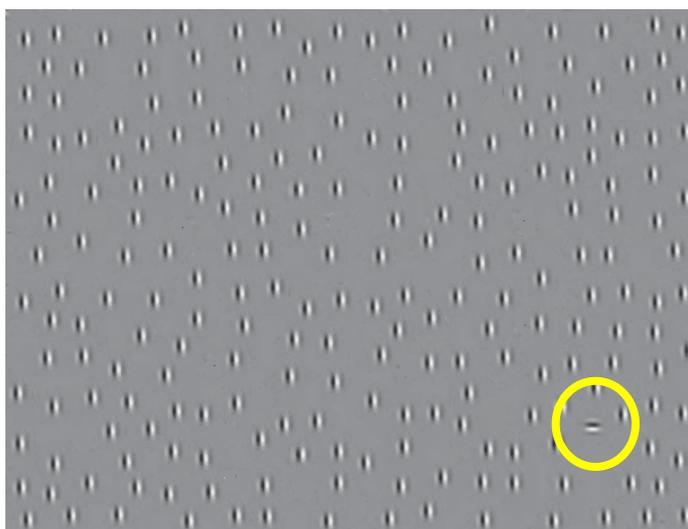


Figura (3): stimolo bersaglio della versione Orientazione in basso a destra orizzontale

2. *Compito Fase*

In questa versione ci sono stimoli *Gabor Patch*, con le medesime caratteristiche di quelli della versione precedente (5 cpd e contrasto al 95%), ma lo stimolo bersaglio si differenzia dagli stimoli distrattori perché è in fase opposta. Questo significa che lo stimolo Gabor ha un'inversione di bianco e nero (Figura 4 e 5).

Questa peculiarità da trovare rende il compito più complesso, poiché il riconoscimento dello stimolo bersaglio risulta essere più lento e difficile, dato anche dalla necessità di dover fare una elaborazione seriale, considerando singolarmente tramite un focus attentivo ogni elemento. Questo compito dura ca. 90 minuti.

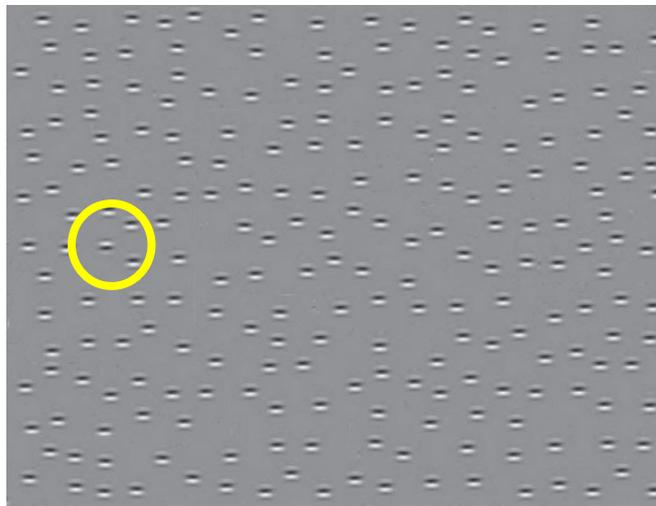


Figura (4): stimolo bersaglio della versione Fase centrale a sinistra orizzontale

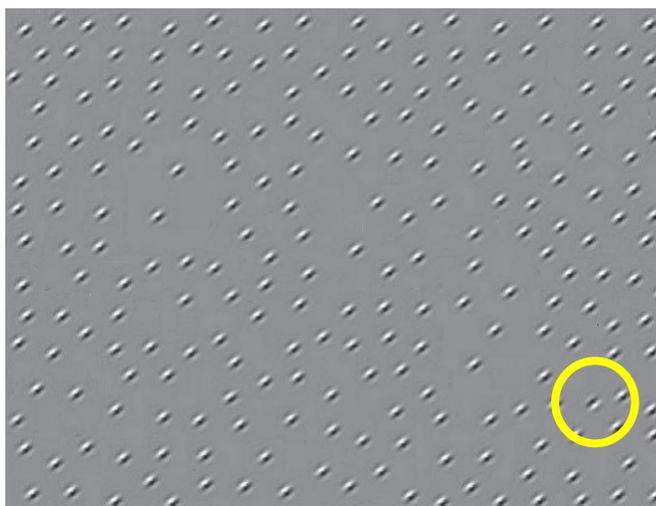


Figura (5) : stimolo bersaglio della versione Fase in basso a destra a 45 °

3. *Compito Configurazione*

Gli stimoli presenti in questa versione hanno una frequenza spaziale di 5 cpd e un contrasto del 95%, come quelli precedenti. Lo stimolo bersaglio è costituito da una serie di *Gabor Patch* che si distribuiscono in maniera circolare (Figura 6 e 7). Questo compito è stato scelto in quanto, secondo studi precedenti (Szwed, et al., 2011), il compito di integrazione del contorno sembra essere più difficoltoso in soggetti analfabeti, rispetto a soggetti alfabetizzati. Questo ha portato a ipotizzare un possibile legame tra le abilità di lettura e i meccanismi neurali coinvolti nell'integrazione di singole caratteristiche di un oggetto. Per cui questo compito vuole investigare il possibile effetto positivo sulla lettura, dovuto a un compito di ricerca visiva eseguito per un periodo di tempo, nel quale sia presente anche una attività di integrazione spaziale.

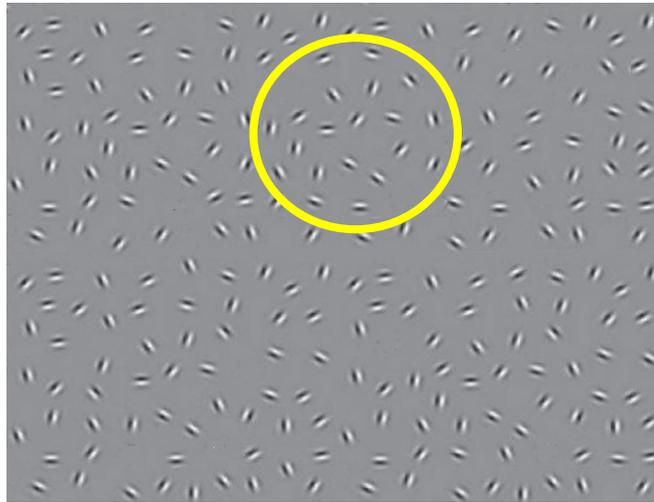


Figura (6): stimolo bersaglio della versione Configurazione in alto centrale

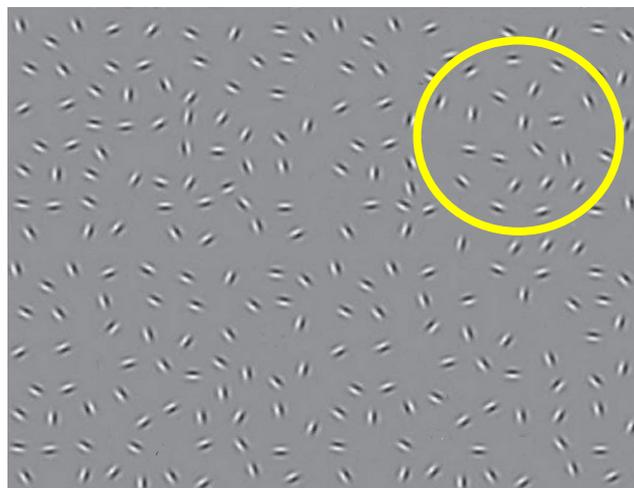


Figura (7): stimolo bersaglio della versione Configurazione in alto a destra

Prima dell'inizio dei nove giorni al partecipante vengono fornite le istruzioni necessarie per eseguire correttamente il compito.

Innanzitutto, è necessario scaricare il *software Matlab Runtime R2017b (9.3)*, fornito dallo sperimentatore, sul computer personale del partecipante. Una volta installato, si può aprire la cartella dell'esperimento, anche essa fornita dallo sperimentatore, e specifica per ogni condizione, che contiene le immagini necessarie che verranno mostrate durante il compito e gli *script* necessari per avviare il programma. Per iniziare il compito si deve selezionare l'icona specifica con il logo Matlab. A questo punto, si apre una finestra compilativa dove ogni partecipante deve inserire: un numero (nsub) affidatogli dallo sperimentatore, le iniziali di nome e cognome (subname), il genere (f/m) e l'età anagrafica. Questo procedimento deve essere compiuto ogni volta che viene svolto un blocco. I blocchi totali da svolgere al giorno sono 7, presentano tutti la stessa struttura generale e devono essere svolti l'uno di seguito all'altro. In ogni blocco vengono proiettate le immagini, presenti in ogni cartella, simili a quelle mostrate precedentemente, nelle quali il partecipante deve identificare lo stimolo bersaglio. Le immagini sono 144 nella cartella "Orientazione" e in quella "Fase", mentre nella cartella "Configurazione" sono 36 che si ripetono per ottenere 144 schermate durante ogni prova del compito, e solo in metà di esse è presente il *target*. In caso di presenza di tale stimolo il partecipante deve premere il tasto Z della tastiera, in caso contrario, se considera assente lo stimolo bersaglio, deve premere il tasto M. Ogni figura resta fissa per 10 secondi sullo schermo, entro i quali deve essere data una risposta. In caso di mancata risposta quella prova viene considerata una omissione di risposta.

Alla fine di ogni blocco al partecipante vengono restituiti tre diversi valori: la media dei tempi di reazione che egli ha avuto nel rispondere ad ogni prova (media_RT); la media dell'accuratezza (media_ACC) e le risposte non date. Il partecipante deve trascrivere per ogni blocco questi valori, che dovranno essere restituiti immediatamente o in un secondo momento allo sperimentatore.

Sperimentatore e partecipante concorderanno sulle modalità di invio di tali dati, se in forma cartacea o elettronica.

Inoltre, al termine del primo blocco eseguito, il programma crea in automatico un *file* testo (txt), che riassume i dati complessivi del partecipante. Ad ogni blocco vengono aggiunti nel medesimo *file* i dati ottenuti durante la prova. Questo deve essere

supervisionato dallo sperimentatore, per evitare la possibile perdita di dati necessari per l'analisi dell'andamento dell'allenamento. In essi sono presenti i dati anagrafici prima descritti, il tempo di reazione per ogni *trial*, il numero dell'immagine a cui si è risposto e se essa è una risposta corretta (1), non corretta (0) o una omissione di risposta (2). A fine dei 7 blocchi della giornata il *file* deve essere spostato dalla cartella iniziale dell'esperimento sul *Desktop* e poi rinominato, in modo da suddividere i dati giornalmente e facilitarne la successiva analisi dettagliata.

Nel decimo giorno il partecipante deve essere sottoposto alla terza fase del procedimento sperimentale che consiste nuovamente nella somministrazione dei test, ovvero le prove di lettura 2 e 3 della batteria DDE-2 di Sartori e colleghi (1995,2007) e la prova di decisione lessicale DLC di Caldarola e colleghi (2012). Questa fase, denominata post test, è necessaria per poter confrontare le prestazioni del partecipante prima e dopo l'allenamento in termini di tempi di esecuzione dei compiti di lettura e accuratezza (numero di errori). Ciò ha il fine di rilevare eventuali effetti significativi emersi nella capacità di lettura in seguito al compito di ricerca visiva.

I risultati verranno poi paragonati e confrontati con quelli di un gruppo di controllo (gruppo 4), il quale è stato sottoposto solamente ai test di lettura e di decisione lessicale in due giorni a distanza uguale a quella dei soggetti sottoposti al compito, senza alcuna possibilità di svolgere l'allenamento nel mentre.

2.3 RISULTATI

Nell'analisi di questi dati sono state utilizzate delle statistiche di tipo parametrico dato la loro maggiore potenza.

I gruppi sono stati identificati da un numero: il gruppo sottoposto alla condizione "Orientazione" viene identificato con il numero 1; il gruppo della condizione "Fase" con il numero 2; il gruppo della condizione "Configurazione" con il numero 3 e il gruppo di controllo con il numero 4.

Di tali gruppi sono state analizzate alcune statistiche, tra cui il D primo (d'), il criterio (C) e i tempi di reazione (*Reaction Time-RT*).

Inoltre, sono state fatte analisi iniziali per identificare possibili differenze tra gruppi e analisi specifiche per rilevare possibili effetti significativi tra il pre e il post test.

2.3.1 D PRIMO (d')

Il d primo è un indice che permette di identificare la difficoltà di discriminazione dello stimolo bersaglio dal rumore di fondo della figura. Viene calcolato compiendo una differenza tra le risposte corrette date (*hit*) e i falsi allarmi, ovvero risposte affermative del partecipante ma in cui non è presente lo stimolo; entrambi i valori devono essere trasformati in punti Z standardizzati per procedere al calcolo. Ci si può focalizzare su di esso per determinare se ci sia stato un apprendimento durante l'allenamento, il valore aumenta, oppure no. Per determinarlo si è condotta una ANOVA a misure ripetute dei soggetti nei diversi giorni (variabile entro i soggetti a 9 livelli) e differenziati tra i gruppi (variabile tra i soggetti a 3 livelli). L'ipotesi di sfericità dei dati è stata valutata tramite il test di Mauchly, in caso di significatività a tale test si è applicata la correzione di Greenhouse-Geissner.

Con tale test parametrico si è potuta rilevare una significatività, perché il p-value corretto (p_{corr}), tramite Bonferroni, risulta essere minore del *cut-off* di 0.05, nell'effetto dei giorni: $F_{(8,117.037)} = 8.833$, $p_{corr} < 0.001$, $\eta^2p = 0.185$. Con questo risultato possiamo affermare che ci sia effettivamente un miglioramento generale della performance durante il decorrere dei giorni.

Risulta significativo anche l'effetto della variabile gruppo: $F_{(2, 39)} = 174.202$, $p_{corr} < 0.001$, $\eta^2p = 0.899$. Grazie a tale risultato possiamo dire che almeno uno dei tre gruppi

presi in considerazione risultati diverso dagli altri.

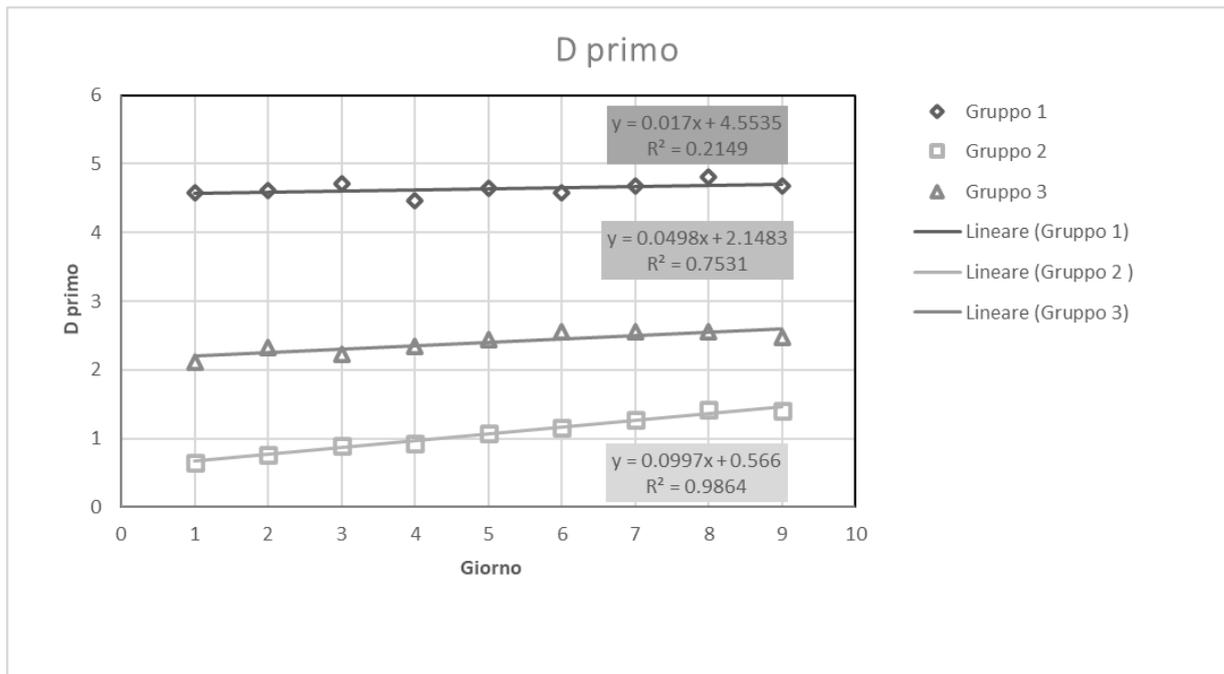


Figura (8): rette di progressione lineare indicanti il d primo al variare dei giorni nei diversi gruppi

Facendo un confronto a coppie, attraverso un t-test a due campioni con varianza dissimile, tra i diversi gruppi possiamo vedere che la differenza tra le medie risulta significativa sia tra il gruppo 1 (allenamento “Orientazione”) che il gruppo 2 (allenamento “Fase”); tra il gruppo 1 e il gruppo 3 (allenamento “Configurazione”) e tra il gruppo 2 e il gruppo 3.

Qui di seguito una tabella riassuntiva in cui vengono riportati i p-value ottenuti dal t-test appena descritto:

	Gruppo 2	Gruppo 3
Gruppo 1	<0.001	<0.001
Gruppo 2		<0.001

Non risulta significativa, invece, l’interazione della variabile giorno e della variabile gruppo, poiché il $p\text{-value} = 0.070$.

2.3.2 CRITERIO (C)

Il criterio, invece, identifica le modalità di risposta del partecipante; esso può essere positivo, quando il partecipante ha una modalità di risposta conservativa e afferma di vedere uno stimolo solamente quando è certo sia presente; oppure può essere negativo,

quando il partecipante risulta essere liberale, ovvero afferma di vedere lo stimolo anche se non è sicuro sia presente.

Tramite un'ANOVA a misure ripetute, in cui venivano considerati i diversi giorni (variabile entro i soggetti con 9 livelli) e i diversi gruppi (variabile tra i soggetti con 3 livelli), si è visto, applicando la correzione di Greenhouse-Geisser essendo il test di Mauchly significativo, che si trova un effetto significativo sia dei giorni, dove $F_{(8,113.953)} = 44.547, p_{corr} < 0.001, \eta^2p = 0.533$, sia dei gruppi, $F_{(8,39)} = 8.718, p_{corr} = 0.001, \eta^2p = 0.309$.

Compiendo un confronto a coppie, attraverso un t-test a due campioni con varianza dissimile, tra i diversi gruppi possiamo vedere che la differenza tra le medie risulta significativa tra il gruppo 1 (allenamento "Orientazione") e il gruppo 3 (allenamento "Configurazione") ($p\text{-value} = 0.023$) e tra il gruppo 2 (allenamento "Fase") e il gruppo 3 ($p\text{-value} = 0.001$). Non risulta tale, invece, tra il gruppo 1 e il gruppo 2 ($p\text{-value} = 0.647$).

Qui di seguito una tabella riassuntiva in cui vengono riportati i p-value ottenuti dal t-test appena descritto:

	Gruppo 2	Gruppo 3
<i>Gruppo 1</i>	0.647	0.023
<i>Gruppo 2</i>		0.001

Oltre a ciò, è presente anche un effetto significativo di interazione tra giorno e gruppo, dove il $p\text{-value} < 0.001$. Nell'appendice si possono trovare tabelle riassuntive del confronto a coppie della media del criterio tra i diversi giorni e tra il giorno ed il gruppo.

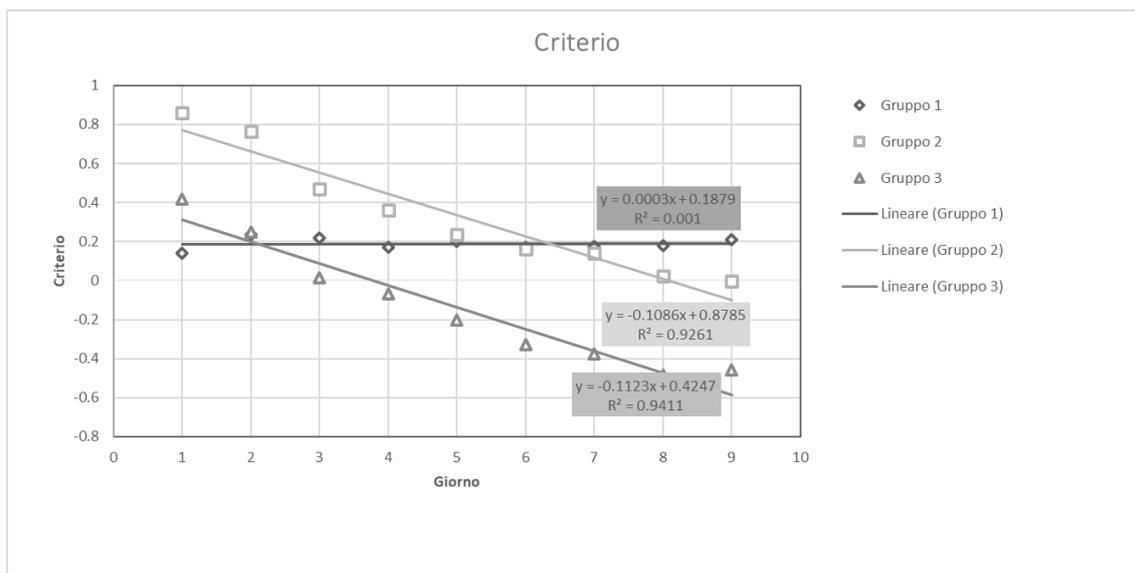


Figura (9): rette di regressione lineare del criterio al variare dei giorni nei diversi gruppi

2.3.3 TEMPO DI REAZIONE (RT)

Il tempo di reazione indica, invece, la tempistica con cui un partecipante risponde all'immagine che gli appare durante il compito ed è misurato in secondi.

Conducendo una ANOVA a misure ripetute dei soggetti, considerando i diversi giorni (variabile entro i soggetti a 9 livelli) e i differenti gruppi (3 livelli), si è potuto trovare un effetto significativo del fattore giorno: $F_{(8, 101.925)} = 21.401$, $p_{corr} < 0.001$, $\eta^2 p = 0.354$. Oltre a ciò, si è trovato anche un effetto significativo della variabile gruppo: $F_{(2, 39)} = 341.033$, $p_{corr} < 0.001$, $\eta^2 p = 0.897$.

Conducendo un confronto a coppie tra i diversi gruppi possiamo vedere che il *p-value*, ottenuto da un t-test a due campioni con varianza diversa, che permette di confrontare le medie tra i gruppi e determinare la loro differenza o meno, risulta essere significativo tra il gruppo 1 (allenamento "Orientazione") e il gruppo 2 (allenamento "Fase") e tra il gruppo 2 e il gruppo 3 (allenamento "Configurazione"). Non risulta significativo, invece, tra il gruppo 1 e il gruppo 3.

Qui di seguito una tabella riassuntiva in cui vengono riportati i *p-value* ottenuti dal t-test appena descritto:

	Gruppo 2	Gruppo 3
Gruppo 1	<0.001	0.081
Gruppo 2		<0.001

Inoltre, si è potuto riscontrare un effetto di interazione tra la variabile giorno e la variabile gruppo, dove il $p\text{-value} = <0.001$.

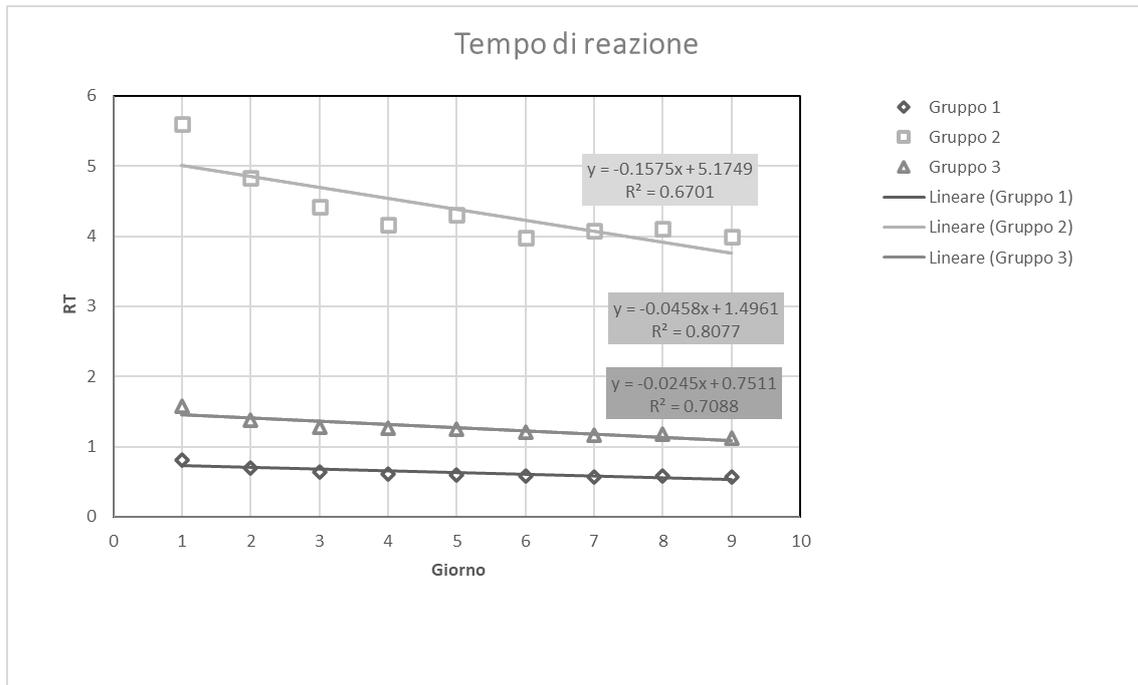


Figura (10): rette di regressione lineare dei tempi di reazione al variare dei giorni nei diversi gruppi

Nell'appendice si possono trovare tabelle riassuntive del confronto a coppie delle medie dei tempi di reazione tra i diversi giorni e tra il giorno ed il gruppo.

2.3.4 TEMPI DI LETTURA

Oltre all'analisi degli indici ottenuti durante l'allenamento, sono stati sottoposti a test statistici anche i dati ottenuti attraverso le prove somministrate nella fase di pre e post test.

Prima di analizzare eventuali cambiamenti tra queste due fasi, ci siamo concentrati sulle possibili diversità tra i gruppi in fase iniziale. Nonostante i partecipanti siano stati scelti in maniera randomica e assegnati ai diversi gruppi sempre con la stessa modalità, si è riscontrato, attraverso una ANOVA, un effetto significativo tra i gruppi nella prova 2 della batteria DDE-2: $F_{(3,52)} = 4.539$, $p_{corr} = 0.007$, $\eta^2 p = 0.208$. Attraverso un'analisi più approfondita tramite un t-test a due campioni privi di omoschedasticità si è potuto appurare che l'unica differenza significativa, applicando la correzione di Bonferroni, tra i gruppi era quella tra il gruppo 3 (allenamento "Configurazione") e il gruppo 4 (gruppo di controllo) ($p\text{-value} = 0.014$).

Allo stesso modo questo effetto significativo tra i gruppi è risultato presente anche nella prova 3 della batteria DDE-2: $F_{(3,52)} = 4.474$, $p_{corr} = 0.007$, $\eta^2p = 0.205$. Anche qui con analisi più approfondite tramite il medesimo t-test sopra utilizzato, è stato possibile appurare che l'unica differenza significativa, applicando la correzione di Bonferroni, era riscontrabile tra il gruppo 3 (allenamento "Configurazione") e il gruppo 4 (gruppo di controllo) ($p\text{-value} = 0.018$).

Nella prova DLC, invece, non è stato riscontrato alcun effetto significativo tra i gruppi: $F_{(3,52)} = 1.879$, $p_{corr} = 0.145$, $\eta^2p = 0.098$.

Dopo aver appurato questa differenza, sono stati analizzati i dati pre e post tramite una ANOVA a misure ripetute, considerando la differenza tra pre e post test (1 livello) come variabile entro i soggetti e i gruppi (4 livelli) come variabile tra i soggetti per quanto riguarda i dati della prova 2 della batteria DDE-2. Da questo test statistico è risultato significativo sia l'effetto della variabile giorno, sia quello della variabile gruppo, sia l'interazione tra le due.

L'effetto della variabile entro i gruppi risulta: $F_{(1,52)} = 28.668$, $p_{corr} < 0.001$, $\eta^2p = 0.355$; quello della variabile tra i gruppi: $F_{(3,52)} = 5.041$, $p_{corr} = 0.004$, $\eta^2p = 0.225$; mentre quello dell'interazione tra le due: $F_{(3,52)} = 5.881$, $p_{corr} = 0.002$, $\eta^2p = 0.253$.

Proseguendo con analisi post-hoc, attraverso un t-test, si è potuto osservare che tra il pre e post test solamente nei gruppi 2 e 3 la differenza delle medie dei dati ottenuti nelle stesse prove tra prima e dopo risultava significativa. Sia per il gruppo 2 (allenamento "Fase") che per il gruppo 3 (allenamento "Configurazione"), applicando la correzione di Bonferroni, il $p\text{-value} = <0.001$.

Conducendo una ANOVA a misure ripetute con variabile entro i soggetti la differenza tra pre e post test (1 livello) e la variabile tra i soggetti i diversi gruppi (4 livelli), utilizzando i dati della prova 3 della batteria DDE-2, si è potuto riscontrare un effetto significativo sia della variabile entro i gruppi: $F_{(1,52)} = 37.419$, $p_{corr} < 0.001$, $\eta^2p = 0.418$; sia della variabile tra i soggetti: $F_{(3,52)} = 3.696$, $p_{corr} = 0.017$, $\eta^2p = 0.176$; sia dell'interazione tra le due: $F_{(3,52)} = 2.797$, $p_{corr} = 0.049$, $\eta^2p = 0.139$.

Attraverso analisi post-hoc si è visto che, anche in questo caso, i gruppi in cui potevamo trovare una differenza significativa tra pre e post test, erano il 2 (allenamento "Fase") e il

3 (allenamento “Configurazione”). Per il gruppo 2 si è ottenuto: $t_{(13)} = 3.532$, $p_{corr} = 0.044$, $Cohen's d = 0.393$; per il gruppo 3: $t_{(13)} = 3.514$, $p_{corr} = 0.046$, $Cohen's d = 0.689$.

Per quanto riguarda il compito di decisione lessicale DLC si è riscontrato, attraverso una ANOVA a misure ripetute con le stesse variabili dalle precedenti, solamente un effetto significativo della variabile entro i gruppi: $F_{(1, 52)} = 24.730$, $p_{corr} = < 0.001$, $\eta^2 p = 0.322$. Non erano presenti, invece, effetto di interazioni tra le variabili ($p\text{-value} = 0.350$) ed effetto della variabile tra i gruppi ($p\text{-value} = 0.151$).

2.3.5 ERRORI DI LETTURA

Oltre all'analisi dei cambiamenti avvenuti tra il pre e il post test nei tempi di lettura, sono stati analizzati anche i possibili cambiamenti avvenuti negli errori che spesso si commettono durante il processo di lettura.

Nella prova 2 della batteria DDE-2 è stata condotta una ANOVA a misure ripetute dove venivano considerate, come variabile tra i soggetti, i diversi gruppi (4 livelli) e, come variabile entro i soggetti, la differenza tra i risultati del pre e del post test (1 livello). Grazie ad essa si è trovato, come unico effetto significativo, l'effetto della variabile entro i soggetti: $F_{(1, 52)} = 2.286$, $p_{corr} = 0.011$, $\eta^2 p = 0.117$. Il $p\text{-value}$ della variabile tra i soggetti ($p\text{-value} = 0.625$) e quello dell'interazione tra le due variabili ($p\text{-value} = 0.682$), non risultano minori del *cut-off* considerato ($\alpha = 0.05$).

Allo stesso modo, analizzando i risultati della prova 3 con il medesimo test statistico, si è potuto osservare solo un effetto della variabile entro i soggetti, ovvero la differenza pre-post test, dove risulta: $F_{(1, 52)} = 5.464$, $p_{corr} = 0.023$, $\eta^2 p = 0.095$. In questo caso, però, risulta significativo anche l'effetto della variabile tra i soggetti, ovvero i diversi gruppi: $F_{(3, 52)} = 4.101$, $p_{corr} = 0.011$, $\eta^2 p = 0.191$.

Non risulta significativo, invece, l'effetto di interazione tra queste due variabili ($p\text{-value} = 0.208$).

Per quanto riguarda l'ultima prova, invece, quella di decisione lessicale (DLC), conducendo sempre la stessa ANOVA applicata in precedenza con le medesime variabili, non sembra esserci alcun effetto significativo né della variabile entro i gruppi ($p\text{-value} = 0.414$), né della variabile tra i soggetti ($p\text{-value} = 0.053$), né della loro interazione ($p\text{-value} = 0.845$).

2.3.6 CORRELAZIONE TRA SCOLARITÀ E DIFFERENZA TRA I PRE E I POST TEST

In aggiunta alle analisi statistiche fino a qui condotte, si è voluto constatare se ci potesse essere una correlazione tra la scolarità dei soggetti e la differenza dei tempi o dell'accuratezza di lettura tra i pre e i post test. In questo elaborato verrà riportato il risultato di questo tipo di analisi solamente per i gruppi in cui la differenza delle medie dei dati ottenuti al pre test e al post test risulta significativa (gruppo 2 e 3).

Dall'analisi correlazionale nella prova 2 della batteria DDE-2 per quanto riguarda il cambiamento dei tempi di lettura, non risultano significative le correlazioni indagate né per il gruppo 2 (allenamento "Fase") ($p\text{-value} = 0.172$), né per il gruppo 3 (allenamento "Configurazione") ($p\text{-value} = 0.759$). Allo stesso modo risultano non significative anche le correlazioni prendendo in considerazione l'accuratezza della lettura. (Gruppo 2 ha $p\text{-value} = 0.214$, gruppo 3 ha $p\text{-value} = 0.571$).

Per quanto riguarda la prova 3 della batteria DDE-2, nessuna delle analisi correlazionali risulta significativa, né per i cambiamenti dei tempi di lettura (gruppo 2 ha $p\text{-value} = 0.740$ e gruppo 3 ha $p\text{-value} = 0.718$), né per i cambiamenti di errori (gruppo 2 ha $p\text{-value} = 0.504$ e gruppo 3 ha $p\text{-value} = 0.354$).

Infine, anche per quanto riguarda il compito di decisione lessicale (DLC), il risultato dell'analisi correlazionale non risulta essere significativo in nessuno dei 4 casi investigati. (Per il gruppo 2 nei tempi di lettura $p\text{-value} = 0.356$, negli errori $p\text{-value} = 0.800$; per il gruppo 3 nei tempi di lettura $p\text{-value} = 0.617$, negli errori $p\text{-value} = 0.264$).

2.4 DISCUSSIONE

Questo elaborato ha l'obiettivo di indagare un eventuale legame tra le abilità di lettura e il compito di ricerca visiva, il quale comporta un apprendimento percettivo. Cercando, inoltre, di verificare quale sia la condizione sperimentale che possa apportare un maggior beneficio alle abilità di lettura, grazie al possibile miglioramento delle abilità visuo-spaziali implicate nel compito specifico.

Prendendo in analisi i dati risultanti dall'allenamento stesso possiamo fare alcune considerazioni sull'apprendimento percettivo partendo dall'indice *d primo* e dai tempi di reazione. Innanzitutto, bisogna considerare che le tre condizioni possiedono difficoltà diverse e questo si può vedere dal fatto che la media del *d primo* nel compito "Fase" (gruppo 2) risulta essere molto bassa, al contrario degli altri due; quindi, risulta più difficile discernere lo stimolo dal rumore sottostante della figura. Inoltre, la media dei tempi di reazione nel gruppo "Fase" risulta essere molto più alta. Questo potrebbe essere attribuito al fatto che non sia sufficiente una analisi simultanea della figura, ma serva un coinvolgimento maggiore delle capacità visuo-spaziali per individuare lo stimolo. Grazie a questi indici si può affermare che il compito "Fase" risulta essere il più complesso, mentre quello "Orientazione" (gruppo 1) il più semplice; il compito "Configurazione" (gruppo 3) si colloca nel mezzo.

Dai risultati prima riportati si è visto che nell'indice *d primo* l'effetto della variabile entro i soggetti, denominata "Giorno", risulta essere significativo, per cui risulta presente un cambiamento durante il trascorrere dei giorni, dunque con l'allenamento, che porta i soggetti ad avere un indice sempre maggiore. Allo stesso tempo risulta significativo anche l'effetto della variabile tra i soggetti ("Gruppo"), per cui almeno uno di essi è significativamente diverso dagli altri. Questo probabilmente potrebbe essere il gruppo 2 (allenamento "Fase"), come descritto precedentemente.

Non risulta significativa, però, l'interazione Giorno x Gruppo per cui non possiamo affermare che sia rilevabile statisticamente un particolare gruppo che migliori maggiormente durante l'allenamento. Con analisi post-hoc, comunque, è stato possibile notare che quelli che sembrano migliorare maggiormente sono in primis il gruppo 2 (allenamento "Fase") e leggermente il gruppo 3 (allenamento "Configurazione") e questo potrebbe significare che sia necessario un compito abbastanza complesso per permettere

un sufficiente apprendimento percettivo (Figura 8), in maniera tale da allenare maggiormente le abilità visuo-spaziali.

In aggiunta, il gruppo 1 (allenamento “Orientazione”) sembra non avere un sufficiente apprendimento percettivo, ma il mancato innalzamento del d primo potrebbe anche essere dato dal fatto che sia presente un “effetto soffitto” (*ceiling effect*), ovvero che i partecipanti, essendo molto semplice il compito, abbiano raggiunto facilmente alti livelli di accuratezza.

Indice di apprendimento percettivo è anche, come specificato precedentemente, il tempo di reazione, che come descritto, risulta molto più alto nel gruppo 2 (allenamento “Fase”) dato la sua difficoltà. Risulta significativo l’effetto della variabile “Giorno”, per cui al variare dei giorni dell’allenamento è rilevabile una diminuzione significativa di esso, indice di miglioramento. Inoltre, risulta significativo anche l’effetto della variabile “Gruppo”, per cui è rilevabile almeno un gruppo statisticamente differente dagli altri.

In questo caso, invece, risulta significativo anche l’effetto dell’interazione Giorno x Gruppo, per cui è possibile rilevare un gruppo che migliora maggiormente al variare dei giorni. Dalle analisi post-hoc sembra essere il gruppo 2, il cui tempo di reazione cala maggiormente al trascorrere dei giorni (Figura 9).

Alla luce di questi dati possiamo evincere che l’allenamento che sembra avere risultati significativi per quanto riguarda l’apprendimento percettivo è il gruppo sottoposto alla condizione “Fase”, ovvero la condizione più complessa che permette di ottenere maggiori miglioramenti. In aggiunta non sembra necessario che lo stimolo target abbia una specifica configurazione, come sostenuto in alcuni studi (Szwed, et al., 2011), ma sembra che sia fondamentale la sua complessità per ottenere un apprendimento, senza la necessità di una integrazione di caratteristiche semplici.

Dai dati analizzati, inoltre, si sono ottenute informazioni su come fossero le modalità di risposta dei partecipanti e come esse cambino nel corso dell’allenamento grazie alle analisi del criterio di risposta. Si è visto la presenza di un effetto della variabile “Giorno” e della variabile “Gruppo”, per cui esso cambiava significativamente durante i nove giorni e vi è la presenza di almeno un gruppo maggiormente differente dagli altri. Ma vi era anche un effetto dell’interazione Giorno x Gruppo, indice del fatto che il cambiamento tra i diversi giorni di allenamento dipende da gruppo a gruppo. Si è visto che il gruppo 1 (allenamento “Orientazione”) tende a non cambiare la modalità di risposta, mentre il

gruppo 2 (allenamento “Fase”) tende a diminuire la sua conservatività. Il gruppo 3 (allenamento “Configurazione”), invece, da conservativo tende a diventare estremamente liberale (Figura 10).

Oltre ai dati ottenuti dall’analisi degli indici, si è voluto porre l’attenzione sulle analisi dei dati pre e post test a seconda della condizione a cui il partecipante è stato sottoposto per comprendere se questo compito, che possiamo assumere vada ad allenare il sistema magnocellulare, possa avere qualche esito sulle capacità di lettura, come conseguenza di beneficio delle abilità visuo-spaziali allenate durante il compito. Dalle analisi statistiche condotte sui tempi di lettura tramite ANOVA si è potuto vedere che nella prova 2 (lettura di parole) e nella prova 3 (lettura di non parole) della batteria DDE-2, sia presente un effetto della variabile entro i soggetti, denominata “Prepost”, ovvero il cambiamento tra i dati ottenuti al pre test e quelli ottenuti al post test, e un effetto della variabile “Gruppo”. Questo ci permette di affermare che sussiste effettivamente una differenza tra i dati ottenuti nelle due diverse fasi e che di essi almeno un gruppo sia maggiormente differente dagli altri. Risulta significativo anche l’effetto dell’interazione Prepost x Gruppo, per cui si evince che almeno un gruppo ha una performance diversa rispetto agli altri secondo la variabile “Prepost”. Con analisi post-hoc si è potuto individuare i gruppi in cui la media del pre test e la media del post test fosse significativamente diversa: i gruppi 2 (allenamento “Fase”) e 3 (allenamento “Configurazione”), ovvero quelli che richiedono maggiormente il contributo delle abilità visuo-spaziali. Il gruppo 1 (allenamento “Orientazione”) e il gruppo 4 (gruppo di controllo), invece, non risultano avere una differenza significativa delle medie. Il loro cambiamento potrebbe essere dovuto ad un “*effetto pratica*” dovuto alla familiarità con il test nel post test.

Prima di considerare i valori ottenuti dalle due diverse fasi di test, sono state compiute delle analisi specifiche per vedere se ci fosse qualche differenza iniziale all’interno dei diversi gruppi. Sono risultati significativamente differenti solo il gruppo 3 e 4 unicamente nelle prove 2 (lettura di parole) e 3 (lettura di non parole) della batteria DDE-2 per quanto riguarda i tempi di lettura. Questo potrebbe essere determinato solamente da una non corretta randomizzazione. Inoltre, possiamo affermare che la diversità dei gruppi nelle condizioni post allenamento percettivo non differiscono per diseguaglianza iniziale tra i gruppi, bensì per l’esercizio stesso, poiché le diversità che vediamo essere presenti si verificano tra gruppi non significativamente diversi tra loro nella condizione di pre test.

Grazie a queste specifiche informazioni rilevate dai test possiamo affermare che un allenamento percettivo specifico che stimola intensivamente le abilità visuo-spaziali può riportare dei miglioramenti nella velocità di lettura di soggetti normo-lettori.

Nel caso, invece, del test di decisione lessicale della prova DLC si è trovato un effetto solo della variabile “Prepost”, questo porta a considerare che ci possono essere diverse variabili in gioco, come l’*”effetto pratica”*. Simili risultati sono stati ottenuti anche analizzando gli errori compiuti dai partecipanti. In tutte e tre le prove osserviamo un effetto della variabile entro i soggetti (Prepost), ma non un effetto di quella tra i soggetti (Gruppo), tranne nella prova 3 (lettura di non parole) della batteria DDE-2, ma questo identifica solo che almeno un gruppo si differenzi maggiormente dagli altri. In nessuna delle tre prove troviamo, invece, un effetto dell’interazione Prepost x Gruppo.

Questo potrebbe essere anche determinato dal fatto che le prove scelte sono test standardizzati che possono risultare abbastanza facili per soggetti normo-lettori. Ma sono stati scelti questi test per rilevare anche possibili piccoli cambiamenti che potrebbero risultare maggiormente ragguardevoli per persone che possiedono difficoltà di lettura. Inoltre, ci si aspetta che ci possano essere anche trasferimenti nelle risposte dei partecipanti a test maggiormente complessi.

Infine, si è voluto valutare, nei gruppi in cui c’era una differenza effettiva tra il pre e il post test, se ci fosse qualche tipo di correlazione tra la scolarità dei partecipanti e i risultati ottenuti. Questo perché una minor scolarità potrebbe comportare un minor consolidamento della lettura e l’esercizio sarebbe potuto risultare più efficace. Tuttavia, nessuna delle analisi ha dato dei risultati significativi, per cui tale correlazione non è stata rilevata dai test statistici da noi utilizzati.

Alla luce di questi dati possiamo affermare che l’allenamento *home-based* proposto, in particolare quello in cui al partecipante viene chiesto un utilizzo maggiore delle abilità visuo-spaziali (allenamento “Fase”), sembra essere efficace nel diminuire i tempi di lettura in soggetti normo-lettori.

Va sottolineato che il presente progetto sperimentale utilizza un allenamento quotidiano *home-based* che potrebbe risultare di estrema comodità per i soggetti usufruenti. Da una ricerca bibliografica risulta che solamente un altro allenamento *home-based*, della durata di otto settimane, cinque giorni alla settimana per quindici minuti in cui i soggetti (11 bambini di madrelingua italiana con DD) venivano sottoposti a compiti di rapida

denominazione, *Stroop test* e allenamento di percezione del movimento e delle saccadi, abbia prodotto risultati sulle abilità di lettura. (Bucci, 2021).

I risultati da noi ottenuti sostengono il legame tra abilità visuo-spaziali e lettura, come consolidato dalla bibliografia presa in esame in questo elaborato. Il progetto sperimentale utilizza un compito di Ricerca Visiva, utilizzato in parte in un altro studio descritto precedentemente (Qian & Hong-Yan, 2015) per allenare la via magnocellulare, al posto di compiti di Detezione del movimento e compiti di *Visual tracking* (Chouake, et al., 2012; Qian & Hong-Yan, 2015), ma gli effetti ottenuti risultano concordi. Il ruolo dei neuroni magnocellulari, che permettono di allocare risorse al controllo dell'attenzione, risulta ancora una volta fondamentale per la lettura.

Va considerato, però, che in questo studio sono stati indagati solamente un numero limitato di partecipanti, servirebbe un campione più ampio per ridurre l'errore di campionamento e aumentare la potenza della stima dei valori dei parametri di interesse.

Inoltre, i partecipanti risultano essere nella totalità dei normo-lettori, quindi non aventi problematiche di lettura, probabilmente per questo i loro miglioramenti sono stati riscontrati solamente nei tempi di lettura e non in eventuali errori. Bisognerebbe, inoltre, confrontare i dati ottenuti in questo elaborato con gli *standard* della popolazione clinica. Per determinare la sua efficacia servirebbe condurre altri studi su un campione soggetto a difficoltà di lettura.

Tuttavia, i risultati ottenuti, mediante l'ideazione e lo sviluppo di ulteriori studi dedicati, potrebbero essere promettenti per possibili sbocchi in ambito clinico, se comprovato a livello di efficacia, nell'ordine di nuovi protocolli applicativi e riabilitativi inerenti ai disturbi della lettura.

BIBLIOGRAFIA

American Psychiatric Association (2013a). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition (DSM-5)*. Washington, D.C.: APA (trad. it.: *DSM-5. Manuale diagnostico e statistico dei disturbi mentali. Quinta edizione*. Milano: Raffaello Cortina, 2014).

Barollo, M., Contemori, G., Battaglini, L., Pavan, A., & Casco, C. (2017). Perceptual learning improves contrast sensitivity, visual acuity, and foveal crowding in amblyopia. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 35(5), pp. 483–496.

Bear, M.F., Connors, B. W. & Paradiso, M. A. (2016), *Neuroscience: exploring the Brain (4th ed.)* Wolters Kluwer. Pp.330-375.

Biscaldi, M., Fischer, B., & Hartnegg, K. (2000). Voluntary saccadic control in dyslexia. *Perception*, 29(5), pp. 509-521.

Bishop, D.V.M & Adams, C., (1990) A Prospective Study of the Relationship between Specific Language Impairment, Phonological Disorders and Reading Retardation. *Child Psychology & Psychiatry & Allied Disciplines*, 31(7), pp. 1027–1050.

Bobbio, A. (2021-2022) *Metodologia della ricerca psicosociale (insegnamento di)*. Corso di Scienze Psicologiche Sociali e del Lavoro. Università degli studi di Padova.

Brizzolara, D., Chilosi A., Cipriani, P., Di Filippo, G., Gasperini, F., Mazzotti, S., et al. (2006) Do Phonologic and Rapid Automated Naming Deficits Differentially Affect Dyslexic Children With and Without a History of Language Delay? A Study of Italian Dyslexic Children. *Cognitive and Behavioral Neurology*, 19 (3), pp. 141-149.

Brizzolara, D., Gasperini, F., & Mazzotti, S. (2007). Neuropsychological models in developmental dyslexia. *Neuropsich Età Evol.*, 27.

Bucci, M.P. (2021) Visual training could be useful for improving reading capabilities in dyslexia. *Applied neuropsychology: Child.*, 10(3), pp. 199-208.

- Caldarola, N., Perini, N., & Cornoldi, C. (2012). DLC: una prova di decisione lessicale per la valutazione collettiva delle abilità di lettura. *Dislessia, Edizioni Erickson-Trento*, 9(1), pp.89-104
- Campana G. (2022-2023). *Psicologia dei processi sensoriali (insegnamento di)*. Corso di Scienze psicologiche cognitive e psicobiologiche. Università degli Studi di Padova.
- Casco, C., Barollo, M., Contemori, G., & Battaglini, L. (2018). Neural Restoration Training improves visual functions and expands visual field of patients with homonymous visual field defects. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 36(2), pp. 275–291.
- Cornoldi, C., (2019) *I disturbi dell'apprendimento a cura di Cesare Cornoldi*. Bologna: Il Mulino.
- Chouke, T., Levy, T., Javitt, D.C. & Lavidor, M. (2012) Magnocellular training improves visual word recognition. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 14.
- Eden, G.F., VanMeter, J.W., Rumsey, J.M. & Zeffiro, T.A. (1996) The Visual Deficit Theory of Developmental Dyslexia. *Neuroimage*, 4(3), pp. 108-117.
- Franceschini, S., Bertoni, S., Ronconi, L., Molteni, M., Gori, S. & Facoetti, A. (2015) “Shall We Play a Game?”: Improving Reading Through Action Video Games in Developmental Dyslexia. *Curr Dev Disord Rep*, 2, pp. 318–329.
- Franceschini, S., Gori, S., Ruffino, M., Pedrolli, K., & Facoetti, A. (2012). A Causal Link between Visual Spatial Attention and Reading Acquisition. *Current Biology*, 22(9), pp. 814–819.
- Galaburda, AM., Sherman, GF., Rosen, GD., Aboitiz, F. & Geschwind, N. (1985) Developmental dyslexia: four consecutive patients with cortical anomalies. *Ann Neurol* 1985, 18: pp. 222-233.
- Karni, A & Sagi, D. (1991) Where practice makes perfect in texture discrimination: evidence for primary visual cortex plasticity. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 88, pp. 4966-4970.

Ladavas, E. & Berti, A. (1995). *Neuropsicologia* (4th ed., p. 190-194). Bologna: Il Mulino.

Livingstone, M., Rosen, G., Drislane, W. F. & Galaburda, A. M., (1991), Physiological and anatomical evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 88, pp. 7943-7947.

Lu, Z. L., Hua, T., Huang, C. B., Zhou, Y., & Doshier, B. A. (2011). Visual perceptual learning. *Neurobiology of Learning and Memory*, 95(2), pp. 145–151.

Lucangeli D. (2022-2023). *Valutazione delle difficoltà e dei disturbi specifici di apprendimento (insegnamento di)*. Corso di Scienze psicologiche dello sviluppo, della personalità delle relazioni interpersonali. Università degli Studi di Padova.

Maniglia, M., Pavan, A., Sato, G., Contemori, G., Montemurro, S., Battaglini, L., & Casco, C. (2016). Perceptual learning leads to long lasting visual improvement in patients with central vision loss. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 34(5), pp. 697–720.

Marshall, C. M., Snowling, M. J., & Bailey, P. J. (2001). Rapid auditory processing and phonological ability in normal readers and readers with dyslexia. *Journal of Speech, Language & Hearing Research*, 44 (4), pp. 925-940.

Müller-Axt, C., Anwander, A. & von Kriegstein, K. (2017). Altered Structural Connectivity of the Left Visual Thalamus in Developmental Dyslexia. *Curr. Biol.*, 27, pp. 1–7.

Nguyen, B. N., Kolbe, S. C., Verghese, A., Nearchou, C., McKendrick, A. M., Egan, G.F., & Vidyasagar, T. R. (2021). Visual search efficiency and functional visual cortical size in children with and without dyslexia. *Neuropsychologia*, 155, 107819.

Nicolson, R. I., Fawcett, A. J. & Dean, P. (2001) Developmental dyslexia: the cerebellar deficit hypothesis. *TRENDS in Neurosciences*, 24 (9), pp. 508-511.

Pammer, K. & Wheatley, C (2001) Isolating the M(y)-cell response in dyslexia using the spatial frequency doubling illusion. *Vis. Res.*, 41, pp. 2139–2148.

Qian, Y. & Hong-Yan, B. (2015) The effect of magnocellular-based visual-motor intervention on Chinese children with developmental dyslexia. *Frontiers in Psychology*, 6, 1529.

Ramus, F., Rosen, S., Dakin, S. C., Day, B. L., Castellote, J. M., White, S., et al. (2003). Theories of developmental dyslexia: insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain* 126, pp. 841–865

Regolin, L. & Begliomini, C (2021-2022) *Psicobiologia (insegnamento di) Corso di Scienze psicologiche cognitive e psicobiologiche*. Università degli Studi di Padova.

Sartori, G., Job, R., & Tressoldi, P. E. (1995, 2007). *DDE-2. Batteria per la valutazione della Dislessia e della Disortografia Evolutiva - 2*. Giunti Psychometrics.

Skoyles, J. & Skottun, B.C., (2004) On the prevalence of magnocellular deficits in the visual system of non-dyslexic individuals. *Brain and Language*, 88(1), pp. 79-82.

Stein, J. & McAnally, K. (1995) Auditory Temporal Processing in Developmental Dyslexics, *The Irish Journal of Psychology*, 16(3), pp. 220-228.

Stein, J., (2018) What is Developmental Dyslexia? *Brain Sciences*, 8 (2).

Stein, J., (2019) The current status of the magnocellular theory of developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, 130, pp. 66-77.

Szwed, M., Ventura, P., Querido, L., Cohen, L., & Dehaene, S. (2011). Reading acquisition enhances an early visual process of contour integration. *Developmental Science*, 15(1), pp. 139–149.

Vinckenbosch, E., Robichon, F. & Eliez, S., (2005) Gray matter alteration in dyslexia: converging evidence from volumetric and voxel-by-voxel MRI analyses. *Neuropsychol*, 43, pp. 324-331.

Witton, C.; Talcott, J.B.; Hansen, P.C.; Richardson, A.J.; Griffiths, T.D.; Rees, A.; Stein, J.F.; Green, G.G.R. (1998) Sensitivity to dynamic auditory and visual stimuli predicts nonword reading ability in both dyslexic and normal readers. *Curr. Biol.* 8, pp. 791–797.

World Health Organization (1992). *The ICD-10 Classification of Mental Disorders and Behavioral Disorders: Clinical Descriptions and Diagnostic Guidelines*. Geneva:

WHO (trad. it.: *ICD-10. Decima revisione della classificazione internazionale delle sindromi e dei disturbi psichici e comportamentali*. Milano: Masson, 1992)

APPENDICE

Tabella descrittiva dei p-value ottenuti dai confronti a coppie delle medie del criterio nei diversi giorni del gruppo 1:

	Giorno 1	Giorno 2	Giorno 3	Giorno 4	Giorno 5	Giorno 6	Giorno 7	Giorno 8	Giorno 9
<i>Giorno 1</i>		0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
<i>Giorno 2</i>			0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
<i>Giorno 3</i>				0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
<i>Giorno 4</i>					0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
<i>Giorno 5</i>						0.99	0.99	0.99	0.99
<i>Giorno 6</i>							0.99	0.99	0.99
<i>Giorno 7</i>								0.99	0.99
<i>Giorno 8</i>									0.99
<i>Giorno 9</i>									

Tabella descrittiva dei p-value ottenuti dai confronti a coppie delle medie del criterio nei diversi giorni del gruppo 2:

	Giorno 1	Giorno 2	Giorno 3	Giorno 4	Giorno 5	Giorno 6	Giorno 7	Giorno 8	Giorno 9
<i>Giorno 1</i>		0.99	< 0.001	<0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
<i>Giorno 2</i>			< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
<i>Giorno 3</i>				0.99	0.061	0.003	0.071	0.001	0.001
<i>Giorno 4</i>					0.152	0.025	0.395	0.007	0.007
<i>Giorno 5</i>						0.99	0.99	0.653	0.453
<i>Giorno 6</i>							0.99	0.637	0.245
<i>Giorno 7</i>								0.625	0.402
<i>Giorno 8</i>									0.99
<i>Giorno 9</i>									

Tabella descrittiva dei p-value ottenuti dai confronti a coppie delle medie del criterio nei diversi giorni del gruppo 3:

	Giorno 1	Giorno 2	Giorno 3	Giorno 4	Giorno 5	Giorno 6	Giorno 7	Giorno 8	Giorno 9
<i>Giorno 1</i>		0.174	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
<i>Giorno 2</i>			<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
<i>Giorno 3</i>				0.99	0.113	0.001	0.012	<0.001	0.001
<i>Giorno 4</i>					0.061	0.001	0.019	<0.001	0.002
<i>Giorno 5</i>						0.99	0.99	0.081	0.287
<i>Giorno 6</i>							0.99	0.284	0.99
<i>Giorno 7</i>								0.908	0.99
<i>Giorno 8</i>									0.99
<i>Giorno 9</i>									

Tabella descrittiva dei p-value ottenuti dai confronti a coppie delle medie del criterio nei diversi giorni tra i diversi gruppi:

<i>Giorno 1</i>		Gruppo 1	Gruppo 2
	Gruppo 2	<0.001	
	Gruppo 3	0.092	0.003
<i>Giorno 2</i>			
	Gruppo 2	0.003	
	Gruppo 3	0.99	0.004
<i>Giorno 3</i>			
	Gruppo 2	0.207	
	Gruppo 3	0.418	0.005
<i>Giorno 4</i>			
	Gruppo 2	0.561	
	Gruppo 3	0.296	0.013
<i>Giorno 5</i>			
	Gruppo 2	0.99	
	Gruppo 3	0.037	0.020
<i>Giorno 6</i>			
	Gruppo 2	0.99	
	Gruppo 3	0.001	0.001
<i>Giorno 7</i>			
	Gruppo 2	0.99	
	Gruppo 3	0.001	0.002
<i>Giorno 8</i>			
	Gruppo 2	0.789	
	Gruppo 3	<0.001	0.002
<i>Giorno 9</i>			
	Gruppo 2	0.320	
	Gruppo 3	<0.001	0.003

Tabella descrittiva dei p-value ottenuti dai confronti a coppie delle medie del tempo di reazione nei diversi giorni del gruppo 1:

	Giorno 1	Giorno 2	Giorno 3	Giorno 4	Giorno 5	Giorno 6	Giorno 7	Giorno 8	Giorno 9
<i>Giorno 1</i>		0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
<i>Giorno 2</i>			0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
<i>Giorno 3</i>				0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
<i>Giorno 4</i>					0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
<i>Giorno 5</i>						0.99	0.99	0.99	0.99
<i>Giorno 6</i>							0.99	0.99	0.99
<i>Giorno 7</i>								0.99	0.99
<i>Giorno 8</i>									0.99
<i>Giorno 9</i>									

Tabella descrittiva dei p-value ottenuti dai confronti a coppie delle medie del tempo di reazione nei diversi giorni del gruppo 2:

	Giorno 1	Giorno 2	Giorno 3	Giorno 4	Giorno 5	Giorno 6	Giorno 7	Giorno 8	Giorno 9
<i>Giorno 1</i>		< 0.001							
<i>Giorno 2</i>			0.016	< 0.001	0.083	< 0.001	0.005	0.010	0.001
<i>Giorno 3</i>				0.015	0.99	0.064	0.99	0.99	0.411
<i>Giorno 4</i>					0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
<i>Giorno 5</i>						<0.001	0.99	0.99	0.621
<i>Giorno 6</i>							0.99	0.99	0.99
<i>Giorno 7</i>								0.99	0.99
<i>Giorno 8</i>									0.472
<i>Giorno 9</i>									

Tabella descrittiva dei p-value ottenuti dai confronti a coppie delle medie del tempo di reazione nei diversi giorni del gruppo 3:

	Giorno 1	Giorno 2	Giorno 3	Giorno 4	Giorno 5	Giorno 6	Giorno 7	Giorno 8	Giorno 9
<i>Giorno 1</i>		0.99	0.497	0.227	0.99	0.380	0.491	0.701	0.358
<i>Giorno 2</i>			0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
<i>Giorno 3</i>				0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
<i>Giorno 4</i>					0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
<i>Giorno 5</i>						0.99	0.99	0.99	0.621
<i>Giorno 6</i>							0.99	0.99	0.99
<i>Giorno 7</i>								0.99	0.99
<i>Giorno 8</i>									0.99
<i>Giorno 9</i>									

Tabella descrittiva dei p-value ottenuti dai confronti a coppie delle medie del tempo di reazione nei diversi giorni tra i diversi gruppi:

<i>Giorno 1</i>		Gruppo 1	Gruppo 2
	Gruppo 2	<0.001	
	Gruppo 3	0.081	<0.001
<i>Giorno 2</i>			
	Gruppo 2	<0.001	
	Gruppo 3	0.238	<0.001
<i>Giorno 3</i>			
	Gruppo 2	<0.001	
	Gruppo 3	0.243	<0.001
<i>Giorno 4</i>			
	Gruppo 2	<0.001	
	Gruppo 3	0.181	<0.001
<i>Giorno 5</i>			
	Gruppo 2	<0.001	
	Gruppo 3	0.126	<0.001
<i>Giorno 6</i>			
	Gruppo 2	<0.001	
	Gruppo 3	0.063	<0.001
<i>Giorno 7</i>			
	Gruppo 2	<0.001	
	Gruppo 3	0.077	<0.001
<i>Giorno 8</i>			
	Gruppo 2	<0.001	
	Gruppo 3	0.048	<0.001
<i>Giorno 9</i>			
	Gruppo 2	<0.001	
	Gruppo 3	0.062	<0.001

PROVA 2

Istruzioni. Leggi a voce alta le seguenti liste di parole il più velocemente possibile senza fare errori.

Avvertenza. Le sigle corrispondono a: **a.a.:** alto valore d'immagine, alta frequenza; **a.b.:** alto valore d'immagine, bassa frequenza; **b.a.:** basso valore d'immagine, alta frequenza; **b.b.:** basso valore d'immagine, bassa frequenza.

<i>a.a.</i>	<i>a.b.</i>	<i>b.a.</i>	<i>b.b.</i>
uomo	lama	pena	fama
vino	sale	modo	ente
mano	nido	pace	fase
casa	lino	tipo	resa
pane	cero	arte	mito
palazzo	marginie	fortuna	dominio
ragazzo	formica	domanda	invidia
bambina	insetto	accordo	simbolo
mattina	verdure	ragione	azzardo
dottore	zingaro	esempio	manovra
acqua	uscio	sogno	scalo
occhio	chiodo	scelta	taglia
signora	scimmia	bisogno	globulo
campagna	chirurgo	consigli	sciagura
padre	corvo	volta	motto
testa	torta	amore	sfogo
mamma	lampo	forza	sfida
mondo	piume	pezzo	bando
letto	cesto	posto	tizio
finestra	castello	bellezza	amarezza
fratello	ostacolo	successo	denuncia
domenica	frattura	sorpresa	conforto
giornata	alimento	pensiero	prodezze
giornale	cassetto	autorità	distacco
bagno	vasca	segno	svago
foglia	giglio	voglia	veglia
scherzo	pugnale	rischio	schiera
famiglia	maglione	qualcosa	sciopero

PROVA 3

Istruzioni. Leggi a voce alta le seguenti nonparole (parole che non esistono nella lingua italiana).

Avvertenza. Informare il lettore che le parole non sono familiari e quindi non deve cercare il significato.

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
fosto	gnoba	docaro
prisi	cogiu	tapaci
tonca	gnaro	cinama
pusto	gnufo	reduve
stoso	sceto	vranoma
vorca	eglia	rodazza
serdo	chida	binamba
lanfo	rigli	diminio
dorta	rascenvo	arezzama
bepre	tagnidro	forconto
tazio	bachimio	canimedo
buolo	vugherzo	locostato
staro	vaglioma	tacipaca
trisi	caglisto	verdusape
pando	scimiaro	tambilina
tente	regnosto	sirbolone

25

Ora, fate attenzione, quando dirò «Via» iniziate a cercare le parole inventate.

- | | | |
|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> tartaruga | <input type="checkbox"/> fospinio | <input type="checkbox"/> tana |
| <input type="checkbox"/> bottollo | <input type="checkbox"/> ponte | <input type="checkbox"/> gatto |
| <input type="checkbox"/> pruta | <input type="checkbox"/> cirriana | <input type="checkbox"/> zacchira |
| <input type="checkbox"/> perritta | <input type="checkbox"/> sedia | <input type="checkbox"/> raia |
| <input type="checkbox"/> gabe | <input type="checkbox"/> farfalla | <input type="checkbox"/> giardino |
| <input type="checkbox"/> guno | <input type="checkbox"/> vetro | <input type="checkbox"/> drago |
| <input type="checkbox"/> prigionie | <input type="checkbox"/> vaso | <input type="checkbox"/> palestra |
| <input type="checkbox"/> garto | <input type="checkbox"/> neve | <input type="checkbox"/> bosi |
| <input type="checkbox"/> stannafe | <input type="checkbox"/> denca | <input type="checkbox"/> fopa |
| <input type="checkbox"/> vilpe | <input type="checkbox"/> elefante | <input type="checkbox"/> mendarna |
| <input type="checkbox"/> caramella | <input type="checkbox"/> compagno | <input type="checkbox"/> treno |
| <input type="checkbox"/> rongiullo | <input type="checkbox"/> panghilo | <input type="checkbox"/> fratello |
| <input type="checkbox"/> tuta | <input type="checkbox"/> tepro | <input type="checkbox"/> feccinta |
| <input type="checkbox"/> craspallo | <input type="checkbox"/> sepo | <input type="checkbox"/> revo |
| <input type="checkbox"/> sentiero | <input type="checkbox"/> arte | <input type="checkbox"/> diamasto |
| <input type="checkbox"/> stagione | <input type="checkbox"/> locestora | <input type="checkbox"/> rosca |
| <input type="checkbox"/> silenzio | <input type="checkbox"/> spada | <input type="checkbox"/> mela |
| <input type="checkbox"/> fema | <input type="checkbox"/> nonno | <input type="checkbox"/> praccola |
| <input type="checkbox"/> biglietto | <input type="checkbox"/> mestiere | <input type="checkbox"/> coniglio |
| <input type="checkbox"/> lana | <input type="checkbox"/> beco | <input type="checkbox"/> mermecca |
| <input type="checkbox"/> irzo | <input type="checkbox"/> prato | <input type="checkbox"/> finestra |
| <input type="checkbox"/> mano | <input type="checkbox"/> balo | <input type="checkbox"/> topo |
| <input type="checkbox"/> dabbiuro | <input type="checkbox"/> caspogna | <input type="checkbox"/> colpa |
| <input type="checkbox"/> corattene | <input type="checkbox"/> saffocco | <input type="checkbox"/> treselia |
| <input type="checkbox"/> bocca | <input type="checkbox"/> lato | <input type="checkbox"/> erga |
| <input type="checkbox"/> macca | <input type="checkbox"/> trincipa | <input type="checkbox"/> famiglia |
| <input type="checkbox"/> lepo | <input type="checkbox"/> comiporo | <input type="checkbox"/> fantasma |
| <input type="checkbox"/> gollenia | <input type="checkbox"/> chibo | <input type="checkbox"/> lepre |
| <input type="checkbox"/> fata | <input type="checkbox"/> ghiaccio | <input type="checkbox"/> mago |
| <input type="checkbox"/> cervello | <input type="checkbox"/> bicchiere | <input type="checkbox"/> mingo |
| <input type="checkbox"/> sinecchia | <input type="checkbox"/> gonna | <input type="checkbox"/> castello |
| <input type="checkbox"/> orpa | <input type="checkbox"/> noga | <input type="checkbox"/> moda |
| <input type="checkbox"/> tisca | <input type="checkbox"/> odore | <input type="checkbox"/> bilca |
| <input type="checkbox"/> quaderno | <input type="checkbox"/> prale | <input type="checkbox"/> torre |
| <input type="checkbox"/> modoglio | <input type="checkbox"/> carnevale | <input type="checkbox"/> innagane |
| <input type="checkbox"/> toliggia | <input type="checkbox"/> pelma | <input type="checkbox"/> parecilo |
| <input type="checkbox"/> luce | <input type="checkbox"/> ospedale | <input type="checkbox"/> lispo |
| <input type="checkbox"/> gita | <input type="checkbox"/> specchio | <input type="checkbox"/> mocchera |
| <input type="checkbox"/> problema | <input type="checkbox"/> spime | <input type="checkbox"/> serpente |
| <input type="checkbox"/> etisabio | <input type="checkbox"/> spiaggia | <input type="checkbox"/> coltello |