



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia Generale

Corso di Laurea Magistrale in
Neuroscienze e Riabilitazione Neuropsicologica

Tesi di Laurea Magistrale

APPRENDIMENTO PERCETTIVO E LETTURA:
EFFETTI DI UN NUOVO TRAINING DI RICERCA VISIVA

PERCEPTUAL LEARNING AND READING:
EFFECTS OF A NEW VISUAL SEARCH TRAINING

Relatore: Prof. Luca Battaglini

Laureanda: Chiara Borsati

Matricola: 2020021

Anno Accademico 2021/2022

*“[...] l’arte di comunicare i pensieri alla mente tramite gli occhi
è la grande invenzione del mondo. Grande, nel sorprendente
potere di analisi e combinazione che essa implica, nonché nella
sua accezione più semplice e generale; grande, molto grande.”*

ABRAHAM LINCOLN

(tratto dal libro “I neuroni della lettura” di Stanislas Dehaene)

INDICE

INTRODUZIONE	pag. 7
CAPITOLO 1	
IL SISTEMA VISIVO	pag. 11
Le vie visive dall'occhio alla corteccia cerebrale	pag. 11
Dalla retina al chiasma ottico	pag. 12
Dal chiasma ottico alla corteccia visiva primaria	pag. 13
La corteccia visiva primaria	pag. 14
Oltre la corteccia visiva striata	pag. 14
Le principali proiezioni della corteccia visiva: via dorsale e via ventrale	pag. 15
CAPITOLO 2	
PLASTICITÀ CEREBRALE, APPRENDIMENTO E VISIONE	pag. 17
La plasticità cerebrale	pag. 17
La plasticità strutturale e la plasticità funzionale	pag. 18
Apprendimento percettivo e training neurovisivi	pag. 19
Una specifica tipologia di allenamento neurovisivo: i training di ricerca visiva	pag. 20
CAPITOLO 3	
DALLA VISIONE ALLA LETTURA	pag. 23
Il sistema visivo e il disturbo specifico della lettura	pag. 24
Un'ipotesi visiva in relazione al disturbo specifico della lettura	pag. 26
Verso la proposta di un training neurovisivo per la lettura	pag. 28
CAPITOLO 4	
UN NUOVO TRAINING DI RICERCA VISIVA	pag. 31
1. Ipotesi sperimentali	pag. 31
2. Materiali e metodi	pag. 32
2.1. Partecipanti	pag. 32
2.2. Apparato strumentale	pag. 32

2.3. Test e stimoli	pag. 33
2.4. Procedura	pag. 34
3. Risultati	pag. 40
3.1. D primo	pag. 41
3.2. Criterio	pag. 44
3.3. Tempo di reazione	pag. 47
3.4. Risposte non date	pag. 49
3.5. Training di ricerca visiva e abilità di lettura	pag. 52
3.6. Anni di scolarità e prestazione in pre-test e post-test di lettura	pag. 57
4. Discussione	pag. 62
BIBLIOGRAFIA	pag. 69
APPENDICE	pag. 74

INTRODUZIONE

Il legame tra training neurovisivi che implicano un paradigma di tipo *visual search* (ricerca visiva) e abilità di lettura concerne un ambito di ricerca piuttosto recente e ancora in fase di sviluppo ed espansione. Tuttavia, il settore di interesse primario nonché il filo conduttore del presente elaborato deriva da un concetto che sembra ormai consolidato internamente alla letteratura scientifica di riferimento: il coinvolgimento delle abilità visuo-spaziali nel processo di lettura. Le funzioni visive e spaziali, infatti, rappresentano chiaramente contributi necessari e fondamentali in relazione alla capacità di leggere. Franceschini e colleghi (2012) hanno osservato, tramite uno studio longitudinale, come l'attenzione visuo-spaziale in bambini prescolari sia in grado di predire l'acquisizione delle abilità di lettura nel futuro periodo scolastico: migliori sono le capacità visuo-spaziali migliori saranno le abilità di lettura, mentre nel caso di carenti capacità visuo-spaziali emerge una maggior probabilità di sviluppare future difficoltà nel leggere (Franceschini, Gori, Ruffino, Pedrolli & Facoetti, 2012). La ricerca visiva rappresenta un processo profondamente ed intrinsecamente correlato alle abilità visuo-spaziali. Essa consiste nell'esplorare visivamente lo spazio al fine di riuscire ad individuare efficacemente ed efficientemente un elemento di specifico interesse. Il paradigma sperimentale nel quale essa si traduce, difatti, riesce perfettamente nell'intento di indagare i meccanismi di analisi del sistema visivo e dell'attenzione spaziale. Franceschini et al. (2012), nuovamente in tal proposito, dimostrano che futuri bambini "poor readers" (ovvero futuri lettori carenti) già in periodo prescolare presentano un'inefficiente ricerca visiva e un orientamento automatico dell'attenzione spaziale compromesso. Allo stesso modo Nguyen e colleghi (2021) mettono in luce, utilizzando proprio un compito di ricerca visiva, la presenza di deficit riguardanti l'attenzione visuo-spaziale in bambini con dislessia e quindi con scarse abilità di lettura, specialmente nel caso di un maggior numero di elementi distrattori presenti nel pattern di ricerca visiva (Nguyen, Kolbe, Verghese, Nearchou, McKendrick, Egan & Vidyasagar, 2021). In aggiunta anche Iles, Walsh e Richardson (2000) dimostrano come soggetti con dislessia presentino performance peggiori rispetto ad individui normo-lettori nell'esecuzione di compiti di ricerca visiva. In particolare tale studio evidenzia un determinante riferimento alla teoria magnocellulare della dislessia, secondo la quale sarebbero presenti delle anomalie caratteristiche del

disturbo specifico della lettura negli strati cosiddetti magnocellulari del nucleo genicolato laterale (NGL), una struttura fondamentale coinvolta nel processo visivo (Iles, Walsh & Richardson, 2000). In base a questa ipotesi, sembra possibile prevedere che soggetti con dislessia i quali mostrano deficit in compiti psicofisici di basso livello che implicano un chiaro coinvolgimento del sistema magnocellulare (ad esempio percezione del movimento coerente), possano riportare compromissioni anche in compiti visivi di livello superiore i quali, pur non basandosi direttamente su specifiche proprietà delle cellule presenti nel nucleo genicolato laterale magnocellulare, dipendono comunque dal funzionamento di aree cerebrali i cui input principali hanno origine nel nucleo genicolato laterale magnocellulare. In altre parole, i deficit magnocellulari potrebbero essere rintracciabili anche in fasi successive dell'elaborazione visiva. In riferimento a specifiche aree cerebrali che si pensa possano essere rilevanti rispetto a tale elaborazione di livello superiore, da esse sembra dipendere come funzione principale anche l'attenzione visuo-spaziale. È possibile quindi che i deficit magnocellulari si estendano fino a tali regioni comportando difficoltà specifiche anche in relazione alla ricerca visiva, mettendo in luce problemi di attenzione visuo-spaziale legati alla funzione di aree cerebrali che sono dominate da input originati nel nucleo genicolato laterale magnocellulare. È molto probabile pertanto, in accordo con i risultati di vari studi attualmente esistenti, un'importante relazione tra capacità visuo-spaziali e abilità di lettura. In una concezione ulteriormente avanzata Caldani, Gerard, Peyre e Bucci (2020) dimostrano l'efficacia di un training visuo-attentivo nel migliorare le abilità di lettura in bambini con dislessia evidenziando, nello specifico, un miglioramento significativo delle capacità oculomotorie con un minor tempo di fissazione e un aumento della velocità durante la lettura (Caldani, Gerard, Peyre & Bucci, 2020). I training neurovisivi rappresentano dei veri e propri allenamenti utili ad esercitare (e in tal modo quindi potenzialmente a migliorare) abilità visive e cerebrali tra loro strettamente connesse. Essi coinvolgono specificamente l'attivazione di neuroplasticità (ovvero tale caratteristica del cervello di essere passibile di modificazioni durante l'intero corso della vita) e apprendimento percettivo, vale a dire un miglioramento delle capacità percettive dovuto all'esperienza o - come in questo caso - all'allenamento, nell'ottica di un cambiamento che sia effettivamente in grado di mantenersi anche nel tempo. È possibile pertanto migliorare le abilità di lettura mediante un training di ricerca visiva, ovvero un allenamento che coinvolge fondamentalmente

capacità di tipologia visuo-spaziale? Il progetto sperimentale ideato e presentato all'interno di questa tesi nasce proprio con l'intento di indagare tale aspetto, ponendosi come obiettivo quello di verificare se determinati training di ricerca visiva abbiano un effetto nel modificare le abilità di lettura in soggetti normo-lettori. In questo senso l'ipotesi di partenza dettata dalla letteratura preesistente è apparentemente di facile intuizione, poiché sembrerebbe lecito attendere un preciso effetto di tali training ed esso sarebbe definibile come un miglioramento delle abilità di lettura conseguente ad un miglioramento delle abilità visuo-spaziali implicate nel compito di ricerca visiva. È interessante e di fondamentale rilevanza però considerare anche una distinzione tra diverse tipologie di training di ricerca visiva: ciascun tipo di allenamento è in grado di portare ad un miglioramento ed esattamente allo stesso livello oppure possono emergere delle differenze in questo tra distinte versioni di training? Il protocollo sperimentale proposto, proprio per questa motivazione, si basa su un classico paradigma di ricerca visiva costituito da stimoli Gabor patch (definibili come filtri o reticoli di distribuzioni di luminanza con differente frequenza ed orientamento oppure come reticoli sinusoidali di luminanza) e prevede 3 diverse versioni di tale compito. I paradigmi di ricerca visiva tipicamente consistono nello stabilire la presenza o meno di un particolare e determinato stimolo, definito stimolo "target" o "bersaglio", il quale deve quindi essere potenzialmente individuato mentre viene presentato all'interno di un gruppo di altri stimoli non rilevanti, chiamati stimoli "distrattori". Le 3 diverse versioni del training proposte, più in dettaglio, si differenziano per le caratteristiche proprie degli stimoli presentati e per la tipologia dello stimolo target da individuare, aspetto che modula consistentemente il livello di difficoltà di esecuzione del compito stesso di ricerca visiva. Le abilità di lettura prese in considerazione corrispondono a velocità ed accuratezza, le quali sono valutate e confrontate tramite un pre-test ed un post-test di lettura svolti rispettivamente prima dell'inizio e dopo la fine del training, in modo tale da rilevare efficacemente eventuali variazioni significative. In seguito, attraverso il presente elaborato, saranno meglio illustrati obiettivi e risultati di questo studio sperimentale con uno sguardo particolare ai cambiamenti indotti da tali training di ricerca visiva.

IL SISTEMA VISIVO

La funzione visiva, come facilmente intuibile, risulta essere di fondamentale importanza in relazione alla normale capacità di leggere. La visione rappresenta senza dubbio il sistema sensoriale più rilevante in assoluto per l'essere umano nonché il senso che viene quindi maggiormente utilizzato. La vista permette infatti all'uomo di orientarsi nell'ambiente esterno, esplorandolo ed estraendo da esso numerose ed essenziali informazioni sulla realtà che lo circonda. Il sistema visivo è un sistema complesso e di cruciale importanza, ovvero un sistema di elaborazione specializzato il quale risulta essere strettamente correlato al sistema nervoso. Esso non registra semplicemente i segnali luminosi provenienti dall'ambiente bensì li elabora creando, grazie anche a meccanismi cognitivi, una percezione organizzata (Gazzaniga, Ivry & Mangun, 2013).

LE VIE VISIVE DALL'OCCHIO ALLA CORTECCIA CEREBRALE

Il sistema visivo, come appena illustrato, è un sistema piuttosto complesso ed articolato che comprende diverse componenti di fondamentale rilevanza sia strutturale sia funzionale. Le vie visive coinvolgono principalmente l'occhio e la retina, il nervo ottico, il chiasma ottico, il tratto ottico, il nucleo genicolato laterale (NGL) e la corteccia visiva primaria striata (V1): tali componenti appena citate formano nello specifico la cosiddetta via visiva primaria o centrale retino-genicolo-striata. Essa non costituisce però l'unica via visiva esistente, poiché sono presenti anche vie visive derivanti da proiezioni retiniche secondarie ma ugualmente importanti come la via retino-ipotalamica (riferita in particolare modo alla regolazione dei ritmi circadiani correlati ai cicli di luce e buio) o la via retino-pretettale e retino-tettale (le quali risultano essere coinvolte rispettivamente nel controllo del riflesso alla luce e nel controllo dei movimenti degli occhi e della testa in riferimento all'osservazione visiva e al riflesso di orientamento).

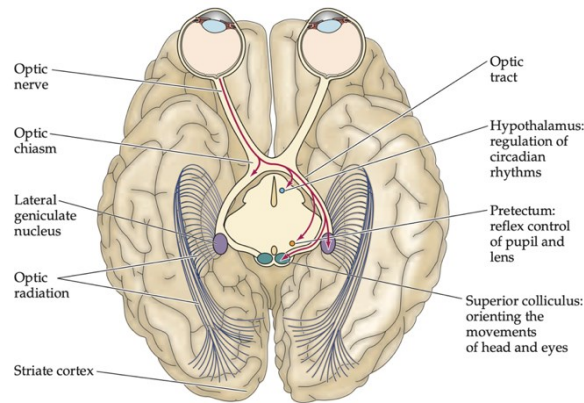


Figura 1. Le vie visive dall'occhio alla corteccia cerebrale: via retino-igenicolo-striata, via retino-ipotalamica, via retino-pretettale e via retino-tettale (collicolo superiore).

Dalla retina al chiasma ottico

L'occhio è l'organo sensoriale implicato nel sistema visivo ed è sensibile alla luce. L'informazione proveniente dall'ambiente esterno, infatti, giunge all'occhio sotto forma di onde elettromagnetiche luminose: tali onde entrano nell'occhio attraverso la pupilla e vengono fatte convergere sulla retina. Qualsiasi forma di discriminazione percettiva visiva non può prescindere dall'essenziale attività che avviene a livello retinico. La funzione specifica della retina è quella di tradurre gli stimoli luminosi in segnali elettrici da inviare poi al cervello, del quale infatti essa viene legittimamente considerata come una vera e propria estensione. La retina consiste in un insieme di strati di fotorecettori (coni e bastoncelli) e cellule nervose: cellule bipolari, cellule amacrine, cellule orizzontali e cellule gangliari. I coni sono deputati alla visione fotopica (ovvero diurna) e alla visione dei colori presentando una buona risoluzione spaziale e temporale, i bastoncelli invece risultano deputati alla visione scotopica (ovvero notturna) e sono acromatici. La fovea, nella quale si concentrano esclusivamente i coni, rappresenta la zona di massima acuità visiva. I fotorecettori sono collegati alle cellule bipolari mediante le cellule orizzontali e le cellule bipolari sono collegate alle cellule gangliari mediante le cellule amacrine. Le cellule gangliari pertanto raccolgono i segnali provenienti da fotorecettori e cellule bipolari rappresentando l'ultimo stadio di elaborazione retinica e la risposta (output) di queste cellule risulta fondamentale in relazione alle informazioni che la retina invia al cervello. L'informazione visiva, nello specifico, determina proiezioni sull'emiretina

nasale (medialmente rispetto alla fovea) e sull'emiretina temporale (lateralmente rispetto alla fovea) di ciascun occhio. Ogni nervo ottico perciò contiene informazioni dalle due emiretine (nasale e temporale) e le fibre provenienti dalle due emiretine nasali, una volta giunte a livello del chiasma ottico, incrociano andando ad unirsi a quelle temporali dell'altro occhio: si forma così il tratto ottico.

Dal chiasma ottico alla corteccia visiva primaria

Il tratto ottico proveniente dal chiasma termina nel nucleo genicolato laterale (NGL), un nucleo bilaterale del talamo deputato sostanzialmente all'analisi visiva. Al nucleo genicolato laterale giungono circa il 90% delle fibre retiniche poiché, come indicato in precedenza, non tutte le fibre provenienti dalla retina si collegano a tale nucleo: alcune afferiscono ad altre strutture come il collicolo superiore o ulteriori nuclei specifici, formando così delle vie visive differenti da quella definita retino-genicolo-striata. Ogni nucleo genicolato laterale (vale a dire destro oppure sinistro) riceve afferenze dal campo visivo controlaterale. Il nucleo genicolato laterale è organizzato in 6 strati distinti di cellule neuronali e ciascuno strato riceve informazioni soltanto dallo stesso occhio: i primi 2 strati presentano grandi neuroni e sono definiti magnocellulari (M) mentre i restanti 4 strati presentano neuroni più piccoli e sono chiamati parvocellulari (P). In una concezione più specifica, agli strati magnocellulari fanno capo le fibre provenienti dalle cellule gangliari componenti la via magnocellulare (M) adibita principalmente all'analisi delle caratteristiche di movimento e relazione spaziale, mentre agli strati parvocellulari fanno capo le fibre provenienti dalle cellule gangliari componenti la via parvocellulare (P) deputata principalmente all'analisi dei colori, delle forme e di altri dettagli fini. Inoltre, nel nucleo genicolato laterale sono presenti alcuni neuroni posti ventralmente a ciascuno strato: essi sono denominati koniocellulari (K) e ricevono input da cellule gangliari non-M e non-P. Le afferenze al nucleo genicolato laterale non arrivano soltanto dalla retina ma anche dal tronco dell'encefalo relativamente a fenomeni di allerta e attenzione e dalla corteccia visiva in un'ottica di feedback vero e proprio. Le fibre provenienti dal nucleo genicolato laterale procedono poi, formando le radiazioni ottiche, verso la corteccia visiva primaria (V1).

LA CORTECCIA VISIVA PRIMARIA

La corteccia visiva primaria (corteccia striata o V1) è la sede della prima analisi corticale dell'informazione visiva, corrisponde all'area 17 di Brodmann e si trova nel lobo occipitale. In 2 millimetri di spessore conta circa 200 milioni di neuroni e le afferenze principali giungono ad essa dal nucleo genicolato laterale. Esiste una corteccia visiva per ogni emisfero cerebrale: la corteccia visiva nell'emisfero destro riceve segnali neuronali riguardanti il campo visivo sinistro e la corteccia visiva nell'emisfero sinistro riceve segnali neuronali riguardanti il campo visivo destro. È una struttura composta che presenta 6 strati distinti formati da diverse tipologie di neuroni. In particolare, neuroni con proprietà simili tendono a raggrupparsi assieme in cosiddette colonne corticali: principalmente rilevanti sono due specifiche proprietà ovvero dominanza oculare ed orientamento. Le proiezioni provenienti dal nucleo genicolato laterale arrivano prevalentemente allo strato IV (nello specifico IVc) della corteccia visiva primaria. È presente anche un'organizzazione retinotopica, in base alla quale cellule in posizioni vicine nella retina inviano informazioni a zone limitrofe anche nelle strutture bersaglio (come nucleo genicolato laterale e corteccia visiva primaria) creando una sorta di vera e propria mappa della superficie retinica. La corteccia visiva primaria, sostanzialmente, risulta essere responsabile della visione permettendo di vedere in senso lato ed inviando informazioni molto importanti alle aree corticali visive secondarie.

Oltre la corteccia visiva striata

In aggiunta rispetto alla corteccia visiva primaria o striata (V1) sono presenti anche altre aree corticali extrastriate coinvolte nell'elaborazione visiva. Esse sono V2, V3, V4 e V5 che corrispondono alle aree di Brodmann 18 e 19 nel dettaglio. Queste regioni cerebrali sono definite associative perché risultano implicate nell'ulteriore analisi, nel riconoscimento e nell'interpretazione delle immagini elaborate dalla corteccia visiva primaria. In altre parole, queste aree permettono dare un significato più ampio e completo a quanto visto. In particolare V2 e V3 sembrano essere principalmente coinvolte nella percezione della forma, V4 nella percezione della forma e soprattutto del colore e V5 (MT) nella percezione del movimento.

Le principali proiezioni della corteccia visiva: via dorsale e via ventrale

È possibile inoltre individuare due distinti flussi di elaborazione visiva nella corteccia cerebrale: la via dorsale (magnocellulare) segue un percorso occipito-parietale ed è implicata nell'analisi delle informazioni visuo-spaziali riferite agli stimoli visivi, mentre la via ventrale (parvocellulare) segue un percorso occipito-temporale ed è implicata nel riconoscimento e nell'elaborazione delle caratteristiche degli stimoli visivi. È proprio in riferimento a questi aspetti specifici che la via dorsale viene generalmente definita anche via del “where” (dove) mentre la via ventrale viene definita via del “what” (cosa). Esse infatti risultano essere di fondamentale importanza anche in relazione alla percezione visiva in funzione del riconoscimento degli stimoli e degli oggetti, poiché per poter produrre risposte comportamentali adeguate è necessario riconoscere precisamente cosa si sta guardando e sapere dove si colloca in riferimento allo spazio.

PLASTICITÀ CEREBRALE, APPRENDIMENTO E VISIONE

In riferimento al sistema visivo, così come anche per tutti gli altri ambiti sensoriali e cognitivi, la plasticità cerebrale e l'apprendimento giocano un ruolo di fondamentale importanza. I training neurovisivi inoltre, in qualità di veri e propri allenamenti, coinvolgono ed attivano direttamente neuroplasticità e apprendimento percettivo, al fine di creare mediante l'esercizio e la pratica un miglioramento a lungo termine rispetto ad abilità visive e cerebrali tra loro strettamente connesse.

LA PLASTICITÀ CEREBRALE

Il termine plasticità cerebrale o neuroplasticità si riferisce alla capacità del nostro cervello di modificarsi e cambiare dal punto di vista sia strutturale sia funzionale nel corso della vita. È un concetto relativamente nuovo o quanto meno recente nell'ambito delle neuroscienze, poiché l'idea della natura perenne del tessuto nervoso ha costituito un dogma della biologia sino a pochi anni orsono (Mazzucchi & Cappa, 2016). In passato si riteneva infatti che il cervello fosse per così dire statico: dopo la nascita, ovvero durante la prima crescita, esso poteva modificarsi da un punto di vista strutturale ma entro una finestra temporale limitata e molto ristretta definita "periodo critico". Una volta trascorso questo determinato periodo, il cervello non aveva più alcuna possibilità di cambiare se non in termini negativi di perdita neuronale. Attualmente invece sappiamo che il cervello è passibile di cambiamenti e modificazioni durante l'intero arco della vita. Uno dei primi studiosi ad introdurre un ancora primitivo concetto di plasticità cerebrale fu William James nella sua opera *Principi di psicologia* (1890) utilizzando le seguenti parole: "[...] l'intera plasticità del cervello si può riassumere in due parole quando lo definiamo un organo nel quale correnti che vi vengono versate dagli organi di senso formano con estrema facilità vie che non scompaiono facilmente" (James, 1890). L'attenzione verso tali manifestazioni legate alla plasticità cerebrale rimase tuttavia ancora limitata nei decenni successivi, almeno sino agli studi di Jerzy Konorski relativi ai fenomeni di condizionamento con corrispondenti modificazioni delle connessioni preesistenti tra neuroni (1948) e al decisamente ben noto principio di Donald Olding Hebb riguardante il meccanismo di rafforzamento delle sinapsi con attività sincrona (1949): tale formulazione recita, in termini volutamente semplificati, che se un neurone presinaptico A attiva

ripetutamente un neurone postsinaptico B la connessione sinaptica tra A e B si rinforza, avviene cioè un rafforzamento delle sinapsi in cui il neurone presinaptico ha ripetutamente successo nell'attivare il suo bersaglio postsinaptico (celebre rimase la frase "neurons that fire together wire together" dello stesso Hebb in tal proposito). A partire dagli anni '50 del secolo scorso lo studio della plasticità cerebrale è entrato a far parte di un'area di ricerca molto più sviluppata, giungendo recentemente alle rivoluzionarie scoperte riguardanti non soltanto le modificazioni sinaptiche ma anche la neurogenesi postnatale.

La plasticità strutturale e la plasticità funzionale

È certamente rilevante la distinzione tra due diverse tipologie di plasticità cerebrale: la plasticità strutturale e la plasticità funzionale (Denes, 2016). La plasticità strutturale riflette le variazioni morfologiche (ossia fisiche) cerebrali ed è riferita principalmente alla dinamica delle spine dendritiche, coinvolgendo i seguenti aspetti: lo *sprouting* (ovvero "germogliazione"), le neurotrofine, la neurogenesi e le variazioni della sostanza grigia e della sostanza bianca cerebrale. Il termine *sprouting* indica la proliferazione dei collaterali degli assoni con conseguente formazione di nuove sinapsi: esso è sensibile sia all'esperienza sensoriale sia alla sua deprivazione sia al danno cerebrale. Le neurotrofine sono un elemento molto importante per la plasticità strutturale, si tratta di un gruppo di proteine che comprendono in particolare il *Nerve Growth Factor* (NGF) ovvero il fattore di crescita nervoso che regola la crescita degli assoni (Levi Montalcini, 1950). Esse sono una presenza essenziale nel processo di sviluppo neuronale e di mantenimento degli assoni e delle spine dendritiche, pertanto favoriscono la plasticità attraverso un processo di modulazione sinaptica. La neurogenesi, scoperta piuttosto recente, evidenzia il fatto che non solo nasciamo con un patrimonio neuronale considerevole ma addirittura esiste la possibilità di avere una proliferazione postnatale per alcune popolazioni di neuroni, con particolare riferimento alle cellule staminali che nello specifico sono state trovate in due principali aree del cervello: il giro dentato dell'ippocampo (area deputata all'apprendimento) e la zona subventricolare anteriore (a livello del bulbo olfattivo). Le cellule staminali di queste due regioni generano nuovi neuroni che si uniscono in aggregati cellulari e si integrano con le formazioni già presenti, al fine di consentire al processo di neurogenesi postnatale di svolgere un ruolo attivo sia durante il processo di

apprendimento e adattamento sia durante i meccanismi di recupero in caso di danno cerebrale. Infine, le modificazioni strutturali della sostanza grigia e della sostanza bianca risultano essere delle note risposte all'apprendimento e all'esposizione ambientale. La plasticità funzionale, invece, riguarda propriamente il concetto di funzionalità e riflette la capacità di riorganizzazione dell'attività cerebrale e la realizzazione di nuove vie di comunicazione tra neuroni. Essa pertanto risulta essere strettamente legata all'apprendimento. Il tessuto nervoso appare in grado di modificarsi funzionalmente a livello di sinapsi (ovvero di comunicazione tra neuroni), a livello di riorganizzazione o remapping di circuiti ed aree cerebrali e di estensione dei campi recettivi sensoriali. Un fattore di essenziale importanza in questo caso è il cosiddetto potenziamento a lungo termine (Long Term Potentiation, LTP) il quale avviene tramite un apprendimento ripetuto: un circuito neuronale che viene continuamente allenato risulterà poi attivato in modo molto più rapido e trasmetterà una maggiore quantità di informazioni, pertanto attraverso l'apprendimento risulta effettivamente possibile rafforzare e potenziare determinati circuiti cerebrali.

APPRENDIMENTO PERCETTIVO E TRAINING NEUROVISIVI

L'apprendimento percettivo (Perceptual Learning, PL) si riferisce ad uno specifico fenomeno secondo il quale la pratica o l'allenamento in determinati compiti percettivi spesso migliora notevolmente le prestazioni legate a tali capacità di percezione appunto (Lu, Hua, Huang, Zhou & Doshier, 2011). Esso costituisce una vera e propria manifestazione di plasticità corticale funzionale e si traduce di fatto in un cambiamento che appare potenzialmente in grado di mantenersi anche nel tempo. Questa particolare tipologia di apprendimento è stata documentata nei soggetti umani adulti in relazione ad una vasta gamma di compiti percettivi, dall'ambito visivo a quello uditivo a quello somato-sensoriale. In particolare l'apprendimento percettivo visivo (Visual Perceptual Learning, VPL) viene definito da Sasaki, Nanez e Watanabe (2009) un miglioramento a lungo termine delle prestazioni in compiti riguardanti la vista come risultato dell'esperienza visiva (Sasaki, Nanez & Watanabe, 2009). L'apprendimento percettivo visivo avviene all'interno di un complesso insieme di reti cerebrali e può essere presente a più livelli: esso costituisce senz'altro un importante fenomeno della neuroplasticità adulta con rilevanti applicazioni teoriche e pratiche (Doshier & Lu, 2017) che vanno da

una migliorata percezione alla possibile riabilitazione anche nel caso di specifiche condizioni visive come ipovisione, emianopsia omonima laterale (Casco, Barollo, Contemori & Battaglini, 2018), ambliopia (Barollo, Contemori, Battaglini, Pavan & Casco, 2017) e maculopatia (Maniglia, Pavan, Sato, Contemori, Montemurro, Battaglini & Casco, 2016). Il termine apprendimento percettivo significa effettivamente imparare a percepire e a percepire meglio, pertanto l'esperienza ripetuta ovvero la pratica e l'allenamento costituiscono elementi imprescindibili. In quest'ottica i training percettivi ricoprono un ruolo fondamentale e in particolare, con riferimento specifico all'apprendimento percettivo visivo, risultano essere rilevanti i cosiddetti training neurovisivi. Essi consistono in veri e propri protocolli e procedure di allenamento (solitamente mediante utilizzo di particolari stimoli visivi definiti di tipologia Gabor patch) che inducono plasticità attività-dipendente nella corteccia visiva. Il sistema visivo è in grado di modificare le proprie risposte in modo tale da adattarsi ai cambiamenti degli input visivi e la pratica ripetuta permette di migliorare a lungo termine le prestazioni visive, proprio come risultato dell'apprendimento percettivo.

Una specifica tipologia di allenamento neurovisivo: i training di ricerca visiva

L'essere umano è costantemente impegnato in compiti di ricerca visiva nella vita quotidiana, infatti raramente accade che un oggetto di ricerca sia collocato all'interno di un ambiente semplice e vuoto. È molto più comune il fatto che l'oggetto di ricerca sia tipicamente immerso in un ambiente complesso che prevede anche la presenza di ulteriori elementi con i quali esso potrebbe confondersi. In realtà la ricerca visiva può essere propriamente definita un compito vitale per l'uomo e per gli animali: essa consiste nell'esplorare visivamente lo spazio al fine di riuscire ad individuare efficacemente ed efficientemente un elemento di specifico interesse. Eckstein (2011) nel contesto di una review dedicata proprio alla ricerca visiva sostiene che, oltre ad una chiara rilevanza ecologica, essa sia costituita da un insieme di comportamenti complessi che abbracciano molti aspetti essenziali in relazione alla funzione visiva e cognitiva umana (Eckstein, 2011). La ricerca visiva infatti coinvolge ad esempio il controllo oculomotorio, l'attenzione visiva implicita, la comprensione delle differenze nell'elaborazione visiva tra diverse posizioni retiniche, l'integrazione temporale delle informazioni attraverso i movimenti oculari man mano che la ricerca progredisce, la memoria per le configurazioni

e le strategie decisionali. In questo senso, lo studio della ricerca visiva fornisce indizi approfonditi su come il cervello coordina una grande varietà di funzioni e non sorprende pertanto il fatto che il paradigma ad essa collegato sia stato utilizzato come quadro per studiare numerosi aspetti della funzione visiva e cognitiva. La ricerca visiva rappresenta inoltre un processo profondamente ed intrinsecamente correlato alle abilità visuo-spaziali, coinvolgendo direttamente l'esplorazione visiva dello spazio e riuscendo perfettamente nell'intento di indagare i meccanismi di analisi del sistema visivo e dell'attenzione spaziale. Il paradigma sperimentale nel quale la ricerca visiva si traduce consiste nel localizzare, rilevare ed identificare a seconda della sua effettiva presenza o meno un particolare e determinato stimolo, definito stimolo "target" o "bersaglio", il quale deve essere individuato all'interno di un gruppo di altri stimoli non rilevanti, chiamati stimoli "distrattori". In tal senso i fattori cruciali sono principalmente due: la numerosità dei distrattori e la caratteristica distintiva dello stimolo target, la quale può essere unica ed esclusiva oppure condivisa anche con altri distrattori. In caso lo stimolo target possieda una caratteristica unica rispetto agli altri distrattori si parla di ricerca per caratteristiche (*feature search*) e di tipo parallelo, mentre se lo stimolo target possiede una caratteristica condivisa con altri distrattori si parla di ricerca per congiunzione di caratteristiche (*conjunction search*) e di tipo seriale (Treisman & Gelade, 1980). L'aspetto principale che permette di stabilire se la ricerca visiva risulta essere efficiente oppure inefficiente è la cosiddetta *search slope*, ovvero la retta di pendenza intesa come tempo di reazione medio che il sistema visivo impiega ad identificare lo stimolo target presentato assieme ad un certo numero di distrattori. Il grado di inclinazione della funzione sarà pari o comunque molto vicino a zero se la ricerca visiva è efficiente mentre sarà maggiore di zero se la ricerca visiva non risulta molto efficiente. Un ulteriore elemento essenziale implicato nella ricerca visiva è sicuramente l'attenzione, poiché essa deve necessariamente essere diretta verso gli oggetti che potenzialmente costituiscono l'obiettivo della ricerca. L'attenzione risulta essere guidata da diversi fattori come quelli *bottom-up* (ovvero dal basso verso l'alto) dettati dallo stimolo le cui proprietà visive attirano maggiormente rispetto ad altre, quelli *top-down* (ovvero dall'alto verso il basso) determinati dalla persona che dirige l'attenzione verso stimoli con caratteristiche note dei target desiderati, attributi specifici della scena che dirigono l'attenzione verso aree che possono contenere target, altri fattori che guidano l'attenzione basati sul valore percepito

di alcuni elementi o caratteristiche e sulla cronologia delle ricerche precedenti (Bravo & Nakayama, 1992; Wolfe & Horowitz, 2017). Un tipo di training basato sulla ricerca visiva (*visual search training*) costituisce pertanto un allenamento mirato che si pone come obiettivo quello di migliorare le capacità visive, attentive e cerebrali implicate appunto in tale compito. Le prestazioni riguardanti la ricerca visiva, per altro, mostrano in genere grandi effetti derivanti dall'allenamento (Czerwinski, Lightfoot & Shiffrin, 1992).

DALLA VISIONE ALLA LETTURA

Una visione integra ed efficiente risulta essere importante in relazione allo sviluppo ed utilizzo della normale abilità di lettura, la quale altro non è che una successione di visioni del testo. La struttura anatomica del nostro sensore visivo, vale a dire l'occhio, impone di percorrere le frasi tramite saccadi (ovvero piccoli movimenti oculari discreti) spostando lo sguardo ogni 2-3 decimi di secondo. È infatti soltanto la fovea, regione centrale della retina e zona di massima acuità visiva, l'unica porzione dell'occhio in grado di catturare le lettere con un dettaglio sufficiente a riconoscerle. La strettezza della fovea è il motivo principale per cui si muovono continuamente gli occhi durante la lettura e, orientando lo sguardo, si esegue una vera e propria scansione del testo scritto (Dehaene, 2009). L'elaborazione visiva comprende poi vari stadi che consentono l'individuazione, la definizione e l'analisi visiva delle caratteristiche grafiche riguardanti singole parole, frasi e testi. In particolare tra le capacità maggiormente rilevanti si trovano quelle visuo-spaziali, di analisi visiva e di integrazione visuo-motoria (Scheiman & Rouse, 2006). In primo luogo ricoprono appunto un ruolo di fondamentale importanza due specifici aspetti, ovvero l'integrità e l'efficienza visiva con preciso riferimento alle abilità oculomotorie, di accomodazione e di convergenza. In tal senso emergono sempre crescenti evidenze del fatto che sussista un collegamento tra queste capacità e determinati processi attentivi e cognitivi, in particolar modo tra le abilità oculomotorie e l'attenzione, dal momento in cui fissazione e comportamenti saccadici sono nettamente coinvolti nell'ancoraggio e disancoraggio attentivo. L'attenzione appare fondamentale in relazione alla lettura e in special modo all'imparare a leggere perché inizialmente tutte le sequenze di lettere vengono viste come non parole, ovvero come successioni grafiche prive di significato. La percezione visiva risulta essere quindi essenziale a questo livello, in quanto necessaria a fornire risorse di processamento in grado di permettere un'elaborazione locale e globale della serie di lettere. In relazione al primo step di mappaggio grafema-fonema, ovvero alla creazione della corretta corrispondenza tra segno grafico e relativo suono linguistico, i processi visivi fondamentali sono inerenti alla capacità di distribuire l'attenzione generale per poi rapidamente focalizzarla sulla prima parte della parola e iniziare tale mappaggio. Il meccanismo attentivo visuo-spaziale è pertanto di sostanziale importanza sia nell'imparare a leggere sia nel praticare l'abilità di lettura. Le capacità visuo-spaziali,

ancora secondo Scheiman e Rouse (2006), sono riferite anche all'abilità di comprendere concetti direzionali che regolano ed organizzano lo spazio visivo esterno, ad esempio nella relazione tra sopra e sotto oppure davanti e dietro oppure destra e sinistra. Esse sono basilari relativamente a numerosi aspetti, incluso il riconoscimento dell'orientamento e della sequenza dei simboli linguistici (ad esempio con riferimento alla lettera d versus lettera b). Le capacità di analisi visiva costituiscono invece un insieme di abilità utilizzate per il riconoscimento, il richiamo e la manipolazione delle informazioni visive: esse rappresentano una componente importante in relazione a molte attività come il giudizio delle somiglianze o differenze tra forme e simboli, la memorizzazione di forme e simboli e la loro visualizzazione. L'integrazione visuo-motoria, infine, costituisce l'abilità generale che coordina le capacità di elaborazione dell'informazione visiva e le capacità motorie, anche in relazione all'articolazione linguistica coinvolta nel processo di lettura.

IL SISTEMA VISIVO E IL DISTURBO SPECIFICO DELLA LETTURA

I disturbi specifici dell'apprendimento (DSA) comprendono il disturbo specifico della lettura (dislessia), il disturbo specifico della scrittura (disgrafia) e il disturbo specifico dell'elaborazione numerica e del calcolo (discalculia). La prevalenza di tali deficit risulta essere piuttosto alta e si colloca attorno al 5-15% in età scolare. Il disturbo specifico della scrittura, denominato appunto disgrafia, rappresenta un insieme di difficoltà collegate alla capacità di scrivere. Esso pertanto può essere riferito sia alla compromissione dei processi centrali di elaborazione della corrispondenza tra forma fonologica e rappresentazione grafemica della parola sia alla compromissione dei meccanismi periferici di scrittura responsabili della programmazione e della realizzazione dei movimenti grafici. La discalculia invece, ovvero il disturbo specifico dell'elaborazione numerica e del calcolo, si riferisce a vari deficit come l'incapacità di comprendere i concetti di base delle operazioni matematiche, la mancanza di comprensione dei termini o dei segni aritmetici, il mancato riconoscimento dei simboli numerici, la difficoltà nell'attuare delle manipolazioni matematiche standard e nell'allineare correttamente i numeri e inserire decimali o simboli durante il calcolo, la scorrettezza nell'organizzare spazialmente i calcoli e l'incapacità di apprendere in modo soddisfacente le tabelline della moltiplicazione. In generale si tratta quindi di compromissioni che possono riguardare il calcolo e la rappresentazione mentale dei numeri, così come il recupero dalla memoria a

lungo termine e il mantenimento di fatti aritmetici e regole procedurali oppure l'organizzazione spaziale matematica. In maggior dettaglio invece il disturbo specifico della lettura, denominato dislessia, riguarda una difficoltà sproporzionata nell'apprendimento della lettura che non risulta essere spiegabile con un ritardo mentale, un deficit sensoriale, un ambiente sociale o familiare svantaggiato (Dehaene, 2009). Esso consiste in un disturbo del neurosviluppo caratterizzato da un riconoscimento delle parole lento ed impreciso, nonostante un'istruzione e un'intelligenza adeguate e capacità sensoriali intatte. È stato rilevato in ogni cultura studiata fino a questo momento e ci sono prove crescenti che focalizzano l'attenzione scientifica su una somiglianza interlinguistica delle sue basi neurobiologiche e neurocognitive (Peterson & Pennington, 2012). La dislessia si manifesta principalmente con la tendenza a leggere in modo lento, faticoso e con un numero variabile di errori (Grossi & Trojano, 2011). Le difficoltà nella lettura appaiono nettamente più evidenti nel caso delle lingue e delle ortografie cosiddette non trasparenti o irregolari, vale a dire quelle nelle quali ad una stessa lettera possono corrispondere suoni differenti (ad esempio in riferimento alla lingua inglese): le caratteristiche distintive del deficit di lettura in questa specifica tipologia di ortografia sono una fluenza particolarmente ridotta ed errori molto numerosi, ovvero una bassa accuratezza. In una lingua ed ortografia definita trasparente, invece, sussiste una corrispondenza diretta tra grafema e fonema (ad esempio in riferimento alla lingua italiana). È comunque possibile, in linea generale, identificare diverse categorie di possibili errori nella lettura: sostituzioni, omissioni, aggiunte o inversioni di una o più lettere all'interno della parola (errori visivi); alterazioni della parte variabile della parola che indica il genere, il numero o il tempo nel caso di verbi (errori morfologici) oppure della funzione grammaticale o del referente semantico della parola (errori derivazionali); trasformazioni di sequenze di lettere prive di significato, ovvero cosiddette non parole, in parole esistenti (lessicalizzazioni) e altre tipologie di errori. Una prima descrizione relativa alla dislessia può essere basata sul "modello a due vie della lettura" di Coltheart, Rastle, Perry, Langdon e Ziegler (2001) che prevede l'attivazione in parallelo di due vie appunto: una via lessicale con accesso al lessico per la lettura di parole conosciute e una via sublessicale senza accesso al lessico ma riguardante la scomposizione delle parole in grafemi, la conversione in fonemi e il conseguente riassetto in funzione della produzione verbale per la lettura di parole ancora sconosciute oppure non parole

(Coltheart, Rastle, Perry, Langdon & Ziegler, 2001). Questo schema generalmente noto si riferisce a capacità ed eventuali difficoltà di tipo prettamente fonologico, tuttavia nel corso del tempo sono emerse sempre più numerose evidenze del fatto che all'origine del disturbo specifico della lettura non sia costantemente presente soltanto un deficit di questa tipologia.

Un'ipotesi visiva in relazione al disturbo specifico della lettura

Le ipotesi neurocognitive relative alle cause del disturbo specifico della lettura si sono susseguite numerose nel tempo suddividendosi tra ipotesi sensoriali, ipotesi linguistiche ed ipotesi miste. Le ipotesi sensoriali comprendono l'ipotesi visiva (la quale verrà illustrata più dettagliatamente ed approfonditamente in seguito) e l'ipotesi uditiva riguardante principalmente una difficoltà di elaborazione temporale degli stimoli uditivi. Le ipotesi linguistiche comprendono l'ipotesi fonologica riguardante una difficoltà ad elaborare i suoni specifici del linguaggio (fonemi), l'ipotesi mnestica riguardante una difficoltà nel mantenere e manipolare i fonemi all'interno di un magazzino di memoria e l'ipotesi di denominazione rapida riguardante un deficit dei meccanismi di automatizzazione legati al mappaggio cross-modale, ovvero fondamentalmente una difficoltà nella conversione grafema-fonema. Le ipotesi miste, infine, comprendono l'ipotesi dei sottogruppi riguardante un deficit di tipo visivo versus un deficit di tipo uditivo-fonologico e l'ipotesi sovramodale riguardante invece un'unione e una compresenza tra i due suddetti deficit. È tuttavia genericamente comprovato il fatto che non sia in alcun modo possibile stabilire un'unica causa costituente l'origine della dislessia, poiché essa dipende senz'altro da una combinazione di molteplici fattori, ed è inoltre attualmente ancora aperto ed acceso il dibattito scientifico relativamente a quali difficoltà possano essere considerate cause oppure conseguenze del disturbo specifico della lettura. L'ipotesi visiva risulta essere, tra tutte, di particolare e specifico interesse alla luce di questo elaborato. Essa è collegata chiaramente al sistema visivo, riferendosi nello specifico alla cosiddetta teoria magnocellulare e alla conseguente disfunzione dell'attenzione visuo-spaziale. I neuroni visivi magnocellulari sono particolarmente specializzati nell'elaborazione temporale rapida, pertanto ricoprono un ruolo molto importante nel rilevare i cambiamenti di luce e il movimento visivo nonché nel controllo visivo dell'attenzione e dei movimenti oculari (Stein, 2019). Queste cellule, proprio in

funzione dell'abilità nel cogliere il movimento, dominano la più dorsale delle due principali proiezioni della corteccia visiva precedentemente presentate, ovvero la cosiddetta via dorsale occipito-parietale definita anche via del "where" (dove) poiché implicata nell'analisi delle informazioni visuo-spaziali riferite agli stimoli visivi. Il sistema dorsale magnocellulare (M-D) svolge quindi un compito essenziale nel controllo dell'allocazione delle risorse attentive nella lettura. Inoltre, anche i movimenti oculari risultano essere collegati a tale sistema ed essi giocano nuovamente un ruolo fondamentale rispetto alla lettura e alla dislessia: nel caso in cui l'input magnocellulare sia compromesso, il controllo sui muscoli oculari è meno focalizzato nel tempo e quindi meno in grado di stabilizzare gli occhi durante la fissazione binoculare necessaria per leggere (Stein & Walsh, 1997; Stein, 2001). È emerso anche da specifiche analisi condotte che lettori tipici (normo-lettori) mostrano generalmente saccadi di ampiezza variabile a seconda della lunghezza della parola successiva, una singola fissazione per parola (con occasionali eccezioni trattandosi di parole particolarmente lunghe) e fissazioni unicamente relative alle parole chiave di frasi e testi senza che lo sguardo venga posto su funtori grammaticali; al contrario soggetti con dislessia mostrano varie fissazioni poco ampie e numerose per ciascuna parola, indipendentemente dalla lunghezza e dal ruolo che essa assume. L'ipotesi magnocellulare, riferita al disturbo specifico della lettura come una delle possibili cause che co-occorrono in tale condizione, riguarda proprio uno sviluppo e una funzione compromessa del sistema visivo magnocellulare nei soggetti che presentano difficoltà nel leggere (Stein & Walsh, 1997). In realtà questa teoria specifica non è rimasta incontestata nel tempo e, come spiegato precedentemente, non pare certo possibile ridurre l'eziologia della dislessia ad una singola e semplice causa. Un certo numero di compromissioni rilevate in compiti che non si basano esclusivamente sulla pura attivazione magnocellulare hanno aperto nuove strade inerenti alla ricerca delle basi visive per i disturbi riguardanti la lettura, ad esempio portando a considerare la possibilità di un deficit specifico in compiti che coinvolgono una co-attivazione magnocellulare e parvocellulare come dimostrato in un recente studio di Ciavarelli, Contemori, Battaglini, Barollo e Casco (2021).

VERSO LA PROPOSTA DI UN TRAINING NEUROVISIVO PER LA LETTURA

È comunque unanimemente ed empiricamente dimostrato, indipendentemente dall'effettiva validità di una teoria esclusivamente magnocellulare e dal dibattito scientifico attualmente ancora in corso nel tentativo di determinare quali specifici aspetti possano essere considerati cause oppure conseguenze rispetto alla dislessia, un significativo ruolo svolto dal sistema visivo in relazione alla lettura. Le capacità collegate all'ambito percettivo e visuo-spaziale in particolar modo, come appena visto, risultano essere di cruciale importanza. È per questo motivo che una forma di apprendimento percettivo indotta mediante un training basato sull'esercizio di tali abilità potrebbe rappresentare un fattore molto utile e rilevante in relazione alla capacità di leggere. Esistono attualmente varie e differenti tipologie di allenamenti che sono stati appositamente implementati e sperimentati nell'ottica di poter agire in relazione all'abilità di lettura, potenzialmente riuscendo nell'intento di migliorarla. Alcuni studi precedentemente sviluppati in letteratura hanno messo in luce gli effetti di svariati training legati all'attività del sistema magnocellulare. Chouake e colleghi (2012) si sono proposti di esaminare l'ipotesi secondo la quale un utilizzo ripetuto del flusso magnocellulare potrebbe migliorare la lettura, rafforzando alcune vie neurali cruciali. Un training visivo è stato condotto per 5 giorni consecutivi utilizzando un compito di rilevamento del movimento come allenamento magnocellulare e un compito di controllo di rilevamento di linee parallele (le quali costituivano un certo pattern visivo) come allenamento parvocellulare. È stato riscontrato che l'allenamento visivo in generale può migliorare la velocità in prove di lettura basate su compiti di decisione lessicale, tuttavia sono emerse anche alcune evidenze specifiche del fatto che l'allenamento magnocellulare possa essere selettivamente correlato ad un miglioramento nell'accuratezza. Questo potenziale aggiuntivo sembrerebbe pertanto indicare un vantaggio costituito in particolare dall'allenamento magnocellulare rispetto all'allenamento parvocellulare o all'allenamento visivo in generale (Chouake, Levy, Javitt & Lavidor, 2012). In simile modo, Lawton (2011) dimostra l'efficacia di un training di discriminazione della direzione di movimento in relazione alla performance di lettura: tale allenamento utilizza schemi che attivano massimamente i neuroni magnocellulari e sembra essere in grado di rafforzare questa funzione. In riferimento alla lettura, come risultato indotto dal training, si osserva un miglioramento nella fluidità, nell'ortografia, nell'identificazione delle

parole e nella comprensione (Lawton, 2011). Le abilità visuo-spaziali ripetutamente citate quali aspetti molto importanti relativamente alla capacità di leggere, inoltre, sono specificamente coinvolte nel training implementato da Caldani et al. (2020) costituito da una serie di compiti oculomotori e di ricerca visiva. Questo breve allenamento visuo-attentivo si è dimostrato effettivamente utile a migliorare le capacità oculomotorie durante la lettura, in particolare diminuendo il tempo impiegato per la fissazione e per la lettura stessa. Un training di tale tipologia potrebbe quindi potenzialmente apportare un miglioramento nella capacità di orientare e focalizzare l'attenzione visuo-spaziale, un aspetto fondamentale in relazione all'abilità di lettura. Esso potrebbe anche svolgere un ruolo essenziale rispetto alle reti cerebrali responsabili sia del controllo dei movimenti oculari sia dei meccanismi attenzionali, dato che attenzione e movimenti oculari risultano essere strettamente collegati tra loro (Caldani, Gerard, Peyre & Bucci, 2020). Peters e colleghi (2019) sostengono anche, all'interno di una review sistematica dedicata all'efficacia degli interventi visuo-attentivi in relazione all'abilità di lettura, che l'allenamento percettivo visivo basato su meccanismi visuo-attentivi di basso livello (il quale non include alcun coinvolgimento fonologico, ortografico o di lettura durante il training) favorisca la fluidità e la comprensione nel leggere (Peters, De Losa, Bavin & Crewther, 2019). In generale, quindi, l'utilizzo di diverse tipologie di training mirati che coinvolgono l'attività del sistema magnocellulare e l'esercizio delle abilità visuo-spaziali risulta essere effettivamente utile, secondo la letteratura preesistente, al fine di migliorare la capacità di lettura e in particolar modo in termini di velocità ed accuratezza. In linea con quanto emerso ed analizzato relativamente a tale insieme di ricerche precedenti, il proseguo del presente elaborato sarà dedicato alla descrizione di uno studio sperimentale ideato e sviluppato con lo specifico obiettivo di verificare se determinati training di ricerca visiva, quali allenamenti basati sulla pratica e sull'esercizio delle abilità visuo-spaziali, siano in grado di apportare qualche effetto nel modificare le abilità di lettura in partecipanti normo-lettori.

UN NUOVO TRAINING DI RICERCA VISIVA

1. IPOTESI SPERIMENTALI

In base a quanto visto e compreso tramite il quadro teorico precedentemente presentato, vengono qui di seguito illustrati obiettivi ed ipotesi sperimentali dello studio sviluppato attraverso questa tesi. In quanto associato internamente alla letteratura scientifica di riferimento un coinvolgimento dell'attenzione visuo-spaziale nel processo di lettura e uno stretto collegamento tra ricerca visiva e tali capacità visuo-spaziali sopra citate, in prima analisi appare lecito chiedersi se sia possibile ottenere dei cambiamenti riferiti alle abilità di lettura mediante un training di ricerca visiva. In maggior dettaglio questo potrebbe potenzialmente avvenire grazie ad una rilevante implicazione dell'apprendimento percettivo indotto dalla pratica ripetuta, come esplicitato in precedenza. Il presente progetto sperimentale nasce pertanto con il primario obiettivo di indagare tale aspetto, verificando nello specifico se determinati allenamenti basati su compiti di ricerca visiva, i quali coinvolgono a loro volta l'attività del sistema magnocellulare, abbiano un qualche effetto nel migliorare la capacità di leggere in partecipanti cosiddetti normo-lettori (ovvero che non mostrano particolari difficoltà legate a quest'ambito). È sicuramente interessante in tal senso considerare anche una distinzione tra diverse tipologie possibili di training di ricerca visiva per capire se possano emergere delle differenze nell'apportare o meno un cambiamento e in quale grado. Una prima ipotesi sperimentale proposta si basa pertanto su un atteso miglioramento degli osservatori nel compito stesso di ricerca visiva dovuto all'allenamento quotidiano e all'apprendimento percettivo, nel dettaglio principalmente in termini di accuratezza e tempi di reazione. Una seconda ipotesi sperimentale riguarda un possibile effetto specifico di tale training nel modificare le abilità di lettura in un'ottica di eventuale miglioramento, e questo come conseguenza del beneficio riscontrato dalle abilità visuo-spaziali implicate ed esercitate nel compito stesso di ricerca visiva. Infine, una terza ipotesi sperimentale emerge proprio dalla distinzione operata tra diverse versioni di training di ricerca visiva: all'interno della presente ricerca esse si differenziano in particolare per le caratteristiche proprie degli stimoli presentati e per la tipologia dello stimolo target da individuare, ovvero un aspetto che modula in maniera consistente il livello di difficoltà di esecuzione del compito. È auspicabile che un training più complesso, il quale richiede quindi maggior impegno e risulta essere maggiormente

allenante, porti un eventuale beneficio maggiore in relazione alle abilità visuo-spaziali e pertanto alla lettura; al contrario un training comprendente un compito di ricerca visiva semplice ed immediato, non essendo probabilmente considerabile come realmente allenante, dovrebbe costituire una condizione di controllo nella quale non si rilevano particolari miglioramenti rispetto alle abilità visuo-spaziali e di lettura. Inoltre, verrà presentata in seguito con maggior dettaglio anche una particolare distinzione tra stimoli target singoli oppure stimoli target costituiti secondo specifica configurazione di *grouping* (ovvero raggruppamento) basati su stimoli appositamente ideati ed utilizzati all'interno di studi precedenti (Szwed, Ventura, Querido, Cohen & Dehaene, 2012) in modo tale da poter controllare la presenza o meno di eventuali differenze specifiche che potrebbero essere dettate da questo aspetto. Il presente progetto sperimentale si propone quindi di costituire una sorta di studio pilota utile a progredire nell'affrontare un ambito di ricerca innovativo e tutt'ora ancora poco esplorato, anche nell'ottica di poter eventualmente giungere in futuro ad aprire una nuova strada verso possibili scenari applicativi inerenti alla lettura e ai disturbi ad essa correlati.

2. MATERIALI E METODI

2.1. Partecipanti

In totale hanno preso parte a questa ricerca 30 partecipanti normo-lettori, 17 femmine e 13 maschi, con acuità visiva nella norma o corretta tramite occhiali o lenti a contatto quando necessario. Il progetto sperimentale, prima di essere avviato, è stato esaminato ed approvato dal Comitato Etico della Ricerca Psicologica presso l'Università degli Studi di Padova (protocollo n. 4485) e si è svolto conformemente a quanto riportato nella Dichiarazione di Helsinki. È stato ottenuto in partenza il consenso informato alla partecipazione e al trattamento dei dati personali da parte di tutte le persone coinvolte.

2.2. Apparato strumentale

In dettaglio gli strumenti utilizzati per i test di lettura comprendono la prova 2 e la prova 3 estratte dalla batteria per la valutazione della Dislessia e della Disortografia Evolutiva DDE-2 (Sartori, Job & Tressoldi, 1995, 2007) stampate in duplice copia, una presentata al partecipante e una trattenuta da parte dello sperimentatore. Inoltre, sempre in relazione

ai test di lettura, è inclusa la prova di decisione lessicale per la valutazione delle abilità di lettura DLC (Caldarola, Perini & Cornoldi, 2012) in singola copia sottoposta per esecuzione al partecipante. Gli strumenti utilizzati per il training di ricerca visiva computerizzato comprendono Matlab Psychtoolbox (Brainard, 1997; Pelli, 1997) per l'implementazione degli stimoli e Matlab Runtime R2017b (9.3) per l'esecuzione del software direttamente nel personal computer del partecipante.

2.3. Test e stimoli

In riferimento ai test di lettura utilizzati, come precedentemente illustrato, la prova 2 e la prova 3 sono estratte dalla batteria per la valutazione della Dislessia e della Disortografia Evolutiva DDE-2 (Sartori, Job & Tressoldi, 1995, 2007). In dettaglio si tratta di una batteria comprendente 8 prove che permette di valutare il livello di competenza acquisita sia nella lettura sia nella scrittura e può essere utile al controllo dell'evoluzione di questi due sistemi. Essa viene anche impiegata per approfondire difficoltà di lettura e scrittura nel corso delle diagnosi per disturbi specifici dell'apprendimento (DSA) e per confrontare i risultati di trattamenti specifici, difatti risulta essere inserita nel protocollo diagnostico di base per la valutazione dei disturbi di apprendimento della lettura, scrittura e calcolo approvato dall'Associazione Italiana Dislessia (AID). Le due prove coinvolte in questa ricerca, nello specifico, sono test dedicati all'analisi del processo di lettura. La prova 2 viene definita come prova di lettura di parole e consiste nel leggere ad alta voce alcune liste di parole appunto il più velocemente possibile e senza commettere errori. La prova 3 viene definita invece come prova di lettura di non parole (ovvero sequenze di lettere prive di significato) e consiste, come la precedente, nel leggere a voce alta alcune liste di non parole il più velocemente possibile e senza fare errori. In riferimento all'analisi della prestazione vengono considerate velocità ed accuratezza nella lettura. La prova di decisione lessicale per la valutazione delle abilità di lettura DLC (Caldarola, Perini & Cornoldi, 2012) è composta da una lista di parole e non parole. In tale test sono presenti parole che appartengono alla lingua italiana sia corte (range: 4-5 lettere, lunghezza media: 4.50) sia lunghe (range: 8-9 lettere, lunghezza media: 8.17). Esse sono tutte bilanciate per numero di lettere, numero di sillabe e frequenza dei digrammi (ossia sequenze di due grafemi che identificano un unico fonema all'interno della lingua). Le non parole, sia corte sia lunghe, sono state ottenute da parole della stessa lunghezza cambiando 1 o 2

lettere. In questa prova sono inserite in ordine casuale 60 parole ad alta frequenza d'uso e familiarità e 60 non parole: trattandosi appunto di parole ad alta familiarità, un'eventuale identificazione di una parola come non parola, commettendo quindi un errore, si può considerare dovuta ad un'errata lettura e non al fatto che la parola sia stata letta appropriatamente tuttavia risulti essere sconosciuta. La modalità di esecuzione del test consiste nel leggere a mente la lista e riconoscere al suo interno le non parole, segnandole con una crocetta. La valutazione della prestazione si basa su tempo impiegato per la lettura, risposte corrette (ovvero adeguato riconoscimento delle non parole), falsi positivi (ovvero parole segnate erroneamente come non parole) ed omissioni (ovvero non parole le quali non vengono segnate). In merito alla possibilità di visionare in dettaglio le prove di lettura utilizzate fare riferimento alla sezione Appendice.

Il training di ricerca visiva è realizzato mediante stimoli Gabor patch, ovvero reticoli sinusoidali di luminanza modulati con involucri gaussiani. Essi risultano essere molto utili nello studio dell'attività visiva poiché sussiste uno stretto legame in ambito biologico tra funzioni elementari che descrivono i filtri Gabor e processi che avvengono a livello neuronale nella corteccia visiva primaria.

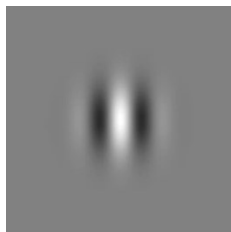


Figura 2. Esempio di stimolo Gabor patch.

2.4. Procedura

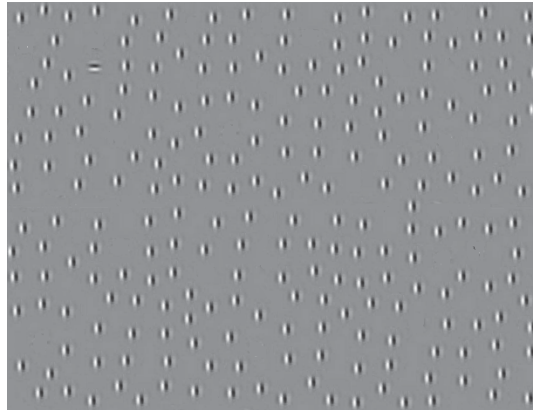
Ogni partecipante è stato assegnato in modo casuale ad un gruppo sperimentale oppure di controllo. In linea generale la procedura dello studio prevedeva una fase di pre-test, una fase di training e una fase di post-test. Il primo passaggio consisteva nell'esecuzione del pre-test comprendente le prove di lettura precedentemente presentate: prova 2 e prova 3 estratte dalla batteria DDE-2 di Sartori e colleghi (1995, 2007) e prova di decisione lessicale DLC ideata da Caldarola e colleghi (2012). In ciascuna prova lo sperimentatore,

appositamente dotato di cronometro, rilevava il tempo impiegato per la lettura di ogni lista di parole (oppure non parole a seconda del test in questione come sopra illustrato) e il numero degli eventuali errori commessi. In tal modo è stato possibile definire un livello di partenza in relazione alla velocità e all'accuratezza di lettura per il singolo partecipante. Questi aspetti hanno costituito una misura in rappresentazione delle abilità di lettura considerate potenzialmente passibili di modificazioni in seguito allo svolgimento di un allenamento benefico per le capacità visuo-spaziali basato sulla ricerca visiva. Il primo giorno di esperimento veniva quindi effettuato il pre-test e successivamente aveva inizio la fase di training della durata di 9 giorni consecutivi. Esso consisteva appunto in un allenamento quotidiano modulato sulla base di un classico paradigma di ricerca visiva, il quale tipicamente prevede un compito avente come obiettivo quello di stabilire la presenza o meno di un particolare e determinato stimolo, definito stimolo "target" o "bersaglio", che deve quindi essere individuato mentre viene presentato all'interno di un gruppo di altri stimoli non rilevanti, chiamati stimoli "distrattori". Erano però state implementate 3 distinte versioni di tale training e ciascuna caratterizzava un diverso gruppo di soggetti. In maggior dettaglio, le 3 versioni si differenziavano per le caratteristiche proprie degli stimoli presentati e per la tipologia dello stimolo target da individuare, aspetto che modulava consistentemente il livello di difficoltà di esecuzione del compito stesso di ricerca visiva. Ecco di seguito una spiegazione più precisa e specifica per ciascuna versione proposta:

2.4.1. Training di ricerca visiva versione "orientazione"

In questa versione il compito di ricerca visiva era costituito da stimoli Gabor con frequenza spaziale corrispondente a 5 cicli per grado e contrasto del 95% e il target era rappresentato da una singola Gabor con orientamento differente (ossia ortogonale) rispetto a tutti gli altri stimoli Gabor distrattori. Questa tipologia di training prevedeva pertanto un target di facile individuazione il quale sembrava quasi spiccare autonomamente all'interno del pattern di ricerca visiva determinando probabilmente, in accordo con la letteratura di riferimento, un cosiddetto effetto "pop-out" dovuto alla sua diversa orientazione. Questo effetto si verifica quando lo stimolo target si distingue rispetto agli stimoli distrattori per un'unica caratteristica visiva elementare: in tal caso si osserva una ricerca di caratteristiche semplici con elaborazione in parallelo, pertanto il

tempo di reazione nell'individuare il target rimane esiguo anche con un alto numero di distrattori presenti (Treisman & Gelade, 1980).



*Figura 3(A). Esempio di ricerca visiva proposta per la versione “orientazione”:
stimolo target con differente orientazione (ortogonale) presente in alto a sinistra.*



*Figura 3(B). Esempio di ricerca visiva proposta per la versione “orientazione”:
stimolo target con differente orientazione (ortogonale) presente centralmente.*

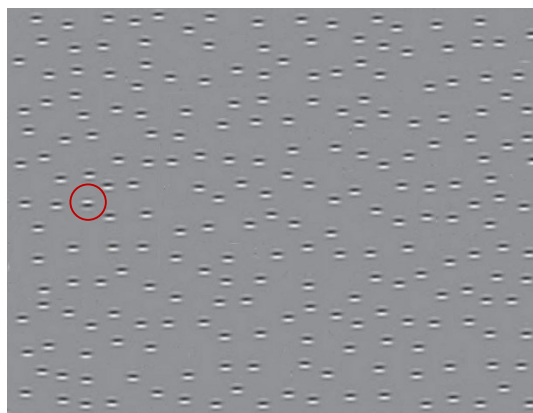
2.4.2. Training di ricerca visiva versione “fase”

In questa versione il compito di ricerca visiva era costituito da stimoli Gabor con frequenza spaziale corrispondente a 5 cicli per grado e contrasto del 95% e il target era rappresentato da una singola Gabor con fase invertita rispetto a tutti gli altri stimoli Gabor distrattori. In termini semplificati, un'inversione di fase rappresenta un'inversione dei colori bianco e nero caratterizzanti lo stimolo che quindi appaiono posizionati al contrario. Questa tipologia di training prevedeva pertanto un target di complessa e lenta

individuazione, aspetto che rendeva il compito difficile. In tal caso si osserva una ricerca con elaborazione di tipo seriale, la quale richiede che l'attenzione si focalizzi sulle posizioni occupate dagli stimoli una per volta impiegando il tempo necessario a quest'operazione (Treisman & Gelade, 1980).



*Figura 4(A). Esempio di ricerca visiva proposta per la versione “fase”:
stimolo target con fase invertita (colori opposti) presente in alto a destra.*

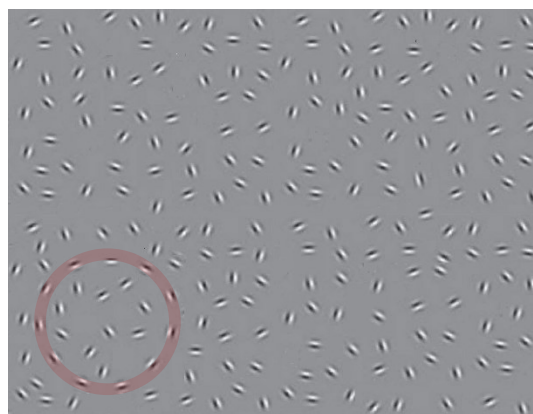


*Figura 4(B). Esempio di ricerca visiva proposta per la versione “fase”:
stimolo target con fase invertita (colori opposti) presente al centro a sinistra.*

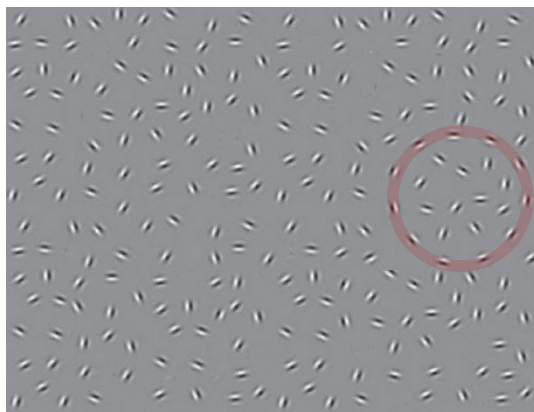
2.4.3. Training di ricerca visiva versione “configurazione”

In questa versione il compito di ricerca visiva era costituito da stimoli Gabor con frequenza spaziale corrispondente a 5 cicli per grado e contrasto del 95% e il target era rappresentato da una serie di Gabor disposte in modo tale da formare una configurazione circolare. Questa tipologia di training prevedeva pertanto un target con caratteristiche di

grouping (ovvero raggruppamento) e nello specifico tali configurazioni sono state implementate basandosi su uno studio condotto da Szwed et al. (2012) in merito al miglioramento del processo visivo precoce di integrazione del contorno dovuto all'acquisizione della lettura. Gli autori evidenziano che la prestazione in un compito di integrazione del contorno è inferiore negli analfabeti rispetto a soggetti di controllo alfabetizzati oppure ex analfabeti. Questi stimoli sembrano quindi comportare una differente modalità di integrazione tra un gruppo di letterati e un gruppo di analfabeti, i quali mostrano maggiori difficoltà nel raggruppare singole Gabor disposte circolarmente in un unico percelto e pertanto anche nell'individuare suddetto target. Questo aspetto potrebbe portare a pensare ad un eventuale legame tra meccanismi di integrazione di caratteristiche semplici di un oggetto (in questo caso si tratta del contorno) e abilità di lettura. È possibile quindi ipotizzare, nel caso in cui questa relazione fosse effettivamente presente, che un allenamento protratto nei giorni e basato sull'integrazione di caratteristiche visive semplici possa portare un beneficio nella lettura? Questa condizione sperimentale è stata proposta in maniera mirata nell'ottica di poter controllare la presenza o meno di eventuali differenze specifiche indotte da target costituiti da una singola Gabor versus target costituiti da molteplici Gabor disposte in configurazione con caratteristiche di *grouping* (ovvero raggruppamento). In altre parole, rispetto alla lettura risulta essere sufficiente un compito di ricerca visiva anche con target a Gabor singola oppure è assolutamente necessaria la presenza di un processo di integrazione di caratteristiche visive semplici apportato da target a Gabor multiple disposto secondo configurazione?



*Figura 5(A). Esempio di ricerca visiva proposta per la versione “configurazione”:
stimolo target disposto in configurazione circolare presente in basso a sinistra.*



*Figura 5(B). Esempio di ricerca visiva proposta per la versione “configurazione”:
stimolo target disposto in configurazione circolare presente al centro a destra.*

Queste appena illustrate erano le 3 differenti versioni del training di ricerca visiva che potevano essere assegnate ai partecipanti e ciò avveniva in modo randomizzato. In generale, quali elementi comuni a tutte le versioni dell’allenamento, il training doveva essere svolto per 9 giorni consecutivi e all’interno di ciascuna giornata venivano eseguiti 7 blocchi di esercizio uno di seguito all’altro. Inizialmente a ciascun partecipante venivano consegnate le istruzioni scritte per lo svolgimento del compito e la cartella contenente il software dedicato all’esperimento, previa installazione di Matlab Runtime R2017b (9.3) sul proprio computer personale. Il compito di ricerca visiva prevedeva la presentazione di una serie di immagini al centro dello schermo e in metà di queste il target era presente mentre nell’altra metà il target era assente. In maggior dettaglio, ogni blocco era costituito da 144 immagini presentate una dopo l’altra e in ciascuna immagine erano presenti oltre 100 stimoli Gabor tra eventuale target e distrattori. Il compito per il partecipante era quello di rilevare e stabilire per ogni immagine la presenza o meno dello stimolo target premendo il tasto Z della tastiera se riteneva che il target fosse presente oppure premendo il tasto M se riteneva che il target fosse assente. La figura rimaneva fissa sullo schermo per un tempo totale di circa 10 secondi scaduti i quali, se nessuno dei due tasti era ancora stato premuto, veniva registrata un’omissione (ovvero una risposta non data). Il principale obiettivo era essere il più possibile veloci ed accurati nel rispondere al compito. In seguito, al termine di ognuno dei 7 blocchi giornalieri comparivano sulla schermata dei valori numerici corrispondenti alla media TR (tempo di

reazione), alla media ACC (accuratezza) e al numero di omissioni effettuate (ovvero risposte non date). In contemporanea venivano registrati nel dettaglio all'interno di un apposito file il tempo di reazione e la risposta data per ciascun trial eseguito, ossia per ciascuna immagine. Questi valori nell'insieme venivano poi consegnati allo sperimentatore per poter essere successivamente analizzati. Il training aveva inoltre una diversa durata totale quotidiana a seconda della tipologia di allenamento che era stata assegnata: circa 30 minuti per la versione "orientazione", circa 90 minuti per la versione "fase" e circa 40 minuti per la versione "configurazione". Il giorno successivo alla conclusione dell'allenamento, vale a dire il decimo giorno dall'inizio della sperimentazione, veniva effettuato il post-test comprendente le stesse prove di lettura proposte nel pre-test: prova 2 e prova 3 estratte dalla batteria DDE-2 di Sartori e colleghi (1995, 2007) e prova di decisione lessicale DLC di Caldarola e colleghi (2012). In questo caso nuovamente la procedura di svolgimento era esattamente identica a quella iniziale, in modo tale da ripetere le stesse misurazioni e poter effettuare un successivo confronto avente come scopo quello di rilevare efficacemente eventuali modificazioni significative emerse nelle capacità di lettura in seguito al training di ricerca visiva. Era inoltre presente, in quanto ulteriore condizione di controllo, un gruppo di partecipanti che a distanza dello stesso numero di giorni effettuava soltanto pre-test e post-test con prove di lettura senza svolgere alcun tipo di allenamento neurovisivo durante il periodo intermedio.

3. RISULTATI

In relazione all'analisi dei dati che si è ritenuto opportuno effettuare risultano essere indispensabili alcune indicazioni preliminari: innanzitutto, come illustrato in precedenza, è stato necessario confrontarsi con una sperimentazione e una raccolta dati avvenute in modalità remota poiché ciascun partecipante ha svolto il training quotidiano di ricerca visiva direttamente a casa propria mediante installazione di Matlab Runtime R2017b (9.3) e del software dedicato all'allenamento sul proprio computer personale. È rilevante inoltre che si sia trattato di un esperimento di apprendimento percettivo e quindi necessariamente protratto nel tempo, motivo per il quale esso è risultato essere piuttosto lungo e consistente, anche da un punto di vista relativo all'impegno richiesto all'osservatore. L'intera fase di raccolta dati si è tenuta per altro durante il prolungato periodo di pandemia da SARS-CoV-2 (Covid-19). La dimensione del campione ottenuto,

pertanto, si è purtroppo rivelata fondamentale esigua in primo luogo a causa di un certo tasso di ritiro (*drop out*) da parte dei partecipanti verificatosi durante la ricerca. Di norma, nel momento in cui non vengono soddisfatte le linee guida relative alla dimensione del campione per test statistici parametrici e non si è sicuri di disporre di dati normalmente distribuiti, è necessario utilizzare test statistici non parametrici. In questo specifico caso però, disponendo di un campione davvero piccolo, risulta difficoltoso anche semplicemente accertare la tipologia di distribuzione dei dati. La scelta di utilizzare statistiche non parametriche con un'assunzione di una distribuzione non normale dei dati è altresì non ottimale per campioni esegui, difatti i test statistici non parametrici hanno una potenza minore rispetto ai test statistici parametrici. In questa situazione pertanto, pur essendo consapevoli delle difficoltà appena illustrate, si è comunque proceduto a condurre delle statistiche parametriche (quindi con maggior potenza rispetto alle statistiche non parametriche) per poter attuare quanto meno delle prime analisi esplorative in relazione ai dati raccolti. I risultati esposti, dunque, dovranno essere considerati con cautela.

3.1. D primo

Uno dei principali indici utilizzati in riferimento al training di ricerca visiva è stato il d' (d primo). Esso fondamentale costituisce una misura utile della sensibilità dell'osservatore e della sua capacità di discriminare il segnale, ovvero lo stimolo in questione. I d' sono stati calcolati relativamente a ciascun partecipante per ognuno dei 9 giorni di allenamento. In tal senso, quanto atteso nel caso di apprendimento percettivo (PL) in corrispondenza di uno specifico compito è una pendenza positiva della retta grafica che interpola i d' riferiti ai 9 giorni di training, i quali pertanto aumentano come valore al trascorrere dei giorni. L'effetto dell'apprendimento percettivo potenzialmente verificatosi in quest'arco temporale è stato indagato tramite test statistici parametrici utilizzando le pendenze (*slope*) calcolate sulla base del d' . In relazione alle pendenze sono stati riportati anche i valori R^2 ovvero i coefficienti di determinazione che misurano la bontà di adattamento di un modello di regressione: valori R^2 più elevati e vicini ad 1 risultano essere migliori e quindi preferibili. Innanzitutto, è stato necessario tenere in considerazione l'esistenza di 3 diversi gruppi di partecipanti corrispondenti alle 3 diverse versioni di training assegnate (orientazione, fase e configurazione).

GRUPPO ORIENTAZIONE (GRUPPO 1)

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	TOT
<i>M</i>	4.67	4.741	4.806	4.558	4.608	4.602	4.669	4.708	4.585	4.66
<i>DS</i>	0.665	0.599	0.682	0.571	0.652	0.696	0.781	0.864	0.819	0.684

Tabella 1. *M* (media) e *DS* (deviazione standard) calcolate per i valori *d'* relativamente a 9 giorni di allenamento nel gruppo "orientazione".

GRUPPO FASE (GRUPPO 2)

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	TOT
<i>M</i>	0.78	0.944	1.04	1.059	1.196	1.24	1.386	1.52	1.583	1.194
<i>DS</i>	0.416	0.48	0.495	0.528	0.634	0.667	0.57	0.63	0.646	0.589

Tabella 2. *M* (media) e *DS* (deviazione standard) calcolate per i valori *d'* relativamente a 9 giorni di allenamento nel gruppo "fase".

GRUPPO CONFIGURAZIONE (GRUPPO 3)

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	TOT
<i>M</i>	2.16	2.395	2.232	2.394	2.385	2.392	2.447	2.341	2.436	2.354
<i>DS</i>	0.435	0.486	0.262	0.386	0.186	0.109	0.239	0.258	0.118	0.282

Tabella 3. *M* (media) e *DS* (deviazione standard) calcolate per i valori *d'* relativamente a 9 giorni di allenamento nel gruppo "configurazione".

GRUPPO ORIENTAZIONE (GRUPPO 1)

PARTECIPANTI	SLOPE	R²
P1	0.033	0.145
P2	- 0.055	0.224
P3	- 0.163	0.666
P4	0.152	0.752
P5	0.088	0.53
P6	- 0.112	0.697
P7	- 0.037	0.132
P8	0.079	0.332
P9	- 0.116	0.404
P10	0.036	0.096
P11	- 0.029	0.059
<i>M</i>	- 0.011	0.367
<i>DS</i>	0.098	0.259

Tabella 4. Pendenze (slope) e R² calcolati sulla base dei valori *d'* nel gruppo "orientazione".

GRUPPO FASE (GRUPPO 2)

PARTECIPANTI	SLOPE	R²
P1	0.042	0.459
P2	0.139	0.967
P3	0.094	0.899
P4	0.168	0.908
P5	0.116	0.851
P6	0.102	0.92
P7	0.049	0.341
<i>M</i>	0.101	0.764
<i>DS</i>	0.045	0.253

Tabella 5. Pendenze (slope) e R² calcolati sulla base dei valori d' nel gruppo "fase".

GRUPPO CONFIGURAZIONE (GRUPPO 3)

PARTECIPANTI	SLOPE	R²
P1	0.039	0.181
P2	0.098	0.812
P3	- 0.075	0.459
P4	0.029	0.454
<i>M</i>	0.023	0.477
<i>DS</i>	0.072	0.259

Tabella 6. Pendenze (slope) e R² calcolati sulla base dei valori d' nel gruppo "configurazione".

È stata quindi verificata l'eventuale presenza di apprendimento in tali gruppi utilizzando un t-test con correzione di Bonferroni per stabilire se i gruppi si differenziano da 0 (valore 0 indica nessun apprendimento). I risultati della prova statistica hanno mostrato un effetto significativo soltanto nel gruppo 2 ovvero nel gruppo "fase" ($t_{(6)} = 5.91, p = 0.001, d$ di Cohen = 2.23). Osservando in dettaglio le medie delle pendenze calcolate sulla base del d' è stato possibile notare che la media relativa al gruppo 2 ovvero al gruppo "fase" ($M = 0.1, DS = 0.05$) è significativamente maggiore rispetto a quella del gruppo 1 ovvero del gruppo "orientazione" ($M = - 0.01, DS = 0.1$). Il gruppo "fase" mostra una pendenza positiva, ovvero un miglioramento nei d' al trascorrere dei vari giorni. Infine, considerando direttamente i valori d' e giungendo ad analizzare i cambiamenti relativi ad esso nei vari giorni e nei vari gruppi è stata effettuata un'analisi della varianza (ANOVA) con Gruppo come fattore *between* (ovvero tra i partecipanti) a 3 livelli e Giorno come fattore *within* (ovvero entro i partecipanti) a 9 livelli. L'ipotesi di sfericità è stata valutata

tramite il test di Mauchly e, quando non rispettata, è stata applicata la correzione di Greenhouse-Geissner. Il fattore principale Giorno e l'interazione Giorno \times Gruppo non sono risultati significativi. È emersa invece una significatività statistica in relazione al fattore Gruppo ($F_{(2,19)} = 93.5, p < 0.001, \eta^2_p = 0.91$) e questo indica che almeno uno tra i gruppi è diverso. Il test di confronti multipli (ossia un post-hoc t-test con correzione di Bonferroni) ha mostrato una differenza significativa tra il gruppo 1 ovvero il gruppo "orientazione" e il gruppo 2 ovvero il gruppo "fase" ($p < 0.001$), tra il gruppo 1 ovvero il gruppo "orientazione" e il gruppo 3 ovvero il gruppo "configurazione" ($p < 0.001$) e tra il gruppo 2 ovvero il gruppo "fase" e il gruppo 3 ovvero il gruppo "configurazione" ($p = 0.008$). Questo indica che la prestazione nei 3 gruppi differisce in maniera statisticamente significativa. Osservando in dettaglio anche le medie dei valori d' corrispondenti ai vari gruppi è stato possibile notare che la media relativa al gruppo "orientazione" ($M = 4.66, DS = 0.68$) è nettamente più alta rispetto a quella del gruppo "fase" ($M = 1.19, DS = 0.59$) indicando una maggior facilità del compito di ricerca visiva nel primo gruppo rispetto al secondo appunto. Il compito assegnato al gruppo 3 ovvero al gruppo "configurazione" si colloca invece ad un livello di difficoltà intermedio rispetto ai due precedenti ($M = 2.35, DS = 0.28$).

3.2. Criterio

Un secondo indice rilevante utilizzato in riferimento al training è stato il criterio (C). Esso fondamentalmente costituisce una misura del criterio di risposta del partecipante, ovvero della sua tendenza generale a scegliere più spesso una tra le due possibili opzioni di responso. I criteri sono stati riportati relativamente a ciascun partecipante per ognuno dei 9 giorni di allenamento. È stato effettuato anche in questo caso un calcolo delle pendenze (*slope*) e dei valori R^2 corrispondenti.

GRUPPO ORIENTAZIONE (GRUPPO 1)

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	TOT
<i>M</i>	0.16	0.277	0.231	0.184	0.213	0.187	0.193	0.155	0.177	0.197
<i>DS</i>	0.199	0.152	0.198	0.16	0.174	0.176	0.199	0.188	0.174	0.177

Tabella 7. *M* (media) e *DS* (deviazione standard) calcolate per i valori *C* relativamente a 9 giorni di allenamento nel gruppo "orientazione".

GRUPPO FASE (GRUPPO 2)

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	TOT
<i>M</i>	0.68	0.508	0.295	0.228	0.089	0.066	0.119	- 0.01	- 0.07	0.212
<i>DS</i>	0.425	0.432	0.218	0.243	0.258	0.316	0.47	0.452	0.44	0.421

Tabella 8. *M* (media) e *DS* (deviazione standard) calcolate per i valori *C* relativamente a 9 giorni di allenamento nel gruppo “fase”.

GRUPPO CONFIGURAZIONE (GRUPPO 3)

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	TOT
<i>M</i>	0.492	0.357	0.238	- 0.01	- 0.15	- 0.45	- 0.46	- 0.6	- 0.65	- 0.14
<i>DS</i>	0.447	0.505	0.336	0.549	0.817	0.358	0.46	0.329	0.335	0.59

Tabella 9. *M* (media) e *DS* (deviazione standard) calcolate per i valori *C* relativamente a 9 giorni di allenamento nel gruppo “configurazione”.

GRUPPO ORIENTAZIONE (GRUPPO 1)

PARTECIPANTI	SLOPE	R²
P1	- 0.005	0.059
P2	0.005	0.017
P3	0.005	0.022
P4	- 0.013	0.054
P5	- 0.024	0.279
P6	0.023	0.249
P7	0.009	0.043
P8	0.024	0.188
P9	- 0.008	0.116
P10	- 0.034	0.283
P11	- 0.051	0.646
<i>M</i>	- 0.006	0.178
<i>DS</i>	0.023	0.186

Tabella 10. Pendenze (*slope*) e *R²* calcolati sulla base dei valori *C* nel gruppo “orientazione”.

GRUPPO FASE (GRUPPO 2)

PARTECIPANTI	SLOPE	R²
P1	- 0.01	0.051
P2	- 0.086	0.958
P3	- 0.098	0.925
P4	- 0.134	0.938
P5	- 0.143	0.924
P6	- 0.167	0.861
P7	0.028	0.051
<i>M</i>	- 0.087	0.672
<i>DS</i>	0.072	0.426

Tabella 11. Pendenze (slope) e R² calcolati sulla base dei valori C nel gruppo “fase”.

GRUPPO CONFIGURAZIONE (GRUPPO 3)

PARTECIPANTI	SLOPE	R²
P1	- 0.252	0.951
P2	- 0.174	0.731
P3	- 0.071	0.497
P4	- 0.121	0.835
<i>M</i>	- 0.155	0.753
<i>DS</i>	0.077	0.193

Tabella 12. Pendenze (slope) e R² calcolati sulla base dei valori C nel gruppo “configurazione”.

È stato verificato un effetto del criterio utilizzando un t-test con correzione di Bonferroni per stabilire se i gruppi si differenziano da 0 (valore 0 indica nessun apprendimento). I risultati hanno mostrato una significatività statistica nel gruppo 2 ovvero nel gruppo “fase” ($t_{(6)} = 3.2$, $p = 0.018$, d di Cohen = 1.2) e nel gruppo 3 ovvero nel gruppo “configurazione” ($t_{(3)} = 3.99$, $p = 0.028$, d di Cohen = 1.9). In seguito, considerando direttamente i valori del criterio ed analizzando i cambiamenti relativi ad esso nei vari giorni e nei vari gruppi è stata effettuata un’analisi della varianza (ANOVA) con Gruppo come fattore *between* (ovvero tra i partecipanti) a 3 livelli e Giorno come fattore *within* (ovvero entro i partecipanti) a 9 livelli. L’ipotesi di sfericità è stata valutata tramite il test di Mauchly e, quando non rispettata, è stata applicata la correzione di Greenhouse-Geisser. Il fattore principale Giorno è risultato significativo ($F_{(2.1717,51.623)} = 22.26$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = 0.54$) mentre il fattore Gruppo non è risultato significativo. L’interazione Giorno \times Gruppo ha dimostrato una significatività statistica ($F_{(5.434,51.623)} = 6.88$, $p <$

0.001, $\eta^2_p = 0.42$). Osservando in dettaglio anche le medie dei valori C corrispondenti ai vari gruppi è stato possibile notare che soltanto la media relativa al gruppo 3 ovvero al gruppo “configurazione” ($M = -0.14$, $DS = 0.59$) è negativa e pertanto indica un criterio che diviene più liberale al trascorrere dei giorni di allenamento.

3.3. Tempo di reazione

I tempi di reazione (TR) nel dare la risposta sono stati misurati e registrati durante il training di ricerca visiva relativamente a ciascun partecipante per ognuno dei 9 giorni di allenamento. È stato effettuato un calcolo delle pendenze (*slope*) basate sul tempo di reazione e dei valori R^2 corrispondenti.

GRUPPO ORIENTAZIONE (GRUPPO 1)

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	TOT
<i>M</i>	0.95	0.706	0.676	0.633	0.595	0.587	0.569	0.581	0.571	0.652
<i>DS</i>	0.6	0.241	0.208	0.158	0.13	0.152	0.132	0.195	0.169	0.275

Tabella 13. *M* (media) e *DS* (deviazione standard) calcolate per i valori TR relativamente a 9 giorni di allenamento nel gruppo “orientazione”.

GRUPPO FASE (GRUPPO 2)

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	TOT
<i>M</i>	9.873	8.046	6.384	5.528	5.639	5.39	6.477	6.64	5.312	6.589
<i>DS</i>	6.257	5.585	3.897	3.446	3.305	2.441	3.796	3.159	1.425	3.957

Tabella 14. *M* (media) e *DS* (deviazione standard) calcolate per i valori TR relativamente a 9 giorni di allenamento nel gruppo “fase”.

GRUPPO CONFIGURAZIONE (GRUPPO 3)

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	TOT
<i>M</i>	5.047	2.724	1.578	1.692	1.884	1.446	1.211	1.243	1.339	2.018
<i>DS</i>	4.948	2.58	0.562	0.762	0.841	0.615	0.21	0.332	0.554	2.062

Tabella 15. *M* (media) e *DS* (deviazione standard) calcolate per i valori TR relativamente a 9 giorni di allenamento nel gruppo “configurazione”.

GRUPPO ORIENTAZIONE (GRUPPO 1)

PARTECIPANTI	SLOPE	R²
P1	- 0.004	0.262
P2	- 0.023	0.512
P3	- 0.037	0.445
P4	- 0.023	0.356
P5	- 0.02	0.583
P6	- 0.039	0.894
P7	- 0.016	0.912
P8	- 0.029	0.549
P9	- 0.142	0.428
P10	- 0.031	0.895
P11	- 0.029	0.751
<i>M</i>	- 0.036	0.599
<i>DS</i>	0.036	0.231

Tabella 16. Pendenze (slope) e R² calcolati sulla base dei valori TR nel gruppo “orientazione”.

GRUPPO FASE (GRUPPO 2)

PARTECIPANTI	SLOPE	R²
P1	- 0.262	0.412
P2	- 0.359	0.674
P3	- 0.192	0.239
P4	- 0.803	0.574
P5	- 1.57	0.817
P6	0.081	0.16
P7	0.414	0.115
<i>M</i>	- 0.385	0.427
<i>DS</i>	0.644	0.271

Tabella 17. Pendenze (slope) e R² calcolati sulla base dei valori TR nel gruppo “fase”.

GRUPPO CONFIGURAZIONE (GRUPPO 3)

PARTECIPANTI	SLOPE	R²
P1	- 0.061	0.748
P2	- 0.274	0.442
P3	- 0.948	0.555
P4	- 0.068	0.588
<i>M</i>	- 0.338	0.583
<i>DS</i>	0.419	0.127

Tabella 18. Pendenze (slope) e R² calcolati sulla base dei valori TR nel gruppo “configurazione”.

È stato verificato un effetto del tempo di reazione utilizzando un t-test con correzione di Bonferroni per stabilire se i gruppi si differenziano da 0 (valore 0 indica nessun apprendimento). I risultati hanno mostrato una significatività statistica soltanto nel gruppo 1 ovvero nel gruppo “orientazione” ($t_{(10)} = 3.26, p = 0.009, d$ di Cohen = 0.98). Osservando in dettaglio le medie delle pendenze calcolate sulla base del tempo di reazione è stato possibile notare che in particolare la media relativa al gruppo 1 ovvero al gruppo “orientazione” ($M = -0.04, DS = 0.04$) rappresenta una pendenza negativa, vale a dire un tempo di reazione in diminuzione (e quindi risposte più veloci) al trascorrere dei giorni di allenamento. In seguito, considerando direttamente i valori del tempo di reazione ed analizzando i cambiamenti relativi ad esso nei vari giorni e nei vari gruppi è stata effettuata un’analisi della varianza (ANOVA) con Gruppo come fattore *between* (ovvero tra i partecipanti) a 3 livelli e Giorno come fattore *within* (ovvero entro i partecipanti) a 9 livelli. L’ipotesi di sfericità è stata valutata tramite il test di Mauchly e, quando non rispettata, è stata applicata la correzione di Greenhouse-Geissner. Il fattore principale Giorno è risultato significativo ($F_{(1,913,36,34)} = 7.97, p = 0.002, \eta^2_p = 0.3$) e questo indica che generalmente il tempo di reazione diminuisce al trascorrere dei giorni. È emersa una significatività anche in relazione al fattore Gruppo ($F_{(2,19)} = 20, p < 0.001, \eta^2_p = 0.68$) e il test di confronti multipli (ossia un post-hoc t-test con correzione di Bonferroni) ha dimostrato una differenza significativa tra il gruppo 1 ovvero il gruppo “orientazione” e il gruppo 2 ovvero il gruppo “fase” ($p < 0.001$) indicando tempi di reazione minori nel primo gruppo rispetto al secondo e, inoltre, una differenza significativa anche tra il gruppo 2 ovvero il gruppo “fase” e il gruppo 3 ovvero il gruppo “configurazione” ($p = 0.004$) indicando tempi di reazione maggiori nel secondo gruppo rispetto al terzo. Questo appare visibile osservando in dettaglio le medie dei tempi di reazione corrispondenti ai vari gruppi ovvero “orientazione” ($M = 0.65, DS = 0.28$), “fase” ($M = 6.59, DS = 3.96$) e “configurazione” ($M = 2.02, DS = 2.06$) notando che $M_{G1} < M_{G2}$ e $M_{G2} > M_{G3}$ appunto. L’interazione Giorno \times Gruppo indagata tramite l’ANOVA precedente non ha mostrato risultati statisticamente significativi.

3.4. Risposte non date

Le risposte non date (RND) equivalgono al numero di prove nelle quali un osservatore non ha fornito nessuna risposta di alcun tipo in tempo utile. Esse sono state registrate

durante il training di ricerca visiva relativamente a ciascun partecipante per ognuno dei 9 giorni di allenamento. È stato effettuato anche un calcolo delle pendenze (*slope*) basate sulle risposte non date e dei valori R^2 corrispondenti.

GRUPPO ORIENTAZIONE (GRUPPO 1)

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	TOT
<i>M</i>	1.364	0.182	0.273	0	0	0	0	0.091	0.091	0.222
<i>DS</i>	2.378	0.405	0.647	0	0	0	0	0.302	0.302	0.91

Tabella 19. M (media) e DS (deviazione standard) calcolate per i valori RND relativamente a 9 giorni di allenamento nel gruppo "orientazione".

GRUPPO FASE (GRUPPO 2)

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	TOT
<i>M</i>	48.286	33	20.429	15.571	16.286	16.714	25.857	26.143	13.571	23.984
<i>DS</i>	55.68	48.446	30.55	25.631	22.831	18.554	32.272	28.899	10.261	32.676

Tabella 20. M (media) e DS (deviazione standard) calcolate per i valori RND relativamente a 9 giorni di allenamento nel gruppo "fase".

GRUPPO CONFIGURAZIONE (GRUPPO 3)

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	TOT
<i>M</i>	34.75	13	3	3.75	5.5	2.75	0.5	0.75	2.25	7.361
<i>DS</i>	48.155	24.042	3.83	5.679	5.802	4.193	1	0.957	3.304	19.158

Tabella 21. M (media) e DS (deviazione standard) calcolate per i valori RND relativamente a 9 giorni di allenamento nel gruppo "configurazione".

GRUPPO ORIENTAZIONE (GRUPPO 1)

PARTECIPANTI	SLOPE	R²
P1	0	0
P2	0.033	0.04
P3	- 0.133	0.3
P4	- 0.133	0.3
P5	0	0
P6	0	0
P7	0	0
P8	- 0.133	0.3
P9	- 0.6	0.4
P10	- 0.067	0.3
P11	- 0.05	0.169
<i>M</i>	- 0.098	0.164
<i>DS</i>	0.177	0.159

Tabella 22. Pendenze (slope) e R² calcolati sulla base dei valori RND nel gruppo “orientazione”.

GRUPPO FASE (GRUPPO 2)

PARTECIPANTI	SLOPE	R²
P1	- 0.983	0.232
P2	- 1.321	0.267
P3	- 0.967	0.238
P4	- 5.2	0.382
P5	- 13.7	0.785
P6	0.733	0.3
P7	3.9	0.162
<i>M</i>	- 2.505	0.338
<i>DS</i>	5.63	0.208

Tabella 23. Pendenze (slope) e R² calcolati sulla base dei valori RND nel gruppo “fase”.

GRUPPO CONFIGURAZIONE (GRUPPO 3)

PARTECIPANTI	SLOPE	R²
P1	- 0.05	0.075
P2	- 2.2	0.379
P3	- 9.067	0.544
P4	- 0.2	0.3
<i>M</i>	- 2.879	0.325
<i>DS</i>	4.239	0.195

Tabella 24. Pendenze (slope) e R² calcolati sulla base dei valori RND nel gruppo “configurazione”.

È stato verificato un effetto delle risposte non date utilizzando un t-test con correzione di Bonferroni per stabilire se i gruppi si differenziano da 0 (valore 0 indica nessun apprendimento). I risultati non hanno mostrato alcuna significatività statistica in nessun gruppo e questo indica che non è avvenuto un cambiamento nelle pendenze relative alle risposte non date al trascorrere dei 9 giorni di allenamento. In seguito, considerando direttamente le risposte non date ed analizzando i cambiamenti relativi ad esse nei vari giorni e nei vari gruppi è stata effettuata un'analisi della varianza (ANOVA) con Gruppo come fattore *between* (ovvero tra i partecipanti) a 3 livelli e Giorno come fattore *within* (ovvero entro i partecipanti) a 9 livelli. L'ipotesi di sfericità è stata valutata tramite il test di Mauchly e, quando non rispettata, è stata applicata la correzione di Greenhouse-Geisser. Il fattore principale Giorno è risultato significativo ($F_{(1.693,32.171)} = 6.07, p = 0.008, \eta^2_p = 0.24$) e questo indica che generalmente le risposte non date diminuiscono al trascorrere dei giorni. È emersa una significatività statistica anche in relazione al fattore Gruppo ($F_{(2,19)} = 4.7, p = 0.022, \eta^2_p = 0.33$) e il test di confronti multipli (ossia un post-hoc t-test con correzione di Bonferroni) ha dimostrato una differenza significativa tra il gruppo 1 ovvero il gruppo "orientazione" e il gruppo 2 ovvero il gruppo "fase" ($p = 0.019$) indicando un numero di risposte non date minore nel primo gruppo rispetto al secondo. Questo appare visibile osservando in dettaglio le medie delle risposte non date corrispondenti a tali gruppi ovvero "orientazione" ($M = 0.22, DS = 0.91$) e "fase" ($M = 23.98, DS = 32.68$) notando che $M_{G1} < M_{G2}$ appunto. Il gruppo 3 ovvero il gruppo "configurazione" ($M = 7.36, DS = 19.15$) si colloca invece in una posizione intermedia rispetto ai due precedenti in termini di numero di risposte non date. L'interazione Giorno \times Gruppo indagata tramite l'ANOVA sopra presentata non ha mostrato risultati statisticamente significativi.

3.5. Training di ricerca visiva e abilità di lettura

Una volta considerati tutti gli aspetti precedenti relativi al training stesso di ricerca visiva, si è ritenuto opportuno verificare eventuali effetti emersi in relazione alla lettura. In merito all'analisi delle prestazioni al pre-test e post-test riguardanti le abilità di lettura ed eventuali cambiamenti apportati rispetto ad esse è stato necessario tenere in considerazione la presenza di 4 diversi gruppi di partecipanti: i 3 gruppi precedenti corrispondenti alle differenti versioni di training assegnate (orientazione, fase e

configurazione) e 1 gruppo di controllo composto invece da persone le quali a distanza dello stesso numero di giorni effettuavano soltanto pre-test e post-test con prove di lettura senza svolgere alcun tipo di allenamento neurovisivo durante il periodo intermedio. I due principali aspetti considerati nella prestazione con riferimento alle abilità di lettura sono stati il tempo (velocità di lettura) e il numero di errori (accuratezza nella lettura).

3.5.1. Tempo di lettura

In relazione all'analisi del tempo di lettura in pre-test e post-test riguardante la prova 2 (prova di lettura di parole) estratta dalla batteria DDE-2 di Sartori e colleghi (1995, 2007) è stata effettuata un'analisi della varianza (ANOVA) con Gruppo come fattore *between* (ovvero tra i partecipanti) a 4 livelli e Pre-Post come fattore *within* (ovvero entro i partecipanti) a 2 livelli. L'ipotesi di sfericità è stata valutata tramite il test di Mauchly e, quando non rispettata, è stata applicata la correzione di Greenhouse-Geissner. Il fattore Pre-Post ha riportato un effetto significativo ($F_{(1,26)} = 15.12, p = 0.001, \eta^2_p = 0.37$) mentre il fattore Gruppo non è risultato significativo. In un'ottica molto interessante l'interazione Pre-Post \times Gruppo ha mostrato invece una significatività statistica ($F_{(3,26)} = 3.33, p = 0.035, \eta^2_p = 0.28$) e il test di confronti a coppie (ossia un post-hoc t-test con correzione di Bonferroni) ha messo in evidenza una differenza significativa tra pre-test e post-test per quanto riguarda il gruppo 2 ovvero il gruppo "fase" ($p = 0.001$) e il gruppo 3 ovvero il gruppo "configurazione" ($p = 0.018$). Questo indica chiaramente che soltanto i partecipanti che si sono allenati con il compito di ricerca visiva versione "fase" o con il compito di ricerca visiva versione "configurazione" hanno ottenuto un miglioramento significativo tra pre-test e post-test (quindi successivamente allo svolgimento del training) in relazione al tempo di lettura di parole. In riferimento ad esso si registra quindi una diminuzione nonché una maggior velocità di lettura.

PROVA 2 (LETTURA DI PAROLE)

GRUPPO	<i>M</i> pre-test	<i>DS</i> pre-test	<i>M</i> post-test	<i>DS</i> post-test
G1	51.106	9.739	50.645	10.513
G2	47.316	7.501	42.163	4.691
G3	55.31	11.129	50.693	8.642
G4	45.663	9.333	44.834	7.416

Tabella 25. *M* (media) e *DS* (deviazione standard) del tempo di lettura indicato in secondi calcolate per pre-test e post-test nella prova 2 (lettura di parole).

In simile modo, anche riguardo all'analisi del tempo di lettura in pre-test e post-test relativamente alla prova 3 (prova di lettura di non parole) estratta dalla batteria DDE-2 di Sartori e colleghi (1995, 2007) è stata effettuata un'analisi della varianza (ANOVA) con Gruppo come fattore *between* (ovvero tra i partecipanti) a 4 livelli e Pre-Post come fattore *within* (ovvero entro i partecipanti) a 2 livelli. L'ipotesi di sfericità è stata valutata tramite il test di Mauchly e, quando non rispettata, è stata applicata la correzione di Greenhouse-Geissner. Il fattore Pre-Post ha riportato un effetto significativo ($F_{(1,26)} = 26.8, p = 0.001, \eta^2_p = 0.5$) mentre il fattore Gruppo e l'interazione Pre-Post \times Gruppo non hanno mostrato alcuna significatività statistica. Questo indica un generale miglioramento tra pre-test e post-test in termini di aumento della velocità di lettura di non parole (prova 3). Tuttavia, non sembrerebbe possibile definire con precisione tale miglioramento in riferimento al fattore Gruppo e all'interazione Pre-Post \times Gruppo.

PROVA 3 (LETTURA DI NON PAROLE)

GRUPPO	<i>M</i> pre-test	<i>DS</i> pre-test	<i>M</i> post-test	<i>DS</i> post-test
G1	35.715	5.826	32.728	5.991
G2	34.634	10.255	30.211	9.446
G3	38.53	11.144	34.45	9.961
G4	30.804	11.119	29.544	9.411

Tabella 26. *M* (media) e *DS* (deviazione standard) del tempo di lettura indicato in secondi calcolate per pre-test e post-test nella prova 3 (lettura di non parole).

Infine, relativamente all'analisi del tempo di lettura in pre-test e post-test riguardante la prova di decisione lessicale DLC di Caldarola e colleghi (2012) è stata effettuata

un'analisi della varianza (ANOVA) con Gruppo come fattore *between* (ovvero tra i partecipanti) a 4 livelli e Pre-Post come fattore *within* (ovvero entro i partecipanti) a 2 livelli. L'ipotesi di sfericità è stata valutata tramite il test di Mauchly e, quando non rispettata, è stata applicata la correzione di Greenhouse-Geissner. In questo caso, nuovamente, il fattore Pre-Post ha riportato un effetto significativo ($F_{(1,26)} = 12.32, p = 0.002, \eta^2_p = 0.32$) mentre il fattore Gruppo e l'interazione Pre-Post \times Gruppo non hanno mostrato alcuna significatività statistica. Quindi, anche in relazione alla prova DLC, emerge un generale miglioramento in termini di aumento della velocità di lettura tra pre-test e post-test. Tuttavia, non sembrerebbe possibile definire con precisione tale miglioramento in riferimento al fattore Gruppo e all'interazione Pre-Post \times Gruppo.

PROVA DLC (DECISIONE LESSICALE)

GRUPPO	<i>M</i> pre-test	<i>DS</i> pre-test	<i>M</i> post-test	<i>DS</i> post-test
G1	1.287	0.321	1.144	0.253
G2	1.37	0.297	1.161	0.123
G3	1.355	0.132	1.255	0.146
G4	1.009	0.382	0.915	0.401

Tabella 27. *M* (media) e *DS* (deviazione standard) del tempo di lettura indicato in minuti calcolate per pre-test e post-test nella prova DLC (decisione lessicale).

3.5.2. Errori

In relazione all'analisi del numero di errori in pre-test e post-test riguardante la prova 2 (prova di lettura di parole) estratta dalla batteria DDE-2 di Sartori e colleghi (1995, 2007) è stata effettuata un'analisi della varianza (ANOVA) con Gruppo come fattore *between* (ovvero tra i partecipanti) a 4 livelli e Pre-Post come fattore *within* (ovvero entro i partecipanti) a 2 livelli. L'ipotesi di sfericità è stata valutata tramite il test di Mauchly e, quando non rispettata, è stata applicata la correzione di Greenhouse-Geissner. Il fattore Pre-Post ha riportato un effetto significativo ($F_{(1,26)} = 4.56, p = 0.042, \eta^2_p = 0.15$) mentre il fattore Gruppo e l'interazione Pre-Post \times Gruppo non hanno mostrato alcuna significatività statistica. Questo indica un generale miglioramento tra pre-test e post-test in termini di diminuzione del numero di errori nella lettura di parole. Tuttavia, non

sembrerebbe possibile definire con precisione tale miglioramento in riferimento al fattore Gruppo e all'interazione Pre-Post × Gruppo.

PROVA 2 (LETTURA DI PAROLE)

GRUPPO	<i>M</i> pre-test	<i>DS</i> pre-test	<i>M</i> post-test	<i>DS</i> post-test
G1	1.182	1.401	1.091	1.514
G2	2	1.291	1.571	0.976
G3	1.5	1.732	1	0
G4	0.875	0.835	0.375	0.518

Tabella 28. *M* (media) e *DS* (deviazione standard) del numero di errori calcolate per pre-test e post-test nella prova 2 (lettura di parole).

In simile modo, anche riguardo all'analisi del numero di errori in pre-test e post-test relativamente alla prova 3 (prova di lettura di non parole) estratta dalla batteria DDE-2 di Sartori e colleghi (1995, 2007) è stata effettuata un'analisi della varianza (ANOVA) con Gruppo come fattore *between* (ovvero tra i partecipanti) a 4 livelli e Pre-Post come fattore *within* (ovvero entro i partecipanti) a 2 livelli. L'ipotesi di sfericità è stata valutata tramite il test di Mauchly e, quando non rispettata, è stata applicata la correzione di Greenhouse-Geissner. Il fattore Pre-Post ha riportato un effetto significativo ($F_{(1,26)} = 4.27, p = 0.049, \eta^2_p = 0.14$) mentre il fattore Gruppo e l'interazione Pre-Post × Gruppo non hanno mostrato alcuna significatività statistica. Questo indica un generale miglioramento tra pre-test e post-test in termini di diminuzione del numero di errori nella lettura di non parole. Tuttavia, non sembrerebbe possibile definire con precisione tale miglioramento in riferimento al fattore Gruppo e all'interazione Pre-Post × Gruppo.

PROVA 3 (LETTURA DI NON PAROLE)

GRUPPO	<i>M</i> pre-test	<i>DS</i> pre-test	<i>M</i> post-test	<i>DS</i> post-test
G1	3.182	1.662	3.455	2.697
G2	2.714	1.704	2.429	1.512
G3	3.75	0.957	2.5	1.915
G4	2	2.138	0.5	0.535

Tabella 29. *M* (media) e *DS* (deviazione standard) del numero di errori calcolate per pre-test e post-test nella prova 3 (lettura di non parole).

Infine, relativamente all'analisi del numero di errori in pre-test e post-test riguardante la prova di decisione lessicale DLC di Caldarola e colleghi (2012) è stata effettuata un'analisi della varianza (ANOVA) con Gruppo come fattore *between* (ovvero tra i partecipanti) a 4 livelli e Pre-Post come fattore *within* (ovvero entro i partecipanti) a 2 livelli. L'ipotesi di sfericità è stata valutata tramite il test di Mauchly e, quando non rispettata, è stata applicata la correzione di Greenhouse-Geissner. In questo caso, né il fattore Pre-Post né il fattore Gruppo né l'interazione Pre-Post × Gruppo hanno mostrato alcuna significatività statistica.

PROVA DLC (DECISIONE LESSICALE)

GRUPPO	<i>M</i> pre-test	<i>DS</i> pre-test	<i>M</i> post-test	<i>DS</i> post-test
G1	0.909	1.446	0.818	0.603
G2	1	1.826	0.857	1.069
G3	0.25	0.5	0	0
G4	0	0	0	0

Tabella 30. *M* (media) e *DS* (deviazione standard) del numero di errori calcolate per pre-test e post-test nella prova DLC (decisione lessicale).

3.6. Anni di scolarità e prestazione in pre-test e post-test di lettura

È stato ritenuto utile ed interessante, in aggiunta alle analisi precedenti, riportare per ciascun partecipante i corrispettivi anni di scolarità calcolati a partire dalla scuola primaria. È stata quindi verificata una correlazione tra scolarità e prestazione al pre-test e post-test con prove di lettura. In primo luogo è stata necessariamente calcolata la differenza tra prestazione al post-test e prestazione al pre-test intesa come guadagno in termini di tempo di lettura oppure di numero di errori, a seconda dell'aspetto considerato.

3.6.1. Anni di scolarità e tempo di lettura

Il primo aspetto analizzato relativamente alle abilità di lettura è stato il tempo, calcolando la differenza tra prestazione al post-test e prestazione al pre-test per i partecipanti appartenenti a ciascun gruppo e riguardo ad ognuna delle prove di lettura effettuate. È stata quindi verificata una correlazione con gli anni di scolarità. In primo luogo si è svolta

tale analisi specifica considerando la prova 2 (prova di lettura di parole) estratta dalla batteria DDE-2 di Sartori e colleghi (1995, 2007).

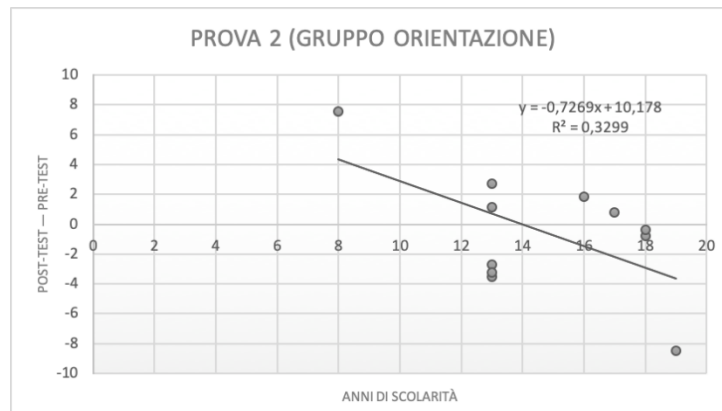


Figura 6. Esempio di correlazione tra anni di scolarità (asse x) e differenza tra post-test e pre-test (asse y) relativamente al gruppo “orientazione” nella prova 2 (lettura di parole).

È stata evidenziata, per quanto riguarda la lettura di parole e unicamente in riferimento ai 3 gruppi che hanno svolto il training di ricerca visiva, una correlazione negativa tra anni di scolarità e differenza tra prestazione al post-test e prestazione al pre-test intesa come guadagno in termini di tempo di lettura. Questo significa che all’aumentare degli anni di scolarità sembrerebbe aumentare anche il beneficio ottenuto al post-test relativamente ad una maggiore velocità nella lettura di parole. Il gruppo di controllo ha mostrato invece una correlazione positiva. In questo senso, tuttavia, si è chiaramente reso necessario effettuare anche un calcolo del p-value corrispondente a tali regressioni al fine di verificare un’effettiva significatività o meno dell’analisi statistica in questione.

PROVA 2 (LETTURA DI PAROLE)

GRUPPO	adjR²	P-VALUE	SLOPE
G1	0.255	0.065	- 0.727
G2	0.379	0.084	- 1.276
G3	0.052	0.393	- 2.041
G4	0.302	0.091	0.759

Tabella 31. R² aggiustato, p-value e pendenza della correlazione tra anni di scolarità e differenza tra post-test e pre-test in termini di tempo di lettura relativamente ai 4 gruppi nella prova 2 (parole).

Il p-value non è risultato significativo ($p < 0.05$) in alcun gruppo pertanto, in questo specifico caso, non viene indicata nessuna correlazione statisticamente significativa.

In seguito, si è passati a considerare la prova 3 (prova di lettura di non parole) estratta dalla batteria DDE-2 di Sartori e colleghi (1995, 2007). È emersa una correlazione negativa tra anni di scolarità e differenza tra prestazione al post-test e prestazione al pre-test intesa come guadagno in termini di tempo di lettura soltanto in relazione al gruppo 1 ovvero al gruppo “orientazione” e al gruppo 2 ovvero al gruppo “fase”. Il gruppo 3 ovvero il gruppo “configurazione” e il gruppo 4 ovvero il gruppo di controllo “no training” hanno evidenziato invece una correlazione positiva.

PROVA 3 (LETTURA DI NON PAROLE)

GRUPPO	adjR²	P-VALUE	SLOPE
G1	0.569	0.004	- 0.841
G2	0	0.888	- 0.091
G3	0.056	0.391	1.902
G4	0	0.365	0.543

Tabella 32. R² aggiustato, p-value e pendenza della correlazione tra anni di scolarità e differenza tra post-test e pre-test in termini di tempo di lettura relativamente ai 4 gruppi nella prova 3 (non parole).

Il p-value ha indicato una correlazione significativa soltanto nel gruppo 1 ovvero nel gruppo “orientazione” ($p = 0.004$). Questo ha dimostrato che in tale gruppo e in tale prova di lettura di non parole (prova 3) sussiste in maniera statisticamente significativa una correlazione negativa tra anni di scolarità e differenza tra prestazione al post-test e prestazione al pre-test: all’aumentare degli anni di scolarità sembrerebbe aumentare anche il guadagno ottenuto relativo ad una maggiore velocità nella lettura di non parole.

Infine, si è verificata la medesima correlazione anche in riferimento alla prova di decisione lessicale DLC di Caldarola e colleghi (2012) ed è stata rilevata in tutti i gruppi una correlazione negativa tra anni di scolarità e differenza tra prestazione al post-test e prestazione al pre-test intesa come guadagno in termini di tempo di lettura.

PROVA DLC (DECISIONE LESSICALE)

GRUPPO	adjR²	P-VALUE	SLOPE
G1	0.169	0.116	- 0.037
G2	0	0.45	- 0.031
G3	0	0.672	- 0.025
G4	0	0.995	- 0.002

Tabella 33. R² aggiustato, p-value e pendenza della correlazione tra anni di scolarità e differenza tra post-test e pre-test in termini di tempo di lettura relativamente ai 4 gruppi nella prova DLC.

Il p-value non è risultato significativo ($p < 0.05$) in alcun gruppo pertanto, anche in questo caso, non è stata indicata nessuna correlazione statisticamente significativa.

3.6.2. Anni di scolarità e numero di errori

Il secondo aspetto analizzato relativamente alle abilità di lettura è stato il numero di errori, calcolando la differenza tra prestazione al post-test e prestazione al pre-test per i partecipanti appartenenti a ciascun gruppo e riguardo ad ognuna delle prove di lettura effettuate. È stata quindi verificata, anche in questo caso, una correlazione con gli anni di scolarità. In primo luogo si è svolta tale analisi specifica considerando la prova 2 (prova di lettura di parole) estratta dalla batteria DDE-2 di Sartori e colleghi (1995, 2007) ed è stata evidenziata una correlazione negativa unicamente in riferimento ai 3 gruppi che hanno svolto il training di ricerca visiva. Il gruppo di controllo ha mostrato invece una correlazione positiva.

PROVA 2 (LETTURA DI PAROLE)

GRUPPO	adjR²	P-VALUE	SLOPE
G1	0	0.88	- 0.013
G2	0.056	0.297	- 0.154
G3	0	0.698	- 0.545
G4	0.078	0.254	0.139

Tabella 34. R² aggiustato, p-value e pendenza della correlazione tra anni di scolarità e differenza tra post-test e pre-test in termini di numero di errori relativamente ai 4 gruppi nella prova 2 (parole).

Il p-value non è risultato significativo ($p < 0.05$) in alcun gruppo pertanto, nuovamente, non viene dimostrata nessuna correlazione statisticamente significativa.

In seguito, si è passati a considerare la prova 3 (prova di lettura di non parole) estratta dalla batteria DDE-2 di Sartori e colleghi (1995, 2007). In questo caso, ancora una volta, è stata evidenziata una correlazione negativa tra anni di scolarità e differenza tra prestazione al post-test e prestazione al pre-test intesa come guadagno in termini di accuratezza in riferimento ai 3 gruppi che hanno svolto il training di ricerca visiva. Il gruppo di controllo ha mostrato invece una correlazione positiva.

PROVA 3 (LETTURA DI NON PAROLE)

GRUPPO	adjR²	P-VALUE	SLOPE
G1	0.149	0.132	- 0.318
G2	0	0.657	- 0.043
G3	0	0.594	- 0.636
G4	0.08	0.25	0.465

Tabella 35. R² aggiustato, p-value e pendenza della correlazione tra anni di scolarità e differenza tra post-test e pre-test in termini di numero di errori relativamente ai 4 gruppi nella prova 3 (non parole).

Il p-value non è risultato significativo ($p < 0.05$) in alcun gruppo pertanto non è stata indicata nessuna correlazione statisticamente significativa.

Infine, si è verificata la medesima correlazione anche in riferimento alla prova di decisione lessicale DLC di Caldarola e colleghi (2012) ed è stata ottenuta per i 3 gruppi che hanno svolto il training una correlazione positiva tra anni di scolarità e differenza tra prestazione al post-test e prestazione al pre-test intesa come guadagno in termini di accuratezza. Non è stato possibile però indagare questo stesso aspetto in riferimento al gruppo di controllo, nello specifico, in quanto nessun partecipante ha mai riportato errori nella prova in questione né durante il pre-test né durante il post-test.

PROVA DLC (DECISIONE LESSICALE)

GRUPPO	adjR²	P-VALUE	SLOPE
G1	0	0.625	0.062
G2	0.307	0.114	0.248
G3	0.636	0.13	0.455
G4	-	-	-

Tabella 36. R² aggiustato, p-value e pendenza della correlazione tra anni di scolarità e differenza tra post-test e pre-test in termini di numero di errori relativamente ai 4 gruppi nella prova DLC.

Il p-value non è risultato significativo ($p < 0.05$) in alcun gruppo pertanto, anche in questo caso, non viene dimostrata nessuna correlazione statisticamente significativa.

In conclusione, tale analisi della correlazione tra anni di scolarità e differenza tra prestazione al post-test e prestazione al pre-test intesa come guadagno in termini di tempo di lettura o di numero di errori, a seconda dell'aspetto considerato, ha portato ad identificare un'unica correlazione statisticamente significativa. Essa è stata evidenziata soltanto relativamente al gruppo 1 ovvero al gruppo "orientazione" in riferimento alla lettura di non parole ($p = 0.004$). In questo caso specifico, all'aumentare degli anni di scolarità sembrerebbe aumentare anche il beneficio ottenuto al post-test relativo ad una maggiore velocità nella lettura di non parole (prova 3).

4. DISCUSSIONE

Questo progetto sperimentale si è posto l'obiettivo di esplorare un eventuale legame tra training di ricerca visiva coinvolgenti apprendimento percettivo e abilità di lettura, verificando nello specifico se tale tipologia di allenamento possa effettivamente essere in grado di produrre un qualche effetto sulla capacità di leggere come conseguenza del beneficio riscontrato in merito alle abilità visuo-spaziali implicate ed esercitate nel compito stesso di ricerca visiva. In primo luogo a causa della persistente pandemia da SARS-CoV-2 (Covid-19) non è stato possibile portare a termine una raccolta dati completa, tuttavia i risultati emersi nella presente ricerca mostrano alcuni dati preliminari che sembrano essere piuttosto rilevanti ed interessanti. In prima analisi, grazie ai vari aspetti che sono stati considerati relativamente al training stesso, è stato possibile esprimere alcune considerazioni riguardo il verificarsi dell'apprendimento percettivo. In particolare, tramite l'indice d' (d primo) si è osservata un'effettiva differenza tra le 3

diverse versioni di allenamento proposte: orientazione, fase e configurazione. In base alle prestazioni corrispondenti ai compiti di ricerca visiva è stato possibile confermare la distinzione che si era inteso appositamente creare sin dall'inizio: il compito in versione "orientazione" risulta essere il compito più semplice, il compito in versione "fase" risulta essere il compito più complesso e il compito in versione "configurazione" si colloca in una posizione intermedia rispetto ai due compiti precedenti. Il gruppo di partecipanti che migliora significativamente nell'eseguire il training al trascorrere dei 9 giorni è quello corrispondente alla versione "fase" e questo porta effettivamente a pensare che probabilmente potrebbe rendersi necessario un compito abbastanza complesso ed articolato perché questo possa essere allenante e in grado di indurre sufficiente apprendimento percettivo. Il progredire del training di giorno in giorno rende i partecipanti anche più liberali rispetto al criterio decisionale nel produrre la propria risposta, tuttavia questo sembra verificarsi soltanto per quanto riguarda il gruppo 3 ovvero il gruppo "configurazione". È possibile, in questo caso, che il compito relativo alla versione "orientazione" sia talmente facile da non produrre alcun cambiamento nel criterio e che il compito relativo alla versione "fase" sia complesso al punto tale da non consentire agli osservatori di correre maggiori rischi nel prendere una decisione relativamente alla risposta. In riferimento al training stesso di ricerca visiva, ancora una volta, è stato possibile notare che il tempo di reazione generalmente diminuisce al progredire dei giorni di allenamento. Il gruppo di partecipanti che migliora significativamente in riferimento al tempo di reazione al trascorrere dei 9 giorni è quello corrispondente alla versione "orientazione". In tale gruppo non si osserva quindi un effetto rilevante sull'accuratezza (d primo) ma viene confermato un effetto significativo in merito al tempo di reazione. Questo potrebbe essere comprensibile poiché, trattandosi di un allenamento estremamente facile, gli osservatori si trovano in una condizione di cosiddetto "effetto soffitto" (*ceiling effect*) con prestazioni che sono già verso massimi livelli per quanto riguarda l'accuratezza, tuttavia sembra evidenziarsi ancora un certo margine di miglioramento in relazione alla velocità. In riferimento al tempo di reazione nelle 3 diverse tipologie di compiti, si osservano tempi di reazione minori nel rispondere al compito nella versione "orientazione" (facile), tempi di reazione intermedi nel rispondere al compito nella versione "configurazione" (intermedia) e tempi di reazione maggiori nel rispondere al compito nella versione "fase" (complessa). Questo specifico

aspetto relativo al tempo di reazione appare quindi essere logicamente connesso al livello di difficoltà previsto dal compito di ricerca visiva in questione. È emersa una relazione simile anche in riferimento al numero di risposte non date, le quali generalmente diminuiscono al trascorrere dei giorni di allenamento. In attinenza al numero di risposte non date nelle 3 diverse tipologie di compiti, si osserva un numero di risposte non date minore nella versione “orientazione” (facile), un numero di risposte non date intermedio nella versione “configurazione” (intermedia) e un numero di risposte non date maggiore nella versione “fase” (complessa). È anche questo apparentemente in linea con il livello di difficoltà previsto dai vari compiti di ricerca visiva. In conclusione, il training sembra produrre risultati significativi di generale apprendimento più che altro in relazione alla versione “fase”, sostenendo innanzitutto la necessità di avere a disposizione un compito abbastanza complesso e sfidante per poter ottenere gli effetti auspicati. In merito alla versione “configurazione” è risultato difficile purtroppo, a causa della notevole scarsità campionaria, evidenziare maggiori e precise informazioni. È interessante ed estremamente rilevante a questo punto, soprattutto alla luce del presente elaborato, illustrare quanto emerso in relazione all’effetto dei training di ricerca visiva sulle abilità di lettura. Un allenamento di questo tipo apparentemente costituisce un compito del tutto differente e che sembra non avere nulla in comune con la capacità di leggere poiché assolutamente non include alcun coinvolgimento fonologico ed ortografico. È possibile quindi che training basati su compiti di ricerca visiva, i quali coinvolgono a loro volta l’attività del sistema magnocellulare, abbiano un qualche effetto nel migliorare le abilità di lettura come conseguenza del beneficio riscontrato dalle abilità visuo-spaziali implicate ed esercitate nel compito stesso previsto dall’allenamento? Questo è quanto sembrerebbe essere confermato dai risultati emersi con riferimento in particolar modo al tempo di lettura. Il gruppo 2 ovvero il gruppo “fase” e il gruppo 3 ovvero il gruppo “configurazione” riportano un miglioramento significativo in termini di velocità nella lettura di parole conseguente allo svolgimento del training. È pertanto sottolineata, nuovamente, una fondamentale rilevanza nel disporre di compiti che siano sufficientemente complessi ed allenanti in modo tale da ottenere risultati consistenti in termini di apprendimento percettivo e, conseguentemente, un effettivo trasferimento alle prove di lettura. Il compito in versione “orientazione”, probabilmente, non risulta essere abbastanza difficile e sfidante nell’ottica di giungere ad un apprendimento e pertanto ad

un effetto sulle abilità di lettura, confermando di fatto le ipotesi iniziali formulate nel creare appositamente diverse versioni di allenamento per poter verificare tale aspetto. Inoltre, il fatto che la versione “fase” del training di ricerca visiva sia così strettamente implicata nei risultati evidenziati sembra anche dimostrare l’esigenza di compiti che siano piuttosto articolati ed allenanti ma non necessariamente riguardanti meccanismi di integrazione di caratteristiche visive semplici dello stimolo presentato, come sostenuto invece nella ricerca di Szwed e colleghi (2012) della quale si è precedentemente trattato. In tale studio gli autori sostengono l’importanza di implementare e presentare uno stimolo target con caratteristiche di *grouping* (ovvero raggruppamento) considerando un eventuale legame tra meccanismi di integrazione di caratteristiche visive semplici di un oggetto (ad esempio in merito all’integrazione del contorno) e abilità di lettura (Szwed, Ventura, Querido, Cohen & Dehaene, 2012). La condizione sperimentale “configurazione” è stata quindi proposta in maniera mirata nell’ottica di poter verificare la presenza o meno di eventuali differenze specifiche indotte da stimoli target costituiti da una singola Gabor (come nel caso della versione “fase”) versus stimoli target costituiti da molteplici Gabor disposte in configurazione con caratteristiche di *grouping* (come nel caso della versione “configurazione”). Il lavoro qui condotto sembra suggerire che, in relazione alla capacità di leggere, risulti essere fondamentale un compito di ricerca visiva anche con target a Gabor singola e senza un’integrazione di caratteristiche visive semplici, sempre a patto però che esso sia reso sufficientemente difficile per poter osservare poi un trasferimento in relazione alle prove di lettura. In conclusione, un training di ricerca visiva notevolmente strutturato il quale può essere definito abbastanza complesso e di conseguenza allenante sembra essere in grado, almeno in base a questi dati preliminari, di apportare delle modificazioni significative relativamente alle abilità di lettura. Un ultimo aspetto interessante da considerare è la possibile correlazione tra anni di scolarità e differenza nella prestazione tra post-test e pre-test intesa come miglioramento ottenuto durante il post-test in prove di lettura. È stata osservata, nella maggior parte dei casi, una correlazione negativa tra anni di scolarità e differenza tra post-test e pre-test: ciò significa che, apparentemente, all’aumentare degli anni di scolarità sembra essere più rilevante il beneficio ottenuto in termini di prestazione al post-test. Questo risultato a primo impatto non pare confermare quelle che potrebbero essere alcune aspettative iniziali riguardo tale aspetto, secondo le quali sembrerebbe lecito attendere un

miglioramento più consistente al post-test in partecipanti con minore scolarità e che quindi, avendo avuto teoricamente una minor esperienza di lettura quanto meno a livello scolastico nel corso del tempo, potrebbero giovare maggiormente dell'effetto del training svolto. In questo caso invece, in senso contrario, sembra quasi possibile l'instaurarsi di una nuova ipotesi secondo la quale soltanto i partecipanti che contano più anni di scolarità potrebbero essere in grado di trarre un guadagno maggiore dallo svolgimento dell'allenamento in questione. Tuttavia, è necessario anche tenere presente che tale correlazione risulta essere effettivamente significativa soltanto in relazione al gruppo 1 ovvero al gruppo "orientazione" e con riferimento alla lettura di non parole. In conclusione pertanto, considerato il fatto di aver rilevato solo una significatività in una condizione, tali dati non risultano essere di facile interpretazione e non appare possibile trarre conclusioni su questo specifico aspetto. In ultima considerazione generale, i risultati emersi all'interno del presente studio sperimentale relativamente a training di ricerca visiva e abilità di lettura sembrano essere pressoché in linea con quanto dimostrato finora tramite un piccolo numero di ricerche precedenti e già preventivamente illustrate le quali, stando alle conoscenze attuali, paiono essere i principali lavori riguardanti questo specifico settore. Il recente studio di Caldani e colleghi (2020) si ritiene possa probabilmente essere, quanto meno per conoscenza, il solo progetto sperimentale rilevato comprendente un breve training basato su compiti di ricerca visiva in relazione alle abilità di lettura, tuttavia è necessario tenere in considerazione anche la presenza di un'ulteriore serie di compiti oculomotori come differenza sostanziale rispetto al lavoro presentato in questa tesi. L'allenamento, seppur quindi parzialmente diverso, si è dimostrato effettivamente utile a diminuire il tempo impiegato per leggere (Caldani, Gerard, Peyre & Bucci, 2020). Questo dato pare sostenere le considerazioni proposte a riguardo anche nella presente ricerca. I restanti studi analizzati, quando pur attinenti a varie tipologie di training proposte in relazione alle abilità di lettura, non sembrano comprendere allenamenti specificamente basati su compiti di ricerca visiva. Oltre a questo aspetto è tuttavia importante anche sottolineare come i risultati emersi internamente alla sperimentazione svolta siano strettamente collegati ai dati evidenziati mediante altra letteratura di riferimento, proponendo alcune considerazioni più ampie. Il legame tra compiti di ricerca visiva e lettura, con particolare riferimento all'attenzione visuo-spaziale, sembra essere comprovato in accordo con vari studi che considerano l'attività

di ricerca visiva una misura rappresentativa delle abilità visuo-spaziali appunto. L'importanza attribuita a tale aspetto trova una validità apparentemente universale esaminando la relazione tra prestazioni in compiti di ricerca visiva e abilità di lettura, dal momento in cui la performance nella ricerca visiva sembra essere in grado di predire la capacità di leggere partendo dalla lingua cinese (Liu, Chen & Chung, 2015) e giungendo fino a quella francese (Guilbert & Guiraud-Vinatea, 2021). In particolare, queste ricerche dimostrano un profondo legame tra accuratezza ed organizzazione della ricerca visiva e lettura: tale aspetto sembra essere in linea con quanto emerso nel presente elaborato. È difficile identificare un solo fattore il quale gioca un ruolo principale sia nella ricerca visiva sia nella lettura poiché si tratterebbe piuttosto di numerosi elementi. Una tra le considerazioni più rilevanti, tuttavia, potrebbe sicuramente essere riferita al coinvolgimento del sistema magnocellulare e quindi nuovamente alla funzionalità dell'attenzione visuo-spaziale. I neuroni visivi magnocellulari, come illustrato nei capitoli precedenti, ricoprono un'attività fondamentale in relazione al controllo visivo dell'attenzione e dei movimenti oculari (Stein, 2019) svolgendo pertanto un compito essenziale nell'allocazione delle risorse attentive, aspetto che risulta essere indispensabile sia in un contesto di ricerca visiva sia in un contesto di lettura. Questo legame è stato ampiamente dimostrato da una serie di ricerche incentrate su ricerca visiva e dislessia: generalmente partecipanti con disturbo specifico della lettura riportano prestazioni significativamente inferiori rispetto a partecipanti normo-lettori nelle attività di ricerca visiva. Il percorso magnocellulare e quindi l'attenzione visuo-spaziale costituiscono meccanismi neurali che si trovano alla base di ricerca visiva e lettura (Vidyasagar & Pammer, 1999; Moores, Cassim & Talcott, 2011). I movimenti oculari rappresentano inoltre la direzione dell'attenzione visiva nello spazio e un buon controllo di tali movimenti è essenziale per poter leggere. Uno studio condotto nell'età dello sviluppo comprendente sia compiti di ricerca visiva sia compiti di lettura evidenzia, con il progredire dell'età dei bambini, corrispondenti miglioramenti nella coordinazione delle saccadi binoculari e nella capacità di leggere (Seassau & Bucci, 2013). È possibile, pertanto, che allenare la funzione visuo-spaziale tramite compiti di ricerca visiva risulti anche in un miglioramento delle abilità di lettura, poiché quest'ultime richiedono necessariamente una simile tipologia di capacità. Questo importante collegamento è quanto sembra emergere anche dai dati presentati al termine dello studio qui proposto. È

evidente infine, data una quantità di ricerche strettamente pertinenti ad ogni modo notevolmente limitata, una certa rilevanza che le prime indagini esplorative condotte internamente a tale progetto sperimentale potrebbero potenzialmente assumere. In dettaglio, nonostante gli importanti limiti indicati nel presente lavoro come la scarsità della dimensione campionaria e la conseguente difficoltà nel conoscere la forma della distribuzione dei dati raccolti nonché nello scegliere quali adeguate tipologie di analisi statistiche effettuare, alcune delle informazioni preliminari emerse nella relazione tra training di ricerca visiva e abilità di lettura sembrano essere particolarmente interessanti. Questi primi risultati, mediante l'ideazione e lo sviluppo prossimo di ulteriori studi specificamente dedicati, potrebbero essere altresì valutati e arrivare ad acquisire una determinata solidità qualora confermati. Un tale progresso potrebbe inoltre rivelarsi utile, se comprovato a livello di efficacia clinica, anche nell'ottica di poter eventualmente giungere in futuro ad aprire nuove strade verso possibili scenari applicativi e riabilitativi inerenti alla lettura e ai disturbi ad essa correlati.

BIBLIOGRAFIA

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), 483–496.

Brainard, D. H. (1997). The psychophysics toolbox. *Spatial Vision*, *10*(4), 433–436.

Bravo, M. J., & Nakayama, K. (1992). The role of attention in different visual-search tasks. *Perception & Psychophysics*, *51*(5), 465–472.

Caldani, S., Gerard, C. L., Peyre, H., & Bucci, M. P. (2020). Visual Attentional Training Improves Reading Capabilities in Children with Dyslexia: An Eye Tracker Study During a Reading Task. *Brain Sciences*, *10*(8), 558.

Caldarola, N., Perini, N., & Cornoldi, C. (2012). DLC: a lexical decision task for the group assessment of reading decoding skills. *Dislessia, Edizioni Erickson - Trento*, *9*(1), 89–104.

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), 275–291.

Chouake, T., Levy, T., Javitt, D. C., & Lavidor, M. (2012). Magnocellular training improves visual word recognition. *Frontiers in Human Neuroscience*, *6*, 1–6.

Ciavarelli, A., Contemori, G., Battaglini, L., Barollo, M., & Casco, C. (2021). Dyslexia and the magnocellular-parvocellular coactivation hypothesis. *Vision Research*, *179*, 64–74.

Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, *108*(1), 204–256.

Czerwinski, M., Lightfoot, N., & Shiffrin, R. M. (1992). Automatization and Training in Visual Search. *The American Journal of Psychology*, *105*(2), 271–315.

Dehaene, S. (2009). *I neuroni della lettura*. Scienza E Idee. Raffaello Cortina Editore.

Denes, G. (2016). *Plasticità cerebrale. Come cambia il cervello nel corso della vita*. (Quality Paperbacks Vol. 488). Carocci Editore.

Dosher, B., & Lu, Z. L. (2017). Visual Perceptual Learning and Models. *Annual Review of Vision Science*, *3*(1), 343–363.

Eckstein, M. P. (2011). Visual search: A retrospective. *Journal of Vision*, *11*(5):14, 1–36.

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), 814–819.

Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B., & Mangun, G. R. (2013). Zani, A., & Proverbio, A. M., (a cura di). (2015). *Neuroscienze cognitive (seconda edizione italiana condotta sulla quarta edizione americana)*. Zanichelli Editore.

Grossi, D., & Trojano, L. (2011). *Lineamenti di neuropsicologia clinica*. Carocci Editore.

Guilbert, A., & Guiraud-Vinatea, H. (2021). Links between organized visual search and reading ability in French primary school children. *Dyslexia*, *28*(1), 97–109.

Iles, J., Walsh, V., & Richardson, A. (2000). Visual search performance in dyslexia. *Dyslexia*, 6(3), 163–177.

James, W. (1890). *Principi di psicologia*. Henry Holt and Company.

Lawton, T. (2011). Improving magnocellular function in the dorsal stream remediates reading deficits. *Optometry & Vision Development*, 42(3), 142–154.

Liu, D., Chen, X., & Chung, K. K. H. (2015). Performance in a Visual Search Task Uniquely Predicts Reading Abilities in Third-Grade Hong Kong Chinese Children. *Scientific Studies of Reading*, 19(4), 307–324.

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

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), 697–720.

Mapelli, D. (2019-2020). *Riabilitazione neuropsicologica (insegnamento di)*. Corso di laurea magistrale in Neuroscienze e Riabilitazione Neuropsicologica. Università degli Studi di Padova.

Mazzucchi, A. (2016). *La riabilitazione neuropsicologica. Premesse teoriche e applicazioni cliniche (terza edizione)*. EDRA LSWR.

Moores, E., Cassim, R., & Talcott, J. B. (2011). Adults with dyslexia exhibit large effects of crowding, increased dependence on cues, and detrimental effects of distractors in visual search tasks. *Neuropsychologia*, 49(14), 3881–3890.

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.

Pelli, D. G. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, *10*(4), 437–442.

Peters, J. L., de Losa, L., Bavin, E. L., & Crewther, S. G. (2019). Efficacy of dynamic visuo-attentional interventions for reading in dyslexic and neurotypical children: A systematic review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *100*, 58–76.

Peterson, R. L., & Pennington, B. F. (2012). Developmental dyslexia. *The Lancet*, *379*(9830), 1997–2007.

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

Sasaki, Y., Nanez, J. E., & Watanabe, T. (2009). Advances in visual perceptual learning And plasticity. *Nature Reviews Neuroscience*, *11*(1), 53–60.

Scheiman, M. M., & Rouse, M. W. (2006). *Optometric Management of Learning-Related Vision Problems (second edition)*. MOSBY ELSEVIER.

Seassau, M., & Bucci, M. P. (2013). Reading and Visual Search: A Developmental Study in Normal Children. *PLoS ONE*, *8*(7), e70261.

Stein, J. (2001). The magnocellular theory of developmental dyslexia. *Dyslexia*, *7*(1), 12–36.

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

Stein, J. & Walsh, V. (1997). To see but not to read; the magnocellular theory of dyslexia. *Trends in Neurosciences*, 20(4), 147–152.

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), 139–149.

Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12(1), 97–136.

Turatto, M. (2018-2019). *Plasticità e apprendimento (insegnamento di)*. Corso di laurea in Scienze e Tecniche di Psicologia Cognitiva. Università degli Studi di Trento.

Vidyasagar, T. R., & Pammer, K. (1999). Impaired visual search in dyslexia relates to the role of the magnocellular pathway in attention. *NeuroReport*, 10(6), 1283–1287.

Wolfe, J. M., & Horowitz, T. S. (2017). Five factors that guide attention in visual search. *Nature Human Behaviour*, 1(3).

APPENDICE

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.

a.a.	a.b.	b.a.	b.b.
uomo	lama	pena	fama
vino	sale	modo	ente
mano	nido	pace	fase
casa	lino	tipo	resa
pane	cero	arte	mito
palazzo	margin	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



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"/> prigione | <input type="checkbox"/> vaso | <input type="checkbox"/> palestra |
| <input type="checkbox"/> garto | <input type="checkbox"/> neve | <input type="checkbox"/> bosì |
| <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 |