

INTRODUZIONE

La mia tesi di ricerca si inserisce all'interno di un più ampio progetto ministeriale del MIUR intitolato "Musica è Scuola", che ha coinvolto le università di quattro regioni italiane, Emilia-Romagna, Veneto, Lazio e Calabria, con l'obiettivo di esaltare e incentivare il ruolo della musica come strumento formativo per la crescita psicofisica nel contesto scolastico. Nella nostra regione, in collaborazione con il Dipartimento di Neuroscienze dell'Università di Parma e con due istituti scolastici della città, con caratteristiche socio-economico-culturali simili tra loro, IC Jacopo-Sanvitale e IC Don Milani, è stato svolto uno studio di ricerca atto a valutare e ad indagare l'effetto della pratica musicale sulle competenze cognitive e motorie di bambini di scuola primaria. Nello specifico, lo studio, svoltosi durante tutto l'anno accademico 2016-2017, mira alla valutazione dell'influenza dell'insegnamento musicale in bambini di classe 3°, 4° e 5° di scuola primaria su funzioni cognitive di base (comprensione del testo, letto-scrittura e calcolo), di attenzione, di pianificazione esecutiva, funzioni sensori-motorie e prassiche e di apprendimento musicale, ognuna delle quali valutate con batterie di test specifiche per ogni dominio indagato.

Doveroso è sottolineare il fatto che questo studio di ricerca dell'Università di Parma ha preso spunto da un precedente studio del 2011 di Grant Fondazione Mariani, coordinato dalla Dott.ssa Luisa Lopez, intitolato "Ritmo e musica per riabilitare i disturbi di lettura", nel quale si è voluto verificare l'influenza della pratica musicale all'interno del contesto scolastico nell'ambito dei disturbi specifici dell'apprendimento, soprattutto per quanto riguarda la dislessia evolutiva. Il nostro studio, partendo dal presupposto che esista un interconnessione tra molti circuiti delle aree cerebrali che sottendono a determinate funzioni, ha voluto estendere l'indagine circa l'effetto della pratica musicale non solo al campo del linguaggio, come quello della lettura nella dislessia evolutiva, ma anche ad altre funzioni cognitive e motorie.

L'obiettivo della presente tesi è verificare, all'interno dello studio, una differenza significativa tra scuola sperimentale e scuola di controllo, confrontando quando possibile le relative classi, in termini di miglioramento circa apprendimenti riferiti a funzioni motorie e attentive e conseguentemente al loro affinamento all'abilità di scrittura, nel periodo compreso tra ottobre e giugno, in cui la scuola sperimentale è stata sottoposta ad un training musicale specifico, mentre la scuola di controllo ha semplicemente svolto le normali ore di musica per la scuola primaria.

Le fasi del progetto sono state le seguenti:

- All'inizio dell'anno scolastico (ottobre e novembre) somministrazione dei test per la valutazione delle funzioni da indagare alle tre classi, 3°, 4° e 5°, di entrambe le scuole del campione (T1);
- Training musicale specifico nel periodo scolastico da novembre a maggio svolto da un insegnante diplomata al conservatorio per due ore settimanali solo alle tre classi selezionate,

3°, 4° e 5°, della scuola sperimentale Jacopo-Sanvitale, consistente in pratica corale, pratica strumentale e musica d'insieme con la "Body Percussion", di contro alle normali ore curricolari di musica senza una specifica metodologia svolte dalle altre tre classi selezionate, 3°, 4° e 5°, della scuola di controllo Don Milani;

- Alla fine dell'anno scolastico (maggio e giugno) somministrazione dei medesimi test per la valutazione delle abilità da indagare alle tre classi, 3°, 4° e 5°, di entrambe le scuole del campione (T2);
- Scoring dei test e analisi dei dati con restituzione dei risultati del progetto alle insegnanti ed alle famiglie dei bambini delle due scuole.

Ipotesi di ricerca: generali e specifiche

Un training musicale strutturato può incrementare le abilità motorie di bambini di scuola primaria in compiti motori visivamente guidati? Nello specifico, le funzioni sensori-motorie, relative alla rapidità e alla precisione motoria nella coordinazione motoria fine? All'imitazione di gesti nella programmazione motoria pianificata influenzata dai feedback visuo-spaziali cinestesici per la correzione dei movimenti? All'esecuzione di sequenze motorie complesse ritmiche che richiedono una buona pianificazione e coordinazione motoria?

Lo stesso training musicale può potenziare le abilità attentive dei medesimi bambini di scuola primaria? Nello specifico, il controllo dei processi attentivi con l'inibizione motoria e l'attenzione selettiva? L'attenzione sostenuta uditiva? Infine l'interferenza cognitiva e i relativi processi inibitori in accesso che danno luogo all'inibizione della risposta automatica in favore di una risposta secondaria controllata, esemplificati nel noto effetto Stroop?

Conseguentemente all'affinamento per mezzo del training delle abilità motorie e attentive, ma soprattutto delle competenze che riguardano più prettamente il controllo motorio, è possibile evidenziare un beneficio sull'abilità di scrittura di questi bambini nei parametri che implicano un maggiore coinvolgimento del sistema motorio come effetto indiretto del training?

I CAPITOLO: PUNTI TEORICI

Le fasi di sviluppo della competenza musicale nel periodo evolutivo scolare da noi preso in esame sono le seguenti:

- 6/8 anni= elaborazione tonale e variazioni armoniche con consapevolezza musicale;
- 8/9 anni =cambiamento tonale, aspettativa di fine della melodia con la tonica e funzione sospensiva o di movimento della nota dominante;
- 10 anni = discriminazione anche minima dell'altezza delle note (schemi ritmici e scansione metrica);
- 12 anni = armonizzazione con elaborazione dell'altezza del suono.

I.1: Il contesto storico-culturale di riferimento

I laboratori musicali del progetto “Musica è scuola” si ispirano alla didattica Orff-Schulwerk che considera l'educazione musicale come un'attività in grado di coinvolgere il bambino in maniera globale, dal corpo e dal movimento alla voce, in senso emozionale e relazionale. Il percorso di insegnamento prevede un'integrazione continua tra oggetti e strumenti musicali, tra voce e canto e tra movimento e danza, con un ampio spazio riservato al “gioco creativo” in quanto stimola la partecipazione emotiva personale nel bambino. La voce, nel contesto Orff-Schulwerk, è connessa all'esperienza corporea attraverso ad esempio la Body percussion: il corpo dona ritmo ed energia alla voce, la “sostiene” e la tiene “viva (Convegno Nazionale “Musica è apprendimento” del progetto “Musica è Scuola”: Laura Facci, 2016). I laboratori del progetto, prendendo spunto anche dal metodo ideato da Emile Jacques Dalcroze, uniscono le dimensioni dello spazio, del tempo e dell'energia consentendo l'espressione del linguaggio musicale e corporeo attraverso l'esperienza percettivo-sensoriale, emotivo-affettiva, cinetico-motoria e creativo-espressiva. Questo coinvolgimento globale della persona favorisce lo sviluppo della sfera intellettuale dell'individuo, sia dal punto di vista della competenza specificatamente musicale, ad esempio per quanto riguarda la comprensione del linguaggio musicale, la capacità di ascolto e lo sviluppo della musicalità, che dal punto di vista della competenza più propriamente scolastica, come la padronanza del linguaggio verbale che si esprime ad esempio nella costruzione della frase, le cui prerogative, cantabilità, legato e articolazione, nascono, si sviluppano e si affinano proprio dalla voce cantata.

Gli obiettivi comuni prefissati nei laboratori musicali delle scuole e delle università che hanno preso parte al progetto “Musica è Scuola” sono stati i seguenti (Convegno Nazionale “Musica è apprendimento” del progetto “Musica è scuola”: Riccardo Pinotti e Adriano Lasagni, 2016):

- Sviluppare la capacità di “sentire” la musica esplorando le sonorità del corpo;
- Costruire semplici coreografie ritmiche con voce e Body percussion attraverso basi musicali;
- Stimolare il lavoro a coppie, a piccoli e a grandi gruppi tramite semplici attività di ambientamento;

- Utilizzare la Body percussion per favorire un clima di relazione e partecipazione.

Secondo il presupposto pedagogico dell'Orff-Schulwerk, al quale questi laboratori così come il nostro training musicale si ispirano, il bambino ha una predisposizione innata verso la pratica musicale dal punto di vista cognitivo ed emotivo, predisposizione che deve essere coltivata e sviluppata in ambienti di apprendimento adeguati. Questo processo mira innanzitutto a formare la percezione, il pensiero e la cognizione musicale, processo che al contempo sviluppa funzioni mentali la cui stimolazione ricade positivamente su altre aree di apprendimento.

Nella scuola italiana il rapporto tra la musica e l'educazione speciale ha l'obiettivo di favorire l'inclusione scolastica e sociale, in accordo con l'approccio volto all'integrazione nelle classi comuni di allievi con disabilità o altro bisogno educativo speciale (BES), in vigore dagli anni settanta (MIUR, 2012 e 2013). La musica proposta nella scuola sotto forma di laboratorio rappresenta uno spazio per la valorizzazione della creatività e per lo sviluppo di competenze (EU, 2006; MIUR, 2015). "Il gioco musicale" e la "didattica delle condotte" (Delalande, 1993 e 2001) incentivate nel laboratorio musicale trasformano il contesto di apprendimento creando una "zona di sviluppo prossimale" (Vygotskij, 1993) in cui gli allievi possono raggiungere il massimo grado di sviluppo delle proprie potenzialità. La valenza della musica a favore dell'inclusione è stata rilevata in numerosi studi scientifici, che hanno dato prova di quanto la musica offra alla comunità scolastica in termini di spazi sociali e culturali in cui si presti attenzione alle peculiarità di ognuno promuovendo conoscenze, abilità e competenze coerenti con la prospettiva inclusiva (Branchesi, 2003 e 2006; Rizzo e Lietti, 2013; Ferrari e Santini, 2014; Flaughnacco et al., 2014).

I.2: La musica e il linguaggio, gli studi di riferimento

In letteratura l'effetto della pratica musicale è stato indagato soprattutto nel campo del linguaggio e quindi della dislessia evolutiva, anche in relazione al fatto che i cambiamenti sonori di durata e di struttura nell'interazione diadica vanno ad influire facilmente sull'attenzione e sul linguaggio parlato (Flaughnacco e Lopez 2014 e 2015). Pennington ad esempio ha suggerito che il training musicale si caratterizza come intervento sul processo della lettura e come tale deve dimostrare l'efficacia nel migliorare anche la performance, come l'abilità stessa del leggere. In questo senso la terapia musicale dev'essere basata sul processo e non sulla performance, anche se deve dimostrare che il processo porti ad un miglioramento della performance al di là del normale percorso evolutivo. Nello studio del 2011 "Ritmo e musica per riabilitare i disturbi di lettura" di Grant Fondazione Mariani, che ha ispirato lo studio di ricerca del nostro dipartimento, diviso in 4 fasi (pre test, riabilitazione della durata di 7 mesi, post test e follow-up a 6 mesi) per due gruppi (gruppo musicale sperimentale e gruppo di pittura di controllo), sotto la guida della Dott.ssa Lopez, partendo dal presupposto che nei disturbi specifici dell'apprendimento è alterata la consapevolezza fonologica, funzione controllata dal sistema

magnocellulare e dalle aree cerebellari, e l'elaborazione temporale degli stimoli, si è dimostrato che sia la lettura di non parole che la sintesi fonemica, ma non la lettura del brano, migliorano con il training musicale in modo significativamente maggiore in un gruppo di 48 bambini dislessici rispetto ad un gruppo di pittura. Si è riscontrata anche una correlazione tra fusione fonemica, tapping delle dita e riproduzione ritmica, e tra lettura di non parole e riproduzione ritmica. Inoltre il training musicale ha portato anche a dei miglioramenti nei soggetti DSA in termini di overlap tra musica e linguaggio, di precisione, di emozionalità, di ripetizione e di attenzione uditiva.

I.3: La plasticità nelle interconnessioni cerebrali

Durante il percorso scolastico il bambino affina numerose competenze che hanno percorsi allo stesso tempo singolarmente specifici e in interazione complementare sia dal punto di vista comportamentale e funzionale che neurale, dato ampiamente supportato da vari studi di impronta neuroscientifica. In merito al focus qui trattato, molti studi dimostrano che è proprio grazie allo sfruttamento di quest'interazione tra circuiti di aree che sottendono a determinate abilità che si possono ottenere dei miglioramenti grazie all'utilizzo di training musicali, sia da un punto di vista riabilitativo, per soggetti con disturbi linguistici ad esempio (Temple et al. 2003), che da un punto di vista prettamente esplorativo in bambini scolari a sviluppo tipico. Il beneficio dell'allenamento musicale su funzioni lontane dipende però da quanto le abilità cognitive generali (funzioni esecutive, intelligenza e memoria di lavoro) sono messe in gioco dalla musica. In questo senso le mappe cerebrali vengono modificate dall'esperienza motoria grazie al fenomeno della plasticità cerebrale, modificazione che vede il coinvolgimento soprattutto della corteccia premotoria e della corteccia parietale inferiore. Esistono aree differenti per la funzione linguistica, della motricità e della capacità musicale che però condividono diversi circuiti cognitivi; Patel (2011 e 2013) sosteneva l'esistenza di reti neurali comuni tra musica e linguaggio soprattutto nei compiti di precisione. Per questo motivo un training musicale può avere effetti multipli su diverse funzioni e strutture:

- modificazione strutturale delle regioni sensori-motorie e del cervelletto (Barrett et al. 2013);
- miglioramento nella prestazione motoria, nella percezione del ritmo e nella discriminazione acustica (Schlaug et al. 2005);
- miglioramento nell'elaborazione sintattica (Jentschke e Koelsh 2009);
- miglioramento nelle capacità di lettura (Butzlaff 2000);
- miglioramento della percezione ritmica e delle capacità di lettura (Tierney e Kraus 2013);
- favorimento della plasticità neurale e di benefici cognitivi in generale (Moreno e Bidelman 2013).

Nello specifico in uno studio di Schlaug, Marchina e Norton (2009) si è dimostrato che la terapia del linguaggio basata sull'intonazione (MIT) in pazienti afasici induce una maggiore attivazione dell'emisfero destro durante compiti linguistici.

In riferimento al discorso sopra esposto dell'interconnessione cerebrale, è doveroso citare uno studio condotto da Cruddace e Riddell (2006) su due gruppi clinici di bambini con disturbo della lettura e disturbo del movimento: nel test 'Score!' sono emerse differenze significative solo nel gruppo con disturbo sia del movimento che della lettura rispetto al gruppo di controllo; nei test che valutano l'inibizione della risposta ('Walk Don't Walk') e lo switch attentivo ('Opposite words') i bambini con difficoltà di movimento con o senza disturbo di lettura hanno mostrato scarse performance rispetto al gruppo di bambini con solo il disturbo di lettura; infine nei test relativi all'attenzione selettiva non si sono riscontrate differenze tra i gruppi di bambini.

Con il discorso sopra esposto, si vuole sostenere l'ipotesi di un' interazione tra aree cerebrali diverse sottese a circuiti corticali comuni, traducibile in un' interconnessione di funzioni, come quella tra musica, sistema motorio e attenzione, discussa in questo lavoro.

I.4: La musica modula le attività cerebrali

Il suono è trasmesso attraverso molecole che vibrano ad una certa frequenza che colpiscono la membrana timpanica basilare dove la coclea nell'organo del Corti trasduce l'energia meccanica del suono in energia elettrica attraverso il passaggio in sequenza dall'orecchio esterno, medio e interno. Il flusso delle informazioni uditive va dalla coclea ai nuclei cocleari, per poi arrivare al tronco dell'encefalo e da qui alla corteccia cerebrale. Nello specifico nella coclea, le informazioni acustiche vengono trasmesse dalle cellule ciliate interne a neuroni il cui corpo cellulare si trova nel ganglio cocleare o spirale, ove origina l'organizzazione tonotopica delle vie nervose uditive. Dal ganglio cocleare, per il tramite delle fibre del nervo cocleare (VIII paio di nervi cranici), che codificano sia la frequenza sia l'intensità dei suoni, le informazioni giungono al nucleo cocleare, localizzato nella giunzione bulbo-pontina, medialmente al peduncolo cerebellare inferiore. I neuroni post-sinaptici del nucleo cocleare effettuano proiezioni alla corteccia uditiva attraverso tre vie principali: la stria acustica dorsale, la stria acustica intermedia e il corpo trapezoide che proietta ai nuclei dell'oliva superiore. In particolare il nucleo mediale ed il nucleo laterale dell'oliva superiore analizzano la provenienza dei suoni nello spazio. Assoni post-sinaptici dei nuclei dell'oliva superiore ed assoni provenienti dai nuclei cocleari, percorrenti la stria acustica dorsale e la stria acustica intermedia, proiettano attraverso il lemnisco laterale, al collicolo inferiore del mesencefalo e, da qui, al nucleo genicolato mediale del talamo. Quest'ultimo effettua proiezioni nella corteccia uditiva primaria localizzata nel giro trasverso di Heschl. La corteccia uditiva primaria contiene la rappresentazione tonotopica di tutte le frequenze caratteristiche; i neuroni sintonizzati sulle basse frequenze sono presenti all'estremità rostrale di quest'area, mentre la regione caudale comprende le cellule che rispondono alle frequenze

elevate. Le ‘colonne di sommazione’, dove i neuroni vengono eccitati dalla stimolazione di entrambe le orecchie, e le ‘colonne di soppressione’, dove i neuroni vengono eccitati dalle afferenze ipsilaterali ed inibite dalla stimolazione dell’orecchio contralaterale, suddividono la corteccia uditiva primaria, che nel suo complesso è in grado di rispondere ad ogni frequenza udibile ed ogni tipo di interazione inter-neurale. I nuclei cocleari contengono diversi tipi cellulari caratterizzati dal loro particolare albero dendritico: le *cellule stellate* rappresentano la sorgente delle risposte ritmiche alla stimolazione acustica; le *cellule a cespuglio* rispondono alle sollecitazioni acustiche con una sola risposta all’inizio del suono e forniscono informazioni accurate sulla successione temporale degli stimoli acustici, permettendo la localizzazione della sorgente dei suoni lungo l’asse orizzontale; le *cellule fusiformi* si ritiene contribuiscano a localizzare la provenienza dei suoni lungo l’asse verticale; infine le *cellule tubercolo-ventrali* inibiscono le risposte agli echi dei neuroni del nucleo cocleare ventrale.

Secondo Zatorre (2005) la musica implica il coinvolgimento di tutte le funzioni cognitive cerebrali; per fare un esempio la corteccia uditiva primaria vede un proprio adattamento in funzione del tipo di strumento musicale su cui il soggetto si specializza (Drost, Rieger, & Prinz, 2007; Lotze, Scheler, Tan, Braun, & Birbaumer, 2003).

Levitin (2008), per spiegare come il cervello possa codificare questo processo definisce “feature extraction”, la catena di eventi mentali con la quale determinati circuiti cerebrali estraggono, scompongono, trasformano i diversi segnali musicali in informazioni come “pitch”, timbro, localizzazione spaziale, intensità, riverbero, durata del tono e tempo di attacco delle note; questo tipo di codifica si configura come un processo “bottom-up” a cui successivamente subentrerebbe un processo “top-down”, tipico della corteccia frontale, che da luogo alla percezione uditiva.

Iniziando con un excursus generale sull’influenza esercita dalla musica sul sistema nervoso, sommariamente si possono elencare i seguenti punti:

- l’ascolto della musica coinvolge alcune strutture sottocorticali, quali il nucleo cocleare, il tronco dell’encefalo, il cervelletto, con afferenze poi verso la corteccia uditiva primaria;
- il riconoscimento di una musica familiare implica l’attivazione dell’ippocampo e di alcune aree della corteccia frontale inferiore;
- battere o tenere il tempo (“*tapping to the beat*”) a voce alta coinvolge il cervelletto e i gangli della base (nel caso questo venga tenuto internamente attraverso l’immaginazione viene interessata anche la corteccia supplementare motoria);
- l’uso di uno strumento implica, per la fase dell’intenzionalità e della programmazione dei movimenti, l’attivazione di aree nel lobo frontale e nella corteccia motoria; mentre per il “*feed-back*” tattile si attiva la corteccia somato-sensoriale;
- la lettura della musica attiva la corteccia visiva;
- l’ascolto ed il ricordo di testi musicati attiva i centri del linguaggio, quali le aree di Broca, di Wernicke e alcune regioni dei lobi temporale e frontale;

- le emozioni esperite coinvolgerebbero l'amigdala e il verme cerebellare nel cervelletto.

Dal 2006 al 2012 l'interesse degli studiosi si è prevalentemente focalizzato su due aspetti divenuti due ambiti di ricerca veri e propri: le "neuroscienze del tempo" e le "neuroscienze del ritmo". Questi studi sono stati condotti su musicisti professionisti e non-musicisti, al fine di evidenziare le differenze tra chi ha ricevuto un apprendimento specifico e duraturo ("*nurture*") rispetto a chi lo ha ricevuto in misura minore o per nulla, in balia quindi della sola predisposizione innata alla musica ("*nature*").

La neuroplasticità: studi applicativi

Il cervello dei musicisti è un'eccellente modello di neuroplasticità specialmente nel sistema sensori motorio (Munte et al, 2002; Zatorre, 2013).

Bangert e Schlaug (2006) compararono le cortece motorie primarie di un gruppi di musicisti (pianisti e violinisti) ed un gruppo di non musicisti attraverso fMRI. I pianisti mostrarono modificazioni strutturali in entrambi gli emisferi, mentre i violinisti mostrarono modificazioni solo nell'emisfero di destra; questo perché i due strumenti implicano un controllo bimanuale differente: per suonare al piano si richiede un controllo accurato dei movimenti delle dita di entrambe le mani, mentre per suonare il violino è richiesto un controllo motorio fine delle dita della mano di sinistra rispetto a un controllo grossolano della mano destra. La pratica musicale sembra essere correlata in alcuni pianisti selezionati all'aumento o alla diminuzione della sostanza grigia e della sostanza bianca nelle regioni motorie: aumento nel giro fusiforme, giro orbitale medio destro, giro frontale inferiore sinistro, putamen, aree motorie supplementari destra e sinistra e corpo calloso, che aumenta le connessioni tra i due emisferi; diminuzione nell'area striatale e peri-rolandica (Gaser e Schlaug, 2003; James et al., 2014; Granert et al., 2001). Questi dati suggeriscono che il grado di attivazione corticale vari in funzione del grado di esperienza musicale in termini di tempo, soprattutto nel periodo sensibile dello sviluppo dove il grado di plasticità è massimo: Pescual-Leone et al. (1995), trovarono una riorganizzazione funzionale cerebrale durante l'apprendimento musicale del piano attraverso TMS; nello specifico dopo quattro settimane di training i partecipanti dimostrarono una riduzione di attivazione delle mappe motorie rispetto all'aumento durante la prima settimana.

Per quanto riguarda la clinica neurologica, la terapia musicale si è dimostrata efficace nella riabilitazione neuro motoria di pazienti paretici a causa di stroke: Altenmuller (2009) e Schneider (2007) comparando la terapia musicale con il trattamento convenzionale trovarono che solo i pazienti trattati con la terapia musicale migliorarono in frequenza, velocità e precisione nei movimenti di tapping della dita della mano; Amengual (2013) con la TMS dimostrò dei cambiamenti nella eccitabilità della corteccia sensori-motoria dovuti alla terapia musicale in pazienti con deficit motori, nello specifico dopo quattro settimane di terapia un aumento dell'eccitabilità nella corteccia sensori-motoria dell'emisfero affetto, insieme allo

spostamento laterale della mappa motoria. Un altro dato importante riguarda l'uso di terapie sensoriali, con modalità visive, propriocettive ed uditive, per migliorare alcuni aspetti della sintomatologia parkinsoniana, come quello della sincronizzazione motoria dei movimenti fini, sperimentabile con il tapping della dita (Nombela et al., 2013).

La musica è un eccellente finestra per studiare la differenza degli approcci uni e multi modali. L'approccio multi modale, alla base della teoria Hebbiana delle interconnessioni simultanee tra i circuiti cerebrali, porta a dei cambiamenti plastici maggiori nel processamento sensori-motorio, anche per quanto riguarda la percezione e la performance musicale (Lappe et al., 2008; D'Ausilio et al., 2006; Zatorre et al., 2007). In uno studio che prevedeva un training musicale col pianoforte per due settimane, la condizione che coinvolgeva le modalità visive, uditive e sensori-motorie contemporaneamente ha portato ad un forte miglioramento dell'integrazione audio-visiva dello stimolo, visibile nell'attività della parte posteriore del STG di destra, rispetto alla condizione che coinvolgeva solamente i domini visivo e uditivo (Paraskevopoulos e at., 2012).

Il sistema Mirror

Il sistema Mirror, scoperto inizialmente nell'area F5 del macaco, corrispondente all'area premotoria ventrale dell'uomo, tra gli anni '80 e '90 del secolo scorso da un gruppo di ricercatori dell'università di Parma, tra cui Giacomo Rizzolatti, Leonardo Fogassi e Vittorio Gallese, e successivamente trovato in altre regioni del cervello, tra cui la corteccia parietale e l'insula, consiste in un circuito per la comprensione delle azioni grazie al sistema di matching che permette di comparare un'azione eseguita con lo stessa azione osservata facente parte del proprio repertorio motorio.

Siccome molti studi sottolineano un'omologia tra l'area PMV F5 e parte dell'area di Broca deputata nell'uomo alla funzione linguistica (Petrides et al., 2005; Rizzolatti e Arbib, 1998), è nato un forte dibattito, per molti aspetti ancora aperto, sull'evoluzione della funzione linguistica nell'uomo, riguardante l'evoluzione del linguaggio a partire dai gesti (Rizzolatti e Arbib, 1998), dai quali è partita la spiegazione iniziale del funzionamento del sistema Mirror, oppure a partire dalle vocalizzazioni (Fogassi e Ferrari, 2007), che anch'esse hanno trovato un correlato neurale nel sistema Mirror (Coudé et al., 2011); l'ipotesi più plausibile resta quella di una convergenza tra le due ipotesi, siccome il sistema dei gesti e quello delle vocalizzazioni spesso sono compresenti all'interno di un intento comunicativo (Leavens et al., 2004a; Gentilucci e Corballis, 2006).

Nella parte dell'area di Broca omologa all'area F5 della scimmia sono stati trovati, oltre ai neuroni specchio che rispondono all'osservazione di movimenti delle dita e della bocca, neuroni specchio audiovisivi, cioè neuroni che si attivano con il suono prodotto da un atto motorio precedentemente osservato (Kohler et al., 2003); in relazione a ciò era già risaputo che l'area di Broca si attiva durante l'ascolto di parole (Prince et al., 1996). Questi dati portano a sostenere

l'ipotesi che il sistema motorio, più precisamente la corteccia premotoria, risuoni durante l'ascolto di materiale verbale, grazie alla condivisione di rappresentazioni di invarianti motorie del discorso tra i due interlocutori (Lieberman e Mattingly, 1985), rappresentazioni che si rafforzano con l'apprendimento e l'esperienza grazie al fenomeno della plasticità cerebrale. Bisogna sottolineare però che questa ipotesi è in contrasto con la dissociazione degli afasici di Broca, per quanto riguarda il discorso linguistico, tra comprensione o riconoscimento intatto e discriminazione deficitaria (Arbib, 2013: dal cap. "Shared Meaning, Mirroring and Joint Action" di Fogassi, L.).

Addentrando nel focus del nostro studio, la base neurale dell'organizzazione delle rappresentazioni motorie finalizzate apprese con l'esperienza risiede nei circuiti parieto-frontali, che nel caso del dominio musicale chiamiamo "*hearing-doing system*"; studi sull'apprendimento imitativo riguardante lo suonare uno strumento, come la chitarra o il piano, evidenziano l'attivazione dei circuiti sensoriali e motori parieto-frontali, incluso un forte coinvolgimento della corteccia prefrontale (Buccino et al., 2007), che ha un ruolo importante nella pianificazione di azioni, e l'attivazione del sistema emozionale. Sebbene la musica non sia strettamente considerata un tipo di comunicazione diadica perché può essere vissuta in modo individuale e personale, essa è portatrice di un messaggio tra un mittente e un destinatario che può implicare una condivisione. L'osservazione-ascolto di un repertorio musicale così come la sua riproduzione può attivare i neuroni Mirror della mano, nel caso del tapping delle dita nell'intento di seguire il ritmo, o della bocca, così come i neuroni Mirror audiovisivi (Arbib, 2013: dal cap. "Shared Meaning, Mirroring and Joint Action" di Fogassi, L.). Quindi lo stesso circuito coinvolto nelle sequenze di gesti e azioni potrebbe essere coinvolto nella produzione e percezione musicale. Nel caso dei musicisti, per produrre una sequenza musicale armonica essi devono sincronizzarsi condividendo molte azioni; per consentire ciò dal punto di vista neurale devono essere presenti alcuni requisiti: un meccanismo neurale che permette la condivisione delle stesse rappresentazioni motorie con un co-musicista, facente capo ad un meccanismo mirror; un meccanismo che consente di distinguere le nostre azioni da quelle altrui; infine un meccanismo che permette la coordinazione (Levinson). In uno studio di Peretz (2009) i partecipanti ascoltando suoni sia famigliari che non famigliari mostrarono un'attivazione della corteccia temporale superiore, dell'area supplementare motoria e del giro frontale inferiore. Ascoltando e riproducendo isocronie e ritmi complessi si evidenzia l'attivazione di diverse regioni della corteccia premotoria, tra cui la pre-supplementare motoria e la supplementare motoria, e alcune strutture sotto-corticali, tra cui i gangli della base e il cervelletto (Chen et al., 2009). Il ruolo della corteccia premotoria dorsale sembra essere più legato all'uso della struttura metrica del suono per l'organizzazione dei movimenti, mentre la PMV aiuta nella trasformazione delle melodie conosciute in movimenti (Arbib, 2013: dal cap. "Shared Meaning, Mirroring and Joint Action" di Fogassi, L.).

Siccome è risaputo che la musica possa evocare differenti tipi di emozioni, anche in base al tipo di musica, in questa sede ci si è chiesto se la musica possa evocare un meccanismo Mirror emozionale. Molnar-Szakacs e Overy (2006) sostengono che durante l'ascolto di una musica espressiva il sistema Mirror per le azioni potrebbe attivarsi e collegarsi al sistema limbico attraverso la corteccia insulare, che rappresenta una struttura cruciale per la rappresentazione degli stati soggettivi. Alcuni autori fanno un parallelismo tra le caratteristiche acustiche della musica e gli aspetti emotivi, sostenendo che nell'ascoltatore esiste un meccanismo che simula l'emozione percepita internamente (Juslin, 2001). Koelsch (2006) sostiene che l'ascolto della musica attivi le aree del cervello legate ai circuiti che servono per la formazione delle rappresentazioni premotorie per la produzione di suoni vocali. In conclusione ascoltando suoni musicali o osservando delle performance musicali all'interno del soggetto si forma una sorta di simulazione interna dell'espressione emozionale riferita alla musica, attraverso l'attivazione del sistema motorio e di un meccanismo Mirror emozionale che include le aree del sistema limbico, tra cui la corteccia insulare, cingolata e l'amigdala (Arbib, 2013; dal cap. "Shared Meaning, Mirroring and Joint Action" di Fogassi, L.).

Un altro aspetto della musica legato al sistema motorio è rappresentato dalle canzoni. La presenza di neuroni Mirror attivati dalla produzione e dall'ascolto di canzoni specie-specifiche è stata dimostrata nel nucleo telencefalico del passero della palude (Prather et al., 2008).

L'organizzazione delle azioni, del discorso verbale e della musica è tipicamente sequenziale e intenzionale, cioè basata su sequenze di atti motori connessi in modo tale da raggiungere uno specifico scopo, sotto il controllo del sistema premotorio-parietale e prefrontale. Molti studi di neuroimmagine sull'uomo riportano l'attivazione dell'area di Broca e della sua area omologa nell'emisfero destro durante il processamento sintattico sia linguistico che musicale (Chen et al., 2008a; Maess et al., 2001; Patel, 2003). La terapia musicale in pazienti afasici ha dimostrato un potenziamento della sostanza bianca circa le connessioni corti-corticali tra la corteccia temporale superiore e il giro frontale inferiore della corteccia premotoria, in particolare il fascicolo arcuato (Schlaug et al., 2009). Pazienti con deficit all'area di Broca possono mostrare sia aprassia, che afasia, che amusia (Alajouanine, 1948; Patel, 2005; De Renzi, 1989; Pazzaglia et al., 2008); la presenza di tre possibili sindromi diverse con una lesione nella stessa regione fa sorgere l'ipotesi dell'esistenza di un meccanismo di funzionamento comune alla base della funzione linguistica e musicale, dovuto ad un possibile substrato motorio comune (Fadiga et al., 2009). Il fatto che le regioni corticali che includono un sistema specchio per le azioni sono attivate durante il processamento linguistico e musicale supporta questa ipotesi del substrato motorio comune per la funzione linguistica e musicale.

Il sistema motorio

La sincronizzazione sensorimotoria è la coordinazione ritmica di un movimento rispetto ad uno stimolo esterno. Essa comprende gli studi riguardanti il tapping, cioè tutte le forme di movimento sincrono rispetto ad uno stimolo esterno, e quelli aventi ad oggetto la sincronizzazione interpersonale, ad esempio il direttore nei confronti della sua orchestra o il coreografo con il suo corpo di ballo. Due sono le interazioni uditivo-motorie adattate alla performance musicale (Chen, Zatorre, & Penhune, 2006; Chen, Zatorre, & Penhune, 2009; Large & Palmer, 2002; Pfordresher, 2003; Pfordresher & Palmer, 2006; Repp, 1999; Thaut et al., 1997; Zatorre, Chen, & Penhune, 2007):

- “*feedforward*”, in cui il sistema uditivo influenza l’output motorio in maniera predittiva (nel tapping chi ascolta anticipa il “*beat*”);
- “*feedback*”, in cui il sistema uditivo influenza retroattivamente il sistema motorio (il violinista deve controllare continuamente il “*pitch*” per favorire l’integrazione tra coordinazione temporale, sequenziale ed organizzazione spaziale del suono rispetto al movimento).

Chen, Penhune e Zatorre (2009) dimostrarono attraverso uno studio di fMRI l’interazione tra la corteccia uditiva e motoria nel processo di trasformazione del suono in movimento. Nello specifico le regioni coinvolte durante questo processo sono la parte posteriore del giro temporale superiore e la corteccia premotoria dorsale, ventrale e media: la dPMC è coinvolta durante lo svolgimento di un tapping ritmico rispetto ad un ascolto passivo o ad un ascolto con un tapping anticipatorio il suono, dimostrando una sensibilità alla struttura metrica del ritmo; il STG posteriore implementa l’informazione temporale per l’organizzazione dei movimenti mediati dalla dPMC; la vPMC non è sensibile all’organizzazione metrica del ritmo e all’ascolto passivo del suono, anche se è coinvolta negli aspetti motori del suono, inclusi un tapping motorio anticipatorio e sincrono al suono; infine la corteccia premotoria media viene coinvolta nell’ascolto dei ritmi musicali che non hanno un intento motorio.

Secondo Zatorre & Salimpoor (2013), l’organizzazione metrica si basa sulle connessioni tra la corteccia premotoria e le aree frontali dorsolaterali, assieme ai gangli della base. Da studi sulla dissociazione funzionale tra pattern ritmico e metro, sembra che STG e gangli della base contribuiscano all’elaborazione di quest’ultimo (Grahn & Brett, 2009). La PFC è maggiormente attiva quando il ritmo ascoltato presenta una gerarchia metrica complessa (Bengtsson et al., 2009).

Indipendentemente dal grado di esperienza musicale, le regioni attivate durante un ascolto musicale o un ascolto musicale che implica un tapping motorio ritmico sono la pre-SMA, la SMA, la dPMC, la corteccia prefrontale dorso laterale, il lobulo parietale inferiore e il cervelletto, che hanno dimostrato un’interconnessione funzionale e un legame funzionale specifico tra la dPMC e il planum temporale della corteccia uditiva (anche la percentuale del livello di

ossigenazione sanguinea in queste aree non ha mostrato differenze in esperienza musicale). Bisogna sottolineare però che l'attivazione del sistema sensorimotorio è sempre presente nei musicisti professionisti, anche durante il mero ascolto di brani musicali, questo perché nel loro bagaglio di esperienze sono racchiuse le abilità motorie relative all'utilizzo dello strumento musicale. Allacciandosi alla diatriba tra innatismo e apprendimento per esperienza ci si è chiesti se l'attivazione sempre presente sia dovuta al lungo percorso di studio e di pratica, oppure se sia dovuta ad una particolare predisposizione di questi soggetti (Bangert et al. 2006). Musicisti esperti che hanno una conoscenza esplicita della struttura ritmica musicale usano una strategia top down nell'analisi dell'informazione sensoriale, diversamente dai non esperti musicisti che utilizzano un approccio bottom up nell'analisi sensoriale; la differenza nel grado di esperienza viene sottolineato da una maggiore attivazione nel caso di musicisti esperti della corteccia prefrontale, in relazione alla mediazione della memoria di lavoro nell'organizzazione di azioni pianificate.

Una delle proposte degli autori è quella di enfatizzare un modello che vede alla base delle trasformazioni audio-motorie la corteccia premotoria; essa infatti è l'unica struttura direttamente in connessione sia con il STG che con la corteccia motoria primaria. La vPMC è coinvolta nelle trasformazioni visuo-motorie dirette, mentre la dPMC nelle trasformazioni visuo-motorie indirette; nello specifico la prima è coinvolta nella relazione diretta tra il suono di una nota e l'effettore usato per suonarlo, mentre la seconda è più coinvolta nella preparazione di azioni motorie pianificate relative agli aspetti sensoriali degli stimoli sonori.

Relativamente alla sincronizzazione sensorimotoria (SMS), nella recensione di Repp & Su (2013), la SMS è definita come la coordinazione ritmica del movimento rispetto ad uno stimolo esterno, che può variare dal tapping delle dita, all'uso del metronomo, alla performance musicale. E' bene sottolineare che, in questa semplice definizione, rientrano sia percezione che produzione musicale. Nell'ambito della percezione sono classificati i cosiddetti meccanismi di "covert SMS", non direttamente osservabili, non manifesti e endogeni: percezione del tempo, del ritmo, del "pitch" e delle emozioni; invece nell'ambito della produzione rientrano i meccanismi di "overt SMS", direttamente osservabili, manifesti e esogeni: la danza, suonare uno strumento, oppure battere spontaneamente le dita della mano o i piedi mentre si ascolta un brano. Studi di fMRI hanno mostrato che, in generale, i meccanismi di elaborazione di tempo e ritmo non sono indipendenti tra di loro, anzi vi è una sostanziale condivisione di alcune aree corticali, quali PMC, SMA, pre-SMA, cervelletto e gangli della base (Bengtsson et al. 2009; Chapin et al. 2010; Chen, Penhune, & Zatorre, 2008a, 2009; Grahn & McAuley, 2009; Lewis et al., 2004). Bisogna premettere però che questa condivisione di aree tra tempo e ritmo non può essere causalmente inferita, siccome le popolazioni di neuroni sono strettamente interconnesse, per cui l'attivazione di un gruppo di neuroni in un dato punto può condurre all'attivazione di gruppi ad esso contigui. In uno studio sul tempo, riguardante la precisione nell'esecuzione, condotto su un gruppo di percussionisti, di pianisti e di non musicisti, è stato riscontrato che i

primi due gruppi mostrano attivazione di PMC, talamo e corteccia parietale posteriore; in particolare l'attivazione di PMC e talamo sarebbe collegata al livello di expertise musicale, mentre l'attivazione di PPC e talamo sarebbe collegata all'andare a tempo (Krause, Schnitzler, & Pollok, 2010).

Per quanto riguarda la capacità di “sentire il *beat*”, essa richiede sicuramente l'integrità funzionale dei gangli della base, (Chapin et al. 2010; Fujioka, Zendel, & Ross, 2010; Grahn & Rowe, 2009), che si attivano più rapidamente con la presentazione di stimoli ritmici uditivi rispetto a stimoli visivi. La stessa rappresentazione mentale del “*beat*”, creatasi durante la percezione dello stimolo uditivo, verrebbe rafforzata e riattivata durante la presentazione successiva di quello visivo (Grahn & Brett, 2009; Grahn, Henry, & McAuley, 2011). Inoltre i gangli della base rappresentano il fulcro del meccanismo endogeno che consente di predire l'andamento del ritmo. Per quel che riguarda l'individuazione delle violazioni sull'aspettativa del ritmo musicale, i musicisti mostrano una maggiore sensibilità rispetto ai non-musicisti, che probabilmente è dovuta all'apprendimento e all'esercizio (Chapin et al., 2010; Grahn & Rowe, 2013; Nozaradan, Peretz, Missal, & Mouraux, 2011; Nozaradan, Peretz, & Mouraux, 2012). Alcuni autori affermano che l'abilità di “sentire il *beat*” sia innata e specifica della specie umana (Honing, Merchant, Haden, Prado, & Bartolo, 2012), mentre altri sostengono l'ipotesi che talune specie di pappagalli (“*vocal learner*”) posseggano anch'essi quest'abilità e quindi siano in grado di effettuare movimenti ritmici (Hasegawa, Okanoya, Hasegawa, & Seki, 2011; Schachner, 2010). Attraverso studi di EEG/MEG si è cercato di testare l'ipotesi della “risonanza neurale”, basata sulla prospettiva degli “*entrainment models*”, secondo cui popolazioni di neuroni entrerebbero in fase e si sincronizzerebbero con lo stimolo ritmico esterno presentato ad una specifica frequenza, quale risultato dell'interazione tra la loro attività eccitatoria ed inibitoria. Sappiamo che l'uomo percepisce il “*beat*” come suddiviso in accenti forti e deboli; la discriminazione uditiva è più accurata e veloce per gli accenti forti, suggerendo che nel processo interverrebbe l'utilizzo dell'attenzione selettiva. La fase di massima eccitabilità neuronale, corrisponderebbe alla percezione da parte del cervello del soggetto del momento in cui sta rappresentando internamente il “*beat*” (Large & Snyder, 2009; Nozaradan, Peretz, Missal, & Mouraux, 2011); la frequenza temporale attorno ai 2 Hz rappresenterebbe il valore ottimale della “risonanza neurale” nell'uomo (Will & Berg, 2007). Oscillazioni neurali nella corteccia uditiva indotte da frequenze attorno ai 15-30 Hz (“*beta band*”) sembrerebbero essere indice di sincronizzazione sensorimotoria, mentre quelle indotte da frequenze maggiori di 30Hz (“*gamma band*”) sembrerebbero essere indice del processo endogeno di rappresentazione del “*beat*” e dell'anticipazione dell'andamento del ritmo, laddove le sequenze di toni presentate sono isocrone (Fujioka, Trainor, Large, & Ross, 2012; Snyder & Large, 2005).

Il sistema attenzionale

L'inibizione motoria

Nigg (2001) ha distinto 3 tipi di inibizione circa la soppressione di una risposta cognitiva o motoria per raggiungere un obiettivo successivo interno: automatica; motivazionale cioè guidata da fattori emotivi; infine esecutiva e consapevole.

In varie ricerche di Brain Imaging con gli adulti che eseguivano un compito tipo Go-no-Go è risultato un doppio coinvolgimento delle regioni parietali e frontali (Garavan, Ross e Stein; 1999). Alcune ricerche evidenziano che i bambini abbiano una minor attivazione della corteccia frontale con stimoli no-Go che presuppongono un'inibizione e un aumento di attivazione delle regioni posteriori; la minor attivazione nei bambini delle regioni frontali può essere attribuita al fatto che queste regioni maturano completamente solo in tarda adolescenza. Altri autori (Booth et al.; 2003) invece sostengono che l'attivazione delle regioni frontali durante lo svolgimento del Go-no-Go sia maggiore nei bambini perché devono sforzarsi di più nell'esecuzione del compito pur fornendo una prestazione inferiore a quella degli adulti. Il punto in comune tra questi due diversi punti di vista è che la fascia d'età della scuola primaria rappresenta l'intervallo di tempo migliore per poter sondare lo sviluppo dei meccanismi inibitori; in accordo a ciò Sanders (1983) ha ipotizzato che il periodo critico per lo sviluppo dell'inibizione sia attorno ai 9 anni.

Al di là di questi dibattiti, le principali aree dell'encefalo risultate coinvolte nel controllo dell'inibizione di risposte motorie sono le regioni prefrontali dorsolaterali, le aree pre-motorie e le aree motorie supplementari, il giro del cingolo anteriore e posteriore, infine le regioni parietali inferiori e superiori.

L'attenzione sostenuta

DeGangi e Porges (1990) si riferiscono all'attenzione sostenuta come "all'abilità di dirigere e mantenere l'attività cognitiva su stimoli specifici". L'attenzione sostenuta è ritenuta molto importante in ambito psicologico in quanto è considerata un requisito di base dell'elaborazione dell'informazione e di conseguenza alla base dello sviluppo cognitivo; infatti per portare a termine qualsiasi attività cognitiva pianificata è necessario l'utilizzo dell'attenzione sostenuta. Nelle persone con difficoltà nel mantenimento dell'attenzione spesso si evidenzia anche un'incapacità di adattarsi alle richieste ambientali o modificando il proprio comportamento; infatti la caratteristica principale dell'attenzione sostenuta risulta essere la resistenza a qualsiasi fonte di distrazione, come stimoli esterni o fattori intrinseci al soggetto (Di Nuovo e Smirni; 1994). Le prove per valutare l'attenzione sostenuta si definiscono 'di vigilanza' perché chiedono al soggetto di mantenere un livello di attenzione costante per rispondere alle richieste del compito stesso, prove che però devono tenere presente che i tempi nei quali l'attenzione sostenuta riesce a rimanere efficiente senza affaticamento cognitivo dipendono dall'età e dal tipo e dal numero delle informazioni presentate. Le basi neuropsicologiche dell'attenzione sostenuta

si trovano principalmente nella formazione reticolare e nel lobo frontale destro (Stuss et al.; 2005).

L'interferenza cognitiva

Il test di Stroop numerico (Bush et al.; 1998) è stato sviluppato come un paradigma dell'attivazione cognitiva per indagare le funzioni della corteccia cingolata anteriore. Nello studio condotto da Pavese e Umiltà (1998), in cui veniva sottoposto un test di Stroop numerico ad un gruppo di soggetti, è stato appurato che, quando quantità ed identità sono numeri piuttosto vicini, la lettura è più lenta e viene commesso un maggior numero di errori, al contrario di quanto avviene quando identità e numerosità sono distanti. Inoltre quando il soggetto deve contare numeri bassi, in genere compreso tra 1 e 3 nei bambini e fino a 4 per gli adulti, si riscontra un minor numero di errori. Questo è dovuto al fenomeno del "subitizing", che è un meccanismo di stima di quantità molto rapido: un bambino fino a 8/9 anni è capace di calcolare la numerosità degli elementi fino a 3 unità senza dover effettuare un conteggio di ogni singolo oggetto pronunciando rapidamente la quantità; attorno ai 10 anni il calcolo della numerosità senza conteggio passa a 4 unità; se il numero degli elementi supera il numero limite per l'età considerata che consente la riuscita del calcolo della numerosità senza conteggio, i tempi di risposta aumentano, siccome il bambino deve effettuare il conteggio di ogni singolo elemento. Molti studi (Duncan e McFarland, 1980; Riley, Hu e Hinrichs, 1977; Sekuler e Mierkiewicz, 1977) hanno mostrato che i bambini sono in grado di operare confronti tra i numeri già prima di imparare le proprietà formali dell'aritmetica dalla scuola primaria; all'età di 5 anni sono in grado di differenziare i numeri 'piccoli' (da 1 a 5) dai 'grandi' (da 6 a 9) (Siegler e Robinson; 1982). Quindi nel compito di Stroop numerico la prima azione che un bambino esercita è la stima della grandezza di un numero per decidere a quale delle due categorie appartiene un numero e successivamente riuscire ad inibire l'informazione sull'identità lessicale della cifra per prestare attenzione solamente all'informazione sulla numerosità degli elementi. Nonostante questa precocità nel padroneggiamento della numerosità, Tzelgov e colleghi (1992) hanno scoperto che durante lo sviluppo i bambini devono integrare diverse dimensioni di uno stesso elemento e che quindi possono avere difficoltà a gestirle in modo efficace. Zbrodoff e Logan (1986) hanno mostrato che nonostante la semantica di un numero sia irrilevante ai fini del compito stesso, essa interferisce con la risposta del soggetto riguardante la numerosità attivandola in modo automatico; se il conteggio viene effettuato tenendo presente il numero degli elementi che è la dimensione rilevante viene prodotta la risposta corretta, mentre se viene considerata l'identità delle cifre che è la dimensione irrilevante la risposta sarà inesatta. I cambiamenti nel corso dello sviluppo influenzano lo svolgimento del compito, in quanto sono legati ad un miglioramento dei meccanismi di attenzione selettiva e della velocità di risoluzione. I due fattori che modulano l'interferenza per Girelli, Lucangeli e Butterworth (2000) sono: la velocità con cui il soggetto riesce a discriminare le due proprietà, identità e numerosità, che

aumenta di pari passo con l'età del soggetto assieme alla capacità di inibire la proprietà irrilevante; l'associazione tra un numero e la quantità che esso rappresenta, la cui discriminazione è un processo lento che diviene più facile con l'aumento dell'età e con l'aumento della conoscenza delle proprietà numeriche. L'interferenza cognitiva provocata dalla competizione tra le due informazioni messe in campo dal compito (identità e numerosità) attiva nei soggetti normali il giro cingolato anteriore (Bush; 1998). La parte anteriore del giro cingolato è una delle regioni che si attiva in corrispondenza di compiti cognitivi e svolge un ruolo primario nella selezione di stimoli in competizione tra loro, nella facilitazione della risposta corretta e nell'inibizione di quella scorretta. Uno studio che merita la citazione in questa sede è la ricerca di Gamba e colleghi (2007): i soggetti con ADHD rispetto ai soggetti ansiosi ed a quelli di controllo commettono un maggior numero di errori di interferenza ma sono più veloci nel contare gli stimoli neutri rispetto a quelli conflittuali. Questo risultato potrebbe essere dovuto al fatto che i controlli e gli ansiosi sono più sensibili agli stimoli conflittuali, per cui sono in grado di inibire le risposte automatiche (pronunciare l'identità del numero invece che la quantità) rallentando le loro risposte; i bambini con ADHD non sono in grado di autoregolare questo processo, per cui apprendono a contare velocemente gli stimoli, ma non sono in grado di inibire le risposte automatiche erranee.

La musica e l'attenzione

Per quanto riguarda gli studi sull'attenzione, Khalille (2013) trovò che tra 102 bambini di età compresa tra i 7 ed i 12 anni, quelli capaci di sincronizzarsi ad un ritmo guidato in un contesto musicale erano anche quelli più attenti, mostrando performance migliori in compiti di controllo attentivo, rispetto a coloro che non erano in grado di fare questa sincronizzazione musicale. Risultati positivi furono trovati anche da Moreno (2011a) che riportò miglioramenti nelle performance sull'accuratezza in compiti go no-go. Zuk (2014) in uno studio con 27 bambini trovò che i 15 bambini allenati a suonare uno strumento da quando avevano 5 anni, per la durata di 5 anni in media, ottennero delle performance migliori sui processi di codifica, sulla flessibilità cognitiva e sui compiti di processamento veloce, rispetto ai 12 bambini sottoposti solo alle curricolari ore di musica. Diversi studi suggerirono che un training musicale specifico potrebbe migliorare diversi aspetti della memoria di lavoro dei bambini (Roden et al., 2014; Zuk et al., 2014; Portowitz et al., 2014).

II CAPITOLO: LA METODOLOGIA

II.1: Il campione

Il campione complessivo è costituito da 137 soggetti, 71 appartenenti al gruppo sperimentale della scuola Jacopo-Sanvitale e 66 al gruppo di controllo della scuola Don Milani. Dei soggetti facenti parte dei due gruppi, la classe terza è costituita da 23 soggetti per il gruppo sperimentale e da 21 soggetti per il gruppo di controllo, la classe quarta da 25 soggetti per ciascuno dei due gruppi, infine la classe quinta da 23 soggetti per il gruppo sperimentale e da 20 soggetti per il gruppo di controllo. Per quanto riguarda la variabile genere, il gruppo sperimentale è composto da 37 maschi e da 34 femmine, mentre il gruppo di controllo è composto da 30 maschi e da 36 femmine. All'interno di ogni classe, nel gruppo sperimentale sono presenti 12 maschi e 11 femmine in terza, 14 maschi e 11 femmine in quarta e 11 maschi e 12 femmine in quinta; invece nel gruppo di controllo sono presenti 6 maschi e 15 femmine in terza, 12 maschi e 13 femmine in quarta e 12 maschi e 8 femmine in quinta. Nei due gruppi, 11 soggetti del gruppo sperimentale, 6 maschi e 5 femmine, e 5 soggetti del gruppo di controllo, 1 maschio e 4 femmine, sono stati segnalati come bambini a sviluppo atipico, nello specifico come bambini a rischio per lo sviluppo di una psicopatologia o come bambini con diagnosi di DSA, di BES, di 104 o di NC. Degli 11 soggetti a sviluppo atipico appartenenti al gruppo sperimentale, 2 (1 maschio e 1 femmina) compongono la classe 3 (segnalati come a rischio per lo sviluppo di una psicopatologia), 8 (4 maschi e 4 femmine) la classe quarta (4 segnalati come DSA, 3 come BES e 1 come NC), e 1 (maschio) la classe quinta (segnalato come DSA); dei 5 soggetti a sviluppo atipico appartenenti al gruppo di controllo, 4 (tutte femmine) compongono la classe quarta (tutte segnalate come DSA) e 1 (maschio) la classe quinta (segnalato come 104), mentre nessuno la classe terza.

E' doveroso precisare che prima di includere i soggetti nel campione è stato necessario chiedere alle famiglie dei bambini un'autorizzazione scritta da noi redatta e da loro firmata in cui si precisavano gli obbiettivi delle fasi del progetto e soprattutto gli strumenti utilizzati con le loro caratteristiche e funzionalità; alcuni soggetti delle tre classi per ognuna delle due scuole non hanno aderito al progetto e quindi non sono stati inseriti nel campione.

A proposito dei 137 soggetti del campione complessivo, la numerosità del campione variava di qualche soggetto in base al test preso in esame a causa della non validità delle misure registrate in fase di somministrazione per alcuni soggetti.

II.2: Il training musicale

Nello specifico dello studio di ricerca nell'ambito del progetto ministeriale della nostra regione trattato in questa tesi, il training musicale di due ore settimanali tenuto dall'insegnante di musica diplomata in pianoforte Alessandra Mauro per le classi 3a, 4a e 5a dell'IC Jacopo-Sanvitale consisteva in pratica corale, pratica strumentale e musica d'insieme.

Per quanto riguarda la pratica musicale, il repertorio è stato tratto dalle attività proposte nei corsi di formazione realizzati all'interno del progetto "Musica è scuola", dai 4 volumi della collana "Crescere con il canto" e dai volumi "Noi e la musica" di M. Spaccazzocchi, infine dal patrimonio musicale tradizionale italiano e mondiale. Lo sviluppo propedeutico della vocalità è stato perseguito sia attraverso cori parlati che tramite l'intonazione di melodie con ambiti intervallari dall'unisono a oltre l'ottava, canoni, conte, filastrocche, ritmi binari, ternari e quaternari, figure musicali con pause, dinamica dal pianissimo al fortissimo e agocica. Inoltre sono stati utilizzati esercizi di rilassamento e scioglimento per la muscolatura, esercizi di respirazione e vocalizzi. Le aree di apprendimento musicale affrontate e i metodi musicali utilizzati sono le seguenti:

- Consapevolezza e prime forme di controllo della propria emissione vocale, in ordine alla capacità di ascoltare e modificare da soli le qualità timbriche e dinamiche, l'intonazione e il carattere espressivo della propria voce, per conformarsi al suono del gruppo;
- Controllo ritmico-temporale del brano corale-parlato e cantato, in ordine alla ricerca di sincronismo e recisione in attacchi, chiuse e articolazioni;
- Controllo di diversi effetti dinamici nell'esecuzione dello stesso brano;
- Pratica del cantare per lettura in campi melodici dapprima limitati e poi via via più ampi;
- Organizzazione dello studio e dell'esecuzione di brani che prevedono la concentrazione di più parti ritmiche e/o melodiche e/o in movimento;
- Pratica del cantare danzando.

Per quanto riguarda la pratica strumentale è stato adottato il metodo Orff-Schulwerk, ideato dal compositore contemporaneo Carl Orff, che prevede l'utilizzo di uno strumento specifico consistente in un set di percussioni indeterminate (ritmiche) ed un set di percussioni determinate (melodiche). La pratica strumentale prevede l'utilizzo di modalità differenti di apprendimento ed esecuzione di brani musicali, afferenti a diverse tradizioni culturali, consistenti in imitazione, lettura e improvvisazione, e la lettura di spartiti in notazione convenzionale e non.

La musica d'insieme si è concretizzata in esercizi di Body percussion e di sonorizzazioni. La Body percussion, l'arte di percuotere il corpo, è contemplata nel programma formativo proposto dall'Orff-Schulwerk. Il battere le mani, lo schioccare le dita e il percuotere il petto sono collegati nella produzione di ritmi e armonie. Partendo dal corpo, il soggetto accresce la padronanza della tecnica percussiva, esplorando un percorso conoscitivo che parte dal proprio "essere forma

consapevole”, sviluppando il coordinamento motorio attraverso la dinamica dei gesti combinata con l’ascolto. Le sonorizzazioni consistono nelle imitazioni onomatopoeiche di suoni ambientali tramite l’utilizzo della voce, del corpo, di oggetti comuni, del registratore e di software specifici per la riproduzione sonora. Attraverso la ri-creazione dei suoni della natura il bambino sviluppa gradualmente un arco di competenze musicali globali finalizzato ad una maggiore consapevolezza nel fare musica.

▪ Strutturazione del corso:

- Da settembre a dicembre si è lavorato su esercizi di ritmo, esplorazione dei timbri dei vari strumenti attraverso improvvisazioni ritmiche e melodiche, canti e vocalizzi a tema natalizio e in previsione del saggio finale, ascolti guidati, percorsi sonori, giochi di body percussion a piccoli gruppi;
- Da gennaio ad aprile, in aggiunta al lavoro svolto nel primo periodo, si è lavorato su giochi di contrappunto di body percussion a piccoli e grandi gruppi, esercitazioni strumentali e danza cantata (con particolare attenzione al coordinamento vocale motorio e percezione dei cambi di tempo);
- A maggio ci si è focalizzati sulle prove della performance finale.

▪ Programma musicale:

- The Sound of Silence (Simon e Garfunkel);
- Canoe song (trad. nord americana);
- Canoe – sonorizzazione strumentale (F. Lanz);
- Intermezzo: Soul Bossa Nova (Q. Jones);
- Zum Gali Gali (trad. istrealiana);
- Hallo Django (Uli Fuehre);
- Danza taco y punta (trad. argentina);
- Rock&Roll body percussion (Elvis Presley);
- Eddie (Kroke).

II.3: Le funzioni indagate con i relativi test

IL SISTEMA MOTORIO: LE FUNZIONI SENSORI-MOTORIE -> NEPSY-II

La NEPSY-II (Cosimo Urgesi, Fabio Campanella e Franco Fabbro; 2015) è la seconda edizione in lingua italiana del 2010 di una batteria standardizzata di 33 test diffusa a livello internazionale messa a punto per la prima volta da Marit Korkman in lingua finlandese intorno agli anni '80, sviluppata poi in lingua inglese verso la fine degli anni '90. Essa è volta a valutare lo sviluppo neuropsicologico circa aspetti di abilità cognitive collegate ai relativi disturbi in soggetti di età compresa tra i 3 e i 16 anni, per i quali è indicata la scala di età in ogni protocollo di registrazione, in riferimento alle prestazioni ottenute da un campione normativo nazionale di 800 bambini con una storia clinica normotipica, bilanciato per età, sesso e livello d'istruzione, ma non per provenienza geografica in cui si è evidenziato uno sbilanciamento a favore dell'Italia settentrionale rispetto all'Italia meridionale (in ogni caso non si sono rilevate differenze nei risultati per la variabile provenienza geografica). L'esigenza della messa a punto di questa batteria è nata dall'idea di base del neuropsicologo russo Alexander R. Luria di un'organizzazione a "mosaico" delle funzioni neuropsicologiche primarie e delle relative sotto-componenti secondarie localizzate in strutture specifiche del cervello e fortemente interconnesse tra loro; il disturbo in un'abilità cognitiva induce sempre alterazioni del funzionamento di altre componenti all'interno dello stesso dominio ed in domini diversi. Due caratteristiche da tenere in considerazione sono la familiarità e la flessibilità dello strumento: importante è prendere familiarità con la somministrazione dei test che richiedono molta pratica; un esempio di flessibilità è il tempo di somministrazione dei vari test che va adattato ai tempi di ogni soggetto, che variano in base all'età, al temperamento e al comportamento, pur rispettando i limiti di tempo massimi di somministrazione prestabiliti dal manuale. L'aderenza alle procedure standard, oltre ad evitare modifiche nella procedura di somministrazione, include l'utilizzo di un tono di voce naturale, l'incoraggiamento all'interesse negli esercizi e la valorizzazione degli sforzi del bambino, che contribuiscono alla creazione di un ambiente (silenzioso e confortevole dal punto di vista fisico) di supporto all'ottimizzazione della prestazione del soggetto. I domini cognitivi indagati dallo strumento sono attenzione e funzioni esecutive, linguaggio, memoria e apprendimento, funzioni sensori-motorie, percezione sociale, elaborazione viso-spaziale.

Per quanto riguarda l'indagine della presente tesi circa la valutazione dell'effetto di un training musicale sulle abilità motorie dei bambini, della batteria NEPSY-II sono stati indagati i test del dominio delle funzioni sensori-motorie. I test di questo dominio valutano la rapidità e la precisione motoria, la pianificazione e l'esecuzione di sequenze complesse di movimenti, la coordinazione bimanuale, la coordinazione visuo-motoria e l'imitazione di gesti. Questo dominio è anche coinvolto con i seguenti apprendimenti: apprendimento della lettura per quanto riguarda le sequenze motorie manuali; l'attenzione e la concentrazione per quanto

riguarda l'imitazione di posture manuali e le sequenze motorie manuali; il controllo del comportamento per quanto riguarda il tapping delle dita; il linguaggio per quanto riguarda l'imitazione di posture manuali; lo sviluppo percettivo motorio per quanto riguarda il tapping delle dita, l'imitazione di posture manuali e le sequenze motorie manuali; infine lo sviluppo sociale per quanto riguarda il tapping delle dita, l'imitazione di posture manuali e le sequenze motorie manuali. Tra i test della batteria NEPSY-II, il dominio delle funzioni sensorimotorie è risultato correlato con il test delle sequenze oro motorie (L7), con il test di inibizione (A - denominazione e B - inibizione) del dominio attenzione e funzioni esecutive (A4) e con il test di fluenza grafica (A2). Tra i test del dominio delle funzioni sensorimotorie, si è osservata un'alta correlazione solo tra il test Imitazione Posture manuali (SM2) e quello delle Sequenze motorie manuali (SM4), cioè tra i test che richiedono la pianificazione e l'esecuzione di gesti manuali complessi. Il test Tapping delle Dita (SM1) invece è risultato essere poco correlato con gli altri test del dominio delle funzioni sensorimotorie, mentre è risultato essere correlato con alcuni test dei domini attenzione e funzioni esecutive ed elaborazione visuo-spaziale.

I test riferiti al dominio indagato scelti e utilizzati nel nostro studio sono Tapping delle Dita – Fingertip Tapping (SM1), Imitazione Posture manuali - Imitating Hand Positions (SM2) e Sequenze motorie manuali - Manual Motor Sequences (SM4).

TAPPING DELLE DITA (TAP)

Il test Tapping delle Dita, per bambini dai 5 ai 16 anni, valuta nella prima parte la velocità e l'abilità nell'eseguire movimenti con le dita mentre nella seconda parte la capacità di eseguire rapidamente un programma motorio; il bambino deve imitare il più velocemente possibile una serie di movimenti delle dita mostrati dall'esaminatore.

Questo test misura il controllo motorio fine sia su movimenti semplici sia su sequenze più complesse di movimenti manuali. Per svolgere il compito in maniera adeguata è necessaria la presenza di un buon feedback sensoriale cinestesico, parte del sistema di coordinazione motoria fine.

Somministrazione

Ripetizioni di tapping delle dita:

- Esempio -> Dire: “guarda le mie dita”. Dare una dimostrazione facendo un cerchio con la punta del pollice e dell'indice, poi aprire il cerchio di circa 2 cm e richiuderlo nuovamente per due o tre volte. Indicare la mano del bambino e dire: “ora prova a farlo con questa mano e vedi quanto veloce riesci a farlo. Appoggia l'altra mano sul tavolo. Pronto? Via!”. Lasciar fare il movimento al bambino velocemente per 2 o 3 secondi. Se il bambino fa un errore, fermarlo e correggere l'errore dicendo: “guarda le mie dita, fai così”. E' consentito ripetere l'esempio una volta sola. [Ripetere la procedura di esempio prima con la mano dominante e poi con la mano non dominante].

- Mano dominante (item 1) / Mano non dominante (item 2) -> indicare la mano dominante/non dominante del bambino e dire: “ora mostrami quanto veloce puoi tamburellare fino a che non ti dico di fermarti. Assicurati di aprire e chiudere le dita così (dimostrazione). Appoggia l'altra mano sul tavolo. Vai più veloce che puoi. Pronto? Via!”. Cronometrare e contare dal primo colpo fino a 20 colpi corretti o quando sono scaduti 60 secondi. Se il bambino fa un errore, fermarlo e correggere l'errore facendo vedere come si dovrebbe fare e dire: “fai così”, continuando a cronometrare . Se il bambino si ferma prima di aver fatto 20 colpi corretti, dire: “vai avanti fino a che non ti dico di fermarti”. Registrare il tempo trascorso in secondi e il numero di colpi corretti nell'intervallo massimo di 60 secondi.

Gli errori includono tamburellare con il lato delle dita, tamburellare con le dita dritte o non aprire la punta delle dita di circa due centimetri.

Sequenze di tapping delle dita:

- Esempio -> Dire: “guarda le mie dita”. Dare una dimostrazione toccando la punta di indice, medio, anulare e mignolo con la punta del pollice, facendo un cerchio con ogni dito. Dire: “metti l'altra mano sul tavolo. Vediamo quanto velocemente riesci a farlo. Pronto? Via!”. Se necessario, permettere al bambino di esercitarsi. Se il bambino fa un errore, fermarlo, correggere l'errore e ripetere al massimo per una volta l'esempio. [Ripetere la procedura di esempio prima con la mano dominante e poi con la mano non dominante].
- Mano dominante (item 3) / Mano non dominante (item 4) -> indicare la mano dominante/non dominante del bambino e dire: “inizia con questa mano. Vediamo quanto veloce riesci a tamburellare così (dimostrazione). Assicurati di andare dall'indice al mignolo. Appoggia l'altra mano sul tavolo. Quando dico vai, fallo più veloce che puoi fino a che non ti dico di fermarti. Pronto? Via!”. Iniziare a cronometrare e contare silenziosamente dall'inizio della prima sequenza fino a contare 5 sequenze corrette o fino a quando sono passati 90 secondi. Se il bambino fa un errore, fermarlo, correggere l'errore mostrandogli la sequenza corretta e dire: “fai così”, mentre si continua a cronometrare. Non contare le sequenze in cui il bambino fa un errore. Se il bambino smette di tamburellare prima di aver completato le 5 sequenze, dire: “vai avanti fino a che non ti dico di fermarti”. Registrare il tempo trascorso in secondi e il numero di sequenze corrette nell'intervallo massimo di 90 secondi.

Punteggio

Segnare il numero di colpi fatti dal bambino (max 20 colpi per le ripetizioni e max 5 sequenze per le sequenze) e il tempo di completamento (max 60 secondi per le ripetizioni e max 90 secondi per le sequenze) per ogni esercizio e per ogni mano.

Sommare il tempo di completamento per i due item svolti con la mano dominante (item 1 – ripetizioni e item 3 – sequenze) nel tempo mano dominante (max 150 secondi).

Sommare il tempo di completamento per i due item svolti con la mano non dominante (item 2 – ripetizioni e item 4 – sequenze) nel tempo mano non dominante (max 150 secondi).

Sommare il tempo di completamento per i due item di ripetizione (item 1 – mano dominante e item 2 – mano non dominante) nel tempo totale ripetizioni (max 120 secondi).

Sommare il tempo di completamento per i due item di sequenze (item 3 – mano dominante e item 4 – mano non dominante) nel tempo totale sequenze (max 180 secondi).

Sommare il tempo di completamento per tutti gli item per ottenere il tempo totale (max 300 secondi).

Segnare l'eventuale presenza di guida visiva (il bambino guarda la sue dita per la maggior parte del tempo durante l'esecuzione di un item), di posizione scorretta, di movimenti posturali altra mano, di movimenti speculari altra mano e di movimenti lingua/bocca, sottoforma di osservazioni qualitative.

Interpretazione dei risultati

Punteggi bassi nel test del Tapping delle Dita possono indicare uno scarso controllo motorio fine e scarse abilità di coordinazione motoria. Nello specifico, un punteggio basso nel compito di ripetizioni suggerisce una scarsa coordinazione motoria fine, che si può associare anche a difficoltà nell'esecuzione di compiti grafo-motori o nella manipolazione di oggetti; un basso punteggio nelle sequenze è invece più collegabile ad un problema di programmazione motoria. Siccome il controllo motorio della mano è a carico dell'emisfero controlaterale, un punteggio basso limitato ad una delle due mani può indicare difficoltà motorie collegate ad uno dei due emisferi. Tuttavia le differenze di controllo motorio legate sono molto ampie nella popolazione; per questo per valutare eventuali problematiche motorie relative ad una mano è consigliabile confrontare la prestazione del bambino in altri compiti che permettono la valutazione della competenza motoria per entrambe le mani, come il test Imitazione Posture manuali e il test Sequenze motorie manuali. Nel caso di prestazione deficitaria bilaterale per i diversi compiti, si può ipotizzare un alterato sviluppo della coordinazione sensorimotoria e/o una compromissione delle abilità centrali di pianificazione e progettazione di azioni.

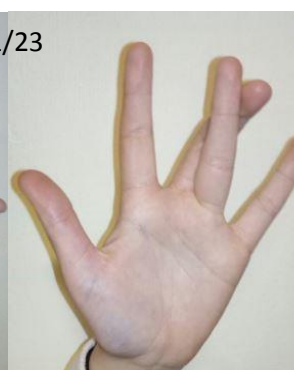
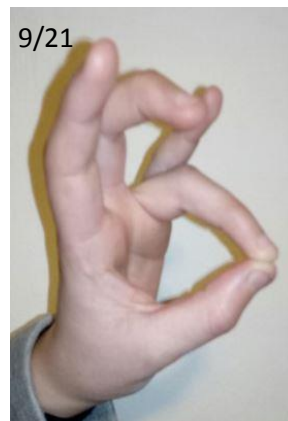
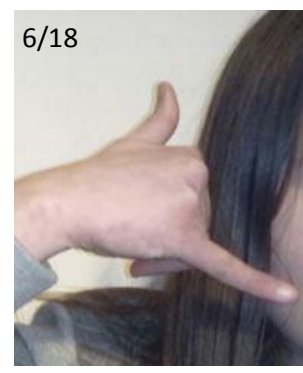
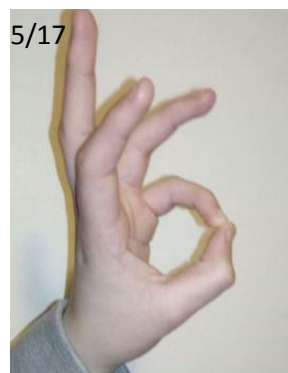
IMITAZIONE POSTURE MANUALI (IP)

Il test Imitazione Posture manuali, per bambini dai 3 ai 16 anni, valuta l'abilità di imitare posture della mano dominante e non dominante con la stessa mano opponente, che implica l'analisi visuo-spaziale delle posture mostrate dall'esaminatore, una corretta e flessibile programmazione motoria e la considerazione dei feedback cinestesici nella pianificazione e correzione dei movimenti. Questo test valuta le abilità motorie di base senza essere influenzato significativamente da altre funzioni cognitive. Limitazioni nella flessibilità delle dita possono influire sugli item 11 e 12.

Somministrazione

All'inizio della somministrazione dire: "guarda attentamente". Se necessario mettere la mano sotto il tavolo per aiutarsi a riprodurre la postura con l'altra mano in modo tale che il bambino non veda. Iniziare a prendere il tempo quando la postura della mano è visibile al bambino.

Gli item sono i seguenti:



Somministrare, per il range di età dai 5 ai 16, prima gli item per la mano dominante del bambino (dall'item 3 all'item 12) e poi gli item per la sua mano non dominante (dall'item 15 all'item 24), che sono identici per postura tra ognuna delle due mani, usando la propria mano come modello. Registrare sul protocollo se il bambino ha o meno imitato correttamente la postura entro il tempo massimo di completamento per ciascuna postura di 20 secondi. Se il bambino inizia ad usare l'altra mano per aiutarsi, fermarlo, indicargli la mano appropriata, dire: "usa solo questa mano" e segnare sul protocollo di registrazione l'osservazione qualitativa 'aiuti altra mano'. Se il bambino inizia ad usare la mano speculare a quella dell'esaminatore, fermarlo, indicargli la mano appropriata, dire: "usa questa mano" e segnare sul protocollo di registrazione l'osservazione qualitativa 'uso mano speculare'. Se il bambino di età 5-16 non completa correttamente gli item 3 e 4 per la mano dominante e gli item 15 e 16 per la mano non dominante, somministrare gli item 1 e 2 per la mano dominante e gli item 13 e 14 per la mano non dominante prima di continuare con gli altri item (regola di inversione). Interrompere dopo 3 punteggi o consecutivi negli item 1-12 della mano dominante passando agli item della mano non dominante; interrompere dopo 3 punteggi o consecutivi negli item 13-24 della mano non dominante (regola di interruzione).

Punteggio

Considerare corretta una risposta quando il gesto che viene imitato dal bambino è riconoscibile, coinvolge le dita corrette ed è seguito entro i 20 secondi. Segnare un punto per ogni risposta corretta; segnare 0 punti per ogni risposta sbagliata o per ogni non risposta; segnare la presenza dell'uso della mano speculare oppure di aiuti con l'altra mano come osservazione qualitativa. Se non è stata applicata la regola di inversione, assegnare i punti degli item precedenti al punto di inizio.

Dalla somma dei punti ottenuti in tutti gli item eseguiti con la mano dominante si ottiene il punteggio 'mano dominante' (max 12 punti).

Dalla somma dei punti ottenuti in tutti gli item eseguiti con la mano non dominante si ottiene il punteggio 'mano non dominante' (max 12 punti).

Il punteggio totale è dato dalla somma del punteggio 'mano dominante' e del punteggio 'mano non dominante' (max 24 punti).

Interpretazione dei risultati

Un punteggio basso nel test delle Imitazione Posture manuali è solitamente sintomo di un ritardo nello sviluppo motorio. Nello specifico bassi punteggi sono indice di una scarsa coordinazione motoria fine, di una scarsa coordinazione sensori-motoria, di problemi nell'elaborazione dei feedback tattili o cinestesici, di difficoltà prassiche nel riprodurre correttamente le giuste relazioni spaziali fra le posizioni delle dita.

SEQUENZE MOTORIE MANUALI (SMM)

Il test Sequenze Motorie Manuali, per bambini dai 3 ai 16 anni, valuta l'abilità di imitare una serie di sequenze motorie ritmiche del movimento mostrate dall'esaminatore usando una o entrambe le mani. La prestazione è fortemente influenzata dalle abilità manuali e motorie del bambino, ma anche dalle sue capacità attentive e dalla sua motivazione.

Somministrazione

Per ciascun item, dire: "ora farò alcune cose con le mani. Guarda. Poi fai quello che faccio io. Continua fino a quando non ti dico stop". Usare la mano che corrisponde a quella dominante del bambino a meno che nelle istruzioni dell'item non vi sia un'altra indicazione, assicurandosi che il bambino usi la mano corretta per ciascun item, indicandogli se necessario la mano che dovrebbe essere usata. Mostrare ciascuna sequenza per tre volte e se il bambino fa un errore nella prima o nella seconda sequenza ripetere la dimostrazione e poi iniziare l'item. Mantenere un ritmo di presentazione più veloce di un movimento per secondo. Per gli item 9, 11 e 12 prima far vedere il movimento alla velocità di un movimento per secondo, poi fare eseguire una sequenza di pratica, infine far vedere il movimento alla velocità di due movimenti al secondo e dire: "ora fallo il più velocemente possibile". Assicurarsi di mostrare di battere piano sul tavolo. E' consentito tenere il ritmo per aiutare il bambino a ripetere la sequenza usando anche il cronometro.

Gli item sono i seguenti:

- Item 3: usando la mano che corrisponde a quella non dominante del bambino, battere il proprio pugno sul tavolo e poi battere il palmo;
- Item 4: battere le mani e poi battere i palmi sul tavolo (applauso-palmi = una sequenza);
- Item 5: battere le mani e poi battere simultaneamente il pugno destro e il palmo sinistro sul tavolo (applauso-pugno/palmo = una sequenza);
- Item 6: battere le mani e poi battere simultaneamente il palmo destro e il pugno sinistro sul tavolo (applauso-palmo/pugno = una sequenza);
- Item 7: usando la mano che corrisponde a quella dominante del bambino, mostrare una sequenza di tre movimenti consecutivi, che sono, battere il pugno, il palmo e il lato della mano sul tavolo (pugno-palmo-lato = una sequenza);
- Item 8: usando la mano che corrisponde a quella non dominante del bambino, mostrare una sequenza di tre movimenti consecutivi, che sono, battere il pugno, il palmo e il lato della mano sul tavolo (pugno-palmo-lato = una sequenza);
- Item 9: battere con il pugno destro sul tavolo e poi con quello sinistro, successivamente battere con il palmo destro e poi con quello sinistro (pugno destro-pugno sinistro-palmo destro-palmo sinistro = una sequenza);

- Item 10: battere simultaneamente il pugno destro e il palmo sinistro sul tavolo, poi il palmo destro e il pugno sinistro sempre in maniera simultanea (pugno destro/palmo sinistro-palmo destro/pugno sinistro = una sequenza);
- Item 11: prima battere le mani e poi battere il pugno destro, il palmo destro e il pugno sinistro sul tavolo consecutivamente (applauso-pugno destro-palmo destro-pugno sinistro = una sequenza);
- Item 12: battere il pugno sinistro, il lato della mano destra, il palmo sinistro e poi il pugno destro sul tavolo consecutivamente (pugno sinistro- lato destro-palmo sinistro-pugno destro = una sequenza).

Somministrare, per il range di età dagli 8 ai 16, dall'item 3. Usando la colonna del numero di sequenze nel protocollo, mentre il bambino fa il compito, contare silenziosamente quante delle 5 sequenze massime prestabilite per ogni item il bambino completa correttamente per un totale di 12 item, facendo un cerchio sul numero della sequenza se corretta oppure una X se sbagliata. Un errore è definito come un ordine scorretto dei movimenti o un'interruzione più lunga del tempo di una sequenza, mentre un ritmo inconsistente o la lentezza del movimento non sono conteggiati come errori. Se il bambino non completa correttamente tutte le 5 le sequenze all'item 3, somministrare l'item 1 e 2 prima di proseguire con l'item 4 (regola di inversione). Interrompere il test se il bambino produce quattro sequenze consecutive sbagliate (regola di interruzione).

Punteggio

Segnare 1 punto per ogni sequenza eseguita correttamente in ciascun item (max 5 punti per 5 sequenze di ogni item) e segnare 0 punti per ogni sequenza non eseguita correttamente o non eseguita. Sommare i punti conteggiati in tutti i 12 item per ottenere il punteggio totale (max 60 punti per 12 item), includendo anche gli item 1 e 2, che non vengono somministrate al range di età 8-16 del nostro campione, se tutte e cinque le sequenze dell'item 3 vengono eseguite correttamente.

Segnare l'eventuale presenza di cambi di velocità, agitazioni motorie, perseverazioni (i movimenti continuano per tre o più sequenze dopo che l'esaminatore ha detto stop), perdita di asimmetria dei movimenti (le posizioni asimmetriche delle mani diventano identiche o identici movimenti delle mani sono svolti simultaneamente invece che in modo alternato), movimenti del corpo e battiti forti, sotto-forma di osservazioni qualitative.

Interpretazione dei risultati

Un basso punteggio nel test delle Sequenze motorie manuali è indice di una scarsa abilità di programmazione di sequenze motorie manuali. Il bambino con prestazione deficitaria può essere goffo e scoordinato nei movimenti della vita quotidiana. Le osservazioni qualitative possono indicare il grado di sforzo che il bambino sta facendo nell'eseguire il compito;

perseverazioni e perdita di asimmetria dei movimenti possono indicare problemi nell'inibizione attentiva.

Scoring complessivo di tutti e tre i test

Siccome il nostro studio mira alla verifica di una differenza significativa tra scuola sperimentale e scuola di controllo in termini di miglioramento tra un prima (t1) e un dopo (t2) per effetto di un trattamento esclusivo solo sulla scuola sperimentale, attraverso un confronto tra le stesse classi delle due scuole che risulta quindi essere equilibrato e bilanciato perché riferito alle competenze ascrivibili alla classe di appartenenza, esulando da qualsiasi valutazione diagnostica clinica, sono stati presi in considerazione solo i punteggi grezzi, senza quindi una scala applicata alle diverse età dei bambini.

L'ATTENZIONE: IL CONTROLLO DEI PROCESSI ATTENTIVI E L'INIBIZIONE MOTORIA;
L'ATTENZIONE SOSTENUTA Uditiva; L'INTERFERENZA COGNITIVA E I PROCESSI INIBITORI IN ACCESSO -> BIA

La BIA, batteria italiana per l'ADHD cioè per la valutazione dei bambini con deficit di attenzione e iperattività (Gian Marco Mazzocchi, Anna Maria Re e Cesare Cornoldi; 2016), dispone di strumenti atti alla comprensione di problemi presentati dal bambino con caratteristiche di disattenzione e impulsività, e/o con difficoltà nei processi esecutivi, nel controllo della risposta e della memoria.

Nella BIA sono raccolti alcuni fra i principali strumenti con taratura italiana per aiutare il clinico nella diagnosi di ADHD che costituiscono adattamenti di procedure già collaudate. A causa delle limitate risorse disponibili, i campioni di standardizzazione, pur essendo ben rappresentativi della stratificazione socioculturale della popolazione italiana, non sono ugualmente rappresentativi nelle varie zone dell'Italia, riguardando prevalentemente bambini del Nord. Inoltre, siccome il campione di standardizzazione era meno numeroso di quanto ci si aspettasse, in alcuni casi, se gli andamenti evolutivi lo consentivano, si è preferito accorpate due fasce di età; in ogni caso se il bambino valutato ha un'età prossima ai confini della fascia biennale si raccomanda di tener conto anche della fascia limitrofa. Nonostante tutte queste limitazioni, è doveroso dire che nello sforzo di standardizzazione delle prove avendo a che fare con più di 10 strumenti e con numerose fasce di età, sono stati raccolti dati che riguardano una popolazione di bambini che supera le 10.000 unità.

La batteria include cinque categorie di strumenti:

- questionari per la valutazione del comportamento del bambino nei contesti casa e scuola;
- test per la valutazione dell'attenzione sostenuta sia visiva che uditiva;
- test per la valutazione del comportamento impulsivo;

- test per la valutazione dei processi di controllo, come l'inibizione motoria e l'inibizione della risposta 'prepotente';
- test per la valutazione delle strategie di memoria.

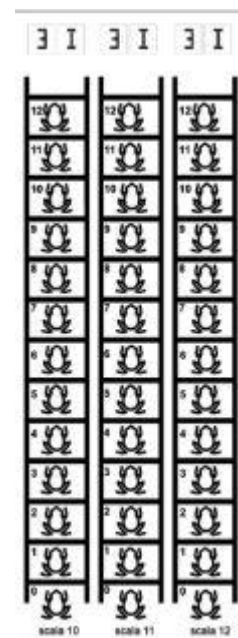
Per quanto riguarda l'indagine della presente tesi sul sistema attentivo circa la valutazione dell'effetto di un training musicale sulle abilità attentive dei bambini, della batteria BIA sono stati utilizzati dei test che analizzano aspetti diversi dell'attenzione: il test delle ranette che valuta il controllo dei processi attentivi con l'inibizione motoria; il test di attenzione uditiva (TAU) che valuta l'attenzione sostenuta uditiva; infine il test di Stroop numerico che valuta l'interferenza cognitiva e i processi inibitori in accesso con l'inibizione della risposta 'prepotente'.

IL TEST DELLE RANETTE

Il test delle ranette è un test di attenzione, che riprende il "Walk Don't Walk" di Manly e collaboratori (1998), che valuta l'attenzione selettiva, l'attenzione sostenuta e l'inibizione motoria: l'attenzione selettiva perché il bambino deve identificare i suoni che richiedono di segnare un puntino sul foglio da quelli che invece richiedono l'inibizione di tale azione; l'attenzione sostenuta perché valuta la capacità del bambino di rimanere concentrato per un periodo prolungato; infine l'inibizione motoria in quanto il bambino deve evitare di fornire la risposta quando viene presentato un suono di no-Go.

Somministrazione

Viene presentato al bambino un foglio raffigurante 20 percorsi in linea retta caratterizzati ognuno da 14 caselle disposte in colonna. All'interno di ogni casella è raffigurata una rana che consente al bambino di immedesimarsi nel compito in cui deve compiere dei salti tra una casella e l'altra con una pennarello tenuto a 2 cm di distanza dal foglio. Viene richiesto al bambino di ascoltare attentamente una registrazione che presenta due tipi di suoni: un suono Go che consente di saltare con la penna alla casella successiva facendovi un segno e un suono no-Go che non consente di saltare alla casella successiva ma richiede di fermarsi sulla casella in cui ci si trova passando poi al percorso successivo; i due suoni sono identici per i primi 208 ms, passati i quali il suono no-Go termina con un'accentuazione vocale. Le due prerogative per avere successo nella prova sono, seguire il ritmo della sequenza di suoni spostandosi o meno nelle caselle successive in corrispondenza alla comparsa dei suoni, e contemporaneamente inibire la risposta motoria riuscendo a fermarsi in tempo al suono no-Go che appare in modo imprevedibile dopo aver sentito un numero variabile da 2 a 10 di suoni Go che si presentano con una modalità regolare e ritmica. In sostanza si



chiede al bambino di sopprimere la risposta di routine del suono Go e di ascoltare l'intero suono prima di rispondere che può includere il suono no-Go e quindi la prerogativa di fermarsi. Il tempo rimane costante all'interno di ciascuna prova che si aggira intorno ai 6-7 minuti, ma gli intervalli tra un suono e l'altro si riducono progressivamente, passando da 1500 ms nei primi item a 500 ms nell'ultimo percorso. Dopo l'illustrazione della prova al bambino con l'ascolto dei due tipi di suoni, vengono proposte due prove di pratica, una svolta dall'esaminatore e una dal bambino, ricordando al bambino che deve sempre partire dalla casella 0 di ogni percorso con la penna ferma.

Punteggio

Il test prevede un punteggio che va da 0 a 20, in quanto viene assegnato un punto per ogni percorso o item corretto (un percorso è composto da 14 caselle e l'intera prova è composta da 20 percorsi o item). Se il bambino è riuscito a seguire i suoni correttamente e ad inibire la risposta motoria in corrispondenza del suono no-Go si troverà nella posizione terminale prevista e quindi gli verrà attribuito un punto, in caso contrario non gli sarà assegnato alcun punto. Gli errori si possono verificare per due ragioni: il bambino non è riuscito ad inibire la risposta motoria all'ascolto del suono no-Go facendo un punto sul foglio (l'ultima casella segnata non corrisponderà al numero della casella corretta segnata nel foglio di registrazione delle risposte ma a quella successiva); il bambino non riesce a stare al passo con la sequenza ritmica dei suoni e contemporaneamente può non riuscire ad inibire la risposta no-Go (a causa della combinazione di questi due eventi l'ultima casella segnata corrisponderà a quella segnata nel foglio di registrazione delle risposte, ma la risposta è comunque sbagliata perché il soggetto non è riuscito né a seguire la presentazione dei suoni né ad inibire la risposta no-Go).

IL TEST DI ATTENZIONE Uditiva (TAU)

Il test di attenzione uditiva, compito derivato dal test 'Score!' contenuto nella batteria 'Test of Everyday Attention for Children' di Manly e colleghi (1998) che a sua volta è ispirata ad un compito di Wilkins, Shallice e McCarthy (1987), misura l'attenzione uditiva sostenuta, con riferimento alla capacità di mantenere l'attenzione su suoni ripetuti per brevi sequenze a loro volta ripetute.

Oltre all'attenzione sostenuta, il TAU attiva anche altri processi cognitivi: la memoria di lavoro per il trattenimento dell'informazione uditiva che permette di immagazzinare l'ultimo numero corrispondente alla quantità di suoni fino ad allora contati, il recupero fonologico della stringa di fonemi corrispondenti al numero da ricordare e l'updating per far avanzare il conteggio dei suoni che consente di aggiornare le informazioni immagazzinate in memoria e di inibire le informazioni irrilevanti.

Al fine di testare la validità di costruito del test sono state condotte delle analisi di correlazione con una prova di memoria a breve termine verbale (Digit Span) e con il compito di

riconoscimento uditivo (RU) della batteria 'attenzione e concentrazione' di Di Nuovo (2000) considerando i tempi di risposta delle risposte corrette, le omissioni e le risposte errate. Per quanto riguarda la validità concorrente del test, questa è stata testata con il compito di riconoscimento uditivo, in quanto misura il funzionamento attentivo nella componente uditiva in assenza di richieste mnemoniche e con il test di memoria a breve termine verbale sia nella componente passiva (span in avanti) che in quella attiva (span indietro), in quanto nel TAU è richiesto l'intervento della memoria di lavoro siccome il bambino deve ricordare la quantità dei suoni ascoltati e aggiornarla con lo stimolo in ingresso. Le correlazioni risultano più forti con il RU rispetto ai test di memoria a breve termine verbale in quanto per lo svolgimento del TAU è più importante la componente attentiva rispetto a quella mnemonica.

Somministrazione

Inizialmente si chiede al bambino di contare ad alta voce fino a 15 se ci sono dubbi che non sappia farlo, siccome è uno dei requisiti necessari per poter eseguire la prova. Per la somministrazione della prova al bambino viene richiesto di ascoltare dei suoni simili agli spari di un videogioco in silenzio e di contarli mentalmente senza l'uso delle dita differenziandoli dal primo suono che avvisa che l'esercizio sta per iniziare oppure che è terminato. Al termine di ciascuno dei dieci esercizi gli viene chiesto di dire quanti suoni ha sentito. L'esaminatore prima di iniziare il test si deve assicurare che il bambino abbia capito la consegna con lo svolgimento corretto di due esempi pratici. In ogni esercizio vengono presentati dai 9 ai 15 toni identici tra loro della lunghezza di 345 ms, intervallati da pause di silenzio di durata variabile tra 500 a 5000 ms. La durata del compito è approssimativamente di 6 minuti. Il parametro che si ottiene è il numero delle risposte corrette. Nonostante l'illustrazione della consegna, se il bambino conta con le dita l'esaminatore deve scoraggiarne l'uso ricordandogli le istruzioni. Non è possibile interrompere l'ascolto di un item o farlo riascoltare; il tempo fra un item e l'altro invece non è cruciale quindi l'esaminatore può fare una pausa tra un item e l'altro se il bambino necessita di tempo per dare la risposta.

Punteggio

Per calcolare il punteggio è sufficiente fare la somma degli item o esercizi che il soggetto ha eseguito correttamente; il punteggio massimo è 10 siccome gli item o esercizi sono 10.

IL TEST DI STROOP NUMERICO

Il test di Stroop numerico rimanda alla situazione inibitoria più classica che è rappresentata dall'effetto Stroop. Si è scelta una prova di conteggio di elementi assumendo che i bambini accedano automaticamente al numero scritto, invece che l'esemplificazione più celebre dell'effetto che riguarda la specificazione del colore in cui è scritta una parola, perché in questo caso si richiede che la lettura di parole sia altamente automatizzata.

In psicologia l'effetto Stroop è un esempio di interferenza cognitiva causata dalla difficoltà del processamento nel conteggio degli item di un compito in cui è necessario controllare e inibire una risposta automatica errata relativa all'identità lessicale del numero e fornire una risposta secondaria non automatica relativa al conteggio degli elementi, visibile nel rallentamento dei tempi di reazione o nell'aumento degli errori nella condizione incongruente (quando l'identità dei numeri contenuti in una cella differisce dalla numerosità degli stessi) rispetto alla condizione congruente (identità e numerosità corrispondono); gli stimoli presentati in questo compito sono configurazioni di cifre identiche fra di loro con una numerosità variabile da 1 a 9 da 1 a 5 volte.

L'effetto prende il nome da colui che l'ha scoperto, John Ridley Stroop, che pubblicò uno degli articoli più citati nella storia della psicologia sperimentale, 'Studies of interference in serial verbal reaction' nel 'Journal of experimental psychology' nel 1935.

Somministrazione

Il test prevede la presentazione al bambino di due diverse prove: la prima prova contiene gli stimoli della condizione baseline, mentre la seconda prova contiene gli stimoli della condizione Stroop. Nella condizione baseline il foglio presenta una tabella 3x4 di 12 celle contenenti ciascuna da 1 a 5 asterischi disposti in modo casuale e viene spiegato al bambino di contare gli elementi contenuti in ogni cella dicendone la numerosità partendo da in alto a sinistra

* * *	*
* * *	* *

1	2	5	5
1 1 1	5	5 5	5
1 1 1	4 4 4	4 4	3 3
5 5	2 2 2	4 4	4 4
4	1 1	2 2 2	2 2 2

in senso orizzontale per terminare in basso a destra. Nella condizione Stroop i due fogli contengono 75 celle contenenti ciascuna da 1 a 5 cifre con la stessa identità per ogni cella, ma configurate in modo da comporre le 25 differenti combinazioni tra numerosità e identità dello stimolo ripetute ognuna tre volte e distribuite nella sequenza di caselle in modo casuale, in cui numerosità e identità sono coerenti in 15 celle ed incoerenti in 60 celle. In questa condizione al bambino viene spiegato che il suo compito è quello di stabilire quante cifre vi sono all'interno di ogni cella dicendone la numerosità, senza lasciarsi distrarre dall'identità delle cifre contenute in ogni cella ("mi devi dire quanti numeri ci sono all'interno di ogni cella senza dirmi che numeri sono"). Facendo un esempio, se in una casella ci sono scritti tre '2' la risposta corretta è dire tre; la risposta due viene considerata un errore di interferenza, perché il bambino non è riuscito a controllare e a inibire la risposta automatica che consiste nella lettura dell'identità delle cifre attivando la risposta secondaria che consiste nel conteggio delle cifre. Le risposte dei soggetti possono essere congruenti con la numerosità degli elementi presenti nelle caselle, corrispondere

all'identità degli elementi presentati (errore di interferenza), oppure non coincidere né con la numerosità né con l'identità degli elementi (errore di conteggio).

Punteggio

La registrazione del punteggio durante la somministrazione della prova prevede il conteggio del tempo impiegato dal bambino per lo svolgimento della condizione baseline e della condizione Stroop e degli eventuali errori nella condizione Stroop. Vi sono due tipi di errori da considerare: errori di identità, cioè quando il bambino non dice il numero degli stimoli presenti nelle caselle (numerosità) ma i numeri che vi sono scritti (identità), che si verificano perché il soggetto non è in grado di inibire la risposta automatica relativa all'identità dei numeri e di attivare la risposta secondaria relativa alla loro numerosità; errori di conteggio, cioè quando il bambino sbaglia nel conteggio dei numeri presenti nelle celle. Dal conteggio del tempo impiegato per lo svolgimento delle due condizioni è possibile calcolare il tempo di interferenza determinato dalla presenza di stimoli conflittuali e incongruenti tra la loro identità e la loro numerosità. Il tempo di interferenza rispecchia l'efficienza con cui il bambino riesce ad inibire una risposta automatica relativa alla lettura dell'identità del numero e attivare la risposta controllata secondaria relativa al conteggio del numero di elementi. Per calcolare il tempo di interferenza si utilizza la seguente formula: tempo di interferenza = (tempo condizione Stroop/75) - (tempo baseline/12). Il tempo di interferenza viene calcolato sottraendo il tempo impiegato nella condizione baseline diviso il numero di celle/item di questa condizione dal tempo impiegato nella condizione Stroop diviso il numero di celle/item di questa condizione. I tempi per entrambe le prove sono espressi in secondi. E' consigliabile ponderare il tempo di interferenza tenendo conto della velocità di risposta del bambino, tempo di interferenza ponderato che si ottiene calcolando il rapporto tra tempo di interferenza e tempo di risposta nella condizione baseline.

Scoring complessivo di tutti e tre i test

Siccome il nostro studio mira alla verifica di una differenza significativa tra scuola sperimentale e scuola di controllo in termini di miglioramento tra un prima (t1) e un dopo (t2) per effetto di un trattamento esclusivo solo sulla scuola sperimentale, attraverso un confronto tra le stesse classi delle due scuole che risulta quindi essere equilibrato e bilanciato perché riferito alle competenze ascrivibili alla classe di appartenenza, esulando da qualsiasi valutazione diagnostica clinica, sono stati presi in considerazione solo i punteggi grezzi, senza quindi una scala applicata alle diverse età dei bambini.

LA SCRITTURA ->BHK

La batteria BHK, Scala sintetica per la valutazione della scrittura in età evolutiva (Carlo di Brina e Giovanna Rossini; 2013), costituisce l'adattamento italiano dall'originale olandese del 1987 di Hamstra-Bletz, de Bie e den Brinker che rappresenta con i diversi aggiornamenti una rivisitazione della 'scala per la disgrafia' di Ajuriaguerra. Per la validazione della presente batteria italiana è stato seguito un disegno di campionamento a grappoli al fine di individuare un campione statisticamente rappresentativo dei bambini di scuola primaria italiani (esclusi i bambini della classe prima per i fattori di influenza delle prime fasi di apprendimento della lingua scritta), che interessava nello specifico il XX Municipio del comune di Roma comprendente svariate realtà socioculturali essendo esteso dal centro alla periferia; il campione estratto dal XX Municipio attraverso un disegno casuale semplice comprendeva 562 alunni di 16 scuole e 31 classi, dal secondo al quinto anno della scuola primaria (prima dell'esclusione di alcuni soggetti per motivi di attendibilità delle prova, il campione inizialmente comprendeva 594 scritture). Essa nasce ed è tuttora una scala analitica che utilizza parametri predeterminati e ben definiti meno legati ad un giudizio soggettivo (anche se esula da un'impressione globale e dalle componenti cinematiche della scrittura), differenziandosi dalle vecchie scale globali e olistiche che si fondavano unicamente sul concetto di leggibilità della scrittura (Ayres, 1912; Freeman, 1959). Da allora è diventata lo strumento di valutazione della qualità di scrittura più conosciuto e utilizzato nella ricerca e nella pratica clinica.

Il testo scelto per la somministrazione è una prova di copiato, alleggerita dalle componenti di decodifica linguistica, applicabile alle prime fasi dell'apprendimento del codice alfabetico. I 13 parametri della batteria derivano dall'elaborazione delle 25 caratteristiche salienti della scrittura dei disgrafici redatte da Ajuriaguerra, raccolte poi in tre categorie: errata organizzazione morfologica della scrittura (scrittura ondeggiante e troppo ravvicinata), scarsa manualità (cattiva qualità della traccia di scrittura e 'saldature' tra le lettere) e difetti di forma e di proporzione (lettere malformate con micro e macro grafia); infatti la somma dei punteggi ottenuti ai 13 parametri mostrava una stretta correlazione con il punteggio valido per disgrafia alla scala di Ajuriaguerra. Questi 13 parametri individuano le caratteristiche qualitative dell'atto grafico nella motricità fine, in accordo al fatto che la letteratura è unanime nell'affermare che la cattiva scrittura è un indicatore di difficoltà in motricità fine (Miller et al., 2001; Smits-Engelsman et al., 2001); viene valutata inoltre la rapidità di scrittura in relazione alla classe frequentata dal bambino. La batteria permette anche l'identificazione della disgrafia con una buona sensibilità e specificità, in associazione però ad una valutazione neuropsicologica in grado di inquadrare il profilo cognitivo, dal punto di vista attentivo e visuoperceptivo, e motorio del soggetto, anche in assenza di patologie neurologiche conclamate. Poter quantificare il grado di compromissione dell'atto grafico consente una maggiore precisione in ambito diagnostico e riabilitativo. La cattiva qualità di scrittura viene inquadrata come segnalatore clinico, per citarne

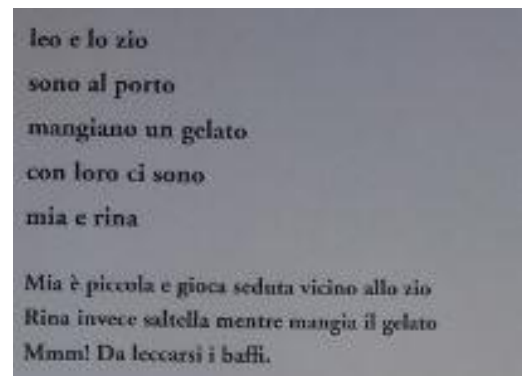
alcuni, del Disturbo Evolutivo Specifico della Funzione Motoria (DESM) (Cod. F82) e del Disturbo Evolutivo Specifico delle Abilità Scolastiche (DESAS) (Cod. F81), nel quale spesso si riscontrano deficit anche nelle abilità visuoperceptive e attentive. Una cattiva qualità di scrittura è riscontrabile anche in svariati disturbi neurologici, quali ad esempio corea, distonia focale e neurofibromatosi.

Durante il percorso di validazione della batteria sono stati riscontrati alcuni aspetti interessanti:

- gli aspetti formali della scrittura peggiorano nel tempo con l'aumentare della rapidità di scrittura (Hamstra-Bletz e Blote; 1990), più per i maschi che per le femmine (Charles et al.; 2003);
- la qualità e la velocità di scrittura non sono necessariamente due aspetti correlati e la scarsa sperimentazione di caratteristiche personali è in relazione allo sforzo di mantenere accettabile la leggibilità della scrittura, che si evidenzia maggiormente nei cattivi scrittori (Hamstra-Bletz; 1993);
- E' stata dimostrata l'efficacia terapeutica di metodi incentrati sull'abilità visuomotoria e sull'esercizio pratico di scrittura più sulla leggibilità che sulla rapidità esecutiva della scrittura (Woodward e Swinth, 2002; Case-Smith, 2002).

Somministrazione

La prova presuppone una somministrazione collettiva ai bambini in classe. Dopo aver consegnato ad ogni bambino il foglio col testo da copiare ed un foglio bianco su cui copiare il testo, bisogna dare la consegna a tutti i bambini di iniziare a copiare, dopo il segnale di via del somministratore, sul foglio bianco disposto in verticale il testo che è stato fornito, partendo dalla prima riga in avanti finché non sarà dato un segnale di



stop, almeno le prime 5 righe, andando a capo come indicato solo per queste prime 5 righe. Bisogna ricordare al bambino di scrivere in corsivo come è abituato a scrivere, “non meglio, ma neanche peggio”, seguendo il proprio ritmo. Lo sperimentatore, dopo aver consegnato il materiale e spiegato la prova ai bambini, da loro il via ad iniziare il copiato tenendo il tempo con il cronometro per 5 minuti, finiti i quali, dopo aver dato segnale di stop, deve assicurarsi che tutti i bambini arrestino prontamente il proprio elaborato al punto in cui è stato interrotto dal segnale di stop; se alcuni bambini hanno copiato meno di 5 righe in 5 minuti, bisogna dare loro più tempo e annotare il numero di righe che hanno ottenuto in 5 minuti.

Punteggio

Nel calcolo del punteggio, come già espresso, sono stati presi in considerazione la velocità di scrittura e 13 parametri che valutano le caratteristiche qualitative dell'atto grafico nella motricità fine.

Per quanto riguarda la velocità di scrittura è stata ottenuta contando i singoli grafemi prodotti dai bambini nei 5 minuti concessi, includendo lettere cancellate o corrette anche con errori fonologici (aggiunta, sostituzione o elisione di grafemi) ed escludendo i segni di punteggiatura.

Per quanto riguarda le caratteristiche qualitative dell'atto grafico riferite a 13 parametri bisogna seguire un ordine di indagine ben preciso: prima viene espresso un giudizio sui parametri 'grandezza della scrittura' e 'margine sinistro non allineato', esaminando la prova di scrittura nel suo insieme; successivamente per tutti gli altri parametri da valutare saranno prese in esame solo le prime 5 righe del testo stabilendo se una determinata caratteristica è presente o meno, esaminando in questo ordine il complesso di frasi, parole, lettere e i particolari connotativi delle lettere; infine si determinerà il grado di qualità della grafia facendo la somma dei punteggi assegnati ad ogni singolo parametro. Precisamente, nel calcolo del punteggio complessivo dell'atto grafico, dato dalla somma complessiva dei singoli parametri, si ottiene un punteggio che in questa sede abbiamo definito di "Inaccuratezza", in quanto i singoli parametri sono connotati in senso negativo: dal parametro numero 3 al parametro numero 13, escluso il numero 9, per ciascuna delle prime 5 frasi considerate, il punteggio 0 indica l'assenza della caratteristica negativa mentre il punteggio 1 indica la presenza della caratteristica negativa; nel parametro numero 9 "*Misura incoerente fra lettere con e senza estensione*" il punteggio 0 indicante l'assenza della caratteristica negativa e il punteggio 1 indicante la presenza della caratteristica negativa viene ripetuto per le prime 4 frasi siccome la quinta frase non ha lettere con estensione; nel parametro numero 1 "*Grandezza della scrittura*" il punteggio riferito allo scritto nel suo insieme va da 0, che corrisponde ad una scrittura piccola, a 5, che corrisponde ad una scrittura grande, senza nessuna specificazione sulla qualità grafica, ma contribuisce comunque al punteggio complessivo che abbiamo definito di "Inaccuratezza"; infine nel parametro numero 2 "*Margine sinistro non allineato*" il punteggio, riferito allo scritto nel suo insieme, da 0 a 5 quantifica il grado di divergenza dal margine, contribuendo così al punteggio complessivo di "Inaccuratezza". Riassumendo, il calcolo del punteggio complessivo è il seguente: 10 parametri x 0/1 punti x 5 frasi + 1 parametro x 0/1 punti x 4 frasi + 2 parametri x 0-5 punti = 64 punti è il punteggio massimo complessivo delle caratteristiche qualitative dell'atto grafico o di "Inaccuratezza". E' opportuno spiegare alcune situazione che potrebbero dare luogo ad incertezze nel processo di valutazione: se nella copiatura del testo il bambino ha tralasciato una frase delle 5 da indagare, occorre includere nella valutazione parte della sesta frase scritta, in modo che la valutazione sia comunque basata su circa 20 parole scritte su 5 righe; se nella copiatura il bambino ha aggiunto o ripetuto una frase delle 5 in esame, occorre non considerare

tali frasi ai fini della valutazione; in presenza di ampie zone correzioni nel testo copiato, occorre cercare di ricostruire le lettere o le parole originali della scrittura e valutarle secondo le norme indicate.

Ci sono alcune caratteristiche della scrittura che devono essere esaminate separatamente e non concorrono alla determinazione del punteggio di valutazione: translinearità; omesso utilizzo della parte sinistra del foglio di scrittura; margine sinistro fortemente divergente verso destra; tremori; micrografia; lettere specchiate; incidenza occasionale di serie di lettere allungate orizzontalmente; parole scritte in parti separate; testo alterato; errori ortografici e correzioni; ripensamenti.

Nel processo di valutazione è raccomandabile l'uso dei colori per permettere di valutare due parametri diversi presenti nella stessa lettera, l'uso di una lente di ingrandimento per facilitare la visione delle caratteristiche più dettagliate di alcuni parametri e l'uso della matrice trasparente per agevolare le misurazioni per alcuni parametri.

Di seguito, al fine di spiegare il calcolo del punteggio e di approfondire le caratteristiche di ogni parametro, vengono illustrati singolarmente i 13 parametri per la valutazione qualitativa della scrittura; i parametri 3, 8, 6 e 13 sono raggruppati in uno studio longitudinale di Hamstra-Bletz e Blote (1993) nella dimensione 'abilità motoria fine'.

1. *Grandezza della scrittura*

E' determinata dall'altezza del corpo delle lettere. Il punteggio ai fini della valutazione riportato nel foglio di notazione va da 0 a 5 ed è determinato dalle dimensioni delle lettere, distinte in 7 categorie, e dalla

	≤ 3 mm	4 mm	5 mm	6 mm	7 mm	8 mm	≥ 9 mm
Classe seconda	0	0	1	2	3	4	5
Classe terza	0	1	2	3	4	5	5
Classe quarta	0	1	2	3	4	5	5
Classe quinta	0	1	2	3	4	5	5

classe di appartenenza, nel nostro caso in riferimento alla classe terza, quarta e quinta, come indicato nella presente tabella. La valutazione deve prendere in considerazione tutto il testo copiato. E' possibile avvalersi della matrice trasparente per agevolare la misura. Se la scrittura presenta una grande variabilità nella grandezza delle lettere si cerca di stabilirne al meglio la grandezza media.

2. *Margine sinistro non allineato*

Il margine sinistro può non essere allineato verticalmente e presentarsi inclinato verso destra. Nella valutazione viene quantificato il grado di divergenza dal testo scritto dal margine verticale del foglio attraverso la matrice trasparente sulla quale sono segnate delle linee oblique che indicano le gradazioni di divergenza quantificate da 1 a 5. Bisogna appoggiare la matrice sulla scrittura, in modo tale che la freccia indicante il senso verticale sia rivolta verso il basso e coincida con il bordo sinistro del foglio, a partire dalla prima lettera della prima frase. La valutazione deve prendere in considerazione tutto il testo copiato. Nell'interpretazione della prova per l'attribuzione del punteggio bisogna tenere in considerazione i seguenti aspetti: se la divergenza dal margine è meno marcata della linea 1 della matrice trasparente, si segna 0 sulla

scheda di valutazione; per margini molto irregolari o divergenti verso sinistra va annotato o sulla scheda di valutazione; per margini con una divergenza uguale o maggiore a quella della linea 5 bisogna dare un punteggio di 5, segnando alla voce annotazioni “margine fortemente divergente verso destra”; quando il margine sinistro segue un andamento alternato rispettando per più righe un allineamento verticale si assegna il punteggio 0; se la tendenza è invece quella di seguire un andamento divergente, seppur con qualche riga allineata verticalmente, si quantificherà il grado di divergenza assegnando il punteggio corrispondente.

3. Andamento altalenante della linea di scrittura

La linea di scrittura può non essere dritta ma ondeggiante, sulla quale le lettere all'interno della parola vi si discostano in modo significativo ponendosi al di sopra o al di sotto. Come forme particolari di andamento altalenante si segnala l'andamento interrotto della linea di scrittura e l'andamento alternato. Per determinare il punteggio, prendendo in considerazione ciascuna delle prime 5 righe, utilizzare la matrice trasparente allineando sulla stessa linea orizzontale la parte inferiore del corpo della prima lettera della riga con la parte inferiore del corpo dell'ultima lettera; non è importante che la linea sia orizzontale rispetto al foglio. Se le lettere all'interno della parola della frase si discostano significativamente dalla linea di scrittura ponendosi al di sotto o al di sopra (superandola di 1 mm) dare un punteggio di 1, in caso contrario dare 0; siccome le frasi da considerare sono 5 il punteggio finale andrà da un minimo di 0 ad un massimo di 5 punti. L'andamento ascendente o discendente della linea di scrittura non va considerato di per sé negativo se al suo interno non è presente la caratteristica altalenante appena descritta.

4. Spazio insufficiente fra le parole

Lo spazio che separa due parole è considerato insufficiente quando è inferiore alla larghezza del corpo di una lettera, prendendo come campione una “o”. Prendendo in considerazione ciascuna delle prime 5 righe, utilizzare la matrice trasparente per determinare la misura in larghezza della lettera campione “o” rapportandola alla grandezza media delle lettere che si trovano a sinistra e a destra dello spazio. Se lo spazio fra due parole è inferiore a tale misura segnare il punteggio 1, in caso contrario segnare 0; siccome le frasi da considerare sono 5 il punteggio finale andrà da un minimo di 0 ad un massimo di 5 punti. È sufficiente che la caratteristica sia presente anche una sola volta sulla riga. Quando le lettere presentano lunghe estensioni iniziali o finali si cerca di individuare la posizione dove si sarebbero collocati l'inizio o la fine delle lettere se le estensioni fossero state proporzionate, proseguendo poi con la valutazione dello spazio fra le parole. Nel caso di frasi tronche che proseguono sulla riga successiva bisogna valutare le singole parti della frase. In caso di dubbi e incertezze segnare 0.

5. Angoli acuti o collegamenti allungati

Nel collegamento tra due lettere la traccia può presentarsi non fluida, con collegamenti orizzontali allungati e angoli acuti anziché curvi, laddove c'è un cambiamento di direzione, cioè

ad esempio quando il movimento ascendente cambia in movimento discendente, o viceversa. Prendendo in considerazione le prime 5 righe, si determina frase per frase se vi siano casi di collegamenti orizzontali allungati e/o angoli acuti nei cambiamenti di direzione; in caso affermativo si annota 1 sulla scheda di valutazione nella casella sottostante il numero della frase esaminata, in caso contrario si annota 0. Siccome le frasi da considerare sono cinque il punteggio finale andrà da un minimo di 0 ad un massimo di cinque punti. E' sufficiente che la caratteristica sia presente anche una sola volta sulla riga. In caso di dubbi e incertezze segnare 0.

6. Collegamenti interrotti fra le lettere

Il susseguirsi delle lettere all'interno delle parole può avvenire senza i necessari collegamenti attraverso un movimento fluido; in questo caso il movimento della penna è interrotto nello spazio fra due lettere e a volte la penna viene sollevata dal foglio di scrittura. Tale caratteristica si può manifestare: nell'improvviso cambiamento di direzione del collegamento; nella presenza di punti di maggiore spessore nella traccia di scrittura o nella presenza di una 'saldatura'; nella mancanza di una linea di collegamento laddove questa avrebbe dovuto esserci (ad esempio nel caso del collage di lettere incollate fra loro). Prendendo in considerazione ciascuna delle prime 5 righe, si determina frase per frase se vi siano casi di collegamenti interrotti; in caso affermativo si annota 1 sulla scheda di valutazione nella casella sottostante il numero della frase esaminata, in caso contrario si annota 0. Siccome le frasi da esaminare sono 5 il punteggio finale andrà da un minimo di 0 ad un massimo di 5 punti. In casi di dubbi e incertezze segnare 0.

7. Collisione fra le lettere

Lo spazio fra due lettere consecutive può essere talmente scarso da provocare una collisione fra le lettere o addirittura una parziale sovrapposizione. Prendendo in considerazione ciascuna delle prime 5 righe, si determina frase per frase se vi siano casi di collisioni fra le lettere; in caso affermativo si annota 1 sulla scheda di valutazione nella casella sottostante il numero della frase esaminata, in caso contrario si annota 0. Siccome le frasi da esaminare sono 5 il punteggio finale andrà da un minimo di 0 ad un massimo di 5 punti. E' sufficiente che la caratteristica sia presente anche una sola volta sulla riga. In caso di dubbi e incertezze segnare 0.

8. Grandezza irregolare delle lettere

Si verifica quando il corpo delle lettere non ha un'altezza costante, che si manifesta sia nel variare della grandezza del corpo delle lettere all'interno di una parola, sia nel variare della grandezza di intere parole all'interno di una frase. Prendendo in considerazione ciascuna delle prime 5 righe, si determina frase per frase l'altezza in millimetri del corpo della lettera più piccola e di quella più grande senza considerare le

Tabella normativa per determinare la grandezza irregolare delle lettere

Altezza del corpo della lettera più piccola (mm)	Altezza del corpo della lettera più grande (mm)
1,5	2,5
2	3
2,5	4
3	4,5
3,5	5
4	6
4,5	6,5
5	7
5,5	7,5

(continua)

(continua)

Altezza del corpo della lettera più piccola (mm)	Altezza del corpo della lettera più grande (mm)
6	8
6,5	8,5
7	9,5
7,5	10
8	11
9	12

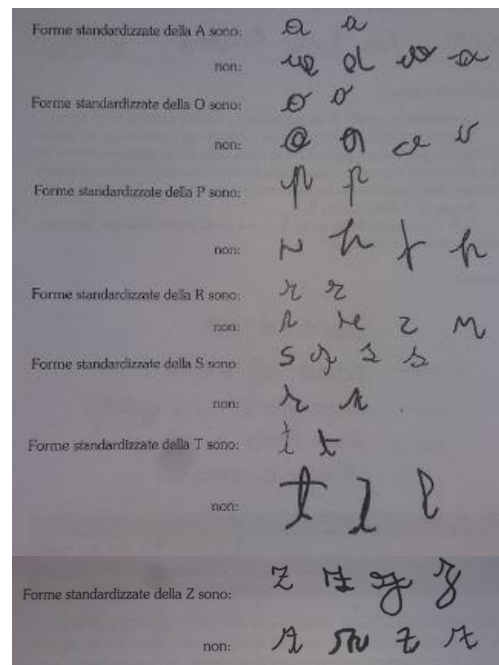
lettere maiuscole ma esclusivamente quelle minuscole utilizzando la matrice trasparente. Riferendosi alla presente tabella normativa, si individua il numero corrispondente alla lettera più piccola nella colonna di sinistra e alla lettera più grande nella colonna di destra. Se la misura rilevata del corpo della lettera più piccola e più grande è uguale o maggiore del numero presente rispettivamente nella colonna di sinistra e nella colonna di destra, annotare 1 sulla scheda di valutazione nella casella sottostante il numero della frase esaminata, in caso contrario si annota 0. Siccome le frasi da esaminare sono 5 il punteggio finale andrà da un minimo di 0 ad un massimo di 5 punti. In caso di dubbi e incertezze segnare 0.

9. *Misura incoerente fra lettere con e senza estensione*

Si verifica quando all'interno della parola si distingue a malapena la differenza in altezza di lettere con e senza estensione (lettere senza estensione sono: a, c, e, i, m, n, o, r, s, u, v, w, x, z; lettere con estensione sono: b, d, f, g, h, j, k, l, p, q, t, y). Prendendo in considerazione ciascuna delle prime 5 righe, si determina frase per frase se vi siano lettere con estensione la cui altezza si differenzia per niente o pochissimo (≤ 2 mm) da quella delle lettere con e senza estensione; in caso affermativo si annota 1 sulla scheda di valutazione nella casella sottostante il numero della frase esaminata, in caso contrario si annota 0. Anche se le frasi da considerare sono 5, il punteggio finale andrà da un minimo di 0 ad un massimo di 4 perché la quinta frase non contiene lettere con estensione. In caso di dubbi e incertezze segnare 0.

10. *Lettere atipiche*

Si definiscono lettere atipiche quelle forme di lettere i cui particolari non fanno parte del sistema costruttivo delle lettere alfabetiche, perché presentano diversità o deformazioni talmente accentuate da non far più corrispondere la lettera alla forma standardizzata, come quelle qui raffigurate (definiamo standardizzata ogni forma che segue un metodo di scrittura riconosciuto). Prendendo in considerazione ciascuna delle prime 5 righe, si determina frase per frase se vi siano forme atipiche secondo l'analisi dei particolari; in caso affermativo si annota 1 sulla scheda di valutazione nella casella sottostante il numero della frase esaminata, in caso contrario si annota 0. Siccome le frasi da esaminare sono 5 il punteggio finale andrà da un minimo di 0 ad un massimo di 5 punti. Nel caso in cui la forma della lettera rispecchi una personalizzazione tipica e stabile della grafia o sia una forma prescritta da un particolare metodo di scrittura corsiva si considera valida come forma standardizzata, quindi il punteggio sarà 0. In caso di dubbi e incertezze si segna 0.



11. *Forme ambigue delle lettere*

Si intendono quelle lettere i cui dettagli appartengono alla costruzione delle lettere alfabetiche nelle quali però il complesso delle corrispondenze e differenze fra le lettere non viene applicato in modo corretto causando problemi nella corretta interpretazione della lettera. Esempi di possibili cause di ambiguità sono: lettere lasciate aperte che dovrebbero essere chiuse; lettere non complete oppure recanti aggiunte accessorie errate come ad esempio un tratto troppo prolungato, troppo corto, o inserito all'altezza errata; lettere con asticelle o occhielli troppo lunghi o troppo corti. Prendendo in considerazione ciascuna delle prime 5 righe, si determina frase per frase se vi siano forme ambigue delle lettere; in caso affermativo si annota 1 sulla scheda di valutazione nella casella sottostante il numero della frase esaminata, in caso contrario si segna 0. Siccome le frasi da esaminare sono 5 il punteggio finale andrà da un minimo di 0 ad un massimo di 5 punti. In caso di dubbi e incertezze si segna 0.

12. *Lettere ritoccate o ricalcate*

Si definiscono lettere ritoccate o ricalcate quelle lettere interamente o parzialmente riscritte con l'intento di aggiustare e migliorare la loro forma. Prendendo in considerazione ciascuna delle prime 5 righe, si determina frase per frase se vi siano lettere ritoccate o ricalcate; in caso affermativo bisogna annotare 1 sulla scheda di valutazione nella casella sottostante il numero della frase esaminata, in caso contrario si segna 0. Siccome le frasi da esaminare sono 5 il punteggio finale andrà da un minimo di 0 ad un massimo di 5 punti. Non rientrano in questo parametro: le lettere corrette per un errore di tipo ortografico, che rientrano nella voce "correzioni ortografiche" annotata e valutata separatamente, perché non riguardano la componente grafomotoria della scala; i ripensamenti sulla scelta della lettera che ne modificano il percorso, che vanno però annotati separatamente in quanto denotano una scorretta programmazione nell'esecuzione dello schema grafomotorio o un'incertezza nella sua selezione. In caso di dubbi e incertezze si segna 0.

13. *Traccia instabile*

Si parla di traccia instabile quando la scrittura presenta incertezze, esitazioni e tremolii irregolari (distinti dai tremolii regolari o tremori che possono essere annotati nella voce Annotazioni) che sono riscontrabili normalmente lungo tutta la traccia di scrittura, mancando di linearità; l'aspetto della linearità è da mettere in relazione con un movimento di scrittura troppo lento e incerto. Prendendo in considerazione ciascuna delle prime 5 righe, si determina frase per frase se la traccia presenti localmente incertezze e tremolii; in caso affermativo si annota 1 sulla scheda di valutazione nella casella sottostante il numero della frase esaminata, in caso contrario si segna 0. Siccome le frasi da esaminare sono 5 il punteggio finale andrà da un minimo di 0 ad un massimo di 5 punti. In caso di dubbi e incertezze si segna 0.

Scoring

Siccome il nostro studio mira alla verifica di una differenza significativa tra scuola sperimentale e scuola di controllo in termini di miglioramento tra un prima (t1) e un dopo (t2) per effetto di un trattamento esclusivo solo sulla scuola sperimentale, attraverso un confronto tra le stesse classi delle due scuole che risulta quindi essere equilibrato e bilanciato perché riferito alle competenze ascrivibili alla classe di appartenenza, esulando da qualsiasi valutazione diagnostica clinica, sono stati presi in considerazione solo i punteggi grezzi, senza quindi una scala applicata alle diverse età dei bambini; per quanto riguarda il parametro “Grandezza della scrittura” il punteggio è determinato dalle dimensioni delle lettere e dalla classe di appartenenza, anche se per le classi terza, quarta e quinta, considerate nel nostro campione, il punteggio non cambia . Va inoltre specificato che nel nostro caso è stato un solo somministratore ad eseguire le procedure di scoring, consentendo così di evitare di ricorrere a test di stima della concordanza tra le valutazioni di esaminatori diversi.

III CAPITOLO: RISULTATI

Le ipotesi sperimentali della ricerca sono state indagate dal punto di vista statistico con l'ANOVA (Analysis of Variance o Analisi della Varianza) fattoriale mista, dove le variabili dipendenti (y) relative alle funzioni precedentemente esposte sono state messe in funzioni di tre variabili indipendenti predittrici (x): due between subjects, che sono la variabile "GRUPPO", suddivisa nei due livelli "SPERIMENTALE" e "CONTROLLO", e la variabile "CLASSE", suddivisa nei tre livelli "TERZA", "QUARTA" e "QUINTA"; una within subjects, che è la variabile "TEMPO", suddivisa nei due livelli "T1" e "T2" (riferiti ai due tempi di misurazione). Per le variabili dipendenti riferite alle funzioni indagate in cui è stata verificata la significatività nell'effetto di interazione a due vie tra le variabili "GRUPPO" e "TEMPO" e nell'effetto di interazione a tre vie tra le variabili "GRUPPO", "TEMPO" e "CLASSE, si è proceduto con i confronti post-hoc con la correzione conservativa di Bonferroni, tenendo in considerazione ai fini delle nostre ipotesi i confronti tra: "CONTROLLO-T1" e "CONTROLLO-T2"; "SPERIMENTALE-T1" e "SPERIMENTALE-T2"; "CONTROLLO-T1" e "SPERIMENTALE-T1"; "CONTROLLO-T2" e "SPERIMENTALE-T2".

Per convenzione i due tempi di somministrazione li chiameremo T1 e T2.

In aggiunta, per valutare i trend delle varie funzioni sono stati utilizzati 2 tipi di grafici, boxplot e interaction plot between subjects con barre di errore che rappresentano intervalli di fiducia al 95% attorno alla media, e indici statistici descrittivi, medie, mediane e deviazioni standard campionarie.

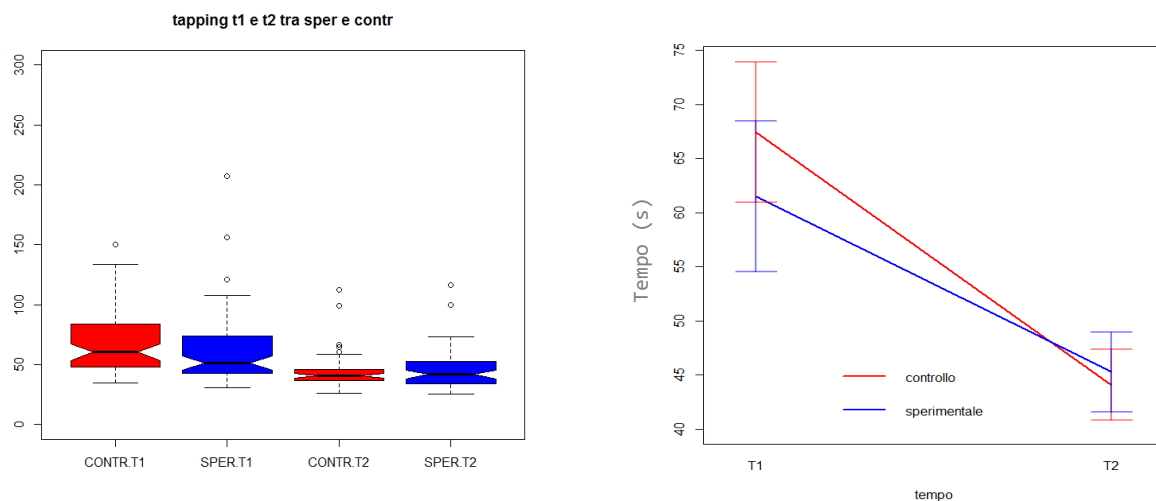
IL SISTEMA MOTORIO (NEPSY-II)

n=136; è stata esclusa dal campione una bambina della classe 4° del gruppo sperimentale segnalata con diagnosi di BES.

Le osservazioni qualitative specificate sopra nella descrizione dei test e delle funzioni non sono state incluse nell'analisi dei risultati perché potevano essere influenzate dai giudizi soggettivi dei somministratori diversi che hanno partecipato alla raccolta dei dati, diventando quindi non pienamente attendibili.

TAPPING DELLE DITA (TAP)

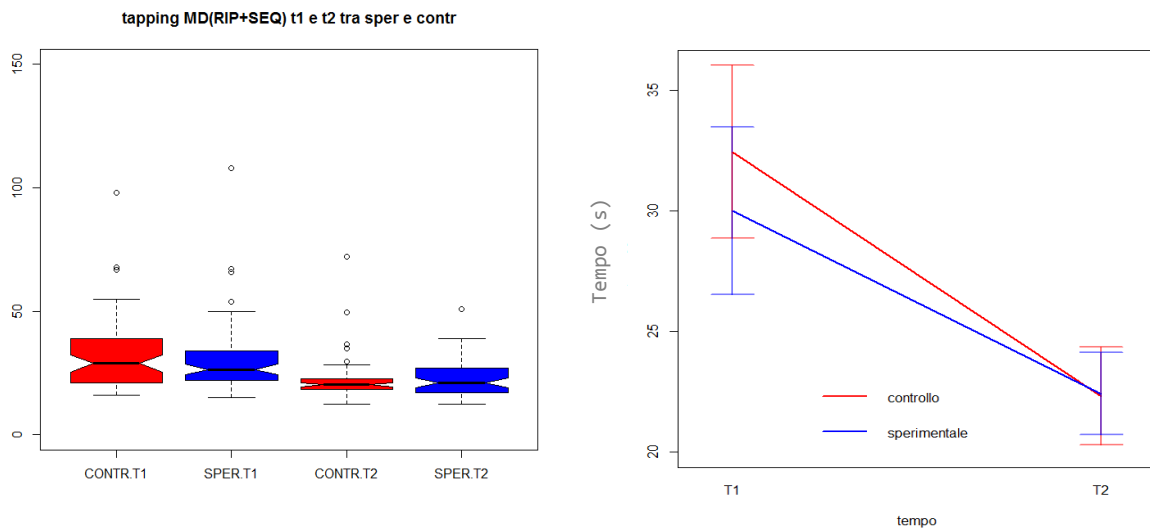
▪ Tempo totale



Medie: controllo al T1 = 67.43182 vs controllo al T2 = 44.07576;
sperimentale al T1 = 61.50571 vs sperimentale al T2 = 45.27143.
Mediane: controllo al T1 = 60.50 vs controllo al T2 = 40.95;
sperimentale al T1 = 51.65 vs sperimentale al T2 = 42.00.
DS: controllo al T1 = 26.36879 vs controllo al T2 = 13.37650;
sperimentale al T1 = 29.27293 vs sperimentale al T2 = 15.39845.

I due gruppi nel tempo migliorano diminuendo il tempo impiegato nella prova in modo non significativamente differente ($df = 130$; $F = 2.28$; $p. = 0.13$); la differenza nel tempo tra i gruppi è non significativa sia al T1 che al T2, anche se maggiore al T1 rispetto al T2, al contrario della differenza nel tempo nei gruppo che risulta significativa per entrambi. Il gruppo di controllo mostra un trend di miglioramento maggiore del gruppo sperimentale; al T1 il gruppo di controllo impiega più tempo nella prova del gruppo sperimentale, mentre al T2 arriva ad impiegare meno tempo del gruppo sperimentale, anche se di poco. Le tre classi dei due gruppi nel tempo non differiscono in modo significativo in termini di miglioramento ($df = 130$; $F = 0.32$; $p. = 0.73$).

▪ **Tempo mano dominante (tempo ripetizioni + tempo sequenze)**

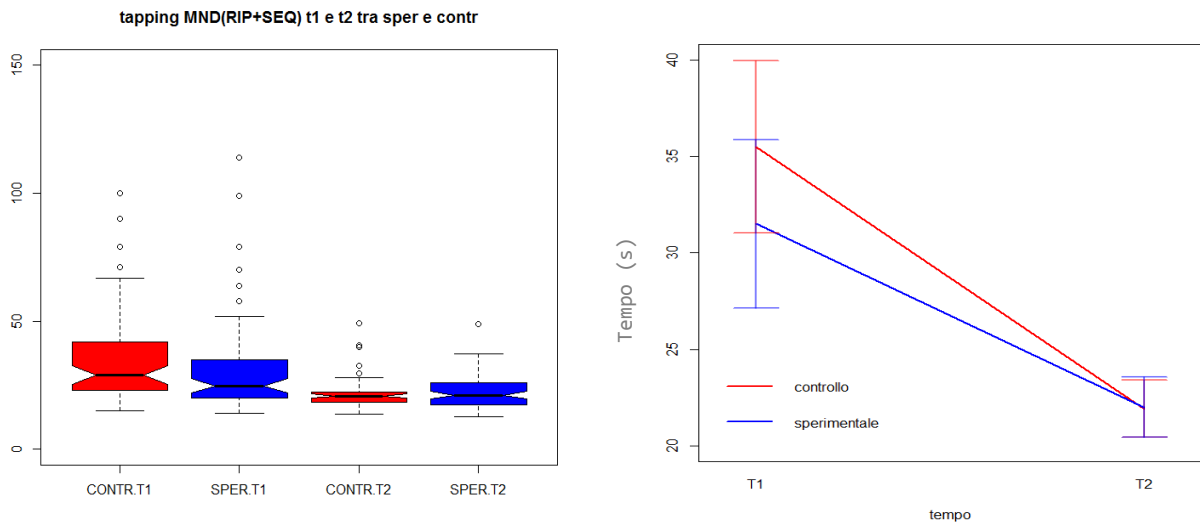


Medie: controllo al T1 = 32.43788 vs controllo al T2 = 22.31515;
 sperimentale al T1 = 30.00429 vs sperimentale al T2 = 22.41000.
 Mediane: controllo al T1 = 29.00 vs controllo al T2 = 20.25;
 sperimentale al T1 = 26.50 vs sperimentale al T2 = 21.00.
 DS: controllo al T1 = 14.620047 vs controllo al T2 = 8.280566;
 sperimentale al T1 = 14.580595 vs sperimentale al T2 = 7.116711.

I due gruppi nel tempo migliorano diminuendo il tempo impiegato nella prova in modo non significativamente differente ($df = 130$; $F = 1.13$; $p = 0.29$); la differenza nel tempo tra i gruppi è non significativa sia al T1 che al T2, anche se maggiore al T1 rispetto al T2, al contrario della differenza nel tempo nei gruppi che risulta significativa per entrambi. Il gruppo di controllo mostra un trend di miglioramento maggiore del gruppo sperimentale; al T1 il gruppo di controllo impiega più tempo nella prova del gruppo sperimentale mentre al T2 arriva ad impiegare circa lo stesso tempo del gruppo sperimentale.

Le tre classi dei due gruppi nel tempo non differiscono in modo significativo in termini di miglioramento ($df = 130$; $F = 0.24$; $p = 0.79$).

▪ **Tempo mano non dominante (tempo ripetizioni + tempo sequenze)**

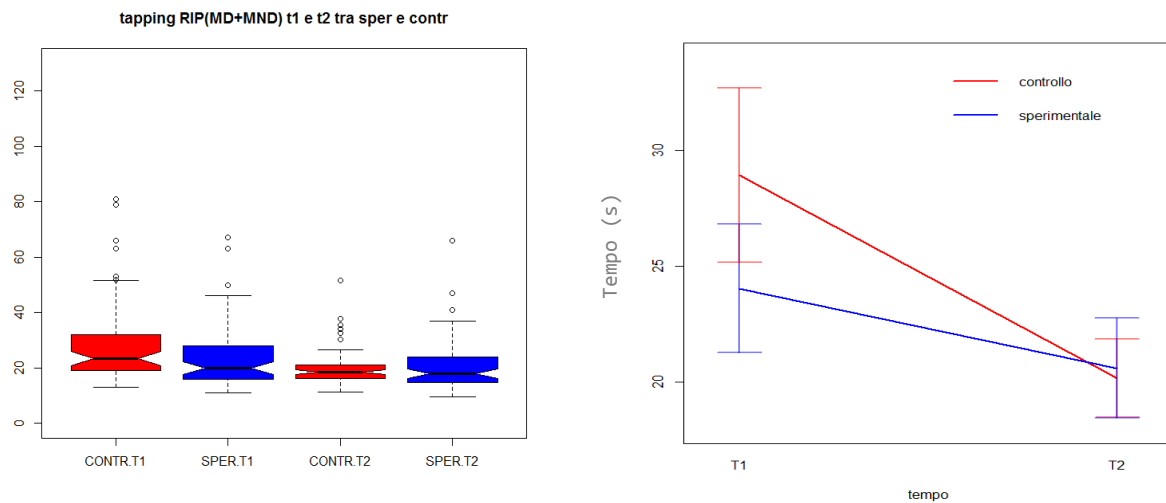


Medie: controllo al T1 = 35.49394 vs controllo al T2 = 21.91364;
 sperimentale al T1 = 31.50000 vs sperimentale al T2 = 22.00143.
 Mediane: controllo al T1 = 28.95 vs controllo al T2 = 20.85;
 sperimentale al T1 = 24.85 vs sperimentale al T2 = 21.20.
 DS: controllo al T1 = 18.178549 vs controllo al T2 = 6.032116;
 sperimentale al T1 = 18.315156 vs sperimentale al T2 = 6.519058.

I due gruppi nel tempo migliorano diminuendo il tempo impiegato nella prova in modo non significativamente differente ($df = 130$; $F = 1.69$; $p. = 0.20$); la differenza nel tempo tra i gruppi è non significativa sia al T1 che al T2, anche se maggiore al T1 rispetto al T2, al contrario della differenza nel tempo nei gruppi che risulta significativa per entrambi. Il gruppo di controllo mostra un trend di miglioramento maggiore del gruppo sperimentale; al T1 il gruppo di controllo impiega più tempo nella prova del gruppo sperimentale mentre al T2 arriva ad impiegare circa lo stesso tempo del gruppo sperimentale.

Le tre classi dei due gruppi nel tempo non differiscono in modo significativo in termini di miglioramento ($df = 130$; $F = 0.41$; $p. = 0.66$).

▪ **Tempo ripetizioni (tempo mano dominante + tempo mano non dominate)**

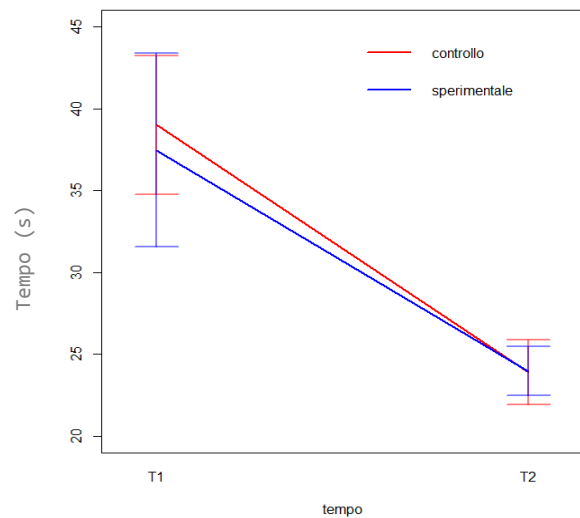
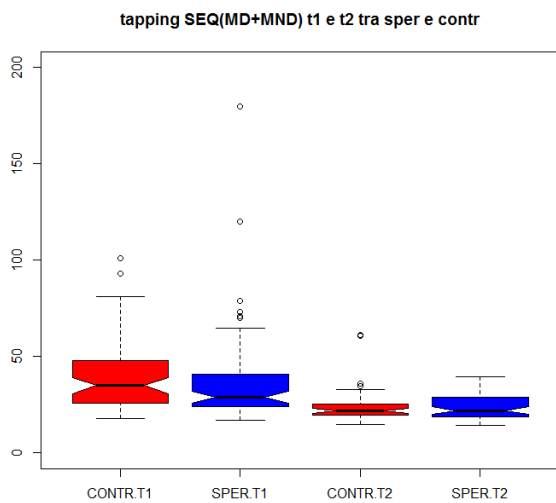


Medie: controllo al T1 = 28.93636 vs controllo al T2 = 20.17576;
 sperimentale al T1 = 24.04143 vs sperimentale al T2 = 20.60286.
 Mediane: controllo al T1 = 23.50 vs controllo al T2 = 18.55;
 sperimentale al T1 = 20.00 vs sperimentale al T2 = 18.00.
 DS: controllo al T1 = 15.303279 vs controllo al T2 = 6.896868;
 sperimentale al T1 = 11.638834 vs sperimentale al T2 = 9.073596.

I due gruppi nel tempo migliorano diminuendo il tempo impiegato nella prova in modo significativamente differente ($df = 130$; $F = 5.18$; $p. = 0.02$), a favore del gruppo di controllo che mostra un trend maggiore (al T1 il gruppo di controllo impiega più tempo nella prova del gruppo sperimentale, mentre al T2 arriva ad impiegare meno tempo del gruppo sperimentale, anche se di poco). Nel tempo il controllo diminuisce il tempo impiegato con un miglioramento significativo ($p. < 0.05$), mentre il gruppo sperimentale diminuisce il tempo impiegato con un miglioramento non significativo ($p. > 0.05$); si registra una differenza alla soglia della significatività tra i due gruppi al T1 ($p. = 0.06$), mentre una differenza non significativa tra i due gruppi al T2 ($p. < 0.05$).

Le tre classi dei due gruppi nel tempo non differiscono in modo significativo in termini di miglioramento ($df = 130$; $F = 0.16$; $p. = 0.86$).

- **Tempo sequenze (tempo mano dominante + tempo mano non dominante)**



Medie: controllo al T1 = 38.99394 vs controllo al T2 = 23.90000;
 sperimentale al T1 = 37.46429 vs sperimentale al T2 = 23.96000.

Mediane: controllo al T1 = 35.00 vs controllo al T2 = 21.95;
 sperimentale al T1 = 29.00 vs sperimentale al T2 = 22.00.

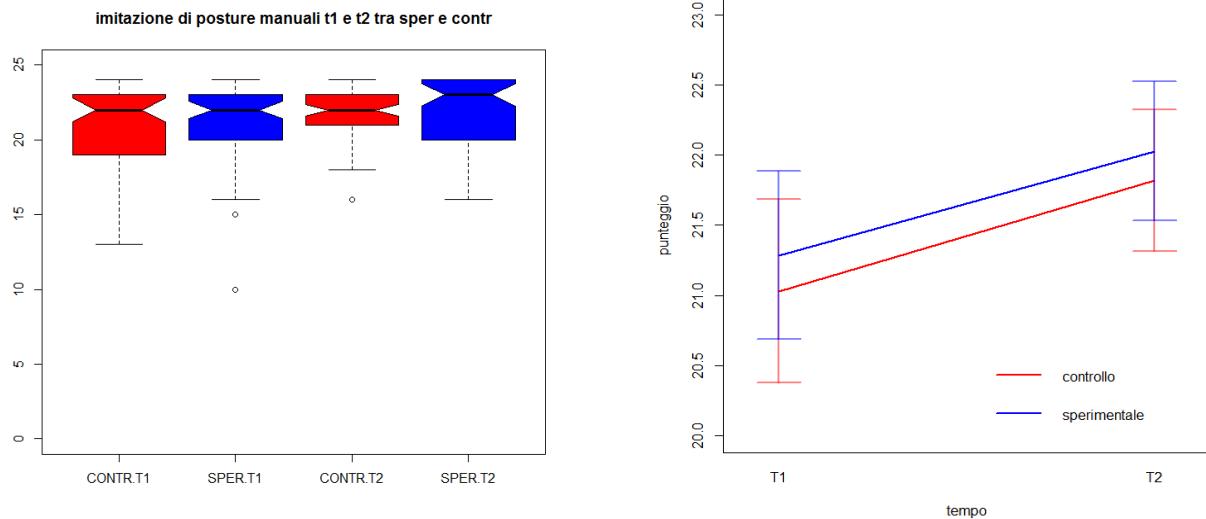
DS: controllo al T1 = 17.289044 vs controllo al T2 = 8.096742;
 sperimentale al T1 = 24.745804 vs sperimentale al T2 = 6.304459.

I due gruppi nel tempo migliorano diminuendo il tempo impiegato nella prova in modo non significativamente differente ($df = 130$; $F = 0.16$; $p. = 0.69$); la differenza nel tempo tra i gruppi è non significativa sia al T1 che al T2, anche se maggiore al T1 rispetto al T2, al contrario della differenza nel tempo nei gruppi che risulta significativa per entrambi. Il gruppo di controllo mostra un trend di miglioramento simile, anche se leggermente maggiore, del gruppo sperimentale; al T1 il gruppo di controllo impiega poco più tempo nella prova del gruppo sperimentale mentre al T2 arriva ad impiegare circa lo stesso tempo del gruppo sperimentale.

Le tre classi dei due gruppi nel tempo non differiscono in modo significativo in termini di Miglioramento ($df = 130$; $F = 0.38$; $p. = 0.68$).

IMITAZIONE DI POSTURE MANUALI (IP)

▪ Punteggio mano dominante + mano non dominante



Medie: controllo al T1 = 21.03030 vs controllo al T2 = 21.81818;
sperimentale al T1 = 21.28571 vs sperimentale al T2 = 22.02857.

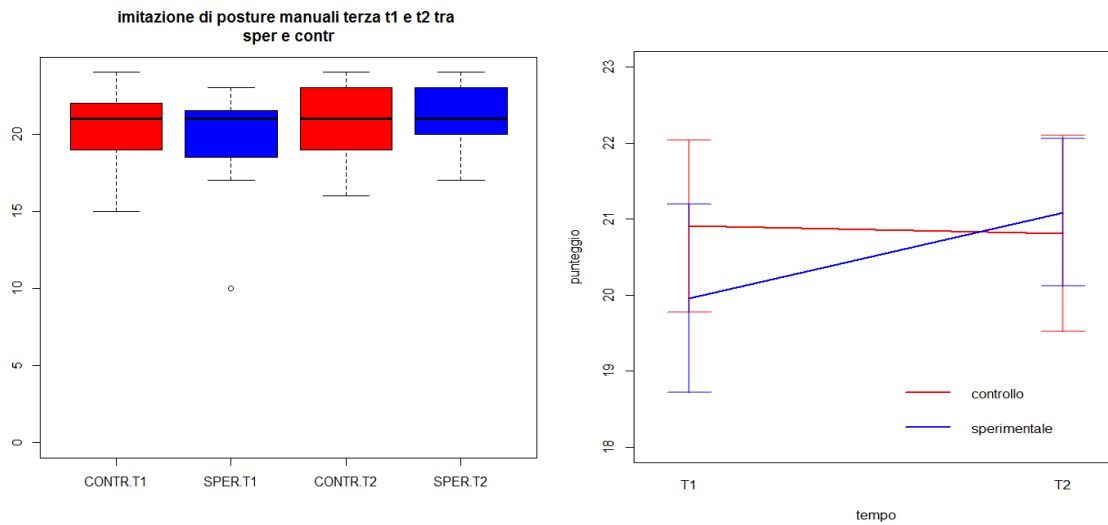
Mediane: controllo al T1 = 22 vs controllo al T2 = 22;
sperimentale al T1 = 22 vs sperimentale al T2 = 23.

DS: controllo al T1 = 2.671615 vs controllo al T2 = 2.059941;
sperimentale al T1 = 2.520311 vs sperimentale al T2 = 2.077983.

I due gruppi nel tempo migliorano il punteggio nella prova in modo non significativamente differente ($df = 130$; $F = 0.03$; $p = 0.87$); siccome i gruppi mostrano lo stesso trend, la differenza tra i gruppi nel tempo rimane la medesima, leggermente a favore del gruppo sperimentale.

Le tre classi dei due gruppi nel tempo differiscono però in modo significativo in termini di punteggio ($df = 130$; $F = 4.35$; $p = 0.01$).

❖ 3°

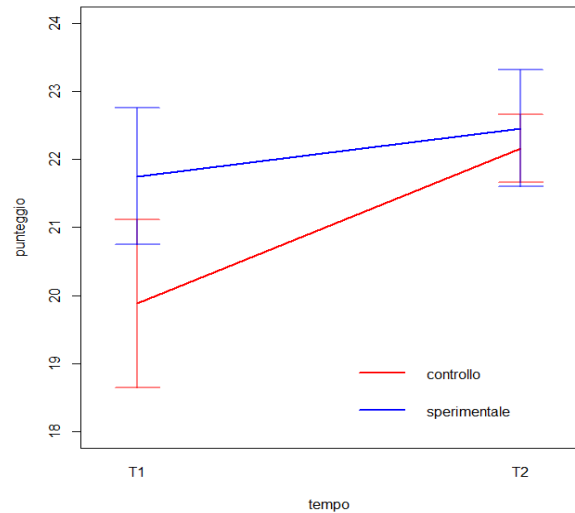
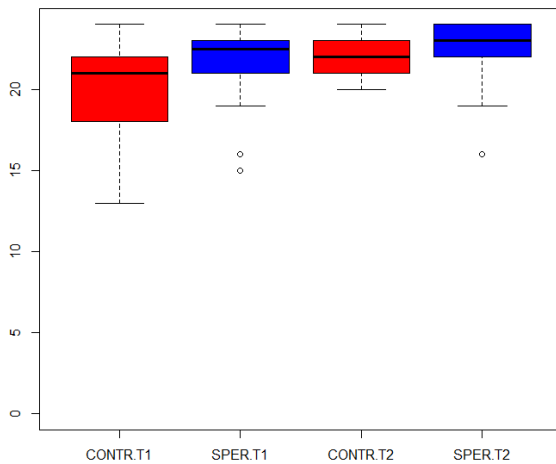


Medie: controllo al T1 = 20.90476 vs controllo al T2 = 20.80952;
 sperimentale al T1 = 19.95652 vs sperimentale al T2 = 21.08696
 Mediane: controllo al T1 = 21 vs controllo al T2 = 21;
 sperimentale al T1 = 21 vs sperimentale al T2 = 21.
 DS: controllo al T1 = 2.488067 vs controllo al T2 = 2.821685;
 sperimentale al T1 = 2.852085 vs sperimentale al T2 = 2.234300.

Il gruppo di controllo nel tempo ha un trend di punteggio alla prova pressoché costante, mentre il gruppo sperimentale mostra nel tempo un trend di miglioramento nel punteggio; al T1 il gruppo sperimentale parte da un punteggio inferiore mentre al T2 arriva a guadagnare un punteggio superiore del gruppo di controllo, con però una differenza di miglioramento tra i due gruppi maggiore al T1 che al T2. Gli intervalli di fiducia così come i confronti post-hoc indicano che sia la differenza nel tempo tra i gruppi che la differenza nel tempo nei gruppi sono non significative ($p > 0.05$).

❖ 4°

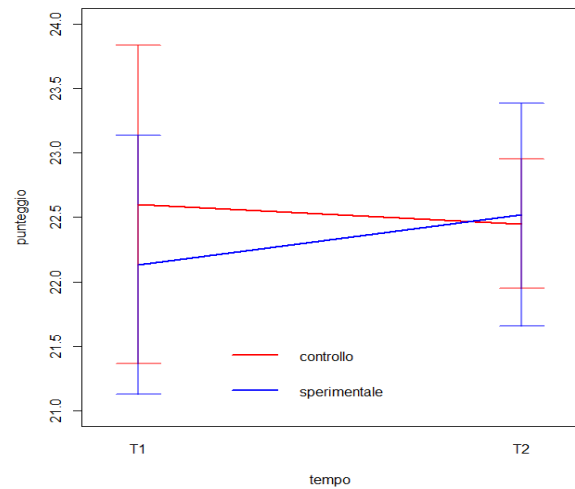
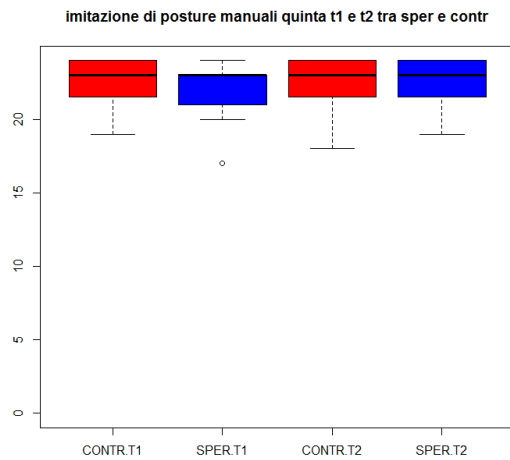
imitazione di posture manuali quarta t1 e t2 tra sper e contr



Medie: controllo al T1 = 19.88000 vs controllo al T2 = 22.16000;
 sperimentale al T1 = 21.75000 vs sperimentale al T2 = 22.45833.
 Mediane: controllo al T1 = 21 vs controllo al T2 = 22;
 sperimentale al T1 = 22.5 vs sperimentale al T2 = 23.
 DS: controllo al T1 = 2.990541 vs controllo al T2 = 1.213809;
 sperimentale al T1 = 2.381998 vs sperimentale al T2 = 2.042572.

Il gruppo di controllo nel tempo mostra un trend di miglioramento nel punteggio alla prova superiore di quello del gruppo sperimentale; al T1 il gruppo sperimentale parte da un punteggio nettamente superiore mentre al T2 il gruppo di controllo arriva a guadagnare un punteggio di poco inferiore del gruppo sperimentale. Gli intervalli di fiducia così come i confronti post-hoc indicano che, per quanto riguarda la differenza nel tempo nei gruppi, il gruppo di controllo migliora in modo significativo ($p < 0.05$) mentre il gruppo sperimentale migliora in modo non significativo ($p > 0.05$), mentre, per quanto riguarda la differenza nel tempo tra i gruppi, al T1 la differenza è significativa ($p < 0.05$), mentre al T2 il gruppo di controllo migliora al punto da ottenere una differenza non più significativa con il gruppo sperimentale ($p > 0.05$).

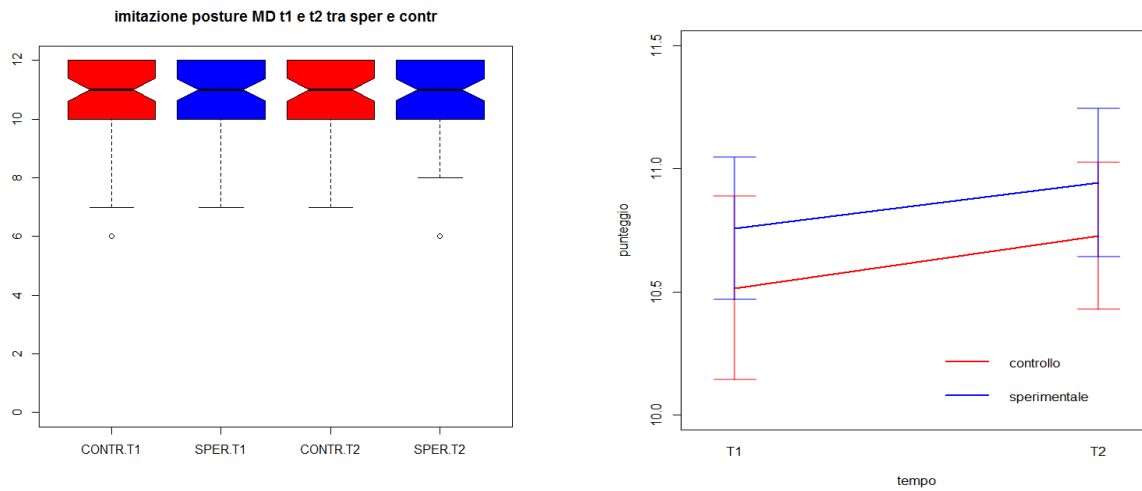
❖ 5°



Medie: controllo al T1 = 22.60000 vs controllo al T2 = 22.45000;
 sperimentale al T1 = 22.13043 vs sperimentale al T2 = 22.52174.
 Mediane: controllo al T1 = 23 vs controllo al T2 = 23;
 sperimentale al T1 = 23 vs sperimentale al T2 = 23.
 DS: controllo al T1 = 1.500877 vs controllo al T2 = 1.605091;
 sperimentale al T1 = 1.740020 vs sperimentale al T2 = 1.675209.

Il gruppo di controllo nel tempo ha un trend di punteggio alla prova pressoché costante, con un lieve peggioramento, mentre il gruppo sperimentale mostra nel tempo un trend di miglioramento nel punteggio; al T1 il gruppo sperimentale parte da un punteggio inferiore mentre al T2 arriva a guadagnare un punteggio appena superiore del gruppo di controllo, con però una differenza di miglioramento tra i due gruppi maggiore al T1 che al T2. Gli intervalli di fiducia così come i confronti post-hoc indicano che sia la differenza nel tempo tra i gruppi che la differenza nel tempo nei gruppi sono non significative ($p > 0.05$).

▪ **Punteggio mano dominante**

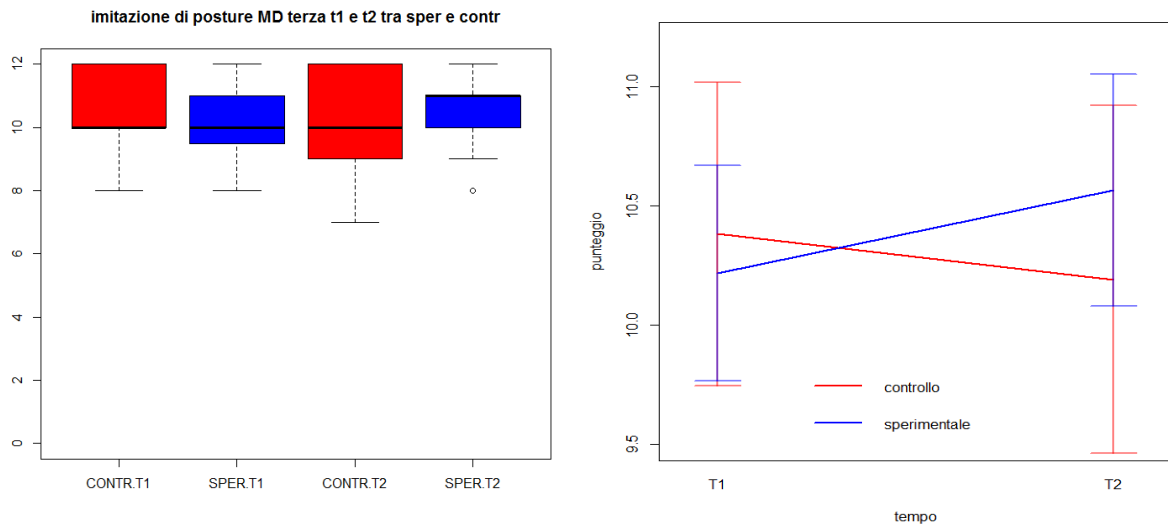


Medie: controllo al T1 = 10.51515 vs controllo al T2 = 10.72727;
 sperimentale al T1 = 10.75714 vs sperimentale al T2 = 10.94286.
 Mediane: controllo al T1 = 11 vs controllo al T2 = 11;
 sperimentale al T1 = 11 vs sperimentale al T2 = 11.
 DS: controllo al T1 = 1.511417 vs controllo al T2 = 1.209519;
 sperimentale al T1 = 1.209093 vs sperimentale al T2 = 1.261305.

I due gruppi nel tempo migliorano il punteggio nella prova in modo non significativamente differente ($df = 130$; $F = 0.01$; $p. = 0.92$); sia la differenza nel tempo tra i gruppi che la differenza nel tempo nei gruppi sono non significative. I due gruppi mostrano un trend di miglioramento nel tempo molto simile; sia al T1 che al T2 il gruppo sperimentale ottiene un punteggio leggermente superiore del gruppo di controllo.

Le tre classi dei due gruppi nel tempo differiscono però in modo significativo in termini di punteggio ($df = 130$; $F = 3.76$; $p. = 0.03$).

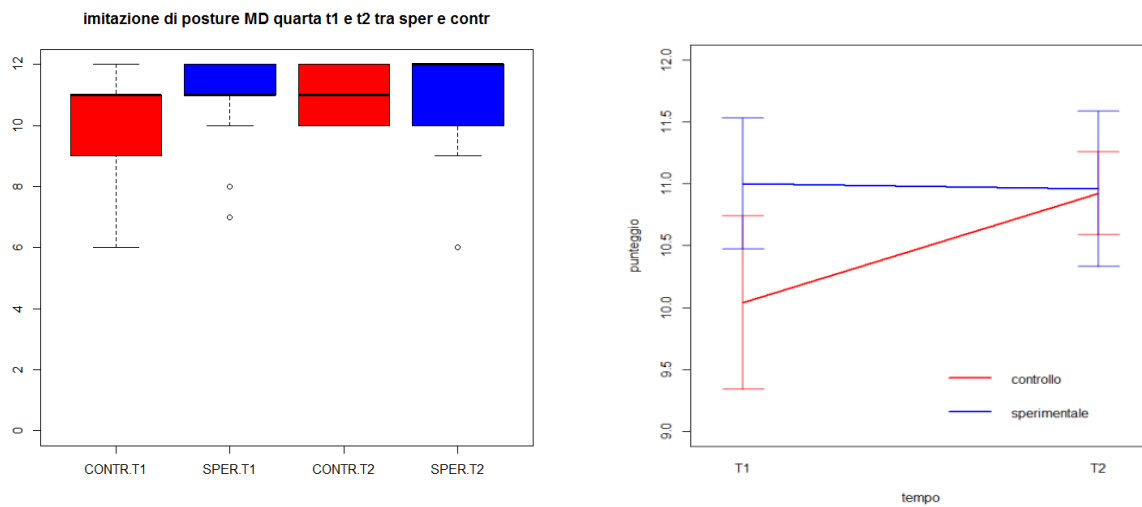
❖ 3°



Medie: controllo al T1 = 10.38095 vs controllo al T2 = 10.19048;
 sperimentale al T1 = 10.21739 vs sperimentale al T2 = 10.56522.
 Mediane: controllo al T1 = 10 vs controllo al T2 = 10;
 sperimentale al T1 = 10 vs sperimentale al T2 = 11.
 DS: controllo al T1 = 1.395571 vs controllo al T2 = 1.600595;
 sperimentale al T1 = 1.042572 vs sperimentale al T2 = 1.121123.

Il gruppo di controllo nel tempo ha un trend negativo nel punteggio alla prova, mentre il gruppo sperimentale mostra nel tempo un trend positivo di miglioramento nel punteggio; al T1 il gruppo sperimentale parte da un punteggio leggermente inferiore, mentre al T2 arriva a guadagnare un punteggio superiore del gruppo di controllo, con una differenza di miglioramento tra i due gruppi maggiore al T2 che al T1. Gli intervalli di fiducia così come i confronti post-hoc indicano che sia la differenza nel tempo tra i gruppi che la differenza nel tempo nei gruppi sono non significative ($p > 0.05$).

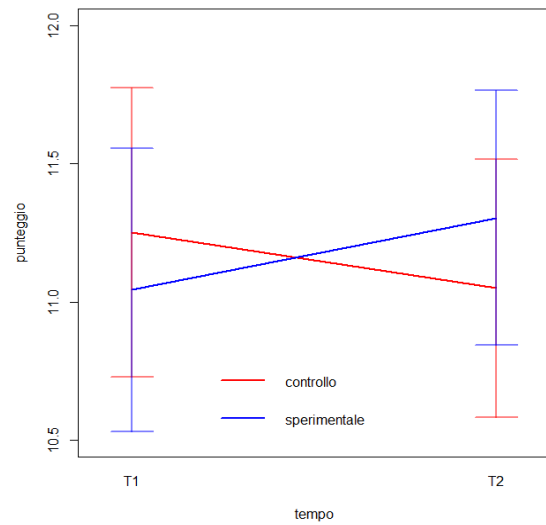
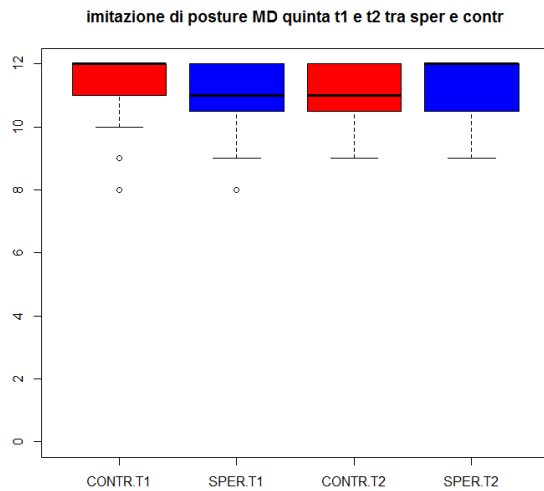
❖ 4°



Medie: controllo al T1 = 10.04000 vs controllo al T2 = 10.92000;
 sperimentale al T1 = 11.00000 vs sperimentale al T2 = 10.95833.
 Mediane: controllo al T1 = 11 vs controllo al T2 = 11;
 sperimentale al T1 = 11 vs sperimentale al T2 = 12.
 DS: controllo al T1 = 1.6950910 vs controllo al T2 = 0.8124038;
 sperimentale al T1 = 1.2510865 vs sperimentale al T2 = 1.4884824.

Il gruppo di controllo nel tempo mostra un trend di miglioramento nel punteggio alla prova superiore di quello del gruppo sperimentale, il quale invece mostra nel tempo un trend di punteggio costante; al T1 il gruppo sperimentale parte da un punteggio nettamente superiore mentre al T2 il gruppo di controllo arriva a guadagnare un punteggio pressoché simile a quello del gruppo sperimentale. Gli intervalli di fiducia così come i confronti post-hoc indicano che sia la differenza nel tempo tra i gruppi che la differenza nel tempo nei gruppi sono non significative ($p > 0.05$).

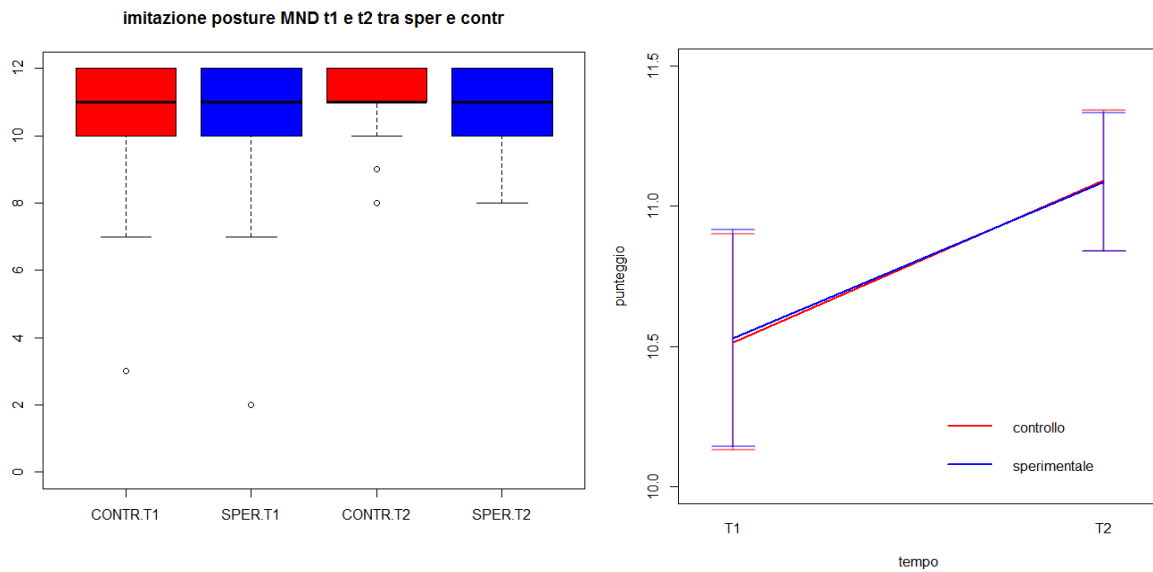
❖ 5°



Medie: controllo al T1 = 11.25000 vs controllo al T2 = 11.05000;
 sperimentale al T1 = 11.04348 vs sperimentale al T2 = 11.30435.
 Mediane: controllo al T1 = 12 vs controllo al T2 = 11;
 sperimentale al T1 = 11 vs sperimentale al T2 = 12.
 DS: controllo al T1 = 1.1180340 vs controllo al T2 = 0.9986833;
 sperimentale al T1 = 1.1862186 vs sperimentale al T2 = 1.0632191.

Il gruppo sperimentale nel tempo migliora aumentando il punteggio mentre al contrario il gruppo di controllo nel tempo peggiora diminuendo il punteggio; il trend tra i gruppi è simile e nel tempo lieve. Gli intervalli di fiducia così come i confronti post-hoc indicano che sia la differenza nel tempo tra i gruppi che la differenza nel tempo nei gruppi sono non significative ($p > 0.05$).

- **Punteggio mano non dominante**

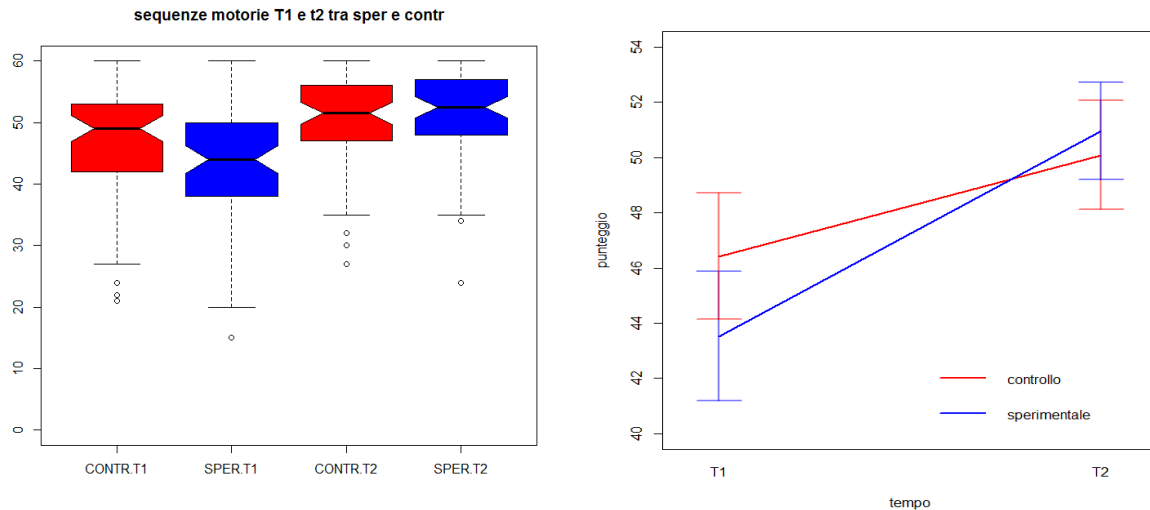


Medie: controllo al T1 = 10.51515 vs controllo al T2 = 11.09091;
 sperimentale al T1 = 10.52857 vs sperimentale al T2 = 11.08571.
 Mediane: controllo al T1 = 11 vs controllo al T2 = 11;
 sperimentale al T1 = 11 vs sperimentale al T2 = 11.
 DS: controllo al T1 = 1.561483 vs controllo al T2 = 1.018706;
 sperimentale al T1 = 1.621606 vs sperimentale al T2 = 1.031993.

I due gruppi nel tempo migliorano il punteggio nella prova in modo non significativamente differente ($df = 130$; $F = 0.02$; $p. = 0.88$), con lo stesso lieve trend e con lo stesso punteggio; sia la differenza nel tempo tra i gruppi, dove gli intervalli di fiducia sono quasi completamente sovrapposti, che la differenza nel tempo nei gruppi sono non significative. le tre classi dei due gruppi nel tempo differiscono in modo non significativo in termini di punteggio, allineandosi quindi all'andamento dell'interazione tra i due gruppi nel tempo ($df = 130$; $F = 2.46$; $p. = 0.09$).

SEQUENZE MOTORIE MANUALI (SMM)

▪ Punteggio

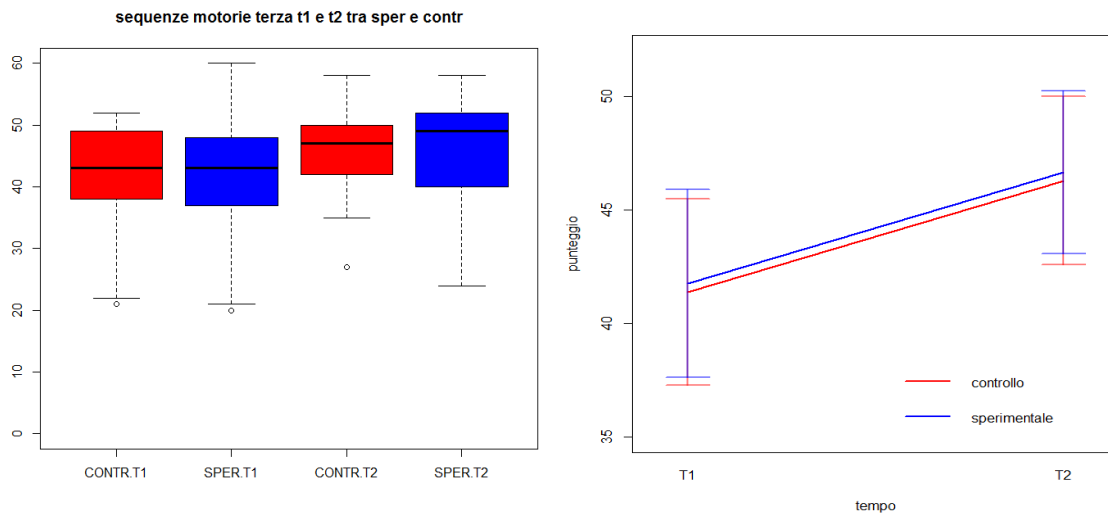


Medie: controllo al T1 = 46.42424 vs controllo al T2 = 50.09091;
sperimentale al T1 = 43.52857 vs sperimentale al T2 = 50.95714.
Mediane: controllo al T1 = 49 vs controllo al T2 = 51.5;
sperimentale al T1 = 44 vs sperimentale al T2 = 52.5.
DS: controllo al T1 = 9.329953 vs controllo al T2 = 8.035933;
sperimentale al T1 = 9.787187 vs sperimentale al T2 = 7.337487.

I due gruppi nel tempo migliorano aumentando il punteggio nella prova in modo significativamente differente ($df = 130$; $F = 7.48$; $p = 0.007$); il gruppo sperimentale migliora in modo significativo ($p < 0.05$), mentre il gruppo di controllo migliora in modo non significativo ($p > 0.05$), anche se la differenza tra i due gruppi sia al T1 che al T2 non è significativa ($p > 0.05$). Il gruppo di sperimentale mostra un trend di miglioramento maggiore del gruppo di controllo; al T1 il gruppo di controllo ottiene un punteggio maggiore nella prova del gruppo sperimentale, mentre al T2 il gruppo sperimentale arriva a guadagnare un punteggio superiore del gruppo di controllo, anche se di poco.

Le tre classi dei due gruppi nel tempo differiscono in modo significativo in termini di punteggio ($df = 130$; $F = 4.31$; $p = 0.02$).

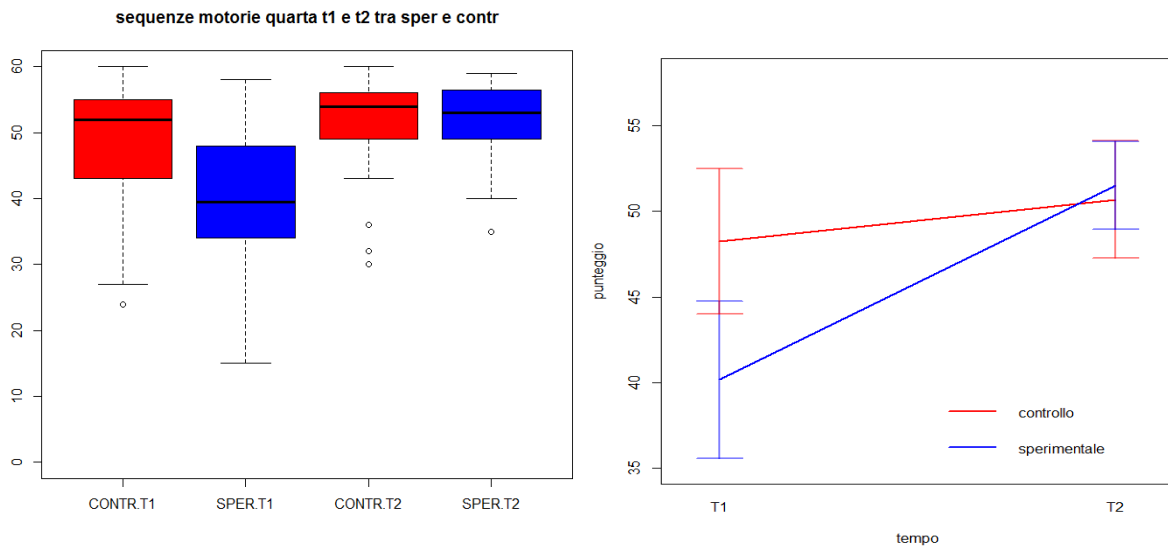
❖ 3°



Medie: controllo al T1 = 41.38095 vs controllo al T2 = 46.28571;
 sperimentale al T1 = 41.73913 vs sperimentale al T2 = 46.65217.
 Mediane: controllo al T1 = 43 vs controllo al T2 = 47;
 sperimentale al T1 = 43 vs sperimentale al T2 = 49.
 DS: controllo al T1 = 9.035907 vs controllo al T2 = 8.118761;
 sperimentale al T1 = 9.568972 vs sperimentale al T2 = 8.293528.

Entrambi i gruppi nel tempo migliorano aumentando il punteggio al test con lo stesso trend e con un punteggio di poco a favore del gruppo sperimentale. Gli intervalli di fiducia e i confronti post-hoc indicano che sia la differenza nel tempo tra i gruppi, dove gli intervalli di fiducia sono di poco non sovrapposti, che la differenza nel tempo nei gruppi sono non significative ($p > 0.05$).

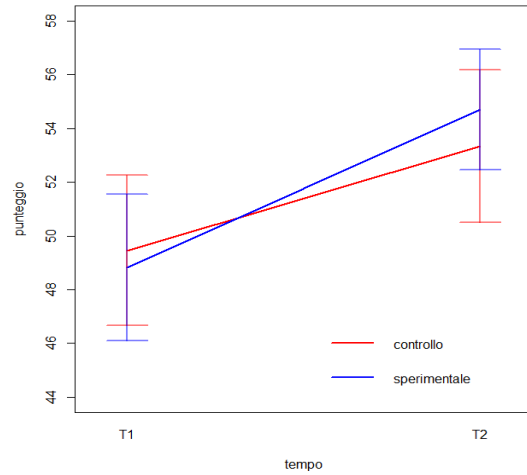
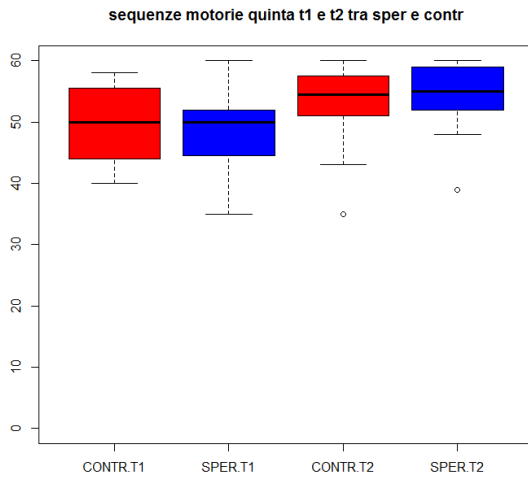
❖ 4°



Medie: controllo al T1 = 48.24000 vs controllo al T2 = 50.68000;
 sperimentale al T1 = 40.1667 vs sperimentale al T2 = 51.50000.
 Mediane: controllo al T1 = 52 vs controllo al T2 = 54;
 sperimentale al T1 = 39.5 vs sperimentale al T2 = 53.
 DS: controllo al T1 = 10.300809 vs controllo al T2 = 8.300201;
 sperimentale al T1 = 10.885438 vs sperimentale al T2 = 6.100606.

Il gruppo sperimentale nel tempo mostra un trend di miglioramento superiore a quello del gruppo di controllo, il quale, al contrario, mostra solo un lieve trend di miglioramento; al T1 il gruppo di controllo parte da un punteggio decisamente maggiore nella prova del gruppo sperimentale, mentre al T2 il gruppo sperimentale arriva a guadagnare un punteggio superiore del gruppo di controllo, anche se di poco. Gli intervalli di fiducia e i confronti post-hoc indicano che la differenza tra i gruppi al T1 è significativa ($p < 0.05$) e al T2 non è più significativa ($p > 0.05$) e che la differenza nei gruppi nel tempo risulta significativa solo per il gruppo sperimentale ($p < 0.05$) e non per il gruppo di controllo ($p > 0.05$); in sostanza il gruppo sperimentale registra un trend di miglioramento che rende la differenza significativa al T1 con il gruppo di controllo non più significativa al T2.

❖ 5°



Medie: controllo al T1 = 49.45000 vs controllo al T2 = 53.35000;
 sperimentale al T1 = 48.82609 vs sperimentale al T2 = 54.69565

Mediane: controllo al T1 = 50 vs controllo al T2 = 54.5;
 sperimentale al T1 = 50 vs sperimentale al T2 = 55.

DS: controllo al T1 = 5.977810 vs controllo al T2 = 6.072154;
 sperimentale al T1 = 6.322055 vs sperimentale al T2 = 5.182442.

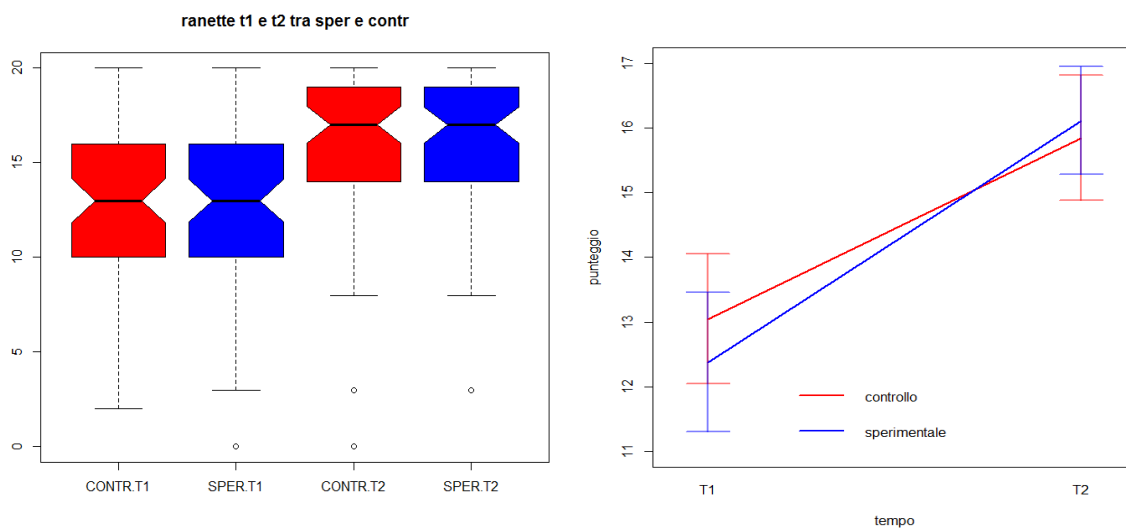
Il gruppo sperimentale nel tempo mostra un trend di miglioramento superiore a quello del gruppo di controllo; al T1 il gruppo di controllo parte da un punteggio di poco maggiore nella prova del gruppo sperimentale, mentre al T2 il gruppo sperimentale arriva a guadagnare un punteggio di poco superiore del gruppo di controllo. Gli intervalli di fiducia e i confronti post-hoc indicano che la differenza tra i gruppi sia al T1 che al T2 è non significativa ($p > 0.05$) e che la differenza nei gruppi nel tempo risulta significativa solo per il gruppo sperimentale ($p < 0.05$) e non per il gruppo di controllo ($p > 0.05$).

IL SISTEMA ATTENZIONALE (NEPSY-II)

IL TEST DELLE RANETTE

n=135; sono state escluse dal campione due bambine della classe 4° del gruppo sperimentale, una di loro segnalata con diagnosi di BES (la stessa esclusa nei test motori della NEPSY-II).

▪ **Punteggio**



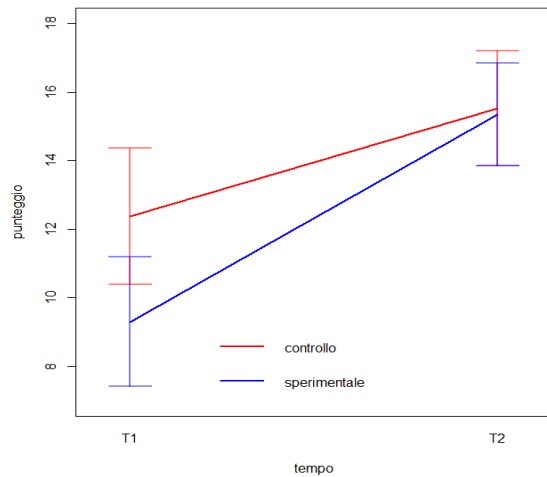
Medie: controllo al T1 = 13.04545 vs controllo al T2 = 15.84848;
sperimentale al T1 = 12.37681 vs sperimentale al T2 = 16.11594.
Mediane: controllo al T1 = 13 vs controllo al T2 = 17;
sperimentale al T1 = 13 vs sperimentale al T2 = 17.
DS: controllo al T1 = 4.081598 vs controllo al T2 = 3.954520;
sperimentale al T1 = 4.472470 vs sperimentale al T2 = 3.483306.

I due gruppi nel tempo migliorano nel punteggio in modo non significativamente differente (df =129; F = 1.48; p. = 0.23). La differenza tra i gruppi nel tempo è non significativa sia al T1 che al T2, mentre la differenza nei gruppi nel tempo è significativa per entrambi i gruppi. Il trend di miglioramento è maggiore nel gruppo sperimentale, che parte al T1 con un punteggio inferiore e arriva al T2 a guadagnare un punteggio superiore del gruppo di controllo (la differenza tra i due gruppi è maggiore al T1 rispetto al T2).

Le tre classi dei due gruppi nel tempo differiscono in modo non significativo in termini di punteggio (df =129; F = 1.95; p. = 0.15), allineandosi all'andamento dell'interazione tra i due gruppi nel tempo (*).

* a questo proposito però, indagando l'interazione tra le tre classi dei due gruppi nel tempo con i confronti post-hoc, è emerso un dato interessante su una delle tre classi:

❖ 3°

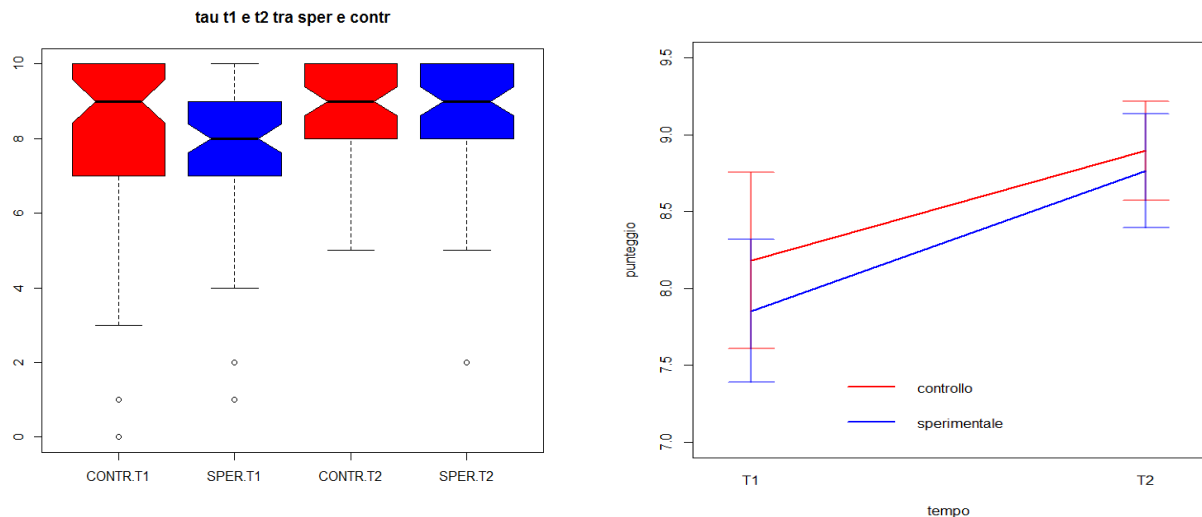


Il gruppo sperimentale parte al T1 con un punteggio decisamente inferiore rispetto al gruppo di controllo, quasi ai limiti di soglia della significatività statistica ($p. = 0.05$), e arriva al T2 a guadagnare quasi lo stesso punteggio del gruppo di controllo, con il quale vi è una parziale sovrapposizione degli intervalli di fiducia ($p.>0.05$). Il trend di miglioramento nel tempo è significativo per il gruppo sperimentale ($p.<0.05$) e non per il gruppo di controllo ($p.>0.05$).

IL TEST DI ATTENZIONE UDITIVA (TAU)

n=134; sono stati esclusi dal campione un bambino della classe 3° del gruppo sperimentale segnalato dalla maestre come potenzialmente a rischio per lo sviluppo di una psicopatologia e due bambine della classe 4° del gruppo sperimentale, una di loro segnalata con diagnosi di BES (la stessa esclusa nei test motori della NEPSY-II e nel test delle ranette).

▪ **Punteggio**



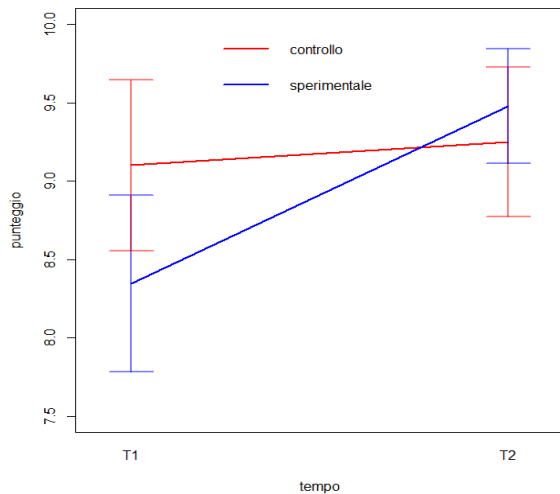
Medie: controllo al T1 = 8.181818 vs controllo al T2 = 8.893939;
sperimentale al T1 = 7.852941 vs sperimentale al T2 = 8.764706.
Mediane: controllo al T1 = 9 vs controllo al T2 = 9;
sperimentale al T1 = 8 vs sperimentale al T2 = 9.
DS: controllo al T1 = 2.326497 vs controllo al T2 = 1.302409;
sperimentale al T1 = 1.918214 vs sperimentale al T2 = 1.527046.

I due gruppi nel tempo migliorano nel punteggio in modo non significativamente differente (df =128; F = 0.39; p. = 0.53); la differenza tra i gruppi nel tempo è non significativa sia al T1 che al T2, anche se maggiore al T1 rispetto al T2, mentre la differenza nei gruppi nel tempo è significativa per il gruppo sperimentale e non per il gruppo di controllo. Il trend di miglioramento è di poco maggiore nel gruppo sperimentale, che riduce la differenza tra i gruppi dal T1 al T2.

Le tre classi dei due gruppi nel tempo differiscono in modo non significativo in termini di punteggio (df = 128; F = 1.20; p. = 0.31), allineandosi all'andamento dell'interazione tra i due gruppi nel tempo (*).

* a questo proposito però, indagando l'interazione tra le tre classi dei due gruppi nel tempo con i confronti post-hoc, è emerso un dato interessante su una delle tre classi:

❖ 5°

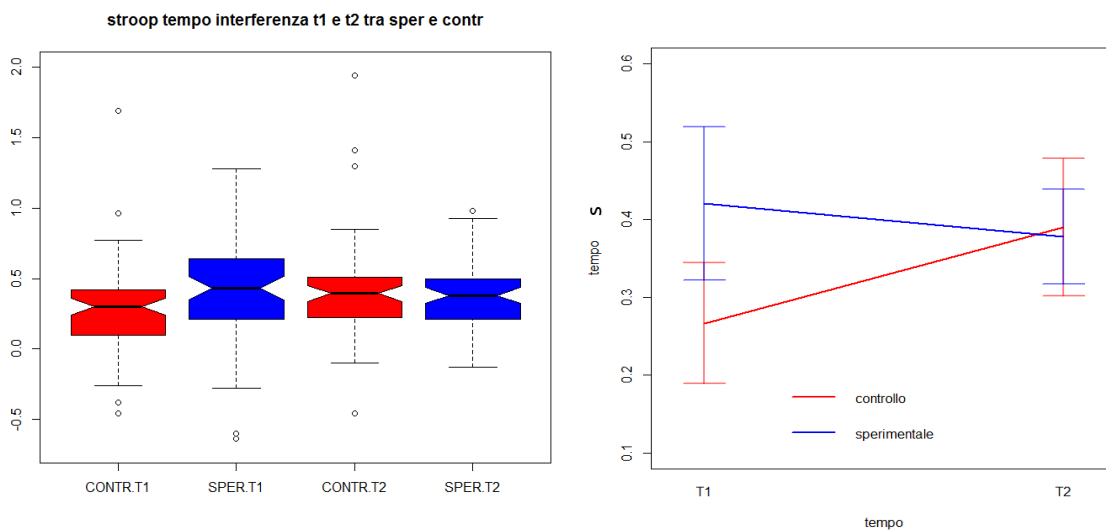


Il gruppo sperimentale parte al T1 con un punteggio decisamente inferiore rispetto al gruppo di controllo, di poco sopra ai limiti di soglia della significatività statistica ($p.>0.05$), e arriva al T2 a guadagnare un punteggio superiore del gruppo di controllo, anche se di poco ($p.>0.05$). Il trend di miglioramento nel tempo è significativo per il gruppo sperimentale ($p.<0.05$) e non per il gruppo di controllo ($p.>0.05$).

IL TEST DI STROOP NUMERICO

n=133; sono stati esclusi dal campione un bambino e una bambina della classe 3° del gruppo sperimentale e due bambine della classe 4° del gruppo sperimentale segnalate con diagnosi di BES (una della quali esclusa già nei test motori della NEPSY-II, nel test delle ranette e nel test di attenzione uditiva).

▪ Tempo di interferenza



Medie: controllo al T1 = 0.2666667 vs controllo al T2 = 0.3896970;
sperimentale al T1 = 0.4205970 vs sperimentale al T2 = 0.3780597.

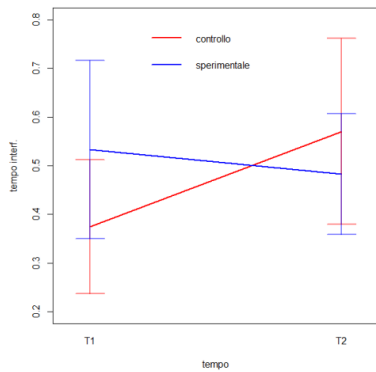
Mediane: controllo al T1 = 0.300 vs controllo al T2 = 0.395;
sperimentale al T1 = 0.430 vs sperimentale al T2 = 0.380.

DS: controllo al T1 = 0.3154647 vs controllo al T2 = 0.3589813;
sperimentale al T1 = 0.4041710 vs sperimentale al T2 = 0.2491515.

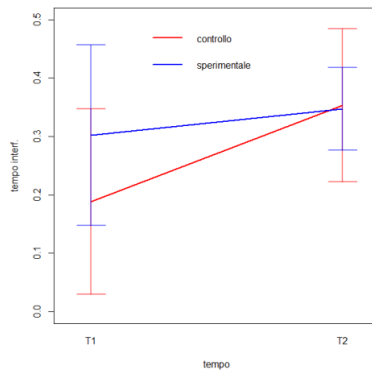
I due gruppi nel tempo ottengono un tempo di interferenza significativamente differente ($df = 127$; $F = 5.86$; $p. = 0.02$), ma, anche se i trend sono opposti, lo sperimentale diminuisce il tempo mentre il controllo lo aumenta, i confronti post-hoc, così come si è visto nelle barre di errore, segnalano che per entrambi la differenza nel tempo non è significativa ($p.>0.05$); la differenza tra i gruppi alla soglia della significatività al T1 ($p. = 0.05$), si trasforma in una differenza non significativa al T2 ($p.>0.05$), a causa dei loro andamenti inversi che arrivano ad incrociarsi. Il trend è di gran lunga maggiore nel gruppo di controllo rispetto al gruppo sperimentale, che parte svantaggiato, ma che, a causa del netto peggioramento del gruppo di controllo, arriva ad essere di poco migliore. Le tre classi dei due gruppi nel tempo differiscono nel tempo di interferenza in modo non significativo ($df = 128$; $F = 0.40$; $p. = 0.67$), allineandosi all'andamento dell'interazione tra i due gruppi nel tempo (*).

*

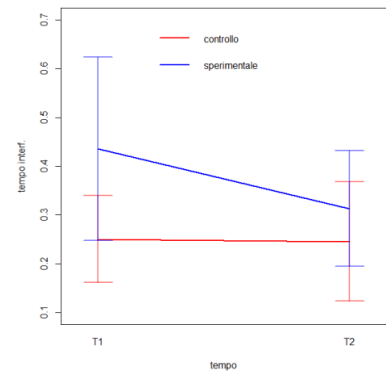
❖ 3°



❖ 4°

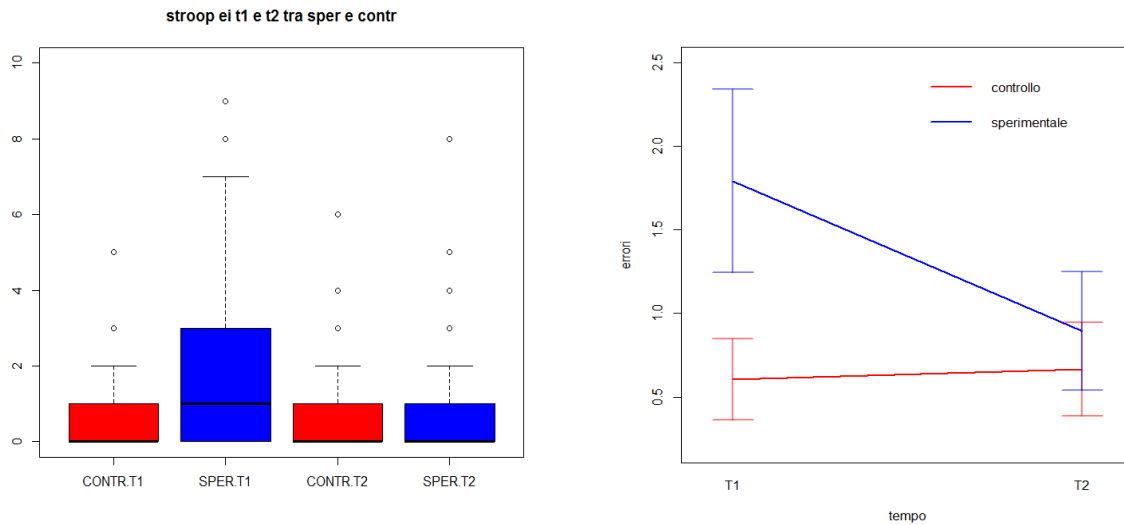


❖ 5°



<p>Il gruppo sperimentale nel tempo diminuisce il tempo di interferenza, mentre il gruppo di controllo lo aumenta con un trend maggiore; il gruppo sperimentale parte svantaggiato e arriva a essere migliore. Sia la differenza tra i gruppi nel tempo che nei gruppi nel tempo sono non significative ($p.>0.05$).</p>	<p>Entrambi i gruppi nel tempo aumentano il tempo di interferenza, ma il gruppo di controllo con un trend maggiore; il gruppo sperimentale parte svantaggiato e arriva a essere al pari circa del gruppo di controllo. Sia la differenza tra i gruppi nel tempo che nei gruppi nel tempo sono non significative ($p.>0.05$).</p>	<p>Il gruppo sperimentale nel tempo diminuisce il tempo di interferenza, mentre il gruppo di controllo lo mantiene costante; il gruppo sperimentale parte svantaggiato e rimane svantaggiato al T2, anche se riduce il gap con l'altro gruppo. Sia la differenza tra i gruppi nel tempo che nei gruppi nel tempo sono non significative ($p.>0.05$).</p>
--	--	--

- **Errori di interferenza**



Medie: controllo al T1 = 0.6060606 vs controllo al T2 = 0.6666667;
 sperimentale al T1 = 1.7910448 vs sperimentale al T2 = 0.8955224.

Mediane: controllo al T1 = 0 vs controllo al T2 = 0;
 sperimentale al T1 = 1 vs sperimentale al T2 = 0.

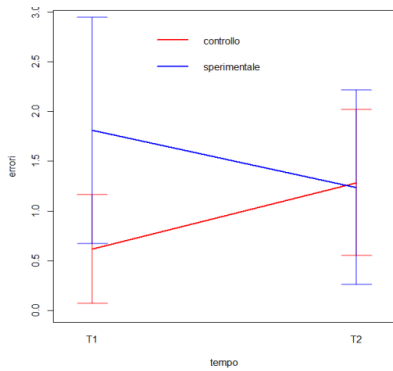
DS: controllo al T1 = 0.9903968 vs controllo al T2 = 1.1412993;
 sperimentale al T1 = 2.2464606 vs sperimentale al T2 = 1.4578349.

I due gruppi nel tempo diversificano nel numero di errori in modo significativamente differente ($df = 127$; $F = 8.51$; $p. = 0.004$). I trend opposti, il gruppo sperimentale nel tempo diminuisce gli errori, mentre il gruppo di controllo leggermente li aumenta, si estrinsecano in una riduzione significativa degli errori nel gruppo sperimentale ($p.<0.05$) e in un aumento non significativo degli errori nel gruppo di controllo ($p.>0.05$); la differenza tra i gruppi non significativa al T2 ($p.>0.05$), che al T1 era significativa ($p.<0.05$), è imputabile alla netta riduzione degli errori dello sperimentale, che partendo al T1 significativamente svantaggiato in termini di errori, arriva a commettere un numero di errori non significativamente differente dal gruppo di controllo. Il trend è di gran lunga maggiore nel gruppo sperimentale rispetto al gruppo di controllo, il quale parte avvantaggiato al T1 e rimane tale al T2, anche se il gap nel tempo si riduce grazie al netto miglioramento del gruppo sperimentale rispetto al lieve peggioramento del gruppo di controllo.

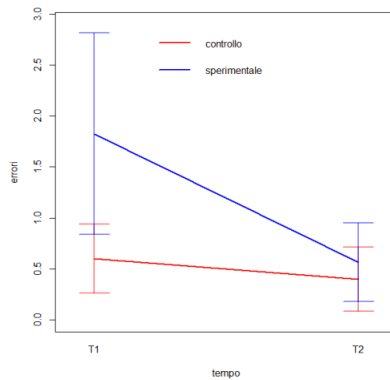
Le tre classi dei due gruppi nel tempo differiscono in modo non significativamente differente in termini di errori ($df = 127$; $F = 0.35$; $p. = 0.70$), allineandosi all'andamento dell'interazione tra i due gruppi nel tempo (*).

*

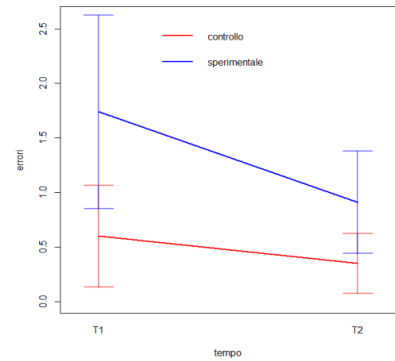
❖ 3°



❖ 4°



❖ 5°

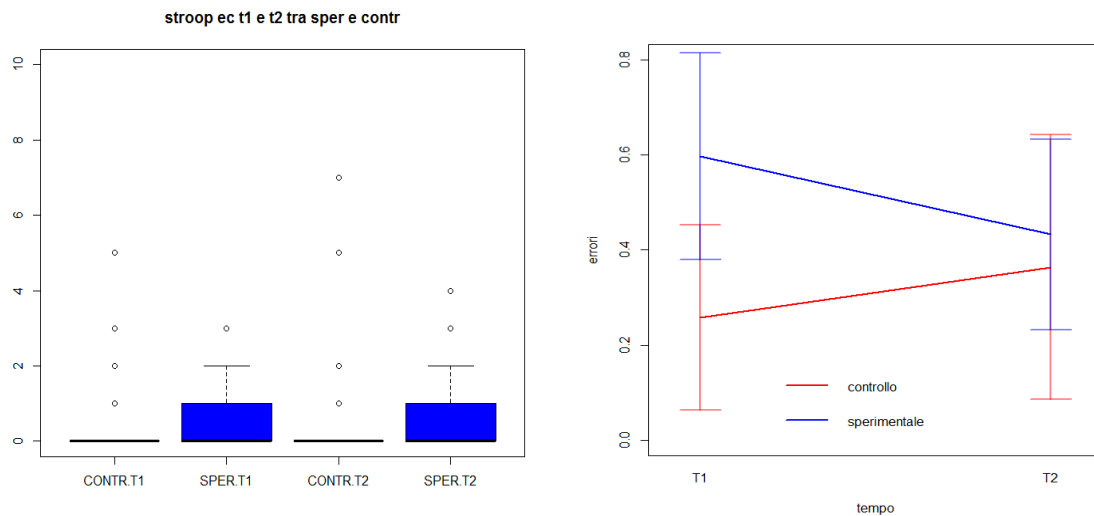


Il gruppo sperimentale nel tempo diminuisce gli errori, mentre il gruppo di controllo li aumenta, con lo stesso trend; il gruppo sperimentale parte più svantaggiato in termini di errori ed arriva al T2 a commettere circa lo stesso numero di errori del gruppo di controllo. Sia la differenza tra i gruppi nel tempo che nei gruppi nel tempo sono non significative ($p.>0.05$).

Entrambi i gruppi nel tempo riducono gli errori, con un trend nettamente maggior nel gruppo sperimentale, che è il solo a ridurre il numero di errori in modo significativo ($p.<0.05$). Il gruppo sperimentale parte significativamente più svantaggiato in termini di errori ($p.<0.05$) e arriva al T2 a commettere un numero di errori di poco superiore a quelli del controllo in modo non significativamente differente ($p.>0.05$).

Entrambi i gruppi nel tempo riducono gli errori in modo non significativo ($p.>0.05$), con un trend leggermente maggiore nel gruppo sperimentale. Il trend maggiore nello sperimentale fa sì che la differenza significativa al T1 tra gli errori dei due gruppi ($p.<0.05$) non sia più significativa al T2 ($p.>0.05$).

▪ **Errori di conteggio**



Medie: controllo al T1 = 0.2575758 vs controllo al T2 = 0.3636364;
 sperimentale al T1 = 0.5970149 vs sperimentale al T2 = 0.4328358.

Mediane: controllo al T1 = 0 vs controllo al T2 = 0;
 sperimentale al T1 = 0 vs sperimentale al T2 = 0.

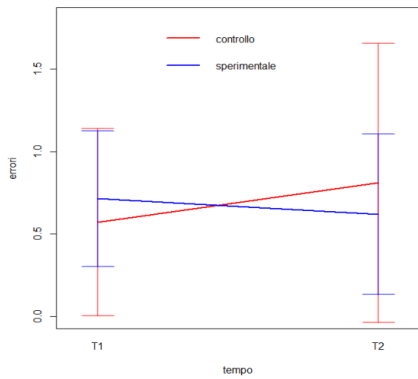
DS: controllo al T1 = 0.7905326 vs controllo al T2 = 1.1318652;
 sperimentale al T1 = 0.8886439 vs sperimentale al T2 = 0.8206406.

I due gruppi nel tempo differiscono in termini di errori in modo non significativamente differente, sia tra i gruppi nel tempo che nei gruppi nel tempo ($df = 127$; $F = 1.40$; $p. = 0.24$); il gruppo sperimentale nel tempo diminuisce gli errori mentre il gruppo di controllo li aumenta. Il trend è simile tra i due gruppi, leggermente a favore del gruppo sperimentale, il quale parte svantaggiato al T1 e rimane tale anche al T2, anche se il gap nel tempo tra i gruppi si riduce, grazie al miglioramento del gruppo sperimentale ed al peggioramento del gruppo di controllo.

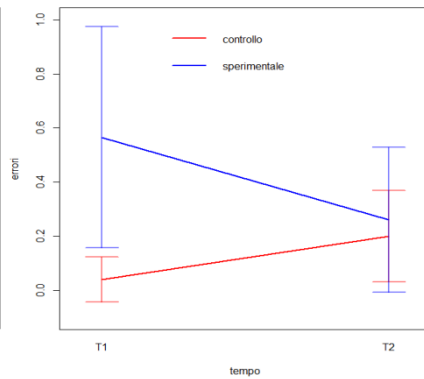
Anche le tre classi dei due gruppi nel tempo differiscono in modo non significativamente differente in termini di errori ($df = 127$; $F = 0.42$; $p. = 0.66$), allineandosi quindi all'andamento dell'interazione tra i due gruppi nel tempo (*).

*

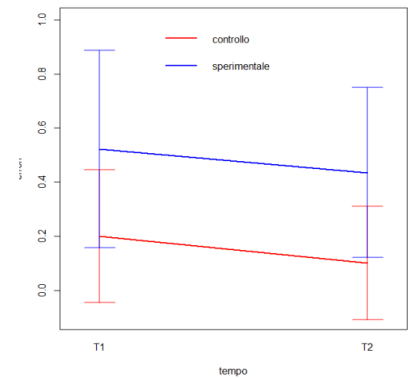
❖ 3°



❖ 4°



❖ 5°



Il gruppo sperimentale nel tempo diminuisce gli errori, mentre il gruppo di controllo li aumenta, entrambi con un trend lieve; il gruppo sperimentale parte leggermente più svantaggiato in termini di errori ed arriva al T2 a commettere meno errori del gruppo di controllo, soprattutto grazie all'aumento del numero di errori del gruppo di controllo. Sia la differenza tra i gruppi nel tempo che nei gruppi nel tempo sono non significative ($p.>0.05$).

Il gruppo sperimentale riduce nel tempo il numero di errori, mentre il gruppo di controllo li aumenta, entrambi in modo non significativo ($p.>0.05$), ma con un trend maggiore nello sperimentale. Il gruppo sperimentale parte significativamente più svantaggiato in termini di errori ($p.<0.05$) e arriva al T2 a commettere un numero di errori di poco superiore a quelli del controllo in modo non significativamente differente ($p.>0.05$).

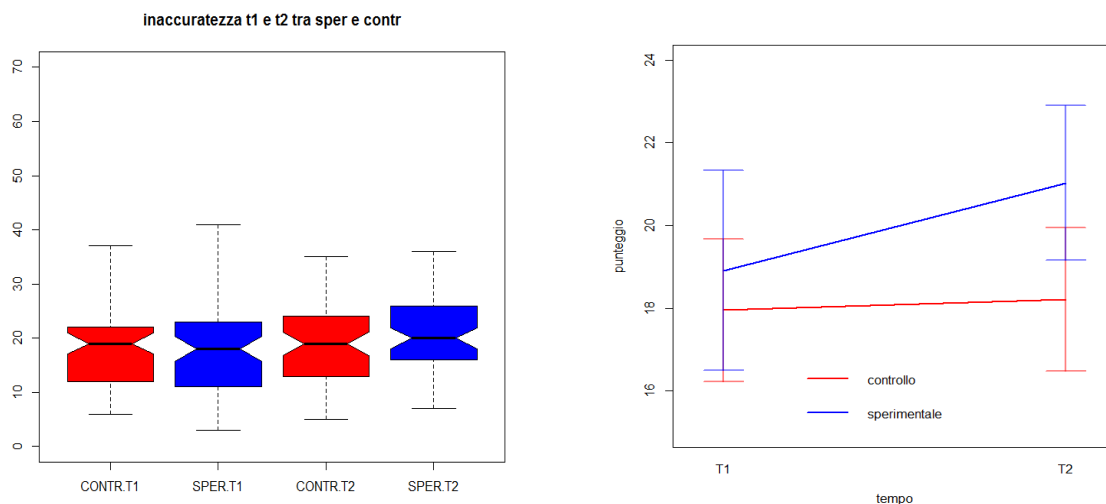
Entrambi i gruppi nel tempo riducono gli errori in modo non significativo ($p.>0.05$), con un trend simile, che rende la differenza tra i due gruppi ai due tempi pressoché identica e non significativa ($p.>0.05$).

LA SCRITTURA (BHK)

n=131; sono stati esclusi dal campione due bambini e una bambina della classe 3° del gruppo sperimentale, un bambino della classe 4° del gruppo sperimentale segnalato con diagnosi di DSA, un bambino della classe 5° del gruppo sperimentale e una bambina della classe 3° del gruppo di controllo.

Bisogna precisare che, siccome i bambini stranieri con difficoltà nella padronanza della lingua italiana costituivano un percentuale esigua del campione complessivo, non sono state prese in considerazione le variabili socio-linguistiche e socio-culturali che avrebbero potuto avere un'influenza sull'abilità di scrivere in italiano e sul suo apprendimento.

Inaccuratezza globale (punteggio)



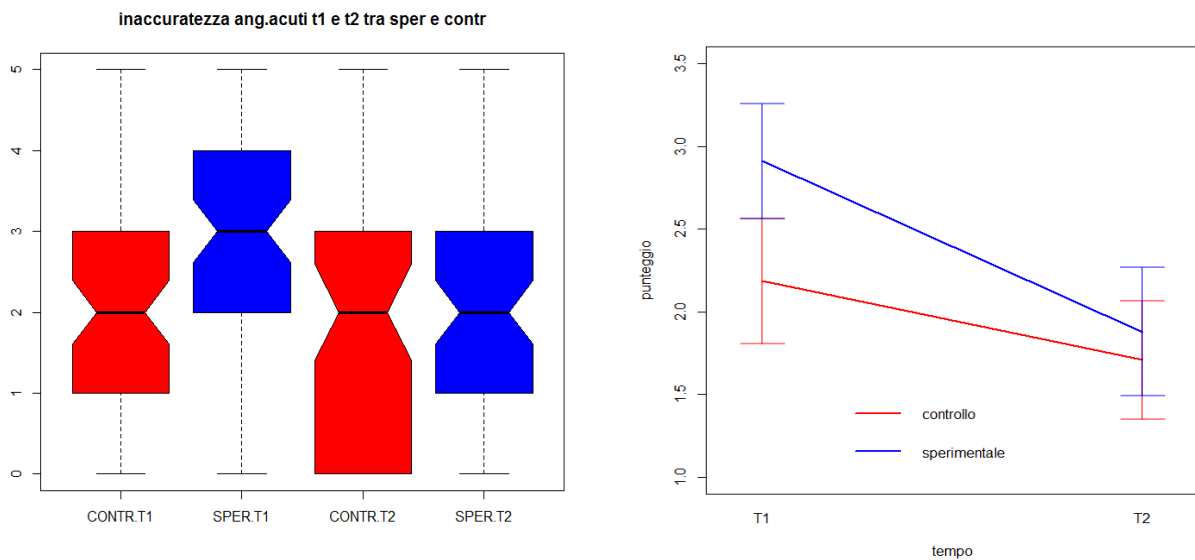
Medie: controllo al T1 = 17.95385 vs controllo al T2 = 18.21538;
sperimentale al T1 = 18.90909 vs sperimentale al T2 = 21.03030.

Mediane: controllo al T1 = 19 vs controllo al T2 = 19;
sperimentale al T1 = 18 vs sperimentale al T2 = 20.

DS: controllo al T1 = 6.967404 vs controllo al T2 = 6.987695;
sperimentale al T1 = 9.838273 vs sperimentale al T2 = 7.599534.

I rispettivi trend dei due gruppi nel tempo non sono significativamente differenti; sia la differenza tra i gruppi nel tempo che la differenza nei gruppi nel tempo non sono significative ($df = 125$; $F = 2.50$; $p = 0.12$). Il gruppo sperimentale diventa nel tempo più inaccurato, mentre il gruppo di controllo mantiene nel tempo un punteggio di inaccuratezza costante; il gruppo sperimentale parte al T1 più inaccurato e rimane al T2 sempre più inaccurato, aumentando anche il gap con il gruppo di controllo a causa del peggioramento. Le tre classi dei due gruppi nel tempo differiscono tra loro in modo non significativo ($df = 125$; $F = 1.03$; $p = 0.36$), allineandosi all'andamento dell'interazione tra gruppi nel tempo.

- **Inaccuratezza -> angoli acuti o collegamenti allungati (punteggio)**

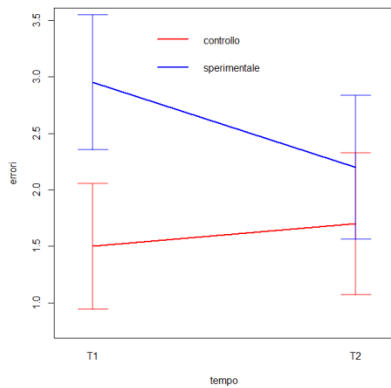


Medie: controllo al T1 = 2.184615 vs controllo al T2 = 1.707692;
 sperimentale al T1 = 2.909091 vs sperimentale al T2 = 1.878788.
 Mediane: controllo al T1 = 2 vs controllo al T2 = 2;
 sperimentale al T1 = 3 vs sperimentale al T2 = 2.
 DS: controllo al T1 = 1.529832 vs controllo al T2 = 1.443986;
 sperimentale al T1 = 1.422103 vs sperimentale al T2 = 1.583717.

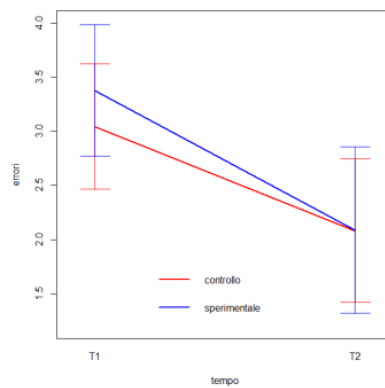
I due gruppi nel tempo migliorano in accuratezza con una differenza alla soglia della significatività ($df = 125$; $F = 3.82$; $p. = 0.05$) a favore del gruppo sperimentale, che mostra un trend maggiore del gruppo di controllo; infatti il gruppo sperimentale, che parte al T1 significativamente più inaccurato del gruppo di controllo ($p.<0.05$), grazie al suo miglioramento significativo nel tempo ($p.<0.05$) rispetto al miglioramento non significativo del gruppo di controllo ($p.>0.05$), arriva al T2 ad essere più inaccurato del controllo in modo non significativo ($p.>0.05$). Le tre classi dei due gruppi nel tempo invece differiscono tra loro in modo non significativo ($df = 125$; $F = 0.40$; $p. = 0.67$), allineandosi così all'andamento dell'interazione tra gruppi nel tempo (*).

*

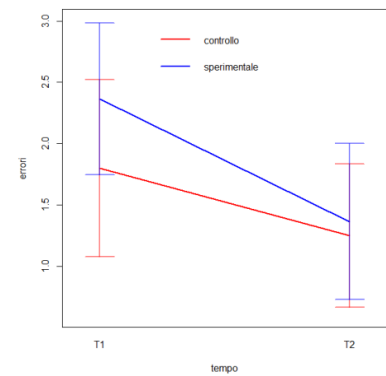
❖ 3°



❖ 4°

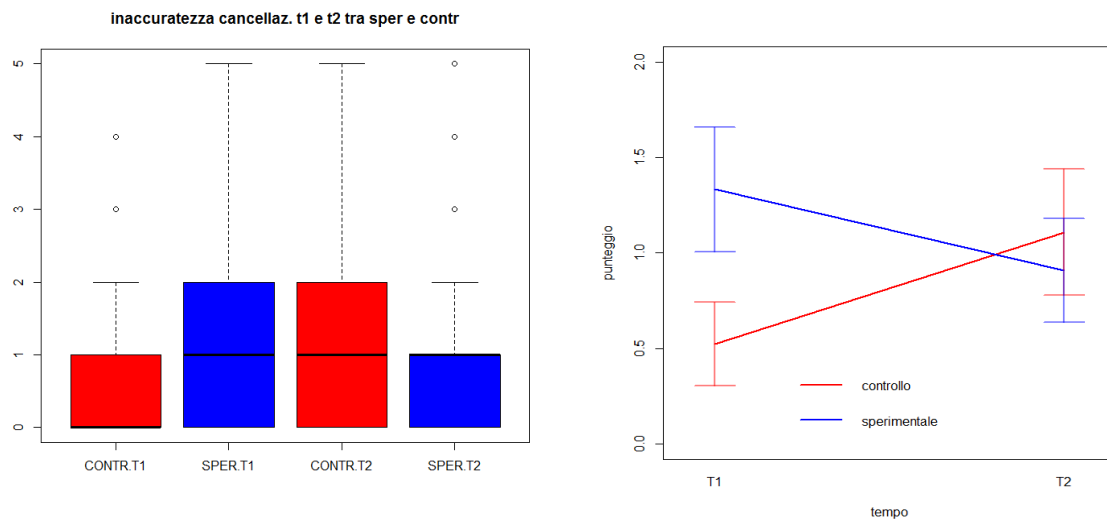


❖ 5°



Confrontando le singole classi dei due gruppi nel tempo che, come già detto, non differiscono in termini di inaccuratezza in modo significativo, si evince che l'effetto maggiore si ha nella classe quarta, dove è solo il gruppo sperimentale a migliorare nel tempo in modo significativo ($p.<0.05$), anche se la differenza tra i due gruppi ai due tempi non è significativa ($p.>0.05$). In terza il gruppo sperimentale parte significativamente svantaggiato rispetto al gruppo di controllo ($p.<0.05$), ma a causa del suo miglioramento nel tempo non significativo ($p.>0.05$) e del peggioramento nel tempo non significativo del gruppo di controllo ($p.>0.05$), arriva ad essere al T2 più inaccurato del gruppo di controllo in modo non significativo ($p.>0.05$). In quinta entrambi i gruppi migliorano in modo non significativo ($p.>0.05$), anche se il gruppo sperimentale con un trend maggiore, con una differenza tra i due gruppi ai due tempi non significativa ($p.>0.05$).

▪ **Inaccuratezza -> lettere ritoccate o ricalcate (punteggio)**



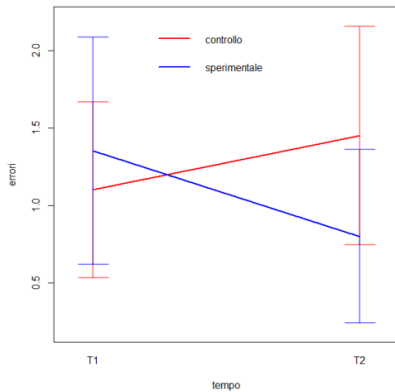
Medie: controllo al T1 = 0.5230769 vs controllo al T2 = 1.1076923;
 sperimentale al T1 = 1.3333333 vs sperimentale al T2 = 0.9090909.
 Mediane: controllo al T1 = 0 vs controllo al T2 = 1;
 sperimentale al T1 = 1 vs sperimentale al T2 = 1.
 DS: controllo al T1 = 0.8857852 vs controllo al T2 = 1.3360749;
 sperimentale al T1 = 1.3281952 vs sperimentale al T2 = 1.1056119.

I due gruppi nel tempo differiscono in termini di inaccuratezza in modo significativamente diverso ($df = 125$; $F = 14.98$; 0.0008); il gruppo sperimentale, che parte al T1 significativamente più inaccurato del gruppo di controllo ($p < 0.05$), grazie al suo miglioramento nel tempo, seppur non significativo ($p > 0.05$), e al peggioramento significativo nel tempo del gruppo di controllo ($p < 0.05$), arriva al T2 ad essere meno inaccurato del controllo, anche se in modo non significativo ($p > 0.05$). I trend, anche se opposti, sono molto simili.

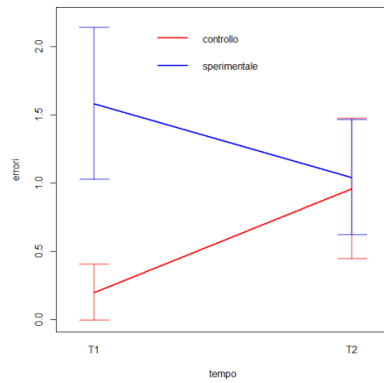
Le tre classi dei due gruppi nel tempo invece differiscono tra loro in termini di inaccuratezza in modo non significativo ($df = 125$; $F = 0.40$; $p = 0.67$), allineandosi così all'andamento dell'interazione tra gruppi nel tempo (*).

*

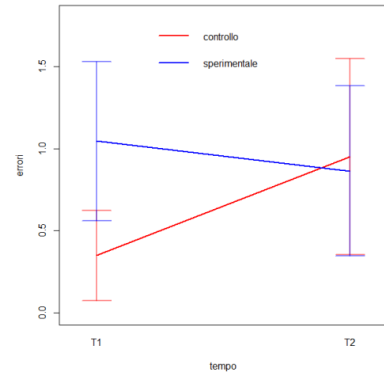
❖ 3°



❖ 4°

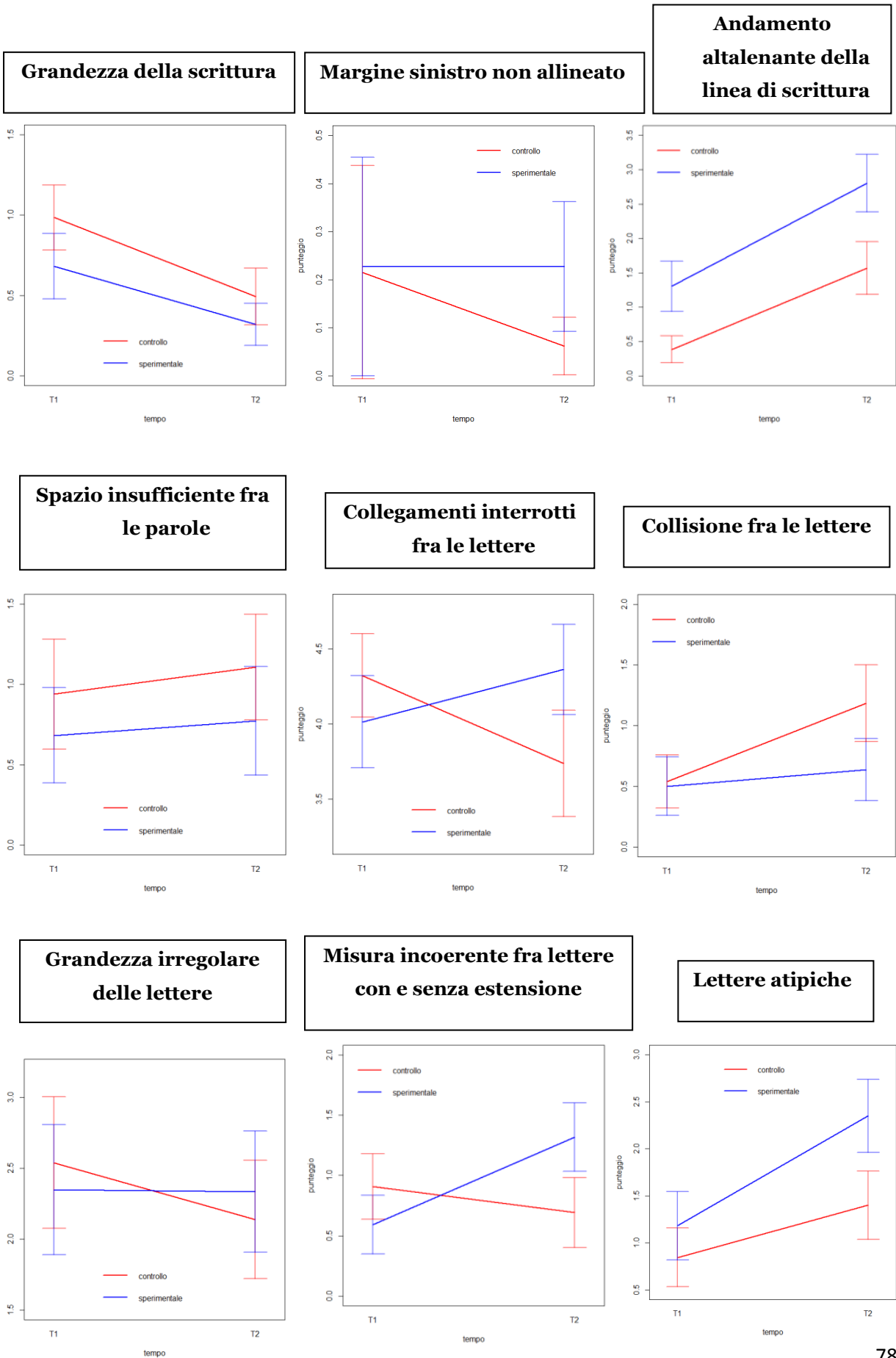


❖ 5°

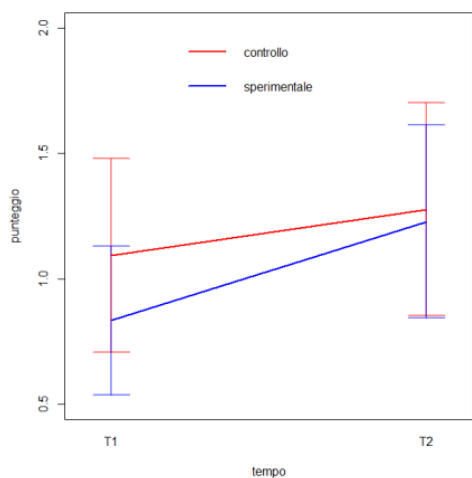


Confrontando le singole classi dei due gruppi nel tempo che, come già detto, non differiscono in termini di inaccuratezza in modo significativo, si evince che in tutte e tre le classi il gruppo sperimentale, partendo al T1 svantaggiato rispetto al gruppo di controllo, in modo significativo solo in quarta ($p.<0.05$), migliora nel tempo in modo non significativo ($p.>0.05$), in terza e quinta arrivando al T2 ad essere meno inaccurato del gruppo di controllo in modo non significativo, mentre in quarta riducendo il gap significativo del T1, al punto che al T2 questo gap arrivi ad essere non più significativo, anche se sempre a favore del gruppo di controllo .

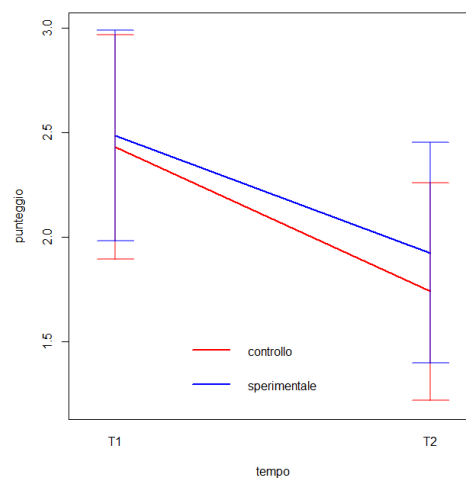
▪ Inaccuratezza ->



Forme ambigue delle lettere



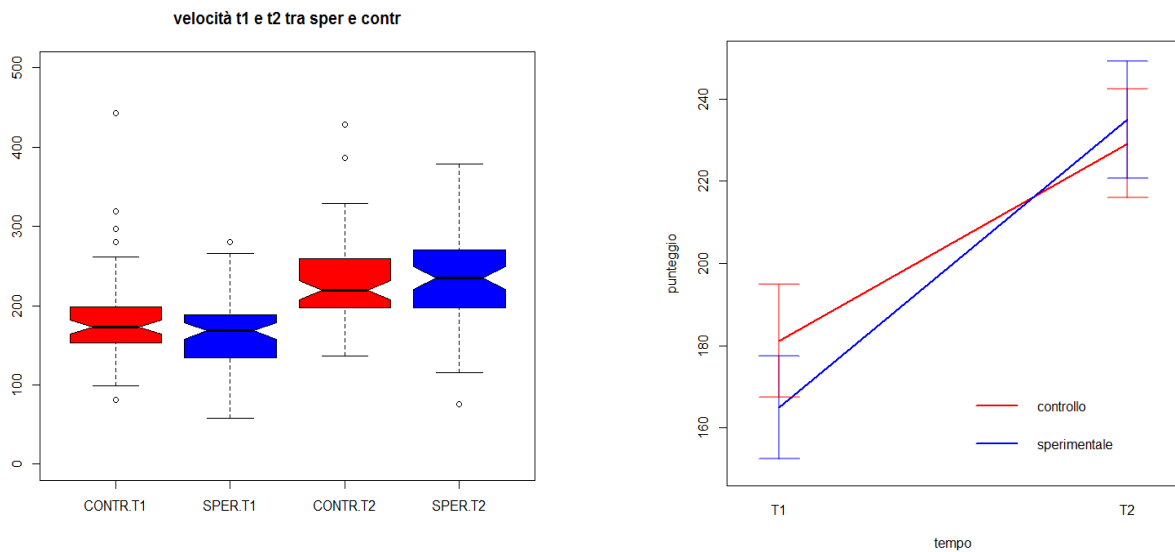
Traccia instabile



Per quanto riguarda l'analisi dei parametri sopra raffigurati, nella maggior parte di questi si evidenzia un trend opposto alle ipotesi di ricerca, tale per cui il gruppo sperimentale nel tempo peggiora (in modo significativo nei parametri *andamento altalenante della scrittura*, *misura incoerente fra lettere con e senza estensione* e *lettere atipiche*) o mantiene costante il punteggio di inaccuratezza, mentre il gruppo di controllo nel tempo migliora (in modo significativo nel parametro *collegamenti interrotti fra le lettere*) o peggiora (in modo significativo nel parametro *andamento altalenante della scrittura*), in modo non significativamente differente dal peggioramento del gruppo sperimentale. E' opportuno però fare alcune precisazioni su alcuni parametri: nei parametri *grandezza della scrittura* e *traccia instabile* entrambi i gruppi migliorano nell'inaccuratezza (nel primo entrambi in modo significativo), ma in modo non significativamente differente; nel parametro *collisione fra le lettere* invece entrambi i gruppi peggiorano, ma il trend è maggiore nel gruppo di controllo, che peggiora in modo significativo portando la differenza non significativa tra i gruppi al T1 ad essere significativa al T2.

Alla luce di queste spiegazioni non è possibile attribuire alcuna influenza del training musicale su questi parametri di qualità del tratto grafico, quindi non si è ritenuto opportuno analizzare gli andamenti delle singole classi.

Velocità (punteggio)



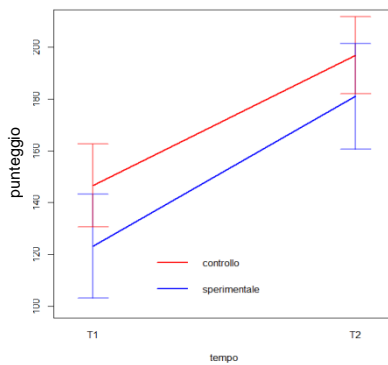
Medie: controllo al T1 = 181.1692 vs controllo al T2 = 229.1385;
sperimentale al T1 = 164.9848 vs sperimentale al T2 = 234.9091.
Mediane: controllo al T1 = 173 vs controllo al T2 = 220;
sperimentale al T1 = 168.5 vs sperimentale al T2 = 235.
DS: controllo al T1 = 55.56825 vs controllo al T2 = 53.53266;
sperimentale al T1 = 50.71747 vs sperimentale al T2 = 58.18372.

I due gruppi nel tempo scrivono più veloce in modo significativamente differente ($df = 125$; $F = 8.49$; $p. = 0.004$); nonostante però il gruppo sperimentale parta meno veloce al T1 e arrivi al T2 ad essere più veloce del gruppo di controllo, mostrando quindi un trend maggiore, entrambi i gruppi nel tempo migliorano in modo significativo ($p. < 0.05$), con una differenza tra i gruppi ad entrambi i tempi non significativa ($p. > 0.05$).

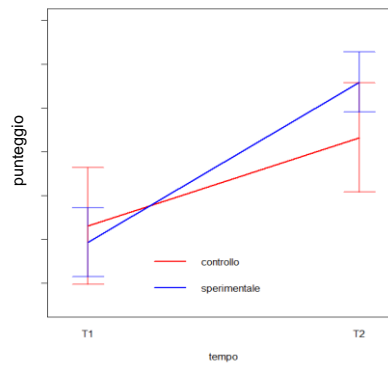
Le tre classi dei due gruppi nel tempo differiscono in termini di velocità in modo non significativamente diverso ($df = 125$; $F = 1.06$; $p. = 0.35$), allineandosi quindi all'andamento dell'interazione tra gruppi nel tempo (*).

*

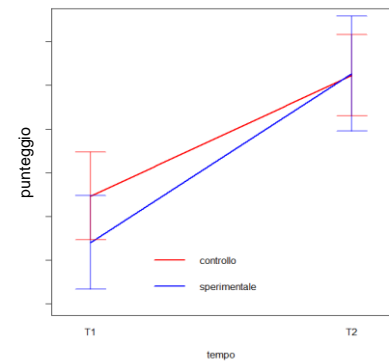
❖ 3°



❖ 4°



❖ 5°



Confrontando le singole classi dei due gruppi nel tempo che, come già detto, non differiscono in termini di velocità di scrittura in modo significativo, si evince che in tutte e tre le classi sia il gruppo sperimentale che il gruppo di controllo nel tempo migliorano in modo significativo ($p.<0.05$), anche se non differiscono in modo significativo tra loro ai due tempi ($p.>0.05$). Nonostante ciò: in terza il gruppo sperimentale parte svantaggiato al T1 e continua ad esserlo anche al T2 con lo stesso gap, siccome entrambi i gruppi nel tempo mostrano più o meno lo stesso trend; in quarta il gruppo sperimentale parte leggermente svantaggiato, ma grazie al trend di miglioramento maggiore di quello del gruppo di controllo, arriva ad essere più veloce, con una differenza tra i gruppi maggiore al T2 rispetto al T1; infine in quinta il trend di miglioramento nel tempo maggiore del gruppo sperimentale rispetto a quello del gruppo di controllo annulla quasi al T2 la differenza al T1 a favore del gruppo di controllo.

IV CAPITOLO: DISCUSSIONE

Alla luce dei risultati trovati, ora è arrivato il momento di dare delle risposte alle ipotesi poste all'inizio di questo lavoro.

Un training musicale strutturato può incrementare le abilità motorie di bambini di scuola primaria in compiti motori visivamente guidati? Nello specifico le funzioni sensori-motorie, relative alla rapidità e alla precisione motoria nella coordinazione motoria fine? All'imitazione di gesti nella programmazione motoria pianificata influenzata dai feedback visuo-spaziali cinestesici per la correzione dei movimenti? Infine all'esecuzione di sequenze motorie complesse ritmiche che richiedono una buona pianificazione e coordinazione motoria?

- ✓ La rapidità e la precisione motoria nella coordinazione motoria fine, valutate attraverso il test del Tapping delle Dita della batteria NEPSY-II, sono migliorate nel tempo in modo non significativamente differente tra i gruppi in quanto entrambi migliorano nel tempo in modo significativo; solo in un'unica scala si riscontra un miglioramento significativamente differente tra i gruppi, significativo nel gruppo di controllo e non significativo nel gruppo sperimentale. Alla luce di questi dati, si può assumere che il miglioramento nel tempo del gruppo sperimentale, minore del gruppo di controllo, non sia imputabile all'effetto del training musicale, ma piuttosto al fisiologico processo di maturazione motoria riscontrata infatti anche nel gruppo di controllo.

In questa capacità motoria, tra le classi dei due gruppi non si è riscontrata una variazione nel tempo significativamente differente rispetto all'andamento riscontrato tra i gruppi nel tempo nel complesso. Anche nel caso delle singole classi quindi il miglioramento non è imputabile al training, ma al naturale processo di maturazione motoria che avviene nel tempo.

- ✓ L'imitazione di gesti nella programmazione motoria visuo-spaziale, valutata attraverso il test di Imitazione di Posture manuali della batteria NEPSY-II, sia per la mano dominante che per quella non dominante, è migliorata nel tempo in modo non significativamente differente tra i gruppi, i quali migliorano entrambi in modo non significativo con lo stesso trend. Alla luce di quanto appena detto, si può sostenere che il miglioramento nel tempo del gruppo sperimentale, simile a quello del gruppo di controllo, non possa essere attribuito all'effetto del training musicale, ma anche in questo caso al fisiologico processo di maturazione motoria riscontrata anche nel gruppo di controllo.

In questa capacità motoria, nella prova globale fatta con entrambe le mani e nella prova fatta con la mano dominante, si è riscontrata una variazione nel tempo tra le tre classi dei due gruppi significativamente differente. Nella classe terza il gruppo sperimentale migliora in modo non significativo riuscendo a raggiungere il gruppo di controllo che peggiora sempre in modo non significativo. Nella classe quarta, nella prova globale i due gruppi migliorano,

ma solo il gruppo di controllo in modo significativo; invece nella prova fatta con la mano dominante il gruppo di controllo migliora in modo non significativo e il gruppo sperimentale peggiora lievemente sempre in modo non significativo. Nella classe quinta il gruppo sperimentale migliora in modo non significativo raggiungendo al T2 il gruppo di controllo che peggiora nel tempo in modo non significativo. Alla luce degli andamenti nelle singole classi dei due gruppi, non si può ipotizzare un'influenza del training musicale sulle tre classi, in quanto il miglioramento non significativo del gruppo sperimentale inferiore a quello del gruppo di controllo in quarta e non rapportabile al peggioramento del gruppo di controllo in terza e quinta, è attribuibile al fisiologico processo di maturazione motoria. Resta da interrogarsi sul perché del peggioramento nella classe quarta del gruppo sperimentale nella prova con la mano dominante e nella classe terza e quinta del gruppo di controllo nella prova globale.

- ✓ L'abilità di pianificazione e coordinazione nell'esecuzione di sequenze motorie ritmiche, valutata attraverso il test delle Sequenze Motorie Manuali della batteria NEPSY-II, è aumentata in modo significativamente differente tra i due gruppi, nella misura in cui solo il gruppo sperimentale mostra nel tempo un miglioramento significativo con un trend maggiore. Sulla base di questi dati, il miglioramento significativo del gruppo sperimentale rispetto al miglioramento non significativo del gruppo di controllo nell'esecuzione di sequenze motorie ritmiche può essere attribuito all'effetto del training musicale.

In quest'abilità motoria si è evidenziata una variazione nel tempo tra le tre classi dei due gruppi significativamente differente: nella classe terza entrambi i gruppi migliorano con lo stesso trend e con lo stesso punteggio in modo non significativo; nella classe quarta il gruppo sperimentale migliora in modo significativo riuscendo a raggiungere e a superare, anche se di poco, il gruppo di controllo, che migliora al contrario in modo non significativo; infine anche nella classe quinta il gruppo sperimentale migliora significativamente rispetto al gruppo di controllo, risultando migliore al T2. Alla luce di questi dati, contemplando i risultati dell'andamento tra gruppi nel tempo che fanno assumere un effetto positivo del training sulla abilità di eseguire sequenze motorie ritmiche, nelle tre classi del gruppo sperimentale l'influenza della musica potrebbe essere modulata diversamente: l'effetto si riscontra in classe quarta e quinta, con un trend maggiore in quarta, e per nulla in terza; in terza si può ipotizzare la presenza di fattori inibenti l'influenza del training sull'abilità nell'eseguire sequenze motorie manuali ritmiche complesse, riscontrabili ad esempio in un'immaturità cognitiva e motoria non in grado di essere influenzata in maniera consistente da un training musicale.

Riassumendo, il training musicale ha incrementato l'abilità motoria dei bambini nell'esecuzione di sequenze motorie ritmiche, nelle classi quarta e quinta; per contro il training non ha agito sulla rapidità e sulla precisione motoria nella coordinazione motoria fine e sull'imitazione di gesti nella programmazione visuo-spaziale.

Lo stesso training musicale può potenziare le abilità attentive degli stessi bambini di scuola primaria? Nello specifico, il controllo dei processi attentivi con l'inibizione motoria e l'attenzione selettiva? L'attenzione sostenuta uditiva? Infine l'interferenza cognitiva e i relativi processi inibitori in accesso che danno luogo all'inibizione della risposta automatica in favore di una risposta secondaria controllata, esemplificati nel noto effetto Stroop?

- ✓ L'inibizione motoria e l'attenzione selettiva nel controllo dei processi attentivi, valutate nel test delle ranette della batteria BIA, sono migliorate in modo non significativamente differente tra i due gruppi, i quali migliorano entrambi in modo significativo, con un trend maggiore però nel gruppo sperimentale che parte svantaggiato al T1 e arriva a raggiungere il gruppo di controllo al T2. A fronte di questi dati, il miglioramento dei due gruppi può essere imputato alla maturazione fisiologica del controllo dei processi attentivi e al potenziamento di quest'abilità per mezzo del training musicale nel gruppo sperimentale.

Anche se le tre classi dei due gruppi non differiscono nel tempo in modo significativamente diverso, allineandosi all'andamento tra i gruppi nel tempo e alle relative spiegazioni a monte, interessante è la descrizione del trend della classe terza: solo il gruppo sperimentale migliora in modo significativo, che partendo svantaggiato ai limiti della significatività statistica al T1 riesce a raggiungere il gruppo di controllo al T2. Alla luce di questo dato, considerando anche l'andamento tra i gruppi nel tempo, nella classe terza è ipotizzabili che l'effetto nel potenziamento del controllo attentivo sia maggiore, ma soprattutto più facilmente attribuibile al training.

- ✓ L'attenzione sostenuta uditiva, valutata nel TAU della batteria NEPSY-II, è migliorata in modo non significativamente differente tra i gruppi, anche se solo il gruppo sperimentale migliora in modo significativo; il gruppo di controllo ottiene nel tempo un lieve miglioramento perché il punteggio si aggira sempre intorno al valore massimo. Detto ciò, il miglioramento significativo nel gruppo sperimentale, anche a fronte di una variazione nel tempo tra i gruppi non significativamente differente, non può essere imputabile ad una qualche influenza del training musicale nella capacità di mantenere l'attenzione uditiva, soprattutto a causa dell'effetto tetto evidenziato nel tempo nel gruppo di controllo, che non consente termini di confronto con il trend del gruppo sperimentale.

Le tre classi dei due gruppi non differiscono nel tempo in modo significativamente diverso, allineandosi così all'andamento tra i gruppi nel tempo e alle relative spiegazioni a monte.

✓ Per quanto riguarda la capacità di inibire una risposta automatica che causa interferenza cognitiva a favore di una risposta secondaria, valutata nel test dello Stroop numerico della batteria BIA:

➤ Il tempo di interferenza nel tempo diminuisce in modo non significativo nel gruppo sperimentale e aumenta sempre in modo non significativo nel gruppo di controllo. Alla luce di ciò, il miglioramento non significativo del gruppo sperimentale non consente di supporre con un certo grado di sicurezza una qualche influenza del training sul miglioramento che non sia dovuto al naturale processo di maturazione cognitiva; resta però da interrogarsi sul perché del peggioramento del gruppo di controllo.

Le tre classi dei due gruppi non differiscono nel tempo in modo significativamente diverso, allineandosi all'andamento tra i gruppi nel tempo e alle relative spiegazioni a monte, ma per le classi quarta e quinta vale la pena spendere qualche parola: in quarta entrambi i gruppi nel tempo aumentano il tempo di interferenza, ma il gruppo di controllo con un trend maggiore; in quinta il gruppo di controllo mostra un trend costante nel tempo quindi la diminuzione nel tempo del tempo di interferenza nello sperimentale va solo a ridurre il gap con il controllo.

➤ Gli errori di interferenza che differiscono in modo significativo tra i gruppi al T₁, dove il gruppo sperimentale commette più errori, nel tempo si riducono in modo significativo nel gruppo sperimentale e aumentano in modo non significativo nel gruppo di controllo, arrivando al T₂ a non essere più significativamente differenti tra i gruppi in termini di gap. Alla luce di ciò, anche questo trend opposto, positivo nello sperimentale e negativo nel gruppo di controllo, potrebbe riflettere una qualche influenza del training nella capacità di inibire una risposta automatica a favore di un'altra risposta controllata in modo corretto, agendo sul controllo dell'interferenza cognitiva; anche qui resta da interrogarsi sul perché del peggioramento del gruppo di controllo.

Le tre classi dei due gruppi non differiscono nel tempo in modo significativamente diverso, allineandosi all'andamento tra i gruppi nel tempo e alle relative spiegazioni a monte, ma nonostante questo vale lo stesso la pena spendere qualche parola: il trend maggiore di miglioramento nel tempo si evidenzia in quarta che è l'unica classe a ridurre gli errori alla soglia della significatività statistica.

➤ Gli errori di conteggio non differiscono in maniera significativa tra i gruppi nel tempo e nei gruppi nel tempo, ma il gruppo sperimentale li riduce mentre il gruppo di controllo li aumenta. Alla luce di ciò, anche in questo caso la riduzione non significativa degli errori nel gruppo sperimentale non può essere attribuita con un certo grado di affidabilità al training, ma piuttosto al fisiologico processo di maturazione cognitiva; anche in questo caso resta da interrogarsi sul perché del peggioramento del gruppo di controllo.

Le tre classi dei due gruppi non differiscono nel tempo in modo significativamente diverso, allineandosi all'andamento tra i gruppi nel tempo e alle relative spiegazioni a monte, ma nonostante questo vale lo stesso la pena spendere qualche parola: la quarta, dove il

miglioramento nel tempo del gruppo sperimentale rispetto al peggioramento nel tempo del gruppo di controllo riduce lo svantaggio nel tempo del gruppo sperimentale con il gruppo di controllo, da significativo al T1 a non significativo al T2, è la classe dove il miglioramento è maggiore.

Il training musicale ha influenzato positivamente l'inibizione motoria e l'attenzione selettiva nel controllo dei processi attentivi soprattutto nella classe terza; per contro, a causa dell'effetto tetto riscontrato nel gruppo di controllo, che può far pensare ad una scelta errata del test di somministrazione, non si può sostenere che il training abbia agito sull'attenzione uditiva sostenuta. Interessante, ai fini della nostra indagine, è analizzare la relazione tra i tre parametri considerati nell'interferenza cognitiva. Al di là della significatività statistica, il gruppo sperimentale nel tempo riduce il tempo di interferenza insieme agli errori di interferenza e di conteggio; in sostanza il gruppo sperimentale impara a controllare l'interferenza cognitiva, con la riduzione degli errori, che implicano una risposta automatica non controllata, insieme alla diminuzione del tempo di risposta, presumendo che il training possa aver agito su questa capacità cognitiva. Per quanto riguarda le singole classi, bisogna evidenziare il fatto che in quarta, che è la classe dove è maggiormente ipotizzabile un effetto del training nella riduzione degli errori di interferenza, il gruppo sperimentale, riducendo gli errori di interferenza e di conteggio, aumenta il tempo di interferenza; alla luce di questo dato si può supporre che in questa classe il training abbia agito sulla capacità di controllare l'interferenza cognitiva attraverso la risposta secondaria e controllata senza aver agito sul tempo impiegato per rispondere.

Conseguentemente all'affinamento per mezzo del training delle abilità motorie e attentive, ma soprattutto delle competenze che riguardano più prettamente il controllo motorio, è possibile evidenziare un beneficio sull'abilità di scrittura di questi bambini nei parametri che implicano un maggiore coinvolgimento del sistema motorio come effetto indiretto del training?

Per quanto riguarda la qualità del tratto grafico, il cambiamento imputabile ad un effetto indiretto del training musicale è stato riscontrato solo nel parametro angoli acuti o collegamenti allungati; in questo parametro entrambi i gruppi migliorano, ma solo il gruppo sperimentale in modo significativo, che, partendo significativamente svantaggiato al T1, riduce lo svantaggio nel tempo, arrivando al T2 a non essere più significativamente differente dal gruppo di controllo (analizzando le singole classi, il trend significativo si riscontra nella classe quarta). Tra i 13 parametri analizzati, questo parametro è quello che più di tutti implica un coinvolgimento motorio per quanto riguarda il controllo motorio fine; alla luce di ciò, il miglioramento significativo riscontrato nel gruppo sperimentale, principalmente in quarta, è riconducibile al potenziamento delle abilità motorie per effetto del training, principalmente nell'abilità di eseguire sequenze motorie manuali complesse, riscontrato in misura maggiore proprio nella

classe quarta. Nella classe terza e quinta del gruppo sperimentale l'andamento è lo stesso di quello riscontrato nel complesso, ma il trend non è significativo, quindi in queste due classi il miglioramento è più facilmente attribuibile al fisiologico processo maturativo legato all'apprendimento scolastico. Resta da chiedersi del perché del peggioramento della classe terza del gruppo di controllo.

Per quanto riguarda la velocità di scrittura, il miglioramento tra i gruppi è significativamente differente, anche se entrambi i gruppi migliorano in modo significativo con una differenza non significativa tra i gruppi sia al T1 che al T2; il trend maggiore del gruppo sperimentale però riduce nel tempo lo svantaggio da cui è partito al T1 al punto che al T2 lo sperimentale diventa più veloce del gruppo di controllo. Vista la differenza di miglioramento significativa tra i due gruppi, si può ipotizzare che il trend maggiore di miglioramento del gruppo sperimentale rispetto a quello del gruppo di controllo possa essere dovuto al potenziamento per mezzo del training delle abilità motorie e attentive che a loro volta influenzano il processo naturale di apprendimento dell'abilità di scrittura, che in questo caso è stato forte per entrambi i gruppi. Lo stesso andamento si riscontra nelle singole classi, ma nella classe quarta solo il gruppo sperimentale migliora in modo significativo; anche nel caso della velocità di scrittura, nella classe quarta del gruppo sperimentale l'effetto del training musicale è stato maggiore e inferibile con un maggior grado di sicurezza.

A questo proposito è interessante considerare il fatto che il miglioramento della qualità del tratto grafico nel parametro angoli acuti o allungati insieme alla maggiore velocità di scrittura, per cui è ipotizzabile una qualche influenza indiretta del training musicale attraverso il potenziamento motorio e attentivo, si riscontra principalmente nella classe quarta; come già detto, nelle altre due classi il miglioramento è piuttosto attribuibile al processo maturativo legato all'apprendimento della scrittura. Volendo provare a dare una spiegazione a questo dato, riallacciandoci ai risultati trovati sulle abilità motorie e attentive, si può assumere che nelle classi terza e quinta non si è riscontrato un miglioramento nell'abilità di scrittura tale da essere imputato ad una qualche influenza indiretta del training, in quanto proprio in queste due classi gli effetti del training musicale sul sistema motorio e attentivo, che avrebbero dovuto poi influenzare la scrittura, erano minori (in terza si registra un effetto principalmente nell'abilità di inibizione motoria nel controllo dei processi attentivi, mentre in quinta si registra un effetto principalmente nell'abilità di eseguire sequenze motorie complesse, sebbene in misura minore rispetto alla classe quarta). Per contro, la classe quarta, che è la classe dove si è evidenziato un miglioramento dell'abilità di scrittura tale da essere imputabile ad una qualche influenza indiretta del training, è anche la classe dove l'influenza del training musicale sulle abilità motorie e attentive, che avrebbero dovuto agire sulla scrittura, è stata maggiore e più facilmente inferibile (l'effetto è stato registrato nell'abilità di eseguire sequenze motorie complesse in

misura maggiore della classe quinta, nel controllo dell'interferenza cognitiva attraverso l'inibizione della risposta automatica a favore della risposta controllata secondaria e nell'abilità di inibizione motoria nel controllo dei processi attentivi, sebbene in misura minore rispetto alla classe terza). L'insieme di questi potenziamenti motori e attentivi nella classe quarta, superiori rispetto alle altre classi, ha permesso un miglioramento dell'abilità di scrittura in questa classe tale da essere imputabile all'effetto indiretto del training in misura maggiore rispetto alle altre classi.

Criticità:

Non si può prescindere dai limiti metodologici che hanno interessato la ricerca:

- il gruppo sperimentale nella maggior parte delle scale analizzate parte svantaggiato in termini di abilità per le funzioni considerate;
- diversi fattori influenti possono aver influenzato la prestazione dei soggetti nelle prove somministrate per la verifica delle abilità indagate, come i momenti della giornata scelti, la motivazione e il temperamento del soggetto, l'asetticità del setting, la pluralità di somministratori nella concordanza del metodo e la lunghezza dei tempi;
- al di là del lavoro dell'insegnante di musica, da parte nostra non è stato supervisionato lo svolgimento del training musicale per verificare la frequenza di assenze, il grado coinvolgimento all'attività e la presenza di atteggiamenti e di comportamenti disfunzionali alla buona riuscita dell'attività;
- infine entrambi i gruppi in alcune scale mostrano un peggioramento nelle abilità per le funzioni considerate, riconducibile al mancato processo di apprendimento scolastico oppure alla non attendibilità della prova somministrata.

V CAPITOLO: CONCLUSIONE

Per concludere la trattazione di questo lavoro, partendo dalle ipotesi iniziali, al di là dei limiti che caratterizzano uno studio comportamentale come questo, si può affermare che un training musicale strutturato possa quanto meno potenziare il miglioramento, già insito nel naturale processo fisiologico di crescita e maturazione legato al periodo dello sviluppo scolare, di alcune abilità motorie e attentive di bambini di scuola primaria.

In ragione delle differenze legate al grado di maturità motoria e attentiva nelle varie età del periodo scolare considerato, l'influenza del training è modulata diversamente nelle varie classi prese in esame.

Valutando anche un'abilità più legata all'apprendimento scolastico, come la scrittura, si è riscontrato che nella classe dove si è evidenziato un maggiore potenziamento delle abilità motorie e attentive il miglioramento nell'abilità di scrittura, legato ad aspetti più prettamente motori, era maggiore, a dimostrazione della possibile influenza indiretta del training sulla scrittura attraverso il potenziamento di abilità motorie e attentive.

Il tipo di metodologia utilizzata in questa ricerca, che non contempla l'utilizzo di strumenti che vanno a registrare l'attività neuronale, non ci permette di fare delle inferenze su ciò che avviene a livello cerebrale quando si è sottoposti ad un training come questo. Nonostante ciò, sulla base degli studi citati in questa tesi che hanno dimostrato il ruolo della musica nella modulazione dell'attività di molte aree di alcuni circuiti, tra cui aree del circuito parieto-frontale, in cui rientra anche il sistema mirror, e alcune aree sottocorticali, si può ipotizzare, anche in uno studio come questo, un meccanismo di neuromodulazione cerebrale esercitato dal nostro training musicale, che potrebbe prendere forza grazie alla plasticità delle interconnessioni tra aree che sottendono a determinate funzioni, come quelle discusse in questo studio, che caratterizza proprio il periodo scolare.

BIBLIOGRAFIA

- Altenmüller, E., Marco Pallares, J., Münte, T. F. & Schneider, S. (2009). Neural reorganization underlies improvement in stroke induced motor dysfunction by music-supported therapy. *Ann.N.Y.Acad.Sci.* 1169, 395–405.
- Alajouanine, T. (1948). Aphasia and artistic realization. *Brain*, 71 (3), 229-41.
- Amengual, J. L., Rojo, N., Vecianadelas Heras, M., Marco Pallarés, J., Grau Sánchez, J., Schneider, S., et al. (2013). Sensorimotor plasticity after music supported therapy in chronic stroke patients revealed by transcranial magnetic stimulation. *PLoS One*, 8:e61883.
- Arbib, A. M. (2013). *Language, Music, and the Brain. A Mysterious Relationship*. In L. Fogassi (a cura di). *Shared Meaning, Mirroring and Joint Action*. Strüngmann Forum Reports.
- Ayres, L. (1912). *A scale for measuring the quality of handwriting of school children*. New York: Russel Sage Foundation.
- Bangert, M., & Schlaug, G.(2006). Specialization of the specialized in features of external human brain morphology. *Eur.J.Neurosci.* 24, 1832–1834.
- Bangert, M., Peschel, T., Rotte, M., Drescher, D., Hinrichs, H., Heinze, H-J. & Altenmüller, E. (2006). Shared networks for auditory and motor processing in professional pianists: evidence from fMRI conjunction. *Neuroimage*, 30, 917-926.
- Barrett, K. C., Ashley, R., Strait, D. L. & Kraus, N. (2013). Art and science: how musical training shapes the brain. *Front Psychology*, 4-713.
- Bengtsson, S.L., Ullen, F., Henrik Hehrsson, H., Hashimoto, T., Kito, T., Naito, E., Forsberg, H., & Sadato, N. (2009). Listening to rhythms activates motor and premotor cortices. *Cortex*, 45(1). 62-71.
- Bengtsson, S.L., Ullen, F., Henrik Hehrsson, H., Hashimoto, T., Kito, T., Naito, E., Forsberg, H., & Sadato, N. (2009). Listening to rhythms activates motor and premotor cortices. *Cortex*, 45(1). 62-71.
- Booth, J. R., Burman, D., D., Meyer, R., Lei, Z., Trommer, B., L., Davenport, N., D., Li, W., Parish, T., B., Gitelman, D., R. & Mesulam, M., M. (2003). Neural development of selective attention and response inhibition. *Neuroimage*, 20, 737-751.
- Branchesi, L. (2003). *Laboratori musicali nel sistema scolastico. Valutazione dell'innovazione*. Roma: Armando Editore.
- Branchesi, L. (2006). *Laboratori musicali nel sistema scolastico. Valutazione dell'innovazione* (Vol. 2). Roma: Armando Editore.

- Buccino, G., Vogt, S., Wohlschläger, A.M., Canessa, N., Shah, N.J., Zilles, K., Eickhoff, S.B., Freund, H.J., Rizzolatti, G. & Fink, G.R. (2007). Prefrontal involvement in imitation learning of hand actions: effects of practice and expertise. *Neuroimage*, 37 (4), 1371-83.
- Bush, G., Whalen, P., J., Rosen, B., R., Jenike, M., A., McInerney, S., C. & Rauch, S., L. (1998). The Counting Stroop: An interference task specialized for functional neuroimaging. Validation study with functional MRI. *Human Brain Mapping*, 6, 270-282.
- Butzlaff, R. (2000). Can music be used to teach reading?. *Journal of aesthetic education*, 34, 141, 167-178.
- Case-Smith, J. (2002). Effectiveness of school-based occupational therapy intervention on handwriting. *American Journal of Occupational Therapy*, 56, 17-25.
- Chapin, H.L., Zanto, T., Jantzen, K.J., Kelso, S.J.A., Steinberg, F., & Large, E. W. (2010). Neural responses to complex auditory rhythms: The role of attending. *Frontiers in Psychology*, 1, 224.
- Charles, M., Soppelsa, R. & Albaret, J.-M. (2003). BHK – *Échelle d'évaluation rapide de l'écriture chez l'enfant*. Paris: Editions et Applications Psychologiques.
- Chen, J.L., Penhune, V.B., & Zatorre, R.J. (2008). Listening to musical rhythms recruits motor regions of the brain. *Cerebral Cortex*, 18, 2844-2854.
- Chen, J.L., Penhune, V.B., & Zatorre, R.J. (2009). The role of auditory and premotor cortex in sensorimotor transformations. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 15-34.
- Chen, J.L., Penhune, V.B., & Zatorre, R.J. (2009). The role of auditory and premotor cortex in sensorimotor transformations. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 15-34.
- Chen, J.L., Zatorre, R.J., & Penhune, V.B. (2006). Interactions between auditory and dorsal premotor cortex during synchronization to musical rhythms. *NeuroImage*, 32, 1771-1781.
- Coudé, G., Ferrari, P.F., Rodà, F., Maranesi, M., Borelli, E., Veroni, V., Monti, F., Rozzi, S. & Fogassi L. (2011). Neurons controlling voluntary vocalization in the macaque ventral premotor cortex. *PLoS One*, 6 (11).
- Crudace, S., A. & Riddell, P., M. (2006). Attention processes in children with movement difficulties, reading difficulties or both. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 34, 672-680.
- D'Ausilio, A., Altenmüller, E., Olivetti Belardinelli, M., and Lotze, M. (2006). Cross-modal plasticity of the motor cortex while listening to a rehearsed musical piece. *Eur. J. Neurosci.* 24, 955-958.

- DeGangi, G., A. & Porges, S., W. (1990). *Neuroscience Foundation of Human Performance*. Rockville, Md: American Occupational Therapy.
- Delalande, F. (1993). *Le condotte musicali*. Bologna: Editrice CLUEB.
- Delalande, F. (2001). *La musica è un gioco da bambini*. Milano: Franco Angeli.
- De Renzi, E., Gentilini, M. & Barbieri, C. (1989). Auditory neglect. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 52 (5), 613-7.
- Di Brina, C. & Rossini, G. (2013). *BHK. Scala sintetica per la valutazione della scrittura in età evolutiva*. Trento: Erickson.
- Di Nuovo, S. & Smirni, P. (1994). La valutazione dei processi attentivi in età evolutiva. *Archivio di Psicologia, Neurologia e Psichiatria*, 1-2, 74-95.
- Di Nuovo, S. (2000). *Attenzione e concentrazione*. Trento: Erickson.
- Drost, U.C., Rieger, M., & Prinz, W. (2007). Instrument specificity in experienced musicians. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 60, 527-533.
- Duncan, Z., M. & McFarland, C., E. (1980). Isolating the effects of symbolic distance and semantic congruity in comparative judgments: An additive factors analysis. *Memory and Cognition*, 8, 612-622.
- Fadiga, L, Craighero, L. & D'Ausilio, A. (2009). Broca's area in language, action, and music. *Annals of New York Academy of Sciences*, 1169, 448-58.
- Ferrari, S., Santini, G. (2014). *Musiche Inclusive*. Roma: Astrolabio Editore.
- Flaugnacco, E., Lopez, L. & Terribili, C. (2014). Rhythm perception and production predict reading abilities in development dyslexia. *Human Neuroscience*.
- Flaugnacco, E., Lopez, L. & Terribili, C. (2015). Music training increases phonological awareness and reading skills in development dyslexia: A randomized control trial, PLoS One.
- Fogassi, L. & Ferrari, P. (2007). Mirror Neurons and the Evolution of Embodied Language. *Current Directions in Psychological Science*, 16(3), pp.136-141.
- Freeman, F., N. (1959). A new handwriting scale. *Elementary School Journal*, 59, 218-221.
- Fujioka, T., Trainor, L.J., Large, E.W., & Ross, B. (2012). Internalized timing of isochronous sounds is represented in neuromagnetic Beta oscillations. *Journal of Neuroscience*, 32, 1791-1802.
- Fujioka, T., Zendel, B., & Ross, B. (2010). Endogenous neuromagnetic activity for mental hierarchy of timing. *Journal of Neuroscience*, 30, 3458-3466.

- Gamba, A., Liberatore, S. & Marzocchi, G., M. (2007). Attenzione sostenuta, inibizione e uso di strategie in bambini con DDAI o Disturbi d'Ansia. *Disturbi di Attenzione e Iperattività*, 3, 9-28.
- Garavan, H., Ross, T., J. & Stein, E., A. (1999). An fMRI investigation of central executive functions. *Proceedings of the Cognitive Neuroscience Society*, Washington DC.
- Gaser, C., & Schlaug, G.(2003). *Brain structures differ between musicians and non-musicians*. *J.Neurosci.* 23, 9240–9245.
- Gentilucci, M. & Corballis, M.C. (2006). From manual gesture to speech: a gradual transition. *Neuroscience Biobehavioral Reviews*, 30(7), 949-60.
- Girelli, L., Lucangeli, D. & Butterworth, B. (2000). The development of automaticity in accessing number magnitude. *Journal of Experimental Child Psychology*, 76, 104-122.
- Grahn, J.A., & Rowe, J.B. (2009). Feeling the beat: Premotor and striatal interactions in musicians and non-musicians during beat processing. *Journal of Neurosciences*, 29, 7540-7548.
- Grahn, J.A., & Rowe, J.B. (2013). Finding and feeling the musical beat: striatal dissociations between detection and prediction of regularity. *Cerebral Cortex*, 23(4), 913-21.
- Grahn, J.A., & Brett, M. (2009). Impairment of beat-based rhythm discrimination in Parkinson's disease. *Cortex*, 45, 54-61.
- Grahn, J.A., & Brett, M. (2009). Impairment of beat-based rhythm discrimination in Parkinson's disease. *Cortex*, 45, 54-61.
- Grahn, J.A., & McAuley, J.D. (2009). Neural bases of individual differences in beat perception. *NeuroImage*, 47, 1894-1903.
- Grahn, J.A., Henry, M.J., & McAuley, J.D. (2011). FMRI investigation of cross-modal interactions in beat perception: Audition primes vision, but not vice versa. *Neuroimage*, 47, 1894-1903.
- Granert, O., Peller, M., Gaser, C., Groppa, S., Hallett, M., Knutzen, et al. (2011). Manual activity shapes structure and function in contralateral human motor hand area. *Neuroimage* 54, 32–41.
- Hamstra-Bletz, L. & Blote, A., W. (1990). Development in handwriting in primary school: A longitudinal study. *Perceptual Motor Skills*, 70, 759-70.
- Hamstra-Bletz, L. & Blote, A., W. (1993). A longitudinal study on dysgraphic handwriting in primary school. *Journal of Learning Disability*, 26, 689-699.

- Hasegawa, A., Okanoya, K., Hasegawa, T., & Seki, Y. (2011). Rhythmic synchronization tapping to an audio-visual metronome in budgerigars. *Nature Scientific Reports*, 1, 120.
- Honing, H., Merchant, H., Hade, G., Prado, L., & Bartolo, R. (2012). *Probing beat induction in Rhesus monkeys: Is beat induction species-specific?* Proceedings of the 12th Conference on Music Perception and Cognition and the 8th Triennial Conference of the European Society for the Cognitive Sciences of Music, Thessaloniki: Greece. [Cambouropoulos E., Tsougras C., Mavromatis, P., Pastiadis K. (Editors)].
- James, C. E., Oechslin, M. S., VanDeVille, D., Hauert, C. A., Descloux, C. & Lazeyras, F. (2014). Musical training intensity yields opposite effects on grey matter density in cognitive versus sensorimotor networks. *BrainStruct.Funct.* 219, 353–366.
- Jentschke, S. & Koelsch, S. (2009). Musical training modulates the development of syntax processing in children. *Neuroimage*.
- Juslin, P.N. & Laukka, P. (2001). Impact of intended emotion intensity on cue utilization and decoding accuracy in vocal expression of emotion. *Emotion*, 1 (4), 381-412.
- Khalil, A. K., Mincev, V., McLoughlin, G. & Chiba, A. (2013). Group rhythmic synchrony and attention in children. *Front. Psychol*, 4, 5-64.
- Koelsch S (2006). Significance of Broca's area and ventral premotor cortex for music-syntactic processing. *Cortex*, 42 (4), 518-20.
- Kohler, E., Keysers, C, Umiltà, M.A., Nanetti, L., Fogassi, L. & Gallese V. (2003). Audiovisual mirror neurons and action recognition. *Experimental Brain Research*, 153(4), 628-36.
- Krause, V., Schnitzler A. & Pollok, B. (2010). Functional network interactions during sensorimotor synchronization in musicians and non-musicians. *NeuroImage*, 52, 245-51.
- Lappe, C., Herholz, S.C., Trainor, L.J. & Pantev, C. (2008). Cortical plasticity induced by short-term unimodal and multimodal musical training. *J. Neurosci.* 28, 9632–9639.
- Large, E. W., & Palmer, C. (2002). Perceiving temporal regularity in music. *Cognitive Science*, 26, 1-37.
- Large, E. W., & Snyder, J. S. (2009). Pulse and meter as neural resonance. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 46-57.
- Leavens, D.A., Hopkins, W.D. & Thomas, R.K. (2004). Referential communication by chimpanzees (Pan troglodytes). *Journal of Comparative Psychology*, 118 (1), 48-57.
- Levitin, D.J. (2008). *Fatti di musica. La scienza di un'ossessione umana*. Torino: Codice Edizioni.

- Lewis, P.A., Wing, A.M., Pope, P.A., Praamstra, P., & Miall, R.C. (2004). Brain activity correlates differentially with increasing temporal complexity of rhythms during initialization, synchronization, and continuation phases of paced finger tapping. *Neuropsychologia*, *42*, 1301-1312.
- Liberman, A. & Mattingly, I. (1985). The motor theory of speech perception revised. *Cognition*, *21*(1), pp.1-36.
- Lotze, M., Scheler, G., Tan, H.R.M., Braun, C., Birbaumer, N. (2003). The musician's brain: functional imaging of amateurs and professionals during performance and imagery. *Neuroimage*, *20*, 1817–1829.
- Maess, B, Koelsch, S., Gunter, T.C. & Friederici, A.D. (2001). Musical syntax is processed in Broca's area: an MEG study. *Nature neuroscience*, *4* (5), 540-5.
- Manly, T., Robertson, I., H., Anderson, V. & Nimmo-Smith, I. (1998). *The Test of Everyday Attention for Children (TEA-Ch)*. Bury St Edmunds, Thames Valley Test Company.
- Mazzocchi, G., M., Re, A., M. & Cornoldi, C. (2016). *BIA, batteria italiana per l'ADHD*. Erickson: Trento.
- Miller, L., T., Missiuna, C., A., Macnab, J., J., Malloy-Miller, T. & Polatajko, H., J. (2001). Clinical description of children with developmental coordination disorder. *Canadian Journal of Occupational Therapy*, *68*, 5-15.
- Molnar-Szakacs, I. & Overy, K. (2006). Music and mirror neurons: from motion to 'e'motion. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *1* (3), 235-41.
- Moreno, S., Bialystok, E., Barac, R., Schellenberg, E. G., Cepeda, N. J. & Chau, T. (2011a). Short-term music training enhances verbal intelligence and executive function. *Psychol. Sci*, *22*, 1425–1433.
- Moreno S. & Bidelman, G. M. (2013). Examining neural plasticity and cognitive benefit through the unique lens of musical training. *Hear Research*, *308*, 84-97.
- Munte, T.F., Altenmüller, E., and Jäncke, L. (2002). The musician's brain as a model of neuroplasticity. *Nat. Rev. Neurosci.* *3*, 473–478.
- Nigg, J., T. (2001). Is ADHD a disinhibitory disorder? *Psychological Bulletin*, *127*, 571-598.
- Nombela, C., Hughes, L. E., Owen, A. M., and Grahn, J. A. (2013). Into the groove: can rhythm influence Parkinson's disease? *Neurosci. Biobehav. Rev.* *37*, 2564–2570.
- Nozaradan, S., Peretz I., & Mouraux, A. (2012a). Selective Neuronal Entrainment to the Beat and Meter Embedded in a Musical Rhythm. *Journal of Neuroscience*, *32*, 17572-17581.

- Nozaradan, S., Peretz, I. & Mouraux, A. (2012b). Steady-state evoked potentials as an index of multisensory temporal binding. *Neuroimage*, 60, 21-28.
- Nozaradan, S., Peretz, I., Missal, M., & Mouraux, A. (2011). Tagging the neuronal entrainment to beat and meter. *Journal of Neuroscience*, 31,10234-10240.
- Nozaradan, S., Peretz, I., Missal, M., & Mouraux, A. (2011). Tagging the neuronal entrainment to beat and meter. *Journal of Neuroscience*, 31,10234-10240.
- Paraskevopoulos, E., Kuchenbuch, A., Herholz, S.C. & Pantev, C. (2012). Evidence for training-induced plasticity in multisensory brain structures: an MEG study. *PLoS One*, 36-534.
- Pascual Leone, A., Nguyet, D., Cohen, L.G., Brasil Nieto, J. P., Cammarota, A. & Hallett, M. (1995). Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motorskills. *J.Neurophysiol.* 74, 1037–1045.
- Patel, A.D. (2003). Language, music, syntax and the brain. *Nature Neuroscience*, 6 (7), 674-81.
- Patel, A.D. (2005). The relationship of music to the melody of speech and to syntactic processing disorders in aphasia. *Annals of the New York Academy Sciences*, 1060, 59-70.
- Patel, A.D. (2011). Why would musical training benefit the neural encoding of speech? The OPERA hypothesis. *Frontiers in Psychology*.
- Patel, A.D. (2013). Can nonlinguistic musical training change the way the brain processes speech? The expanded OPERA hypothesis. *Hear Research*, 308, 98-108.
- Pavese, A. & Umiltà, C. (1998). Symbolic distance between numerosity and identity modulates Stroop interference. *Journal of Experimental Psychology. Human perception and performance*, 24, 1535-1545.
- Pazzaglia, M., Pizzamiglio, L., Pes, E. & Aglioti, S.M. (2008). The sound of actions in apraxia. *Current Biology*, 18(22), 1766-72.
- Peretz, I. Grimault, S., Lefebvre, C., Vachon, F., Zatorre, R., Robitaille, N. & Jolicoeur, P. (2009). Load-dependent brain activity related to acoustic short-term memory for pitch: magnetoencephalography and fMRI. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 273-7.
- Petrides, M., Grodzinsky, Y. & Amunts, K. (2006). *Broca's area in the human and the non-human primate brain in Broca's Region.*, Eds.: 31–46. Oxford University Press. New York.
- Pfordresher, P.Q. (2003). Auditory feedback in music performance: Evidence for a dissociation of sequencing and timing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29, 949-964.

- Pfordresher, P.Q., & Palmer, C. (2006). Effects of hearing the past, present, or future during music performance. *Perception and Psychophysics*, 68, 362-376.
- Piaget, J. & Vygotskij, L.S. (1993). *La genesi sociale del pensiero*. Firenze: Giunti Editore.
- Portowitz, A., Peppler, K. A. & Downton, M. (2014). In Harmony: a technology based on music education model to enhance musical understanding and general learning skills. *Int. J. Music Educ*, 32, 242–260.
- Prather, J.F., Bauer, E.E, Coleman, M.J., Roberts, T.F., Roy, A. & Mooney, R. (2008). A synaptic basis for auditory-vocal integration in the songbird. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 28 (6), 1509-22.
- Repp, B.H. (1999). Effects of auditory feedback deprivation on expressive piano performance. *Music Perception*, 16, 409-438.
- Repp, B.H., & Su, Y-H. (2013). Sensorimotor synchronization: A review of recent research (2006-2012), *Psychonomic Bulletin and Review*, 20, 403-452.
- Riley, C., A., Hu, J., M. & Hinrichs, J., V. (1977). *The quantitative basis of children's number concepts*. Paper presented at the biennial meeting of the Society for Research in Child Development, New Orleans, LA.
- Rizzo, L. & Lietti, M. (2013). *Musica e DSA: la didattica inclusiva della scuola dell'infanzia al conservatorio*. Milano: Rugginenti Editore,
- Rizzolatti, G. & Arbib, M. A. Language within our grasp. *Trends Neurosci.* 21, 188–194 (1998).
- Roden, I., Grube, D., Bongard, S. & Kreutz, G. (2014). Does music training enhance working memory performance? Findings from a quasi-experimental longitudinal study. *Psychol. Music*, 42, 284–298.
- Sanders, A., F. (1983). Towards a model of stress and performance. *Acta Psychologica*, 53, 61-97.
- Schachner, A. (2010). Auditory-motor entrainment in vocal mimicking species: Additional ontogenetic and phylogenetic factors. *Communicative and Integrative Biology*, 3, 1-4.
- Schlaugh, G., Marchina, S. & Norton, A. (2009). Evidence for plasticity in white-matter tracts of patients with chronic Broca's aphasia undergoing intense intonation-based speech therapy. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 385-394.
- Schlaugh, G., Norton, A., Overy, K. & Winner, E. (2005). Effects of music training on the child's brain and cognitive development. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1060-219-230.

- Schneider, S., Schönle, P. W., Altenmüller, E. & Münte, T. F. (2007). Using musical instruments to improve motor skill recovery following stroke. *J. Neurol.* 254, 1339–1346.
- Sekuler, R. & Mierkiewicz, D. (1977). Children's judgments of numerical inequality. *Child Development*, 48, 630-633.
- Siegler, R., S. & Robinson, M. (1982). *The development of numerical understandings*. In H. W. Reese & L. P. Lipsett (a cura di). *Advances in child development and behaviour*. New York: Academic Press.
- Smits-Engelsman, B., C., M., Niemeijer, G., P. & van Galen, G., P. (2001). Fine motor deficiencies in children diagnosed as DCD based on poor grapho-motor ability. *Human Movement Science*, 20, 161-182.
- Snyder, J.S., & Large, E.W. (2005). Gamma-band activity reflects the metric structure of rhythmic tone sequences. *Cognitive Brain Research*, 24(1), 117-126.
- Stuss, D., T., Alexander, M., P., Shallice, T., Picton, T., W., Binns, M., A., Macdonald, R. et al. (2005). Multiple frontal systems controlling response speed. *Neuropsychologia*, 43, 396-417.
- Temple, E., Deutsch, G. K., Poldrack, R.A., (2003) Neural deficits in children with dyslexia ameliorated by behavioral: Evidence from functional MRI. *PNAS*, 100 (5) 2860-5.
- Thaut, M.H., McIntosh, G.C., & Rice, R.R. (1997). Rhythmic facilitation of gait training in hemiparetic stroke rehabilitation. *Journal of Neurological Sciences*, 151, 207-212.
- Tierney, A. & Kraus, N. (2013). Music training for the development of reading skills. *Prog Brain Res*, 207, 209-41.
- Tzelgov, J., Meyer, J. & Henik, A. (1992). Automatic and intentional processing of numerical information. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 166-179.
- Urgesi, C., Campanella, F. & Fabbro, F. (2015). *NEPSY-II Second Edition*. Firenze: Giunti O.S.
- Wilkins, A., J., Shallice, T. & McCarthy, R. (1987). Frontal lesions and sustained attention. *Neuropsychologia*, 25, 359-365.
- Will, U., & Berg, E. (2007). Brain wave synchronization and entrainment to periodic acoustic stimuli. *Neuroscience Letters*, 424, 55-60.
- Woodward, S. & Swinth, Y. (2002). Multisensory approach to handwriting remediation: Perceptions of school-based occupational therapists. *American Journal of Occupational Therapy*, 56, 305-312.

- Zatorre R.J., & Salimpoor, V.N. (2013). From perception to pleasure: music and its neural substrates. *PNAS*, 110(2), 10430-10437
- Zatorre, R. J. (2005). Music, the food of neuroscience? *Nature*, 434, 312-315.
- Zatorre, R. J., Chen, J.L., and Penhune, V.B. (2007). When the brain plays music: auditory motor interactions in music perception and production. *Nat. Rev. Neurosci.* 8, 547–558.
- Zatorre, R.J.(2013).Predispositions and plasticity in music and speech learning: neural correlates and implications. *Science* 342, 585–589.
- Zatorre, R.J., Chen, J. L., & Penhune, V.B. (2007). When the brain plays music: auditory-motor interactions in music perception and production. *Nature Review Neuroscience*, 8, 547–558.
- Zbodorff, N., J. & Logan, C., D. (1986). On the autonomy of mental processes: A case study of arithmetic. *Journal of Experimental Psychology*, 115, 118-130.
- Zuk, J., Benjamin, C., Kenyon, A., and Gaab, N. (2014). Behavioral and neural correlates of executive functioning in musicians and non musicians. *PLoS One*, 9, 99-868.

