



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

**DIPARTIMENTO DI PSICOLOGIA DELLO SVILUPPO E DELLA
SOCIALIZZAZIONE**

Corso di Laurea Magistrale in Psicologia dello Sviluppo e dell'Educazione

Tesi di Laurea Magistrale

**ABILITÀ VISUOSPAZIALI E VISUOMOTORIE IN
PREADOLESCENTI A SVILUPPO TIPICO**

Visuospatial and visuomotor skills in typically developing preadolescents

Relatore:

Prof.ssa Irene Cristina Mammarella

Correlatore:

Dott.ssa Camilla Orefice

Laureanda: Villa Maria Stella

Matricola: 2018857

Anno Accademico 2021-2022

Indice

Introduzione	5
1. Abilità visuo-spaziali e visuo-motorie	7
1.1 Abilità Visuo-Spaziali	7
1.1.1 Definizione e Categorizzazione	7
1.1.2 Sviluppo delle Abilità Visuo-Spaziali	11
1.1.3 Modelli teorici di riferimento	12
1.2 Abilità Visuo-Motorie	14
1.2.1 Definizione e Categorizzazione	14
1.2.2 Sviluppo delle abilità visuo-motorie	15
1.2.3 Modelli di riferimento	16
2. Abilità Fino-Motorie	21
2.1 Definizione e Categorizzazione	21
2.2 Sviluppo delle Abilità Fino-Motorie	22
2.3 Modelli di Riferimento	25
3. La ricerca	31
3.1 Obiettivi e ipotesi	31
3.2 Partecipanti	31
3.3 Metodo	32
3.4 Materiali	32
3.4.1 Prove di screening	32
3.4.2 Prove sperimentali	32
3.5 Procedura	38
4. I Risultati	39
4.1 Statistiche Descrittive e Analisi della Varianza Univariata (AnoVA) per le variabili di inclusione	39
4.1.1 Età in mesi	39
4.1.2 QI totale in forma breve	40
4.2 Statistiche Descrittive e Analisi della Varianza Univariata (AnoVA) per le variabili sperimentali	41
4.2.1 Abilità visuospaziali	41
4.2.2 Abilità fino-motorie	42
4.3 Analisi di correlazione	43
5.1 Discussione dei risultati	45
5.1.1 Prove di screening	45

5.1.2 Prove visuo-spaziali.....	46
5.1.3 Prove fino-motorie.....	46
5.2 Implicazioni educative	47
5.3 Limiti e prospettive future	44

Introduzione

Linn e Petersen (1985) definito le abilità visuo-spaziali come abilità che consentono di rappresentare, trasformare e richiamare le informazioni simboliche. Le abilità visuo-motorie consistono nell'abilità di processare informazioni motorie, grazie a cui si attuano prestazioni motorie efficienti, e hanno un ruolo determinante nell'esecuzione delle funzioni quotidiane (Niechwiej-Swedo et al., 2019; Bellows et al., 2013). Queste tre tipologie di abilità sono state oggetto di una serie di studi che hanno portato ad associarle con differenti competenze, compiti e funzioni, da cui sono derivate ulteriori definizioni operative, tendenze di sviluppo e modelli di funzionamento. Per quanto l'evoluzione della ricerca abbia significativamente approfondito tutti questi aspetti, c'è ancora molto da definire rispetto alle abilità qui trattate. La ricerca presentata di seguito è stata condotta con l'obiettivo di esaminare le abilità visuo-spaziali e le abilità visuo-motorie in un campione di studenti a sviluppo tipico di undici, dodici e quattordici anni.

Nel primo capitolo viene attuata una descrizione delle abilità visuo-spaziali e delle abilità visuo-motorie, rispetto alla loro definizione e categorizzazione, sviluppo e modelli teorici.

Nel secondo capitolo è illustrata la descrizione delle abilità fino-motorie, sempre secondo la stessa divisione.

Nel terzo capitolo viene descritta la ricerca, partendo dalla descrizione degli obiettivi che si vogliono raggiungere e delle ipotesi elaborate che si vogliono esaminare tramite l'analisi dei dati. Si descrivono le altre componenti della ricerca, quali il campione, il metodo, i materiali (ovvero le prove somministrate, come sono costituite e applicate e la loro valutazione) e la procedura.

Nel quarto capitolo sono presentati i risultati emersi dalla ricerca. In particolare, saranno illustrate le statistiche descrittive, l'Analisi della Varianza (AnoVA) e le Analisi di Correlazione.

Infine, nel quinto capitolo verranno discussi i risultati, alla luce delle ipotesi di partenza e della letteratura di riferimento. Inoltre, verranno descritte le implicazioni educative e i limiti e le prospettive future.

1. Abilità visuo-spaziali e visuo-motorie

1.1 Abilità Visuo-Spaziali

1.1.1 Definizione e Categorizzazione

Le abilità visuo-spaziali sono generalmente definite come “abilità nella rappresentazione, trasformazione, generazione e richiamo di informazioni simboliche, non linguistiche” (Linn & Petersen, 1985, p. 1,482). L’informazione spaziale include diversi aspetti, nello specifico le forme, le posizioni, i percorsi, le relazioni tra le entità e tra le entità e le cornici di riferimento. Tutti questi elementi possono essere manipolati mentalmente, diventando parte centrale nella costruzione ed esplorazione del mondo (Newcombe, 2015). Le abilità spaziali hanno inoltre una composizione multifattoriale; per comprenderle meglio è quindi importante esaminarle da una prospettiva psicometrica o valutativa (Pellegrino et al., 1984). Vi sono due visioni generali relative alle abilità spaziali. La prima le considera come un concetto unitario, mentre la seconda sostiene l’esistenza di differenti tipologie di abilità spaziali; queste si manifestano in maniera eterogenea, una condizione che comporta un adattamento inadeguato tra le abilità stesse (Newcombe & Shipley, 2015). Nonostante i lavori attuati con uso di test e tecniche statistiche, non si è giunti ad una visione collettiva in merito alla concettualizzazione della cognizione spaziale (Hegarty & Waller, 2005). Gli autori stessi dei test esitano nel riconoscere alcuni degli aspetti chiave del funzionamento spaziale, per cui non è nemmeno possibile ottenere una definizione della struttura della cognizione spaziale usando strumenti attuali (Newcombe, 2015). Smith (1964) ha discusso la questione relativa ai test tipicamente applicati per valutare le competenze e, considerando soprattutto quelli rivolti all’analisi delle capacità mentali, egli descrive come questi si dividono tra test verbali-numeriche e test spaziali-meccanici-pratici. L’autore evidenziò anche la concezione tipica dei suoi tempi che associa solo il ragionamento verbale e matematico alle competenze intellettive, ritenendo che le abilità spaziali possano essere considerate come tali tanto quanto le altre. Due studiosi, Lohman (1979) e McGee (1979), hanno ripreso la discussione iniziata da Smith (1964); tramite le proprie reviews individuali degli studi psicometrici, questi due studiosi hanno confermato l’esistenza dei fattori spaziali-meccanici postulati da Smith (1964), difatti presenti in tutti i principali studi di analisi fattoriale. In aggiunta, i due autori evidenziarono la distinzione dei fattori spaziali-meccanici dagli altri gruppi di fattori, generali e specifici, e il fatto che l’abilità spaziale appare ancora un costrutto non correttamente definito.

Questi conflitti, ancora presenti nella letteratura, esistono per diverse ragioni, quali principalmente il ricorso a diversi metodi per l'estrazione e rotazione dei fattori, le differenze nella popolazione considerata, le strutture dei test e le diverse metodologie con cui possono essere somministrati (Carroll, 1983; Lohman, 1979). Precedentemente e successivamente le riflessioni appena trattate, vi è tutta un'altra serie di studi, particolarmente rilevanti, focalizzati sul tema delle abilità spaziali e visive. Thurstone (1938), studiando le abilità mentali primarie, ha identificato un fattore "Spazio", definente l'abilità di operare mentalmente su immagini spaziali o visive. Nel 1953, Zimmerman ha analizzato questi dati, ottenendo due fattori spaziali: il primo, denominato "Relazioni Spaziali", era sovrapponibile al fattore "Spazio" individuato da Thurstone (1938) e sembrava includere oggetti mentalmente manipolati e relazioni tra oggetti; il secondo fu chiamato "Visualizzazione" e i test da cui è saturato risultarono più difficili e meno veloci di quelli che saturano il fattore "Relazioni Spaziali". Guilford e Lacey (1947) identificarono due fattori spaziali forti: Relazioni Spaziali e Visualizzazione, a fianco di due fattori spaziali più deboli, chiamati S2 e S3. Il primo sembrerebbe esaltare maggiormente i test di discriminazione manuale destra contro sinistra, mentre il secondo fu considerato irrilevante e quindi rimosso dal modello. Guilford, Fruchter e Zimmerman (1952) analizzarono la struttura fattoriale di una batteria di sei test attitudinali, somministrata ad oltre 8000 studenti d'aviazione, e ottennero cinque fattori spaziali: Relazioni Spaziali, Visualizzazione, Orientamento Spaziale (con "coinvolgimento empatico", per cui l'individuo realizza i giudizi spaziali sulla base di uno specifico orientamento personale), Scanning Spaziale (la pianificazione permette di creare una mappa visiva da cui si identifica il percorso corretto da seguire), Velocità Percettiva (usata in test che richiedono di identificare in maniera rapida una lettera in una successione di lettere). Lohman (1979) analizzò i dati dei principali studi psicometrici americani, confermando la divisione dell'abilità spaziale nei sotto-fattori delle Relazioni Spaziali e della Visualizzazione Spaziale; entrambi valutabili con l'uso di specifici test o tipologie di problemi. Le differenze tra i due rappresenterebbero due dimensioni correlate di prestazioni (sintetizzate nella figura 1 sottostante):

- una dimensione velocità-potenza, lungo cui i problemi di relazioni spaziali sono risolti più rapidamente dei problemi di visualizzazione spaziale e i test sono somministrati in un formato che enfatizza velocità e accuratezza;
- una dimensione semplice-complesso: un indice grossolano di complessità dello stimolo, corrispondente al numero di elementi o parti da gestire. I problemi di relazioni spaziali

comprendono meno stimoli complessi dei problemi di visualizzazione spaziale, che necessitano più operazioni mentali e coordinazione per la loro risoluzione.

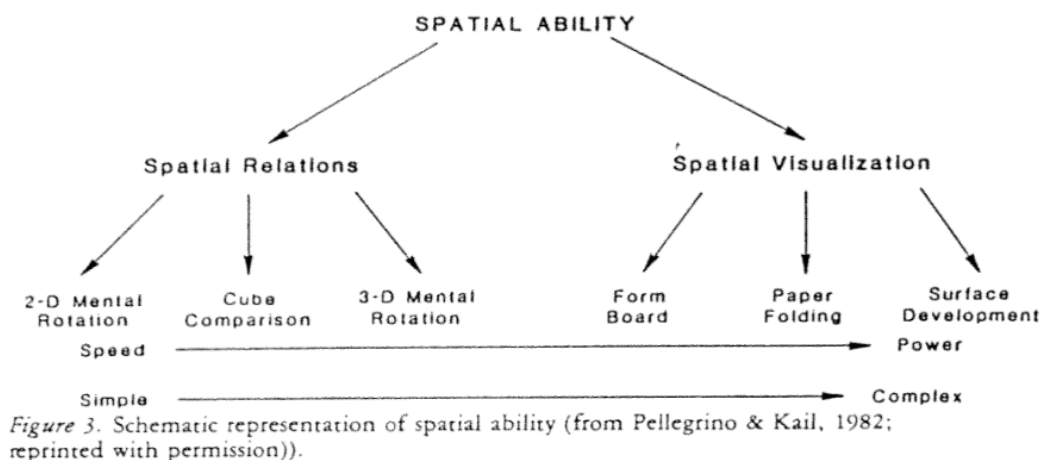


Figura 1: Descrizione schematica dell'Abilità spaziale nelle sue sotto-categorie e le relative prove per esaminarle (Pellegrino et al., 1984)

Gli studi psicometrici hanno rivelato l'esistenza di variazioni sostanziali negli individui relativamente alla loro abilità di risolvere problemi che richiedono di manipolare stimoli figurativi. Tali variazioni, per quanto concrete ed essenziali, non si manifestano in maniera omogenea in tutti i problemi spaziali ideati con propositi valutativi. Questo risulta in un'altra variabilità (Pellegrino et al., 1984). Nello studio delle abilità mentali, l'approccio analitico fattoriale sembra presentare una fragilità nella scoperta dei processi cognitivi che sono basilari per le prestazioni richieste nell'esecuzione delle attività intellettuali. Tale approccio consente solo il riconoscimento delle categorie mentali principali, e dei test che potrebbero coinvolgere le stesse abilità (Thurstone, 1947). Un approccio teorico e metodologico, definito analisi dell'elaborazione delle informazioni, porta invece alla comprensione dei processi di base e di coordinazione parte del processo di risoluzione dei problemi. L'analisi offre gli "strumenti" che permettono di scomporre la soluzione del problema e ottenere così le operazioni mentali su cui si basa l'intera prestazione; ottenendo una comprensione maggiore del modo in cui i processi si associano in schemi coerenti delle differenze individuali nell'esecuzione delle attività (Pellegrino et al., 1984). Da una varietà di considerazioni linguistiche, neurali e cognitive (Chatterjee, 2008; Palmer, 1978; Talmy, 2000) deriva un'importante distinzione relativa alle rappresentazioni spaziali degli oggetti, sulla base delle loro caratteristiche intrinseche ed estrinseche, statiche e dinamiche (Uttal et al., 2012).

Le prime comprendono le forme e le rappresentazioni delle componenti individuali degli oggetti (es. l'organizzazione delle componenti degli oggetti, il loro orientamento e la loro estensione, così come le trasformazioni delle caratteristiche stesse), mentre le seconde fanno riferimento alle relazioni tra oggetti oppure tra gli oggetti rispetto alle cornici di riferimento. (Chatterjee, 2008; Freksa, et al., 1999; Palmer, 1978; Newcombe & Shipley, 2015). La psicologia cognitiva ha poi attuato delle scoperte sulla combinazione di coordinate e rappresentazioni categoriche da cui si è evidenziata l'importanza delle categorie spaziali all'interno delle funzioni della percezione e della memoria (Huttenlocher et al., 2000; Holden et al., 2010), indicando il ruolo centrale delle rappresentazioni rispetto la cognizione spaziale. Per molte abilità, seppure siano considerate capacità visuo-spaziali, è difficile elaborare specifici concetti teorici (Eliot & Smith, 1983; Carroll, 1993; Newcombe et al., 2015; Mix et al., 2016). Diversi approcci di analisi fattoriale bottom-up hanno confermato l'esistenza di diverse abilità spaziali (Newcombe & Shipley, 2015); nonostante questo, vi è comunque una mancanza di intesa sulla definizione del termine. Uttal e colleghi (2013), tramite un approccio top-down, hanno sviluppato un sistema di classificazione 2 x 2 (Palmer, 1978; Talmy, 2000; Chatterjee, 2008) mostrato nella figura sottostante.

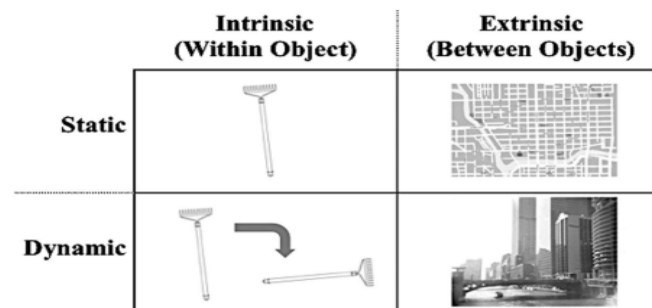


Figure 1. A 2 × 2 classification of spatial skills and examples of each spatial process.

Figura 2: Classificazione delle competenze spaziali nei suoi quattro processi, con relativi esempi (Uttal et al., 2012)

Newcombe e Shipley (2015) definiscono quindi quattro diverse categorie di Abilità Visuo-Spaziali (*Visual-Spatial Abilities, VSA*):

1. Intrinseche-statiche: Percezione degli oggetti. Codificare le caratteristiche spaziali degli oggetti, incluse la loro taglia e la disposizione delle loro parti, ovvero la loro configurazione (cioè identificare gli oggetti come membri di categorie);

2. Intrinseche-dinamiche: Assemblaggio di piccole unità in unità più grandi e rotazione mentale. Trasformare la codifica spaziale degli oggetti, inclusa la rotazione, il sezionamento trasversale, la piegatura, le deformazioni plastiche (ad esempio, per immaginare un qualche stato futuro delle cose);
3. Estrinseche-statiche: Comprensione di concetti spaziali astratti. Codificare la posizione spaziale degli oggetti, relativa ad altri oggetti o ad una cornice di riferimento;
4. Estrinseche-dinamiche: Assunzione di prospettiva. Trasformare le interrelazioni degli oggetti mentre sono in movimento, compreso lo spettatore.

Questa tassonomia rappresenta anche un concetto che la letteratura ha supportato con un'opinione unanime; questa categorizzazione è infatti oggi considerata la struttura teorica basilare per la classificazione delle VSA (Newcombe & Shipley, 2015).

1.1.2 Sviluppo delle Abilità Visuo-Spaziali

Le abilità visuo-spaziali si acquisiscono nella prima infanzia in maniera intuitiva e si sviluppano in vari e differenti modi (Jung et al., 2020). Già a partire dalla scuola materna, i bambini presentano notevoli differenze individuali in queste abilità (Krajewski & Schneider, 2009; Newcombe & Frick, 2010). Studi longitudinali hanno dimostrato la presenza di conseguenze a lungo termine di queste differenze. Ad esempio, la possibilità di prevedere il successo matematico tramite le abilità spaziali e le abilità numeriche di base (Duncan et al., 2007; Krajewski & Schneider, 2009; Verdine et al., 2017). Le quattro categorie di abilità individuate da Newcombe e Shipley (2015) si presenterebbero secondo un preciso ordine: le VSA intrinseche precedentemente alle VSA estrinseche (Newcombe & Huttenlocher, 2006), e le VSA statiche prima delle VSA dinamiche (Okamoto et al., 2015). Lo sviluppo delle VSA intrinseche-dinamiche, infine, è considerato un prerequisito per gestire l'elaborazione visuo-spaziale estrinseca-dinamica (Clements et al, 2004).

Considerando le quattro categorie nella forma di una matrice 2x2, l'idea è che le traiettorie evolutive procederanno in una direzione orizzontale, lungo la dimensione statica-dinamica, e in una direzione verticale, lungo la dimensione intrinseca-estrinseca (Jung et al., 2020). Jung e colleghi (2020) hanno dimostrato questo sviluppo gerarchico osservando che i bambini più grandi sovraperformano i bambini più piccoli nelle categorie delle VSA intrinseche-statiche, intrinseche-dinamiche ed estrinseche-statiche, con abilità estrinseche-statiche delineate come più difficili delle abilità intrinseche-dinamiche, a loro volta più difficili delle intrinseche-statiche. Infine, Uttal e colleghi (2012) identificarono cinque classi di abilità spaziali.

Vi sono altre abilità che rientrano in tali categorie; come la tabella sottostante mostra, gli autori si sono limitati alle cinque presenti perché il loro intento era quello di attuare un sunto della letteratura esistente (Newcombe, 2015).

Table 1
Defining Characteristics of the Outcome Measure Categories and Their Correspondence to Categories Used in Prior Research

Spatial skills described by the 2 × 2 classification	Description	Examples of measures	Linn & Petersen (1985)	Carroll (1993)
Intrinsic and static	Perceiving objects, paths, or spatial configurations amid distracting background information	Embedded Figures tasks, flexibility of closure, mazes	Spatial visualization	Visuospatial perceptual speed
Intrinsic and dynamic	Piecing together objects into more complex configurations, visualizing and mentally transforming objects, often from 2-D to 3-D, or vice versa. Rotating 2-D or 3-D objects	Form Board, Block Design, Paper Folding, Mental Cutting, Mental Rotations Test, Cube Comparison, Purdue Spatial Visualization Test, Card Rotation Test	Spatial visualization, mental rotation	Spatial visualization, spatial relations/speeded rotation
Extrinsic and static	Understanding abstract spatial principles, such as horizontal invariance or verticality	Water-Level, Water Clock, Plumb-Line, Cross-Bar, Rod and Frame Test	Spatial perception	Not included
Extrinsic and dynamic	Visualizing an environment in its entirety from a different position	Piaget's Three Mountains Task, Guilford-Zimmerman spatial orientation	Not included	Not included

Figura 3: Descrizione delle categorie delle competenze spaziali, con le relative prove per la loro misurazione e il confronto con la descrizione di tali categorie nelle ricerche precedenti (Uttal et al., 2012)

1.1.3 Modelli teorici di riferimento

Un gruppo di psicologi cognitivi (Roger Shepard, Lynn Cooper e Stephen Kosslyn) si sono dedicati allo studio delle questioni empiriche e teoriche relative all'elaborazione dell'informazione spaziale. Ora si possiede una teoria abbastanza ben sviluppata delle strutture e dei processi cognitivi sottostanti una vasta gamma di problemi di ragionamento spaziale, inclusi quelli trovati sulla base di test standardizzati (Pellegrino et al., 1984). Kosslyn (1981) ha sviluppato una teoria sull'immaginario mentale, basata sulla nozione che la mente opera tramite rappresentazioni analogiche in cui le proprietà spaziali degli stimoli visivi risiedono in maniera permanente. La teoria distingue tra le strutture e i processi, dove le prime consistono in un buffer visivo o memoria a breve termine e supportano strutture di dati riproducenti l'informazione. Le regioni del buffer corrispondono a sezioni attive di oggetti raffigurati e le relazioni tra queste porzioni fanno riferimento a relazioni fisiche reali tra tali oggetti. La rappresentazione dell'immagine presente nel buffer visivo proviene da input visivi reali o da informazioni classificate nella memoria a lungo termine.

Queste ultime sono relative alle parti, relazioni e forme degli oggetti. L'autore descrive quindi una serie di processi, operanti sul buffer visivo. Il primo è detto *Regenerate* (Rigenerare), un processo principale che si occupa di rinnovare o riattivare le rappresentazioni mentali di un oggetto che si attenuano con il passare del tempo. Oltre a questo, vi sono ulteriori processi chiamati *Rotate*, *Scan*, *Pan*, *Zoom* e *Translate* (Ruotare, Scansione, Panoramica, Ingrandimento, Tradurre) che gestiscono la trasformazione delle rappresentazioni visive. Ognuno comporta una manipolazione della rappresentazione, con la sua conseguente modifica nel buffer visivo. Queste manipolazioni, semplici e complesse, sono centrali quando è necessario prendere decisioni o risolvere problemi. L'elaborazione dell'informazione visuo-spaziale è quindi composta da molti processi di base; questi interagiscono con rappresentazioni composte da vari dettagli e di chiarezza variabile. Questa variabilità coinvolge anche i compiti o le prestazioni e si realizza sulla base di diverse dimensioni, quali il numero e il tipo di processi necessari per ottenere un dato risultato (Pellegrino et al., 1984). Un ultimo fattore di variabilità della prestazione consiste nella competenza con cui certi processi sono eseguiti e quanto sono importanti nella soluzione di diversi problemi. (Pellegrino et al., 1984). Le due dimensioni su cui i sotto-fattori delle abilità spaziali variano sono considerabili come ulteriori ipotesi riguardo le possibili fonti principali delle differenze individuali che si presentano nell'esecuzione dei compiti. L'idea è che le attività semplici di relazione spaziale dovrebbero includere differenze individuali che sono innanzitutto associate alle misure della velocità d'elaborazione; mentre, nelle relazioni spaziali complesse e nei compiti di visualizzazione spaziale, vi dovrebbero essere differenze individuali che indicano la presenza di un contributo maggiore dell'accuratezza d'elaborazione. Anche i modelli che descrivono le prestazioni delle attività dovrebbero riflettere un maggior numero di processi componenti e/o più esecuzioni di processi singoli (Pellegrino et al., 1984).

Un gruppo di studiosi dalla Germania, dal Lussemburgo e dal Regno Unito (Meinhardt et al., 2021) ha indagato lo sviluppo gerarchico delle abilità visuo-spaziali in un campione di bambini dai quattro ai sei anni. Le abilità visuo-spaziali, a prescindere dalla modalità utilizzata per valutarle (carta e matita oppure con tablet), sono concettualizzabili con le stesse tre categorie della tassonomia di Newcombe e Shipley (2015) considerate, ovvero le abilità intrinseche e le abilità estrinseche-statiche. Le prestazioni comportamentali erano più alte per le abilità visuo-spaziali intrinseche-dinamiche, seguite dalle VSA estrinseche-dinamiche e le intrinseche-statiche, per cui le prestazioni comportamentali erano inferiori. Le elevate correlazioni rilevate confermarono lo sviluppo gerarchico delle abilità visuo-spaziali. Considerando poi gli effetti dell'età sulla struttura delle VSA (Mix et al., 2018), questo aspetto porterebbe a ritenere

l'esistenza di processi di sviluppo delle abilità visuo-spaziali. Per quel che riguarda infine i dati comportamentali rispetto ai confronti tra età, per tutte le categorie analizzate nello studio (i più giovani vs i soggetti di età intermedia vs i più grandi), si è notato che i bambini più grandi possiedono prestazioni migliori rispetto ai più giovani, soprattutto nel caso delle abilità visuo-spaziali estrinseche-statiche (Jung et al., 2021).

Infine, Mix e colleghi (2018) analizzarono la classificazione 2x2 delle abilità visuo-spaziali, indagando la prestazione spaziale di studenti della scuola materna, del terzo anno della scuola primaria e del primo anno della scuola secondaria di primo grado. La prestazione è stata esaminata tramite test spaziali (rotazione mentale, memoria di lavoro visuo-spaziale, *figure copying*, *block design*, lettura di mappa, presa di prospettiva e ragionamento proporzionale) e applicando quattro modelli di analisi fattoriale confermativa. Sulla base dei risultati, gli autori hanno considerato la possibilità che la classificazione indagata possa costituire una categorizzazione non del tutto adeguata della struttura della prestazione spaziale (Mix et al., 2018). Per quanto i risultati relativi agli studenti di prima media indicano un andamento contrario alla possibilità di rilevare nuove strutture delle abilità visuo-spaziali successivamente nella vita, Mix e colleghi (2018) hanno spiegato come le competenze spaziali potrebbero differenziarsi ulteriormente con lo sviluppo. La ricerca futura potrebbe quindi portare al riconoscimento di uno sviluppo non-lineare, con l'adolescenza e l'età adulta, verso cui si presentano strutture più differenziate (Mix et al., 2018).

1.2 Abilità Visuo-Motorie

1.2.1 Definizione e Categorizzazione

Le abilità visuo-motorie sono rilevanti nell'esecuzione delle funzioni della vita di ogni giorno. Un ruolo significativo è rappresentato dall'abilità di processare informazioni motorie e la conseguente attuazione di prestazioni motorie efficienti (Niechwiej-Swedo et al., 2019). L'abilità dei bambini di muoversi nello spazio è fondamentale per lo sviluppo della competenza motoria complessa (Bellows et al., 2013). La competenza fino e grosso motoria, nello specifico, risulta essere particolarmente significativa nell'evoluzione delle abilità sociali, cognitive e psicologiche (Brown, 2010; Draper et al. 2012; Kirk & Rhodes, 2011; Wang, 2004). In particolare, le abilità fino motorie sono rilevanti in una serie di attività, quali la calligrafia, la scrittura con la tastiera e il disegno, che richiedono l'utilizzo di piccoli muscoli. Le abilità grosso motorie fanno invece uso dei grandi muscoli e sono coinvolte in azioni quali, ad

esempio, il lanciare e l'afferrare (Liu et al., 2015). L'integrazione visuo-motoria è basata sui processi di Percezione Visiva e Coordinazione motoria (Coetzee et al., 2020). La Percezione Visiva consiste nella modalità di percezione, interpretazione e comprensione degli stimoli visivi (Beery & Buktenica, 1997; Haywood & Getchell, 2009; Wilson & Fasel, 2004). La Coordinazione Motoria, invece, è definita come "l'abilità di coordinare la visione con i movimenti del corpo" (Lane, 2005; Winnick, 2005, p.1), un processo fondamentale nella coordinazione occhio-mano e, più in generale, nelle attività fine motorie (Grissmer et al. 2010; Wilson & Fasel 2004). La percezione motoria, infine, è il risultato dell'integrazione delle informazioni tra lo spazio e il tempo (Dupont et al., 1994; Salzman et al., 1992). Lo sviluppo dell'elaborazione del movimento è spesso studiato usando stimoli di movimento dei punti globali, per misurare l'abilità di integrazione tra elementi puntiformi che si muovono localmente, ottenendo un'impressione generale della direzione o una percezione di forme definite dal contrasto del movimento (Niechwiej-Szwedo et al., 2019).

1.2.2 Sviluppo delle abilità visuo-motorie

La comprensione dei cambiamenti nelle abilità visuo-motorie e nell'elaborazione motoria nel corso dello sviluppo è ancora limitata. Gli studi attuati inizialmente utilizzarono campioni dalle dimensioni piuttosto piccole, valutando i compiti individualmente. Questo ha comportato una forte mancanza nella letteratura su queste abilità e la loro evoluzione nelle varie età degli individui a sviluppo tipico (Niechwiej-Szwedo et al., 2019). Vi è una serie di studi eseguiti con un campione di bambini in età scolare dai quali è derivata la nozione che lo sviluppo del controllo motorio è ottimale quando è associato a:

- una variabilità ristretta all'interno dei modelli di coordinazione articolare (Schneiberg, et al., 2002; Sveistrup et al., 2008);
- una maggior velocità nei movimenti (Bard et al., 1990; Bourgeois & Hay, 2003);
- una ridotta variabilità nella traiettoria manuale e nella forza di presa (Forssberg, et al., 1991; Kutz - Buschbeck et al., 1998);
- un progresso nell'utilizzo dei feedback sensoriali, che consente di sorvegliare la traiettoria che gli arti attuano e, se necessario, modificarla in un movimento corretto mentre lo si sta ancora eseguendo (Fuelscher et al., 2015; King et al., 2012).

Le modifiche appena illustrate fanno ritenere che, nel corso dello sviluppo di ogni individuo, avvenga un mutamento a livello delle strategie di controllo sensomotorio, dove i bambini che hanno meno di sette anni fanno uso di un approccio balistico quando devono attuare i

movimenti; mentre quelli più grandi prediligono una strategia integrata, con processi di feedforward (focalizzarsi sulle azioni future da praticare per ottenere i risultati definiti) e processi di controllo del feedback (Hay et al., 1991; Smyth et al., 2004). Il controllo delle abilità di manipolazione prosegue nel suo sviluppo fino all'adolescenza (Dayanidhi et al., 2013; Fuelscher et al., 2015). L'età di maturazione per la funzione visuo-motoria dell'arto superiore e i sottostanti processi di controllo sensomotorio non è ancora stata stabilita; in particolare, tale età di maturazione è legata alle caratteristiche del compito, per cui i bambini necessitano di più tempo per raggiungere un livello delle prestazioni pari a quello adulto per i compiti con più componenti o in cui sono necessarie la velocità e l'accuratezza (Schneiberg et al., 2002). Per lo studio dello sviluppo visuo-motorio e la valutazione della competenza motoria, diversi compiti relativi all'abilità motoria hanno permesso di identificare le difficoltà di movimento e gli eventuali ritardi nello sviluppo dei bambini di età scolare. Grazie ad un'estesa ricerca si è scoperto che la prestazione attuata con la mano dominante è significativamente più veloce e più accurata di quella con la mano non dominante; questa differenza diminuisce con l'età, per cui gli individui adulti presentano differenze tra le due mani significativamente minori a quelle che si sono trovate nei bambini (Bryden & Roy, 2005). L'età di maturazione, che consente di giungere alle prestazioni tipiche degli adulti, dipende dai parametri degli stimoli spaziali e temporali (Giaschi & Regan, 1997; Meier & Giaschi, 2014, 2017; Parrish et al., 2005; Schrauf et al., 1999). Nel caso specifico della percezione visiva e delle capacità motorie, queste sono caratterizzate da un rapido sviluppo nel corso della prima infanzia; gli individui, in queste fasi della crescita, devono comunque raggiungere un certo livello di maturità delle proprie competenze per essere capaci di leggere, scrivere e contare (Lane, 2005). In particolare, la calligrafia è considerata idonea quando l'individuo giunge ad un adeguato controllo della motricità fine e al possesso delle competenze di integrazione visuo-motoria, un'adeguata pianificazione dei movimenti, il fattore della propriocezione e la Percezione Visiva (VP) (Gabbard, 2008; Payne & Isaacs 2008). Infine, sono richieste anche l'attenzione sostenuta o concentrazione, la coordinazione occhio-mano (Grissmer et al. 2010) e la consapevolezza sensoriale delle dita (Feder & Majnemer 2007).

1.2.3 Modelli di riferimento

Nel cervello vi è una serie di programmi motori che si occupano di coordinare l'esecuzione dei movimenti, mentre gli organi sensoriali forniscono stimoli che permettono la correzione di un movimento nel corso della sua esecuzione.

Questa è conosciuta come la teoria del controllo motorio a circuito chiuso (Adams, 1968), che descrive la possibilità di correggere i movimenti nel corso della loro attuazione, grazie ai dati ottenuti dai *feedback*, a condizione che i movimenti siano abbastanza lenti da poter essere modificati mentre avvengono. Più lungo è il tempo d'esecuzione, maggiormente ampia è l'opportunità di usare i circuiti di controllo motorio basati sul feedback e la comparazione tra la traccia di memoria (il programma motorio ideale) e la traccia percettiva (il programma reale) (Adams 1975). Il movimento può essere corretto anche in tempi successivi, tramite il processo del controllo motorio a circuito aperto. Il programma motorio generalizzato (Schmidt & Wrisberg, 2004) richiama i meccanismi di entrambi i circuiti. Come nel circuito chiuso, questo programma ricorre all'uso congiunto del feedback e della comparazione tra la traccia di memoria e la traccia percettiva; riferendosi al circuito aperto, esso unisce le proprietà innate del programma motorio centralizzato e il superamento del limite di soglia temporale (corrispondente a duecentomila millisecondi) per l'elaborazione della percezione. Il secondo approccio è quello ecologico, secondo cui l'azione è direttamente disponibile, senza dover far uso di strutture mentali prescrittive, in una forma di auto-organizzazione che non necessita dell'utilizzo di un programma motorio (Edelman, 1987). L'approccio si focalizza sull'evoluzione del comportamento dei sistemi complessi, intesi come “un set dove il corpo si muove, composto da molteplici fattori interagenti costituiti dai segmenti corporei” (Raiola, 2017, p. 2241). Infine, la prospettiva dinamica considera l'apprendimento come un processo di costruzione e stabilizzazione di uno stato che non era originariamente incluso nelle dinamiche di coordinamento iniziale del sistema (Raiola, 2017).

Negli ultimi anni si è verificato un approfondimento del sapere relativo all'organizzazione strutturale e funzionale del sistema nervoso; questo ha consentito di andare oltre l'idea del cervello come organo dove l'elaborazione dell'informazione sensoriale è gestita in maniera separata da aree corticali dedicate, verso un modello in cui le informazioni sensoriali e motorie sono interdipendenti (Latash, 2004). Due differenti studi sono rilevanti per la comprensione delle abilità visuo-motorie nel corso dello sviluppo tipico. Il primo è basato su un'intenzione nata da uno studio di Bender (1938), secondo cui l'attività di riproduzione delle figure della Gestalt evidenzia lo sviluppo della percezione visuo-motoria negli individui, tramite relazioni associate all'età cronologica. Lo studio è stato attuato dal professore Scott L. Decker, per valutare i cambiamenti evolutivi nell'abilità visuo-motoria durante l'intero corso della vita. L'indagine è stata attuata in due fasi, la prima con soggetti dai quattro ai sette anni; la seconda con soggetti dagli otto ai 90 anni. I risultati mostrano un rapido sviluppo dell'abilità visuo-motoria durante l'infanzia; questo prosegue nell'adolescenza, per poi stabilizzarsi nell'età

adulta e declinare rapidamente nella tarda età adulta. Come unica eccezione a questo modello, intorno ai 14 anni avverrebbe un leggero declino nello sviluppo delle abilità visuo-motorie e, successivamente, vi sarebbe un “salto” nella crescita (Decker, 2008).

Il secondo studio è stato attuato da Niechwiej-Szwedo e colleghi (2016), per determinare l'effetto dei cambiamenti evolutivi sul controllo visuo-motorio e la percezione motoria, in un campione di bambini e adolescenti a sviluppo tipico, e per valutare l'associazione tra i miglioramenti nella prestazione visuo-motoria e l'elaborazione motoria. Lo studio comprese una serie di compiti: una valutazione delle funzioni visive; un compito di forma definita dal movimento (MD, motion defined), dove il bambino doveva indicare l'orientamento di un rettangolo formato da punti bianchi, in movimento secondo due direzioni diverse; un compito di inserimento di perline, facendo uso della mano dominante; un compito di marcatura dei punti (Tapley & Bryden, 1985), un test carta e matita che richiede velocità, accuratezza e precisione, utilizzando la mano dominante e non dominante. Secondo i risultati ottenuti, i cambiamenti nella percezione si verificano su traiettorie simili, sulla base delle quali la prestazione, nella maggior parte dei compiti, subisce un'interruzione dello sviluppo intorno agli otto-dodici anni di età.

Un confronto con il fattore età ha evidenziato anche che le prestazioni comportamentali, in un preciso dominio, non consentono di prevedere in maniera affidabile la prestazione in un altro ambito. La maturazione del controllo sensomotorio si verificherebbe comunque in maniera specifica al compito; in particolare, alcuni aspetti del controllo *feedforward* presentano un'età di maturazione precedente alle componenti che coinvolgono l'azione di manipolazione dell'oggetto. Questi due ultimi risultati (sulla maturazione del controllo sensomotorio e il controllo *feedforward*) concordano sia con uno studio recente che dimostra che il controllo *feedforward* per l'azione di raggiungimento è maturo nei bambini di sei-otto anni (Simon-Martinez et al., 2018) sia con il principio che la maturazione per le componenti del compito più difficili, o che necessitano maggiore coordinazione, si verifica successivamente (Schneiberg et al., 2002). Il passaggio al controllo *feedforward* si verifica a volte durante il secondo anno di vita (Forssberg et al., 1992), mentre la presa evolve fino all'adolescenza (Dayanidhi et al., 2013). Dai risultati di questo studio non si è potuta ottenere l'età di maturazione per la mano dominante, facendo presumere che questa prestazione è ancora in fase di maturazione durante l'età adolescenziale; difatti essa si estese oltre l'età del bambino più grande testato (16 anni) (Niechwiej-Szwedo et al., 2019). Lavori precedenti hanno indicato che prestazioni di identificazione della lettera di forma definita dal movimento sono mature entro i sette-otto anni di età (Giaschi & Regan, 1997).

Nello studio qui descritto, l'età di maturazione per gli stimoli della forma è stata rilevata tra i sette e gli undici anni (Hayward et al., 2011), un dato determinato sulla base di un'analisi di gruppo sulla prestazione tra gruppi di età alquanto arbitrarie (quattro-sei anni; sette-undici anni; dodici-diciassette anni; adulti). La ricerca attuale estende questi risultati tramite un'analisi di regressione non lineare, con un campione più esteso di bambini e adolescenti. Particolare attenzione deve essere comunque esercitata nel generalizzare le conclusioni ottenute, specialmente nei confronti di compiti differenti da quelli usati in questo studio (Niechwiej-Szwedo et al., 2019).

2. Abilità Fino-Motorie

2.1 Definizione e Categorizzazione

Le abilità fino-motorie (*Fine Motor Skills*, FMS) sono un concetto che è stato studiato da diversi ambiti di studio e lavoro (la terapia occupazionale; psicologia cognitiva, dell'educazione e dello sviluppo; educazione speciale; filosofia; robotica), e sono state associate con un ampio range di definizioni operative (abilità manuali, controllo fino-motorio, competenze fino-motorie, coordinazione occhio-mano, competenze grafo-motorie). Esistono quindi diverse definizioni delle FMS (Fleishman, 1972; Luo et al., 2007; Williams, 1983). Pitchford e colleghi (2016) hanno studiato queste abilità in riferimento alla coordinazione controllata della muscolatura distale di mani e dita, altri autori hanno invece esaminato i sottotipi delle abilità fino-motorie, in particolare la destrezza (Dellatolas et al., 2003) e *in-hand-manipulation* (Pont et al., 2009). Altri autori ancora ricorrono a definizioni operazionali che associano le abilità fino-motorie a compiti specifici, ad esempio la copia di un disegno (Grissmer et al., 2010) o le costruzioni (Cameron et al., 2012). Volendo comunque fare riferimento ad una definizione più specifica, si può richiamare la definizione di Luo e colleghi (2007, p. 596) secondo cui le abilità fino-motorie consisterebbero in "piccoli movimenti muscolari che richiedono una stretta coordinazione occhio-mano". Comparando questa definizione alle altre esistenti, si può notare che essa tiene maggiormente in considerazione l'aspetto della destrezza rispetto a una associazione delle FMS con compiti legati alla velocità (ad es., *tapping*), forse perché i compiti di velocità tendono a mostrare legami più deboli con il linguaggio e competenze cognitive di ordine superiore (Brookman et al., 2013; Martzog, 2015). Le abilità fino motorie nell'infanzia sono importanti per l'esecuzione efficace delle routine giornaliere, ad esempio sono un supporto alle attività di cura personale (Henderson, 1995; Vidoni, 2009), consentendo l'indipendenza sociale dai *caregivers*, e costituiscono la base delle attività ludiche e della manipolazione di giochi od oggetti (Eisert & Lamorey, 1996). Infine, le abilità fino-motorie influenzerebbero l'apprendimento cognitivo (Davis et al., 2011). In particolare, sono state individuate correlazioni positive tra le abilità fino motorie e le abilità cognitive (Dellatolas et al., 2003; Voelcker-Rehage, 2005). Forti connessioni tra gli emisferi cerebrali e il cervelletto comportano competenze fino-motorie più efficaci; ciò si riflette in maniera positiva sull'apprendimento e sulle interazioni sociali (Elison et al., 2013). Nello specifico, riguardo le interazioni sociali, si è rilevato che l'apprendimento e l'allenamento degli schemi motori di base ne favorisce lo sviluppo; le competenze manuali, in particolare,

sembrerebbero essere un fattore importante per le relazioni sociali (Ali Abadi, 2001). Yu e Smith (2013) hanno confermato questo aspetto, indicando l'esistenza di forti relazioni tra le competenze fine motorie, le capacità d'apprendimento e le abilità comunicative. Cho e colleghi (2014), invece, hanno analizzato gli effetti negativi dei problemi motori, in particolare della motricità fine durante l'infanzia. Secondo questi studiosi, tali problemi sono una possibile causa delle difficoltà che si verificano nei contesti sociale e accademico. È noto che i bambini con problemi motori tendono a non partecipare alle attività fisiche, causando problematiche e anche disturbi nella comunicazione sociale, nell'autostima e nelle prestazioni accademiche, nonché alla salute fisica (Cho et al., 2014). Successivamente, diversi autori hanno trovato l'esistenza di correlazioni positive tra le abilità fine-motorie e le abilità cognitive nei bambini prescolari, in attinenza all'idea secondo cui le prime forniscono supporto alle seconde. Davis e colleghi (2011) identificarono le alte correlazioni positive presenti tra la coordinazione occhio-mano e l'elaborazione visiva, mentre Dickens (1978) riferì l'esistenza della correlazione positiva tra la coordinazione occhio-mano e vari fattori delle abilità cognitive. Il risultato venne poi riprodotto in studi successivi (Baedke, 1980; Roebers & Kauer, 2009).

Solan & Mozlin, nel 1986, giunsero alla scoperta di una correlazione positiva tra le abilità fine-motorie e l'intelligenza generale, mentre Smirni & Zappalà (1989) trovarono la presenza di un legame moderato tra abilità manuali, comprensione del discorso e abilità visuo-spaziali. Più recentemente, nel 2003, Dellatolas e colleghi, tramite i risultati ottenuti da un loro studio longitudinale, illustrano il fatto che l'abilità manuale è in grado di prevedere positivamente il funzionamento esecutivo nei suoi singoli aspetti; Steward e colleghi (2007), invece, hanno rilevato l'effetto che l'allenamento della coordinazione occhio-mano, esercitata tramite un corso di almeno sei mesi, ha sull'attenzione. Altri studi (Piek et al., 2008; Schewe, 1977) non sono invece stati in grado di trovare collegamenti di alcun tipo tra le competenze fine motorie e le abilità cognitive, ottenendo risultati opposti a quelli delle ricerche precedenti e mostrando ancora una volta la mancanza di accordo presente nella letteratura. Nonostante questi ultimi risultati contraddittori, considerando le conoscenze complessive sull'argomento, le competenze fine-motorie, tendenzialmente, sembrerebbero comunque essere più frequentemente correlate con le abilità cognitive (Martzog et al., 2012).

2.2 Sviluppo delle Abilità Fino-Motorie

Le abilità fine-motorie e i cambiamenti legati all'età sono stati due aspetti di grande interesse. Gli studiosi si sono concentrati sulle abilità di scrittura a mano, di disegno e di ricalco; tre

capacità il cui studio è ritenuto significativo per la comprensione delle abilità fino motorie. Tra i bambini piccoli, tali abilità sono ancora in via di sviluppo e questo significa che esse sono controllabili diversamente rispetto agli adulti. La scrittura a mano degli adulti è il risultato di una pratica e di una ripetizione di movimenti continua; essa ad un certo punto diventa automatica e per questo richiede un controllo attento minimo (Tucha et al., 2008). Nei bambini, invece, la scrittura a mano non è ancora automatizzata, e soprattutto richiede ancora ulteriori sviluppi e cambiamenti per giungere ad una scrittura a mano più adulta; questo soprattutto per i bambini tra i sette e i dieci anni, che proprio in queste fasce d'età passano da un controllo motorio attuato tramite *feedback* visivi ad un controllo risultato di rappresentazioni motorie stabili (Palmis et al., 2017; Rueckriegel et al., 2008). Per quanto quindi la scrittura a mano è un compito più elaborato rispetto al disegno di forme semplici (Rueckriegel et al., 2008), questa abilità permette comunque di ottenere informazioni rilevanti sulle potenziali differenze della competenza di controllo motorio, in particolare durante le fasi di sviluppo sopramenzionate. Per quel che riguarda invece le abilità di disegno, nei bambini non sono ancora state individuate correlazioni tra queste competenze e quelle di scrittura a mano (Bonoti et al., 2005). Da ciò si deduce la possibilità che, dato che i bambini stanno ancora attraversando il proprio sviluppo, essi presentano una dipendenza diversa, da quella degli adulti, dagli stimoli d'elaborazione interni ed esterni che ricevono per compiere le attività di disegno (Cohen et al., 2021). In particolare, vi sono due fattori che, durante le prime età dello sviluppo, possono influenzare le prestazioni nelle attività di disegno e di ricalco. Il primo fattore riguarda il fatto che bambini di differenti età presentano diversi livelli di abilità, e questi si manifestano tramite diverse prestazioni di ricalco e disegno (Fransen et al., 2014). Il secondo fattore di influenza indica la presenza di diverse maturazioni delle strutture neurali del controllo motorio nelle regioni del sistema nervoso centrale nei bambini; queste maturazioni differenti sono associate a funzioni sempre più avanzate (Toga et al., 2006). Questi significativi cambiamenti di maturazione possono essere riflessi dalle prestazioni di ricalco stesse, che sembrano fare uso di un focus più esterno, il cui utilizzo può essere favorito in bambini più grandi di età (Castaneda & Gray, 2007; Marchant, 2010; Marchant et al., 2007; Wulf, 2007, 2013; Wulf & Lewthwaite, 2010), grazie alla presenza di un modello come il consolidamento di processi automatici, che si formano grazie all'uso abituale. In riferimento alle abilità di disegno e ricalco, Cohen e colleghi (2021) hanno attuato uno studio su compiti che richiedono l'utilizzo di queste abilità, così da valutare lo sviluppo del controllo fino motorio nei bambini che frequentano la scuola primaria. Gli autori hanno attuato un confronto tra l'accuratezza e la velocità di esecuzione di bambini dai sei agli undici anni.

I risultati hanno evidenziato che, a parte gli studenti di classe prima, non vi sono correlazioni tra le competenze nel disegno e nel ricalco, mentre esiste un miglioramento correlato all'età, durante lo sviluppo e per entrambe le attività valutate. Per l'attività di ricalco, vi erano differenze evidenti tra i bambini di seconda e terza, con una competenza maggiore per questi ultimi; mentre per il disegno non vi sono stati miglioramenti significativi delle prestazioni tra classi successive, ma sono stati osservati evidenti miglioramenti delle prestazioni generali con l'età. Questo ha indicato agli autori che il miglioramento dell'abilità nell'attività di disegno può essere più graduale. Per quel che riguarda la velocità nell'esecuzione delle attività, è stata trovata una correlazione elevata tra le due, ma solo dal primo al terzo anno. Le differenze di ricalco erano più evidenti tra gli studenti di seconda e terza elementare. Per il disegno non vi sono invece state differenze significative tra i diversi livelli. A partire dalla terza elementare, vi è stato un aumento delle correlazioni di velocità ed accuratezza, da moderate fino ad alte. La ragione per cui questa tendenza è risultata più evidente dalla terza elementare è perché le prestazioni da ora tendono a diventare più lente per entrambe le attività; con l'età il compromesso velocità-accuratezza si sposta poi verso una maggiore precisione. Per quel che riguarda i bambini di prima elementare, la presenza di una moderata correlazione tra le prestazioni nelle attività di disegno e di ricalco suggerisce uno sviluppo fino motorio ancora troppo immaturo e limitato, per cui non può essere associato ancora a prestazioni diverse sui compiti. Un'influenza proviene anche dal ruolo delle aree cerebrali, come il tratto corticospinale. Questo è rilevante per il movimento, che fino ai dieci anni attraversa ancora un rapido processo di maturazione (Fietzek et al., 2000; Muller et al., 1991).

Anche pensando alla competenza di controllo dell'abilità di scrittura, i bambini dai cinque ai sette anni partono da uno stato caratterizzato dall'incapacità di fare uso dei feedback sensoriali e giungono ad una competenza di controllo motorio basata principalmente sul feedback visivo (Palmis et al., 2017). Facendo riferimento allo studio descritto, quindi, la moderata correlazione tra l'attività di disegno e l'attività di ricalco nei bambini più piccoli poteva essere dovuta alla maggiore dipendenza visiva, tipica dei modelli esecutivi di cui fanno uso alla loro età. Tra i sette e i dieci anni sono attese maggiori differenze dell'abilità di scrittura. Questo è considerato un possibile punto di svolta per una rappresentazione più concreta del movimento motorio (Palmis et al., 2017). Anche in questo caso c'è una relazione con lo sviluppo delle aree cerebrali. I modelli di maturazione regionale evidenziano delle differenze rispetto a questo processo (Toga et al., 2006), per cui le aree cerebrali legate a funzioni più avanzate maturano più tardi, alcune nella tarda adolescenza (Gogtay et al., 2004).

Considerando le aree cerebrali a maturazione tardiva coinvolte nel disegno, queste consentono di comprendere le differenze di miglioramento presenti nelle prestazioni dei due compiti in bambini con differenti età. Questo modello di maturazione è coerente con l'osservazione degli autori che le differenze consecutive di prestazioni di grado per il tracciamento erano maggiori tra la seconda e terza elementare (Cohen et al., 2021).

2.3 Modelli di Riferimento

All'inizio del capitolo, nel definire le abilità fino-motorie, si sono descritte diverse visioni di queste abilità, associandole a funzioni oppure a compiti specifici. Alcuni autori hanno poi ripreso questi aspetti definenti le abilità fino-motorie ed elaborato studi al riguardo. Una parte di questi studi si sono focalizzati sull'aspetto della destrezza.

Nel 2005, Voelcker-Rehage ha scoperto uno stretto legame della destrezza con la discriminazione visiva in individui di quattro e cinque anni, mentre tale risultato è assente nei bambini di sei anni. Davis e colleghi (2011) scoprirono invece che le misure dell'elaborazione visiva si rapportano maggiormente alle abilità grafo-motorie. Uno studio di Smirni e Zappalà (1989) ha invece coinvolto bambini di età prescolare, determinando che la destrezza è legata ad abilità visuo-spaziali ma non alla discriminazione visiva, contrariamente a quanto affermato da Voelcker-Rehage nel 2005. Lehmann e colleghi, invece, nel 2004 intesero verificare l'esistenza di un legame tra una struttura di due compiti motori di destrezza e un compito grafo-motorio e le prestazioni su un compito visuo-spaziale (nello specifico, di rotazione mentale). I risultati non hanno prodotto correlazioni significative.

Altri studi si sono invece rivolti all'analisi del linguaggio e dell'elaborazione concettuale. Smirni e Zappalà (1989), sempre all'interno del loro studio sopra citato, hanno descritto una relazione della destrezza con la conoscenza dei colori, forme e dimensioni di base, ma non con la fluency verbale. Suggate e Stoeger (2014, 2017) hanno invece scoperto relazioni consistenti tra un composto di destrezza più abilità grafo-motorie ed elaborazione lessicale. Uno studio ulteriore è stato invece attuato con bambini dai quattro agli undici anni, producendo il risultato che la conoscenza generale si relaziona con la competenza grafo-motoria ma non con la destrezza (Davis et al., 2011). Questi autori hanno studiato anche il ragionamento, descrivendo una relazione tra di esso e la competenza grafo-motoria nei bambini della scuola elementare. Michel e colleghi (2011) e Wassenberg e colleghi (2005) si focalizzarono sul funzionamento esecutivo. Pitchford e colleghi (2016) descrissero invece relazioni moderate significative tra la competenza fino-motoria e il ragionamento (Block Design) e la velocità di elaborazione.

Tre studi, infine, considerarono la destrezza e l'abilità grafo-motoria, ottenendo come risultato significative relazioni con il ragionamento (Roebbers et al., 2014) e il funzionamento esecutivo (Michel et al., 2011; Roebbers & Kauer, 2009; Roebbers et al., 2014). Gli studi longitudinali che esaminano la relazione tra le abilità fino-motorie e le abilità cognitive in bambini dallo sviluppo tipico sono piuttosto rari. Uno di questi studi aveva l'obiettivo di definire se le competenze fino-motorie generali nella prima infanzia possono predire l'intelligenza generale in bambini dai sei ai dodici anni; il legame risultato tra questi aspetti si è successivamente dissipato (Piek e colleghi, 2008). Uno secondo studio ha misurato la destrezza, le abilità percettive visive, l'intervallo di memoria e la fluenza semantica in individui dai quattro ai sei anni (Dellatolas et al., 2003), i cui risultati mostrarono che la destrezza dei bambini di quattro anni predice la prestazione nei compiti di discriminazione visiva e in un compito di figura incorporata, rispettivamente un anno e due anni dopo; con legami invece assenti con le misure di memoria o di fluenza semantica. L'ultimo studio ha osservato il legame tra una misura di abilità fino-motorie composta da destrezza e abilità grafo-motoria e il ragionamento non verbale e il funzionamento esecutivo in soggetti di cinque e sei anni (Roebbers et al., 2014), ottenendo che le abilità fino-motorie in bambini di cinque anni predicono le abilità fino-motorie e il ragionamento ad un anno di distanza. Aggiungendo il funzionamento esecutivo al modello, questo legame scompare. Alla luce della pluralità di modifiche che interessano il sistema nervoso durante lo sviluppo, appare importante poter contare su test adatti a valutare l'efficienza motoria a differenti età (Cohen et al., 2021). Tra i principali, ricordiamo il Test di Efficienza Motoria Bruininks-Oseretsky (*Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency*, BOT-2; Bruininks & Bruininks, 2005), la Batteria di Valutazione del Movimento per Bambini (*Movement Assessment Battery for Children*, M-ABC 2; Henderson et al., 2007) e il Test di Integrazione Visuo - Motoria (*VisualMotor Integration Test*, VMI; Beery-Buktenica, 1996). Questi strumenti, per quanto siano stati progettati con un orientamento specifico nei confronti di bambini dallo sviluppo tipico e in età scolastica, non escludono ovviamente una loro applicazione con individui che presentano dei disturbi e anche che precedono o che significativamente superano la suddetta età scolastica.

Le attività di disegno e di ricalco, menzionate precedentemente, sono un altro approccio comune utilizzato per la valutazione del controllo fino-motorio (Cohen et al., 2018; Gatouillat et al., 2017; Smits et al., 2018; Sülzenbrück et al., 2011; Vuillermot et al., 2009). Secondo alcuni ricercatori esse si basano su processi di *cueing* esterni o interni in maniera diversa, per cui chi ne fa uso tende a selezionare un processo rispetto all'altro nel compiere le attività. Una differenza significativa tra l'attività di disegno e quella di ricalco è la presenza di un modello

esterno. La presenza di una figura specifica da disegnare consente, a chi esegue l'attività, di dover fare meno affidamento alla sua rappresentazione mentale. La presenza di una sagoma specifica da disegnare permette inoltre di evidenziare, nell'immediato, ogni deviazione da tale modello. Tale modello consente anche di fare uso di un focus esterno, rispetto al movimento realizzato, durante l'esecuzione dell'attività (Marchant, 2010; Wulf, 2007; Wulf & Lewthwaite, 2010). Quando i compiti sono più automatici in natura o relativamente semplici, il chiaro beneficio del focus esterno potrebbe non essere prontamente notato (Wulf, 2013). La mancanza di processi automatici non implica l'uso immediato del focus esterno; ad esempio, in uno studio i partecipanti avevano tutti livelli di competenza differenti; quelli meno qualificati facevano un uso maggiore del focus interno (Castaneda & Gray, 2007). Quando i processi automatici mancano, ad esempio come in persone non esperte, si fa inoltre ricorso ad un controllo più conscio per evitare errori (Kal et al., 2015). Nei bambini piccoli, in cui manca sia un'ancora visiva per l'esecuzione del compito, sia un processo d'esecuzione motoria automatico, l'attenzione si rivolgerebbe ad un focus più interno nelle attività di disegno. Altri fattori possono avere un ruolo causale per la tendenza osservata con i cambiamenti rapidi nell'abilità di ricalco. Uno di questi è il funzionamento delle regioni del cervello, in particolare i gangli della base per i movimenti interni e il cervelletto per quelli esterni (van Donkelaar & Staub, 2000; van Donkelaar et al., 1999), la corteccia motoria supplementare e la corteccia premotoria, la seconda in particolare per i compiti guidati visivamente (Mushiake et al., 1991). Attuando una comparazione dei modelli di attivazione cerebrale, per le attività di disegno e ricalco, si nota che i gangli della base e il cervelletto non attuano una differenziazione delle due attività nella maniera attesa, dove il disegno farebbe uso di aree associate a compiti cognitivamente impegnativi, come l'attenzione e la memoria (Gowen & Miall, 2007). Ritornando al discorso sulla variabilità della produzione del movimento, una nozione importante è quella detta orologio interno, o timer centrale. Questo è un dispositivo multiuso che è "convocato" ogni volta che vi sono informazioni critiche coinvolte nel controllo motorio o nella percezione (Wing & Kristofferson, 1973). Un modello del tempismo del movimento a due livelli è quindi stato proposto da due autori, Wing e Kristofferson (1973). Questo descrive il livello di cronometraggio centrale, sui quali l'orologio interno delinea i ritardi, e il livello dell'implementazione motoria periferica, su cui il sistema motorio periferico esegue successivamente il movimento innescato. Le durate, ovvero gli intervalli di tempo osservato tra le risposte manifeste in un compito motorio a tempo, sono ottenute dai risultati di questi due ipotetici processi. L'idea vorrebbe che il meccanismo dell'orologio centrale, nella produzione dei movimenti complessi, interagisca con strutture superiori.

Gli autori del modello sono noti anche per avere elaborato un metodo che consente di avere due stime separate, una della variabilità del timing centrale, l'altra dei processi delle componenti di implementazione motoria (Wing & Kristofferson, 1973). Modelli gerarchici di controllo esaminano invece forme complesse di sequenziamento dei movimenti fino-motori. La nozione di base è che i processi cognitivi distinti potrebbero costituire la base delle capacità di temporizzazione e di sequenziamento. Krampe e colleghi si sono rivolti allo studio della produzione di movimenti ripetitivi, provando a separare la temporizzazione di basso livello, componenti di sequenziamento di livello superiore e processi di controllo esecutivo.

Per quel che riguarda invece l'influenza delle capacità motorie fini dei bambini sulle capacità cognitive, una prima spiegazione fa riferimento al lavoro di Piaget (1952) e, più recentemente, all'approccio cognitivo di Esther Thelen (2000): vi è un aspetto di coincidenza tra la conoscenza che i bambini hanno degli oggetti parte del loro ambiente e le azioni che possono svolgere con essi (Piaget, 1952). Da ciò deriva il fatto che, grazie alle interazioni di successo con gli oggetti, i bambini possono apprendere le conoscenze sugli oggetti stessi. Diversi studi sostengono questa idea, evidenziando l'esistenza di rappresentazioni cognitive più forti per quegli oggetti con cui il bambino ha avuto elevate esperienze manuali (Holt & Beilock, 2006; Siakaluk et al., 2008). Secondo l'approccio all'elaborazione delle informazioni le capacità fino-motorie del bambino sono un supporto all'apprendimento cognitivo in compiti che richiedono l'attuazione di manipolazioni motorie fini (Martzog et al., 2012). I bambini capaci di manipolare gli oggetti, sia per i compiti d'apprendimento che per le attività di gioco, sapranno focalizzare l'attenzione sulla richiesta cognitiva che il compito pone loro (Case, 1998; Kail & Park, 1990).

Infine, la terza e ultima spiegazione è rappresentata da un meccanismo indiretto che assume variabili motivazionali e affettive come mediatori. I bambini, nella loro quotidianità, eseguono una quantità numerosa di attività che coinvolgono l'uso delle abilità fino-motorie (Marr et al., 2003), per cui è da queste che dipende il successo dei bambini nelle attività stesse. Per questa ragione, tali attività dovrebbero spesso portare a risultati di successo. Maggiori capacità motorie fini dovrebbero portare ad una maggiore fiducia in sé, una maggiore persistenza nei compiti impegnativi e una riduzione dell'ansia, in conclusione migliorando le prestazioni cognitive stesse (Martzog et al., 2012). Questi meccanismi presuppongono che i progressi nello sviluppo cognitivo avvengono grazie alla capacità dei bambini di interagire con successo nell'ambiente. Per quanto le abilità fino motorie contribuiscono a queste interazioni, è ritenuto improbabile che questo presupposto possa essere applicato alla categoria generale delle abilità

fino-motorie. Al contrario, è considerato più plausibile individuare diverse dimensioni delle capacità motorie, caratterizzate da un differente livello di coinvolgimento nelle interazioni ambientali (Martzog et al., 2012). In particolare, attraverso un approccio di analisi fattoriale sono state individuate tre dimensioni centrali delle abilità fino motorie dei bambini, (Baedke, 1980; Fleishman, 1972) correlate alle capacità cognitive (David et al., 2001; Volcker-Rehage, 2005).

L'abilità manuale consente di controllare il dito di una mano per manipolare piccoli oggetti in maniera precisa (Fleishman, 1954; Pehoski, 1995) ed è coinvolta in molte routine quotidiane, sia di uso e gestione dei giocattoli (es, puzzle) sia alla base dell'apprendimento accidentale (es, calcolo di oggetti). Questa abilità supporta le interazioni ambientali, per cui si suppone vi sia una diretta correlazione con le abilità cognitive. La coordinazione occhio-mano consente di eseguire movimenti motori, visivamente guidati, con elevata precisione (Baedke, 1980). Questa abilità riguarda le azioni in cui si deve raggiungere piccoli oggetti, o controllarli in maniera precisa, precedendo la fase di manipolazione. Si ritiene quindi che essa dovrebbe essere più debolmente correlata all'apprendimento cognitivo. La velocità fino-motoria, infine, è la capacità di agire rapidamente su semplici compiti ripetitivi. Essa possiede una struttura semplice ed un orientamento specifico, per cui risulta di scarsa rilevanza rispetto le interazioni oggettuali tipiche, come l'esplorazione delle proprietà fisiche degli oggetti, l'uso di strumenti, la formazione di una costruzione; interazioni gestuali che richiedono azioni più sofisticate, di media o lenta velocità e precisione. Questa dimensione motoria è presente dall'età prescolare e dovrebbe essere debolmente correlata alle capacità cognitive (Martzog et al., 2012).

3. La ricerca

Nella ricerca presente, sono stati selezionati e somministrati una serie di strumenti volti a misurare le abilità visuo-spaziali e le abilità fino-motorie di studenti a sviluppo tipico frequentanti i primi due anni della scuola superiore di primo grado e il primo anno della scuola superiore di secondo grado.

3.1 Obiettivi e ipotesi

L'obiettivo della ricerca è di esaminare le abilità visuo-spaziali per identificare eventuali differenze tra partecipanti di età diverse. In riferimento al tema di questa tesi, l'interesse principale è stato quello di costruire un modello rappresentativo di queste abilità rispetto al campione a sviluppo tipico considerato, con una successiva analisi in termini di differenze di età, creando confronti tra gruppi di studenti di 11, 12 e 14 anni.

La ricerca considera due differenti ipotesi.

Per quanto riguarda le abilità visuo-spaziali, sulla base dello studio di Mix e colleghi (2018), si ipotizza che queste abilità possano evolvere ulteriormente nelle fasi dello sviluppo, per cui si può presentare uno sviluppo non lineare delle abilità visuospatiali, che si intende verificare nel campione qui considerato. Per quanto riguarda le abilità fino-motorie, si ipotizza che, in considerazione delle nozioni contenute nella letteratura (Hay et al., 1991; Smyth et al., 2004), l'abilità di scrittura manuale evolva dallo stato del controllo motorio basato su feedback visivi, per poter comprendere quando tale eventuale punto di svolta si verifica nelle fasce di età considerate da questo studio.

3.2 Partecipanti

La presente ricerca ha coinvolto 87 partecipanti frequentanti classi della scuola secondaria di primo e secondo grado. La Tabella 3.1 descrive la numerosità (complessiva e sulla base del genere) e l'età in mesi (come media e deviazione standard) dei componenti di ogni classe.

Classe Frequentata	N (M:F)	Età in mesi: M (DS)
1 [^] SSPG	30 (17:13)	140.30 (7.18)
2 [^] SSPG	19 (8:11)	151.21 (6.70)
1 [^] SSSG	38 (27:11)	174.45 (3.51)
Campione totale	87 (52:35)	157.60 (5.79)

Tabella 3.1: Caratteristiche principali del campione

3.3 Metodo

La ricerca si compone di due fasi, una fase di screening e una fase sperimentale. Durante la fase di screening sono stati somministrati strumenti volti alla valutazione del Q.I. breve. In particolare, sono state applicate le seguenti prove, presentate nella Tabella 3.2 sottostante:

Fase di screening	Fase sperimentale
Prova di Disegno con i Cubi (DC) della WISC-IV (Wechsler, 2012)	Test Principale del VMI (Beery & Buktenica, 2000)
Prova di Vocabolario (VC) della WISC-IV (Wechsler, 2012)	Test della Percezione Visiva del VMI (Beery & Buktenica, 2000)
	Prova di Rotazione di Animali (Kaltner & Jansen, 2014; Cardillo et al., 2020)
	Prova di scrittura di “le” della BVSCO-3 (Cornoldi et al., 2022)
	Test di Coordinazione Motoria del VMI (Beery & Buktenica, 2000)

Tabella 3.2 Prove applicate nella Fase di screening e sperimentale

3.4 Materiali

3.4.1 Prove di screening

3.4.1.1 QI breve

Le prove di Disegno con i Cubi e di Vocabolario sono state utilizzate per la valutazione del Quoziente Intellettivo (Q.I.) in forma breve (Wechsler, 2012).

La prima prova, denominata Disegno con i Cubi, richiede di realizzare una serie di figure, basandosi su un modello di riferimento, facendo uso di un set di cubi. Le 14 figure da realizzare evolvono di conformazione e dimensione, fino ad arrivare alle ultime quattro che richiedono l'uso di tutti e nove i cubi a disposizione. Una rappresentazione del protocollo di notazione è osservabile con la Figura 3.3.

1. Disegno con i cubi (Limite tempo: vedi item)

Punti di inizio:
 Età 6-7: Item 1
 Età 8-16: Item 3

Amministrazione degli item in ordine inverso:
 Età 8-16: Se il bambino ottiene un punteggio di 0 o 1 in uno dei primi due item somministrati, somministrare gli item precedenti in ordine inverso fino a quando il bambino ottiene due punteggi pieni consecutivi.

Interruzione:
 Dopo 3 errori consecutivi.

Punteggio:
 Item 1-3: 0, 1 o 2 punti
 Item 4-8: 0 o 4 punti
 Item 9-14: 0 punti o l'appropriato punteggio supplementare per la rapidità DCs
 Item 1-3: 0, 1 o 2 punti
 Item 4-14: 0 o 4 punti

Disegno corretto	Metodo presentazione	Limite tempo	Tempo esecuzione	Disegno corretto	Disegno costruito		Punti
6-7 1. Bambino Esaminatore	Modello	30"		S N	Prova 1 	Prova 2 	Prova 2 Prova 1 0 1 2
2.	Modello	45"		S N	Prova 1 	Prova 2 	Prova 2 Prova 1 0 1 2
8-16 3.	Modello e figura	45"		S N	Prova 1 	Prova 2 	Prova 2 Prova 1 0 1 2
4.	Figura	45"		S N			0 4

Figura 3.3 Protocollo della Prova di Disegno con i Cubi della WISC-IV (Wechsler, 2012)

Le figure sono considerate corrette se realizzate nella giusta composizione ed orientamento e all'interno dei tempi stabiliti (45 secondi per gli item dal terzo al quinto, 75 secondi per gli item sei-dieci e 120 secondi per gli item 11-14). Per gli item dal quinto all'ultimo il punteggio è assegnato sulla base del tempo di costruzione impiegato, partendo dai sette punti dati per figure eseguite in dieci secondi, fino a quattro punti per figure eseguite in 31-74 secondi. Dopo tre punteggi consecutivi di zero si interrompe la prova. Se il partecipante ottiene un punteggio di zero in uno dei primi due item, invece, si eseguono gli item precedenti in ordine inverso fino ad avere due punteggi pieni consecutivi. Il calcolo del punteggio totale, infine, si esegue sommando i punteggi assegnati ad ogni item. Questo punteggio totale costituisce il cosiddetto punteggio grezzo. Facendo uso delle tabelle di trasformazione dei punteggi si converte il punteggio grezzo in punteggio ponderato; si guarda la tabella relativa alla fascia d'età dello studente valutato, si cerca il punteggio grezzo all'interno della sua colonna e poi si identifica il punteggio ponderato corrispondente.

La Prova di Vocabolario, invece, consiste nella comunicazione di una serie di termini che il partecipante deve definire. Una rappresentazione del protocollo di notazione di questa prova si può osservare con la Figura 3.4.

6. Vocabolario

Item	Risposta	Punti
Item composti da figure		
1. Macchina		0 1
2. Fiore		0 1
3. Treno		0 1
4. Secchio		0 1
Item verbali		
6-8 → *5. Cappello		0 1 2
*6. Ombrello		0 1 2
9-11 → 7. Orologio		0 1 2
8. Mucca		0 1 2
12-16 → 9. Ladro		0 1 2

Figura 3.4 Protocollo della prova di Vocabolario della WISC-IV (Wechsler, 2012)

La complessità delle parole è in aumento con il proseguire della prova e la definizione può essere data dallo studente usando tutte le conoscenze in suo possesso. Nei casi in cui la risposta data non sia chiara, l'esaminatore deve proseguire l'inchiesta chiedendo specificazioni. Come per la Prova precedente, i primi due item richiedono l'ottenimento di un punteggio pieno, in maniera consecutiva, altrimenti sarà necessario sottoporre gli item precedenti, in ordine inverso, fino a che questo non sarà raggiunto. Per lo scoring finale vi sono delle definizioni standard, per ogni termine, da confrontare con quelle date dagli studenti. A seconda della loro correttezza si assegnano due punti oppure uno, se invece sono scorrette il valore del punteggio è di zero. Per questa prova, il punteggio totale si calcola sommando i punteggi dei singoli item, ottenendo il punteggio grezzo. Questo si converte in punteggio ponderato tramite le tabelle di trasformazione dei punteggi. Guardando la tabella relativa alla fascia d'età dello studente valutato, si cerca il punteggio grezzo calcolato e, nella colonna corrispondente, si identifica il punteggio ponderato. Una volta ottenuto il punteggio ponderato della Prova di Disegno con i Cubi (DC) e della Prova di Vocabolario (VC) (WISC-IV; Wechsler, 2012), la somma di questi due valori risulta nel punteggio che, tramite la tabella di conversione, indica il valore del Q.I.

3.4.2 Prove sperimentali

3.4.2.1 Test di Integrazione Visuo-Motoria (VMI)

Il Test Principale del VMI (autore, anno) è un test della tipologia carta e matita, composto da 27 figure geometriche distribuite su diverse pagine. Il compito chiede di osservare questi modelli e disegnarli nuovamente negli spazi sottostanti.

Un esempio degli item somministrati è osservabile con la Figura 3.5. Il Test si valuta verificando la presenza di una serie di criteri assegnati ad ogni figura. Se questi sono rispettati, si assegna un punto; se invece anche solo uno dei criteri non sussiste o è stato realizzato erroneamente, allora si assegnano zero punti. La valutazione si interrompe con l'assegnazione di tre punteggi consecutivi di zero. Il punteggio totale si calcola sommando i punteggi degli item corretti, ottenendo così il punteggio grezzo. Facendo uso delle tabelle di conversione, si cerca il punteggio grezzo e, incrociando questo valore con il valore degli anni e dei mesi dello studente, si ottiene il punteggio standard relativo. Quest'ultimo consente poi di ottenere i Punti T e i Punti ponderati tramite la Tabella di conversione dei punteggi standard del VMI in percentili ed altri punteggi ponderati.

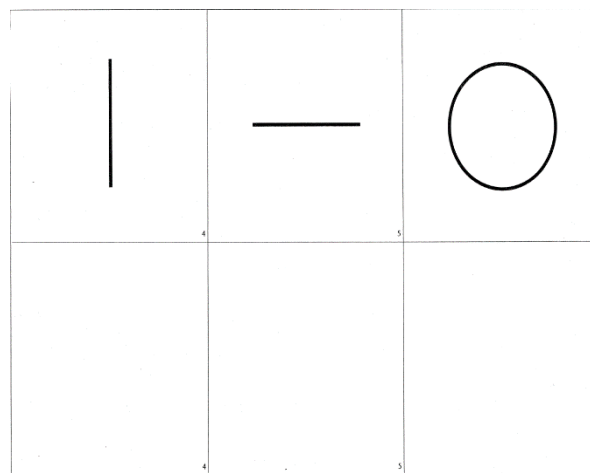


Figura 3.5: Esempi di item del Test Principale del Developmental Test of Visual-Motor Integration (VMI; Beery & Buktenica, 1996)

3.4.2.2 Test della Percezione Visiva (VMI)

Il test della Percezione Visiva (Beery & Buktenica, 2000) consiste invece in una serie di 27 figure, disposte in fila. Ogni modello è rappresentato un diverso numero di volte ma con una differenza rispetto alla sua versione originale (o nell'orientamento oppure nelle parti o nelle proporzioni). Un esempio degli item somministrati è osservabile con la Figura 3.6. In un tempo di realizzazione di tre minuti, allo studente si chiede di identificare e segnare quale, delle versioni alternative del modello, è uguale a quella iniziale. Questo Test si valuta assegnando un punto quando lo studente identificava la figura corretta rispetto al modello, zero punti quando aveva indicato una figura diversa. Il punteggio totale si calcola sommando i punteggi degli item corretti, ottenendo così il punteggio grezzo. Ricorrendo alle tabelle di conversione, si cerca il punteggio grezzo e, incrociando questo valore con il valore degli anni e dei mesi dello studente, si ottiene il punteggio standard relativo. Quest'ultimo consente poi di ottenere

i Punti T e i Punti ponderati tramite la Tabella di conversione dei punteggi standard del VMI in percentili ed altri punteggi ponderati.

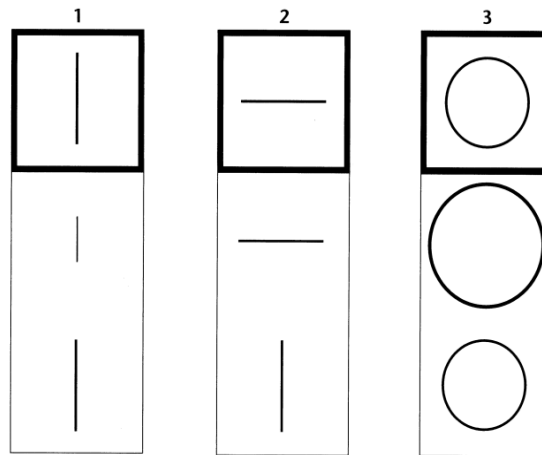


Figura 3.6: Esempi di item del Test Principale del Developmental Test of Visual-Motor Integration (VMI; Berry & Buktenica, 1996)

3.4.2.3 Prova di Rotazione di Animali

La Prova di Rotazione di Animali (adattato da Kaltner & Jansen, 2014; Cardillo et al., 2020) comprende diverse serie di figure, ognuna composta da un modello e sue quattro rappresentazioni, poste successivamente alla figura originale e ognuna con una rotazione differente rispetto ad essa. Un esempio degli item di questa prova è osservabile nella Figura 3.7. L'obiettivo è riconoscere quale di queste rappresentazioni successive presenta la stessa rotazione del modello. La Prova si esegue in un tempo massimo di cinque minuti. La valutazione è attuata assegnando un punto alla risposta esatta e zero alla risposta sbagliata, facendo uso di una griglia di correzione. Una volta che si è assegnato il punteggio ad ogni item, si calcolano gli errori totali e le risposte corrette totali. Si determinano quindi il punteggio totale e la percentuale di accuratezza.

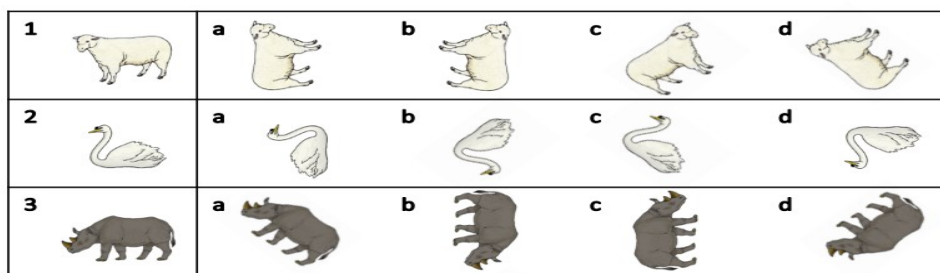


Figura 3.7 Esempi di item della prova di Rotazione Animale (Kaltner & Jansen, 2014; Cardillo et al., 2020)

3.4.2.4 Prova di scrittura di “le” (BVSCO-3)

Rispetto alle Abilità Fino-Motorie, inizialmente è stata somministrata la Prova di scrittura di “le” (Cornoldi et al., 2022). Questa prova permette di valutare la velocità di scrittura e consiste nella scrittura della stessa parola (“le”) in maniera consecutiva e usando lo stile corsivo. Un esempio della prova è osservabile nella Figura 3.8. La valutazione si attua contando i grafemi prodotti correttamente. Il totale dei grafemi costituisce il punteggio totale della prova. Facendo poi uso delle tabelle delle norme si ottiene la media e la deviazione standard, definite per classe. Infine, si ottengono i punti z ricorrendo ad una formula, per cui si sottrae la media al punteggio della prova e quindi si divide il valore ottenuto per la deviazione standard.

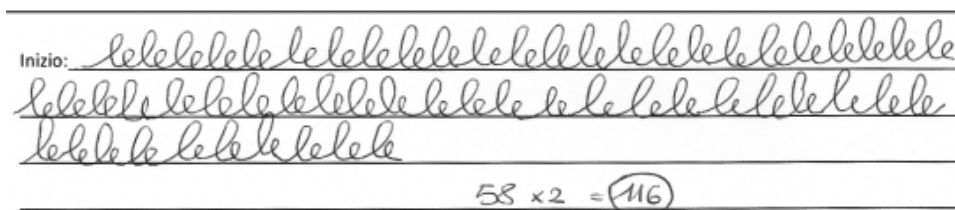


Figura 3.8: Esempio Prova di scrittura di “le” (BVSCO-3; Cornoldi et al., 2022)

3.4.2.5 Test di Coordinazione Motoria (VMI)

Il Test di Coordinazione Motoria (Beery & Buktenica, 2000) è composto invece da una serie di figure geometriche con dei punti all’interno. In un tempo di cinque minuti, lo studente deve realizzare un percorso all’interno di ogni figura, unendo tali puntini. Un esempio del test è osservabile nella Figura 3.9. Ogni item è considerato corretto quando il tratto disegnato non fuoriesce dai bordi. Il tratto interno può essere disgiunto (ovvero non precisamente chiuso) ma il senso del percorso è presente; il tratto può fuoriuscire dai bordi solo quando è effettivamente passato per il punto. Il punteggio totale si calcola sommando i punteggi degli item corretti, ottenendo così il punteggio grezzo. Ricorrendo alle tabelle di conversione, si cerca il punteggio grezzo e, incrociando questo valore con il valore degli anni e dei mesi dello studente, si ottiene il punteggio standard relativo. Quest’ultimo consente poi di ottenere i Punti T e i Punti ponderati tramite la Tabella di conversione dei punteggi standard del VMI in percentili ed altri punteggi ponderati.

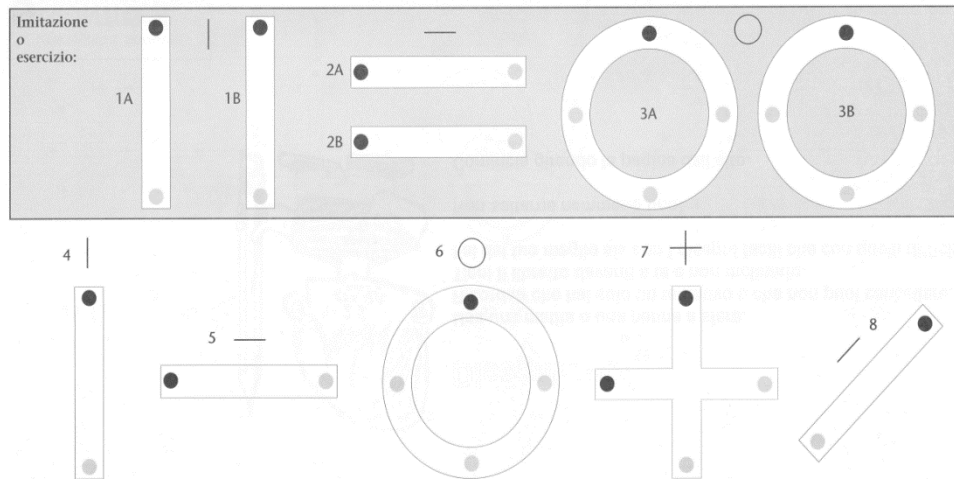


Figura 3.9 Esempi di item del Test di Coordinazione Motoria del VMI (Beery & Buktenica, 1996)

3.5 Procedura

La ricerca si è svolta attraverso diverse fasi. La prima fase ha riguardato l'attuazione dei contatti e la definizione degli accordi con le scuole; successivamente, è avvenuta la raccolta dei partecipanti, tramite la distribuzione dei consensi, e l'organizzazione per la somministrazione delle prove. Questa fase è avvenuta in due momenti, una prima sessione collettiva e una successiva sessione individuale, attuate con ogni scuola, definite sulla base del numero di classi (e di studenti) e gli orari e la disponibilità delle scuole stesse. In particolare, la prima sessione ha avuto carattere collettivo e le prove selezionate sono somministrate a livello di classe, durante un incontro della durata di un'ora per ogni classe. A seguito vi è stata la sessione individuale, durante la quale ogni studente viene chiamato fuori dalla propria classe, per partecipare alle somministrazioni singolarmente, sempre all'interno di un incontro di un'ora. Infine, la fase conclusiva ha compreso l'attuazione dello scoring delle prove, per l'estrazione dei dati, poi esaminati per l'ottenimento dei risultati.

4. I Risultati

Obiettivo del presente lavoro è stato lo studio della Abilità Visuo-Spaziali e delle Abilità Fino-Motorie all'interno di gruppi di partecipanti in età evolutiva con sviluppo tipico. A tal fine, è stato reclutato un campione costituito da studenti frequentanti i primi due anni della scuola secondaria di primo grado (sspg; 1[^]sspg, n = 30; 2[^]sspg, n = 19) e il primo anno della scuola secondaria di secondo grado (sssg, n = 38). Questi studenti hanno partecipato alla somministrazione di una serie di prove, appositamente selezionate in considerazione della loro età e classe frequentata, volte alla valutazione delle abilità visuo-spaziali e fino-motorie. Queste comprendono le prove di screening, le prove visuospaziali e le prove fino-motorie. Per l'attuazione dello screening sono state proposte le prove di Disegno con i Cubi (DC) e di Vocabolario (VC), estratte dalla *Wechsler Intelligence Scale for Children – Fourth Edition* (WISC-IV; Wechsler, 2012). Le prove sulle Abilità Visuo-Spaziali hanno incluso il Test Principale e il Test Visivo costituenti il Beery-Buktenica Developmental Test of Visual-Motor Integration (VMI; Beery & Buktenica, 2000) e la Prova di Rotazione di Animali (Kaltner & Jansen, 2014; Cardillo et al., 2020). Le prove sulle Abilità Fino-Motorie hanno incluso la prova di scrittura di “le”, estratta dalla Batteria per la Valutazione della Competenza della Scrittura e della Competenza Ortografica (BVSCO – 3; Cornoldi et al., 2022), e il Test Motorio del VMI (Beery & Buktenica, 2000).

Considerando le abilità visuo-spaziali si ipotizza che, rispetto alle conclusioni di Mix e colleghi (2018) secondo cui le abilità visuospaziali abbiano la possibilità di evolversi ulteriormente, si presenta uno sviluppo non lineare di queste abilità. Per le abilità fino-motorie, invece, si ipotizza che l'abilità di scrittura manuale evolva dallo stato del controllo motorio basato su feedback visivi, che la letteratura (Hay et al., 1991; Smyth et al., 2004) ha identificato nei bambini delle età precedenti al campione attuale, per poter comprendere quando tale eventuale punto di svolta si verifica nelle fasce di età considerate da questo studio.

A seguito della raccolta dati è stata svolta l'analisi statistica, i cui risultati saranno descritti di seguito.

4.1 Statistiche Descrittive e Analisi della Varianza Univariata (AnoVA) per le variabili di inclusione

4.1.1 Età in mesi

Quando si attua un'analisi quantitativa dei dati, questi vengono riassunti facendo uso delle statistiche descrittive (Shaughnessy et al., 2012). In particolare, la media consente di confrontare i punteggi di diversi gruppi di partecipanti (Keppel et al., 1992). La deviazione

standard, invece, fornisce una misura della dispersione dei punteggi intorno alla media (Shaughnessy et al., 2012). Nella tabella sottostante (Tabella 4.1) sono presentate le statistiche descrittive dei tre livelli scolastici costituenti il campione, divise per la classe frequentata, rispetto alla variabile dell'età in mesi.

Classe frequentata	N (M:F)	Età in mesi
		M (DS)
1 [^] sspg	30 (17:13)	140.300 (7.178)
2 [^] sspg	19 (8:11)	151.211 (6.696)
1 [^] sssg	38 (27:11)	174.447 (3.508)
Campione totale	87 (52:35)	157.598 (5.794)

Tabella 4.1 Statistiche descrittive relative all'età in mesi del campione

4.1.2 QI totale in forma breve

In Tabella 4.2 sono riportate le statistiche descrittive e l'Analisi della Varianza (ANOVA) univariata relative al quali il Q.I. totale in forma breve. L'Analisi della Varianza (Analysis of Variance, ANOVA) è una tecnica di analisi dei dati che consente di verificare ipotesi relative a differenze tra le medie di due o più popolazioni (Keppel et al., 1992). Essa fa uso dei gradi di libertà, del valore F , del p -value e dell'eta parziale al quadrato (η^2_p). I gradi di libertà (*degrees of freedom*, df) consistono nel “numero degli elementi di un insieme che sono in grado di variare liberamente senza essere soggetti a restrizioni” (Keppel et al., 1992, p. 85). Il valore di F è il risultato del rapporto tra la misura della variabilità tra i gruppi e la misura della variabilità entro i gruppi (Keppel et al., 1992). Un valore di F inferiore a 1 indica una mancanza di differenza tra le medie dei diversi gruppi (Barbaranelli, 2007). Il p -value rappresenta la significatività del confronto: valori inferiori a .05 indicano la presenza di differenze significative nelle varianze dei gruppi considerati (Fisher, 1925). Infine, l'eta parziale al quadrato è una misura della dimensione dell'effetto (*effect size*): valori inferiori a .06 indicano un effect size basso, se invece l'eta parziale al quadrato si trova tra il valore di .06 e di .14, esso indica una dimensione dell'effetto moderata; infine, se l'eta parziale al quadrato è superiore al valore di .14 l'effect size è elevato (Barbaranelli, 2017).

Variabile	1 [^] sspg	2 [^] sspg	1 [^] sssg	$F(2,84)$	p	η^2_p
Q.I. totale in forma breve	109.033	106.316	103.658	1.672	0.194	0.038
M (DS)	(12.330)	(14.560)	(10.362)			

Tabella 4.2 Statistiche Descrittive e risultati dell'Analisi della Varianza (ANOVA) per la variabile del Q.I. breve

Per la variabile del Q.I., osservando la Tabella 4.2, relativamente all'Analisi della Varianza, non emerge l'effetto principale del fattore classe, $F(2,84) = 1.672$, $p = .194$, $\eta_p^2 = 0.038$. Non emergono quindi differenze statisticamente significative nei punteggi di Q.I. degli studenti frequentanti anni diversi; dunque, questi sono paragonabili.

4.2 Statistiche Descrittive e Analisi della Varianza Univariata (AnoVA) per le variabili sperimentali

4.2.1 Abilità visuospatiali

In Tabella 4.3 sono presentate le statistiche descrittive e i risultati delle ANOVA condotte prendendo in considerazione misure di abilità visuospatiali.

Prova		1 [^] sspg	2 [^] sspg	1 [^] sssg	$F(2,84)$	p	η_p^2
VMI: test principale	M (DS)	9.414 (1.937)	9.278 (2.906)	8.083 (3.210)	2.275	0.109	0.054
VMI: test visivo	M (DS)	9.448 (2.971)	10.944 (3.115)	9.556 (2.384)	1.917	0.154	0.046
Animal Rotation	M (DS)	0.734 (0.302)	0.744 (0.271)	0.695 (0.323)	0.205	0.815	0.005

Tabella 4.3 Statistiche Descrittive e sintesi dei risultati dell'Analisi della Varianza (ANOVA) per le prove sulle abilità visuospatiali

4.2.1.1 Test di Integrazione Visuo-Motoria (VMI)

Le statistiche descrittive della prova del VMI analizzano la variabile del punteggio ponderato. Per la variabile del VMI, osservando la Tabella 4.3, relativamente all'Analisi della Varianza, non emerge l'effetto principale del fattore classe, $F(2,84) = 2.275$, $p = 0.109$, $\eta_p^2 = 0.054$. Non emergono quindi differenze statisticamente significative nei punteggi degli studenti frequentanti anni diversi; dunque, questi sono paragonabili.

4.2.1.2 Test della Percezione Visiva (VMI)

Per la variabile del Test Visivo, osservando la Tabella 4.3, relativamente all'Analisi della Varianza, non emerge l'effetto principale del fattore classe, $F(2,84) = 1.917$, $p = 0.154$, $\eta_p^2 = 0.046$. Non emergono quindi differenze statisticamente significative nei punteggi degli studenti frequentanti anni diversi; dunque, questi sono paragonabili.

4.2.1.3 Prova della Rotazioni di Animali

Per la variabile della Prova di Rotazione Animale, osservando la Tabella 4.3, relativamente all'Analisi della Varianza, non emerge l'effetto principale del fattore classe, $F(2,84) = 0.205$,

$p = 0.815$, $\eta_p^2 = 0.005$. Non emergono quindi differenze statisticamente significative nei punteggi degli studenti frequentanti anni diversi; dunque, questi sono paragonabili.

4.2.2 Abilità fino-motorie

In Tabella 4.4 sono presentate le statistiche descrittive e i risultati delle ANOVA condotte prendendo in considerazione misure di abilità fino-motorie.

Prova		1 [^] sspg	2 [^] sspg	1 [^] sssg	F (2,84)	p	η_p^2
Prova di scrittura di "le"	M (DS)	-0.280 (0.854)	-1.170 (0.782)	-0.824 (0.934)	6.285	0.003	0.136
VMI: test motorio	M (DS)	8.034 (3.156)	8.333 (3.029)	8.250 (3.093)	0.062	0.940	0.002

Tabella 4.4 Statistiche Descrittive e sintesi dei risultati dell'Analisi della Varianza (ANOVA) per le prove sulle abilità fino-motorie

4.2.2.1 Prova di scrittura di "le"

Per la variabile della Prova di scrittura di "le", osservando la Tabella 4.4, relativamente all'Analisi della Varianza, emerge l'effetto principale del fattore classe, $F(2,84) = 6.285$, $p = 0.003$, $\eta_p^2 = 0.136$. Emergono quindi differenze statisticamente significative nei punteggi di questa prova degli studenti frequentanti anni diversi.

Al fine di capire tra quali classi vi siano queste differenze, è stato condotto un test a coppie di medie secondo il metodo di Bonferroni. I confronti a coppie di medie condotti con il metodo di correzione per confronti multipli Bonferroni hanno mostrato che, a livello della differenza tra le medie ottenute dagli studenti di scuola secondaria di primo grado, questi ultimi studenti presentano una velocità di scrittura inferiore rispetto agli altri confronti tra livelli scolastici esaminati, mentre al livello della differenza tra le medie del primo anno di scuola secondaria di primo grado e di scuola secondaria di secondo grado, gli studenti appartenenti a queste classi presentano una velocità di scrittura superiore rispetto al confronto precedente; infine, al livello della differenza tra le medie del secondo anno di scuola secondaria di primo grado e del primo anno di scuola secondaria di secondo grado, gli studenti appartenenti a queste classi presentano una velocità di scrittura superiore rispetto a tutti i confronti precedenti.

Anno	Differenza Media	SE	T	P_{bonf}
1 [^] sspg – 2 [^] sspg	0.890	0.263	3.388	0.003**
1 [^] sspg – 1 [^] sssg	0.544	0.219	2.489	0.045*
2 [^] sspg – 1 [^] sssg	-0.346	0.253	-1.370	0.524

Tabella 4.5 Test Post-Hoc

4.2.2.2 Test della Coordinazione Motoria (VMI)

Per la variabile del Test di Coordinazione Motoria, osservando la Tabella 4.4, relativamente all'Analisi della Varianza, non emerge l'effetto principale del fattore classe, $F(2,84) = 0.062$, $p = 0.940$, $\eta^2_p = 0.002$. Non emergono quindi differenze statisticamente significative nei punteggi degli studenti frequentanti anni diversi; dunque, questi sono paragonabili.

4.3 Analisi di correlazione

La matrice delle correlazioni di Pearson consente di rilevare l'entità e la direzione della relazione lineare tra due variabili quantitative (co-variazione) (Keppel et al., 1992). Come si può osservare dalla Tabella 4.6, vi è una co-relazione tra il punteggio al test principale del VMI e i subtest Visivo ($r = 0.238$, $p = 0.030$) e Motorio ($r = 0.370$, $p < 0.001$) della stessa batteria. In aggiunta, il VMI principale correla con la prova di prassie ($r = 0.316$, $p = 0.004$). Infine, esiste una co-relazione del test Visivo del VMI con la prova di prassie ($r = 0.241$, $p = 0.028$) e con il subtest Motorio del VMI ($r = 0.300$, $p = 0.006$).

Variabili	VMI: test principale	VMI: test visivo	Rotazione di animali	Prova di "le"	VMI: test motorio
VMI: test principale	-				
VMI: test visivo	0.238*	-			
Rotazione di Animali	0.214	0.158	-		
Prova di "le"	0.316**	0.241*	0.191	-	
VMI: test motorio	0.370***	0.300**	0.150	0.039	-

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Tabella 4.6 Correlazioni di Pearson

5. Discussione dei risultati

Come evidenziato nei capitoli precedenti, la presente ricerca è stata condotta con l'obiettivo di misurare le abilità visuo-spaziali e le abilità fino-motorie, all'interno del contesto scolastico, in studenti dagli undici ai quattordici anni d'età. Rispetto alla ricerca attuale, si sono elaborate due ipotesi. La prima riguarda le abilità visuo-spaziali ed intende verificare l'ipotesi che le conclusioni raggiunte da Mix e colleghi (2018), relative alla possibilità di uno sviluppo ulteriore delle abilità visuo-spaziali, sono osservabili nel nostro campione, analizzando la possibilità di un'evoluzione di tali abilità negli studenti di undici anni (che Mix e colleghi avevano già incluso nel loro campione), e negli studenti degli altri livelli scolastici considerati, in una tendenza di sviluppo non-lineare delle abilità visuo-spaziali. La seconda riguarda invece le abilità fino-motorie ed intende verificare se, rispetto al campione dello studio corrente, l'abilità di scrittura manuale si evolve da un controllo motorio basato su un feedback visivo e quando tale punto di svolta si verifica esattamente all'interno delle tre età del campione (Hay et al., 1991; Smyth et al., 2004).

La ricerca presente ha compreso l'attuazione delle prove di screening, volte alla valutazione del Q.I., tramite la Prova di Disegno con i Cubi e la Prova di Vocabolario della scala *Wechsler Intelligence Scale for Children – Fourth Edition* (WISC-IV; Wechsler, 2012); e delle prove sperimentali, composte da tre prove per indagare le Abilità Visuo-Spaziali, ovvero il Test Principale del VMI e il test della Percezione Visiva (VMI; Beery & Buktenica, 2000) e la Prova di Rotazioni di Animali (Kaltner & Jansen, 2014; Cardillo et al., 2020) e due prove per l'analisi delle Abilità Fino-Motorie, la Prova di scrittura di "le" (BVSCO-3; Cornoldi et al., 2022) e il Test delle Coordinazione Motoria (VMI; Beery & Buktenica, 2000).

Sui dati raccolti da queste prove sono state condotte le statistiche descrittive, l'analisi della varianza univariata (ANOVA) e la correlazione lineare di Pearson.

Nel presente capitolo saranno discussi i risultati alla luce dell'ipotesi di partenza e della letteratura di riferimento.

5.1 Discussione dei risultati

5.1.1 Prove di screening

I risultati delle prove di screening, per la misura del Q.I. breve, sono stati ottenuti dalla Prova di Disegno con i Cubi e dalla Prova di Vocabolario della WISC-IV (Wechsler, 2012). Dall'Analisi della Varianza è risultato che, per questa variabile, non vi è un effetto principale

e non c'è presenza di significatività quindi, rispetto alle ipotesi proposte, si determina che non vi sono effetti del Q.I., per cui si può ritenere che questa variabile non attui alcuna influenza.

5.1.2 Prove visuo-spaziali

Relativamente alle Abilità visuo-spaziali, i risultati sono stati ottenuti dal Test Principale e dal Test della Percezione Visiva del VMI (Beery & Buktenica, 2000) e dalla Prova di Rotazione di Animali (Kaltner & Jansen, 2014; Cardillo et al., 2020). Dall'Analisi della Varianza è risultato che, in queste prove, non vi è un effetto principale e non c'è presenza di significatività. Si ritiene quindi che, relativamente all'evoluzione delle abilità visuo-spaziali nel campione presente, non vi siano evoluzioni significative rispetto a nessuna delle età degli studenti analizzati. L'ipotesi non è quindi confermabile per nessuno dei livelli scolastici considerati. Riprendendo quanto detto da Mix e colleghi (2018), "tuttavia, è possibile che ulteriori ricerche con adolescenti e adulti rivelino un andamento dello sviluppo non lineare in cui strutture più differenziate diventano evidenti nell'età adulta". Il fatto di non aver raggiunto una significatività statistica, che indicasse delle evoluzioni delle abilità visuo-spaziali, non esclude presumibilmente che queste non avvengano durante le età considerate, o successivamente ad esse. Tali evoluzioni non sono state però evidenziate dai risultati della ricerca corrente.

5.1.3 Prove fino-motorie

Relativamente alle Abilità fino-motorie, i risultati sono stati ottenuti dalla Prova di scrittura di "le" della batteria BVSCO-3 (Cornoldi et al., 2022) e dal Test della Coordinazione Motoria del VMI (Beery & Buktenica, 2000). Dall'Analisi della Varianza è risultato che, per il Test della Coordinazione Motoria, non vi è un effetto principale e non c'è presenza di significatività per cui, rispetto all'ipotesi proposta, si determina che la prestazione in questa prova non è influenzata dalla variabile età, operazionalizzata come classe frequentata al momento della somministrazione. Per quel che riguarda invece la Prova di scrittura di "le", dall'Analisi della Varianza risulta la presenza di una significatività statistica dei risultati, per cui si può determinare che la variabile di influenza considerata (la classe frequentata) ha un ruolo nello sviluppo dell'abilità di scrittura a mano; e supporta così l'ipotesi qui indagata che, successivamente alla fascia d'età dai sette ai dieci anni, che la letteratura descrive come periodo in cui l'abilità di scrittura a mano si sviluppa da un controllo motorio basato su feedbacks visivi ad un controllo motorio basato su rappresentazioni motorie stabili (Palmis et al., 2017; Rueckriegel et al., 2008), c'è un proseguimento dello sviluppo di questa abilità. Nello specifico, attraverso i test post-hoc successivamente attuati, osservando le differenze tra medie analizzate,

si può notare un probabile punto di svolta corrispondente alla fascia di sviluppo degli studenti degli anni scolastici di prima e seconda secondaria di primo grado, quindi di undici-dodici anni.

5.2 Implicazioni educative

Rispetto alle abilità visuo-spaziali, il fatto di non essere giunti ad un'evoluzione di queste abilità nella ricerca presente, porta a ritenere che le forme di didattica attuate durante il percorso scolastico precedente vadano stimolate, influenzando così lo sviluppo successivo delle abilità visuo-spaziali. Per esempio, è stato ipotizzato che la capacità di muoversi tra l'elaborazione intrinseca e l'elaborazione estrinseca costituisca un supporto alle prestazioni matematiche (Mix et al., 2018). Queste due forme di elaborazione sono rilevanti però già nell'apprendimento scolastico precedente, come ad esempio con l'elaborazione estrinseca che supporta la formazione del significato dei piccoli numeri e la lettura di equazioni (Mix et al., 2018).

Per quel che riguarda invece la scrittura manuale, avendo determinato uno sviluppo di questa abilità nel nostro campione, si considera rilevante l'attuazione di attività didattiche che siano di supporto alla scrittura, rafforzando sempre di più l'automatizzazione dei movimenti e quindi dell'abilità stessa. Questo soprattutto in considerazione di tutte quelle difficoltà e disturbi derivanti da un limitato controllo fino-motorio che può portare ad una scrittura difficoltosa o a disturbi come la disgrafia (Karlsdottir & Stefansson, 2002), con conseguenze sull'apprendimento.

5.3 Limiti e prospettive future

Per quel che riguarda i limiti dello studio corrente, il campione considerato è di dimensioni piuttosto esigue, sia in considerazione delle età che del numero stesso degli studenti partecipanti, per cui sarebbe opportuno adottare un campione più ampio. Questo consentirebbe di ottenere una comprensione delle abilità analizzate in ulteriori fasce di età oltre a quelle considerate finora dallo studio corrente e dalla letteratura.

Nello specifico, nell'ambito delle abilità visuo-spaziali, vi sono degli aspetti che richiedono considerazione in relazione alla ricerca futura. Il fatto di non aver ottenuto evidenza di variazioni nel nostro campione, rispetto a quello di Mix e colleghi (2018), implica che queste non sono state rilevate tramite gli strumenti e i metodi applicati nella nostra ricerca, e che esse non hanno quindi un'influenza significativa nel riconoscimento della struttura delle abilità visuo-spaziali secondo la classificazione 2x2 che Mix e colleghi avevano indagato. Inoltre, si considera che il fatto di non aver trovato variazioni significative delle abilità visuo-spaziali può indicare la possibilità di una sospensione temporanea della loro evoluzione, che può riprendere anche in età più tardive dello sviluppo. La ricerca futura potrebbe quindi indagare questa

possibile non linearità, esaminando lo sviluppo delle abilità visuo-spaziali oltre ai quattordici anni, in considerazione di quanto Mix e colleghi (2018) stessi hanno espresso quando hanno considerato la possibilità che una differenziazione ulteriore della struttura delle abilità visuo-spaziali risulti nello sviluppo, nello specifico nell'età adulta. Per quel che riguarda le abilità fino-motorie, invece, potrebbe essere utile analizzare l'abilità di scrittura a mano in ulteriori fasce di età e verificare come la competenza varia rispetto a quanto appreso dalla letteratura e definito dai risultati di questo studio. Nello specifico, avendo determinato che la scrittura manuale si evolve ulteriormente dalle fasce di età considerate dalla letteratura, sarebbe rilevante comprendere esattamente lo stato di questa evoluzione e se la competenza di scrittura manuale, da questa fase fino all'età adulta, prosegue secondo un percorso di automatizzazione sempre maggiore e più evidente oppure se vi sono ulteriori punti di svolta significativi. Infine, potrebbe essere interessante riprendere i risultati ottenuti tramite i test post-hoc attuati ed indagare il livello di sviluppo degli studenti di undici e dodici anni, in quanto è ad esso che corrisponde la differenza tra le medie delle tre classi con un valore più elevato e che quindi varrebbe considerare con più attenzione.

Bibliografia

- Adams, J.A. (1971) A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 3(2), 111-115. <https://doi.org/10.1080/00222895.1971.10734898>
- Bard, C., Hay, L., & Fleury, M. (1990). Timing and accuracy of visually directed movements in children: Control of direction and amplitude components. *Journal of Experimental Child Psychology*, 50(1), 102– 118. [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(90\)90034-6](https://doi.org/10.1016/0022-0965(90)90034-6)
- Beery, K.E. & Buktenica, N.A. (1997). The Beery-Buktenica developmental test of visual-motor integration: Administration, scoring and teaching manual, 4th edn., *Modern Curriculum Press*.
- Bender, L. (1938). A visual motor gestalt test and its clinical use. *New York: American Orthopsychiatric Association*, 3.
- Bonoti, F., Vlachos, F., & Metallidou, P. (2005). Writing and drawing performance of school age children. *School Psychology International*, 26(2), 243–255. <https://doi.org/10.1177/0143034305052916>
- Bourgeois, F., & Hay, L. (2003). Information processing and movement optimization during development: Kinematics of cyclical pointing in 5- to 11-year-old children. *Journal of Motor Behavior*, 35(2), 183–195. <https://doi.org/10.1080/00222890309602132>
- Brown, C. G. (2010). Improving fine motor skills in young children: An intervention study. *Educational Psychology in Practice*, 26, 269–278
- Bruininks, R., & Bruininks, B. (2005). Bruininks-Oseretsky test of motor prociency, second edition (BOT-2). *Pearson*.
- Carlson, A. G., Rowe, E., & Curby, T. W. (2013). Disentangling Fine Motor Skills' Relations to Academic Achievement: The Relative Contributions of Visual-Spatial Integration and Visual-Motor Coordination. *The Journal of Genetic Psychology*, 174(5), 514–

533. <https://doi.org/10.1080/00221325.2012.717122>

- Carroll, J.B. (1983). Studying Individual Differences in cognitive abilities: Through and beyond factor analysis. *Individual differences in cognition, 1*, 1-341.
- Chatterjee, A. (2008). The neural organization of spatial thought and language. *Semin. Speech Lang., 29*, 226–238. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1082886>
- Coetzee, D., Pienaar, A. E., & van Wyk, Y. (2020). Relationship between academic achievement, visual-motor integration, gender and socio-economic status: North-West Child Health Integrated with Learning and Development study. *South African Journal of Childhood Education, 10*(1). <https://doi.org/10.4102/sajce.v10i1.646>
- Cohen, E. J., Bravi, R., Bagni, M. A., & Minciocchi, D. (2018). Precision in drawing and tracing tasks: Different measures for different aspects of fine motor control. *Human Movement Science, 61*, 177–188. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.08.004>
- Cohen, E. J., Bravi, R., & Minciocchi, D. (2021). Assessing the Development of Fine Motor Control in Elementary School Children Using Drawing and Tracing Tasks. *Perceptual and Motor Skills, 128*(2), 605–624. <https://doi.org/10.1177/0031512521990358>
- Cornoldi, C., Ferrara, R., & Maria Re, A. (2022). Batteria per la Valutazione della Scrittura e della Competenza Ortografica – terza edizione
- Davis, E.E., Pitchford, N.J., & Limback, E. (2011). The interrelation between cognitive and motor development in typically developing children aged 4-11 years is underpinned by visual processing and fine manual control. *British Journal of Psychology, 102*(3), 569-584
- Dayanidhi, S., Hedberg, A., Valero-Cuevas, F. J., & Forssberg, H. (2013). Developmental improvements in dynamic control of fingertip forces last throughout childhood and into adolescence. *Journal of Neurophysiology, 110*(7), 1583–1592.

<https://doi.org/10.1152/jn.00320.2013>

- Decker, S. L. (2008). Measuring Growth and Decline in Visual-Motor Processes with the Bender-Gestalt Second Edition. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 26(1), 3–15. <https://doi.org/10.1177/0734282907300685>
- Dehghan, L., Mirzakhani, N., Rezaee, M., & Tabatabaee, M. (2017). Research Paper: The Relationship Between Fine Motor Skills and Social Development and Maturation. *Iranian Rehabilitation Journal*, 15(4), 407–414. <https://doi.org/10.29252/nrip.irj.15.4.407>
- Dellatolas, G., de Agostini, M., Curt, F., Kremin, H., Letierce, A., Maccario, J., & Lellouch, J. (2003). Manual skill, hand skill asymmetry, and cognitive performances in young children. *Laterality*, 8, 317–338. doi:10.1080/13576500342000121
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., Pagani, L.S., Feinstein, L., Engel, M., Brooks-Gunn, J., Sexton, H., Duckworth, K., Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, 43 (6), 1428-1446. doi: 10.1037/0012-1649.43.6.1428
- Dupont, P., Orban, G. A., De Bruyn, B., Verbruggen, A., & Mortelmans, L. (1994). Many areas in the human brain respond to visual motion. *Journal of Neurophysiology*, 72(3), 1420–1424. <https://doi.org/10.1152/jn.1994.72.3.1420>
- Feder, K.P. & Majnemer, A., 2007, 'Handwriting development, competency, and intervention', *Developmental Medicine & Child Neurology* 49, 312–317. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.00312.x>
- Fietzek, U. M., Heinen, F., Berweck, S., Maute, S., Hufschmidt, A., Schulte-Monting, J., Lucking, C. H., & Korinthenberg, R. (2000). Development of the corticospinal system and hand motor function: Central conduction times and motor performance tests. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 42(4), 220–227.

<https://doi.org/10.1017/S0012162200000384>

Freksa, C., Barkowsky, T., & Klippel, A. (1999). Spatial symbol systems and spatial cognition: A computer science perspective on perception-based symbol processing.

Behavioral and Brain Sciences, 22, 616-617

Fuelscher, I., Williams, J., & Hyde, C. (2015). Developmental improvements in reaching correction efficiency are associated with an increased ability to represent action

mentally. *Journal of Experimental Child Psychology*, 140, 74–91.

<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.06.013>

Giaschi, D., & Regan, D. (1997). Development of motion-defined figure-ground segregation

in preschool and older children, using a letter-identification task. *Optometry and*

Vision Science: Official Publication of the American Academy of Optometry, 74(9),

761–767.

Grissmer, D.W., Grimm, K.J., Aiyer, S.M., Murrah, W.M., & Steele, J.S. (2010). Fine motor skills and early comprehension of the world: Two new school readiness indicators.

Developmental Psychology, 46, 1008–1017. <https://doi.org/10.1037/a0020104>

Guilford, J.P., Fruchter, B., & Zimmerman, W.S. (1952). Factor Analysis of the Army Air

Forces Shepard Field battery of experimental aptitude tests. *Psychometrika*, 17, 15-68

Guilford, J.P., & Lacey, J.J. (1947). Printed Classification Tests. *AAF Aviation psychology research program reports*, 5.

Haywood, K.M. & Getchell, N.G. (2009). Life span motor development, 5th edn. *Human*

Kinetics.

Hegarty, M., & Waller, D. A. (2005). Individual Differences in Spatial Abilities. *The*

Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking, 121–169.

<https://doi.org/10.1017/CBO9780511610448.005>

Henderson, S., Sugden, D., & Barnett, A. (2007). Movement assessment battery for children

(2nd ed). *Pearson*.

- Holden, M. P., Curby, K. M., Newcombe, N. S., & Shipley, T. F. (2010). A category adjustment approach to memory for spatial location in natural scenes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *36*(3), 590–604. <https://doi.org/10.1037/a0019293>
- Huttenlocher, J., Hedges, L.V., & Vevea, J.L. (2000). Why do categories affect stimulus judgment?. *Journal of Experimental Psychology: General*, *129*, 1-22.
- Jung, S., Meinhardt, A., Braeuning, D., Roesch, S., Cornu, V., Pazouki, T., Schiltz, C., Lonnemann, J., & Moeller, K. (2020). Hierarchical Development of Early Visual-Spatial Abilities – A Taxonomy Based Assessment Using the MaGrid App. *Frontiers in Psychology*, *11*, 871. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00871>
- Kaltner, S., & Jansen, P. (2014). Mental rotation and motor performance in children with developmental dyslexia. *Research in Developmental Disabilities*, *35*(3), 741–754. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.10>.
- Kosslyn, S. M. (1981). The medium and the message in mental imagery: A theory. *Psychological Review*, *88*(1), 46–66. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.88.1.46>
- Krajewski, K., & Schneider, W. (2009). Exploring the impact of phonological awareness, visual-spatial working memory, and preschool quantity-number competencies on mathematics achievement in elementary school: findings from a 3-year longitudinal study. *J. Exp. Child Psychol*, *103*, 516–531. <http://doi.org/10.1016/j.jecp.2009.03.009>
- Krampe, R. T. (2002). Aging, expertise and fine motor movement. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *26*(7), 769–776. [https://doi.org/10.1016/S0149-7634\(02\)00064-7](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(02)00064-7)
- Lane, K.A. (2005). Developing ocular motor and visual perceptual skills: An activity

workbook. *Slack incorporated.*

Linn, M., & Petersen, A. (1985). Emergence and Characterization of Sex Differences in Spatial Ability: A Meta-Analysis. *Child Development, 56*, 1479-1498.

<http://dx.doi.org/10.2307/1130467>

Liu, T., Hoffmann, C., & Hamilton, M. (2017). Motor Skill Performance by Low SES Preschool and Typically Developing Children on the PDMS-2. *Early Childhood Education Journal, 45*(1), 53–60. <https://doi.org/10.1007/s10643-015-0755-9>

Lohman, D.F. (1979) Spatial Ability: review and Reanalysis of the correlational literature. *Technical Report, 8.*

Luo, Z., Jose, P. E., Huntsinger, C. S., & Pigott, T. D. (2007). Fine motor skills and mathematics achievement in east asian american and european american kindergartners and first graders. *British Journal of Developmental Psychology, 25*, 595–614. doi:10.1348/026151007X185329

Marchant, D. C. (2010). Attentional focusing instructions and force production. *Frontiers in Psychology, 1*, 210. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2010.00210>

Martzog, P. (2015). Fine motor skills and cognitive development in preschool children. *Marburg, Germany: Tectum.*

Martzog, P., Chen, W., Stoeger, H., Shi, J., & Ziegler, A. (2012). Specifying Relations Between Fine Motor Skills and Cognitive Abilities: A Cross-Cultural Study. *Talent Development and Excellence, 135-154.*

Martzog, P., Stoeger, H., & Suggate, S. (2019). Relations between Preschool Children's Fine Motor Skills and General Cognitive Abilities. *Journal of Cognition and Development, 20*(4), 443–465. <https://doi.org/10.1080/15248372.2019.1607862>

McGee, M.G. (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal and neurological influences. *Psychological Bulletin, 86*, 889-918

- McGlanash, H.L, Blanchard, C.C.V., Sycamore, N.J., Lee, R., French, B., Holmes, N.P. (2017). Improvement in children's fine motor skills following a computerized typing intervention. *Human Movement Science, 56*, 29-36.
<https://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2017.10.013>
- Meier, K., & Giaschi, D. (2017). Effect of spatial and temporal stimulus parameters on the maturation of global motion perception. *Vision Research, 135*, 1–9.
<https://doi.org/10.1016/j.visres.2017.04.004>
- Meinhardt, A., Braeuning, D., Hasselhorn, M., Lonnemann, J., Moeller, K., Pazouki, T., Schiltz, C., & Jung, S. (2021). The development of early visual-spatial abilities – considering effects of test mode. *Cognitive Development, 60*, 101092.
<https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2021.101092>
- Mix, K. S., Hambrick, D. Z., Satyam, V. R., Burgoyne, A. P., & Levine, S. C. (2018). The latent structure of spatial skill: A test of the 2 × 2 typology. *Cognition, 180*, 268–278.
<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2018.07.012>
- Mix, K. S., Levine, S. C., Cheng, Y.L., Young, C., Hambrick, D. Z., Ping, R., Konstantopoulos, S. (2016). Separate but correlated: the latent structure of space and mathematics across development. *J. Exp. Psychol., 145*, 1206–1227.
<https://doi.org/10.1037/xge0000182>
- Mumaw, R. J., Pellegrino, J. W., Kail, R. V., & Carter, P. (1984). Different slopes for different folks: Process analysis of spatial aptitude. *Memory & Cognition, 12*(5), 515–521. <https://doi.org/10.3758/BF03198314>
- Newcombe, N. S., and Frick, A. (2010). Early education for spatial intelligence: why, what, and how. *Mind Brain Education, 4*, 102–111. <https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2010.01089.x>
- Newcombe, N. S., & Huttenlocher, J. (2006). Development of spatial cognition. *Handbook of*

Child Psychology.

- Newcombe, N. S., & Shipley, T. F. (2015). Thinking About Spatial Thinking: New Typology, New Assessments. *Studying Visual and Spatial Reasoning for Design Creativity*, 179–192. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9297-4_10
- Niechwiej-Szwedo, E., Meier, K., Christian, L., Nouredanesh, M., Tung, J., Bryden, P., & Giaschi, D. (2020). Concurrent maturation of visuomotor skills and motion perception in typically-developing children and adolescents. *Developmental Psychobiology*, 62(3), 353–367. <https://doi.org/10.1002/dev.21931>
- Palmis, S., Danna, J., Velay, J.-L., & Longcamp, M. (2017). Motor control of handwriting in the developing brain: A review. *Cognitive Neuropsychology*, 34(3-4), 187–204. <https://doi.org/10.1080/02643294.2017.1367654>
- Pellegrino, J. W., Alderton, D. L., & Shute, V. J. (1984). Understanding Spatial Ability. *Educational Psychologist*, 19(3), 239-253. <https://doi.org/10.1080/00461528409529300>
- Piaget, J. (1952). The origins of intelligence in children. *International University Press*. <https://doi.org/10.1037/11494-000>
- Piek, J.P., Dawson, L., Smith, L.B., & Gasson, N. (2008). The role of early fine and gross motor development on later motor and cognitive ability. *Human Movement Science*, 27, 668-681.
- Pitchford, N. J., Papini, C., Outhwaite, L. A., & Gulliford, A. (2016). Fine motor skills predict maths ability better than they predict reading ability in the early primary school years. *Frontiers in Psychology*, 7, 783–800. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00783>
- Raiola, G. (2017). Motor learning and teaching method. *Journal of Physical Education and Sport*, 236(5), 2239-2243. <https://doi.org/10.7752/jpes.2017.s5236>

- Roebbers, C. M., Röthlisberger, M., Neuenschwander, R., Cimeli, P., Michel, E., & Jäger, K. (2014). The relation between cognitive and motor performance and their relevance for children's transition to school: A latent variable approach. *Human Movement Science, 33*, 284–297. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2013.08.011>
- Rueckriegel, S. M., Blankenburg, F., Burghardt, R., Ehrlich, S., Henze, G., Mergl, R., & Hernaiz Driever, P. (2008). Influence of age and movement complexity on kinematic hand movement parameters in childhood and adolescence. *International Journal of Developmental Neuroscience, 26*(7), 655–663. <https://doi.org/10.1016/j.ijdevneu.2008.07.015>
- Schneiberg, S., Sveistrup, H., McFadyen, B., McKinley, P., & Levin, M. F. (2002). The development of coordination for reach-to-grasp movements in children. *Experimental Brain Research, 146*(2), 142–154. <https://doi.org/10.1007/s00221-002-1156-z>
- Smirni, P., & Zappalà, G. (1989). Manual behaviour, lateralization of manual skills and cognitive performance of preschool children. *Perceptual and Motor Skills, 68*, 267–272.
- Smith, I. M. (1964). Spatial Ability: Its Educational and Social Significance. *University of London Press, 422*, 5-408.
- Smits, E. J., Tolonen, A. J., Cluitmans, L., van Gils, M., Zietsma, R. C., Tijssen, M. A. J., & Maurits, N. M. (2018). Reproducibility of standardized fine motor control tasks and age effects in healthy adults. *Measurement, 114*, 177–184. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.09.011>
- Smyth, M. M., Peacock, K. A., & Katamba, J. (2004). The role of sight of the hand in the development of prehension in childhood. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 57A*(2), 269–296. <https://doi.org/10.1080/02724980343000215>
- Solan, H.A., Mozlin, R. (1986). The correlations of perceptual-motor maturation to readiness

- and reading in kindergarten and the primary grades. *Journal of the American Optometric Association*, 57, 28-35
- Suggate, S., & Stoeger, H. (2014). Do nimble hands make for nimble lexicons? Fine motor skills predict knowledge of embodied vocabulary items. *First Language*, 34, 244–261. <https://doi.org/10.1177/0142723714535768>
- Suggate, S., & Stoeger, H. (2017). Fine motor skills enhance lexical processing of embodied vocabulary: A test of the nimble-hands, nimble-minds hypothesis. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 70, 2169–2187. <https://doi.org/10.1080/17470218.2016.1227344>
- Suggate, S., Stoeger, H., & Fischer, U. (2017). Finger-Based Numerical Skills Link Fine Motor Skills to Numerical Development in Preschoolers. *Perceptual and Motor Skills*, 124(6), 1085–1106. <https://doi.org/10.1177/0031512517727405>
- Sulzenbruck, S., Hegele, M., Rinkenauer, G., & Heuer, H. (2011). The death of handwriting: Secondary effects of frequent computer use on basic motor skills. *Journal of Motor Behavior*, 43(3), 247–251. <https://doi.org/10.1080/00222895.2011.571727>
- Tapley, S. M., & Bryden, M. P. (1985). A group test for the assessment of performance between the hands. *Neuropsychologia*, 23(2), 215–262
- Thelen, E. (200). Grounded in the World: Developmental Origins of the Embodied Mind. *Infancy*, 1(1), 3-28
- Thurstone, L.L. (1947). Multiple factor analysis. *University of Chicago Press*.
- Tucha, O., Tucha, L., & Lange, K. W. (2008). Graphonomics, automaticity and handwriting assessment. *Literacy*, 42(3), 145–155. <https://doi.org/10.1111/j.1741-4369.2008.00494.x>
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of

- training studies. *Psychological Bulletin*, 139(2), 352–402.
<https://doi.org/10.1037/a0028446>
- van Donkelaar, P., & Staub, J. (2000). Eye-hand coordination to visual versus remembered targets. *Experimental Brain Research*, 133(3), 414–418. <https://doi.org/10.1007/s002210000422>
- Verdine, B. N., Golinkoff, R. M., Hirsh-Pasek, K., & Newcombe, N. (2017). Links between spatial and mathematical skills across the preschool years. *Soc. Res. Child Dev. Monogr.*, 82, 1–150
- Vidoni, E.D., McCarley, J.S., Edwards, J.D., Boyd, L.A. (2009). Manual and oculomotor performance develop contemporaneously but independently during continuous tracking. *Experimental Brain Research*, 195(4):611–20.
<https://doi.org/10.1007/s00221-009-1833-2>
- Voelcker-Rehage, C. (2005). Association of motor and cognitive development in young children – A partial result of the MODALIS-study. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 56, 358-359
- Vuillermot, S., Pescatore, A., Holper, L., Kiper, D. C., & Eng, K. (2009). An extended drawing test for the assessment of arm and hand function with a performance invariant for healthy subjects. *Journal of Neuroscience Methods*, 177(2), 452–460.
<https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2008.10.018>
- Wang, L., Krasich, K., Bel-Bahar, T., Hughes, L., Mitroff, S. R., & Appelbaum, L. G. (2015). Mapping the structure of perceptual and visual–motor abilities in healthy young adults. *Acta Psychologica*, 157, 74–84. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2015.02.005>
- Wechsler, D. (2012). Wechsler Intelligence Scale for Children – Fourth Edition
- Williams, H. G. (1983). Perceptual and motor development. *Englewood Cliffs: Michigan, USA: Prentice Hall*

- Wing, A.M., & Kristofferson, A.B. (1973). Response delays and the timing of discrete motor responses. *Percept Psychophys*, *14*, 5–12.
- Wulf, G. (2013). Attentional focus and motor learning: A review of 15 years. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, *6*(1), 77–104. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2012.723728>
- Wulf, G., & Lewthwaite, R. (2010). Effortless motor learning?: An external focus of attention enhances movement effectiveness and efficiency. *Effortless attention: A new perspective in the cognitive science of attention and action*, 75–101. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9780262013840.003.0004>
- Yu, C., Smith, L.B. (2013). Joint Attention without Gaze following: Human infants and their parents coordinate visual attention to objects through eye-hand coordination. *PLoS ONE*, *8*(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079659>
- Zimmerman, W.S. (1953). A revised orthogonal rotational solution for Thurstone's original primary mental abilities test battery. *Psychometrika*, *18*, 77-93