

Giochi a supporto dello sviluppo delle abilità visuospatiali

Playing games to support the development of visuospatial abilities

Laura Freina* and Rosa Bottino

Institute for Educational Technology, National Research Council, Genova, Italy, freina@itd.cnr.it, bottino@itd.cnr.it

* corresponding author

HOW TO CITE Freina, L., & Bottino, R. (2019). Giochi a supporto dello sviluppo delle abilità visuospatiali. *Italian Journal of Educational Technology*, 27(2), 91-104. doi: 10.17471/2499-4324/1058

SOMMARIO Si presenta un esperimento nel quale vengono utilizzati svariati giochi digitali a sostegno dello sviluppo delle abilità visuospatiali negli studenti degli ultimi due anni della scuola primaria. L'esperimento si colloca in una linea di ricerca che indaga l'utilizzo di giochi digitali non specificatamente realizzati per scopi educativi per favorire il potenziamento di alcune abilità di base per la matematica e le materie scientifiche. Secondo l'ipotesi di partenza, un miglioramento delle abilità visuospatiali avrebbe dovuto influenzare positivamente i risultati scolastici in matematica, misurati con un test standardizzato sulla popolazione italiana in età scolare. I risultati ottenuti confermano l'ipotesi iniziale: gli studenti che hanno seguito le attività di gioco hanno ottenuto risultati statisticamente migliori rispetto a coloro che hanno, invece, seguito il normale corso scolastico. L'esperimento ha anche fornito indicazioni per orientare la ricerca futura, evidenziando un maggior coinvolgimento ed interesse dei ragazzi nelle attività più creative, che lasciavano loro maggior libertà.

PAROLE CHIAVE Giochi per l'Apprendimento; Pensiero Logico; Abilità Visuospatiali; Educazione Scientifica; Giochi Digitali.

ABSTRACT An experiment is presented in which several digital entertainment games were selected and used with primary school students to foster the development of visuospatial skills. The experiment is part of a research strand investigating whether and how game-based activities foster basic skills needed for STEM studies. According to our initial hypothesis, training visuospatial skills via digital gameplay should have a positive impact on the students' school results in math, measured with a standardised test. Results confirmed the hypothesis: students who systematically played the games as part of their school activities reached statistically better results in maths when compared to others from the same school who simply followed the normal school activities. The project has also yielded indications for future research, showing that students are much more interested and involved in those activities that are more creative and leave them more freedom.

KEYWORDS Game-Based Learning; Logical Thinking; Visuospatial Abilities; Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Education; Digital Games.

1. INTRODUZIONE

Svariati studi (Li & Geary, 2017; Uttal et al., 2013) hanno dimostrato che vi è una forte correlazione tra le abilità visuospatiali e le prestazioni scolastiche in matematica e in ambito scientifico, in particolare, Wai, Lubinski e Benbow (2009) riportano dati di ricerche che si estendono su un periodo temporale di svariati decenni riconoscendo un ruolo chiave di queste abilità. Coloro che hanno buone abilità visuospatiali tendono più facilmente a scegliere studi matematici o scientifici e, successivamente, a lavorare in tali ambiti (Sinclair & Bruce, 2015; Carlisle, Tyson, & Nieswandt, 2015; Uttal & Cohen, 2012). Secondo Newcombe (1989), lo sviluppo di queste abilità avverrebbe nei primi anni della scuola primaria, inoltre, Li e Geary (2017) sostengono che l'influenza positiva delle abilità visuospatiali diventa ancora più importante negli anni successivi. Nonostante vi siano grandi differenze individuali nelle abilità visuospatiali, Uttal et al. (2013) hanno dimostrato che tali abilità migliorano con l'esercizio e il miglioramento dura nel tempo.

Newcombe e Frick (2010) sono favorevoli all'introduzione di interventi mirati alle abilità visuospatiali nell'educazione formale in quanto potrebbero anche ridurre le differenze di genere e socioeconomiche, favorendo la piena partecipazione alla società tecnologica. Questi autori riportano alcuni studi secondo i quali le abilità visuospatiali continuano a svilupparsi durante tutta l'infanzia, quindi interventi che coprono un ampio ventaglio di età potrebbero avere un'influenza positiva sullo sviluppo cognitivo dei bambini.

In questo contributo si presenta "A me gli occhi", un progetto volto a verificare sperimentalmente quanto un training delle abilità visuospatiali per alunni della scuola primaria influenzi positivamente i loro risultati scolastici in matematica.

Il progetto nasce da una linea di ricerca dell'Istituto per le Tecnologie Didattiche del CNR di Genova che riguarda il potenziamento di alcune abilità logico-matematiche di base attraverso l'uso di giochi digitali non specificatamente realizzati per scopi educativi. Tra le abilità di base analizzate si trovano il ragionamento logico, il pensiero strategico e la capacità nella risoluzione di problemi, che sono alla base dell'apprendimento delle materie disciplinari, in particolare quelle scientifiche, in età scolare (Bottino & Ott, 2006; Bottino, Ott & Tavella, 2014; Bottino, Caponetto, Ott, & Tavella, 2016). In linea con questa linea di ricerca, il training delle abilità visuospatiali si è basato prevalentemente sull'utilizzo di giochi.

La stretta correlazione tra il gioco e l'apprendimento, specialmente nell'infanzia, è stata analizzata da molti studiosi, basti pensare ai lavori di Piaget (1952), Vygotsky (1980) e tanti altri. Oggi, nello studiare i giochi e la loro influenza sull'apprendimento, è necessario prendere in considerazione anche i giochi digitali (Bottino, Caponetto, Ott, & Tavella, 2015). Granic, Lobel ed Engels (2014) identificano quattro tipi di impatto positivo che i giochi digitali possono avere sui bambini: cognitivi, motivazionali, emotivi e sociali. In particolare, riportano svariati studi nei quali viene analizzato l'effetto di giochi "sparatutto" sulle abilità visuospatiali in generale. Secondo questi studi, tali abilità migliorano già dopo un periodo breve di esposizione al gioco e tale effetto dura nel tempo e si trasferisce a compiti in contesti diversi da quello del videogioco. In questo contributo, dopo una breve introduzione sulle abilità visuo-spaziali, si riportano i risultati di uno studio precedente che ha determinato alcuni criteri per la scelta dei giochi. Si descrive, quindi, il progetto "A me gli occhi", analizzando l'organizzazione delle attività svolte, le modalità di raccolta dei dati e di valutazione delle abilità matematiche dei partecipanti, l'analisi dei dati che è stata effettuata, discutendo i risultati ottenuti. Infine, si prefigurano le possibili prosecuzioni di questa linea di ricerca, e si fa breve menzione delle attività attualmente in corso.

2. UNO STUDIO SULLA REALTÀ VIRTUALE IMMERSIVA

2.1. *Abilità visuospatiali*

Non esiste una definizione unica e globalmente accettata di “abilità visuospatiali” (Bednarz & Lee, 2011), molti ricercatori fanno riferimento alla capacità di orientarsi nello spazio, di immaginare una mappa partendo dalla sua descrizione verbale, di immaginare un oggetto non fisicamente presente, muoverlo e ruotarlo mentalmente, ecc. Oltre alla percezione degli oggetti che ci circondano e alla loro organizzazione in una scena coerente, anche la memoria di lavoro ha un ruolo importante (Baddley & Hitch, 1974).

Tra le diverse capacità messe in relazione con le abilità visuospatiali, troviamo la capacità di immaginare che aspetto abbia il mondo fisico quando visto da un punto di vista diverso dal proprio (SPT - Spatial Perspective Taking). Secondo Newcombe e Frick (2010), la SPT è l’abilità di identificare correttamente la posizione e la rotazione di una persona nello spazio e di comprendere come la sua prospettiva sia diversa dalla propria. Per far ciò, è necessario immaginarsi nella posizione occupata dall’altro e ricomporre ciò che si vede da quella posizione attraverso la ricostruzione mentale dell’immagine degli oggetti presenti nella scena e della loro posizione reciproca.

Secondo Kessler e Rutherford (2010), nonostante si tratti di una trasformazione puramente astratta di ciò che viene percepito, la SPT si basa sulla rappresentazione propriocettiva del corpo, coinvolgendo direttamente quegli aspetti cognitivi preposti al movimento nello spazio: è, cioè una abilità “embodied”. Tale caratteristica è stata confermata da Surtees, Apperly e Samson (2013), i quali hanno dimostrato che, per comprendere il punto di vista di un altro individuo, le persone immaginano di muoversi nella posizione dell’altro per poi ricostruire la scena da quel punto di vista.

2.2. *La realtà virtuale immersiva*

Un mondo virtuale è un ambiente artificiale costruito con mezzi elettronici, che viene percepito attraverso stimoli sensoriali, col quale è possibile interagire in modo “naturale”. I mondi virtuali sono definiti “immersivi” quando, attraverso l’uso di tecnologie specifiche, circondano il fruitore di stimoli che vengono percepiti come se appartenessero ad un mondo reale, creando così l’impressione di essere fisicamente presenti (Jennet et al., 2008). Il fruitore tende a dimenticare il mondo reale immergendosi nel virtuale come se fosse un mondo vero che lo coinvolge in un’esperienza fisica.

Secondo Rose, Attree, Brooks, Parslow, e Penn (2000), l’apprendimento in un ambiente virtuale favorisce il trasferimento delle capacità apprese ad altri ambienti o situazioni, proprio perché il cervello riconosce il mondo virtuale come se fosse reale. Inoltre, l’agire immersi in un mondo virtuale permette all’utente di muoversi in modo naturale, favorendo le modalità di apprendimento cinestesiche.

Nonostante l’immersione sia considerata una caratteristica importante nell’ambito della realtà virtuale, è possibile immaginare un mondo virtuale non immersivo, questo accade quando il fruitore interagisce con un mondo tridimensionale che può manipolare attraverso l’uso di interfacce tradizionali: schermo, tastiera, mouse, ecc.

2.3. *Impatto dell’immersione sulle abilità visuospatiali*

Data la caratteristica “embodied” di alcune abilità visuospatiali, ci si è chiesti se lavorare in un ambiente di realtà virtuale immersiva avrebbe influenzato positivamente i risultati in un compito visuospatiali. A tale scopo, si è organizzato un breve studio, coinvolgendo un centinaio di studenti delle classi terze e quarte di una scuola primaria, volto a verificare l’impatto dell’immersione sulle performance in un gioco basato sulla SPT e sul conseguente miglioramento dell’abilità stessa.

In questo studio è stato utilizzato “In Your Eyes”, un gioco che richiede che il giocatore individui, tra quattro immagini, quella che mostra la scena che gli sta di fronte da un punto di vista diverso dal proprio. Il gioco è stato realizzato con diversi livelli di immersione in un mondo virtuale.

I risultati indicano che l’immersione in quanto tale non ha un’influenza statisticamente significativa sulle prestazioni in un compito visuospatiale, ma la possibilità di interagire con il mondo virtuale muovendosi liberamente nell’ambiente di gioco influenza positivamente la performance (Freina & Bottino, 2016; Freina, Bottino, Tavella, & Chiorri, 2017).

I risultati di questo studio hanno portato alla decisione, nei successivi esperimenti e in particolare in quello descritto nel seguito, di utilizzare giochi su un computer con interfaccia standard oppure su tablet, abbandonando i visori necessari per utilizzare la versione in realtà virtuale.

3. IL PROGETTO “A ME GLI OCCHI”

L’esperimento “A me gli occhi” (Freina, Bottino, Ferlino, & Tavella, 2017; Freina & Bottino, 2018) si è posto l’obiettivo di studiare se l’allenamento delle abilità visuospatiali attraverso l’uso dei giochi potesse contribuire al miglioramento dei risultati scolastici in matematica di studenti della scuola primaria.

3.1. Metodo della ricerca

“A me gli occhi” è stato impostato come un quasi-esperimento, con la partecipazione di quattro classi diverse della stessa scuola, due delle quali come gruppo sperimentale e le altre due come gruppo di controllo. Ovviamente non è stato possibile assegnare i partecipanti ai due gruppi in modo randomizzato perché si trattava di classi intere.

Un test di matematica, standardizzato sulla popolazione italiana, è stato scelto ed utilizzato sia in novembre, all’inizio dell’esperimento, che in maggio, alla fine. Il test è stato svolto da tutte e quattro le classi coinvolte, mentre le attività di gioco sono state seguite solo dalle due classi sperimentali, mentre le altre due classi seguivano le normali attività scolastiche.

Inoltre, un questionario intermedio ed uno finale sono stati somministrati ai ragazzi del gruppo sperimentale per rilevare il loro gradimento dei giochi utilizzati, mentre le maestre hanno compilato un questionario finale volto a raccogliere le loro opinioni, le eventuali critiche e le osservazioni.

3.2. Partecipanti

Le quattro classi coinvolte nello studio appartenevano a una scuola primaria di Genova: due quarte e due quinte. Il gruppo sperimentale era composto da 23 studenti di una delle due classi quarte e 15 di una delle classi quinte, il gruppo di controllo era formato da 25 studenti dell’altra classe quarta e 16 della quinta. Tutti i partecipanti avevano un’età compresa tra i 9 e gli 11 anni.

Nonostante le classi coinvolte avessero insegnanti diversi, tutte le classi seguivano la stessa programmazione, con tempi molto simili. A questo proposito va osservato che la scuola organizza regolarmente degli incontri che coinvolgono tutti gli insegnanti per garantire l’omogeneità nell’insegnamento e l’avanzamento del programma scolastico.

Tutte le sessioni di gioco sono state organizzate presso la scuola durante l’orario scolastico, i partecipanti e le loro famiglie sono stati informati in una riunione appositamente organizzata dalla scuola all’inizio dell’esperimento.

3.3. Analisi delle abilità oggetto di potenziamento

Prima di poter selezionare i giochi, è stato necessario elencare dettagliatamente le abilità che si desiderava

indirizzare, esprimendole in termini di “saper fare”, per poterle poi riconoscere nei giochi analizzati. In particolare, si sono individuate le seguenti abilità:

- Memoria visiva:
 - memorizzare e riconoscere oggetti e forme;
 - memorizzare e riconoscere collocazioni nello spazio;
 - memorizzare e riconoscere sequenze nel tempo.
- Coordinamento viso-motorio fine:
 - seguire un percorso definito col mouse o col dito su un touch screen.
- Visualizzazione di una forma bidimensionale:
 - immaginare una forma bidimensionale, riconoscerne le parti per completarla;
 - prestare attenzione ai dettagli visivi, analizzare contorni e figure;
 - ruotare e traslare una forma su un piano;
 - variare le dimensioni di un oggetto bidimensionale su un piano;
 - comprendere, riconoscere e costruire simmetrie assiali di forme bidimensionali.
- Visualizzazione di un oggetto tridimensionale:
 - visualizzare una forma nello spazio, riconoscerne le varie parti, riconoscere: forme diverse incastrate tra loro;
 - riconoscere un oggetto quando lo si vede da diversi punti di vista;
 - ruotare e traslare un oggetto nello spazio;
 - variare le dimensioni di un oggetto tridimensionale nello spazio.
- Passaggio dalle due alle tre dimensioni:
 - immaginare quale oggetto tridimensionale si ottiene partendo da una forma bidimensionale a seguito di una trasformazione (ad esempio piegando un pezzo di carta);
 - costruire il modello tridimensionale di una casa partendo dalla planimetria;
 - immaginare e riconoscere la proiezione di un oggetto su un piano;
 - riconoscere la planimetria di un luogo noto.
- Definizione di strategie di gestione dello spazio:
 - definire delle strategie per definire un percorso su un piano tra due punti dati;
 - definire delle strategie di riempimento di un'area o volume.
- Orientamento nello spazio:
 - immaginare una data scena da un punto di vista diverso del proprio.

3.4. Altri criteri per la selezione dei giochi digitali

In seguito all'esperienza maturata con i precedenti progetti che hanno visto l'uso dei giochi digitali per il potenziamento di abilità di base (Bottino, Caponetto, Ott, e Tavella, 2016), nella selezione dei giochi digitali si è tenuto conto dei seguenti criteri:

- la disponibilità di svariate versioni del gioco per poter coinvolgere ragazzi con diverse preferenze;
- l'articolazione del gioco in livelli di difficoltà, per adattarsi in modo progressivo ad ogni giocatore nella maniera più stimolante e divertente, partendo anche da versioni semplificate del gioco per coinvolgere alunni con diversi gradi di abilità;
- la presenza di feedback significativo offerto alle azioni dell'utente;
- la lunghezza media delle sessioni di gioco (in modo tale da renderli adatti alla lunghezza ed alla frequenza degli incontri programmati);
- la reperibilità del gioco e il suo essere gratuito o freeware;
- la sua eventuale disponibilità in diverse lingue per gli studenti di madrelingua diversa dall'italiano.

3.5. Organizzazione degli incontri di gioco

Le due classi sperimentali sono state divise ognuna in due gruppi che andavano da un minimo di 8 studenti ad un massimo di 12. Mentre un gruppo svolgeva l'attività di gioco in un'aula dedicata all'esperimento, l'altro gruppo restava in classe con l'insegnante. L'attività di gioco era gestita da un ricercatore dell'ITD-CNR, affiancato da un tirocinante del Dipartimento di Scienze della Formazione dell'Università di Genova. Il tirocinante aveva il ruolo di osservatore. Tale ruolo era svolto sia prendendo note in modo informale sia interagendo direttamente con il ricercatore e gli studenti. Per qualche gioco è stato chiesto ai ragazzi stessi di annotare alcuni dati: il livello raggiunto, il punteggio ottenuto, ecc.

Le attività di utilizzo dei giochi per il potenziamento delle abilità visuospatiali si sono svolte in 20 incontri nel periodo tra novembre 2016 e maggio 2017, con cadenza settimanale. Ogni incontro aveva una durata di 45 minuti per ogni gruppo di studenti.

3.6. Le attività ludiche

Durante le sessioni di gioco, sono state organizzate diverse attività che possono essere raggruppate in tre tipologie diverse: gioco individuale su computer o su tablet Android con App appositamente selezionate, alcune attività ludiche non basate su giochi digitali e un torneo di Minecraft.

3.6.1. Attività di gioco individuale

Partendo dalla lista delle abilità da potenziare, è stato selezionato un insieme piuttosto ampio di giochi digitali, per la maggior parte disponibili su Google Play, appartenenti alle seguenti categorie:

- Giochi che richiedono l'esercizio della memoria visiva: ricordare una lista di oggetti, una sequenza ordinata di elementi, la collocazione di immagini su un piano bidimensionale, ecc. (es. "Allenamento mentale");
- Giochi che richiedono la traslazione e la rotazione di oggetti bidimensionali (svariate versioni di puzzle, tangram, ecc.);
- Giochi che richiedono di identificare un percorso su un piano bidimensionale (diversi labirinti);
- Giochi che richiedono di considerare la riflessione di una figura piana o di un solido per simmetria assiale (es. "Piko's Blocks");
- Giochi in cui si deve identificare un percorso attraverso una struttura tridimensionale, alcune parti della quale possono essere viste solo in seguito ad una rotazione (es. "Mekorama");
- Il gioco "In Your Eyes" (vedi paragrafo 2.3) per esercitare competenze di SPT.

Ogni incontro era focalizzato su una abilità specifica, e si proponeva agli studenti un ventaglio di giochi tra cui scegliere. Tutti i giochi utilizzati in un dato incontro facevano riferimento alla stessa abilità. I ragazzi giocavano individualmente sul proprio tablet o computer, anche se l'interazione tra loro era generalmente ben vista e stimolata.

3.6.2. Attività ludiche non digitali

L'attività di origami è molto indicata per stimolare alcune abilità visuospatiali, poiché richiede di creare un oggetto tridimensionale partendo da un foglio di carta. Nel piegare il foglio e vedere l'oggetto prendere forma, il giocatore si crea un'immagine mentale della propria creazione. Inizialmente è stato proposto un gioco digitale di origami, ma gli studenti hanno dimostrato di aver bisogno di "toccar con mano" la carta. Una sessione è stata dedicata, quindi, alla costruzione di origami con carta, seguendo le istruzioni offerte da una App sul tablet.

Il gioco "In Your Eyes" è stato utilizzato nella sua versione digitale, ma è stato anche affiancato da una

sessione in cui le 12 scene del gioco sono state ricreate su tavoli quadrati con oggetti reali. La scelta è giustificata dal fatto che l'utilizzo di ambienti diversi dove mettere in atto l'abilità di SPT può offrire diversi stimoli facilitando i ragazzi nell'acquisire un controllo completo dell'abilità in questione. Inoltre, la capacità di SPT è stata stimolata anche attraverso un'attività "fotografica": agli studenti veniva data una fotografia della stanza in cui si trovavano e veniva chiesto loro di individuare il punto della stanza dal quale la foto era stata scattata. Questa attività richiede agli studenti di immaginare che aspetto assume la stanza quando vista da diversi punti di vista.

Infine, come prerequisito per poter svolgere il torneo di Minecraft (vedi sotto), una sessione è stata dedicata alle planimetrie: gli studenti hanno riconosciuto la planimetria della terrazza della scuola ed hanno posizionato alcuni oggetti su di essa. Successivamente hanno disegnato la planimetria della propria aula. Le planimetrie richiedono di comprendere la proiezione su un piano bidimensionale di uno spazio tridimensionale.

3.6.3. Il torneo di Minecraft

Agli studenti è stata data la planimetria di una casa su due piani, con una camera da letto, una libreria, una sala ed un balcone. La planimetria era disegnata manualmente su carta e gli studenti dovevano costruire la casa con la versione Android di Minecraft, aggiungendo liberamente elementi e decorazioni alla casa, ma rispettando la forma di base data della planimetria. I progetti che rispettavano le richieste sono stati ammessi alla finale e sono stati votati dagli studenti dell'altra classe sperimentale. Un piccolo premio è stato consegnato ai vincitori.

3.7. Test di matematica

Per valutare se e quanto l'uso dei giochi avesse avuto un impatto sui risultati scolastici dei ragazzi coinvolti, è stato individuato un test standardizzato di matematica per la quarta e la quinta classe della scuola primaria italiana. Si tratta del test "AC-MT 6-11" (Lucangeli, Cornoldi, & Bellina, 2012). Esiste una versione del test specifica per ogni classe della scuola primaria, normalizzata sia ad inizio dell'anno scolastico che alla fine. Il test è stato somministrato a tutti i partecipanti all'inizio di novembre, prima dell'utilizzo dei giochi, e a maggio, alla fine dell'esperimento.

Il test "AC-MT 6-11" è suddiviso in cinque diverse sezioni:

- Operazioni scritte: otto operazioni (somme, differenze, moltiplicazioni e divisioni) da svolgere in colonna su un foglio a quadretti.
- Giudizio di numerosità: sei coppie di numeri con decimali da confrontare per identificare il più grande di ogni coppia.
- Trasformazione in cifre: sei numeri con decimali espressi in parole (es. tre decimi, una unità, otto centesimi, tre decine) da riscrivere in cifre.
- Ordinamento: dieci serie di quattro numeri con decimali da ordinare dal più piccolo al più grande o viceversa.
- Problemi: cinque problemi espressi verbalmente da risolvere.

4. ANALISI DEI DATI

4.1. Analisi dei risultati del test di matematica

Seguendo le istruzioni fornite con il test "AC-MT 6-11", al fine di rendere i punteggi confrontabili con i dati normativi, per ogni studente sono stati calcolati tre indici:

- Operazioni scritte: dato dal punteggio della corrispondente sezione del test;

- Conoscenza numerica: dato dalla somma dei punteggi relativi alle sezioni Giudizio di numerosità, Trasformazione in cifre e Ordinamento;
- Problemi: dato dal punteggio della corrispondente sezione del test.

Per ogni partecipante, e per ogni indice, è poi stato calcolato lo z-score sia per il pre-test che per il post-test. Lo z-score è stato calcolato rispetto alla media e alla deviazione standard normativi, secondo la formula:

$$z\text{-score}_i = (\text{score}_i - \text{score normativo}) / \text{deviazione standard normativa}$$

Lo z-score così calcolato dà una misura della distanza del punteggio di ogni partecipante dalla media normativa in termini di deviazioni standard.

Dato che l'obiettivo dell'esperimento era di verificare eventuali cambiamenti nei risultati in matematica tra il pre-test ed il post-test, si è deciso di semplificare ulteriormente i dati calcolando, per ogni partecipante, la differenza tra lo z-score al post-test e quello ottenuto al pre-test. In questo modo, per ogni indicatore, è stata ottenuta una misura unica che indica quanto il partecipante si è avvicinato (o allontanato) dal valore normativo nel post-test confrontato col pre-test.

Per ogni indicatore è stata fatta una ANOVA a misure ripetute, dove la differenza tra gli z-score è predetta dalla condizione sperimentale (gruppo sperimentare e di controllo), la classe (quarta o quinta) e l'interazione tra le due. Per l'indicatore "operazioni scritte", è stato trovato un effetto significativo nell'interazione tra condizione sperimentale e classe ($F(1)=8.47, p=.005$). Il test post-hoc mostra che la classe quinta sperimentale ha ottenuto risultati significativamente migliori rispetto alla classe quinta di controllo, mentre sia l'effetto della classe ($F(1)=-0.83, p=.364$) che della condizione sperimentale ($F(1)=1.16, p=.284$) non sono significativi. La figura 1 mostra la differenza tra z-score medio al post-test e z-score medio al pre-test nelle operazioni scritte per ogni gruppo, dove l'asse delle x rappresenta il punteggio medio normativo.

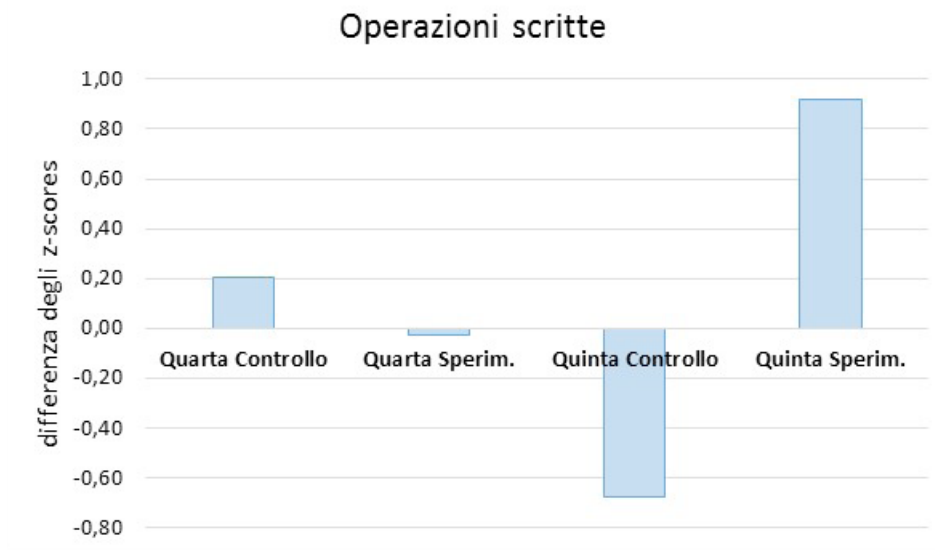


Figure 1. Operazioni scritte. Differenza tra z-score medio al post-test e z-score medio al pre-test.

Per quanto riguarda la conoscenza numerica, l'analisi ANOVA evidenzia un effetto significativo della condizione sperimentale ($F(1)=6.99, p=.010$): il gruppo sperimentale ha ottenuto risultati significativamente migliori al post-test rispetto al pre-test indipendentemente dalla classe, mentre non è così per il gruppo di

controllo. Non è stato invece rilevato alcun effetto significativo per la classe ($F(1)=0.01$, $p=.916$) e nemmeno per l'interazione tra condizione sperimentale e classe ($F(1)=0.43$, $p=.512$). La figura 2 mostra la differenza tra z-score medio al post-test e z-score medio al pre-test per l'indicatore "conoscenze numeriche" per ogni gruppo, dove l'asse delle x rappresenta il punteggio medio normativo.

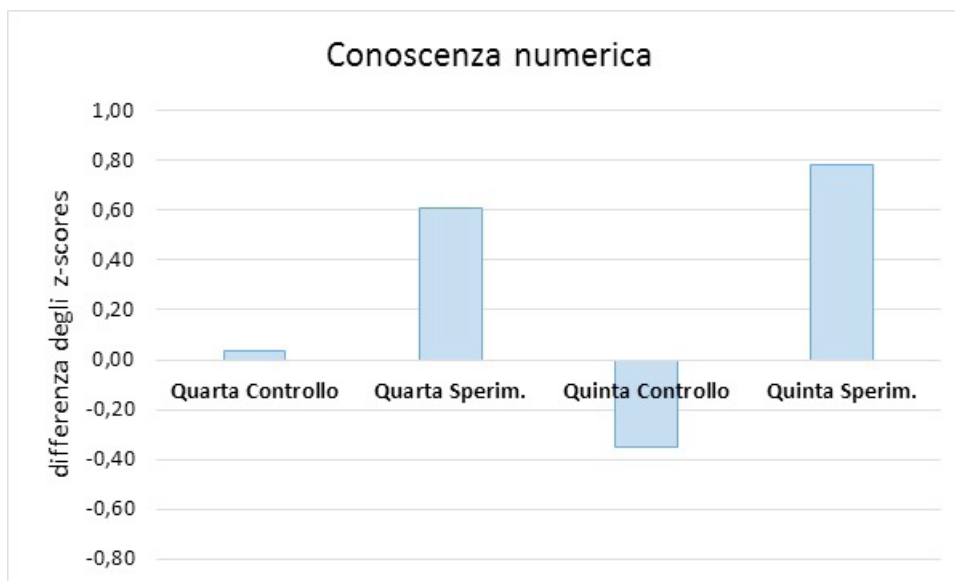


Figure 2. Conoscenza Numerica. Differenza tra z-score medio al post-test e z-score medio al pre-test.

Nei problemi si trova nuovamente un effetto significativo della condizione sperimentale ($F(1)=11.03$, $p=.001$): il gruppo sperimentale ottiene risultati migliori del gruppo di controllo. Non si sono trovati effetti significativi né per la classe ($F(1)=3.40$, $p=.069$) né per l'interazione tra classe e condizione sperimentale ($F(1)=0.07$, $p=.794$). La figura 3 mostra la differenza tra z-score medio al post-test e z-score medio al pre-test per l'indicatore "problemi" per ogni gruppo, dove l'asse delle x rappresenta il punteggio medio normativo.

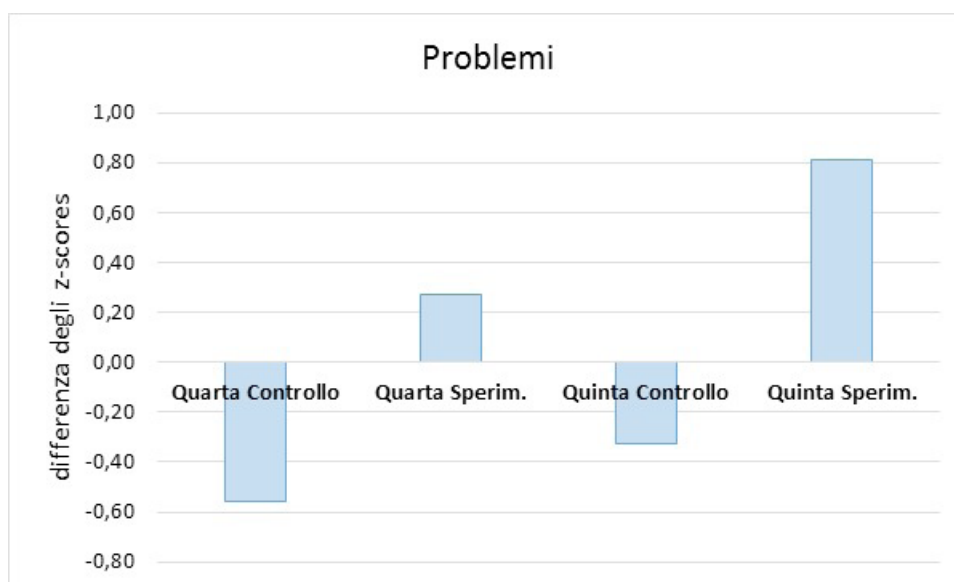


Figure 3. Problemi. Differenza tra z-score medio al post-test e z-score medio al pre-test.

4.2. Le prove INVALSI delle classi quinte

I risultati delle prove INVALSI (Castoldi, 2014) in matematica delle due classi quinte che hanno partecipato all’esperienza sono stati utilizzati come ulteriore indicatore del loro livello scolastico confrontato con la media nazionale. Tale confronto non è possibile per le classi quarte dato che le prove INVALSI nella scuola primaria vengono svolte solo nelle classi seconda e quinta.

Le prove INVALSI non danno alcuna informazione sulle classi all’inizio dell’anno scolastico, si potrebbe dunque pensare che le classi di controllo e sperimentale avessero prestazioni diverse già prima dell’inizio dell’esperienza. L’opinione delle maestre (raccolta sia informalmente che attraverso un questionario finale), assieme ai risultati del test “AC-MT 6-11” fatto in novembre mostrano però che così non era.

Le prove INVALSI di matematica sono suddivise in sette sezioni: quattro relative ad aree tematiche (numeri, spazio e figure, dati e previsioni, relazioni e funzioni) e tre relative ad abilità generali (conoscere, risolvere i problemi, argomentare). Viene inoltre fornita una valutazione complessiva.

La figura 4 mostra la differenza tra i punteggi medi delle due classi e la media italiana per ogni sezione delle prove, mentre l’ultima barra rappresenta la valutazione complessiva. Si nota che la classe di controllo è sotto la media italiana per tutte le sezioni, mentre la classe sperimentale ha generalmente punteggi migliori, in un paio di casi superiori alla media nazionale. Anche la valutazione complessiva della classe sperimentale è di 3 punti sotto la media italiana, mentre quella della classe di controllo è di 10 punti sotto la media.

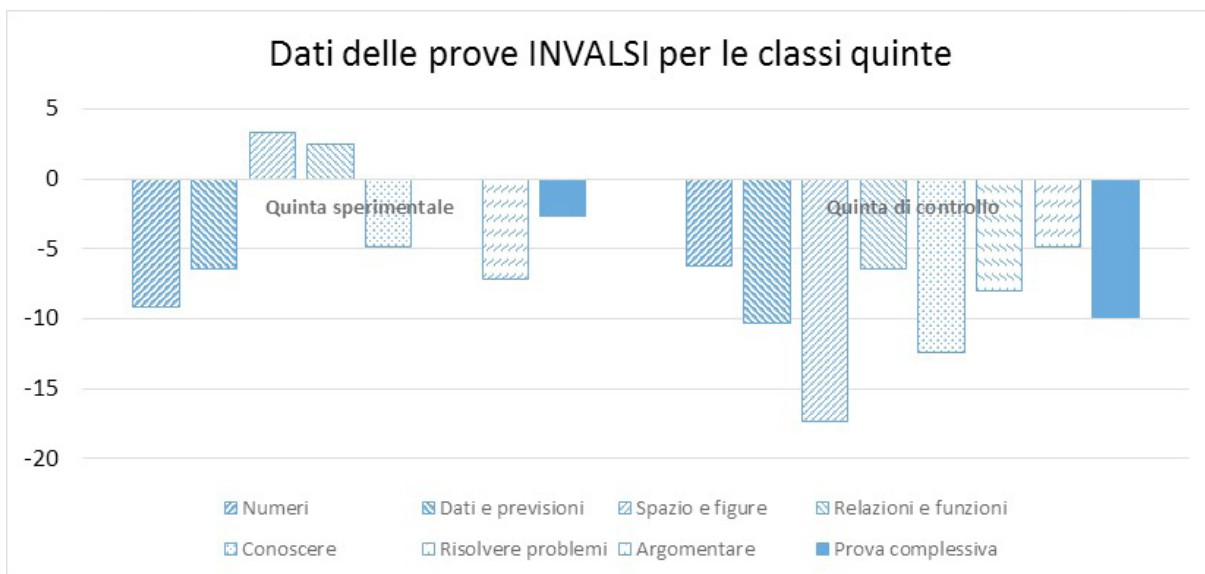


Figure 4. Prove INVALSI: distanza dei punteggi delle classi quinte coinvolte dalla media nazionale.

I risultati delle prove INVALSI per matematica mostrano che, alla fine dell’anno scolastico, la classe sperimentale ha ottenuto risultati mediamente migliori della classe di controllo, offrendoci una ulteriore conferma che la classe sperimentale, alla fine dell’esperienza, è riuscita ad ottenere delle prestazioni mediamente buone in ambito matematico.

4.3. Discussione

“A me gli occhi” è partito dall’ipotesi che un potenziamento delle abilità visuospatiali in studenti della scuola primaria avrebbe avuto un effetto positivo sui loro risultati scolastici in matematica. Dopo aver

sostenuto un pre-test in matematica, il gruppo sperimentale ha seguito un percorso di potenziamento delle abilità visuospatiali basato principalmente sull'uso di giochi digitali appositamente selezionati. Alla fine dell'esperimento, lo stesso test di matematica è stato nuovamente sostenuto.

Il test "AC-MT 6-11" (Lucangeli et al., 2012) riporta i dati normativi della popolazione italiana per ogni classe della scuola primaria calcolati sia all'inizio che alla fine dell'anno scolastico. Questo ha permesso un doppio controllo: innanzitutto il confronto diretto tra la classe di controllo e la classe sperimentale, provenienti dalla stessa scuola, ha evidenziato i vantaggi dovuti al potenziamento visuospatial, minimizzando sia l'influenza del tempo trascorso che del normale apprendimento scolastico; inoltre, il confronto con i punteggi normativi forniti dal test ha dato una valutazione del livello delle classi coinvolte rispetto alla media nazionale italiana.

L'analisi è stata effettuata considerando tre indicatori definiti nel test: operazioni scritte, conoscenza numerica e problemi. I risultati mostrano che il gruppo sperimentale è riuscito ad aumentare i propri punteggi confrontati con i dati normativi significativamente di più del gruppo di controllo su tutti gli indicatori tranne che per le operazioni scritte nella classe quarta, confermando l'ipotesi iniziale. Questi risultati ci confortano nel sostenere che l'ipotesi di partenza è confermata, almeno per studenti di quarta e quinta della primaria. Il diverso andamento dell'indice "operazioni scritte" nella classe quarta potrebbe essere causato da una quantità diversa di esercizi specifici svolti nei giorni immediatamente precedenti al test nelle classi sperimentale e di controllo. Nella classe quinta, invece, l'abilità è consolidata e quindi maggiormente stabile nel tempo. Questo aspetto richiede comunque ulteriori approfondimenti.

Siamo tuttavia consapevoli che la sperimentazione effettuata presenta alcuni limiti. La dimensione del campione era piuttosto ridotta e la composizione delle classi non poteva essere cambiata per randomizzare il campione, inoltre l'esperimento ha coinvolto un'unica scuola e gli studenti provenivano tutti dallo stesso contesto socio-culturale, caratterizzato da un alto tasso di immigrazione e da un livello socioculturale piuttosto basso. In futuro nuovi esperimenti saranno auspicabili, con campioni più grandi e provenienti da realtà differenti, in modo da poter ottenere una validazione più solida dell'ipotesi iniziale.

Gli studenti hanno partecipato con molto interesse ed attenzione a tutte le attività, accogliendo con entusiasmo le proposte dei ricercatori, come è emerso da un questionario sul gradimento dei giochi scelti e delle attività svolte compilato da tutti i partecipanti alla fine dell'esperimento. Quando possibile, sono state offerte diverse versioni dello stesso gioco oppure diversi giochi che coinvolgessero le stesse abilità visuospatiali, e i ricercatori sono sempre stati flessibili nel permettere agli studenti di concentrarsi sui giochi che gradivano maggiormente.

L'attività preferita dalla maggioranza degli studenti è stato il torneo di Minecraft, nel quale è stato chiesto ai ragazzi di costruire la propria casa, dando loro alcune linee guida, ma lasciando molta libertà personale nella loro interpretazione e nell'arricchimento della casa con altri elementi. I giocatori hanno dimostrato e dichiarato maggior interesse e coinvolgimento nell'attività che richiedeva loro di essere più creativi, diventando così costruttori della loro personale esperienza digitale.

5. CONCLUSIONI

Il presente lavoro descrive un progetto di ricerca sul consolidamento di abilità di base realizzato con l'uso di giochi digitali. Dopo precedenti ricerche incentrate sul ragionamento logico, il pensiero strategico e le capacità nella risoluzione di problemi, l'esperimento "A me gli occhi" ha verificato, sia pur in condizioni non del tutto generalizzabili, che il potenziamento di abilità visuospatiali ha avuto un impatto positivo sui risultati scolastici in matematica in studenti degli ultimi anni della scuola primaria. Le capacità matematiche degli studenti sono state misurate utilizzando una prova standardizzata sulla popolazione italiana.

Le classi sperimentali hanno mostrato un miglioramento significativo del loro punteggio medio confrontato con quello normativo per quasi tutti gli indicatori considerati e i risultati alle prove INVALSI delle classi quinte hanno ulteriormente confermato che le abilità matematiche della classe sperimentale alla fine dell'anno erano migliori di quelle della classe di controllo. I risultati confermano l'ipotesi iniziale, secondo la quale allenare le abilità visuospatiali ha un'influenza positiva sui risultati scolastici in matematica.

Le attività di potenziamento fatte attraverso l'uso di giochi digitali hanno visto i ricercatori direttamente impegnati con la classe. Le insegnanti hanno partecipato alle fasi di progettazione dell'intervento, ma non hanno potuto essere presenti durante le sessioni di gioco poiché le classi sono state divise in due e i giochi sono stati utilizzati con solo mezza classe per volta. In futuro le insegnanti verranno coinvolte maggiormente nella progettazione dell'intervento didattico in cui le normali attività scolastiche saranno strettamente integrate con quelle di potenziamento visuospatiali.

Le osservazioni e i dati raccolti durante lo svolgimento dell'esperimento hanno anche evidenziato un interesse ed un coinvolgimento maggiore degli studenti in tutte quelle attività nelle quali il giocatore ha un ruolo attivo e creativo rispetto al semplice utilizzo di un gioco. Infatti, nonostante tutti i giochi siano stati accolti con entusiasmo, la preferenza degli studenti è decisamente andata al torneo di Minecraft dove il giocatore, pur avendo alcune istruzioni da seguire, può usare la propria creatività con maggior libertà. Di conseguenza l'attenzione dei ricercatori si è successivamente spostata verso una nuova ricerca, focalizzata sulla realizzazione, da parte degli studenti di una classe quinta, di un gioco digitale con caratteristiche visuospatiali (Freina & Bottino, 2018). L'obiettivo principale era di mettere a punto un percorso di introduzione al pensiero computazionale attraverso la realizzazione di un videogioco in ambiente Scratch (Resnick et al., 2009), adatto agli ultimi anni della scuola primaria. Le indicazioni ministeriali per il curricolo del primo ciclo d'istruzione, infatti, parlano esplicitamente di “*ideazione e realizzazione di giochi digitali*” (Cerini, 2012, p. 66).

6. RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano la dirigente scolastica Sara Bandini per il suo appoggio all'esperimento, le maestre delle classi sperimentali Laura Benedetti della quarta e Alessandra de Marco della quinta per la loro disponibilità, oltre a tutti gli studenti per la loro partecipazione. Si ringraziano inoltre le tirocinanti Micòl Arena e Beatrice Crippa per il loro supporto durante il lavoro in classe. Infine, un ringraziamento particolare va a Marcello Passarelli, collega dell'ITD-CNR per il suo aiuto nell'analisi statistica dei dati raccolti.

7. BIBLIOGRAFIA

Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. In G.A. Bower (Ed.), *Psychology of learning and motivation* (Vol. 8, pp. 47-89). New York, NY, USA: Academic Press. doi: 10.1016/S0079-7421(08)60452-1

Bednarz, R. S., & Lee, J. (2011). The components of spatial thinking: empirical evidence. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 21, 103-107. doi: 10.1016/j.sbspro.2011.07.048

Bottino, R., Caponetto, I., Ott, M., & Tavella, M. (2015). Giochi logici a scuola: esperienze e riflessioni. Vittorio Midoro (a cura di), *La scuola ai tempi del digitale*, 98-117. Milano, IT: Franco Angeli.

Bottino, R., Caponetto, I., Ott, M., & Tavella, M. (2016). Verificare e stimolare le abilità di ragionamento con i giochi digitali. *Form@re*, 16(1). Retrieved from <https://www.itd.cnr.it/download/Articolo-Bottino-Caponetto-Ott-Tavella.pdf>

- Bottino, R., Ott, M., & Tavella, M. (2014). Serious gaming at school: reflections on students' performance, engagement and motivation. *International Journal of Game-Based Learning (IJGBL)*, 4(1), 21-36. doi: 10.4018/IJGBL.2014010102
- Bottino, R., & Ott, M. (2006). Mind games, reasoning skills, and the primary school curriculum. *Learning, Media and Technology*, 31(4), 359-375. doi: 10.1080/17439880601022981
- Carlisle, D., Tyson, J., & Nieswandt, M. (2015). Fostering spatial skill acquisition by general chemistry students. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(3), 478-517. doi: 10.1039/C4RP00228H
- Castoldi, M. (2014). *Capire le prove INVALSI*. Roma, IT: Carocci.
- Cerini, G. (2012). Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione. *Annali della Pubblica Istruzione, Numero Speciale*. Retrieved from http://www.indicazioninazionali.it/wp-content/uploads/2018/08/Indicazioni_Annali_Definitivo.pdf
- Freina, L., & Bottino, R. (2016). A visual thinking skills training in support of STEM education. In T. Connolly & L. Boyle (Eds.), *Proceeding of the 10th European Conference on Games Based Learning. The University of the West of Scotland, Paisly, Scotland, 6/7 October 2016* (pp. 224-231). Paisly, Scotland, UK: UWS.
- Freina, L., & Bottino, R. (2018). Visuospatial abilities training with digital games in a primary school. *International Journal of Serious Games*, 5(3), 23-35. doi: 10.17083/ijsg.v5i3.240
- Freina, L., Bottino, R., Ferlino, L., & Tavella, M. (2017). Training of spatial abilities with digital games: impact on mathematics performance of primary school students. In J. Dias, P. A. Santos, & R. C. Veltkamp (Eds.), *6th International Conference GALA 2017, 5-7 December, Lisbon, Portugal, Proceedings* (pp. 25-40). Cham, CH: Springer Int.
- Freina, L., Bottino, R., Tavella, M., & Chiorri, C. (2017). Evaluation of visuospatial perspective taking skills using a digital game with different levels of immersion. *International Journal of Serious Games*, 4(3), 31-43.
- Granic, I., Lobel, A., & Engels, R. C. (2014). The benefits of playing video games. *American Psychologist*, 69(1), 66-78. doi: 10.1037/a0034857
- Jennett, C., Cox, A. L., Cairns, P., Dhoparee, S., Epps, A., Tijs, T., & Walton, A. (2008). Measuring and defining the experience of immersion in games. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66(9), 641-661. doi: 10.1016/j.ijhcs.2008.04.004
- Kessler, K., & Rutherford, H. (2010). The two forms of visuo-spatial perspective taking are differently embodied and subserve different spatial prepositions. *Frontiers in Psychology*, 1, 213. doi: 10.3389/fpsyg.2010.00213
- Li, Y., & Geary, D. C. (2017, February 13). Children's visuospatial memory predicts mathematics achievement through early adolescence. *PLOS ONE*, 12(2). doi: 10.1371/journal.pone.0172046
- Lucangeli, D., Cornoldi, C., & Bellina, M. (2012). *AC-MT 6-II. Test di valutazione delle abilità di calcolo e soluzione dei problemi. Gruppo MT. Con CD-ROM*. Roma, Trento, IT: Edizioni Erickson.
- Newcombe, N. (1989). The development of spatial perspective taking. In H.W. Reese (Ed.), *Advances in*

Child Development and Behavior (Vol. 22, pp.203-247). San Diego, CA, USA: Academic Press.

Newcombe, N. S., & Frick, A. (2010). Early education for spatial intelligence: why, what, and how. *Mind, Brain, and Education*, 4(3), 102-111.

Piaget, J. (1952). *Play, dreams and imitation in childhood*. New York, NY, USA: W. W. Norton & Co., Inc.

Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K....& Kafai, Y. (2009). Scratch: programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60-67. doi: 10.1145/1592761.1592779

Rose, F. D., Attree, E. A., Brooks, B. M., Parslow, D. M., & Penn, P. R. (2000). Training in virtual environments: transfer to real world tasks and equivalence to real task training. *Ergonomics*, 43(4), 494-511.

Sinclair, N., & Bruce, C. D. (2015). New opportunities in geometry education at the primary school. *ZDM*, 47(3), 319-329.

Surtees, A. D. R., Apperly, I. A., & Samson, D. (2013). The use of embodied self-rotation for visual and spatial perspective-taking. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 698. doi: 10.3389/fnhum.2013.00698

Uttal, D. H., & Cohen, C. A. (2012). Spatial thinking and STEM education: When, why, and how?. In *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 57, pp. 147-181). Academic Press.

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. doi: 10.1037/a0028446

Vygotsky, L. S. (1980). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA, USA: Harvard University Press.

Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817-835. doi: 10.1037/a0016127