



147172019

Open and Interdisciplinary
Journal of Technology,
Culture and Education

Special issue
Digital Fabrication:
3D Printing
in Pre-School Education

Edited by
Giuseppina Rita
Jose Mangione
& *Michael Eisenberg*

Editor

M. Beatrice Ligorio (University of Bari "Aldo Moro")

Coeditors

Stefano Cacciamani (University of Valle d'Aosta)

Donatella Cesareni (University of Rome "Sapienza")

Valentina Grion (University of Padua)

Associate Editors

Carl Bereiter (University of Toronto)

Michael Cole (University of San Diego)

Kristine Lund (CNRS, University of Lyon)

Roger Salijo (University of Gothenburg)

Marlene Scardamalia (University of Toronto)

Scientific Committee

Sanne Akkerman (University of Utrecht)

Ottavia Albanese (University of Milan – Bicocca)

Alessandro Antonietti (University of Milan – Cattolica)

Pietro Boscolo (University of Padua)

Lorenzo Cantoni (University of Lugano)

Felice Carugati (University of Bologna – Alma Mater)

Cristiano Castelfranchi (ISTC-CNR, Rome)

Alberto Cattaneo (SFIVET, Lugano)

Carol Chan (University of Hong Kong)

Cesare Cornoldi (University of Padua)

Crina Damsa (University of Oslo)

Frank De Jong (Aeres Wageningen Applied University, The Netherlands)

Ola Erstad (University of Oslo)

Paolo Ferri (University of Milan – Bicocca)

Alberto Fornasari (University of Bari "Aldo Moro")

Carlo Galimberti (University of Milan – Cattolica)

Begona Gros (University of Barcelona)

Kai Hakkarainen (University of Helsinki)

Vincent Hevern (Le Moyne College)

Jim Hewitt (University of Toronto)

Antonio Iannaccone (University of Neuchâtel)

Liisa Ilomaki (University of Helsinki)

Sanna Jarvela (University of Oulu)

Richard Joiner (University of Bath)

Kristiina Kumpulainen (University of Helsinki)

Minna Lakkala (University of Helsinki)

Mary Lamon (University of Toronto)

Leila Lax (University of Toronto)

Marcia Linn (University of Berkeley)

Giuseppe Mantovani (University of Padua)

Giuseppe Mininni (University of Bari "Aldo Moro")

Anne-Nelly Perret-Clermont (University of Neuchatel)

Donatella Persico (ITD-CNR, Genoa)

Clotilde Pontecorvo (University of Rome "Sapienza")

Peter Renshaw (University of Queensland)

Giuseppe Ritella (University of Helsinki)

Nadia Sansone (Unitelma Sapienza Università di Roma)

Vittorio Scarano (University of Salerno)

Roger Schank (Socratic Arts, Florida)

Neil Schwartz (California State University of Chico)

Pirita Seitamaa-Hakkarainen (University of Joensuu)

Patrizia Selleri (University of Bologna)

Robert-Jan Simons (IVLOS, Universiteit Utrecht)

Andrea Smorti (University of Florence)

Luca Tateo (Aalborg University)

Jean Underwood (Nottingham Trent University)

Jan Valsiner (University of Aalborg)

Jan van Aalst (University of Hong Kong)

Rupert Wegerif (University of Exeter)

Allan Yuen (University of Hong Kong)

Cristina Zucchermaglio (University of Rome "Sapienza")

Editorial Staff

Francesca Amenduni, Ilaria Bortolotti,

Sarah Buglass, Rosa Di Maso,

Lorella Giannandrea, Hanna Järvenoja,

Mariella Luciani, F. Feldia Loperfido,

Katherine Frances McLay,

Audrey Mazur Palandre

Web Responsible

Nadia Sansone



Publisher

Progedit, via De Cesare, 15

70122, Bari (Italy)

tel. 080.5230627

fax 080.5237648

info@progedit.com

www.progedit.com

qwerty.ckbg@gmail.com

http://www.ckbg.org/qwerty

Registrazione del Tribunale di Bari

n. 29 del 18/7/2005

© 2018 by Progedit

ISSN 2240-2950

Indice

<i>Editorial: 3D printing and the (very) young: What do we expect from this meeting?</i>	
Giuseppina Rita Jose Mangione, Michael Eisenberg	5
<i>Processi cognitivi e stampante 3D alla scuola dell'infanzia: stimolare lo sviluppo cognitivo per potenziare l'apprendimento</i>	
Sara Mori, Jessica Niewint-Gori	16
<i>Competenze in 3D. Costruire un percorso per competenza attraverso la stampante 3D nella scuola dell'infanzia</i>	
Alessia Rosa, Jessica Niewint-Gori	34
<i>Investire nel digital fabrication: le scuole che scelgono di dotarsi di stampanti 3D attraverso il Programma Operativo Nazionale</i>	
Samuele Calzone, Daniela Bagattini	54
<i>3D printing in preschool music education: Opportunities and challenges</i>	
Federico Avanzini, Adriano Baratè, Luca A. Ludovico	71
<i>Verso un curriculum Maker 5-8 K. Principi e applicazioni per lo sviluppo della competenza geometrica tramite 3D printing</i>	
Maeca Garzia, Giuseppina Rita Jose Mangione, Antonietta Esposito	93



Processi cognitivi e stampante 3D alla scuola dell'infanzia: stimolare lo sviluppo cognitivo per potenziare l'apprendimento¹

Sara Mori*, Jessica Niewint-Gori*

DOI: 10.30557/QW000009

Abstract

The kindergarten has a central role in the development of cognitive functions that are foundational to more complex skills. The present work aims to investigate the cognitive processes involved in using 3D printers in pre-primary school through the administration of standardized tests. The goal is to understand if 3D printing can contribute to pupils' cognitive development by deploying learning strategies based on cognitive activation. The WPPSI-III (*Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence*) was administered to 61 pupils (24 females, 37 males) from three pre-primary schools located in the geographical north, center and south of Italy respectively. In each school, an experimental group (in which students used a 3D

* INDIRE, Istituto Nazionale Documentazione Innovazione e Ricerca Educativa.
Corresponding Author: s.mori@indire.it

¹ Sara Mori è autrice del paragrafo 1, 1.1, 2.3, 3 e 4. Jessica Niewint è autrice dei paragrafi 2.1 e 2.2. Il paragrafo 1.2 è stato scritto in modo congiunto.

printer) and comparison group (no use of 3D printer) was tested. Two baseline sessions were held initially, followed by a first post-test after a period of six months. This article describes the test outcomes regarding the scoring of the general IQ, performance, verbal and data processing skills.

Keywords: Cognitive Activation; Educational Learning; Assessment; TMI; Preschool

1. Introduzione

Uno dei principali obiettivi dell'educazione è preparare gli studenti a rispondere alle sfide del Ventunesimo secolo, con le conoscenze e le competenze necessarie per farvi fronte.

La scuola dell'infanzia rappresenta un momento importante per il potenziamento di funzioni che sono alla base della scrittura, della lettura e del ragionamento matematico, nonché delle competenze trasversali citate sia dal consiglio dell'Unione Europea² nell'aggiornamento della raccomandazione sulle competenze chiave per l'apprendimento permanente (2018), che nell'americano Framework P21³ (2009).

“Nella scuola dell'infanzia l'apprendimento avviene attraverso l'azione [...] in una dimensione ludica, da intendersi come forma tipica di relazione e di conoscenza [...]. Nella relazione educativa, gli insegnanti svolgono una funzione di mediazione [...] li aiutano a pensare e a riflettere meglio, sollecitandoli a osservare, descrivere, narrare, fare ipotesi, dare e chiedere spiegazioni in contesti cooperativi e di confronto diffuso” (Indicazioni per il Curricolo, 2012, p. 16).

Ancora di più dunque in questo segmento scolastico diventa importante far tesoro dei contributi che la psicologia cognitiva e le neuroscienze possono offrire per costruire una didattica capace di incentivare lo sviluppo cognitivo degli alunni, partendo dall'assunto che il cervello

² Documento Ufficiale della Gazzetta Europea del 22 maggio 2018, che aggiorna quello pubblicato dal Parlamento e dal Consiglio Europeo nel 2006 [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604\(01\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604(01)&from=EN)

³ Si veda <http://www.p21.org/our-work/p21-framework>

è un sistema complesso in cui le esperienze e le relazioni con l'ambiente modificano le strutture e le funzioni (Edelman, 1987). L'intervento didattico diviene così un'azione che può favorire o danneggiare lo sviluppo e l'apprendimento degli allievi, modificando le funzioni di base coinvolte in questo processo (Damiani, Santiello, & Paloma, 2015). All'interno delle azioni a sostegno del PNSD (Piano Nazionale Scuola Digitale) (MIUR, 2015), che incentiva la modifica degli ambienti di apprendimento attraverso la creazione di ecosistemi digitali, INDIRE ha promosso la sperimentazione dell'utilizzo della stampante 3D nella scuola dell'infanzia. La creazione degli oggetti attraverso l'uso delle stampanti 3D è un processo scandito dalle fasi del ciclo *Think, Make, Improve* (Martinez & Strager, 2013), grazie al quale lo strumento tecnologico diventa una "tecnologia riflessiva" (Miglino, 2017), favorendo l'applicazione di metodologie didattiche tradizionali che contribuiscono alla funzione di "educare al pensiero" (Parola, 2017). Con il seguente studio si intende osservare i processi e le abilità promossi dall'utilizzo delle stampanti 3D nella scuola dell'infanzia, attraverso test standardizzati. Si ipotizza, infatti, che le metodologie didattiche messe in campo grazie all'uso della stampante 3D possano permettere un potenziamento cognitivo, specialmente per quel che riguarda le funzioni esecutive, le abilità legate al ragionamento verbale e al ragionamento logico. A tal fine è stato scelto di somministrare la WPPSI-III (*Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence*) (adattamento italiano a cura di Sannio Fancello & Cianchetti, 2008): da un lato, infatti, la maggior parte dei subtest di questa scala hanno dimostrato una buona saturazione sul fattore g (intelligenza generale) (Lichtenberg & Kauman, 2010), specialmente per quel che riguarda i subtest verbali; dall'altro i diversi test che compongono le scale generali misurano aspetti cognitivi di particolare interesse per la ricerca in atto.

1.1. Il potenziamento delle abilità cognitive a scuola

Le caratteristiche cognitive degli studenti riescono ad avere la capacità di promuovere o contrastare l'apprendimento a scuola (Finn et al., 2014). Nello sviluppo intellettuale, per fattori cognitivi si intendono

da un lato le abilità prescolastiche che stanno alla base dell'alfabetizzazione, dall'altro le componenti legate all'intelligenza fluida, al *problem solving* e alle funzioni esecutive (Blair, 2006). Differenze nelle abilità cognitive di base predicono diversi livelli di apprendimento degli studenti in età adulta (Cowan et al., 2005), inclusi la comprensione (Daneman & Carpenter, 1980) e il *problem solving* (Engle, Kane, & Tuholski, 1999). Funzioni esecutive misurate all'età della scuola dell'infanzia predicono i risultati in matematica e italiano nei livelli di scuola successivi (Blair & Razza, 2007). Le funzioni esecutive, secondo un modello che approfondisce in particolar modo il loro sviluppo nel corso dell'infanzia (Diamond, 2013; Diamond & Lee, 2011), entrano in gioco ogni volta che un soggetto si trova ad affrontare nuovi obiettivi o nuove sfide, dovendo orientare i propri pensieri e le proprie azioni in una determinata direzione, senza una guida esterna. L'autore identifica tre principali funzioni: l'autocontrollo e il controllo delle interferenze (attenzione selettiva); la memoria di lavoro (verbale e visuo-spaziale) che permette una manipolazione attiva delle informazioni necessarie; la flessibilità cognitiva, necessaria per potersi adattare. Accompagnare lo sviluppo delle competenze degli studenti diventa anche porre attenzione allo sviluppo delle loro caratteristiche cognitive, specialmente alla scuola dell'infanzia, in cui lo sviluppo di tali abilità costituisce le fondamenta per l'apprendimento futuro. Il potenziamento cognitivo riguarda la possibilità di ampliare capacità mentali legate all'area della cognizione, quali la percezione, l'attenzione, la comprensione, la memoria, il ragionamento e il coordinamento pensiero/azione (Trincherò, 2014); questo passa attraverso l'allenamento mentale in cui uno sforzo controllato e consapevole permette di percepire e rappresentare i problemi in modo opportuno, risolverli in modo efficace e riflettere sulle proprie rappresentazioni e azioni messe in atto, attraverso metodi e tecniche specifiche (Trincherò, 2009). Si sposta così il focus dalla riuscita del compito (la risoluzione del problema o, in questo caso, la realizzazione dell'oggetto) alla comprensione del funzionamento cognitivo dei soggetti, valorizzando al massimo il ruolo della mediazione (Paour, 2003; Trincherò, 2014). Alcune ricerche (Ricchiardi & Coggi, 2011) illustrano come si possa ottenere un incremento significativo nel successo formativo di bambini

in difficoltà attraverso un percorso ludico condotto in un piccolo gruppo guidato dalla mediazione di un docente e una valigetta di giochi predisposta appositamente, con una ricaduta positiva anche sulla motivazione ad apprendere. Altri studi (Trincherò, 2017) evidenziano come mettere l'alunno di fronte a situazioni-problema che richiedono specifiche abilità cognitive e che permettono di utilizzare e potenziare le funzioni cognitive stesse, favorendo l'attivazione cognitiva e l'accesso all'elaborazione profonda delle informazioni. Ci sono metodologie che più di altre permettono di stimolare l'attivazione cognitiva in modo efficace (Fiorella & Mayer, 2015) tra cui: riassumendo o creando mappe, disegnando o creando immagini mentali, incentivando la capacità di autovalutarsi, costruendo proprie spiegazioni. Come si può evincere, tutte queste metodologie chiedono all'alunno di attivarsi cognitivamente rielaborando i contenuti di quanto sta facendo. Una didattica che utilizzi tali metodologie favorisce lo sviluppo del funzionamento cognitivo, andando a potenziare i processi cognitivi implicati e promuovendo un atteggiamento "attivo" dello studente verso il proprio apprendimento.

1.2 La stampante 3D per lo sviluppo cognitivo alla scuola dell'infanzia

La pedagogia *maker* nasce all'interno del costruttivismo (Papert, 1986) con l'idea che la costruzione della conoscenza avvenga come conseguenza di un'esperienza concreta di creazione e sperimentazione. La tecnologia, in questo caso, ha il ruolo di facilitatore dei processi: gli studenti sono incoraggiati a osservare direttamente le proprie azioni e analizzarne le conseguenze, condividere idee e progetti cercando di sperimentare e valorizzare il proprio stile di apprendimento. L'insegnante facilita a sua volta l'utilizzo della tecnologia e agevola il processo, avendo il ruolo di mediatore. Nella scuola dell'infanzia la costruzione di oggetti fisici è solitamente percepita come un gioco, ma, quando le attività sono strutturate e guidate, possono innescare processi di un apprendimento più profondo, stimolando ad aumentare l'interesse nei confronti delle materie STEM e potenziare le competenze sociali, come per esempio il condividere la propria esperienza positiva di apprendi-

mento insieme agli altri compagni (Blikstein et al., 2017). Tutte le attività nel percorso proposto ai bambini del gruppo sperimentale sono state progettate sul modello TMI (*Think, Make, Improve*), come suggerito da Martinez e Stager (2013). Questo modello è finalizzato a utilizzare lo strumento della stampante 3D per stimolare lo sviluppo di abilità cognitive in tutte le tre fasi: il *think*, il *make* e l'*improve*. In uno sfondo narrativo sono stati introdotti sei compiti integrati da eseguire. Prima di ogni attività è stata narrata ai bambini la parte della storia che contiene un problema aperto. I bambini hanno poi il compito di realizzare personaggi o oggetti per risolvere il problema e poter progredire nella storia. Prima di iniziare con il lavoro di gruppo viene eseguita una fase propeudeutica per assicurarsi che ciascun bambino abbia compreso il problema. In seguito, viene data la consegna di realizzare i personaggi per il racconto della storia, precedentemente introdotta dalla maestra. La classe viene divisa in piccoli gruppi di quattro-cinque alunni ciascuno, in cui sarà possibile sperimentare la realizzazione degli oggetti, promuovendo un'attività di *small group learning* (Springer et al., 1999). Nel primo step, la fase *think*, i bambini all'interno dei piccoli gruppi immaginano, concettualizzano e disegnano in due dimensioni su carta l'oggetto da realizzare. Successivamente, nella fase *make* questo viene riprodotto sulla lavagna digitale in tre dimensioni, attraverso l'utilizzo del software (in questo caso, Thinkercad): mediati dall'aiuto della maestra, i bambini possono scegliere tra una serie di forme solide a disposizione nell'area di progettazione del software quelle più adatte all'obiettivo. La costruzione del disegno alla lavagna avviene in gruppo in un momento di vero *problem solving* condiviso tra gli studenti. In questo processo di interazione continua tra gli studenti si aumenta sia la conoscenza dei contenuti, sia l'abilità di sviluppo e perfezionamento, creando così le condizioni necessarie per il trasferimento dalle conoscenze alle competenze (Kolodner et al., 2009). È in questa fase che avviene la realizzazione dell'oggetto fisico con l'aiuto della stampante 3D, momento in cui gli alunni possono vedere la concreta realizzazione della loro progettazione. Nell'ultima fase, quella dell'*improve*, i bambini si confrontano sull'oggetto realmente prodotto, ipotizzando eventuali modifiche da effettuare e riprogettando secondo le loro esigenze. Si può ripartire per un nuovo ciclo di progettazione e realizzazione, fino al risultato deside-

rato, sviluppando l'approccio di curiosità e ricerca. Inoltre, poiché la tecnologia riprodurrà i disegni digitali con un'elevata fedeltà, i bambini possono concentrarsi sul processo di analisi e sulla valutazione del loro lavoro. In questo modo, per ogni compito proposto vengono sperimentate per almeno due volte ciascuna delle tre fasi *think*, *make* e *improve*. Il procedimento è riprodotto nel seguente schema (Fig. 1):

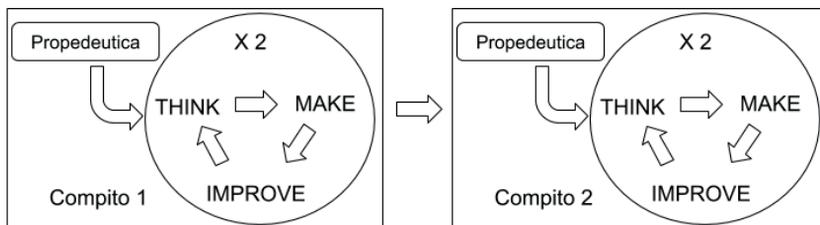


Figura 1. Singole fasi di ciascun compito

Come si evince, il lavoro per ogni compito è composto da una fase propedeutica e due cicli consecutivi di attività con il modello TMI. Il tempo di lavoro impiegato nella media era di otto ore per ogni compito. Per portare a termine tutte le consegne dei sei compiti dello sfondo narrativo, un bambino è stato impegnato nella media 48 ore con le attività del modello TMI nei mesi da gennaio a giugno. In questo contesto è da sottolineare la grande tolleranza al fallimento: l'errore è indispensabile per creare un momento di riflessione e di riconoscimento e dare l'opportunità di un miglioramento (Blikstein, 2013). Si promuove, così, quella che Earl (2003) definisce "valutazione formante", in cui lo studente assume un ruolo attivo e assegna un significato alle informazioni acquisite, collegandole alle conoscenze precedenti: la valutazione diviene un processo di regolazione in cui entrano in funzione i processi metacognitivi che rendono lo studente capace di monitorare personalmente cosa sta imparando attraverso l'uso dei feedback al fine di operare aggiustamenti e cambiamenti. L'utilizzo delle stampanti 3D favorisce una serie di strategie di apprendimento basate sull'attivazione cognitiva sopra citate (Fiorella & Mayer, 2015): apprendere disegnando, cioè rap-

presentando la collocazione spaziale degli elementi in un sistema e identificando i legami strutturali tra le sue parti costituenti; apprendere immaginando, ossia costruendo immagini mentali che illustrano contenuti letti o visti; apprendere costruendo, dando le proprie spiegazioni ai fenomeni e condividendole con gli altri. Questo studio nasce dalla volontà di indagare se e come la stampante 3D possa potenziare le funzioni cognitive degli studenti coinvolti nel processo di realizzazione degli oggetti tridimensionali.

Nello specifico si pensa che:

- la progettazione di oggetti reali in due dimensioni e la loro stampa in tre dimensioni potenzi le abilità di performance e nello specifico la memoria visuo-spaziale, l'organizzazione visuo-motoria, il riconoscimento visivo di dettagli essenziali di un oggetto, l'abilità di percepire e manipolare mentalmente gli oggetti e i pattern visivi.
- il lavoro in piccoli gruppi e la discussione dei progetti da realizzare potenzi l'abilità verbale e nello specifico la capacità di formare concetti verbali, il ragionamento verbale e il vocabolario degli studenti.

2. Metodologia

2.1 Il campione

Sono state selezionate tre scuole dell'infanzia, tra le otto partecipanti al progetto, poiché in grado di mettere a disposizione una classe che potesse avere la funzione di gruppo di controllo rispetto alla classe sperimentale che utilizza la stampante 3D: la scelta di inserire nel disegno di ricerca due classi appartenenti allo stesso plesso didattico ha lo scopo di minimizzare l'effetto del contesto sui risultati. Gli studenti di tutte le classi hanno lavorato sulla realizzazione di personaggi di una medesima storia: in quelle sperimentali ciò è stato fatto con la stampante 3D, nelle altre attraverso altri metodi tradizionali. Hanno partecipato alla ricerca 61 alunni (24 femmine, 37 maschi) di tre scuole dell'infanzia ubicate a San Valentino Torio (SA), Pontenure (PC) e Loreto (AN). Prima dell'inizio e al termine

della fase di sperimentazione con le stampanti 3D, è stato somministrato a entrambi i gruppi il test WPPSI-III. L'età media durante la prima somministrazione (pre-test) era di 5 anni e 6 mesi, e di 5 anni e 11 mesi durante la seconda somministrazione (post-test). Dalle analisi sono stati esclusi i dati relativi a 11 soggetti poiché lo scarto tra i punteggi del pre-test e del post-test relativi al QIT (Quoziente Intellettivo Totale) era superiore a una deviazione standard (± 15). Il campione è, quindi, costituito da 20 femmine e 30 maschi, 27 assegnati alla condizione sperimentale (17 maschi) e 23 alla condizione di controllo (13 maschi).

2.2. Lo strumento

Al fine di valutare i diversi aspetti del funzionamento cognitivo degli studenti è stata utilizzata la WPPSI-III (Wechsler, 1991; adattamento italiano a cura di Sannio Fancello & Cianchetti, 2008) una scala a somministrazione individuale per la valutazione del funzionamento cognitivo per i bambini dai 2,6 agli 11 anni. La scala è stata creata a partire da un approccio cognitivo della mente che rispecchia la struttura del modello di elaborazione delle informazioni (Silver, 1993). La scala è composta da 14 subtest: 7 verbali, 5 di performance e 2 di velocità di processamento e permette di calcolare punteggi sia a livello di subtest (14), sia rispetto a un QI Totale, uno Verbale e uno di Performance. I subtest verbali sono: *Informazione*, che valuta nozioni di cultura generale; *Vocabolario*, che indaga la capacità di formare concetti verbali, di particolare interesse per lo studio; *Ragionamento con parole*, che misura la capacità di ragionamento verbale; *Comprensione*, che valuta la comprensione di comportamenti abituali e delle regole sociali; *Somiglianze*, che misura la capacità di formare concetti utilizzando un ragionamento verbale; *Vocabolario recettivo*, che indaga la comprensione di termini; *Denominazione di immagini*, che valuta la conoscenza e la memoria a lungo termine. I subtest di performance sono così composti: *Disegno con i cubi*, che misura l'abilità di analisi e sintesi di stimoli visivi, attraverso la percezione visiva e la coordinazione visuo-motoria; *Ma-*

trici logiche, che misura la capacità di ragionamento logico; *Concetti per immagini*, che valuta la capacità di ragionamento astratto e la capacità di organizzare categorie; *Completamento di figure*, che indaga il riconoscimento visivo di dettagli essenziali di un oggetto; *Ricostruzione di oggetti*, che valuta l'organizzazione visuo-motoria, l'integrazione e la sintesi parte-tutto.

Ci sono, inoltre, due subtest che misurano la velocità di processamento (*Ricerca di simboli* e *Cifrario*). In base alle categorizzazioni effettuate sui modelli dell'intelligenza di Cattell-Horn-Carroll (Flanagan et al., 1997) e di Guilford (Kaufman & Lichtenberg, 2002), i subtest *Ragionamento con parole*, *Matrici logiche* e *Disegno con cubi* rilevano caratteristiche tipiche dell'intelligenza fluida, intesa come capacità di elaborare e riconoscere concetti, trarre conclusioni, comprendere implicazioni e compiere ragionamenti. Tra questi, *Disegno con cubi* implica l'abilità di percepire e manipolare mentalmente gli oggetti e i pattern visivi, mantenendo l'orientamento nello spazio e vedendo come apparirebbero in condizioni alterate (*Visualizzazione*). Inoltre, i subtest delle *Matrici logiche* e di *Completamento di figure* colgono la capacità di visualizzazione ampia (Flanagan, McGrew, & Ortiz, 2000). Tra quelli verbali i subtest di *Ragionamento con parole* e *Vocabolario* rilevano le abilità di linguaggio, la conoscenza lessicale e la cognizione semantica. È stato così scelto di utilizzare la scala al fine di avere punteggi aggregati delle classi che ci aiutassero a comprendere i livelli dei bambini su queste capacità per poter osservare nel tempo le loro eventuali evoluzioni. I dati del test-retest sono riportati nel manuale tecnico della WPPSI-III con somministrazioni dopo un intervallo di due-sette settimane. Nello stesso manuale sono indicate le sostituzioni dei subtest necessarie per mantenere la validità del test alla seconda somministrazione evitando l'effetto apprendimento (Sannio Fancello & Cianchetti, 2008).

2.3 La procedura

I test sono stati somministrati dai ricercatori agli studenti in modo individuale in un contesto predisposto in modo apposito all'interno della scuola. Ogni seduta di somministrazione, di circa 40 minuti, ha

visto coinvolti due ricercatori: uno con funzione di somministratore e l'altro di osservatore. Nella classe sperimentale gli alunni hanno elaborato i personaggi di una storia scelta da loro guidati dai docenti che, attraverso il modello *Think, Make, Improve*, hanno condotto almeno due cicli di utilizzo completo della stampante. Nella classe di controllo gli studenti hanno comunque elaborato i personaggi della medesima storia, sempre organizzati in gruppo, ma utilizzando altri materiali che implicavano un'elaborazione manuale (creta, pittura, cartapesta). Nella prima sezione le scale sono state somministrate secondo questa sequenza: *Disegno con cubi; Informazione; Matrici logiche; Vocabolario; Concetti per immagini; Ricerca di simboli; Ragionamento con parole; Cifrario; Completamento di figure*. La seconda somministrazione è stata effettuata dopo sei mesi, prima che gli studenti lasciassero la scuola dell'infanzia. Ben consapevoli della poca distanza tra le due somministrazioni, i ricercatori hanno voluto comunque raccogliere le informazioni degli studenti prima del passaggio alla scuola primaria. Nella seconda somministrazione sono state effettuate le sostituzioni in grado di assicurare l'affidabilità test-retest, così come indicato nel manuale. La sequenza è stata la seguente: *Disegno con cubi; Matrici logiche; Vocabolario; Ricerca di simboli; Ragionamento con parole; Cifrario; Completamento di figure; Somiglianze*, al posto del test *Informazione; Ricostruzione di oggetti* in sostituzione di *Concetti per immagini*. Sono stati condotti una serie di test con confronti tra medie dei punteggi di *QI Totale, QI Verbale, QI Performance e Quoziente di velocità di processamento*; i confronti sono stati eseguiti sia tra i punteggi del gruppo sperimentale e di controllo, sia tra i punteggi del pre-test e del post-test.

3. Risultati⁴

In questa prima elaborazione dei dati sono stati calcolati i punteggi di *QI Totale, QI Verbale, QI Performance e Quoziente di velocità di processamento* (Tab. 1).

⁴ Si ringraziano per le analisi dei dati e la creazione del database Carlo Beni di INDIRE ed il Gruppo NAC dell'Università Federico II di Napoli. Per la raccolta dei dati i ricercatori di INDIRE della sede di Firenze e Napoli.

Tabella 1. Test con confronti tra medie dei punteggi di QI Totale (QIT), QI Verbale (QIV), QI Performance (QIP) e Quoziente di velocità di processamento (QVP)

Pre-Test			QIT	QIV	QIP	QVP
Sperimentale	N=27	Media (\pm DS)	86,889 (\pm 11,226)	87,704 (\pm 12,136)	87,148 (\pm 12,108)	99,63 (\pm 20,108)
Controllo	N=23	Media (\pm DS)	81,174 (\pm 12,612)	80,739 (\pm 15,094)	81,652 (\pm 10,87)	99,696 (\pm 17,076)
		<i>P</i>	0,097	0,077	0,100	0,990
Post-Test						
Sperimentale	N=27	Media (\pm DS)	86,556 (\pm 14,227)	93,259 (\pm 19,102)	78,926 (\pm 11,486)	100,296 (\pm 14,239)
Controllo	N=23	Media (\pm DS)	80,652 (\pm 14,122)	88,261 (\pm 17,708)	73,391 (\pm 13,344)	95,348 (\pm 16,541)
		<i>P</i>	0,149	0,345	0,121	0,261
Pre-Post						
Sperimentale	N=27	<i>P</i>	0,829	0,040	0,000	0,870
Controllo	N=23	<i>P</i>	0,755	0,006	0,003	0,233

Dalle analisi emerge un incremento significativo del punteggio del QIV nel post-test sia nel gruppo sperimentale ($p < 0,05$; 87,704 vs 93,259), che di controllo ($p < 0,01$; 80,739 vs 88,261), e un decremento significativo del punteggio del QIP nel post-test sia nel gruppo sperimentale ($p = 0,000$; 87,148 vs 78,926), che di controllo ($p < 0,005$; 81,652 vs 73,391). Non emergono, invece, differenze significative nel QI Totale né nel gruppo sperimentale ($p > 0,05$; 86,889 vs 86,556), né in quello di controllo ($p > 0,05$; 81,174 vs 80,652). Non ne emergono neppure per la velocità di processamento, né nel gruppo di controllo ($p > 0,05$; 99,696 vs 95,348), né in quello sperimentale ($p > 0,05$; 99,63 vs 100,296). Le differenze significative, dunque, risultano sia nel QI Verbale, in senso positivo, sia nel QI di Performance, in senso negativo; restano, invece, piuttosto costanti nel QI Totale, sia per il gruppo sperimentale, sia per il gruppo di controllo. La velocità di processamento decresce in modo non significativo nel gruppo di controllo e rimane costante in quello sperimentale.

4. Discussioni e conclusioni

Lo studio ha avuto l'obiettivo di indagare i processi e le abilità promossi dall'utilizzo delle stampanti 3D, attraverso l'uso di misure standardizzate che permettono un confronto nei risultati che emergono dagli studenti. Si ipotizza che il processo messo in atto nella stampa di oggetti tridimensionali consenta il potenziamento di abilità legate alle funzioni esecutive, al ragionamento verbale, al ragionamento logico. È stata somministrata la WPPSI-III agli studenti di tre classi sperimentali che hanno utilizzato la stampante nel corso dell'anno scolastico e a quelli di tre classi di controllo delle medesime scuole che non l'hanno utilizzata ma hanno comunque perseguito i medesimi obiettivi. Lo strumento è stato somministrato una prima volta a metà anno scolastico, all'inizio della sperimentazione con le stampanti 3D, e una seconda a distanza di sei mesi, alla fine dell'anno scolastico prima che gli studenti terminassero la scuola dell'infanzia. La distanza tra le due somministrazioni è molto esigua, anche se coerente con la differenza necessaria per assicurare la validità test-retest: è stato comunque scelto di svolgere la seconda somministrazione, essendo questa alla fine del percorso all'interno della scuola dell'infanzia e potendo essere considerata come pre-test per successive somministrazioni. I dati sono in linea con la letteratura dopo un intervallo di tempo così ristretto per quanto riguarda il QI Totale (Canivez & Wattkins, 1998; Ryan, Glass, & Bartels, 2010), non mostrando differenze significative nel post-test. In uno studio con due somministrazioni a distanza di due anni e mezzo (Canivez & Wattkins, 1998) si rileva una buona attendibilità test-retest delle scale, ma i punteggi ottenuti non sono statisticamente differenti. Utilizzando la quarta versione della scala, la *Wechsler Intelligence Scale for Children-Fourth Edition* (Wechsler, 2003; Watkins & Smith, 2013) si rileva, invece, uno scostamento di oltre dieci punti per un 25% dei soggetti. In un altro studio (Ryan et al., 2010) con due somministrazioni a distanza di 11 mesi a studenti di scuola primaria, si conferma una buona attendibilità del test: il QIT ottiene in questo caso punteggi differenti nel 42% degli studenti con un range di +/-5. Le differenze riscontrate in senso positivo nel QI Verbale e in senso negativo nel QI di performance sono costanti sia

per il gruppo sperimentale sia in quello di controllo: questo può far pensare o a un bias nella somministrazione del test o a effetti dovuti ad altri fattori, quali ad esempio aspetti contestuali o elementi del curricolo che esulano dalla stampante 3D. La crescita del QI Verbale può essere anche imputata al fatto che, in entrambe le condizioni (sperimentale vs controllo), la strutturazione di percorsi didattici finalizzati alla produzione di materiali in piccolo gruppo può aver stimolato la condivisione e lo sviluppo verbale, indipendentemente dallo strumento utilizzato nel corso del processo. Non sono emerse differenze significative nelle funzioni esecutive che sottendono la risoluzione dei test di performance e in quelli che compongono il Quoziente di velocità di processamento. La somministrazione del test ha permesso ai ricercatori di avere un primo approccio alla valutazione cognitiva in contesti educativi che integrano strumenti tecnologici nella didattica.

Questo è uno dei primi studi in Italia che approfondisce l'utilizzo delle stampanti 3D a scuola attraverso strumenti standardizzati. La ricerca presenta certamente dei limiti: tra questi il poco tempo trascorso tra le due somministrazioni, la complessità di somministrazione dello strumento in contesti educativi e la variabilità delle prove per effetto del somministratore. Sono numerose le variabili intervenienti che possono influenzarne i risultati tra cui: il curricolo che caratterizza la scuola e che delinea tutta una serie di attività oltre l'utilizzo della stampante 3D; l'effetto dell'indice di status socio-economico-culturale (ESCS) del bacino di utenza delle scuole; variabili relative ai docenti, come la motivazione e la capacità di utilizzare la stampante 3D in modo tale da mettere in atto strategie di insegnamento efficaci per l'attivazione cognitiva. L'esigua numerosità del campione non consente la generalizzazione dei risultati: tuttavia, la complessità del test somministrato non permette la realizzazione di un'indagine su larga scala; inoltre, al fine di minimizzare il peso delle variabili intervenienti si rende necessario non tanto ampliare il campione in questa fase, quanto semmai approfondire i processi che caratterizzano le strategie di insegnamento e di apprendimento nei contesti che fanno uso di questa tipologia di strumenti. Queste considerazioni e il risultato in merito al miglioramento delle abilità verbali per entrambi i gruppi hanno portato i ricercatori a riflettere

sulla necessità di approfondire la descrizione del modello *Think, Make, Improve* con la stampante 3D, evidenziando come questo possa stimolare l'attivazione cognitiva dello studente e lo sviluppo delle funzioni cognitive. Si intende, inoltre, proseguire con un'ulteriore somministrazione con maggior intervallo di tempo per coloro che continueranno il proprio percorso all'interno del medesimo istituto comprensivo e con l'analisi dei risultati per i gruppi sperimentali e di controllo di ciascuna scuola utilizzando *mixed model* o *mixed effect models* per piccoli gruppi.

Riconoscimenti

La ricerca è sostenuta con le risorse dei fondi del Programma Operativo Nazionale “Per la Scuola – Competenze e Ambienti per l'apprendimento” – Asse I – Obiettivo Specifico 10.8 – Azione 10.8.4 – Progetto “Didattica laboratoriale multidisciplinare” – Codice 10.8.4.A2-FSEPONINDIRE-2017-1.

References

- Blair, C. (2006). How similar are fluid cognition and general intelligence? A developmental neuroscience perspective on fluid cognition as an aspect of human cognitive ability. *Behavioral and Brain Sciences*, 29, 109-160.
- Blair, C., & Razza, R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*, 78(2), 647-663.
- Blikstein, P. (2013). Digital fabrication and ‘making’ in education: The democratization of invention. *FabLabs: Of Machines, Makers and Inventors*, 4, 1-21.
- Blikstein, P., Kabayadondo, Z., Martin, A., & Fields, D. (2017). An assessment instrument of technological literacies in makerspaces and fabLabs. *Journal of Engineering Education*, 106(1), 149-175.
- Canivez, G. L, & Watkins, M. W. (1998). Long-term stability of the Wechsler Intelligence Scale for children – third edition. *Psychological Assessment*, 10(3), 285-291.

- Cowan N., Elliott E. M., Sauls S. J., Morey C. C., Mattox S., & Hismjatullina A. (2005). On the capacity of attention: Its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. *Cognitive Psychology*, 51(1), 42-100.
- Damiani, P., Santiello, A., & Gomez Paloma, F. (2015). Ripensare la didattica alla luce delle neuroscienze. Corpo, abilità visuo-spaziali ed empatia: una ricerca esplorativa. *Giornale italiano della ricerca educativa*, 14, 83-105.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 19(4), 450-466.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168.
- Diamond, A., & Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4-12 years old. *Science*, 333(6045), 959-964.
- Earl, L. M. (2014). *Assessment as Learning. Using Classroom Assessment to Maximize Student Learning*. Cheltenham: Hawker Brownlow.
- Edelman, G. M. (1987). *Seconda natura. Scienza del cervello e conoscenza umana*. Milano: Raffaello Cortina Editore.
- Engle, R. W., Kane, M. J., & Tuholski, S. W. (1999). Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence, and functions of the prefrontal cortex. In A. Miyake, P. Shah (Eds.), *Models of Working Memory: Mechanisms of Active Maintenance and Executive Control* (pp. 102-134). New York, NY: Cambridge University Press.
- Finn, A. S., Kraft, M. A., West, M. R., Leonard, J. A., Bish, C. E., Martin, R. E., Sheridan, M. A., Gabrieli, C. F., & Gabrieli, J. D. (2014). Cognitive skills, student achievement tests, and schools. *Psychological Science*, 25(3), 736-844.
- Fiorella, L., & Mayer, R. (2015). *Learning as a Generative Activity. Eight Learning Strategies that Promote Understanding*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Flanagan, D. P., Genshaft, J. L., & Harrison, P. L. (Eds.). (1997). *Contemporary Intellectual Assessment: Theories, Tests and Issues*. New York, NY: Guilford.
- Flanagan, D. P., McGrew, K. S., & Ortiz, S. O. (2000). *The Wechsler Intelligence Scale and Gf-gc Theory*. Boston, MA: Allyn & Bacon.
- Hattie, J. (2012). *Visible Learning for Teachers. Maximizing Impact on Learning*. London-New York: Routledge.
- Kaufman, A. S., & Lichtenberg, E. O. (2002). *Assessing Adolescent and Adult Intelligence* (2nd ed.). Boston, MA: Allyn & Bacon.

- Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., Puntambekar, S., & Ryan, M. (2009). Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom: Putting learning by design into practice. *Journal of the Learning Sciences*, 12(4), 495-547.
- Lichtenberg, E. O., & Kaufman, A. S. (2010). *Essentials of WAIS-IV Assessment*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Martinez, S. L., & Stager, G. (2013). *Invent to Learn: Making, Tinkering, and Engineering in the Classroom*. Torrance, CA: Constructing Modern Knowledge Press.
- Miglino, O. (2017). Introduzione. In L. Guasti & A. Rosa (Eds.), *Maker@Scuola. Stampanti 3D nella scuola dell'infanzia*. Firenze: AssoPiù Edizioni.
- Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (2012). *Indicazioni nazionali per il curricolo della Scuola dell'Infanzia e del primo ciclo di istruzione*. <http://www.indicazioninazionali.it/2018/08/26/indicazioni-2012/>
- Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (2015). *Piano Nazionale Scuola Digitale*. http://www.istruzione.it/scuola_digitale/allegati/Materiali/pnsd-layout-30.10-WEB.pdf
- Paour, J. L. (2003). L'educazione cognitiva e metacognitiva ed i programmi di intervento. In O. Albanese, P. A. Doudin, & D. Martin (Eds.), *Metacognizione ed educazione. Processi, apprendimenti, strumenti* (pp. 255-277). Milano: FrancoAngeli.
- Papert, S. (1986). *Constructionism: A New Opportunity for Elementary Science Education*. Boston, MA: Massachusetts Institute of Technology, Media Laboratory, Epistemology and Learning Group.
- Parola, A. (2017). Per un approccio “digital humanities” tra pensiero e immagini. In L. Guasti & A. Rosa (Eds.), *Maker@Scuola. Stampanti 3D nella scuola dell'infanzia*. Firenze: AssoPiù Edizioni.
- Ricchiardi, P., & Coggi, C. (2011). *Gioco e potenziamento cognitivo nell'infanzia. La teoria*. Trento: Erickson.
- Ryan, J. J., Glass, L. A., & Bartels, J. M. (2010). Stability of the WISC-IV in a sample of elementary and middle school children. *Applied Neuropsychology*, 17(1), 68-72.
- Sannio Fancello, G., & Cianchetti, C. (2008). *WPPSI-III. Contributo alla taratura italiana*. Firenze: Giunti O.S. Organizzazioni Speciali.
- Silver, L. B. (Ed.) (1993). *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*, 2, 189-353.
- Springer, L., Stanne, M. E., & Donovan, S. (1999). Effects of small-group learning on undergraduates in science, mathematics, engineering, and technology: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 69(1), 50-80.

- Trincherò, R. (2009). Gioco? No, imparo! Linee guida per la progettazione e valutazione di software didattico per il potenziamento cognitivo. In C. Coggi, *Potenziamento cognitivo e motivazionale dei bambini in difficoltà. Il Progetto Fenix* (pp. 141-173). Milano: FrancoAngeli.
- Trincherò, R. (2014). Il gioco computerizzato per il potenziamento cognitivo e la promozione del successo scolastico. Un approccio evidence based. *Form@re*, 3(14), 7-24.
- Trincherò, R. (2017). Nove concetti chiave per un'istruzione informata dall'evidenza. *Formazione & Insegnamento. Rivista internazionale di Scienze dell'educazione e della formazione*, 15, 113-125.
- Watkins, M. W. & Smith, L. G. (2013). Long-term stability of the Wechsler Intelligence Scale for children – fourth edition. *Psychological Assessment*, 25(2), 477-483.
- Wechsler, D. (1991). *Wechsler Intelligence Scale for Children – Scale for Children – Third Edition (WISC-III)* San Antonio, TX: Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (2003). *Wechsler Intelligence Scale for Children – Fourth Edition (WISC-IV). Technical and Interpretive Manual*. San Antonio, TX: Psychological Corporation.