

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
MODENA E REGGIO EMILIA**

Dottorato di ricerca in Scienze Umanistiche

Ciclo XXXII

*Le competenze numeriche prescolari e il ruolo dei processi dominio-general
in bambini a sviluppo tipico e in soggetti in età evolutiva con Sindrome di Down*

Candidato Stefanelli Silvia

Relatore (Tutor): Prof.ssa Maristella Scorza

Coordinatore del Corso di Dottorato: Prof.ssa Marina Bondi

ABSTRACT

Il presente progetto di ricerca ha l'obiettivo di approfondire la conoscenza dei processi di acquisizione delle competenze numeriche in bambini a sviluppo tipico e atipico. In età prescolare avviene il passaggio dalle competenze numeriche innate e preverbalì a quelle più complesse legate ad aspetti culturali e sociali. La co-esistenza di processi dominio-specifici e dominio-generalì permette di sviluppare le competenze numeriche: mentre i primi sono legati alla cognizione numerica, gli altri si concentrano su abilità cognitive non numeriche, tra cui il ragionamento, il linguaggio e le funzioni esecutive. Dai 2 ai 6 anni si sviluppa il pensiero simbolico, cioè la capacità del bambino di usare le rappresentazioni mentali per elaborare la realtà in modo progressivamente meno rigido e più reversibile. Altri modelli ipotizzano lo sviluppo, in questa fase evolutiva, di differenti abilità cognitive, tra cui il fattore *Gf* e le funzioni esecutive, sulle quali si strutturano le abilità di ragionamento, pianificazione e problem solving. Il primo studio ha indagato lo sviluppo di queste competenze durante il quarto anno di vita attraverso un'analisi delle prestazioni di bambini a sviluppo tipico (N=71) appartenenti a differenti fasce d'età (4-4.5 e 4.6-4.11). Ai partecipanti è stata somministrata una batteria che valuta le competenze numeriche, il ragionamento fluido, la qualità del pensiero, il linguaggio e le funzioni esecutive. I risultati mostrano che i bambini di 4.6-4.11 presentano maggiori competenze numeriche a livello lessicale e di conteggio, mentre le capacità di calcolo e quelle relative all'area semantica risultano simili tra le due fasce d'età. Inoltre, emergono differenze nella qualità delle operazioni mentali, nell'inibizione e nell'attenzione sostenuta. Si osservano significative relazioni tra i fattori dominio-generalì indagati e le concomitanti competenze numeriche, seppur con differente intensità nelle due fasce d'età. Il medesimo disegno sperimentale è stato utilizzato per indagare le competenze numeriche e le funzioni cognitive in minori con Sindrome di Down. La disabilità intellettiva è stata identificata come una tra le

caratteristiche più importanti di questa popolazione clinica, alla quale si associano compromissioni a carico del linguaggio, degli apprendimenti scolastici, tra cui la cognizione numerica, e delle funzioni esecutive. Il secondo studio ha rilevato che soggetti in età evolutiva (N=22) appartenenti a popolazioni differenti ma con medesima età mentale, valutata con il test Operazioni Logiche, mostrano simili competenze numeriche e cognitive. Ad eccezione della capacità di discriminazione di quantità e di lettura dei numeri, i soggetti di quattro anni d'età mentale con Sindrome di Down e a sviluppo tipico mostrano analoghe competenze numeriche. Confrontando i dati, nei minori con Sindrome di Down si rilevano deficit nella comprensione morfosintattica e nella memoria a breve termine verbale. A parità di prestazioni, si osservano differenze tra i due gruppi nella quantità e qualità delle correlazioni tra i fattori dominio-generalizzati e le competenze numeriche. Nonostante tali evidenze necessitino di maggiori approfondimenti, si sottolinea l'importanza di promuovere prassi cliniche che includano, già dall'età prescolare, la valutazione delle competenze numeriche e cognitive e, soprattutto nella Sindrome di Down, del funzionamento intellettuale e della qualità del pensiero, al fine di far emergere punti forza e di debolezza.

ABSTRACT

The present work aims to explore early mathematical competences in typically developing children and in individuals with Down syndrome. The period between 2 and 6 years is crucial for numerical abilities because there is a connection between innate numerical representation and cultural and social acquisition. The co-existence of number-specific and domain-general processes allows the development of numerical skills: the formers are linked to the numerical cognition, the domain-general processes include reasoning, language, and executive functions. In this period children show the ability to use mental representations and develop different cognitive abilities, like *Gf* factor and executive functions. The first study investigated early mathematical competences and domain-general processes in children between 4 and 5 years old. A battery of tasks assessing numerical competences, fluid reasoning, logical thinking, receptive language, and executive functions have been administered to a group of 71 typically developing children divided into groups based on their age (4-4.5 vs 4.6-4.11). The results revealed that the younger group performed at a significantly lower level on tasks assessing symbolic mathematical skills and counting. The mental additions and quantity discrimination performances were similar between the two groups. Furthermore, there were significant differences between the two groups on logical thinking, inhibition and sustained attention tasks. The results showed significant correlations between domain-general processes and concomitant mathematical competences, but the effects of these associations were different for the two groups. The second research analysed the same cognitive tasks in individuals with Down syndrome. Intellectual disability has been identified as one of the most important features in this population. The behavioral phenotype of individuals with Down syndrome is characterized by language impairments, limited memory span, and deficits in executive functions and learning abilities. The battery has been administered to a group of 11 individuals with Down

syndrome and 11 typically developing children matched for mental age, assessed with the Operazioni Logiche test. The findings revealed that the group of participants with Down syndrome performed at a significantly lower level of quantity discrimination, grammatical comprehension, and short-term verbal memory tasks. Moreover, individuals with Down syndrome read better Arabic numbers than the control group. The results showed differences between the two groups on the quantity and quality of the relationships between domain-general processes and mathematical competences. Certainly, more researches on typically developing and Down syndrome children are needed, but these findings have shown significant similarities and differences between typical and atypical population and the importance of a neuropsychological assessment. It should include mathematical competences, EF, language, fluid reasoning, and logical thinking. This approach could be useful for identifying strengths and weaknesses in the profiles.

*“Ciò che rende uniche le capacità numeriche umane
è lo sviluppo e la trasmissione di strumenti culturali
che ampliano le facoltà del modulo numerico»*

(Butterworth, 1999)

INDICE

1. INTRODUZIONE	11
1.1 Le competenze numeriche prescolari nello sviluppo tipico: il ruolo dei processi dominio-specifici e dominio-generalì	15
1.1.2 Fattori dominio-specifici	15
1.1.3 Fattori dominio-generalì	26
1.2 Le competenze numeriche in soggetti in età evolutiva con Sindrome di Down: il ruolo dei processi dominio-specifici e dominio-generalì.....	39
2. STUDIO 1.....	55
2.1 Obiettivi.....	55
2.2 Metodo.....	56
2.2.1 Partecipanti	56
2.2.2 Procedura	58
2.2.3 Strumenti di valutazione	59
2.2.4 Analisi statistica.....	65
2.3 Risultati.....	66
2.3.1 Confronto tra i gruppi nelle competenze numeriche prescolari	66
2.3.2 Confronto tra i gruppi nelle funzioni cognitive	68
2.3.3 Analisi correlazionale tra le competenze numeriche prescolari e l'età cronologica	72
2.3.4 Analisi correlazionale tra le competenze numeriche prescolari e i fattori dominio-generalì ...	73
2.4 Discussione.....	78
3. STUDIO 2.....	89
3.1 Obiettivi.....	89
3.2 Metodo.....	90
3.2.1 Partecipanti	90
3.2.2 Procedura	92
3.2.3 Strumenti di valutazione	93
3.2.4 Analisi statistica.....	93
3.3 Risultati.....	94
3.3.1 Confronto tra i gruppi nelle competenze numeriche	94
3.3.2 Confronto tra i gruppi nelle funzioni cognitive	97
3.3.3 Analisi correlazionale tra le competenze numeriche e i fattori dominio-generalì	99
3.4 Discussione.....	103
4. CONCLUSIONI GENERALI	111
BIBLIOGRAFIA.....	117

1. INTRODUZIONE

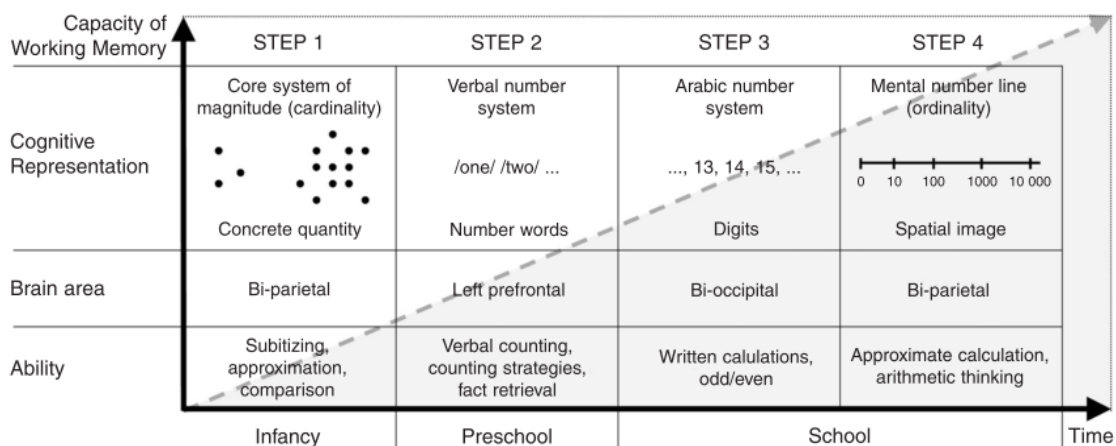
Per decenni la comunità scientifica ha pensato che l'uomo non raggiungesse la piena concezione del numero fino all'età di 6-7 anni, in corrispondenza di quello che Piaget definiva, pensiero operatorio. Le strutture del pensiero operatorio consistono di operazioni, definite dall'autore, intellettuali, coordinate fra loro in sistemi globali la cui caratteristica, in contrasto con il pensiero prelogico del periodo precedente, è la reversibilità. Il bambino "*logico*" è in grado di: individuare le proprietà invarianti in oggetti diversi (classificazione); individuare il valore dimensionale delle proprietà degli oggetti (seriazione); combinare le due operazioni precedenti (numerazione); comprendere le relazioni spazio-temporali tra oggetti o sulle relazioni parte/tutto negli oggetti (infralogiche); compiere inferenze del tipo "se-allora" (inferenza transitiva). Mentre il pensiero prelogico o intuitivo, che caratterizza i bambini dai 2 ai 6 anni, ha un carattere irreversibile e rigido, che denota ancora la "prepotenza" del dato percettivo, nello stadio operatorio concreto la capacità del bambino di combinare in un unico atto mentale i dati percettivi e il ricordo di come appariva la realtà prima che intervenisse una certa trasformazione, dimostra la presenza del pensiero logico. Questa forma di pensiero permette al bambino di svolgere uno dei classici compiti piagetiani: il compito di conservazione del numero. Generalmente verso i 4 anni i bambini riescono ad associare un insieme di oggetti (es.: bicchieri), disposti in fila, ad un altro insieme (es.: bottiglie), mettendo i singoli oggetti in corrispondenza biunivoca. I bambini di circa 4 anni dichiarano che le due file presentano lo stesso numero di oggetti. A questo punto viene modificata la disposizione degli oggetti di una delle due file in modo tale che formino una fila più lunga. In tale occasione viene chiesto ai bambini se, ora, gli oggetti delle due file sono tanti uguali o una delle due file presenta un numero maggiore di elementi. I bambini al di sotto dei 5 anni sostengono che, in questo caso, una fila, solitamente quella più densa o più lunga, presenta più oggetti dell'altra (Piaget, 1968).

Questo compito consente di valutare se il bambino comprende che le proprietà di base della materia non vengono modificate dai loro cambiamenti percettivi. L'ipotesi piagetiana sostiene l'idea che la mente del bambino “*nonconservare*” non sia in grado di comprendere che le modificazioni interne ad un insieme non influenzino la quantità dell'insieme stesso. Secondo Piaget, il vero ragionamento da “*conservare*” utilizza motivazioni logiche e algebriche per risolvere il compito (es: “*non si è tolto né aggiunto nulla*”) ed è slegato dalla conoscenza della cardinalità dell'insieme dato: il ragionamento del bambino avviene esclusivamente sulla base della verificata corrispondenza biunivoca e si sviluppa a partire dalla trasformazione degli elementi e non sull'esito finale. Tale ragionamento, secondo Piaget, non è presente prima dei 5-6 anni e necessita della comparsa del pensiero logico. Negli anni '80 però si avvia un filone di ricerca focalizzato sull'idea che i bambini presentano conoscenze sul numero prima dei 5-6 anni (Gelman & Gallistel, 1978). Tale visione presuppone che l'apprendimento infantile del numero sia un processo dominio-specifico e sia vincolato da principi innati, i quali permettono al neonato di focalizzare l'attenzione sugli stimoli pertinenti al numero e di costruire in memoria le rappresentazioni opportune. Le predisposizioni innate forniscono dei vincoli attraverso i quali è possibile computare gli input inerenti al numero (Karmiloff-Smith, 1992). Nel corso dello sviluppo, poi, i vincoli diventano progressivamente più modulari. Grazie al supporto delle evidenze di neuroimaging, la neuropsicologia dello sviluppo contemporanea ha dimostrato come la capacità di comprendere il mondo in termini numerici sia una competenza innata, caratteristica dell'essere umano, condivisa con tante altre specie animali (Butterworth, 1999; Dehaene, 1992; Mou & VanMarle, 2014). Secondo Brian Butterworth (1999) “*siamo nati per contare. [...] perfino i neonati percepiscono il numero delle cose*”, in quanto, nel nostro cervello, esistono dei circuiti specializzati per categorizzare il mondo in termini di numerosità: « *[...] non possiamo evitare di vedere che le mucche in un campo sono bianche e marroni, né possiamo evitare di vedere che ce ne sono tre; [...] come ci sono persone che nascono cieche ai colori, ci sono anche*

*individui che nascono con una sorta di cecità per i numeri. [...] La mia tesi è che il genoma umano contenga le istruzioni per costruire circuiti cerebrali specializzati che chiamerò modulo numerico». Attraverso studi empirici, è stata dimostrata l'esistenza di un'area particolare del cervello preposta a manipolare informazioni ambientali in termini di quantità, una predisposizione biologica conosciuta in letteratura come *number sense* (Dehaene, 1992) o *number module* (Butterworth, 1999). Se si desidera andare oltre alla capacità di cogliere piccole numerosità è necessario ricorrere a strumenti concettuali: la cultura, il linguaggio e l'insegnamento formale permettono di ampliare le facoltà del modulo numerico (Butterworth, 1999). Secondo von Aster e Shalev (2007) la rappresentazione mentale della linea numerica sembra essere un prodotto che dipende in modo sostanziale anche dalle esperienze che, durante gli anni prescolari e scolari, i bambini maturano. Essa richiede molte più risorse cognitive rispetto alla predisposizione biologica: la costruzione delle competenze e abilità numeriche non può prescindere dall'uso e dalla manipolazione di immagini mentali, dal linguaggio e dalla memoria di lavoro. Attraverso un modello evolutivo della cognizione numerica (vedi figura 1), organizzato gerarchicamente, von Aster e Shalev (2007) mostrano che l'acquisizione del numero avviene per fasi: alla nascita vi è un sistema innato di rappresentazione della numerosità, che si traduce nell'abilità dell'essere umano di effettuare compiti di *subitizing* o approssimazione, e fornisce il significato al "numero". Secondo gli autori, lo step 1 è una condizione preliminare e necessaria affinché i bambini imparino ad associare un numero di oggetti o eventi a simboli verbali o scritti in formato arabico (●●● → /tre/ → 3). Il sistema linguistico (step 2) e quello arabico (step 3) costituiscono a loro volta una condizione preliminare per lo sviluppo di una linea numerica mentale (step 4) nella quale l'ordinalità è considerata un secondo core-system del numero, in questo caso non innato ma acquisito. Nella fase prelinguistica il bambino presenta una competenza universale di rappresentare e manipolare le grandezze numeriche su una retta mentale orientata spazialmente (non verbale). E' dunque in grado di svolgere compiti di*

approssimazione, *subitizing* e grandezza numerica. Grazie alla cultura e al linguaggio, progressivamente, si sviluppano le competenze prescolari che permettono acquisire una rappresentazione linguistica, arabica e semantica del numero. Si sviluppano, quindi, competenze di comparazione di numeri, di seriazione, di conteggio e di recupero di fatti aritmetici. Tali competenze sono supportate da specifiche aree cerebrali che elaborano in modo differente specifici compiti (von Aster & Shalev, 2007). Nel suddetto modello la cognizione numerica è costituita da due parti, una innata relativa alla rappresentazione della numerosità (step 1), e una acquisita, relativa alla rappresentazione semantica del numero (step 4). In questo caso, in accordo con la teoria di ridecrizione rappresentazionale di Karmiloff-Smith (1992), con lo sviluppo si ri-describe la forma della rappresentazione numerica da quella più implicita o procedurale a quella più esplicita e flessibile, accessibile a tutto il sistema cognitivo, che richiede l'intervento mediatore di altre abilità, dominio-specifiche (es.: conoscenza simbolica del numero) e dominio generali (es.: funzioni esecutive, linguaggio).

Figura 1. *Four-step-developmental model of numerical cognition* (figura tratta da: von Aster & Shalev, 2007)



innata e indipendente dalla manipolazione linguistico-simbolica e permette, anche a bambini molto piccoli, di manipolare le informazioni ambientali in termini di quantità (Dehaene et al., 2003; Feigenson, Dehaene & Spelke, 2004). Queste precoci abilità numeriche non verbali hanno trovato evidenze nell'essere umano anche grazie agli studi di neuroscienze (Dehaene et al., 2003): sono state identificate due regioni del lobo parietale, il solco intraparietale e la porzione superiore del lobulo parietale posteriore, in grado di attivarsi selettivamente in compiti che richiedono la manipolazione di quantità. Queste regioni sottendono ad abilità numeriche non mediate dal linguaggio (Dehaene et al., 2003) e sembra che, già a tre mesi di vita, la corteccia parietale destra risponda alla numerosità (Izard, Dehaene-Lambertz, & Dehaene, 2008).

La letteratura evidenzia due sistemi “core” preverbali per la quantificazione della realtà (Feigenson et al., 2004), entrambi presenti dalla nascita ma con differenti proprietà (Mou & vanMarle, 2014): *Object Tracking System* (OTS), che permette all'essere umano di identificare percettivamente piccole quantità (fino a 4) senza contare (*subitizing*; Butterworth, 2005), e *Approximate Number System* (ANS), che permette di percepire la numerosità (più di 4 oggetti), senza nessun limite, seppur in modo approssimato. Il compito più comune per indagare quest'ultimo processo è quello di chiedere ad un soggetto di indicare quale tra due insiemi di pallini (compito non simbolico) contiene la quantità maggiore (Piazza, Pica, Izard, Spelke, & Dehaene, 2013). Alcuni autori sostengono che tale competenza sia verificabile con stimoli visivi (es.: pallini o immagini) e sonori (es.: suoni), ipotizzando, dunque, che vi sia una capacità di rappresentazione astratta della numerosità (Eger, Sterzer, Russ, Giraud, & Kleinschmidt, 2003; Lipton & Spelke, 2004). Nei neonati e nei bambini l'accuratezza e i tempi di risposta al compito di confronto tra quantità dipendono dal rapporto numerico che c'è tra i due insiemi, in accordo con la legge psicofisica di Weber (acuità numerica): tale indicatore tende a diminuire con l'aumentare dell'età (Brannon, Suanda, & Libertus, 2007; Feigenson et al., 2004; Izard, Sann, Spelke, & Streri, 2009). Xu e Spelke (2000) evidenziarono che neonati di 4/6 mesi, sono in

grado di discriminare fra insiemi con numerosità elevate, purché la differenza tra i due gruppi sia abbastanza grande. A questo proposito si rileva che neonati di circa 3 mesi sono in grado di discriminare tra insiemi di numerosità diverse se il loro rapporto numerico è di 1:3 (Izard, Sann, Spelke, & Streri, 2009). Tale capacità tende a migliorare nel tempo. Neonati di circa 6 mesi sono in grado di discriminare matrici di punti (Xu & Spelke, 2000; Xu, 2003), di sequenze di suoni (Lipton & Spelke, 2003) o sequenze di azioni (Wood & Spelke, 2005) entro un rapporto 1:2, mentre, verso l'anno di vita, tale rapporto si avvicina a 2:3 (Lipton & Spelke, 2003) e subisce una progressivo perfezionamento durante tutta l'infanzia (Halberda & Feigenson, 2008). Verso i 6 anni la capacità del bambino di discriminare tra insiemi con stimoli non-simbolici è nel rapporto 6:7 (Halberda & Feigenson, 2008; Piazza et al., 2010).

Nonostante la letteratura non sia tutt'ora concorde (Holloway & Ansari, 2009; Vanbinst, Ghesquière, & De Smedt, 2012), studi dimostrano che la capacità di discriminare la numerosità in età prescolare permette di sviluppare abilità matematiche utili sia per la fase prescolare sia per quelle successive. Attraverso uno studio longitudinale, Starr e colleghi (2013) dimostrano che la capacità di discriminare numerosità non simboliche a 6 mesi di vita correla positivamente sia con l'abilità di confrontare quantità non simboliche a 3 anni e mezzo sia con altre competenze numeriche. Alla luce del fatto che tale relazione permane anche dopo aver controllato il generale livello di intelligenza, gli autori suggeriscono che precoci competenze nel confronto di quantità non simboliche facilitino l'acquisizione delle competenze numeriche simboliche e delle abilità matematiche (Starr, Libertus, & Brannon, 2013). Altre evidenze emergono da ricerche sull'acuità numerica indagata in bambini di circa 4 anni: questa competenza sembrerebbe predire le abilità matematiche 6 mesi dopo, anche in seguito ad un controllo rispetto a differenze individuali per età, per la dimensione del vocabolario espressivo e per iniziale livello di competenze matematiche (Libertus, Feigenson & Halberda, 2013). Anche altri autori riconoscono un ruolo importante alla capacità di discriminazione delle quantità, non-simbolica o simbolica, in età

prescolare per lo sviluppo delle successive abilità matematiche soprattutto nelle prime classi della scuola primaria (De Smedt, Verschaffel, & Ghesquière, 2009; Desoete, Ceulemans, De Weerdt, & Pieters, 2012). Ad esempio Clarke e Shinn (2004) trovano correlazioni tra l'acuità numerica e la capacità di calcolo fluente. La meta-analisi di Chen e Li (2014) indica che attualmente ci sono diverse evidenze scientifiche sulla relazione tra l'acuità numerica non simbolica e le abilità matematiche simboliche, e tale associazione tende a rimanere significativa anche dopo il controllo di altri potenziali moderatori, come il quoziente intellettivo e/o la working memory. Gli autori suggeriscono, però, cautela interpretativa rispetto a tali evidenze, in quanto altri fattori cognitivi potrebbero ulteriormente contribuire allo sviluppo delle abilità matematiche. Ad esempio, Mazzocco, Feigenson e Halberda (2011) mostrano che la precisione dell'acuità numerica in età prescolare (3-4 anni) predice selettivamente le abilità matematiche a 5-6 anni, ma gli autori non hanno tenuto conto del livello di conoscenza del principio di cardinalità, che, secondo Mussolin e colleghi (2014), sembra essere predittivo, a 3-4 anni, insieme alla conoscenza simbolica del numero, dell'accuratezza nel confronto di quantità sette mesi più tardi. Gli autori hanno, inoltre, verificato la non-significatività della relazione contraria, cioè tra confronto di quantità non simbolico e successiva conoscenza numerica (Mussolin, Nys, Content, & Leybaert, 2014). Recentemente in uno studio longitudinale su 113 bambini di circa 4 anni viene dimostrato che la prestazione a prove di acuità numerica non simbolica predice la competenza dell'ANS cinque mesi dopo, ma che anche la cardinalità e la risposta inibitoria sono fattori importanti predittivi (Purpura & Simms, 2018). Viene inoltre attribuito un ruolo anche alle funzioni esecutive, soprattutto all'inibizione, nello sviluppo dell'ANS (Fuhs & McNeil, 2013). Generalmente gli studi sull'ANS vengono effettuati con attività di confronto tra pallini ed è noto come le proprietà visive dello stimolo influenzino il giudizio di numerosità non simbolica (es. densità e dimensione dei pallini) (Purpura & Simms, 2018; Szűcs, Nobes, Devine, Gabriel, & Gebuis, 2013). Nel 2019 Lonnemann e Hasselhorn rilevano in un campione di 156 bambini

prescolari (range età 4.2 – 6.11) che le abilità di discriminazione non simbolica sono associate al conteggio in avanti, alla lettura di numeri, etc. Queste associazioni sembrerebbero essere totalmente mediate dalle differenze interindividuali nelle abilità visuospaziali (Lonnemann & Hasselhorn, 2019). Dunque se nella prima infanzia i processi semantici fanno riferimento esclusivamente all'intelligenza numerica preverbale, in fasi di sviluppo successive l'acquisizione progressiva di ulteriori processi e strumenti concettuali, come la cultura, il linguaggio, il ragionamento, le funzioni esecutive, permette di andare oltre alla competenza numerica non verbale e ampliare le facoltà del modulo numerico (Butterworth, 1999). Il “*first core system*”, dunque, si integra con il sistema simbolico del numero usato dai bambini e adulti per contare e fare operazioni (Feigenson et al., 2004).

Il primo collegamento tra la predisposizione biologica e la cultura è il conteggio, un processo che consente di quantificare la realtà attraverso il sistema verbale dei numeri e richiede al bambino di mettere in relazione i concetti-numero con le parole-numero: grazie al conteggio, i bambini acquisiscono, dunque, le prime capacità simboliche (Gelman & Gallistel, 1978). Verso i due anni di vita, prima di accedere all'istruzione formale, i bambini si staccano progressivamente dalla realtà fisica degli oggetti da contare ed imparano ad associare delle parole-numero alla numerosità di un insieme, recitando, inizialmente, una sorta di filastrocca verbale priva di alcun valore cognitivo (Wynn, 1992). Se nelle fasi iniziali di acquisizione del conteggio il bambino, quindi, conta senza comprendere il significato cardinale dei numeri, definito in letteratura *procedural* o *sequential counting* (Fuson, 1992; Gelman & Gallistel, 1978), successivamente è in grado di enumerare, cioè impara ad applicare il conteggio agli oggetti attraverso la corrispondenza biunivoca (*conceptual* o *cardinal counting*) (Wynn, 1992). Come sostiene Lucangeli (2012), i processi preverbali rendono comprensibili i meccanismi di conteggio verbale, mentre la capacità verbale permette di associare alle quantità un'etichetta e permettere, così, lo sviluppo delle abilità di conteggio. La maturazione dei processi lessicali permette ai

bambini di utilizzare il nome dei numeri senza servirsi di un referente concreto e, progressivamente, da parole “vuote” saranno riempite di significato: la loro cardinalità. Nello sviluppo tipico, il bambino è in grado di riconoscere il valore cardinale delle parole-numero verso i 4 anni (Fuson, 1988). Nel 1978, Gelman e Gallistel identificarono tre principi impliciti, ritenuti essenziali per sviluppare il conteggio, a cui se ne aggiungono altri due non essenziali (*how-to-count principles*):

- principio di cardinalità: l'ultimo numero della serie rappresenta la numerosità dell'insieme;
- principio dell'ordine stabile: i numeri devono essere ordinati in una sequenza fissa e immutabile;
- principio della corrispondenza uno ad uno: ad ogni elemento da contare deve essere assegnato ad uno e ad un solo numero;
- principio dell'astrazione: il conteggio si può applicare a qualsiasi insieme di entità (oggetti, eventi, costrutti mentali);
- principio irrilevanza dell'ordine: l'ordine in cui gli elementi da contare sono processati è irrilevante per il processo di conteggio.

Nonostante il dibattito in letteratura sia ancora aperto, dai 3 ai 5 anni si registra un'elevata variabilità nella conoscenza simbolica dei numeri (Le Corre & Carey, 2007; Mussolin, Nys, Leybaert, & Content, 2012; Wagner & Johnson, 2011): alcuni bambini comprendono il principio di cardinalità (es.: cardinal principle knowers), altri comprendono solo cosa rappresentano l'“uno”, “due”, “tre” (es.: subset knowers). Secondo Gelman (2008) i bambini dai due ai quattro anni potrebbero non sapere correttamente contare, ma potrebbero capire quando e se si commettono errori di corrispondenza uno-a-uno e di cardinalità. Dal punto di vista evolutivo, dunque, la padronanza di tali principi essenziali non avviene nello stesso momento: tipicamente si avvia con l'acquisizione dell'ordine stabile verso i 2-3 anni e si completa verso i 4-5 anni con

la cardinalità (Butterworth, 2005; Freeman, Antonucci & Lewis, 2000; LeFevre et al., 2006; Wynn, 1990). Già nel 1990 Wynn identificava dei bambini “*grabbers*”, cioè prescolari di circa 3 anni che sapevano usare l’ultima parola del conteggio per indicare la quantità di oggetti contati, ma se si chiedeva loro uno specifico numero di oggetti, ne afferravano una manciata a caso. Il classico compito volto ad indagare il principio di cardinalità nei bambini è il “*give-a-number*” descritto da Wynn nel 1990 e 1992 e permette di capire di quale/i parola/e-numero i bambini conoscono con il rispettivo significato: nella sua versione originale, il compito consiste nel chiedere al bambino di dare ad un pupazzetto una quantità di oggetti, espressa attraverso una parola-numero. I bambini di circa 2 anni e mezzo selezionano quantità/numeri a caso, non mostrando dunque di saper padroneggiare la cardinalità. Verso i 2 anni e mezzo e tre, i bambini iniziano ad essere in grado di dare un elemento e, nel giro di alcuni mesi, sono in grado di sviluppare tale competenza fino a 4. Successivamente amplieranno il concetto di cardinalità anche ai grandi numeri (Sarnecka & Carey, 2008). La cardinalità in età prescolare è predittiva dei risultati scolastici in matematica in quinta primaria (Nguyen, et al., 2016). Utilizzando versioni rivisitate del “*give-a-number task*”, alcuni autori hanno indagato la relazione tra la cardinalità e il confronto di quantità: i bambini tra i 3 e i 5 anni in grado di padroneggiare il principio di cardinalità, sono più accurati nei compiti di discriminazione tra insiemi di dots rispetto ai bambini che possiedono parzialmente o non possiedono il principio di cardinalità (Brannon & Van de Walle, 2001; Wagner & Johnson, 2011). Contrariamente, ci sono studi che non confermano questi risultati (Huntley-Fenner & Cannon, 2000; Slaughter, Kamppi, & Paynter, 2006). Rousselle, Palmers e Noël (2004) e Negen e Sarnecka (2015) hanno osservato che i bambini che non padroneggiano il principio di cardinalità falliscono in compiti di confronto di quantità non simboliche nella condizione in cui vi sia conflitto tra la densità dei dots nello spazio e la numerosità (es.: i dots dell’insieme più numeroso sono disposti in uno spazio inferiore rispetto a quelli dell’insieme meno numeroso). Inoltre, al fine di contare correttamente

ogni singolo numero di una collezione di elementi è essenziale che il bambino padroneggi la corrispondenza uno-a-uno e, successivamente, che integri questa competenza con la capacità di produrre sequenze di parole-numero (Fuson, 1988, 1992; Gelman & Gallistel, 1978). La corrispondenza biunivoca, cioè la capacità di accoppiare ciascuna unità di una collezione con una e una sola unità di un'altra collezione, viene acquisita verso i due anni, indipendentemente dall'acquisizione della sequenza verbale delle parole (Wynn, 1992), mentre l'uso della corrispondenza uno-a-uno per contare un numero limitato di oggetti, si sviluppa tra i due e quattro anni (Gelman & Gallistel, 1978). Secondo Molin, Poli & Lucangeli (2007) l'apprendimento della corrispondenza biunivoca impegna il bambino fino ai 5 anni di vita.

Piaget e Szeminska (1941/1968) sostenevano che *“non esiste una connessione tra l'abilità di contare e le effettive operazioni di cui il bambino è capace”*. Secondo gli autori, infatti, il conteggio non contribuiva molto allo sviluppo delle competenze numeriche perché era esclusivamente un'attività acustica priva di significato. Molte ricerche più recenti dimostrano che le competenze di conteggio in età prescolare, in termini di accuratezza e rapidità, sono un prerequisito fondamentale per lo sviluppo delle capacità aritmetiche dei bambini (Johansson, 2005; Nguyen et al., 2016), tra cui, ad esempio, abilità di calcolo fluente durante la scuola primaria (Passolunghi, Vercelloni, & Schadee, 2007; Praet, Titeca, Ceulemans, & Desoete, 2013). All'interno di un disegno sperimentale molto complesso, Mou, Berteletti e Hyde (2018) confermano quello già evidenziato da Mussolin e collaboratori nel 2012, e cioè che in bambini prescolari di 3-4 anni il conteggio è il più forte predittore delle conoscenze simboliche del numero, anche alla luce delle competenze linguistiche e abilità cognitive più generali. Inoltre bambini abili nel contare e con buone capacità di problem-solving riescono ad utilizzare il conteggio per confrontare due gruppi di elementi, per contare correttamente gli oggetti senza il bisogno di toccarli concretamente, per risolvere operazioni additive e sottrattive e per sviluppare strategie di conteggio più complesse (Purpura & Lonigan, 2013). Analizzando singolarmente i

due tipi di conteggio, si rileva che il *procedural counting* è fortemente correlato con le abilità aritmetiche dalla fase prescolare fino alla classe seconda primaria (Aunola, Leskinen, Lerkkanen, & Nurmi, 2004; Geary, 1993; Koponen, Salmi, Eklund, & Aro, 2013; Stock, Desoete, & Roeyers, 2009) e il *conceptual counting* risulta essere un marcatore delle abilità matematiche alla scuola primaria, anche alla luce di altre variabili cognitive e/o numeriche (Fuchs et al., 2010). La capacità di svolgere in modo efficiente a 42-57 mesi tale compito, con un gruppo limitato di oggetti, predice le abilità aritmetiche successive molto più di altre funzioni cognitive, tra cui, ad esempio, la working memory e l'inibizione (Gray & Reeve, 2014). Alcuni autori suggeriscono che l'enumerazione si sviluppi a partire dalla capacità di discriminazione non simbolica, la quale, già a 4 anni, sarebbe in grado di predire le competenze di conteggio cardinale a 5 anni e 10 mesi, controllando anche per la consapevolezza fonologica e la memoria a breve termine visuospatiale (Soto-Calvo, Simmons, Willis, & Adams, 2015). Come si evince, dunque, il processo di acquisizione del conteggio è molto complesso e richiede tempo per svilupparsi a partire dalla fase prescolare. Lucangeli (1999) ha evidenziato cinque livelli di acquisizione dei principi di conteggio, i quali sono appresi in successione e risentono ampiamente delle esperienze a cui il bambino è esposto: (1) uso della sequenza di numeri come stringa di parole (3/4 anni); (2) uso di parole numero in sequenza unidirezionale in avanti e sempre a partire dall'uno (4/5 anni); (3) possibilità di riprodurre la sequenza di parole numero unidirezionale a partire da un qualsiasi numero della serie (circa 5 anni); (4) le parole numero della sequenza sono trattate come unità distinte, non è più necessario ricorrere ad elementi concreti di corrispondenza biunivoca (5/6 anni); (5) uso della sequenza parole-numero in modo bidirezionale (dopo i 6 anni). Secondo Tobia e Bernabini (2017) un bambino a fine scuola dell'infanzia dovrebbe conoscere la sequenza numerica da 1 fino a 20, fino a 40 secondo Fuson (1988), ed essere in grado di contare circa una decina di oggetti. Le differenze nelle capacità di conteggio tra i bambini potrebbero essere legate anche alle esperienze individuali che ognuno individualmente fa con i numeri: in generale

maggiori abilità di conteggio sono correlate a maggiore esercizio ed esposizione al tale compito (Davidson, Eng, & Barner, 2012). Inoltre la capacità di contare in modo rapido e corretto è un prerequisito indispensabile per la costruzione degli algoritmi del calcolo. I bambini prescolari di 4-6 anni sono in grado di risolvere problemi con semplici addizioni e sottrazioni (Dehaene, 1997; Levine, Jordan, & Huttenlocher, 1992), alcuni di questi riescono ad utilizzare anche numeri e simboli (Soto-Calvo et al., 2015) mentre la maggior parte sa esclusivamente risolvere operazioni con quantità rappresentate sotto forma di oggetti, dunque non simboliche (Barth, La Mont, Lipton & Spelke, 2005; Levine et al., 1992). La capacità di eseguire operazioni in età prescolare è predittiva per il successivo successo scolastico (Aunio & Niemivirta, 2010; LeFevre et al., 2010). Tale capacità a 5 anni e 10 mesi è supportata da funzioni cognitive, tra cui la consapevolezza fonologica, la memoria visuospatiale a breve termine, la capacità di discriminazione non simbolica a circa 4 anni e mezzo (Soto-Calvo et al., 2015).

Oltre allo sviluppo del conteggio e dei primi algoritmi di calcolo, generalmente i bambini verso i 3-4 anni iniziano a riconoscere i numeri scritti in formato arabico, a leggerli e ad associarli alla quantità corrispondente (Dehaene, 1992; Mussolin et al., 2014). Generalmente quest'ultima competenza tende ad emergere durante il perfezionamento delle prime due. Mentre a 3 anni molti bambini commettono ancora errori di identificazione, cioè riconoscono un numero per un altro, verso i 4-5 anni generalmente i bambini leggono e riconoscono sufficientemente i numeri più frequenti, tendenzialmente quelli piccoli (da 1 a 5); progressivamente associano un numero scritto alla rispettiva quantità (Pontecorvo, 1985). La conoscenza dei numeri è un'ulteriore dimostrazione del collegamento tra aspetti primitivi della cognizione numerica e strumenti culturalmente determinati. Nello specifico, in fase prescolare la conoscenza simbolica, tra cui lettura di numeri arabi e la capacità di collegarli alla rispettiva quantità non simbolica, mediano completamente il collegamento tra competenze informali e abilità formali un anno dopo (Purpura, Baroody, & Lonigan, 2013). In età prescolare, la conoscenza simbolica si rileva essere

infatti, un fattore predittivo importante, seppur non è il più forte, delle successive abilità matematiche (Geary, Hoard, Nugent, & Bailey, 2013; Lembke & Foegen, 2009), tra cui, ad esempio, le abilità di calcolo fluente (Chard et al., 2005), oltre che per le concomitanti competenze numeriche alla scuola dell'infanzia (VanDerHeyden, Broussard, & Cooley, 2006). Anche lo sviluppo della rappresentazione della retta dei numeri, cioè la tendenza del bambino a mappare i numeri nello spazio, è legato all'apprendimento dei numeri arabi e dell'ordinalità di questi fin dall'età prescolare (Berteletti, Lucangeli, Piazza, Dehaene, & Zorzi, 2010). L'acquisizione del linguaggio matematico, inoltre, sembrerebbe aiutare i bambini a comprendere il significato dei numeri così come l'aver un ampio vocabolario lessicale sembrerebbe aiutare l'acquisizione delle parole-numero (Toll & Van Luit, 2014). Anche altri studi confermano il ruolo dell'ampiezza del vocabolario recettivo e delle competenze linguistiche come strumento cognitivo di supporto per il passaggio dalle parole numero al codice arabo scritto (Göbel, Watson, Lervåg, & Hulme, 2014), utili per l'apprendimento delle parole-numero (Barner, Chow & Yang, 2009; Negen & Sarnecka, 2012) e, in generale, per l'acquisizione delle prime abilità matematiche (Chu et al., 2016; Fuhs & McNeil, 2013; Mussolin et al., 2012; vanMarle, Chu, Li, & Geary, 2014; vanMarle, Mou, & Seok, 2016). LeFevre e collaboratori (2010) hanno rilevato che in bambini prescolari le competenze linguistiche, tra cui vocabolario ed elisione, sono relazionate con la lettura di numeri. Non tutti gli autori confermano tali evidenze (vedi Ansari et al., 2003) e, secondo un recente studio di Mou e colleghi (2018), le differenze individuali nel vocabolario recettivo da sole non sono in grado di spiegare le differenze nello sviluppo della conoscenza simbolica in età prescolare. Infine, alcune ricerche mostrano che i bambini più abili a risolvere semplici problemi durante la scuola dell'infanzia sono quelli che non conoscono le parole-numero (Canobi & Bethune, 2008; Levine et al., 1992), anche se Cowan e Renton (1996) non rilevano tale risultato.

1.1.3 Fattori dominio-generalisti

Tra i processi di natura dominio-generale utili per lo sviluppo delle competenze numeriche prescolari vengono citate in letteratura le competenze di seriazione, corrispondenza e classificazione (Van de Rijt & Van Luit, 1998), ossia operazioni pensate da Piaget per descrivere la qualità del pensiero logico. L'autore sosteneva che il pieno sviluppo delle abilità aritmetiche e della comprensione del numero sarebbe stato possibile solo quando i bambini fossero stati in grado di padroneggiare specifiche operazioni logiche di pensiero, come, ad esempio, capire che se una fila di oggetti è più lunga non è detto che sia la più numerosa. Nel 1983 Silliphant trova una relazione tra le competenze di seriazione, classificazione e conservazione di bambini prescolari e il loro successo scolastico alla fine della scuola dell'infanzia. Le capacità di pensiero logico nei bambini prescolari sono collegate alle successive abilità aritmetiche (Grègoire, 2005; Nunes et al., 2007). Uno studio mostra che la competenza dei bambini di 5 anni alle prove del pensiero predicono il successo scolastico in lettura e in matematica alla fine delle seconda e terza primaria. Nonostante queste premesse, la letteratura contemporanea ha scarsamente studiato le abilità matematiche insieme al pensiero logico (Morsanyi & Szűcs, 2014). Secondo Piaget la capacità di seriazione, cioè la capacità di organizzare correttamente oggetti di lunghezza variabile in sequenze ordinate, è alla base della comprensione della sequenza ordinata dei numeri naturali (es.: "9" è di più piccolo come "11", ma è più grande di "5"). Le operazioni di seriazione vanno dalla più semplice capacità di identificare l'oggetto più grande e quello più piccolo fino alla seriazione simultanea di dimensioni multiple. Seriazione e inserzione, cioè la capacità di inserire un ulteriore oggetto in una serie formata, richiedono ai bambini riflessioni sulle grandezze e sulle relazioni tra di esse, attività paragonabile al ragionamento sui numeri e sulle relazioni tra di essi (Tobia, Bonifacci, & Marzocchi, 2016). Secondo l'interpretazione di Kidd e colleghi (2008), comprendere le relazioni tra oggetti è molto importante in quanto sottolinea il passaggio da una tipologia di pensiero basato sulla percezione ad una forma, seppur immatura, di

pensiero astratto. Questo passaggio è fondamentale per comprendere concetti utili allo sviluppo dell'intelligenza numerica, come la linea del numero e l'ordinalità: bambini che non sono in grado di seriare degli oggetti concreti potrebbero mostrare difficoltà ad ordinare correttamente anche dei numeri in formato arabico (Kidd, Paskin, Gadzichowski, Ferral-Like, & Gallington, 2008). Nella maggior parte dei casi, grazie alla naturale stimolazione ambientale, un bambino di età prescolare impara ad effettuare delle seriazioni unidimensionali (es.: seriare elementi per grandezza o altezza) e, successivamente, ad aggiungere un elemento in una serie già formata (Paskin, Greene, Ferguson & Levit, 2006). Tipicamente nella fase iniziale i bambini selezionano l'oggetto più piccolo del gruppo e iniziano a seriare da quello posizionando a fianco quello più piccolo del gruppo rimasto, e così via fino a quando tutta la serie non è stata completata (Leiser & Gillieron, 1990; Piaget & Inhelder, 1959/1979). Questo comportamento dimostra che il bambino ha compreso le relazioni di ordine di grandezza (Piaget & Inhelder, 1959/1979). L'inserzione è, invece, un compito più complesso (Piaget & Inhelder, 1959/1979) e la maggior parte dei bambini a 4 anni non è in grado di completare correttamente il compito (Leiser & Gillieron, 1990; Malabonga, Paskin, & Hendricks, 1994; Southard & Paskin, 1997; Young, 1976). Secondo Piaget e Inhelder (1966/1970) la capacità di effettuare operazioni di inserzione è il precursore della transitività, la quale sottende il passaggio dal preoperatorio al pensiero operatorio concreto, stadio utile per comprendere concetti matematici prescolari e delle prime fasi scolari (Piaget & Inhelder, 1959/1979; Piaget & Szeminska, 1941/1968). Studi dimostrano che la seriazione e l'inserzione sono collegate con le successive abilità matematiche in bambini a sviluppo tipico (Grégoire, 2005). Già in una review del 1987 Paskin riportava che diverse componenti del numero, tra cui gli aspetti lessicali e la capacità di svolgere operazioni di calcolo additivo e sottrattivo, mostrano collegamenti con la seriazione, oltre che con la classificazione. Recentemente Tobia e colleghi (2016) confermano tali evidenze, dimostrando che la capacità di seriazione e d'inserzione sono prerequisiti delle prime competenze di calcolo. Monitorando

longitudinalmente lo sviluppo dei bambini, gli autori evidenziano che, oltre al ruolo predittivo dell'ampiezza del vocabolario e della memoria visuospaziale, la seriazione è un significativo indicatore delle prime competenze di calcolo in bambini a sviluppo tipico di età compresa tra i 47-57 mesi (Tobia et al., 2016). Inoltre, le capacità di seriazione e d'inserzione a 4-5 anni sembrerebbero essere legate a generali competenze di ragionamento astratto e problem solving (Ciancio, Rojas, McMahon, & Paskin, 2001; Paskin et al., 2006). Lo studio di Kidd e colleghi (2008) che ha coinvolto 78 bambini di 5 anni, mostra che prescolari sottoposti ad attività educative all'interno del contesto scolastico centrate su operazioni del pensiero (*oddy principle*, inserzioni e conservazione) ottengono punteggi superiori ai test che indagano le abilità cognitive e numeriche rispetto agli altri gruppi sperimentali, ipotizzando una generalizzazione delle competenze cognitive a quelle matematiche. Alcuni studi analizzano, oltre alla seriazione e all'inserzione, anche il ruolo della classificazione nello sviluppo delle competenze numeriche: la capacità di svolgere tali operazioni cognitive durante la scuola dell'infanzia correla significativamente con le competenze numeriche della fase prescolare e della prima primaria (Desoete, 2014; Praet et al., 2013). Secondo Piaget, la classificazione, o l'abilità logica di ordinare degli oggetti in base alle similitudini in una o più dimensioni ignorando le differenze, supporta la comprensione dei numeri naturali: secondo l'autore questa permetterebbe di capire che il numero "5" corrisponde a tutte le categorie di insiemi che contengono cinque elementi. L'abilità di riconoscere similitudini e differenze, ordinare in modo sufficientemente corretto, categorizzare gerarchicamente gli oggetti in classi si sviluppano tendenzialmente prima dei 4 anni (Gelman & Wellman, 1991; Mervis, Johnson, & Mervis, 1994), mentre l'abilità del bambino di identificare un oggetto in un gruppo che differisce dagli altri per una sola caratteristica (*oddy principle*) è più complesso. I bambini prescolari di fronte ad un compito di identificazione dell'oggetto differente per dimensione tentano di risolvere il compito sulla base delle qualità degli oggetti, piuttosto che sulla loro relazione. Il bambino di questa fase evolutiva

non riconosce adeguatamente le relazioni tra gli oggetti di un gruppo e dunque cerca l'oggetto differente per qualità assolute (es.: "grande") (Chalmers & Halford, 2003). Difficoltà analoghe si rilevano quando si aggiungono dimensioni quali forma, funzioni, colore, etc (Pasnak, 1987; Pasnak et al., 1986). Secondo Piaget e Inhelder (1959/1979), il coordinamento delle operazioni di seriazione e classificazione (es.: "4" è incluso in "5" in cui è incluso "6", e così via) consentirebbe al bambino di accedere a ragionamenti complessi sui numeri e a risolvere problemi aritmetici che implicano relazioni tra il tutto e le sue parti. La competenza in tali compiti sembrerebbe essere anche più predittiva, per il successo in aritmetica, delle scale Wechsler e Stanford Binet e sarebbero in grado di influenzare significativamente l'apprendimento delle abilità prescolari di base (Kidd et al., 2008). Contrariamente, Clements (1984) non rileva alcun ruolo della seriazione e/o classificazione nello sviluppo delle competenze aritmetiche, soprattutto nel conteggio.

Nonostante la conservazione del numero tenda a svilupparsi più tardi rispetto alle sopraelencate competenze cognitive (Kidd et al., 2008), anch'essa gioca un ruolo importante nello sviluppo delle abilità matematiche, oltre che in tutta la teoria piagetiana (Piaget & Szeminska, 1941/1968). *"The failure of children younger than 5 to conserve number ... is one of the most reliable experimental findings in the entire literature on cognitive development."* (Gelman & Gallistel, 1978). A quattro anni i bambini ammettono che una fila di oggetti messi in corrispondenza biunivoca con un'altra fila di oggetti hanno la stessa numerosità. Alterando la configurazione spaziale di una delle due file, secondo Piaget la maggior parte dei bambini di questa fascia d'età fallirà il compito. Solo verso i 5-6 anni tale operazione si rileva stabile e i bambini saranno in grado di comprendere che si tratta di una trasformazione esclusivamente spaziale e che, come tale, non altera il numero: l'invarianza del numero è sostenuta dalla reversibilità del pensiero, cioè dalla capacità di eseguire, mentalmente e in modo simultaneo, la stessa azione nel senso inverso. Anche Karmiloff-Smith (1992) conferma tali evidenze,

sostenendo che la conservazione del numero non è presente prima dei 5 anni, indipendentemente dal materiale dello stimolo utilizzato. L'autrice aggiunge, inoltre, che non è l'esito finale al compito di conservazione a fornire informazioni sul ragionamento conservativo, ma è l'analisi qualitativa della prestazione durante il compito a indicare lo sviluppo di una "mente conservatrice" (Karmiloff-Smith, 1992). Recentemente lo studio di Ahmad e collaboratori (2018) conferma che i bambini di 3-5 anni non sono in grado di eseguire correttamente prove piagetiane di conservazione del numero, riscontrando a 4 anni una migliore performance del genere femminile rispetto a quello maschile alla suddetta prova. Una ricerca condotta in Italia su 77 bambini di 4 anni mostra che la conservazione del numero con 5 elementi concreti è osservabile nel 53% dei casi, mentre la percentuale scende a 34% con materiale più numeroso e astratto (10 gettoni) (Vianello & Marin, 1997). Inoltre gli autori osservano che tutti i bambini di quattro anni (100%) padroneggiano operazioni di corrispondenza pratica mentre la capacità di usare questa competenza per fare un'inferenza sulla numerosità è osservabile nel 64% del campione (Vianello & Marin, 1997). La comunità scientifica discute ancora oggi sull'età d'esordio della conservazione del numero: adattando il compito alla fase di sviluppo dei bambini e/o effettuando trial di addestramento, diversi autori riportano l'esordio anche in fasi precedenti (Siegler, 2016; Watanabe, 2017). Qualora si offrisse ai bambini la possibilità di familiarizzare con il compito, secondo Watanabe (2017) è possibile acquisire il concetto della conservazione già a 3 anni. Grazie alle neuroimmagini (fMRI), nel 2011 uno studio ha confrontato bambini "nonconservers" di 5-6 anni e "conservers" di 9-10 anni (Houdé et al., 2011). Gli autori rilevano un'attivazione del solco intraparietale bilaterale (IPS) in tutti i bambini, dimostrando che il classico compito piagetiano è, in qualche modo, un'attività afferente alla cognizione numerica, ma osservano una maggiore attivazione nei "conservers". I risultati suggeriscono che la prova piagetiana, per essere correttamente risolta, necessita di un network neurofunzionale che includa fortemente le regioni parietali e il lobo prefrontale, supportando l'ipotesi di un compito che

necessita della cognizione numerica e delle funzioni esecutive, tra cui l'inibizione (Houdé et al., 2011).

Anche altre variabili dominio-generalì rivestono un ruolo significativo nell'acquisizione delle competenze numeriche: sia l'intelligenza sia le funzioni esecutive (FE), soprattutto working memory e inibizione, sono oggetto di studio in campo matematico (Geary, Hamson, & Hoard, 2000; Noël, 2009). Le FE sono un insieme di processi cognitivi top-down che intervengono nei comportamenti finalizzati e complessi, necessari per tutte le attività di vita quotidiana (Burgess & Simons, 2005; Espy et al., 2004; Miyake et al., 2000; Miller & Cohen, 2001) e permettono ai bambini di focalizzare l'attenzione su informazioni rilevanti, ignorare gli stimoli distraenti, inibire le strategie inefficienti e trattenere le informazioni in memoria contemporaneamente all'elaborazione di nuove (Cragg & Gilmore, 2014; Raghubar, Barnes, & Hecht, 2010). Hanno, dunque, un ruolo di controllo e sono concettualizzate come un gruppo di abilità cognitive relativamente indipendenti tra loro, ma è possibile suddividerle in tre processi esecutivi che, sebbene abbiano alcuni elementi in comune, devono essere valutate mediante l'esecuzione di compiti differenziati (Miyake et al., 2000). C'è un generale accordo scientifico nell'identificare come componenti importanti delle FE, le seguenti (Diamond, 2013; Lehto, Juujärvi, Kooistra, & Pulkkinen, 2003; Miyake et al., 2000):

- *Updating* o riaggiornamento in memoria di lavoro: abilità di riaggiornare e rielaborare il materiale nella working memory. Secondo il modello di Baddeley (2000), la working memory è composta da 4 componenti: l'esecutivo centrale, il quale ha un ruolo di supervisore e di coordinamento delle flusso delle informazioni all'interno della working memory, inclusa l'attivazione temporanea nella memoria a lungo termine; i due sistemi di stoccaggio delle informazioni (memoria a breve termine); il buffer episodico, che collega la working memory alla memoria a lungo termine. I magazzini a breve termine sono

specifici per materiale verbale (*phonological loop*) e visuospatiale (*visuospatial sketchpad*).

- *Inhibition*: capacità di inibire consapevolmente le risposte prepotenti, automatiche o predominanti, che possono interferire con il comportamento finalizzato;
- *Shifting*: capacità di cambiare flessibilmente il tipo di compito.

Sulla base delle “*core EFs*” si strutturano le abilità di ragionamento, di pianificazione e di problem solving (Collins & Koechlin, 2012; Diamond, 2013; Lunt et al., 2012;). Anche l’attenzione ricopre un ruolo importante nello sviluppo delle FE: il modello integrato di Miyake e colleghi (2000) identifica l’attenzione come un fattore latente che media le correlazioni tra le componenti delle FE. Le FE emergono molto presto, già intorno alla fine del primo anno di vita e si sviluppano nel corso di un arco protratto nel tempo (Zelazo & Müller, 2002). I cambiamenti strutturali della corteccia prefrontale dai 2 ai 5 anni permettono un incremento drammatico delle FE durante la fase prescolare (Zelazo & Müller, 2002). Best e Miller (2010) hanno esaminato l’evoluzione delle “*core EFs*” in un arco di età ampio che va dall’età prescolare alla giovane età adulta anche alla luce delle evidenze provenienti dalle neuroscienze. Gli autori hanno rilevato che l’inibizione ha un rapido e significativo incremento in età prescolare seguito da un’evoluzione più lenta fino all’adolescenza, mentre la working memory sembra conoscere una traiettoria evolutiva lineare dall’età prescolare all’adolescenza. Lo shifting ha un’evoluzione più tardiva. Mentre nella prima fase di sviluppo, le diverse funzioni esecutive sembrano essere indistinguibili (Wiebe et al., 2011), già a 4 anni è possibile identificare due dimensioni separate, una che rappresenta i processi inibitori e l’altra i processi collegati alla memoria di lavoro (Lee, Bull, & Ho, 2013; Miller, Giesbrecht, Müller, McInerney, & Kerns, 2012; Monette, Bigras, & Lanfrenière, 2015; Usai, Viterbori, Traverso, & De Franchis, 2014). L’inibizione subisce rapidi cambiamenti dai 2 ai 6 anni: a 4 anni sono in grado di eseguire compiti che richiedono diversi tipi di abilità inibitorie, dalla semplice inibizione della risposta motoria ad abilità più complesse

che richiedono l'integrazione della working memory. La letteratura ha ampiamente confermato il ruolo delle FE nello sviluppo delle competenze numeriche in fase prescolare (Clark, Sheffield, Wiebe, & Espy, 2013; Espy et al., 2004; Purpura, Schmitt, & Ganley, 2017; Verdine, Irwin, Golinkoff, & Hirsh-Pasek, 2014): già a tre anni queste sono in grado di predire le successive competenze numeriche alla scuola dell'infanzia (Clark, Pritchard, & Woodward, 2010). Bambini prescolari con solide funzioni esecutive mostrano maggior successo in prove matematiche, oltre che in altre abilità scolastiche, nei primi tre anni di scuola primaria rispetto ai coetanei con meno competenze (Bull, Epsy, & Wiebe, 2008). Tra le "core EFs" la working memory è sicuramente la più studiata. Geary (2011) sostiene che ogni componente del modello di working memory di Baddeley e Hitch (1974) possiede un ruolo fondamentale nel ragionamento matematico e correla, singolarmente, con le abilità matematiche (Zheng, Swanson, & Marcoulides, 2011). Molte ricerche che studiano il rapporto tra working memory e abilità matematiche focalizzano la loro attenzione su bambini di età scolare, mentre la fascia prescolare risulta meno indagata. Dedicandosi allo studio di popolazioni prescolari, Passolunghi e Lanfranchi (2012) mostrano invece che già in questa fase la working memory assume un ruolo significativo nello sviluppo delle competenze numeriche. La working memory risulta essere predittiva delle successive abilità aritmetiche durante il primo ciclo della primaria sia con materiale verbale sia visuospatiale (Bull et al., 2008). Uno studio longitudinale condotto su bambini dalla scuola dell'infanzia fino alla prima primaria mostra che, in generale, la memoria di lavoro verbale è maggiormente correlata ai risultati matematici rispetto alla memoria di lavoro visuospatiale (Praet et al., 2013). Altri studiosi sottolineano che la componente visuospatiale della working memory risulterebbe più importante per le competenze numeriche in età prescolare, mentre quella verbale sembra essere più importante per le prestazioni matematiche in età successive (De Smedt et al., 2009; Rasmussen & Bisanz, 2005), contrariamente da quanto descritto da Friso-Van Den Bos e colleghi (2013). Gli autori sottolineano che nei bambini più grandi la correlazione tra

working memory visuospatiale e abilità matematiche è alta, mentre nei bambini più piccoli è bassa. Analizzando la letteratura in modo analitico rispetto alle due componenti, si rileva che la working memory verbale in età prescolare è un significativo predittore della cardinalità, del confronto di quantità di dots e della seriazione di numeri (Purpura & Ganley, 2014). Dai 5 ai 7 anni questa funzione esecutiva correla con precoci competenze di fluenza matematica e di risoluzione di problemi, proposti con parole (Martin, Cirino, Sharp, & Barnes, 2014). Altri autori non evidenziano alcun ruolo della working memory verbale in età prescolare nel conteggio, nell'enumerazione, nel riconoscimento di numeri e nella risoluzione di piccoli problemi (vedi Raghubar & Barnes, 2017). Anche il taccuino visuospatiale supporta lo sviluppo delle abilità matematiche. Un recente studio mostra interessanti correlazioni con questa competenza e le precoci competenze numeriche, dall'infanzia fino alla prima primaria (Toll, Kroesbergen, & Van Luit, 2016). In età prescolare la working memory visuospatiale sembra supportare l'abilità del bambino di risolvere problemi aritmetici non simbolici (Levine et al., 1992; Rasmussen & Bisanz, 2005) e correla con le capacità, a 8-9 anni, di calcolo, oltre che di problem-solving (Barnes et al., 2014). Inoltre, la letteratura evidenzia che la working memory visuospatiale a 6 anni correla con le abilità di conteggio (Kyttälä, Aunio, Lehto, van Luit, & Hautamaki, 2003). Secondo Krajewski e Schneider (2009) il magazzino a breve termine visuospatiale supporta lo sviluppo del conteggio cardinale ma non sequenziale. Si osserva, infine, anche una specifica associazione tra abilità matematiche e esecutivo centrale, ad esempio, nel conteggio (Noël, 2009). Un recente studio dimostra che la performance di bambini prescolari al compito di *listening recall* correla con la capacità di confronto di quantità (Purpura et al., 2017). Secondo Mazzocco e Kover (2007) il supporto dell'esecutivo centrale nella cognizione numerica sarebbe quello di ostacolare l'entrata di informazioni irrilevanti nella working memory (es.: durante il recupero dei fatti aritmetici). Passolunghi e Lanfranchi (2012) sottolineano che sembrerebbe più significativo il ruolo dell'esecutivo centrale nello sviluppo delle competenze numeriche, rispetto

ai magazzini a breve termine. La letteratura, inoltre, indica che alcune difficoltà in matematica si manifestano in bambini con difficoltà attentive e di inibizione. L'attenzione permette ai bambini di avviare l'elaborazione delle informazioni, comprendere e recuperare informazioni per differenti compiti (Geary, Hoard, & Hamson, 1999) e dunque risulterebbe utile allo sviluppo delle abilità matematiche (Fuchs et al., 2010; Fuchs, Geary, Fuchs, Compton, & Hamlett, 2014): attraverso dei report di insegnanti, si rileva che una ridotta capacità di mantenere il focus attentivo è predittiva delle abilità di calcolo e della capacità di risoluzione di problemi aritmetici con parole in alunni della prima primaria (Fuchs et al., 2006) e delle abilità di stima in bambini di terza primaria (Seethaler & Fuchs, 2005). Altri studi hanno scoperto che bambini con precoci difficoltà matematiche mostrano spesso contemporaneamente problemi di attenzione (Rabiner et al., 2000). Lo studio di Hassinger-Das e colleghi (2014) dimostra che difficoltà a livello di funzioni esecutive e attentive contribuiscono in modo significativo ai risultati in matematica nel caso di bambini con uno scadente senso del numero all'inizio della scuola dell'infanzia. Passolunghi e Cornoldi (2000), inoltre, rilevano che bambini con scarse abilità di problem-solving ricordano più informazioni irrilevanti e meno di quelle rilevanti rispetto ai coetanei più abili nella risoluzione di problemi. Già a 3-5 anni l'inibizione si rileva essere collegata alle abilità matematiche (Blair & Razza, 2007; Mazzocco & Kover, 2007). La meta-analisi di Allan e colleghi (2014) cita evidenze a supporto della relazione tra il controllo inibitorio e le abilità scolastiche, tra cui quelle matematiche, già nei bambini prescolari, ipotizzando una maggiore relazione con le prove di inibizione *cold* anziché *hot*. Il controllo inibitorio gioca un ruolo importante nella relazione tra l'acuità numerica e le abilità matematiche in bambini prescolari di circa 4 anni (Fuhs & McNeil, 2013) e sembra essere in grado di predire la capacità di calcolo (Swanson, 2006). Altri autori non confermano la correlazione tra competenze aritmetiche e inibizione (van der Sluis, de Jong, & van der Leij, 2004). Monette e collaboratori (2011) rilevano che la working memory e l'inibizione, valutata con il test *night and day*, a 5-6 anni predicono le

successive abilità scolastiche. Il controllo inibitorio sembra essere importante soprattutto nelle prime fasi di acquisizione delle competenze numeriche (Blair & Razza, 2007; Espy et al., 2004; Fuhs & McNeil, 2013), mentre l'updating risulterebbe più utile successivamente, dopo l'età prescolare (Bull & Lee, 2014). Espy e collaboratori (2004), analizzando insieme la working memory e l'inibizione in bambini prescolari, rilevano che è soprattutto quest'ultima a predire le concomitanti abilità matematiche. Gli autori hanno inoltre rivelato che lo *shifting*, difficilmente analizzabile separatamente dal controllo inibitorio, non gioca alcun ruolo nelle competenze matematiche. Anche Blair e Razza (2007) confermano quest'evidenza in bambini di 3-5 anni, contrariamente a Bull e Scerif (2001) e Happaney e colleghi (2004), i quali sostengono un ruolo fondamentale sia dell'inibizione sia dello *shifting* nei compiti di cognizione numerica, come, ad esempio, la risoluzione delle operazioni. Recentemente è stata rilevata un'associazione tra le abilità di confronto di quantità non simboliche e le abilità matematiche: questa sembrerebbe essere mediata da competenze cognitive di controllo, tra cui l'inibizione e la flessibilità cognitiva (Gebuis, Kadosh, & Gevers, 2016). In un recente studio longitudinale dai 3 ai 5 anni alcuni autori hanno rilevato che le funzioni esecutive e l'intelligenza sono in grado di predire lo sviluppo delle competenze numeriche, come ad esempio la capacità del bambino di attribuire il valore cardinale ad una parola-numero (Chu et al., 2016). La letteratura ancora non è riuscita a chiarire in modo soddisfacente la relazione tra competenze numeriche e intelligenza, intesa come abilità di pensare logicamente e in modo sistematico (Embretson, 1995). Alcuni rilevano relazioni tra il quoziente intellettivo, cioè la misura psicometrica usata dalla comunità scientifica per valutare l'intelligenza di tipo fattoriale, e le abilità matematiche (Geary et al., 1999; Passolunghi, Mammarella, & Altoè, 2008), mentre altri non confermano tali risultati (Passolunghi et al., 2007). Sulla base dell'attuale modello psicometrico e fattoriale dell'intelligenza *Cattell-Horn-Carroll* (CHC; McGrew, 2005), al quale i più recenti strumenti di valutazione si sono allineati anche in territorio italiano (e.g.: Wechsler Preschool and Primary

Scale of Intelligence - Fourth Edition WPSI-IV, Wechsler, 2019, adattamento italiano a cura di Saggino, Stella, & Vio, 2019; Wechsler Intelligence Scale for Children – Fourth Edition WISC-IV, Wechsler, 2012; adattamento italiano a cura di Orsini, Pezzuti, & Picone, 2012), è possibile identificare diverse e ampie abilità cognitive (McGrew, 2009), tra le quali: *fluid reasoning* (*Gf*), cioè la capacità della mente di operare sui propri contenuti senza ricorrere a conoscenze acquisite o a performance automatiche (es.: formulare inferenze, costruire concetti, classificare, generare e verificare ipotesi, identificare relazioni, comprendere, problem solving, estrapolare e trasformare informazioni); *comprehension-knowledge* (*Gc*), capacità della mente di operare su compiti in cui la cultura e la familiarità con il materiale possono essere determinanti, facendo riferimento dunque al processo di acculturazione. Analizzando distintamente intelligenza verbale e non verbale, Passolunghi e colleghi (2015) trovano rispettivamente un'influenza diretta e indiretta dei due QI sullo sviluppo delle precoci abilità numeriche. Hornung e colleghi (2014), dopo aver controllato le precoci competenze numeriche, rilevano che l'intelligenza fluida alla scuola dell'infanzia predice significativamente le competenze aritmetiche e la linea del numero in prima primaria.

Infine, tra le variabili dominio-generalì associate alle competenze matematiche emerge anche il linguaggio. Nella recente review di Raghobar e Barnes (2017) viene sottolineato il ruolo fondamentale dei processi linguistici nello sviluppo delle precoci competenze numeriche, attribuendo al linguaggio un ruolo di rilevanza nell'integrazione di queste con le formali abilità matematiche. Tali evidenze sono supportate anche da studi di neuroimaging funzionale che rilevano l'attivazione del giro angolare dell'emisfero di sinistra in compiti numerici mediati dal linguaggio (Dehaene et al., 2003). È già stato precedentemente discusso il ruolo del linguaggio nell'acquisizione dei processi lessicali del numero, ma la letteratura scientifica supporta anche il forte valore predittivo dello stesso nello sviluppo delle competenze matematiche in generale (Carey, 2009; LeFevre et al., 2010). Praet e colleghi (2013), analizzando longitudinalmente un

campione di 63 bambini dalla scuola dell'infanzia alla prima primaria, mostrano che le competenze linguistiche, soprattutto quelle espressive, sono predittive delle abilità matematiche, anche considerando il pensiero logico, l'intelligenza e il conteggio. Nel 2014 Desoete rileva che, in prima primaria, il linguaggio espressivo è importante per risolvere semplici operazioni matematiche che coinvolgono immagini, mentre la struttura linguistica è particolarmente importante per la risoluzione di problemi che includono operazioni con i numeri o parole. Inoltre, analizzando le prestazioni di bambini della scuola dell'infanzia con un basso indice linguistico (<85), Desoete (2014) rileva che le performance a prove di conteggio procedurale, nell'enumerazione e/o nella capacità di pensiero logico tra questi bambini e i coetanei a sviluppo tipico non differiscono, ma essi mostrano significativamente più problemi nel comprendere e risolvere problemi matematici sia nella scuola dell'infanzia sia in prima primaria rispetto ai pari. Secondo alcuni autori anche la comprensione morfosintattica influenzerebbe le abilità di calcolo. Illustrando il *pathways model*, LeFevre e collaboratori (2010) documentano l'esistenza di percorsi distinti, di cui uno linguistico, per l'elaborazione delle informazioni numeriche in bambini di 4.5 anni. Gli autori dimostrano che in età prescolare le competenze linguistiche (vocabolario recettivo e consapevolezza fonologica), ma non quelle non simboliche, sono connesse alla capacità di lettura di numeri in età scolare. Dall'altra parte le competenze linguistiche non sono in grado di predire le competenze numeriche non simboliche (LeFevre et al., 2010). Anche Purpura e Ganely (2014) non rilevano alcun collegamento tra linguaggio e *subitizing*, né tra linguaggio e corrispondenza uno-a-uno. Il *linguistic pathway* sembra essere anche un forte predittore della linea del numero (LeFevre et al., 2010). È stato molto studiato anche il ruolo della consapevolezza fonologica nell'ambito matematico e si rileva essere spesso collegata alla competenza nel conteggio sequenziale (Koponen et al., 2013; Krajewski & Schneider, 2009), soprattutto nelle fasi iniziali d'acquisizione del processo (Soto-Calvo et al., 2015). Secondo Geary (2004) il conteggio procedurale è supportato dal linguaggio, ma Purpura e

Ganely (2014) non rilevano correlazioni tra le due competenze. Alloway e collaboratori (2005) rilevano una significativa relazione tra consapevolezza fonologica valutata a 4 e 5 anni e le competenze matematiche agli inizi della prima primaria, mentre Passolunghi e colleghi (2007) non confermano tale evidenza. Anche altre componenti linguistiche sono correlate con i risultati matematici, come ad esempio, la denominazione rapida automatizzata, importante per il conteggio e il calcolo additivo e sottrattivo in bambini di età prescolare (Koponen, Georgiou, Salmi, Leskinen, & Aro, 2017).

1.2 Le competenze numeriche in soggetti in età evolutiva con Sindrome di Down: il ruolo dei processi dominio-specifici e dominio-general

La Sindrome di Down (SD) è una condizione genetica legata ad una specifica alterazione cromosomica, dovuta alla presenza di una copia extra del cromosoma 21 che ne determina il fenotipo, caratterizzato da peculiari tratti somatici, da una specifica architettura neurofunzionale (Edgin et al., 2015; Pennington, Moon, Edgin, Stedron, & Nadel, 2003) e da uno sviluppo atipico. La SD è, tra le forme genetiche, la causa di disabilità intellettiva più diffusa (Daunhauer et al., 2014; Kittler, Krinsky-McHale, & Devenny, 2008; Parker et al., 2010): essa coincide con il 22% dei casi di disabilità intellettiva ad eziologia conosciuta (Frenkel & Bourdin, 2009). Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO), la SD interessa 1 bambino su 1.000 – 1.100 nati vivi al mondo (WHO, 2015), interessando etnie e sessi diversi. Il *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders - fifth edition DSM-5* (APA, 2013) include tra le caratteristiche della disabilità intellettiva, deficit sia nel funzionamento intellettivo sia in quello adattivo, con esordio entro i 18 anni. A livello neuropsicologico, i soggetti con SD mostrano compromissioni anche a livello di linguaggio, di memoria, di funzioni esecutive, di comportamento adattivo e degli apprendimenti scolastici (Chapman & Hesketh, 2000; Iacono, Torr, & Wong, 2010; Jarrold, Baddeley, & Hewes, 1999; Pennington et al., 2003; Lanfranchi,

Jerman, Dal Pont, Alberti, & Vianello, 2010; Lee et al., 2011; Rowe, Lavender, & Turk, 2006; Vicari, Marotta, & Carlesimo, 2004). Nonostante la letteratura descriva le caratteristiche tipicamente riscontrabili nei soggetti con SD, l'interazione tra fattori epigenetici, ambientali e cromosomici attiva differenze individuali a livello genetico, neurofunzionale e cognitivo che possono condurre a profili neuropsicologici molto differenti (Karmiloff-Smith et al., 2016; Vianello, 2006). Evidenze a supporto del ruolo attivo dell'ambiente sul funzionamento del soggetto con SD vengono descritte da Vianello e Lanfranchi (2009, 2011), i quali dimostrano che le competenze cognitive, gli outcomes scolastici e le abilità comportamentali e sociali di questa popolazione clinica sono positivamente influenzate dall'inclusione scolastica in classi normali. La comunità scientifica invita, dunque, gli specialisti ad analizzare le traiettorie di sviluppo dei soggetti con SD e a riconoscerne i punti di forza e di debolezza, attraverso valutazioni cliniche delle singole funzioni cognitive (Fidler & Nadel, 2007; Patterson, Rapsey, & Glue, 2013).

Nonostante la disabilità intellettiva venga identificata come una tra le caratteristiche più importanti nella popolazione con SD (Contestabile, Benfenati, & Gasparini, 2010; Vicari, Bellucci, & Carlesimo, 2005), non sono tanto numerose le ricerche che indagano globalmente l'intelligenza in questa popolazione. Generalmente, la SD è caratterizzata da uno sviluppo intellettivo massimo comparabile a quello raggiunto da un bambino di 7 anni: pochi studi hanno, infatti, rilevato età mentali oltre ai 7 anni (Dykens, Hodapp, & Finucane, 2000). Gli studi scientifici forniscono punteggi medi di QI molto diversi, questo anche a causa dei problemi metodologici, ampiamente discussi in letteratura, riguardanti l'assessment dei soggetti con disabilità intellettiva (Patterson et al., 2013; Pulina, Vianello & Lanfranchi, 2019; Vianello, 2006; Vicari, 2004). Sebbene la maggior parte degli individui con SD mostri una compromissione intellettiva di grado medio-grave (Lott & Dierssen, 2010), vi è ampia variabilità nella severità della disabilità intellettiva tra i soggetti (e.g.: Grieco, Pulsifer, Selingsohn, Sktko &

Schwartz, 2015), che va dal grado profondo fino al borderline cognitivo. Secondo uno studio di Määttä e colleghi, condotto nel 2006 su 129 soggetti con SD, il 19% presenta un livello di compromissione intellettiva lieve, il 30% moderata, il 33% severa mentre il 18% profonda. Alcuni autori identificano un QI pari a 70 circa (Chapman & Hesketh, 2000), mentre altri indicano punteggi medi attorno ai 50 (Contestabile et al., 2010; Vicari et al., 2005). Vianello (2006) rileva che, verso i 10-12 anni, un bambino con SD presenta punteggi di QI tra i 30 e i 55. Ci sono numerose ricerche che sostengono che, all'interno dei diversi domini di elaborazione delle informazioni, i soggetti con SD tendono a mostrare migliori abilità a livello visuospatiale anziché verbale e che, dunque, questo sia un punto di forza nella sindrome (Davis, 2008; Silverman, 2007). Non tutti gli autori però concordano su questo risultato (Pezzuti et al, 2018; Evans & Uljarevic, 2018). Attraverso la versione italiana della WISC-IV (Orsini et al., 2012), Pezzuti e collaboratori (2018) hanno analizzato i profili intellettivi di 128 soggetti con SD tra i 7 e i 16 anni e hanno rilevato che il punteggio più alto ottenuto dal campione è nell'indice di ragionamento verbale, risultato emerso anche dallo studio di Evans e Uljarevic (2018). Inoltre è necessario sottolineare che il termine abilità visuospatiali fa riferimento ad un ampio costrutto cognitivo e, dunque, anche all'interno di questo dominio è possibile identificare punti di forza e di debolezza (Yang, Conners, & Merrill, 2014). Ad esempio, Meneghetti e colleghi (2018) hanno recentemente confrontato soggetti con SD e bambini di pari età mentale, rilevando che i primi sono meno accurati rispetto al gruppo di controllo nei compiti di rotazione mentale, considerata in letteratura un'abilità visuospatiale fondamentale oltre che essere un costrutto che fa parte dell'intelligenza generale (Carroll, 1993; Lohman, 1996).

La comunità scientifica è sufficientemente concorde sul fatto che il QI nella SD, dopo gli anni dell'infanzia, mostri un declino (Gasquoine, 2011; Määttä, Kaski, Taanila, Keinänen-Kiukaanniemi, & Iivanainen, 2006). Si rilevano, infatti, punteggi di QI più alti in infanzia e quozienti nettamente più bassi in fasi di sviluppo successive: il QI tende a passare da circa 63-67

punti nei primi tre anni di vita a 32-38 fra i 12-18 anni (Vianello, 2006). Anche Brown e collaboratori (1990) registrano un decadenza del QI con l'avanzare dell'età nel soggetto con SD: da un QI di circa 50 a 4-5 anni a un QI di circa 35 all'età di 10-11 anni. Chapman e Hesketh (2000) hanno osservato che, in prima infanzia, non si rilevano necessariamente differenze significative tra i bambini con SD e coetanei a sviluppo tipico nel funzionamento intellettuale, valutato attraverso strumenti psicometrici standardizzati, ma con la maturazione, il grado di sviluppo cognitivo rallenta considerevolmente e si percepisce significativamente la discrepanza tra i due gruppi. Dallo studio di meta-analisi sullo sviluppo cognitivo dei soggetti con SD condotto da Patterson e colleghi (2013), si rileva che alcuni autori (Carr, 1992; Sigman et al., 1999) hanno tentato di studiare la validità predittiva del QI nella popolazione con SD: vi è una relazione positiva tra il rapporto età mentale/QI, misurato in prima infanzia, e il QI analizzato successivamente. I bambini a basso funzionamento intellettuale continuano a mostrare le stesse caratteristiche cognitive anche in fasi evolutive successive (Carr 1992; Sigman et al., 1999). Il declino intellettuale riscontrabile in questa popolazione con l'avanzare del tempo viene spesso interpretato come perdita di abilità (Carr, 2000, 2005; Couzens, Cuskelly, & Haynes, 2011; Crombie & Gunn, 1998). Tale interpretazione viene formulata analizzando le prestazioni globali dei soggetti con SD ai classici test psicometrici tarati sulla popolazione normotipica rispetto alla quale, però, la popolazione clinica con SD è notevolmente diversa (Pennington et al., 2003). Un'attenta analisi qualitativa delle singole funzioni e dei punteggi ai diversi test rileva, invece, che i punteggi grezzi dei soggetti con SD non sono stagnanti con l'aumentare del tempo, neanche all'interno delle abilità cognitive più compromesse (Chapman, Hesketh, & Kistler, 2002), ma la loro maturazione è più lenta rispetto ai coetanei di pari età cronologica (Couzens et al., 2011; Couzens, Haynes, & Cuskelly, 2012; Crombie & Gunn, 1998). Vianello (2012) ha infatti dimostrato che, mentre il QI tende a diminuire con l'età, l'età mentale e i punteggi grezzi continuano ad aumentare. Si rileva inoltre una marcata lentezza nell'acquisizione di nuove abilità

e una maggiore difficoltà nella stabilizzazione degli apprendimenti (Fidler & Nadel, 2007). Abbracciando questa metodologia di studio, si rileva che questa popolazione mostra, per tutto l'arco della vita, un maggiore sviluppo delle abilità cognitive non verbali (Channell, Thurman, Kover, & Abbeduto, 2014; Couzens et al., 2011) rispetto a quelle verbali (Carr, 2000, 2005; Kittler, Krinsky-McHale, & Devenny, 2004; Næss, Lyster, Hulme, & Melby-Lervåg, 2011). Sembra che quest'ultime abbiano, invece, uno sviluppo inversamente proporzionale all'età. Dunque, nonostante la crescita cognitiva nella popolazione con SD sia attiva dall'infanzia fino all'età adulta (Carr, 2005; Couzens et al., 2012), vi è un graduale decrescere del ritmo di sviluppo dopo gli anni dell'infanzia (Glue & Patterson, 2009; Hodapp, Evans & Gray, 1999), dovuto, probabilmente, a processi di demenza (Devenny, Krinsky-McHale, Sersen, & Silverman, 2000; Määttä et al., 2006), alla scarsa motivazione (Gilmore & Cuskelly, 2009) e/o a causa dell'influenza di altri fattori coinvolti (e.g.: epilessia, autismo, disturbi del sonno, altre condizioni medico-psichiatriche) (Gasquoine, 2011; Molloy et al., 2009). Oltre ai fattori di rischio, è possibile identificare anche condizioni di protezione: la qualità della competenza genitoriale e degli interventi rieducativi precoci nei soggetti con SD possono modificare i loro profili di funzionamento (Tsao & Kindelberger, 2009).

Sono dunque presenti studi scientifici a livello nazionale e internazionale che indagano il funzionamento intellettuale attraverso strumenti psicometrici che hanno alla base l'assunto fattoriale dell'intelligenza, mentre sono rare le indagini volte a descrivere la qualità del pensiero dei bambini con SD. Attraverso strumenti di valutazione ad impostazione piagetiana, Moniga (2007) e Pizzoli, Lami e Stella (2001) si sono interessati ad approfondire le caratteristiche sensomotorie del bambino con SD nei primi tre anni di vita, mentre Vianello, Lanfranchi e Moalli nel 2006 hanno analizzato il pensiero preoperatorio concreto di 189 bambini con SD di età compresa tra i 7 e i 18 anni, mediante il test Operazioni Logiche (Vianello & Marin, 1997). Gli autori rilevano che le età mentali dei bambini con SD di questa fascia d'età oscillano tra i 4

anni e 10 mesi e i 5 anni e 7 mesi. La progressione è lenta ma costante, dimostrando che lo sviluppo cognitivo procede con un certo ritmo fino all'acquisizione di prestazioni del pensiero logico e poi rallenta in modo considerevole. I bambini con SD riescono a risolvere le prove logiche ad un'età cronologica doppia rispetto ai bambini a sviluppo tipico (Vianello, Lanfranchi, & Moalli, 2006). Analizzando le prestazioni alle diverse prove del test OL, si rileva che i soggetti con SD sono in grado di riconoscere il valore dimensionale delle proprietà degli oggetti, dunque di seriare elementi, ma tale operazione risulta svilupparsi in ritardo rispetto allo sviluppo tipico (7-8 anni circa). Inoltre le caratteristiche degli stimoli (es.: case *vs* aste) influenzano in modo diverso le capacità di seriazione di questa popolazione clinica. Generalmente un segno che dimostra la presenza di un pensiero di tipo logico è la capacità del soggetto di inserire nuovi elementi in una serie già ordinata: tale operazione necessita del coordinamento di schemi mentali differenti in un unico atto mentale (Vianello et al., 2006). I bambini con SD generalmente padroneggiano tale competenza all'età di 13-14 anni (Vianello et al., 2006). Analizzando i successi alle prove di numerazione, si osserva che i bambini con SD padroneggiano la corrispondenza pratica già all'età di 7-8 anni. Tale operazione permette di stabilire l'equivalenza tra due raggruppamenti di elementi senza, però, permettere al soggetto di effettuare una stima di equivalenza durevole: i bambini con SD faticano a dissociare le informazioni relative allo spazio dalle informazioni relative al numero (Vianello et al., 2006). Generalmente verso gli 11-12 anni i ragazzi con SD riescono a svolgere operazioni di quotità, cioè sono in grado di utilizzare la corrispondenza pratica per fare inferenze su una numerosità non visibile ma precedentemente messa in corrispondenza pratica con un'altra. L'acquisizione della reversibilità viene osservata generalmente in un ragazzo con SD su tre all'età di 11-12 anni (Vianello et al., 2006). Infine, i bambini con SD di 7 – 18 anni sono in grado di effettuare delle collezioni figurali e non figurali di elementi (1° criterio di classificazione), cioè riescono ad attivare dei comportamenti di suddivisione di oggetti in base a relazioni di somiglianza. Nel paradigma classico piagetiano, il

passaggio dalla costruzione di collezioni non figurali alla costruzione di vere e proprie classi è testimoniato dal superamento del compito di inclusione, che permette di individuare e coordinare somiglianze tra oggetti (2° o 3° criterio di classificazione). Tale competenza non risulta essere stabilmente insediata nella maggior parte di ragazzi con SD neanche all'età di 17-18 anni (Vianello et al., 2006). La capacità di risolvere queste operazioni logiche è collegata, anche in popolazioni di bambini a sviluppo atipico alle successive abilità matematiche (Van de Rijt & Van Luit, 1998). Effettivamente studi riportano che i soggetti con SD, oltre ad avere difficoltà nella risoluzione delle operazioni logiche, mostrano deficit anche nel dominio della cognizione numerica, mostrando un ritardo di circa due anni in questo dominio rispetto alle altre abilità scolastiche (Buckley, 2007; Gelman & Cohen, 1988; Nye, Fluck, & Buckley, 2001; Porter, 1999). Le prestazioni degli individui con SD in matematica sembrerebbero essere inferiori rispetto a quelle di lettura e scrittura e, comunque, generalmente non superano gli obiettivi scolastici di seconda primaria (Rynders, 1999). Sestili, Moalli e Vianello (2006), attraverso le prove AC-MT (Cornoldi, Lucangeli, & Bellina, 2002), hanno osservato nei soggetti con SD abilità numeriche inferiori a quelle di bambini a sviluppo tipico di inizio scuola primaria. A fronte dell'interesse scientifico storicamente dato alle abilità di lettura e scrittura nella SD, attualmente i contributi in merito allo sviluppo della cognizione numerica dei soggetti con SD sono limitati e necessitano di ulteriori ricerche, anche a fronte dell'impatto che le competenze numeriche hanno nelle attività di vita quotidiana e nell'autonomia degli individui. La popolazione con SD mostra, dunque, severe difficoltà nell'ambito dell'apprendimento del numero e del calcolo, fragilità non direttamente attribuibili al generale funzionamento del bambino (Marotta, Viezzoli, & Vicari, 2006). Viene descritta una significativa differenza nell'apprendimento delle abilità numeriche rispetto ai bambini di pari età cronologica (Brigstocke, Hulme, & Nye, 2008), con cadute importanti nelle conoscenze matematiche, nelle abilità aritmetiche e nel conteggio (Nye et al., 2001; Porter, 1999). L'origine di queste difficoltà

è ampiamente dibattuta e vi sono differenti ipotesi interpretative: una, definita *developmental hypothesis*, sostiene che le difficoltà matematiche dei soggetti con SD siano collegate al loro basso livello cognitivo generale (e.g.: Caycho, Gunn, & Siegal, 1991; Zigler, 1969), mentre l'altra, definita *difference hypothesis* (e.g.: Gelman & Cohen, 1988; Nye et al., 2001), sostiene che i soggetti con SD mostrino difficoltà in aritmetica se confrontati con soggetti a sviluppo tipico della stessa età mentale. Sella, Lanfranchi e Zorzi (2013) hanno indagato la capacità di rappresentare e confrontare quantità in un gruppo di 21 adolescenti con SD, confrontandoli con altrettanti bambini a sviluppo tipico di pari età lessicale (PPVT-R: $M_{MA}= 5;4$, $SD_{MA}=0;6$) e cronologica. I bambini con SD mostrano un deficit specifico nella discriminazione delle piccole numerosità (*subitizing*), mentre non risulta compromessa, rispetto al gruppo di pari età mentale, quella delle grandi numerosità. Gli autori suggeriscono, dunque, una compromissione in soggetti con SD dell'*object tracking number* (OTS), mentre l'*approximate number system* (ANS) sembrerebbe essere in linea con l'età mentale. Tale risultato è supportato anche da altri ricercatori i quali, attraverso il paradigma del *preferential looking*, rilevano in un campione di bambini di 30 mesi d'età mentale un deficit nella discriminazione di due e tre oggetti (Paterson, Girelli, Butterworth & Karmiloff-Smith, 2006). L'OTS, ma non l'ANS, correla con la cognizione numerica, valutata con la batteria di Molin, Poli e Lucangeli (2007), sia nei bambini con SD sia in quelli a sviluppo tipico con medesima età mentale (Sella et al., 2013). In accordo con questi autori, altri studi supportano l'evidenza che l'ANS sia preservato nei soggetti con SD: bambini con SD tra i 5 e gli 8 anni sono in grado di discriminare grandi numerosità e sono più competenti quando il rapporto tra la numerosità dei due insiemi è molto grande, mentre mostrano difficoltà discriminative con un rapporto tra pallini di 2:3 (Abreu-Mendoza & Arias-Trejo, 2015; Camos, 2009), proprio come avviene nello sviluppo tipico (Izard et al., 2009). Rimane ancora controversa la questione circa una similitudine tra l'ANS dei soggetti con SD e quello dei soggetti a sviluppo tipico di pari età mentale o cronologica (Abreu-Mendoza & Arias-Trejo,

2015; Paterson et al., 2006; Sella et al., 2013). Lanfranchi, Berteletti, Torrisi, Vianello e Zorzi (2015) hanno anche studiato l'accuratezza della rappresentazione mentale del numero in un gruppo di adolescenti con SD: attraverso un compito di posizionamento di un numero su una linea da 1 a 10 e da 1 a 100, rilevano competenze analoghe in questa attività tra soggetti con SD e sviluppo tipico di pari età mentale. Anche il passaggio dalle competenze numeriche puramente innate e preverbalì a quelle più complesse e legate ad aspetti culturali e sociali (Geary, 1994, 2000) risulta essere complesso per i bambini con SD. Già nel 1978, Gelman e Gallistel rilevarono, in questa popolazione, prestazioni inferiori ai compiti di conteggio e di cardinalità rispetto ai coetanei prescolari di pari età mentale, mentre altri autori circoscrivono quest'ultima competenza ad un numero limitato di oggetti e in concomitanza di buone competenze linguistiche (Caycho et al., 1991). Attraverso un compito di "give-a-number", Nye e collaboratori (2001) rilevano che solo un terzo dei partecipanti con SD, è stato in grado di comprendere la cardinalità, mentre altri autori sostengono che tale competenza sia in linea con l'età mentale (Bashash, Outhred, & Bochner, 2003; Sella et al., 2013). Altre ricerche hanno indagato gli altri due principi impliciti del conteggio nella popolazione con SD, e cioè quello di corrispondenza uno-a-uno e di ordine stabile (Bashash et al., 2003; Caycho et al., 1991), dimostrando la presenza, in questi soggetti, anche di queste competenze. Sella e collaboratori (2013), oltre ad aver dimostrato la presenza del principio di cardinalità, descrivono il conteggio come meno fluente rispetto ai soggetti a sviluppo tipico. A tal proposito, l'analisi sistematica della letteratura di Abdelahmeed (2007) sulle competenze di conteggio nella popolazione con SD, mostra chiaramente le difficoltà di conteggio, ma sottolinea anche che questa popolazione beneficia degli interventi rieducativi per sviluppare tale competenza. Nel 1988 Gelman e Cohen rilevarono difficoltà nel conteggio nella popolazione con SD e, secondo alcuni autori, questo è circoscritto al conteggio procedurale. Sarebbe che i soggetti con SD non siano consapevoli del fatto che commettono errori di violazione dei principi di conteggio e, inoltre, dimenticano

spesso le parole-numero durante la sequenza verbale e/o commettono errori di omissioni di parole o di oggetti durante l'enumerazione (Porter, 1999). Nel 1974 Cornwell notò che, in caso di interruzione della sequenza di conteggio, i bambini con SD non erano in grado di completare il compito oppure avevano necessità di ricominciare a contare dall'inizio, questo probabilmente a causa di un apprendimento meccanico del compito. Anche Hanrahan e Newman (1996) sostengono che grazie alla mera ripetizione meccanica, i bambini con SD riescono a padroneggiare il conteggio e a riconoscere i numeri da 1 fino a 10. Infine, secondo Nye e collaboratori (2001), i bambini con SD mostrano sequenze di conteggio più brevi e sono in grado di enumerare meno oggetti rispetto ai bambini a sviluppo tipico di pari età mentale. Si rilevano, inoltre, severe difficoltà nelle competenze di calcolo in soggetti con SD (Marotta et al., 2006) e Lanfranchi e colleghi (2010, 2012) sostengono che questo sia a causa di una compromissione di altre funzioni, tra cui quelle di working memory e attenzione, necessarie per compiere le operazioni. Effettivamente anche la letteratura condotta sui bambini a sviluppo tipico mostra che queste ed altri variabili cognitive influenzano l'acquisizione delle competenze numeriche (Clark et al., 2013; Espy et al., 2004; Geary et al., 2000; Noël, 2009; Passolunghi & Lanfranchi, 2012). Sebbene la letteratura disponibile sull'influenza di questi fattori sulle competenze numeriche in SD sia limitata, molti autori, ma non tutti, sostengono che la popolazione con SD sia caratterizzata da un deficit generale delle funzioni esecutive (FE), tra cui working memory, controllo inibitorio, *shifting* e attenzione sostenuta (Borella, Carretti & Lanfranchi, 2013; Carney, Brown, & Henry, 2013; Costanzo et al., 2013; Landry, Russo, Dawkins, Zelazo, & Burack, 2012; Lanfranchi et al., 2010; Rowe et al., 2006). Anche le executive functions di livello più alto, quali abilità di pianificazione e di problem solving, risultano compromesse (Lanfranchi et al., 2010). Confrontando le prestazioni dei soggetti con SD con quelle dei soggetti normotipici di pari età mentale, si rileva una fragilità soprattutto nella componente rapidità piuttosto che nella correttezza (Pennington et al., 2003; Rowe et al., 2006). Questo dato è in linea anche con altri

studi che hanno indagato i tempi di reazione nei soggetti con disabilità intellettiva: questi sembrano essere in linea con il funzionamento intellettivo specifico del soggetto (Silverman & Kim, 1997), ma inferiori rispetto ai soggetti di pari età mentale (Brunamonti et al., 2011).

Tra le FE, la working memory è quella più studiata all'interno della popolazione con SD. Attraverso differenti paradigmi sperimentali, la letteratura evidenzia una dissociazione tra le abilità verbali e visuo spaziali (Jarrold & Baddeley, 1997; Laws, 2002; Brock & Jarrold, 2005), seppur altri autori abbiano messo in discussione quest'interpretazione (Evans & Uljarevic, 2018; Pezzuti et al., 2018; Yang et al., 2014). Studi mostrano la presenza nella popolazione con SD di un deficit severo della memoria di lavoro verbale, che risulterebbe essere più compromessa rispetto al funzionamento intellettivo e rispetto ai soggetti a sviluppo tipico di pari età mentale (Abbeduto, Warren, & Conners, 2007; Carney et al., 2013; Costanzo et al., 2013; Frenkel & Bourdin, 2009; Jarrold et al., 1999; Jarrold, Purser, & Brock, 2006; Lanfranchi, Toffanin, Zilli, Panzeri, & Vianello, 2014; Silverman, 2007), attribuendo una sua inefficienza soprattutto all'assenza di attività del rehearsal (Jarrold, Baddeley, & Hewes, 2000; Silverman, 2007; Vicari, 2004). Tale compromissione persisterebbe anche in adolescenza e in età adulta (Hulme & Mackenzie, 1992; Kittler et al., 2004, 2008; Numminen, Ahonen, & Ruoppila, 2001). Attraverso l'appaiamento dei gruppi con SD e a sviluppo tipico sia per vocabolario recettivo sia per pensiero logico, Lanfranchi e colleghi (2004, 2009, 2010, 2012) hanno rilevato che i soggetti con SD mostrano prestazioni peggiori, rispetto ai soggetti di controlli, nei compiti di memoria verbale. Alcuni studi hanno rilevato un'area di forza nella componente visuo spaziale della working memory (Chapman & Hesketh, 2000; Davis, 2008; Edgin, Pennington, & Mervis, 2010; Moldavsky, Lev, & Lerman-Sagie, 2001; Silverman, 2007), sottolineando però come non siano compromessi effettivamente tutti gli aspetti dell'ambito visuospatiale (Yang et al., 2014) ma siano soprattutto preservati gli aspetti spaziali anziché visivi (Ellis, Woodley-Zanthos & Dulaney, 1989; Laws, 2002; Vicari, Bellucci, & Carlesimo, 2006). Yang e colleghi (2014),

analizzando dettagliatamente i diversi domini delle abilità visuo spaziali nei soggetti con SD, sostengono che la memoria spaziale sequenziale, indagabile attraverso il classico compito di Corsi, quella simultanea e quella di posizione, sembrerebbero essere in linea con lo sviluppo intellettuale. Secondo Lanfranchi e collaboratori (2009) i soggetti con SD mostrano più difficoltà rispetto ai bambini a sviluppo tipico di pari età mentale nella WM spaziale simultanea rispetto a quella sequenziale, interpretando questo risultato come un effetto del maggior carico cognitivo che questa prova richiederebbe per essere eseguita. Qualche ricerca sostiene che le abilità visuo-spaziali rimangono un'area di forza rispetto alle fragili abilità verbali e che queste competenze tendono a rimanere relativamente conservate nel corso dello sviluppo, anche a fronte del declino cognitivo precedentemente descritto (Fidler, Hepburn, & Rogers, 2006; Costanzo et al., 2013; Jarrold et al., 1999). Analizzando le prestazioni dei soggetti con SD ai compiti di *updating*, si rilevano difficoltà anche a questo livello, sia con materiale verbale sia visuospatiale (Carney et al., 2013; Lanfranchi et al., 2012; Lanfranchi, Cornoldi, & Vianello, 2004; Vicari, Carlesimo, & Caltagirone, 1995): indagando tale componente con diversi compiti, tra cui la memoria di cifre indietro e il Corsi indietro (Vicari et al., 1995) e il *listening span test* (Carney et al., 2013), gli autori registrano prestazioni deficitarie rispetto ai soggetti a sviluppo tipico di pari età mentale. In tali compiti sembrerebbe essere coinvolta anche l'inibizione, la quale è generalmente compromessa dall'infanzia fino all'età adulta nella popolazione con SD (Cornish, Scerif, & Karmiloff-Smith, 2007; Edgin et al., 2010; Lanfranchi et al., 2010). Sebbene Carney e colleghi (2013) non rilevano compromissioni a questo livello, altri studi confermano la difficoltà ad inibire le informazioni irrilevanti rispetto al compito richiesto in questa popolazione (Borella et al., 2013; Kittler, Krinsky-McHale, & Devenny, 2006), suggerendo un deficit generale di inibizione. Anche nelle prestazioni ai compiti di *inhibition* si rileva una maggiore difficoltà se il materiale è di tipo verbale piuttosto che visivo in soggetti con SD (Borella et al., 2013; Costanzo et al., 2013; Munir, Cornish, & Wilding, 2000; Pennington et al., 2003). Analizzando la funzione

attentiva, componente altrettanto importante per l'acquisizione delle competenze numeriche (Fuchs et al., 2014), si rileva che i soggetti con SD mostrano limitate risorse attentive. Sia l'attenzione sostenuta di tipo uditivo sia quella selettiva visiva risultano essere compromesse nella popolazione con SD, anche se confrontate a quelle di soggetti con pari età mentale (Costanzo et al., 2013; Kogan et al., 2009; Lanfranchi et al., 2010; Lee et al., 2011; Porter, Coltheart, & Langdon, 2007; Rhodes, Riby, Park, Fraser, & Campbell, 2010; Rowe et al., 2006; Trezise, Gray, & Sheppard, 2008; Zampini, Salvi, & D'odorico, 2015).

Un altro dominio cognitivo compromesso nei soggetti con SD, altrettanto significativo per lo sviluppo delle competenze numeriche (Carey, 2009; Fuchs et al., 2014; LeFrevé et al., 2010) è il linguaggio (Chapman & Hesketh, 2000). Il ritardo rilevato nell'acquisizione delle abilità linguistiche nei bambini con SD risulta essere più marcato rispetto a quanto ci si aspetterebbe dal loro funzionamento cognitivo o dall'età mentale, suggerendo l'ipotesi di un deficit specifico degli aspetti linguistici (Hodapp & Dykens, 2004; Laws & Bishop, 2003; Vicari, Caselli, & Tonucci, 2000). Generalmente si osserva che le difficoltà linguistiche sono prevalentemente a carico della produzione rispetto alla comprensione (e.g.: Patterson et al., 2013; Ypsilanti, Grouios, Alevriadou, & Tsapkini, 2005). Nonostante il diverso grado di alterazione delle sottocomponenti del linguaggio, la comunità scientifica concorda sul fatto che questa popolazione mostra deficitarie competenze linguistiche sia negli aspetti recettivi sia espressivi (Abbeduto et al., 2007; Chapman, 2003; Laws, 2004; McDuffie, Chapman, & Abbeduto, 2008; Miller, Leavitt, & Leddy, 1999) e queste persistono fino all'età adulta (Chapman et al., 2002; Chapman, 2006; Miller et al., 1999). Nei primi tre anni di vita del bambino si osserva una competenza comunicativa, tramite i gesti performativi e deittici, in linea o addirittura superiore rispetto all'età mentale del soggetto con SD (Caselli, Longobardi, & Pisanechi, 1997; Caselli, Marchetti, & Vicari, 1994; Chapman, 1997): nelle fasi precoci di sviluppo i bambini con SD tendono a preferire l'uso di gesti alla comunicazione verbale (Kaat-van den Os, Jongmans,

Volman, & Lauteslager, 2015), con una diminuzione nell'uso degli stessi verso i 36 mesi (e.g.: Kaat-van den Os, Volman, Jongmans, & Lauteslager, 2017; Zampini & D'Odorico, 2011). La componente pragmatica del linguaggio e l'intenzionalità comunicativa nei primi anni di vita sono superiori al livello linguistico (Couzens et al., 2011; Roberts, Price, & Malkin, 2007) e queste tendono a rimanere relativamente preservate fino all'età adulta (Estigarribia, Martin, & Roberts, 2012; Rondal & Comblain, 1996). Analizzando le altre componenti linguistiche, quello che si osserva è un rallentamento generale nei processi di acquisizione della lingua nativa. Si manifesta inizialmente con un ritardo di quasi un anno rispetto ai bambini a sviluppo tipico nell'acquisizione delle prime parole (Laws & Bishop, 2003; Levy & Eilam, 2013; Roizen, 2007) e successivamente con una produzione limitata di vocaboli nei primi tre anni di vita, oltre all'assenza di morfologia e di sintassi (Berglund, Eriksson & Johnansson, 2001; Caselli et al., 1994, 1997; Vianello, 2006). I disturbi fonologici, conseguenti anche alla possibile ipoacusia associata e all'impaccio articolatorio, sono ampiamente descritti in letteratura e spesso compromettono l'intelligibilità linguistica dell'eloquio, la corretta pronuncia dei fonemi e la morfosintassi, rendendo così complessa l'attività comunicativa prettamente verbale (Abbeduto & Chapman, 2005; Chapman, 2003; Chapman & Hesketh, 2000; Kent & Vorperian 2013; Pulina et al., 2019). Nonostante a 5 anni si rilevi ancora un significativo ritardo nello sviluppo delle abilità linguistiche (Guralnick, 2002; Rondal, 2006), si registra, in questa fase, un notevole progresso nell'abilità di produzione lessicale con un incremento del repertorio lessicale, con l'esplosione del vocabolario e le prime combinazioni di due parole (Caselli et al., 1994). Lo sviluppo delle competenze morfosintattiche dei bambini con SD appare caratterizzato da una prolungata incompletezza delle frasi prodotte, con una marcata difficoltà nel corretto uso di alcuni elementi grammaticali, come, ad esempio, la morfologia libera, e una lunghezza media dell'enunciato ridotta (Abbeduto & Chapman, 2005; Chapman, 2006; Chapman & Hesketh, 2000; Chapman et al., 2002; Eadie, Fey, Douglas, & Parsons, 2002; Estigarribia et al., 2012; Levy & Eilam, 2013;

Mammarella, Cardillo & Saviola, 2019; Miolo, Chapman, & Sindberg, 2005; Vicari, 2004, 2007). Confrontando i bambini con SD con quelli a sviluppo tipico si rileva che, a parità di LME, la popolazione con SD tende a mantenere un livello sintattico molto elementare nella frase (Caselli, Monaco, Trasciani, & Vicari, 2008). Oltre a questi aspetti, si rilevano difficoltà di consapevolezza fonologica (Cupples & Iacono, 2000), componente utile per lo sviluppo delle abilità matematiche. Nonostante la produzione linguistica risulti essere maggiormente compromessa rispetto alla comprensione, anche quest'ultima componente risulta essere deficitaria rispetto allo sviluppo tipico (Bello, Onofrio, & Caselli, 2014), ma in linea con l'età mentale (Mammarella et al., 2019). Si evidenzia che tendenzialmente i soggetti con SD fanno affidamento su spunti lessicali e situazionali per dare significato a ciò che viene detto loro (Rondal & Comblain, 1996). All'interno di questa componente linguistica si rileva un punto di forza: il vocabolario recettivo sembra essere in linea con le capacità cognitive non verbali (Abbeduto et al., 2003) e lo sviluppo di questa componente aumenta con l'aumentare dell'età (Miller, Leddy, Miolo, & Sedey, 1995). Tale potenzialità risulta essere stabile fino all'adolescenza. Confrontando un gruppo di soggetti con SD da 10 a 21 anni con un gruppo di soggetti con disabilità intellettiva ad eziologia generica, Loveall e collaboratori (2016) hanno rilevato prestazioni simili tra i due gruppi rispetto alla comprensione lessicale, la quale risulta migliore per i sostantivi rispetto che per i verbi e gli aggettivi. La ricerca ha mostrato, inoltre, che il livello di comprensione dei verbi, che sembra essere un predittore per lo sviluppo sintattico successivo, è simile tra bambini con la SD e bambini a sviluppo tipico con simili abilità non verbali, proprio come osservato anche in altri studi (Grela, 2002; Michael, Ratner, & Newman, 2012). Per quanto riguarda invece la comprensione morfosintattica si rileva che i bambini con SD presentano una prestazione inferiore rispetto a quella attesa per l'età mentale (Chapman, Schwartz, & Bird, 1991), e questo sembra evidente sia nel contesto di osservazione libera sia strutturata: i soggetti con SD mostrano difficoltà anche nella comprensione di semplici frasi

(Vicari, Caselli, Gagliardi, Tonucci, & Volterra, 2002) e sembra che vi sia un progressivo indebolimento delle abilità di comprensione all'aumentare dell'età e/o della complessità dei compiti linguistici (Cardoso-Martins, Mervis, & Mervis, 1985; Levorato, Roch, & Beltrame, 2009).

2. STUDIO 1

2.1 Obiettivi

Esistono evidenze circa lo sviluppo delle competenze numeriche e del contributo delle variabili dominio-specifiche e dominio-generalì nello sviluppo della conoscenza numerica in età prescolare. Tuttavia, i tempi e i modi d'acquisizione delle diverse componenti numeriche e il ruolo di ogni singola variabile nell'acquisizione della cognizione numerica in età prescolare rimangono ancora poco chiari. Il presente studio fa parte di un progetto di ricerca più ampio orientato ad incrementare la conoscenza dei processi di acquisizione delle competenze numeriche in bambini prescolari a sviluppo tipico e atipico. Nello specifico, questo disegno sperimentale si propone di indagare lo sviluppo delle competenze numeriche in bambini di età cronologica compresa tra i 4 – 4.11 anni, una specifica fascia prescolare ancora poco studiata nella quale però avvengono molteplici cambiamenti cognitivi che potrebbero influenzare significativamente lo sviluppo della cognizione numerica. Lo studio, di tipo comparativo, indaga lo sviluppo degli aspetti lessicali, semantici, di conteggio e di calcolo durante il quarto anno di vita, attraverso un confronto tra le prestazioni di bambini appartenenti a fasce d'età differenti (4-4.5 vs 4.6-4.11). A fronte del ruolo che i processi dominio-generalì hanno nello sviluppo delle diverse competenze numeriche, si confrontano anche le prestazioni dei due gruppi nel ragionamento fluido, nella comprensione del linguaggio, nelle funzioni esecutive e attentive, interpretando le correlazioni tra le funzioni cognitive e le competenze numeriche prescolari. Ci si aspetta che vi sia una differenza statisticamente significativa in tutte le prove che valutano le competenze numeriche tra i due gruppi, a favore del gruppo di bambini della fascia d'età 4.6-4.11, così come nelle funzioni cognitive, ad eccezione della working memory. Infine, ci si aspetta che migliori performance alle prove delle funzioni cognitive siano correlate ad una

migliore concomitante conoscenza numerica, in entrambi i gruppi. Nello specifico, ci si aspetta un ruolo trasversale del pensiero logico e delle funzioni esecutive su tutte le competenze numeriche, mentre non si attendono correlazioni significative tra capacità di discriminazione di quantità non simbolica e le competenze linguistiche, ma che queste siano legate con l'area lessicale, il conteggio e il calcolo.

2.2 Metodo

2.2.1 Partecipanti¹

Il campione casuale è composto da 106 bambini a sviluppo tipico (ST), pari al 35% della popolazione scolastica sammarinese totale ($N = 299$), frequentanti il secondo anno della Scuola dell'Infanzia. Il numero di non adesioni al progetto è stato del 15% ($n = 16$). Sono stati definiti i seguenti criteri di esclusione:

- I bambini con disabilità certificate ($n = 2$);
- I bambini adottati nell'anno 2018 e 2019 ($n = 1$);
- I bambini con età cronologica inferiore ai 48 mesi o superiore ai 59 mesi ($n = 9$);
- I bambini con un indice di ragionamento fluido inferiore o uguale a 70 (IRF della WPPSI-IV, Wechsler, 2014; $n = 0$).

Decurtati dalle assenze dei bambini durante la raccolta ($n = 7$), dunque, i partecipanti coinvolti sono settantuno, rappresentativi della locale popolazione demografica, madrelingua italiana, di età compresa tra i 48 e 59 mesi (26 maschi, 37%; media età = 54 mesi, $SD = 3$). Il campione totale ($N = 71$) è stato suddiviso in due sottogruppi, in relazione all'età cronologica di ogni bambino:

¹ Tutti i dati sono stati raccolti dalla dottoranda presso quattro plessi scolastici pubblici della Scuola dell'Infanzia della Repubblica di San Marino.

- Gruppo ST-1 cioè bambini con un'età cronologica compresa tra 48 e i 53 mesi ($n = 33, 46\%$);
- Gruppo ST-2 cioè bambini con un'età cronologica compresa tra 54 e i 59 mesi ($n = 38, 54\%$).

Il gruppo ST-1 è composto da trentatré bambini (12, 36% maschi; 21, 64% femmine; media età = 51 mesi, SD = 2). In merito al generale livello socioeconomico (SES), rilevato dal più alto titolo di studio ottenuto dai genitori, si rileva che 14 (44%) madri e 25 (78%) padri sono in possesso di un titolo di studio medio/basso (licenza media o scuole superiori) e 18 (56%) madri e 7 (22%) padri sono in possesso di un diploma universitario o titoli superiori. L'età media delle madri alla nascita del figlio è di 32 (SD = 6, range = 18 – 45), mentre quella dei padri è di 35 (SD = 6, range = 23 – 47) (vedi tabella 1).

Il gruppo ST-2 è composto da trentotto bambini (14, 37% maschi; 24, 63% femmine; media età = 56 mesi, SD = 2). In merito al generale livello socioeconomico (SES), rilevato dal più alto titolo di studio ottenuto dai genitori, si rileva che 23 (68%) madri e 24 (73%) padri sono in possesso di un titolo di studio medio/basso (licenza media o scuole superiori) e 11 (32%) madri e 9 (27%) padri sono in possesso di un diploma universitario o titoli superiori. L'età media delle madri alla nascita del figlio è di 33 (SD = 5, range = 22 – 44), mentre quella dei padri è di 37 (SD = 6, range = 25 – 52) (vedi tabella 1).

Tabella 1. *Caratteristiche socio-demografiche dei gruppi ST-1 e ST-2*

			ST-1	ST-2
			$n = 33$	$n = 38$
Genere	Maschio	N (%)	12 (36)	14 (37)
	Femmina	N (%)	21 (64)	24 (63)
Età (mesi)		M (SD) range	51 (2) 48-53	56 (2) 54-59
Età madre (anni)		M (SD) range	32 (6) 18-45	33 (5) 22-44
Livello scolastico madre	Medio/basso	N (%)	14 (44)	23 (68)
	Alto		18 (56)	11 (32)
Età padre (anni)		M (SD) range	35 (6) 23-47	37 (6) 25-52
Livello scolastico padre	Medio/basso	N (%)	25 (78)	24 (73)
	Alto	N (%)	7 (22)	9 (27)

I due gruppi non differiscono né per genere [$\chi^2(1, N=71) = 0.002, p = .97$] né per l'età dei genitori [madre, $t(67) = 0.521, p = .60$; padre, $t(66) = 1.756, p = .08$]. Inoltre i due gruppi non differiscono né per il livello educativo del padre [$\chi^2(1, N=65) = 0.255, p = .61$] né della madre [$\chi^2(1, N=66) = 3.822, p = .05$].

I partecipanti a questo progetto sono soggetti umani e lo studio è stato condotto in conformità con la Dichiarazione di Helsinki del 1964. Sono stati somministrati e raccolti i consensi informati, che descrivevano l'obiettivo del progetto, le procedure della ricerca e le informazioni circa la restituzione dei dati, oltre alla tutela della privacy, di tutti i bambini coinvolti nella ricerca grazie alla collaborazione dei genitori.

2.2.2 Procedura

La raccolta dati è stata effettuata durante l'anno scolastico 2018-2019, nello specifico da ottobre 2018 a aprile 2019. Al fine di presentare gli obiettivi e la metodologia della ricerca agli attori coinvolti, sono stati effettuati due incontri preliminari con ogni classe, il primo con il corpo docente, il secondo con il corpo docente e i genitori. Sono stati, inoltre, spiegati e consegnati i moduli relativi al consenso informato ai presenti (poi trasmessi anche tramite email a tutti i genitori) e sono stati ritirati il primo giorno della raccolta dati. In quest'occasione, è stato effettuato un incontro di familiarizzazione con il gruppo classe, durante il quale la dottoranda si è presentata ai bambini. La raccolta dati prevedeva due sessioni, di circa 30-45 minuti ciascuna, con ogni singolo partecipante, svolti in un ambiente ben illuminato e silenzioso, designato dalla scuola. Tutti i partecipanti sono stati analizzati nella qualità strutturale del pensiero, nel ragionamento fluido non verbale, nella componente recettiva del linguaggio, in alcune specifiche funzioni esecutive e nelle competenze numeriche prescolari.

2.2.3 Strumenti di valutazione

2.2.3.1 Strumenti per la valutazione della competenze numeriche

Prove della Batteria per la valutazione dell'intelligenza numerica in bambini dai 4 ai 6 anni BIN 4-6 (Molin, Poli, & Lucangeli, 2007). La batteria indaga i processi semantici, quelli relativi al conteggio, quelli lessicali e quelli pre-sintattici in bambini dai 4 ai 6 anni. Delle 11 prove di cui si compone la batteria, sono state utilizzate le seguenti:

- Lettura di numeri scritti in codice arabico: il bambino deve dire il nome del numero che viene presentato in codice arabico. Si attribuisce un punto per ogni numero letto correttamente (range 0 – 9);
- Corrispondenza nome-numero: il bambino deve indicare, scegliendo tra tre numeri scritti in codice arabico, qual è il numero pronunciato oralmente dall'esaminatore. Si attribuisce un punto per ogni numero letto correttamente (range 0 – 9);
- Corrispondenza tra codice arabico e quantità: il bambino deve indicare su dei cartoncini la quantità di dot corrispondente al numero sopraindicato scritto in codice arabico e letto ad voce alta dall'esaminatore. Si attribuisce un punto per ogni numero letto correttamente (range 0 – 9);
- Enumerazione in avanti (1-20): il bambino deve contare a voce alta da 1 a 20 nella sequenza corretta. Vengono registrati eventuali errori che vengono sottratti al punteggio totale di 20 (range 0 – 20) e il tempo d'esecuzione (secondi).
- Confronto di quantità: il bambino deve scegliere quale tra due set di dot contiene più pallini. Gli item sono 10 di diversa difficoltà e prevedono confronti tra set di dot diversa dimensione (situazione congruente e incongruente) e tra set di uguale dimensione (situazione neutra). Si attribuisce un punto per ogni numero letto correttamente (range 0 – 10). Inoltre è stato registrato il tempo (sec) per ogni item.

Conteggio in avanti (1-10). Il bambino deve contare a voce alta da 1 a 10 nella sequenza corretta. Vengono registrati eventuali errori che vengono sottratti al punteggio totale di 10 (range 0 – 10) e il tempo d’esecuzione (secondi).

Conteggio regressivo (5-1). Il bambino deve contare a voce alta da 5 a 1 nella sequenza corretta. Si fornisce l’esempio “5, 4, ...” per avviare il bambino. Vengono registrati eventuali errori e il tempo d’esecuzione (secondi). Si attribuisce un punto per ciascun numero denominato nella giusta sequenza all’indietro. Nel caso in cui il bambino ripettesse solo la sequenza suggerita (5, 4), gli sarà attribuito il punteggio di zero in quanto si è limitato a riprodurre a memoria quanto appena sentito.

Prova “confronto di quantità” di SNUP – Senso del numero: prerequisiti (Tobia, Bonifacci, & Marzocchi, 2017). La batteria valuta diversi domini di funzionamento nell’area della pre-matematica in bambini di 4 – 6.9 anni. La prova “Confronto quantità” è composta da 24 item, suddivisa in due sottoprove che valutano rispettivamente il confronto di quantità di stimoli semplici e di stimoli complessi. Il bambino ha il compito di indicare, più rapidamente possibile e senza contare, quale delle due casse contiene più frutta. Si attribuisce un punto per ogni numero letto correttamente (range 0 – 24).

“Give-a-number” task (*ad hoc*, sul modello di Wynn, 1990, 1992). Il bambino ha a disposizione 10 cubetti di legno chiaro della dimensione 2x2x2cm e una scatola semitrasparente delle dimensioni 5x15,5x9cm di fronte a sé. Al bambino viene chiesto di mettere sempre un diverso numero di cubetti nella scatola (“*Metti due cubetti nella scatola*”) e di dire “fatto/finito” quando ha completato l’operazione (nel frattempo l’operatore si copre gli occhi). Per fare comprendere il compito, viene fornito un item d’esempio con la quantità 1-. Le quantità sono indagate nel seguente ordine: 2-, 6-, 9-, 4-, 3-, 7-, 1-, 5-, e 8-. Si attribuisce un punto per ogni numero letto correttamente (range 0 – 9).

Calcolo a mente < 5 (ad hoc). Il bambino deve rispondere verbalmente a semplici addizioni (“quanto fa ...?”) proposte oralmente dall’esaminatore. Le operazioni proposte sono le seguenti: $1+1=2$, $3+1=4$, $1+2=3$ e $2+2=4$. Si attribuisce un punto per ogni numero letto correttamente (range 0 – 4).

2.2.3.2 Strumenti psicometrici per la valutazione dell’intelligenza di tipo fattoriale

WPPSI Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence - Fourth Edition (Wechsler, 2019: adattamento italiano di Saggino, Stella, & Vio, 2019). La WPPSI-IV è uno strumento clinico a somministrazione individuale per la misurazione dello sviluppo cognitivo, basato sul modello CHC. Dei 15 subtest, sono stati utilizzati i seguenti:

- Matrici logiche (ML)
- Concetti per immagini (CI)

Ogni singolo subtest fornisce un punteggio di correttezza grezzo (ML: range 0 -26; CI: range 0 - 27) e, sulla base della somma dei punteggi ponderati dei due subtest, è possibile ottenere un punteggio composito, l’Indice di Ragionamento Fluido (IRF) con media 100 (DS = 15). Per le modalità di somministrazione e scoring si è fatto riferimento al manuale.

2.2.3.3 Strumenti ordinali per la valutazione della qualità del pensiero

Test Operazioni Logiche e della Conservazione OL 18 (Vianello & Marin, 1997). Il modello teorico di riferimento è il modello evolutivo piagetiano. È uno strumento per la valutazione dell’intelligenza che fornisce un’età mentale in termini di qualità del pensiero logico: nello specifico analizza il passaggio dal pensiero intuitivo a quello operatorio concreto. Lo strumento è rivolto a bambini di età compresa tra i 4 e gli 8 anni e include 18 compiti che valutano le seguenti aree del pensiero logico: seriazione, numerazione e classificazione. Per ciascuna area sono predisposti 6 item, per ognuno dei quali la valutazione è dicotomica, cioè si attribuisce un punto se viene superata e nessuno nel caso contrario. Il totale del punteggio possibile è perciò 18. Il punteggio grezzo può essere trasformato in un punteggio di età mentale.

2.2.3.4 Strumenti per la valutazione della componente recettiva del linguaggio

TROG-2 Test for Reception of Grammar (Bishop, 2009; adattamento italiano e standardizzazione a cura di Suraniti, Ferri, & Neri, 2009). Il test valuta la capacità di comprensione grammaticale recettiva del linguaggio verbale dai 4 anni. Sulla base dello stimolo linguistico udito, il bambino deve scegliere l'immagine corretta tra quattro presentate, indicandola. Il test è composto da 80 item e si articola in diversi subtest riferiti a specifici contrasti grammaticali indicati dai suffissi, dalle parole funzionali e dall'ordine delle parole, composti ciascuno da 4 item. I subtest sono disposti con difficoltà crescente e la prova è interrotta quando si falliscono 5 subtest consecutivi. Il subtest si ritiene superato con successo se tutti e quattro gli item sono completati correttamente. Il test fornisce un punteggio di correttezza (range 0 - 20).

PPVT-R Peabody R - Test di vocabolario recettivo revised (Dunn & Dunn, 1981; adattamento italiano e standardizzazione a cura di Stella, Pizzioli, & Tressoldi, 2000). Il PPVT-R è destinato a misurare il vocabolario recettivo dai 3.9 anni. Sulla base dello stimolo linguistico udito, il bambino deve scegliere l'immagine corretta tra quattro presentate, indicandola. Si attribuisce un punto per ogni parola correttamente identificata. Per le modalità di somministrazione e scoring si è fatto riferimento al manuale. Il punteggio di correttezza grezzo totale è 175.

2.2.3.5 Strumenti per la valutazione delle funzioni esecutive

Prova di "Attenzione sostenuta (AS – Attention Sustained)" proveniente dalla Leiter International Performance Scale – Third Edition (Roid, Miller, Pomplun, & Koch, 2016). La prova fa parte della batteria Attenzione e Memoria e richiede al bambino di eseguire dei compiti ripetuti che necessitano del mantenimento del controllo attentivo. Per l'età prescolare 3-4 anni, i due fogli di test presentano "facce sorridenti" e "figure di animali". Il punteggio deve essere calcolato dopo aver terminato l'intera somministrazione (30 secondi per ogni foglio). Per le

modalità di somministrazione e scoring si è fatto riferimento al manuale. Il punteggio grezzo del numero totale di risposte corrette va da 0 a 30. Inoltre è stato registrato il tempo d'esecuzione (sec) per ogni foglio.

Prova “Stroop giorno e notte” proveniente dalla FE-PS 2-6 Batteria per la valutazione delle funzioni esecutive in età prescolare (Usai, Traverso, Gandolfi, & Viterbori, 2017). La batteria FE-PS 2-6 propone 10 prove per l'età prescolare volte alla valutazione delle funzioni esecutive. La prova “Stroop giorno e notte” valuta la capacità inibitoria verbale ed è composta da due fasi, una di controllo, per istruire il bambino al compito, e una di stroop, nella quale il soggetto deve affrontare un compito monovalente in cui viene presentata una sola caratteristica (il sole o la luna) su una carta e deve controllare la tendenza a produrre una risposta dominante a favore di una risposta non dominanti. Si attribuisce un punto per ogni risposta corretta e si registra il tempo d'esecuzione (secondi). Il test fornisce un punteggio di correttezza (range 0 - 16) e un punteggio di rapidità (secondi).

Prova di “Memoria di cifre” proveniente dalla VAUMeLF Batteria per la Valutazione dell'Attenzione Uditiva e della Memoria di Lavoro Fonologica nell'Età Evolutiva (Bertelli & Bilancia, 2006). All'interno della Batteria per la Valutazione della Memoria di Lavoro Fonologica (MeLF) è stata selezionata la prova memoria di cifre (MC). La prova richiede ai bambini di ricordare nel medesimo ordine in cui le ha udite, delle sequenze di cifre. Per le modalità di somministrazione si è fatto riferimento al manuale. La prova fornisce un punteggio di correttezza (range 0 – 54, span 0 - 9).

Prova di “memoria di cifre all'indietro” (Bertelli, Bilancia, Majorano, & Pettenati, 2007). Il test comporta la presentazione di sequenze di cifre per il ricordo immediato. Al bambino viene richiesto di ricordare la sequenza di cifre in ordine inverso. Per le modalità di somministrazione e scoring si è fatto riferimento al manuale. La prova fornisce un punteggio di correttezza (range 0 – 36, span 0 - 7).

Prova di Corsi (*ad hoc*, adattamento di una prova del Centro regionale per le Disabilità Linguistiche e Cognitive dell'AUSL di Bologna). Comporta la presentazione di sequenze di blocchi toccati con il dito indice dall'esaminatore su di una tavoletta di legno 23 x 28 cm su cui sono fissati nove blocchi. Inizialmente al bambino viene richiesto di ricordare la collocazione di un solo blocco (differenza rispetto alla versione originale), e successivamente di sequenze di due o più blocchi esattamente nel medesimo ordine, indicando i blocchi con il dito (tre prove per ogni blocco). Viene attribuito un punto per ogni risposta corretta. Se il bambino risolve correttamente due delle tre prove relative ad un blocco, si passa a quello successivo e si attribuisce punteggio pari a tre. Dopo due errori nella stessa sequenza si interrompe la prova. La prova fornisce un punteggio di correttezza (range 0 -24, span 0 - 7).

Prova di "Test di Corsi indietro" proveniente da BVS - Corsi - Batteria per la valutazione della memoria visiva e spaziale (Mammarella, Toso, Pazzaglia, & Cornoldi, 2008). La BVS-Corsi è una batteria per la valutazione delle diverse componenti della memoria di lavoro visiva e spaziale. La prova comporta la presentazione di sequenze di blocchi toccati con il dito indice dall'esaminatore su di una tavoletta di legno 23 x 28 cm su cui sono fissati nove blocchi. Al bambino viene richiesto di indicare gli stessi cubi che ha indicato l'esaminatore ma nell'ordine inverso, cioè partendo dall'ultimo fino ad arrivare al primo. Le sequenze da ricordare sono costituite da due o più blocchi. Per le modalità di somministrazione e scoring si è fatto riferimento al manuale, il quale però non presenta dati normativi per la fascia d'età prescolare. La prova fornisce un punteggio di correttezza (range 0 -18, span 0 - 7).

La prima delle due sessioni di raccolta dati ha previsto la somministrazione delle seguenti prove, nel seguente ordine: Operazioni Logiche 18, P.P.V.T.-R, corrispondenza nome-numero, lettura numeri, corrispondenza quantità-numero, confronto di quantità BIN 4-6, confronto di quantità SNUP, attenzione sostenuta, memoria di cifre, prova di Corsi, "give-a-number" task, conteggio. La seconda sessione ha previsto la somministrazione delle seguenti prove, nell'ordine indicato:

ragionamento con matrici, concetti per immagini, TROG-2, memoria di cifre all'indietro, test di Corsi indietro, calcolo a mente < 5, stroop giorno e notte. L'ordine di presentazione dei diversi test è stato scelto preventivamente, in modo tale da modificare le tipologie di compiti (verbale vs non verbale, durata breve vs durata medio-lunga, etc ...) e risultare motivanti per il bambino. Eventuali rare variazioni nell'ordine sono derivate dalla necessità di adattare il setting di raccolta dati alle caratteristiche del bambino.

2.2.4 *Analisi statistica*

Tutte le analisi statistiche sono state effettuate con il software SPSS 22.0 per Windows. Il disegno sperimentale prevede 2 gruppi, entrambi a sviluppo tipico (ST-1 e ST-2), X 1 momento di rilevazione dati (t0). E' stata effettuata un'analisi descrittiva dei gruppi, un'analisi della violazione delle assunzioni (test Kolmogorov-Smirnov, test di Shapiro-Wilk e test di Levene) per ogni variabile ed, infine, sulla base di questa, sono state condotte le analisi statistiche più indicate per il disegno sperimentale. A fronte del fatto che sono presenti outliers, rispetto ai quali si è deciso di non effettuare alcuna correzione, e le assunzioni di normalità e omoschedasticità non sono rispettate per alcune variabili, si è proceduto con un'analisi non parametrica basata sui ranghi per tutte le variabili. Il test statistico non parametrico utilizzato per il confronto tra gruppi è il Test di Mann-Whitney per due campioni indipendenti (ST-1 vs ST-2). L'effect-size (r) per il Test U di Mann-Whitney è stato calcolato con la formula $r = \frac{z}{\sqrt{N}}$, dove z rappresenta z -score prodotto da SPSS e N rappresenta il numero totale di partecipanti. Il valore standard di r viene considerato come medio per un valore uguale o maggiore di 0.3 e ampio per un valore uguale o superiore a 0.5 (Field, 2018, p. 296). Il livello di significatività considerato in questo studio è del p -value<0.05. Inoltre, è stato utilizzato il Test Tau di Kendall per esaminare le correlazioni tra le diverse variabili indagate. I valori di correlazione considerati sono quelli medi, per un valore uguale o maggiore di 0.3, e ampi, per un valore uguale o superiore a 0.5 (Field, 2018, p. 117),

con un p -value < 0.05. Non sono stati presi in considerazione valori di correlazioni nulli o lievi ($\tau = 0.1$ - 0.29), seppur significativi. Tale test statistico è stato preferito al Test di Spearman in quanto sembra fornire una migliore stima della correlazione nella popolazione generale (Field, 2018, p. 353). Infine, sono state seguite le indicazioni di Terwee e collaboratori (2007) e Wamper e collaboratori (2010) per quanto riguarda l'identificazione dei *floor effect* e *ceiling effect* (soglia del 15%).

2.3 Risultati

2.3.1 Confronto tra i gruppi nelle competenze numeriche prescolari

I punteggi dei gruppi ST-1 e ST-2 sono illustrati in tabella 2.

Tabella 2. *Competenze numeriche prescolari: confronto tra ST-1 e ST-2*

Variabili		ST-1 (n=33)		ST-2 (n=38)		Mann-Whitney			
		M (SD)	Mdn	M (SD)	Mdn	U	z	p	r
Area lessicale	Lettura	4.33 (3.45)	4	6.18 (2.47)	7	823.5	2.29	.02	.27
	Corrispondenza nome-numero	6 (2.91)	6	7.66 (1.56)	8	818	2.30	.02	.27
	Corrispondenza numero-quantità	4.82 (1.63)	5	5.74 (2.09)	6	804.5	2.07	.04	.24
Calcolo a mente	Addizioni < 5	0.85 (1.12)	0	1.10 (0.95)	1	744	1.43	.15	.17
Conteggio	Conteggio 1-20 (corr)	16.39 (4.10)	18	17 (3.48)	19	656	0.34	.73	.04
	Conteggio 1-20 (sec)	16.91 (5.89)	17	13.34 (4.03)	13	404	-2.58	.01	-.31
	Conteggio 1-10 (corr)	9.57 (1.30)	10	9.87 (0.53)	10	692.5	1.31	.19	.15
	Conteggio 1-10 (sec)	5.18 (2.81)	5	3.45 (1.29)	3	430	-2.43	.01	-.29
Area semantica	Conteggio 5-1 (corr)	2.39 (2.42)	3	3.13 (2.34)	5	723	1.23	.22	.14
	Confronto quantità dot (corr)	8.70 (1.38)	9	9.08 (0.85)	9	704.5	0.94	.35	.11
	Confronto quantità dot (sec)	16.30 (9.35)	13	13.13 (3.25)	12	506.5	-1.40	.16	-.17
	Confronto quantità immag. (corr)	19.45 (2.50)	20	20.26 (2.46)	21	753	1.46	.14	.17
	Give-a-number task	4.85 (2.44)	4	5.76 (2.48)	6	761	1.56	.12	.18

Competenze lessicali. Analizzando qualitativamente i dati dell'intero campione, si osserva che i bambini sono in grado di riconoscere i numeri ($M = 6.89$, $SD = 2.42$), di leggerli ($M = 5.32$, $SD = 3.09$) e di associarli alla quantità corrispondente ($M = 5.31$, $SD = 1.93$): circa il 42% dei bambini di 4-4.11 anni è in grado di riconoscere tutti i nove numeri proposti (*ceiling effect*), mentre la correttezza scende al 21% nel caso della prova di lettura. Solo il 6% dei bambini è in grado di associare correttamente tutti i nove numeri alle rispettive quantità. Il test Mann-Whitney mostra che i bambini del gruppo ST-2 sono in grado di riconoscere e leggere i

numeri scritti in formato arabico in modo significativamente più accurato dei bambini del gruppo ST-1. Inoltre risultano essere anche più competenti nell'associare un numero all'esatta quantità, rappresentata con dot.

Calcolo a mente < 5. A livello qualitativo si rileva che circa il 42% del campione non è in grado recuperare e/o risolvere alcuna operazione a mente (*floor effect*). Il test Mann-Whitney non mostra alcuna differenza statisticamente significativa tra i punteggi dei due gruppi. Il test Chi-quadrato, con p -value al limite della significatività, mostra che la percentuale di bambini del gruppo ST-1 in grado di compiere almeno un'operazione additiva a mente (45%) è più bassa di quella degli ST-2 (68%) [$\chi^2(1, N=71) = 3.818, p = .05$].

Conteggio. Analizzando qualitativamente i dati dell'intero campione, si osserva che quasi tutti i bambini di 4 - 4.11 anni (87%) sono in grado di contare correttamente in avanti da 1 a 10 (*ceiling effect*), mentre solo il 32% di questi fino a 20. Non si rilevano differenze significative nel conteggio tra i due gruppi (parametro accuratezza), ma analizzando i tempi d'esecuzione della prova si rileva che i bambini del gruppo ST-2 sono più rapidi nel contare in avanti da 1 a 10 e da 1 a 20 rispetto ai bambini del gruppo ST-1. Al fine di effettuare un controllo su tale dato, si è effettuata la medesima analisi eliminando i bambini che omettono dei numeri nella sequenza 1-10 e quindi controllando l'interferenza delle omissioni sulla rapidità: anche in questo caso i bambini del gruppo ST-2 sono più veloci dell'altro gruppo [$U = 332, z = -2.17, p = 0.03, r = -0.27$]. Non si rilevano differenze statisticamente significative nella capacità di conteggio regressivo da 1 a 5: solo metà del campione ($n = 38$) è in grado di contare correttamente da 5 fino a 1. Di questi 38 bambini, 15 (45%) appartengono al gruppo ST-1 e 23 (60%) al gruppo ST-2. Seppur i risultati indichino una maggiore frequenza di bambini di 4.6-4.11 in grado di padroneggiare tale competenza, la differenza percentuale non è comunque significativa [$\chi^2(1, N=71) = 1.613, p = .20$].

Componente semantica. Analizzando le frequenze dei punteggi alla prova di confronto di quantità con dot, si osserva che questa prova viene eseguita senza errori, cioè ottenendo un punteggio di 10 su 10, da un bambino su due (*ceiling effect*). Il tempo medio d'esecuzione della prova è di 14.60 secondi (SD = 6.93, range 10 – 57). Nel confronto tra quantità (dot), non si rileva alcuna differenza statistica tra i due gruppi né analizzando il parametro accuratezza né quello della velocità. L'analisi statistica non mostra differenze statisticamente significative neanche analizzando singolarmente i punteggi medi di accuratezza e rapidità dei due gruppi nei compiti con/senza distrattore percettivo. Stessi risultati si ottengono analizzando i dati relativi al confronto di quantità con immagini: non si rilevano differenze statisticamente significative tra i due gruppi, neanche analizzando i due subtest. Il compito “*give-a-number*” mostra che solo il 15% ($n = 11$) del campione è in grado di identificare correttamente la cardinalità di tutti e nove i numeri. Mentre i bambini di 4-4.5 anni identificano mediamente la cardinalità di circa 4 numeri su 9, quelli di 4.6-4.11 identificano la cardinalità di circa 6 numeri. Tale differenza non risulta comunque essere statisticamente significativa.

2.3.2 Confronto tra i gruppi nelle funzioni cognitive

Ragionamento fluido. I punteggi dei gruppi ST-1 e ST-2 sono illustrati in tabella 3. A fronte di indici medi di ragionamento fluido analoghi tra i due gruppi (QI IRF: ST-1, $M = 98.94$, $SD = 11.26$; ST-2, $M = 100.18$, $SD = 13.12$), il test Mann-Whitney mostra che la prestazione dei bambini di 4.6-4.11 anni al subtest “concetti per immagini” è significativamente migliore rispetto a quella di fascia d'età inferiore: mentre il punteggio grezzo medio del gruppo ST-1 è pari a 6.88 ($SD = 3.22$), quello del gruppo ST-2 è di 8.58 ($SD = 3.68$). Non si rilevano differenze statisticamente significative nei punteggi grezzi dei due gruppi al subtest “matrici logiche”.

Tabella 3. Ragionamento fluido e operazioni logiche: confronto tra ST-1 e ST-2

Variabili		ST-1 (n=33)		ST-2 (n=38)		Mann-Whitney			
		M (SD)	Mdn	M (SD)	Mdn	U	z	p	r
WPPSI-IV	Matrici logiche	10.67 (3.69)	11	11.42 (3.80)	11	691	0.74	.46	.09
	Concetti per immagini	6.88 (3.22)	7	8.58 (3.68)	7.5	805	2.07	.04	.24
	IRF (QI)	98.94 (11.26)	100	100.18 (13.12)	98.5	655	0.32	.75	.04
OL18	Seriazione	1.33 (1.52)	1	1.95 (1.51)	2	795	1.97	.04	.23
	Numerazione	1.76 (1.06)	1	2.63 (1.48)	2	863.5	2.85	.01	.34
	Classificazione	2.12 (0.42)	2	2.21 (0.62)	2	656	0.46	.65	.05
	Totale	5.21 (2.31)	5	6.79 (2.63)	6	883	2.99	.01	.35

Qualità del pensiero. I punteggi dei gruppi ST-1 e ST-2 sono illustrati in tabella 3.

Analizzando qualitativamente i dati dell'intero campione, si rileva che il punteggio medio al test OL18 è di 6.06 (SD = 2.60, range 3 – 14), con un'età mentale media di 54 mesi per il gruppo ST-1 (SD = 7, range 48-84) e di 59 mesi per il gruppo ST-2 (SD = 8, range 54 – 84). Non si rilevano bambini con punteggio < 3 (EM < 48 mesi), mentre sono sedici i bambini che hanno ottenuto un punteggio > 7 (EM > 59 mesi). I bambini del gruppo ST-2 mostrano un punteggio complessivo al Test OL18 significativamente più alto rispetto al gruppo ST-1.

Per quanto riguarda l'area di seriazione, un bambino su due (51%) è in grado di seriare almeno cinque elementi concreti (casette) per grandezza mentre l'inserzione di un nuovo elemento in una serie precostituita è presente solo nel 15% del campione. Solo il 39% dei bambini di 4-4.5 anni è in grado di seriare 5 elementi concreti dal più piccolo al più grande o viceversa, mentre tale competenza si rileva nel 60% dei bambini di 4.6-4.11 anni. Inoltre i bambini che sanno svolgere correttamente compiti di inserzione sono 19 (50%) di età compresa tra 4.6-4.11 e 13 (39%) di età compresa tra 4-4.5. Confrontando i punteggi grezzi medi dei due gruppi, si rileva che i bambini del gruppo ST-2 sono significativamente più competenti nell'effettuare operazioni di seriazione rispetto ai soggetti più piccoli: in media il gruppo ST-1 ottiene un punteggio di 1.33 (SD = 1.52) contro un punteggio medio di 1.95 (SD = 1.51) del gruppo ST-2.

Per quanto riguarda l'area di numerazione, un bambino su due è in grado di svolgere correttamente i compiti di quotità (46%), cioè identificare correttamente la quantità cardinale di un insieme di elementi attraverso la precedente corrispondenza pratica di questo gruppo con un altro. La

corrispondenza pratica è presente in tutti i bambini del campione (99%) mentre la conservazione del numero di 5 elementi è osservabile solo nel 10 % del campione ($n = 7$). Il 58% dei bambini del gruppo ST-2 è in grado di completare compiti di quotità, contro il 33% dei piccoli, mentre la conservazione del numero con 5 elementi concreti si osserva in un solo bambino appartenente al ST-1 (3%) e in 6 del ST-2 (16%). Confrontando i punteggi grezzi medi dei due gruppi, si rileva che i bambini del gruppo ST-2 sono significativamente più competenti nell'effettuare operazioni di numerazione rispetto ai soggetti più piccoli: in media il gruppo ST-1 ottiene un punteggio di 1.76 (SD = 1.06) contro un punteggio medio di 2.63 (SD = 1.48) del gruppo ST-2. All'interno del subtest numerazione, la differenza percentuale tra i due gruppi si rileva significativa all'item "5 bottiglie e 5 bicchieri: quotità" ($n. 8$ Test OL18) [$\chi^2(1, N=71) = 4.283, p = .04$].

Per quanto riguarda l'area di classificazione, tutti i bambini sono in grado di effettuare collezioni figurali (100%) e classificare degli elementi secondo uno, e uno solo, criterio classificatorio ($n = 68, 96\%$). Solo 13 bambini (18%), invece, sono in grado di classificare degli elementi attraverso due criteri classificatori. Confrontando i punteggi grezzi medi dei due gruppi, non si rilevano differenze statisticamente significative tra i due gruppi nelle operazioni di classificazione.

Comprensione linguistica. I punteggi dei gruppi ST-1 e ST-2 sono illustrati in tabella 4. Analizzando qualitativamente i dati dell'intero campione, si rileva che 10 bambini hanno un quoziente morfosintattico e/o lessicale uguale o inferiore a 70. Seppur i bambini del gruppo ST-2 ottengano punteggi grezzi più elevati sia al TROG-2 che al PPVT-R, le differenze non risultano essere statisticamente significative né per la componente morfosintattica né per quella lessicale, seppur l'indice di significatività di quest'ultima variabile si collochi ai limiti di soglia.

Tabella 4. *Comprensione linguistica: confronto tra ST-1 e ST-2*

Variabili	ST-1 ($n=33$)		ST-2 ($n=38$)		Mann-Whitney			
	<i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>Mdn</i>	<i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>Mdn</i>	<i>U</i>	<i>z</i>	<i>p</i>	<i>r</i>
TROG-2	4.27 (2.25)	4	5.08 (2.79)	4	732	1.23	.22	.14
PPVT-R	46.94 (16.69)	48	54.47 (17.33)	54.50	789	1.87	.06	.22

Working memory. I punteggi dei gruppi ST-1 e ST-2 sono illustrati in tabella 5. Analizzando qualitativamente i dati dell'intero campione, si osserva che a 4 anni lo span medio del magazzino a breve termine verbale è di circa 3 ($M = 2.70$, $SD = 0.59$) mentre quello relativo al magazzino a breve termine visuospaziale è di circa 2 ($M = 2.11$, $SD = 0.57$). Le prove volte ad indagare l'esecutivo centrale, sia con materiale verbale sia visuospaziale, risultano poco accessibili a quest'età (*floor effect*): circa l'80% ($n = 56$) e il 72 % ($n = 51$) del campione mostra uno span di 0 alla prova di memoria di cifre all'indietro e alla prova di Corsi indietro rispettivamente. Analoghi risultati si ottengono analizzando i punteggi grezzi: 52 bambini (73%) mostrano un punteggio pari a 0 alla prova di *updating* verbale, mentre 42 (59%) mostrano un punteggio pari a 0 alla prova di *updating* visuospaziale. Il test Mann-Whitney mostra che non ci sono differenze statisticamente significative tra i due gruppi (punteggio grezzo e span): le capacità dei magazzini di memoria a breve termine e dell'esecutivo centrale non mostrano differenze tra le due fasce d'età.

Inibizione. I punteggi dei gruppi ST-1 e ST-2 sono illustrati in tabella 5. Analizzando qualitativamente i dati del campione rispetto ai parametri accuratezza e rapidità, si rileva che i bambini ottengono un punteggio grezzo medio di 14.76 ($SD = 1.95$) alla fase di controllo e di 12.81 ($SD = 3.52$) alla fase stroop. Circa metà del campione (53,5%) è riuscito ad eseguire la fase di controllo della prova giorno e notte senza commettere alcun errore, mentre la percentuale scende al 24% se si considera la fase di stroop. Mentre il parametro rapidità non differenzia i due gruppi, quello di accuratezza mostra che i bambini del gruppo ST-2 presentano maggiori competenze nel controllo inibitorio. La prestazione alla fase di controllo della prova giorno e notte è simile tra i due gruppi sia nel parametro accuratezza sia rapidità.

Attenzione sostenuta. I punteggi dei gruppi ST-1 e ST-2 sono illustrati in tabella 5. Analizzando qualitativamente i dati, si rileva che, con un tempo d'esecuzione medio di 14.42 secondi, il 91,5% ($n = 65$) dei bambini è riuscito a identificare tutti gli stimoli target presenti nel

Foglio 1 (*ceiling effect*) mentre, nel Foglio 2, il campione è riuscito a ricercare, in media, circa 12 stimoli target (SD = 3.21) sui 20 totali (tempo max 30 sec). La percentuale di bambini che ha commesso almeno un errore nei due fogli è molto bassa (4%). Il Test Mann-Whitney mostra che, a parità di tempi d'esecuzione nello svolgimento della prova d'attenzione sostenuta, i bambini del gruppo ST-2 sono in grado di identificare significativamente più stimoli target rispetto ai bambini della fascia d'età inferiore.

Tabella 5. *Funzioni esecutive e attenzione sostenuta: confronto tra ST-1 e ST-2*

Variabili		ST-1 (n=33)		ST-2 (n=38)		Mann-Whitney			
		M (SD)	Mdn	M (SD)	Mdn	U	z	p	r
Working memory	Memoria di cifre avanti	17 (3.63)	18	16.97 (3.60)	18	643.5	0.19	.84	.02
	Memoria di cifre avanti span	2.70 (0.64)	3	2.71 (0.56)	3	642	0.20	.84	.02
	Memoria di cifre indietro	1.12 (2.42)	0	1.66 (2.71)	0	717.5	1.34	.18	.16
	Memoria di cifre indietro span	0.36 (0.78)	0	0.47 (0.86)	0	661.5	0.56	.57	.07
	Testi di Corsi avanti	6.54 (2.18)	6	7.05 (1.43)	7	722	1.14	.25	.13
	Testi di Corsi avanti span	2.03 (0.68)	2	2.18 (0.46)	2	699.5	1.00	.32	.12
	Testi di Corsi indietro	1.24 (1.80)	0	1.18 (1.83)	0	592	-0.45	.65	.05
Inibizione	Testi di Corsi indietro span	0.61 (1.03)	0	0.63 (1.02)	0	635.5	0.12	.90	.01
	Fase controllo, accuratezza	14.61 (2.30)	16	14.89 (1.61)	16	625.5	-0.02	.98	.00
	Fase controllo (sec)	32.82 (10.65)	30	30.47 (7.98)	28.50	528.5	-1.14	.25	-0.13
	Fase stroop, accuratezza	12.36 (3.06)	13	13.21 (3.88)	15	799.5	2.01	.04	.24
Attenzione sostenuta	Fase stroop (sec)	36.70 (8.66)	34	33.53 (6.82)	32.50	504	-1.42	.15	-0.17
	Accuratezza	20.33 (3.54)	20	22.50 (3.22)	23	841	2.48	.01	.29
	Rapidità (sec)	45.97 (7.99)	44	43.08 (7.04)	41.50	476	-1.74	.08	-.21

2.3.3 Analisi correlazionale tra le competenze numeriche prescolari e l'età cronologica

Non si rilevano correlazioni di rilevanza statistica tra l'età cronologica, espressa in mesi, e le competenze numeriche prescolari nel campione (vedi tabella 6).

Tabella 6. *Correlazioni tra età cronologica e competenze numeriche*

		Campione (n =71)												
età (mesi)	τ Sign	Corrispond nome-numero	Corrispond numero-quantità	Give-a-number	Calcolo a mente < 5	Conteggio 1-20	Conteggio 1-20 (sec)	Conteggio 1-10	Conteggio 1-10 (sec)	Conteggio 5-1	Confronto quantità - dot	Confronto quantità - dot (sec)	Confronto quantità - immagini	
				.18	.23	.17	.18	.24	.14	-.18	.16	-.22	.17	.16	-.16	.15
		.04	.01	.06	.04	.01	.13	.04	.11	.02	.09	.09	.08	.09

in grassetto le corr. ≥ .3,0 e sign.

2.3.4 Analisi correlazionale tra le competenze numeriche prescolari e i fattori dominio-general

Sono state indagate le correlazioni tra le variabili cognitive (ragionamento fluido, qualità del pensiero, linguaggio recettivo, funzioni esecutive e attenzione sostenuta) e le competenze numeriche prescolari per ogni singolo gruppo.

Competenze lessicali. In entrambi i gruppi si rilevano correlazioni statisticamente significative tra le tre prove dell'area semantica e la numerazione (vedi tabelle 7 e 8). Non si registrano correlazioni in nessun gruppo con la seriazione e la classificazione. Inoltre in entrambi i gruppi si osserva che all'aumentare del punteggio al test di comprensione morfosintattica e al diminuire dei tempi d'esecuzione della prova di controllo inibitorio, aumenta la capacità di lettura di numeri. Nel gruppo ST-1, inoltre, il ragionamento con matrici e la MBT visuospatiale correlano con la lettura di numeri. Nel gruppo ST-2 invece gioca un ruolo importante il subtest concetti illustrati. La correlazione più forte con la lettura dei numeri si registra con il subtest ragionamento con matrici nel gruppo ST-1 [$\tau = .55, p < .001$] e con la numerazione nel gruppo ST-2 [$\tau = .44, p < .001$]. Diverse variabili cognitive correlano con la prova corrispondenza nome-numero nel gruppo ST-1, mentre nel gruppo ST-2 queste si limitano ad una relazione con il subtest concetti illustrati. Nel gruppo ST-1 le variabili che correlano con la prova di corrispondenza nome-numero sono: subtest ragionamento con matrici, la comprensione linguistica, la MBT visuospatiale e la rapidità nel controllo inibitorio. La correlazione più forte si registra con il subtest ragionamento con matrici nel gruppo ST-1 [$\tau = .47, p < .001$]. Infine la prova di corrispondenza numero-quantità non mostra correlazioni ulteriori rispetto a quella, già descritta, con la numerazione in nessuno dei due gruppi. A livello qualitativo si osserva nel gruppo ST-2 una correlazione più forte tra questa prova e il pensiero logico [$\tau = .40, p < .001$], rispetto al gruppo ST-1 [$\tau = .34, p = .02$].

Tabella 7. Correlazioni tra funzioni cognitive e competenze numeriche lessicali nel gruppo ST-1

		Rag. fluido		Pensiero logico				Linguaggio			Working memory (span)			Inibizione		Attenzione sost.		
		Rag. matrici	Concetti immagini	IRF (IQ)	Seriaz.	Numer.	Classif.	Totale	TROG-2	PPVT-R	Mem. Cifre	Mem. cifre indietro	Corsi indietro	Corsi indietro	Stroop (sec)	Pg	Sec	
Lettura	τ	.55	-.07	.29	.13	.40	-.03	.29	.37	.29	.19	.19	.34	.10	.15	-.42	.19	-.07
	Sign	.00	.62	.03	.35	.01	.85	.04	.01	.03	.21	.23	.02	.50	.25	.00	.18	.57
Corrispondenza nome-numero	τ	.47	.00	.27	.14	.46	.15	.34	.36	.36	.12	.21	.39	.13	.27	-.34	.09	.06
	Sign	.00	.99	.04	.33	.00	.34	.01	.01	.01	.43	.19	.01	.41	.04	.01	.50	.65
Corrispondenza numero-quantità	τ	.22	.07	.14	.27	.34	.05	.34	.10	-.02	-.13	.18	.21	.05	.00	-.03	.20	-.06
	Sign	.11	.62	.31	.06	.02	.72	.01	.45	.87	.38	.25	.17	.76	.95	.80	.13	.63

in grassetto le corr. $\geq .3,0$ e sign.

Tabella 8. Correlazioni tra funzioni cognitive e competenze numeriche lessicali nel gruppo ST-2

		Rag. fluido		Pensiero logico				Linguaggio			Working memory (span)			Inibizione		Attenzione sost.		
		Rag. matrici	Concetti immagini	IRF (IQ)	Seriaz.	Numer.	Classif.	Totale	TROG-2	PPVT-R	Mem. Cifre	Mem. cifre indietro	Corsi indietro	Corsi indietro	Stroop (sec)	Pg	Sec	
Lettura	τ	.21	.33	.32	.05	.44	-.02	.29	.31	.10	.13	.00	.07	.00	.22	-.30	-.05	-.11
	Sign	.08	.00	.01	.70	.00	.85	.02	.01	.39	.37	.97	.61	.97	.09	.01	.68	.36
Corrispondenza nome-numero	τ	.12	.32	.23	.08	.32	.04	.26	.29	.11	.10	.04	.02	-.07	.16	-.13	.03	-.14
	Sign	.35	.01	.08	.54	.02	.77	.04	.02	.36	.51	.80	.89	.62	.21	.30	.80	.27
Corrispondenza numero-quantità	τ	.20	.26	.25	.28	.33	-.01	.40	.27	.17	.23	.16	.00	-.07	.17	-.21	.02	-.13
	Sign	.11	.03	.04	.03	.01	.92	.00	.03	.16	.10	.27	.96	.60	.19	.08	.88	.29

in grassetto le corr. $\geq .3,0$ e sign.

Calcolo a mente < 5. In entrambi i gruppi si rilevano correlazioni statisticamente significative tra il calcolo a mente e la seriazione (vedi tabelle 9 e 10). Non si registrano correlazioni in nessun gruppo tra quest'area e la numerazione e la classificazione. Mentre nel gruppo ST-2 non si rilevano altre correlazioni significative, nel gruppo ST-1 all'aumentare dello span della MBT verbale e al diminuire dei tempi d'esecuzione della prova giorno e notte, aumenta la capacità di risolvere semplici addizioni a mente < 5. Nel gruppo ST-1 la correlazione più forte con il calcolo a mente < 5 si registra con il subtest seriazione [$\tau = .42, p < .001$].

Tabella 9. Correlazioni tra funzioni cognitive e calcolo a mente nel gruppo ST-1

		Rag. fluido		Pensiero logico				Linguaggio			Working memory (span)			Inibizione		Attenzione sost.		
		Rag. matrici	Concetti immagini	IRF (IQ)	Seriaz.	Numer.	Classif.	Totale	TROG-2	PPVT-R	Mem. Cifre	Mem. cifre indietro	Corsi indietro	Corsi indietro	Stroop (sec)	Pg	Sec	
Calcolo a mente < 5	τ	.19	.02	.10	.42	.14	.30	.34	.06	.21	.38	.20	.20	.29	-.02	-.35	.07	-.18
	Sign	.18	.89	.50	.00	.39	.06	.02	.67	.12	.02	.24	.21	.07	.90	.01	.60	.20

in grassetto le corr. $\geq .3,0$ e sign.

Tabella 10. *Correlazioni tra funzioni cognitive e calcolo a mente nel gruppo ST-2*

	<i>Rag. fluido</i>		<i>Pensiero logico</i>				<i>Linguaggio</i>			<i>Working memory (span)</i>			<i>Inibizione</i>		<i>Attenzione sost.</i>			
	Concetti	Rag. immagini	IRF (IQ)	Seriaz.	Numer.	Classif.	Totale	TROG-2	PPVT-R	Mem. cifre	Corsi indietro	Corsi indietro	Stroop	(sec)	Pg	Sec		
Calcolo a mente < 5	τ	.12	-.06	-.01	.33	.15	.02	.27	.20	.21	.17	.03	.06	.17	.16	-.03	-.13	-.18
	Sign	.37	.65	.90	.01	.29	.88	.04	.13	.09	.26	.86	.67	.25	.23	.78	.32	.17

in grassetto le corr. $\geq .3,0$ e sign.

Conteggio. Non si rilevano similitudini correlazionali tra i due gruppi, ma si osserva che in entrambi i gruppi l'attenzione sostenuta correla, seppur in modo diverso, con le prove di conteggio (vedi tabelle 11 e 12). Se nel gruppo ST-2 si rileva una relazione direttamente proporzionale tra rapidità alla prova d'attenzione sostenuta e la velocità nel conteggio 1-10. Nel ST-1 la correlazione si realizza analizzando il parametro accuratezza, cioè all'aumentare del punteggio di correttezza nell'attenzione, aumentano le competenze di conteggio. Analizzando le ulteriori correlazioni nel gruppo ST-2 si rileva che l'updating verbale correla con il parametro correttezza del conteggio 1-20, mentre la MBT verbale correla con la velocità nel conteggio 1-20. All'aumentare della capacità di updating visuospatiale, inoltre, diminuiscono i tempi nel conteggio 1-10. Nel gruppo ST-1 si rilevano più relazioni significative tra le prove di conteggio e le funzioni cognitive. In generale si rileva che all'aumentare dei punteggi al subtest ragionamento con matrici, aumentano le capacità di conteggio in avanti e indietro. Anche la rapidità nel conteggio 1-10 correla con il ragionamento con matrici. Inoltre, all'aumentare del lessico passivo e della capienza della MBT verbale, diminuiscono i tempi di conteggio 1-10. Nel gruppo ST-1 inoltre il controllo inibitorio correla con la correttezza nel conteggio 1-20: al diminuire dei tempi d'esecuzione dello stroop, aumenta la correttezza 1-20. Infine, sia la correttezza allo stroop sia il TROG-2 correlano positivamente con il conteggio regressivo nel gruppo ST-1. Nel conteggio 5-1 la correlazione più significativa è con il ragionamento con matrici [$\tau = .39, p = .01$], così per la rapidità di conteggio 1-10 [$\tau = -.43, p < .001$] e per la correttezza 1-20 [$\tau = .42, p < .001$].

Tabella 11. Correlazioni tra funzioni cognitive e competenze di conteggio nel gruppo ST-1

		Rag. fluido		Pensiero logico				Linguaggio		Working memory (span)			Inibizione	Attenzione sost.				
		Rag. matrici	Concetti immagini	IRF (IQ)	Seriaz.	Numer.	Classif.	Totale	TROG-2	PPVT-R	Mem. Cifre	Mem. cifre indietro	Corsi indietro	Stroop (sec)	Pg	Sec		
Conteggio 1-20	τ	.42	.12	.34	.25	-.02	-.04	.15	.19	.21	.23	.03	.06	.02	-.09	-.35	.32	-.23
	Sign	.00	.38	.01	.07	.89	.79	.27	.16	.11	.13	.85	.68	.92	.50	.01	.02	.08
Conteggio 1-20 (sec)	τ	.11	-.04	.00	.08	-.11	.17	.06	.08	.09	.03	.21	-.07	.13	.08	-.06	.02	-.04
	Sign	.41	.79	.95	.56	.43	.23	.65	.55	.47	.85	.16	.63	.39	.55	.65	.88	.74
Conteggio 1-10	τ	.34	.09	.30	.24	.17	-.06	.24	.17	.12	.12	.01	.11	-.07	.13	-.20	.10	-.05
	Sign	.02	.54	.04	.12	.31	.73	.12	.25	.42	.45	.97	.50	.65	.37	.17	.48	.71
Conteggio 1-10 (sec)	τ	-.43	-.25	-.44	-.05	.06	-.10	-.04	-.29	-.33	-.32	.04	-.17	-.26	-.12	.20	-.37	.23
	Sign	.00	.06	.00	.72	.70	.52	.75	.03	.01	.03	.81	.26	.08	.37	.13	.01	.08
Conteggio 5-1	τ	.39	-.19	.08	.16	.20	-.04	.18	.35	.20	.16	.27	.30	-.09	.30	-.23	.05	-.10
	Sign	.01	.20	.59	.29	.22	.80	.24	.02	.17	.32	.11	.06	.59	.04	.11	.73	.50

in grassetto le corr. $\geq .3,0$ e sign.

Tabella 12. Correlazioni tra funzioni cognitive e competenze di conteggio nel gruppo ST-2

		Rag. fluido		Pensiero logico				Linguaggio		Working memory (span)			Inibizione	Attenzione sost.					
		Rag. matrici	Concetti immagini	IRF (IQ)	Seriaz.	Numer.	Classif.	Totale	TROG-2	PPVT-R	Mem. Cifre	Mem. cifre indietro	Corsi indietro	Stroop (sec)	Pg	Sec			
Conteggio 1-20	τ	-.02	.25	.13	.01	.29	-.02	.15	.12	.08	.11	.09	.31	.02	.28	.09	-.10	.01	-.07
	Sign	.87	.04	.28	.93	.02	.20	.23	.35	.52	.42	.03	.90	.05	.47	.39	.93	.56	
Conteggio 1-20 (sec)	τ	.12	.07	.10	-.01	-.26	.12	-.15	-.17	-.12	-.41	.00	-.14	-.21	-.21	.14	-.17	.17	
	Sign	.30	.57	.40	.93	.04	.38	.21	.16	.29	.00	.97	.29	.12	.09	.24	.16	.14	
Conteggio 1-10	τ	-.10	.07	.00	.11	.18	-.08	.16	.01	.05	.20	.16	-.09	.18	.27	-.16	-.01	-.01	
	Sign	.48	.62	.97	.45	.22	.60	.25	.91	.72	.21	.32	.58	.26	.05	.24	.91	.91	
Conteggio 1-10 (sec)	τ	-.06	.09	-.02	-.10	-.27	-.07	-.25	-.07	-.10	-.03	.01	-.22	-.43	-.11	.14	-.20	.35	
	Sign	.64	.49	.85	.44	.05	.64	.06	.58	.42	.83	.94	.15	.00	.41	.29	.13	.01	
Conteggio 5-1	τ	-.04	.13	.00	.06	.23	.13	.21	.15	.26	.20	.21	-.13	.09	.01	-.16	-.13	.03	
	Sign	.75	.32	.99	.66	.10	.38	.12	.27	.05	.20	.18	.39	.54	.91	.21	.32	.85	

in grassetto le corr. $\geq .3,0$ e sign.

Componente semantica. In entrambi i gruppi si rilevano correlazioni statisticamente significative tra la prova di confronto di quantità e le operazioni logiche; nel gruppo ST-1 soprattutto con la seriazione e la classificazione, nel gruppo ST-2 con la seriazione e la numerazione (τ vedi tabelle 13 e 14). Analizzando le correlazioni con la seriazione si osserva che nel gruppo ST-1 la correlazione è significativa a livello di punteggio di correttezza, mentre nel gruppo ST-2 a livello di punteggio di rapidità. Analizzando le correlazioni tra le prove di confronto di quantità e le funzioni esecutive, si rileva che i punteggi d'attenzione sostenuta correlano con la rapidità nelle prove di confronto tra dots nel gruppo ST-1. L'*updating* visuospatiale gioca un ruolo nel confronto tra immagini nel gruppo ST-2, mentre il controllo inibitorio correla con la prova confronto tra immagini nel gruppo ST-1. Anche la comprensione linguistica correla con la prova di confronto tra immagini, a livello morfosintattico nel gruppo ST-1 a livello lessicale nel gruppo ST-2. Le correlazioni più forti nelle prove di confronto di quantità si rilevano tra la seriazione nel gruppo ST-1 con la prova con stimoli concreti [$\tau = .47, p$

< .001], e tra la classificazione e la prova con stimoli astratti (dots) [$\tau = .46, p = .02$]. Nel gruppo ST-2 la correlazione più forte è con il pensiero logico (numerazione e seriazione) per quanto riguarda il confronto tra immagini [$\tau = .47, p < .001$], e tra seriazione e velocità nella prova di confronto dots [$\tau = -.40, p < .001$]. Nella prova “give-a-number” si rilevano in entrambi i gruppi correlazioni significative con il pensiero logico, la comprensione morfosintattica e la rapidità nel controllo inibitorio. Nel gruppo ST-1 si osserva che all’aumentare del punteggio al compito di ragionamento con matrici e della capienza del MBT visuospatiale, aumentano le capacità d’uso del principio di cardinalità, nel gruppo ST-2 le relazioni significative sono tra il subtest concetti illustrati e la prova “give-a-number”. Se nel gruppo ST-2 la correlazione più forte è con il pensiero logico [$\tau = .46, p < .001$], nel ST-1 è con il ragionamento con matrici [$\tau = .50, p < .001$].

Tabella 13. Correlazioni tra funzioni cognitive e area semantica nel gruppo ST-1

		Rag. fluido		Pensiero logico				Linguaggio			Working memory (span)			Inibizione		Attenzione sost.		
		Rag. matrici	Concetti immagini	IRF (IQ)	Seriaz.	Numer.	Classif.	Totale	TROG-2	PPVT-R	Mem. Cifre	Mem. cifre indietro	Corsi indietro	Corsi indietro	Stroop (sec)	Pg	Sec	
Confronto dot	τ	.13	.11	.07	.31	-.22	.46	.11	.13	.15	.10	.03	.10	.27	.16	-.18	.08	-.22
	Sign	.36	.42	.60	.04	.16	.02	.44	.36	.28	.53	.85	.51	.09	.26	.18	.57	.10
Confronto dot (sec)	τ	-.14	.02	-.04	-.15	.16	-.23	-.04	-.12	-.10	-.21	.12	.14	-.02	-.04	.26	-.36	.36
	Sign	.28	.90	.75	.37	.27	.12	.76	.37	.41	.15	.42	.34	.89	.78	.04	.00	.00
Confronto immagini	τ	.27	.14	.16	.47	.01	.32	.40	.35	.16	.27	.26	.09	.16	.31	-.22	-.01	-.03
	Sign	.04	.31	.22	.00	.93	.03	.00	.01	.21	.07	.09	.54	.28	.02	.09	.91	.81
Give-a-number	τ	.50	-.01	.24	.27	.23	.07	.35	.49	.29	.19	.15	.35	.02	.19	-.30	.04	-.02
	Sign	.00	.92	.07	.05	.11	.64	.01	.00	.02	.19	.32	.02	.89	.16	.02	.76	.90

in grassetto le corr. $\geq .3,0$ e sign.

Tabella 14. Correlazioni tra funzioni cognitive e area semantica nel gruppo ST-2

		Rag. fluido		Pensiero logico				Linguaggio			Working memory (span)			Inibizione		Attenzione sost.		
		Rag. matrici	Concetti immagini	IRF (IQ)	Seriaz.	Numer.	Classif.	Totale	TROG-2	PPVT-R	Mem. Cifre	Mem. cifre indietro	Corsi indietro	Corsi indietro	Stroop (sec)	Pg	Sec	
Confronto dot	τ	.07	.02	.08	.25	.16	.07	.28	.08	.09	.21	.17	.25	.07	-.07	-.06	.07	-.24
	Sign	.58	.89	.54	.07	.24	.65	.03	.52	.45	.16	.28	.10	.63	.61	.64	.59	.07
Confronto dot (sec)	τ	-.24	-.16	-.22	-.40	-.12	-.16	-.36	-.09	-.14	.11	-.29	.00	-.21	-.07	.03	-.08	.06
	Sign	.05	.19	.07	.00	.38	.25	.01	.46	.24	.45	.05	.96	.13	.56	.78	.50	.60
Confronto immagini	τ	.19	.17	.25	.37	.33	.05	.47	.23	.35	.15	.21	.18	.32	.20	-.14	.15	-.11
	Sign	.11	.15	.04	.00	.01	.71	.00	.06	.00	.28	.13	.21	.02	.11	.23	.21	.38
Give-a-number	τ	.27	.43	.40	.24	.45	.08	.46	.30	.18	.29	.17	.16	.16	.13	-.30	.17	-.14
	Sign	.03	.00	.00	.06	.00	.55	.00	.01	.14	.04	.24	.25	.26	.32	.01	.15	.24

in grassetto le corr. $\geq .3,0$ e sign.

2.4 Discussione

L'obiettivo del primo studio è stato quello di indagare lo sviluppo delle competenze numeriche durante il quarto anno di vita, fase specifica dello sviluppo che afferisce all'età prescolare nella quale, solitamente, si registrano cambiamenti significativi sia di questi aspetti (Geary, 1994, 2000) sia delle funzioni cognitive (Best & Miller, 2010; Piaget, 1968; Zelazo & Müller, 2002). Von Aster e Shalev nel 2007 sostengono che, in età prescolare, si sviluppi una rappresentazione linguistica, araba e semantica del numero grazie alla sinergia delle funzioni cognitive, del linguaggio e delle abilità numeriche non verbali. Grazie alla maturazione di fattori dominio-specifici e dominio-generalisti (Chu et al., 2016; Friso-van den Bos et al., 2013; Gilmore et al., 2013), in fase prescolare si amplia la serie di competenze numeriche a disposizione del bambino. I risultati dello studio confermano queste evidenze, in quanto mostrano che, durante il quarto anno di vita, vi sono differenze nell'acquisizione e nella stabilizzazione delle competenze numeriche e delle funzioni cognitive, tra cui la conoscenza simbolica del numero, il conteggio, la qualità del pensiero, il controllo inibitorio e l'attenzione sostenuta.

Generalmente dai 3 ai 5 anni i bambini acquisiscono i processi lessicali dell'intelligenza numerica (Dehaene, 1992; Mussolin et al., 2014), fattori predittivi importanti per le successive abilità matematiche (Geary et al., 2013; Lembke & Foegen, 2009) oltre che per le concomitanti competenze numeriche (VanDerHeyden et al., 2006). I risultati della ricerca mostrano che a 4 anni i bambini sono abili a riconoscere i numeri, a leggerli e/o ad associarli alle quantità corrispondenti. Come descritto anche da Pontecorvo (1985), la capacità di corrispondenza di un numero scritto alla rispettiva quantità viene acquisita progressivamente, durante il perfezionamento delle capacità di riconoscimento e di lettura dei numeri. I risultati di questo studio ampliano le evidenze di Pontecorvo (1985) e mostrano che, durante il quarto anno di vita, le competenze lessicali si differenziano, mostrandosi più sviluppate nei bambini di 4.6-4.11 rispetto ai pari più giovani. I bambini più grandi hanno maggiori competenze di riconoscimento e

di lettura dei numeri entro il 9 e mostrano una migliore organizzazione dei sistemi di grandezza rispetto ai coetanei. La letteratura ha inoltre ampiamente descritto come, dai due anni in poi, il bambino acquisisca prima le competenze di conteggio, cioè la capacità di utilizzare la sequenza di parole-numero pur non comprendendone il significato cardinale, poi di enumerazione (Mou et al., 2018; Wynn, 1992). Mentre il primo è fortemente correlato con le abilità aritmetiche dalla fase prescolare fino alla classe seconda primaria (Aunola et al., 2004; Geary, 1993; Koponen et al., 2013; Stock et al., 2009), il *conceptual counting* già a 42-57 mesi è in grado di predire le abilità aritmetiche, anche in modo più significativo della working memory e dell'inibizione (Gray & Reeve, 2014). In accordo con Lucangeli (1999), i risultati dello studio mostrano che a 4 anni i bambini sono in grado di utilizzare le parole-numero in sequenza unidirezionale in avanti, senza commettere alcun errore nella sequenza da 1 a 10 e con qualche omissione e/o errore nell'intervallo 1 – 20. Quest'ultimo dato è in linea con i risultati di Molin e colleghi (2007). Il conteggio regressivo si rileva essere una competenza in esordio: un bambino su due è in grado di riprodurre correttamente tutta la sequenza regressiva, mostrandosi in grado di utilizzare le parole numero in sequenza bidirezionale. La linea del numero sembra essere dunque già flessibile per alcuni bambini prima dei 5 anni, ampliando, in questo modo, i risultati di Lucangeli (1999). Avendo dimostrato che la correttezza del conteggio è simile a 4 anni, si rileva, invece, che la rapidità è in grado di differenziare le due fasce d'età: i bambini di 4-4.6 anni impiegano in media circa 5 secondi per contare da 1 a 10 e 17 secondi per contare da 1 a 20, mentre il tempo si riduce a 3 secondi per il primo intervallo e a 13 per il secondo per la fascia d'età successiva. Tale risultato supporta le evidenze scientifiche circa l'importanza della correttezza e della rapidità del conteggio, parametri utili per lo sviluppo delle capacità aritmetiche (Johansson, 2005; Nguyen et al., 2016).

Analizzando le altre competenze numeriche si rileva che le prestazioni in compiti deputati ad indagare l'area semantica e del calcolo sono simili tra le due fasce d'età. Per quanto riguarda le

competenze di calcolo, si rileva che il 42% dei bambini di 4 anni non è stato in grado di recuperare e/o risolvere alcuna semplice addizione a mente e, inoltre, nessuno dei partecipanti è riuscito ad eseguire correttamente tutte e quattro le operazioni. Tale risultato è in contrasto con alcuni studi che dimostrano la capacità di risoluzione di problemi con semplici addizioni e sottrazioni in bambini tra i 4 e i 6 anni (Dehaene, 1997; Levine et al., 1992). Le operazioni sono state proposte verbalmente e attraverso stimoli esclusivamente simbolici: come evidenziato da alcuni autori (Barth et al., 2005; Levine et al., 1992) ma non altri (Soto-Calvo et al., 2015), il materiale simbolico potrebbe aver reso il compito troppo complesso per questa fascia d'età. Infine, attraverso compiti di confronto di quantità non-simboliche, sono state indagate le competenze semantiche del numero e, nello specifico, il sistema ANS. Nonostante la letteratura non sia tutt'ora concorde (Holloway & Ansari, 2009; Vanbinst et al., 2012), studi dimostrano che la capacità di discriminare le numerosità, soprattutto non simboliche, in età prescolare permette di sviluppare abilità matematiche utili sia per la fase prescolare sia per quelle successive (vedi meta-analisi di Chen & Li, 2014). Il presente studio ha incluso prove di confronto di quantità sia con stimoli astratti (dots) sia concreti (immagini) e, in entrambe le condizioni, le competenze semantiche sono risultate simili tra l'inizio e la fine del quarto anno di vita. Circa un bambino su due a 4 anni è in grado di completare la prova con dots senza commettere alcun errore, rilevandosi un compito relativamente semplice, mentre nell'identificare l'insieme più numeroso tra due gruppi di elementi concreti le performance non mostrano alcun *floor effect*. Rispetto alla versione originale della prova di confronto di dots (vedi Molin et al., 2007), è stata introdotta la rilevazione dei tempi: seppur la differenza non risulti significativa, i bambini di quattro anni e mezzo - cinque sono più rapidi nello svolgere questo compito rispetto ai coetanei più giovani. A fronte delle evidenze scientifiche circa l'influenza delle proprietà visive degli stimoli nel giudizio di numerosità non simbolica (Purpura & Simms, 2018; Szűcs et al., 2013), sono state confrontate le prestazioni delle due fasce d'età anche negli item con e senza distrattore

percettivo: nonostante la maggior probabilità di commettere errori negli item caratterizzati da incoerenza tra numerosità e dimensione dei dots, non emergono differenze significative tra i due gruppi. Sebbene non ci sia ancora accordo scientifico (Huntley-Fenner & Cannon, 2000; Slaughter et al., 2006), alcuni autori sostengono che i bambini tra i 3 e i 5 anni sono più accurati nei compiti di discriminazione tra insiemi di dots quando i bambini padroneggiano il principio di cardinalità (Brannon & Van de Walle, 2001; Wagner & Johnson, 2011). La letteratura indica che dai 2 anni e mezzo ai 4 dovrebbe svilupparsi tale competenza (Gelman & Gallistel, 1978; Sarnecka & Carey, 2008; Wynn, 1900), la quale risulta essere predittiva dei risultati scolastici in matematica in età prescolare e scolare (Mussolin et al., 2014; Nguyen et al., 2016). Attraverso una revisione del classico compito “*give-a-number*” di Wynn (1990, 1992) si è indagato il principio implicito della cardinalità e i risultati mostrano che a 4 anni tale competenza è padroneggiata solo in modo parziale, in quanto solo il 15% dei partecipanti è stato in grado di identificare correttamente la cardinalità di tutti e nove i numeri. Nonostante non si rilevino differenze significative tra le due fasce d’età, i bambini più giovani identificano mediamente la cardinalità di circa 4 numeri su 9, quelli più grandi di circa 6 numeri. Un altro principio implicito necessario per l’acquisizione delle abilità di conteggio è la corrispondenza uno-a-uno, compito incluso tra le operazioni volte a indagare il pensiero logico. Tutti i partecipanti sono stati in grado di accoppiare ciascuna unità di una collezione con una e una sola unità di un’altra collezione, ma solo un bambino su due di 4 anni è in grado di utilizzare tale competenza per identificare la numerosità di un altro insieme non visibile ma posto precedentemente in corrispondenza pratica. L’incapacità di risolvere il compito di quotità ha origine dalla tendenza dei bambini prescolari a focalizzarsi sugli stati piuttosto che sulle trasformazioni che collegano gli stati, struttura cognitiva tipica del pensiero prelogico. La quotità afferisce alle operazioni di numerazione, prova che è in grado di differenziare i bambini di 4 anni: sono significativamente di più i bambini tra i 4 anni e mezzo e cinque in grado di risolvere correttamente tale compito

rispetto ai coetanei più giovani. Tra le operazioni di numerazione vi è anche la classica prova di conservazione del numero. In accordo con le osservazioni di Piaget (1941/1968), le conferme scientifiche di Karmiloff-Smith (1992) e Gelman & Gallistel (1978), i risultati dello studio mostrano che a 4 anni la conservazione del numero, anche se solo di pochi concreti elementi, è mediamente assente: solo un bambino di 4 anni e 3 mesi e sei della fascia 4.6-4.11 anni mostrano la conservazione di 5 elementi. Tali evidenze sono in contrasto con i risultati di Vianello e Marin (1997), i quali trovarono che la conservazione del numero, indagata con lo stesso compito, era presente nel 53% dei bambini di 4 anni, ma anche con evidenze scientifiche che riportano l'esordio di questa competenza anche in fasi precedenti dello sviluppo (Siegler, 2016; Watanabe, 2017). Come già sostenuto dagli autori (Gelman & Gallistel, 1978; Karmiloff-Smith, 1992; Piaget, 1941/1968) e confermato anche recentemente da Ahmad e collaboratori (2018), prima dei 5/6 anni i bambini non sono in grado di inferire che la quantità degli oggetti rimane la stessa al di là delle diverse apparenze percettive degli elementi dei gruppi. Come suggerito da Houdé e colleghi (2011), la risoluzione della prova di conservazione del numero potrebbe essere necessitare di un network neurofunzionale che includa, oltre al solco intraparietale bilaterale, il lobo prefrontale, e quindi le funzioni esecutive, le quali però non sono ancora completamente sviluppate in questa fase di sviluppo (Best & Miller, 2010; Zelazo & Müller, 2002). Questo studio evidenzia, inoltre, relazioni significative tra le operazioni di numerazione e le diverse competenze numeriche, tra cui quelle lessicali e semantiche. Tali risultati supportano gli studi già presenti in letteratura circa il ruolo delle operazioni di numerazione, ma anche di seriazione e classificazione, nello sviluppo delle competenze numeriche prescolari (Grègoire, 2005; Nunes et al., 2007; Piaget & Szeminska, 1941/1968; Silliphant, 1983; Van de Rijt & Van Luit, 1998). Per quanto riguarda le capacità di seriazione, i risultati del presente studio mostrano che circa un bambino su due del campione è in grado di seriare 5 elementi concreti dal più piccolo al più grande, rapporto lievemente inferiore a quello rilevato da Vianello e Marin (1997) a 4 anni. La

capacità di eseguire compiti di inserzione, cioè di aggiungere un nuovo elemento in una serie precostituita, è presente solo nel 15% del campione. Questo ultimo dato è in linea con le evidenze di diversi autori (Leiser & Gillieron, 1990; Malabonga et al., 1994; Southard & Pasnak, 1997), i quali indicano che la maggior parte dei bambini a 4 anni non è in grado di completare correttamente tale compito. L'analisi qualitativa dei dati, però, permette di aggiungere evidenze alla letteratura esistente, in quanto i risultati mostrano che i bambini tra i 4 anni e mezzo e i cinque sono più competenti nell'ordinare elementi per grandezza e/o effettuare seriazioni rispetto ai coetanei più giovani. Tale capacità è collegata con le successive abilità matematiche (Grégoire, 2005) e, secondo i risultati di questo studio, a 4 anni queste operazioni correlano con il calcolo mente e con la capacità di confrontare delle quantità. Probabilmente, come ipotizzato da Tobia e collaboratori (2016), tale relazione ha le sue basi nel fatto che seriare oggetti richiede ai bambini riflessioni sulle grandezze e sulle relazioni tra di esse, proprio come avviene nel confronto tra numeri e tra quantità. Interessante notare come nella fascia d'età 4-4.5 la correlazione tra operazioni di seriazione e confronto tra dots si osservi analizzando il parametro accuratezza, mentre tra i quattro anni e mezzo ai cinque con la rapidità di risposta. L'ultimo indicatore studiato volto ad indagare la qualità del pensiero e correlato in età prescolare con lo sviluppo delle competenze numeriche concomitanti e successive (Desoete, 2014; Praet et al., 2013), è la classificazione. Le prestazioni dei partecipanti sono molto simili e, mediamente, si limitano alla capacità di effettuare collezioni figurali e di classificare elementi attraverso uno e uno solo criterio. Utilizzare più di un criterio classificatorio, comportamento osservabile solo nel 20% dei partecipanti, richiede alla mente di effettuare operazioni di reversibilità su oggetti diversi tra loro, che però denota una struttura cognitiva più matura, tipica del pensiero operatorio concreto. I risultati di questa ricerca mostrano esclusivamente una correlazione nella fascia 4-4.5, tra la classificazione e le prove di confronto di quantità, sia con stimoli astratti sia concreti. Dunque, analizzando la qualità del pensiero si rileva che, in media, a 4 anni i bambini presentano

un pensiero di tipo pre-operatorio, con un'età mentale media di 4 anni e otto mesi. Le operazioni di numerazione e di seriazione sono in grado di differenziare i bambini di diverse fasce d'età: durante il quarto anno di vita i bambini presentano un pensiero caratterizzato da rigidità e irreversibilità, soprattutto nei primi sei mesi, mentre dalla seconda metà del quarto anno, il pensiero progredisce lievemente, mostrandosi in una forma più matura. L'esordio della transitività garantisce più flessibilità e maggiore collegamento tra le diverse rappresentazioni mentali, condizione che sottende il passaggio dal preoperatorio al pensiero operatorio concreto, stadio, che secondo Piaget, è utile per comprendere concetti matematici prescolari e delle prime fasi scolari (Piaget & Inhelder, 1966/1970). Secondo questo studio, la qualità del pensiero, prevalentemente di tipo pre-logico, aumenta all'aumentare dell'età cronologica ed è collegata alle competenze numeriche lessicali e semantiche, oltre che al calcolo a mente. Non si rilevano associazioni significative tra il pensiero logico e il conteggio.

Anche altre variabili dominio-generaliste rivestono un ruolo significativo nell'acquisizione delle competenze numeriche: in accordo con la letteratura, i risultati dello studio mostrano che il ragionamento fluido, il linguaggio e le funzioni attentive ed esecutive sono collegate, seppur con modalità differenti, alle competenze numeriche. Studi mostrano che già dai tre anni le funzioni esecutive, soprattutto working memory e inibizione, sono in grado di predire le competenze numeriche alla scuola dell'infanzia e alla scuola primaria (Bull et al., 2008; Clark et al., 2010). Questo studio mostra che a 4 anni i bambini presentano una capienza media del magazzino di MBT verbale pari a 3 mentre quella relativa al magazzino di MBT visuospatiale pari a 2. L'esecutivo centrale risulta difficilmente indagabile a quest'età: circa l'80% e il 72 % del campione mostra uno span di 0 rispettivamente con materiale verbale e visuospatiale. Mentre i bambini dai 4 ai 5 anni non mostrano differenze nella working memory, si rilevano peculiarità per ogni fascia d'età nelle associazioni delle diverse componenti della memoria di lavoro con le competenze numeriche. Come documentato da diversi autori, tra cui Passolunghi e Lanfranchi

(2012), già in fase prescolare la working memory mostra connessioni con le competenze numeriche: questo studio mostra relazioni significative tra le due variabili nell'intervallo dei 4 – 5 anni. Se nel primo semestre dei 4 anni le associazioni della WM si registrano con ogni area della competenze numeriche, successivamente si limitano al conteggio e al confronto di quantità concrete. Nello specifico, tra i 4 anni e mezzo e i 5 anni, il magazzino di MBT verbale e l'updating visuospatiale correlano con la rapidità del conteggio, mentre l'updating verbale con l'accuratezza, risultati che ampliando le evidenze di Noël (2009) circa l'associazione tra esecutivo centrale e competenze numeriche. Tra tutte le variabili cognitive incluse in questo disegno di ricerca, la WM e l'attenzione sostenuta risultano essere le uniche due correlate al conteggio nei bambini di 4.6-4.11 anni. Nel primo semestre dei 4 anni, invece, il magazzino di MBT verbale correla con il calcolo a mente e la rapidità del conteggio 1 – 10, a differenza da quello rilevato in età prescolare da Raghobar e Barnes (2017). Inoltre, in questa fascia d'età, il magazzino di MBT visuospatiale correla con la capacità di lettura di numeri e con la cardinalità, contrariamente alle evidenze di Purpura e Ganley (2014) che rilevavano, in età prescolare, una correlazione tra tale principio implicito e la componente verbale della WM. A differenza di altri autori che si sono dedicati ad analizzare il diverso peso delle componenti della WM verbale e visuospatiale nei risultati matematici (Friso-Van Den Bos et al., 2013; Praet et al., 2013), questo studio dimostra che dai 4 ai 5 anni entrambe sono correlate alle competenze numeriche, ma dai 4 anni ai 4 anni e mezzo la relazione significativa è tra i magazzini a breve termine e la cognizione numerica, mentre nei sei mesi successivi entra in gioco anche l'esecutivo centrale.

Analizzando il ruolo del controllo inibitorio, si rileva che i bambini a 4 anni sono sufficientemente in grado di sopprimere una risposta verbale dominante a favore di una risposta non dominante. In accordo con le ipotesi di ricerca, i bambini di 4.6-4.11 sono più rapidi e più accurati in questa prova, ma solo questo secondo parametro li differenzia in modo significativo dai coetanei più giovani. Contrariamente ai risultati di Van der Sluis e colleghi (2004), questo

studio rileva associazioni tra inibizione e competenze numeriche, in ogni singolo gruppo. Tra i 4-4.5 l'inibizione gioca un ruolo significativo in ogni area delle competenze numeriche, mentre nei bambini più grandi esclusivamente con la lettura dei numeri e con la cardinalità. Nei soggetti più giovani si rilevano anche correlazioni tra il controllo inibitorio e il riconoscimento dei numeri, il calcolo a mente e il conteggio. A sostegno dei dati di Fuhs & McNeil (2013), i risultati della suddetta ricerca mostrano un'associazione tra inibizione e confronto tra quantità con stimoli concreti durante il primo semestre dei 4 anni. Tali evidenze supporterebbero anche i recenti risultati di Gebuis e colleghi (2016) e in generale gli studi di letteratura che documentano l'associazione tra inibizione e competenze numeriche in età prescolare (Allan et al., 2014).

Un'altra variabile dominio-generale citata dalla letteratura come utile allo sviluppo delle abilità matematiche è l'attenzione (Fuchs et al., 2010). I risultati mostrano che, a parità di tempi d'esecuzione, i bambini di quattro anni e mezzo - cinque sono in grado di identificare più stimoli target rispetto ai bambini della fascia d'età inferiore. Più i bambini sono corretti e rapidi nello svolgimento di compiti attentivi, maggiori sono le loro competenze nel conteggio, sia in termini di velocità sia di accuratezza. Inoltre nel primo semestre dei 4 anni l'attenzione sostenuta correla anche con la rapidità nella discriminazione di due insiemi di dots. Non si rileva alcun ruolo dell'attenzione nelle componenti lessicali del numero e del calcolo a 4 anni. Un recente studio longitudinale dai 3 ai 5 anni ha rilevato che le funzioni esecutive, ma anche l'intelligenza, sono in grado di predire lo sviluppo delle competenze numeriche (Chu et al., 2016). A fronte del fatto che la letteratura non è ancora concorde sulla relazione tra intelligenza e competenze numeriche, il presente studio, attraverso l'utilizzo della recente versione italiana della scala WPPSI-IV, ha indagato anche il ruolo delle abilità di ragionamento fluido, simile tra i due gruppi: come rilevato da altri autori (Geary et al., 1999; Passolunghi et al., 2008), il *Gf* mostra correlazioni sia con l'area lessicale del numero sia con quella semantica. Nello specifico si rileva una relazione significativa tra il ragionamento con matrici e le competenze lessicali e la cardinalità nel primo

semestre dei 4 anni, mentre nella fascia d'età successiva tale relazione si evidenzia con i concetti illustrati, probabilmente perché i bambini diventano significativamente più abili ad individuare o creare delle categorie concettualmente appropriate. Anche il conteggio, in avanti e indietro, nella fascia 4 anni – 4 anni e 5 mesi correla con il ragionamento fluido. È interessante notare che le correlazioni più forti tra le competenze numeriche prescolari e le diverse funzioni cognitive analizzate si registrano con le operazioni logiche e/o il ragionamento fluido, marcando una forte connessione tra le competenze cognitive ed intellettive e la cognizione numerica.

Infine, tra le variabili dominio-generalì associate alle competenze numeriche è stato studiato anche il ruolo del linguaggio. Diversi autori hanno sottolineato il ruolo del vocabolario recettivo nello sviluppo delle competenze numeriche, soprattutto lessicali (Göbel et al., 2014; LeFevre et al., 2010), della consapevolezza fonologica (Alloway et al., 2005) e del linguaggio espressivo (Desoete, 2014; Praet et al., 2013). Il suddetto studio ha indagato sia l'associazione con il vocabolario recettivo sia con la comprensione morfosintattica ed emerge che le strutture linguistiche esaminate si differenziano scarsamente durante il quarto anno di vita, ma le relazioni tra queste variabili e le competenze numeriche sono diverse tra i due gruppi. Se nel primo semestre dei 4 anni, sia la comprensione grammaticale sia il lessico passivo si interfacciano con diverse competenze numeriche, tra cui le conoscenze lessicali, l'area semantica e il conteggio, nei bambini più grandi il vocabolario mostra meno influenza. Nei bambini di 4 anni e mezzo – 5 anni è soprattutto la comprensione grammaticale a mostrare forza nelle relazioni con le competenze numeriche. Tali evidenze sono in linea con la recente review di Raghubar e Barnes (2017), nella quale viene sottolineato il ruolo fondamentale dei processi linguistici nello sviluppo delle precoci competenze numeriche. A differenza della letteratura e contrariamente alle ipotesi di ricerca, si rileva un ruolo concomitante del linguaggio anche in prove di discriminazione di quantità non simboliche: la relazione si osserva esclusivamente con la prova di confronto con immagini concrete. Questa associazione potrebbe essere una conseguenza del tipo di materiale

utilizzato nella prova: gli stimoli concreti, rappresentati da immagini di frutta, potrebbero veicolare, inconsapevolmente, informazioni linguistiche.

3. STUDIO 2

3.1 Obiettivi

Esistono evidenze circa le difficoltà neuropsicologiche dei bambini con SD a livello di ragionamento, di memoria e funzioni esecutive, di linguaggio e degli apprendimenti scolastici. Tuttavia, le conoscenze relative ad alcuni domini, tra cui quello della cognizione numerica, rimangono ancora poco studiate. Il presente studio si propone di indagare le competenze numeriche in soggetti in età evolutiva con disabilità intellettiva in SD e, attraverso un confronto con bambini a sviluppo tipico di pari età mentale, identificare punti di forza e di debolezza nella cognizione numerica. Lo studio, di tipo comparativo, indaga gli aspetti lessicali, semantici, di conteggio e di calcolo in soggetti in età evolutiva appartenenti a popolazioni differenti, ma con la medesima età mentale (4-4.11), valutata con il Test Operazioni Logiche OL18 (Vianello & Marin, 1997). A fronte del ruolo che i processi dominio-generalisti ricoprono nello sviluppo delle diverse competenze numeriche, si confrontano anche le prestazioni delle due popolazioni nel ragionamento fluido, nella comprensione del linguaggio, nelle funzioni esecutive e attentive, interpretando anche le correlazioni tra questi fattori e le competenze numeriche. Si ipotizza che soggetti in età di sviluppo, appartenenti a popolazioni differenti ma pareggiati per età mentale, mostrino le medesime competenze numeriche e cognitive. Si ipotizza che, a parità di operazioni logiche, non si rilevino differenze statisticamente significative nelle prove volte ad indagare le competenze numeriche tra i due gruppi, ad eccezione delle prove di confronto di quantità non simboliche. Inoltre, ci si aspetta che le prestazioni di ragionamento fluido, di linguaggio e di funzioni esecutive siano simili tra i due gruppi. Infine, ci si aspetta che migliori performance alle prove delle funzioni cognitive siano correlate con una migliore concomitante conoscenza numerica, in entrambi i gruppi. Nello specifico, ci si aspetta un ruolo trasversale del ragionamento e delle funzioni esecutive su tutte le competenze numeriche, mentre non si

attendono correlazioni significative tra capacità di discriminazione di quantità non simbolica e le competenze linguistiche, ma che queste siano legate con l'area lessicale, il conteggio e il calcolo.

3.2 Metodo

3.2.1 Partecipanti

I partecipanti alla ricerca sono undici minori con sindrome di Down² (6 maschi e 5 femmine) con un'età cronologica media (EC) di 10 anni e 4 mesi (SD = 4.3 anni; range età: 5 anni e 7 mesi – 17 anni e 11 mesi). Tutti i minori sono madrelingua italiana inseriti nei diversi ordini di scuola. I criteri di selezione sono stati: età mentale tra i 48 e i 59 mesi e età cronologica in fascia di sviluppo (5 – 17.11 anni). In merito al generale livello socioeconomico (SES), rilevato dal più alto titolo di studio ottenuto dai genitori, si rileva che 7 (64%) madri e 8 (73%) padri sono in possesso di un titolo di studio medio/basso (licenza media o scuole superiori) e 4 (36%) madri e 1 (9%) padre sono in possesso di un diploma o titoli superiori. L'età media delle madri alla nascita del figlio è di 40 (SD = 5, range = 33 – 50), mentre quella dei padri è di 41 (SD = 4, range = 36 – 50) (vedi tabella 15). Sono stati esclusi dal campione soggetti con sindrome di Down con un'età mentale minore di 48 e maggiore di 59 ($n = 8$).

Il gruppo di controllo è composto da undici bambini a sviluppo tipico³ (6 maschi e 5 femmine) con un'EC di 4 anni e 5 mesi (SD = 3 mesi; range età: 4 anni e 2 mesi – 4 anni e 9 mesi). Tutti i minori sono madrelingua italiana frequentanti il secondo anno della Scuola dell'Infanzia. I criteri di selezione sono: assenza di disabilità certificate, indici di ragionamento fluido maggiore di 70 (IRF della WPPSI-IV, Wechsler, 2014), età cronologica tra i 4 e i 4.11. In merito al generale livello socioeconomico (SES), rilevato dal più alto titolo di studio ottenuto dai genitori, si rileva

² I dati relativi al gruppo SD sono stati raccolti dalla dottoranda presso le sedi di: Associazione Apprendiamo (RSM), Associazione Crescere Insieme (Rimini, IT), Centro Emiliano Problemi Sociali CEPS (Bologna, IT).

³ I dati relativi al gruppo ST sono stati raccolti dalla dottoranda presso quattro plessi scolastici pubblici della Scuola dell'Infanzia (RSM).

che 5 (45.5%) madri e 8 (73%) padri sono in possesso di un titolo di studio medio/basso (licenza media o scuole superiori) e 6 (54.5%) madri e 3 (27%) padri sono in possesso di un diploma universitario o titoli superiori. L'età media delle madri alla nascita del figlio è di 31 (SD = 4, range = 24 – 36), mentre quella dei padri è di 34 (SD = 5, range = 25 – 39) (vedi tabella 15).

Tabella 15. *Caratteristiche socio-demografiche dei gruppi ST e SD*

			ST	SD
			<i>n</i> = 11	<i>n</i> = 11
Genere	Maschio	<i>N</i> (%)	6 (60)	6 (60)
	Femmina	<i>N</i> (%)	5 (40)	5 (40)
Età (anni)		<i>M</i> (<i>SD</i>) range	4;5 (0;3) 4;2-4;9	10;4 (4;3) 5;7-17;11
Età madre (anni)		<i>M</i> (<i>SD</i>) range	31 (4) 24-36	40 (5) 33-50
Livello scolastico madre	Medio/basso	<i>N</i> (%)	5 (45.5)	7 (64)
	Alto		6 (54.5)	4 (36)
Età padre (anni)		<i>M</i> (<i>SD</i>) range	34 (5) 25-39	41 (4) 36-50
Livello scolastico padre	Medio/basso	<i>N</i> (%)	8 (73)	8 (73)
	Alto	<i>N</i> (%)	3 (27)	1 (9)

I due gruppi differiscono per EC [$t(20) = -5.854, p < .001$] e per EC dei genitori [madre, $t(19) = -4.448, p < .001$; padre, $t(18) = -3.368, p = .03$]. I due gruppi non differiscono né per il livello educativo del padre [$\chi^2(1, N=20) = 0.808, p = .59$] né della madre [$\chi^2(1, N=22) = 0.733, p = .39$]. Esistono diversi approcci per confrontare e/o appaiare gruppi con SD e ST. In questo studio è stato scelto di appaiare i partecipanti per genere e età mentale, valutata attraverso il Test Operazioni Logiche OL18 (Vianello & Marin, 1997). Questo strumento valuta l'intelligenza attraverso un'analisi della qualità del pensiero logico. È composto da tre diverse aree, seriazione, numerazione e classificazione: l'età mentale (EM) media di ogni gruppo è di 4 anni 6 mesi (SD = 4 mesi; range età: 48 – 59 mesi). Per quanto riguarda le singole aree, si dimostra che non vi sono differenze statisticamente significative nelle prestazioni tra i due gruppi [seriazione: $U = 55.50, z = -.36, p = 0.75, r = -0.08$; numerazione: $U = 71, z = .73, p = 0.52, r = 0.15$; classificazione: $U = 55, z = -.61, p = 0.75, r = -0.13$]. A livello qualitativo, si osserva che un partecipante su due (SD 64%, ST 45%) è in grado di seriare cinque elementi concreti, mentre più della metà del campione (SD 82%, ST 45%) è in grado di effettuare operazioni di seriazione (5 + 4 case). Il 27% del campione, tutti bambini del gruppo ST, è in grado di effettuare seriazioni con elementi

più astratti. Per quanto riguarda l'area di numerazione, tutti i partecipanti sono in grado di effettuare correttamente compiti di corrispondenza pratica, mentre un soggetto su due è in grado di risolvere operazioni di quotità (SD 54%, ST 36%). La quotità con 10+10 elementi è presente nel 45% dei soggetti con SD, mentre la percentuale scende a 18% per il gruppo ST. Solo alcuni bambini del gruppo ST mostrano di padroneggiare la conservazione del numero (5+5 $n = 1$; 10+10 $n = 3$), competenza assente nel gruppo SD. Nessun partecipante è in grado di effettuare operazioni di corrispondenza biunivoca qualificata. Per quanto riguarda l'area di classificazione, tutti i partecipanti sono in grado di effettuare correttamente collezioni figurali e di classificare degli oggetti secondo uno e un solo criterio classificatorio. Solo due bambini del gruppo ST sono in grado di classificare gli elementi con criteri diversi dal colore. Nessun partecipante è in grado di effettuare operazioni di classificazione moltiplicativa.

I partecipanti a questo progetto sono soggetti umani e lo studio è stato condotto in conformità con la Dichiarazione di Helsinki del 1964. Sono stati somministrati e raccolti i consensi informati, che descrivevano l'obiettivo del progetto, le procedure della ricerca e le informazioni circa la restituzione dei dati, oltre alla tutela della privacy, di tutti i bambini coinvolti nella ricerca grazie alla collaborazione dei genitori.

3.2.2 Procedura

La descrizione della raccolta dati dei bambini a sviluppo tipico è presentata nello studio

1. Per un approfondimento consultare la sezione "procedura" dello studio precedente.

La raccolta dati dei partecipanti con Sindrome di Down è stata effettuata da agosto 2018 ad agosto 2019. Al fine di presentare gli obiettivi e la metodologia della ricerca agli attori coinvolti, sono stati spiegati, consegnati e raccolti i moduli relativi al consenso informato ai genitori. La raccolta dati prevedeva due sessioni, di circa 30-45 minuti ciascuna, con ogni singolo partecipante, svolti in un ambiente ben illuminato e silenzioso, designato dalle Associazioni.

Tutti i partecipanti sono stati analizzati nella qualità strutturale del pensiero, nel ragionamento fluido non verbale, nella componente recettiva del linguaggio, in alcune specifiche funzioni esecutive e nelle competenze numeriche prescolari.

3.2.3 Strumenti di valutazione

La descrizione degli strumenti è presentata nello studio 1. Per un approfondimento consultare la sezione “strumenti di valutazione” dello studio precedente. Per i partecipanti il punto di partenza della somministrazione dei test coincide con l'età mentale (4 anni) e, successivamente, sono state seguite le regole di somministrazione dei test. Con il gruppo clinico, l'ordine di presentazione dei diversi test è stata più flessibile e con tempi più dilatati rispetto al gruppo a sviluppo tipico.

3.2.4 Analisi statistica

Tutte le analisi statistiche sono state effettuate con il software SPSS 22.0 per Windows. Il disegno sperimentale prevede 2 gruppi, uno a sviluppo tipico (ST) e uno clinico (SD), X 1 momento di rilevazione dati (t0). E' stata effettuata un'analisi descrittiva dei gruppi, un'analisi della violazione delle assunzioni per ogni variabile ed, infine, sulla base di questa, sono state condotte le analisi statistiche più indicate per il disegno sperimentale. A fronte del fatto che le assunzioni di normalità e omoschedasticità non sono rispettate per alcune variabili, si è proceduto con un'analisi non parametrica basata sui ranghi per tutte le variabili. Il test statistico non parametrico utilizzato per il confronto tra gruppi è il Test di Mann-Whitney per due campioni indipendenti (ST vs SD). L'effect-size (r) per il Test U di Mann-Whitney è stato calcolato con la formula $r = \frac{z}{\sqrt{N}}$, dove z rappresenta z -score prodotto da SPSS e N rappresenta il numero totale di partecipanti. Il valore standard di r viene considerato come medio per un valore uguale o maggiore di 0.3 e ampio per un valore uguale o superiore a 0.5 (Field, 2018, p. 296). Il

livello di significatività considerato in questo studio è del $p\text{-value} < 0.05$. Inoltre, è stato utilizzato il Test Tau di Kendall per esaminare le correlazioni tra le diverse variabili indagate. I valori di correlazione considerati sono quelli medi, per un valore uguale o maggiore di 0.3, e ampi, per un valore uguale o superiore a 0.5 (Field, 2018, p. 117), con un $p\text{-value} < 0.05$. Non sono stati presi in considerazione valori di correlazioni nulli o lievi ($\tau = 0.1\text{-}0.29$), seppur significativi. Tale test statistico è stato preferito al Test di Spearman in quanto sembra fornire una migliore stima della correlazione nella popolazione generale (Field, 2018, p. 353).

3.3 Risultati

3.3.1 Confronto tra i gruppi nelle competenze numeriche

I punteggi dei gruppi ST e SD sono illustrati in tabella 16.

Tabella 16. *Competenze numeriche prescolari: confronto tra ST e SD*

Variabili	ST ($n=11$)		SD ($n=11$)		Mann-Whitney					
	<i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>Mdn</i>	<i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>Mdn</i>	<i>U</i>	<i>z</i>	<i>p</i>	<i>r</i>		
Area lessicale	Lettura	5.27 (2.90)	6	7.91 (1.92)	9	96.50	2.45	.02	.52	
	Corrispondenza nome-numero	7.18 (2.14)	8	8.64 (0.67)	9	83.50	1.70	.13	.36	
	Corrispondenza numero-quantità	5.27 (1.79)	5	5.82 (1.40)	5	69.50	0.61	.56	.13	
Calcolo a mente	Addizioni < 5	0.45 (0.69)	0	2 (1.79)	2	89.50	2.05	.06	.44	
Conteggio	Conteggio 1-20 (corr)	17.91 (2.16)	19	14.64 (5.87)	16	43.00	-1.18	.27	-.25	
	Conteggio 1-20 (sec)	14.82 (6.26)	13	23 (19.21)	17	76.50	1.05	.30	.22	
	Conteggio 1-20 (sec) ($n=10$)	15.83 (7.47)	14	28.5 (29.08)	15	14.5	0.53	.61	.17	
	Conteggio 1-10 (corr)	10 (0)	10	9 (1.90)	10	38.50	-2.15	.15	-.46	
	Conteggio 1-10 (sec)	5.09 (2.74)	3	11.73 (8.89)	10	96.50	2.38	.02	.51	
	Conteggio 1-10 (sec) ($n=14$)	5.14 (3.08)	3	7.28 (4.31)	5	34.00	1.23	.26	.33	
	Conteggio 5-1 (corr)	2.27 (2.61)	0	2.73 (2.61)	5	66.00	0.42	.75	.09	
	Area semantica	Confronto dot (corr)	8.36 (1.12)	8	7 (1.79)	7	34.50	-1.75	.08	-.37
		Confronto dot (sec) ($n=20$)	19.70 (15.72)	12.5	18.30 (4.88)	17	70.50	1.56	.12	.35
Confronto immagini (corr)		20.45 (2.16)	21	18.18 (3.03)	18	29.50	-2.05	.04	-.44	
	Give-a-number task	5 (2.19)	5	5.64 (2.84)	7	68.50	0.53	.61	.11	

Competenze lessicali. I partecipanti alla ricerca sono in grado di riconoscere i numeri, leggerli e associarli alla quantità corrispondente. I punteggi medi del gruppo SD mostrano che questi soggetti sono in grado di riconoscere e leggere quasi tutti i nove numeri e associare circa 6 numeri alla corrispondente quantità. Nessun bambino del campione è in grado di associare correttamente tutti i nove numeri alle rispettive quantità. Il test Mann-Whitney mostra che i

bambini del gruppo SD sono in grado di leggere i numeri scritti in formato arabico in modo significativamente più accurato dei bambini del gruppo ST. Sebbene il gruppo SD risulti più competente anche nelle prove di riconoscimento e di corrispondenza di un numero all'esatta quantità rappresentata con dot, tali differenze non risultano statisticamente significative.

Calcolo a mente < 5. Si rileva che circa il 64% dei partecipanti del gruppo ST e il 36% di quelli del gruppo SD non è in grado recuperare e/o risolvere alcuna operazione a mente. In media, i soggetti del gruppo SD risolvono correttamente 2 delle 4 operazioni proposte mentre il gruppo ST non è in grado di recuperare il risultato di alcuna operazione. Il test Mann-Whitney non mostra alcuna differenza statisticamente significativa tra i punteggi dei due gruppi, seppur il p -value si posizioni al limite della significatività ($p = 0.56$). La percentuale di bambini del gruppo ST (36%) in grado di compiere almeno un'operazione additiva a mente è più bassa di quella degli SD (64%), ma tale differenza non è statisticamente significativa [$\chi^2(1, N=22) = 1.64$, $p = .20$].

Conteggio. Analizzando qualitativamente i dati, si osserva che tutti i bambini del gruppo ST sono in grado di contare correttamente in avanti da 1 a 10, mentre solo il 36% di questi è in grado di svolgere perfettamente la prova nell'intervallo 1-20. Si osservano percentuali più basse nel gruppo SD: il 64% e il 27% di questi soggetti è in grado di contare correttamente in avanti da 1 a 10 e 1 a 20 rispettivamente. Nonostante i bambini del gruppo ST siano più competenti nel conteggio, non si rilevano differenze significative tra i due gruppi (parametro accuratezza). Analizzando il parametro rapidità si rileva che i bambini del gruppo ST sono significativamente più rapidi nel contare in avanti da 1 a 10 rispetto ai soggetti del gruppo SD. Al fine di effettuare un controllo su tale dato, si è effettuata la medesima analisi considerando solo i partecipanti abili nel contare correttamente da 1 fino a 10 ($n = 14$) e da 1 a 20 ($n = 10$): anche in questo caso i soggetti del gruppo ST sono più veloci del gruppo SD ma la differenza non è statisticamente significativa [$U = 34.00$, $z = 1.23$, $p = 0.26$, $r = 0.33$; $U = 14.50$, $z = 0.53$, $p = 0.61$, $r = 0.17$].

Non si rilevano differenze statisticamente significative nella prova di conteggio regressivo: circa un partecipante su due è in grado di contare correttamente da 5 fino a 1.

Componente semantica. Analizzando le frequenze dei punteggi alla prova di confronto di quantità con dot, si osserva che nessun soggetto del gruppo SD è riuscito a completare questa prova senza errori: tutti e undici i partecipanti commettono almeno un errore nella prova di discriminazione tra dots con distrattore percettivo. La prova di confronto tra dots senza distrattore percettivo è invece superata con punteggio 5/5 da cinque partecipanti del gruppo SD (45%). Per quanto riguarda il gruppo ST si rileva che il 45% dei bambini è in grado di svolgere, senza alcun errore, la prova con distrattore percettivo. Il tempo medio d'esecuzione dell'intera prova è di 19.18 secondi (SD = 15.01, range 10 – 57) per il gruppo ST e di 18.30 secondi (SD = 4.88, range 13 – 30) per il gruppo SD. Il test Mann-Whitney non mostra alcuna differenza statistica nel confronto tra dots tra i due gruppi né analizzando il parametro accuratezza né quello di rapidità. Emergono, invece, differenze statisticamente significative tra i due gruppi nel punteggio totale alla prova confronto tra immagini, soprattutto a livello di subtest “confronto quantità base” (insiemi con elementi della stessa grandezza). I bambini del gruppo ST sono significativamente più abili a riconoscere l'insieme più numeroso tra due con stimoli semplici rispetto al gruppo SD. La prestazione tra i due gruppi è, invece, simile analizzando i punteggi medi al subtest “confronto quantità complessa”, cioè alla prova con stimoli di diversa tipologia e grandezza. Infine, il compito “*give-a-number*” mostra che solo due soggetti, uno appartenente al gruppo SD e uno al gruppo ST, sono in grado di utilizzare correttamente il principio di cardinalità per tutti e nove i numeri indipendentemente dal gruppo di appartenenza. I partecipanti identificano mediamente la cardinalità di circa 5 numeri sui 9 totali: la differenza dei punteggi medi dei due gruppi non risulta essere infatti statisticamente significativa.

3.3.2 Confronto tra i gruppi nelle funzioni cognitive

Ragionamento fluido. Analizzando qualitativamente i dati, si rileva che i soggetti del gruppo SD hanno punteggi grezzi medi più bassi, rispetto al gruppo ST, nei subtest matrici logiche e concetti illustrati. La prova di matrici logiche risulta accessibile a tutti i partecipanti (nessuno partecipante presenta un punteggio pari a 0) mentre il subtest concetti per immagini mostra maggiori complessità: in questo compito, infatti, un soggetto SD non è stato in grado di risolvere correttamente alcun item (punteggio grezzo pari a 0). Il test Mann-Whitney mostra che le differenze nei punteggi grezzi dei due subtest dell'IRF non sono statisticamente significative (vedi tabella 17).

Tabella 17. *Ragionamento fluido: confronto tra ST e SD*

Variabili		ST (n=11)		SD (n=11)		Mann-Whitney			
		M(SD)	Mdn	M(SD)	Mdn	U	z	p	r
WPPSI-IV	Matrici logiche	10,91 (3.08)	11	9.54 (4.32)	10	50	-.69	.52	-.15
	Concetti per immagini	8.27 (3.52)	8	6.10 (4.53)	7	48	-.82	.44	-.17
	IRF	19.18 (4.58)	18	16.45 (7.95)	17	44.50	-1.06	.30	-.23

Comprensione linguistica. Analizzando qualitativamente i dati, si rileva che il gruppo SD ottiene punteggi più bassi rispetto al gruppo ST alle prove di comprensione linguistica. Per quanto riguarda la componente lessicale, si rileva che l'ampiezza del vocabolario passivo del gruppo ST è maggiore rispetto a quella del gruppo SD: i partecipanti del gruppo ST in media conoscono 60 vocaboli contro i 45 del gruppo SD, ma tale differenza non risulta essere statisticamente significativa. Per quanto riguarda la componente morfosintattica, invece, i partecipanti del gruppo SD mostrano di padroneggiare, in media, 2 complessità grammaticali contro le 5 del gruppo ST. Inoltre si osserva che un soggetto del gruppo SD non riesce a completare alcun blocco grammaticale. Il test Mann-Whitney mostra che la differenza tra i due gruppi alla prova di comprensione morfosintattica è statisticamente significativa: i bambini del gruppo ST mostrano maggiori competenze di comprensione morfosintattica rispetto ai partecipanti del gruppo SD (vedi tabella 18).

Tabella 18. *Comprensione linguistica: confronto tra ST e SD*

Variabili	ST (n=11)		SD (n=11)		Mann-Whitney			
	M (SD)	Mdn	M (SD)	Mdn	U	z	p	r
TROG-2	5.45 (2.80)	5	2.36 (1.63)	2	19.50	-2.72	.00	-.58
PPVT-R	59.64 (18.61)	53	45.45 (24.58)	48	40.50	-1.31	.19	-.28

Working memory. Analizzando qualitativamente i dati dell'intero campione, si osserva che tutti i partecipanti sono stati in grado di eseguire le prove relative ai magazzini di memoria a breve termine (MBT) verbale e visuospaziale. In media il gruppo SD mostra uno span verbale di 2, mentre il gruppo ST di circa 3. Il test Mann-Whitney mostra che i punteggi grezzi medi dei due gruppi alla prova di MBT verbale sono significativamente diversi, mentre non si rilevano differenze di rilevanza statistica confrontando i punteggi grezzi e/o span alla prova MBT visuospaziale. Entrambi i gruppi mostrano uno span di 2 alla prova di MBT visuospaziale. Le prove di *updating*, sia con materiale verbale sia visuospaziale, risultano poco accessibili ai partecipanti: il 54% ($n = 6$) del gruppo ST e l'82% del gruppo SD ($n = 9$) mostra un punteggio grezzo di 0 con materiale verbale mentre il 54% del campione (ST $n = 6$, SD $n = 6$) mostra un punteggio grezzo pari a 0 con materiale visuospaziale. Un solo soggetto del gruppo SD è in grado di svolgere le prove di *updating*: mostra uno span di 4 con materiale verbale e di 2 con materiale visuospaziale. Il test Mann-Whitney non mostra differenze statisticamente significative tra il gruppi ST e SD nella capacità di *updating*, né analizzando il punteggio grezzo né lo span (vedi tabella 19).

Inibizione. Analizzando qualitativamente i dati del campione rispetto ai parametri accuratezza e rapidità, si rileva che circa metà del campione (54,5%), 7 del gruppo ST e 5 del gruppo SD, ha eseguito la fase di controllo senza commettere un errore, mentre la percentuale scende al 23% (ST, $n = 3$; SD, $n = 2$) se si considera la fase stroop. Il test Mann-Whitney non mostra differenze statisticamente significative nella fase stroop tra i due gruppi né analizzando il parametro accuratezza né rapidità: i soggetti del gruppo SD e del gruppo ST mostrano simili capacità di inibizione delle risposte verbali automatiche, seppur i bambini del gruppo ST, a parità

di punteggio di accuratezza, si mostrino più veloci. Anche la prestazione alla fase di controllo della prova giorno e notte è simile tra i due gruppi sia nel parametro accuratezza sia rapidità (vedi tabella 19).

Attenzione sostenuta. Analizzando qualitativamente i dati, si rileva che i bambini del gruppo ST sono più abili nella ricerca degli stimoli target rispetto ai partecipanti del gruppo SD: il gruppo SD identifica in media meno stimoli target e commette più errori. Inoltre si osserva che i soggetti del gruppo SD sono più veloci a svolgere il compito rispetto ai bambini del gruppo ST. Nonostante tali differenze, il Test Mann-Whitney non mostra indici di rilevanza statistica né considerando i punteggi d'accuratezza né di rapidità (vedi tabella 19).

Tabella 19. *Funzioni esecutive e attenzione sostenuta: confronto tra ST e SD*

Variabili		ST (n=11)		SD (n=11)		Mann-Whitney			
		M (SD)	Mdn	M (SD)	Mdn	U	z	p	r
Working memory	Memoria di cifre avanti	17.82 (5.04)	18	13.36 (3.44)	12	22	-2.57	.01	-.55
	Memoria di cifre avanti span	2.82 (0.87)	3	2.09 (0.54)	2	33	-2.04	.08	-.43
	Memoria di cifre indietro	2.36 (3.11)	0	1.73 (5.40)	0	44.50	-1.27	.30	-.27
	Memoria di cifre indietro span	0.73 (1.01)	0	0.36 (1.21)	0	46	-1.30	.36	-.28
	Testi di Corsi avanti	6.73 (1.95)	6	6.64 (2.25)	7	62	.10	.95	.02
	Testi di Corsi avanti span	2.09 (0.54)	2	2.09 (0.70)	2	61	.04	1	.01
	Testi di Corsi indietro	1.36 (2.06)	0	0.73 (1.19)	0	55.50	-.36	.75	-.08
	Testi di Corsi indietro span	0.64 (1.12)	0	0.18 (0.60)	0	49	-1.12	.48	-.24
Inibizione	Fase controllo, accuratezza	14.91 (2.38)	16	14.36 (2.84)	15	50.50	-.73	.52	-.15
	Fase controllo, rapidità	29.64 (6.25)	29	39.09 (16.46)	37	76.50	1.05	.30	-.22
	Fase stroop, accuratezza	13.27 (3.26)	15	13.09 (3.45)	15	57.50	-.20	.85	-.04
	Fase stroop, rapidità	34.54 (6.12)	34	41 (12.85)	36	75.50	.99	.33	.21
Attenzione sostenuta	Accuratezza	19.82 (4.44)	21	17.18 (8.28)	18	49.50	-.72	.48	-.15
	Errori	0 (0)	0	1.27 (2.00)	0	88	2.46	.08	.52
	Rapidità	51.09 (9.63)	51	46.18 (7.91)	43	45	-1.04	.33	-.22

3.3.3 Analisi correlazionale tra le competenze numeriche e i fattori dominio-generalì

Sono state indagate tutte le possibili correlazioni tra le variabili cognitive (ragionamento fluido, linguaggio recettivo, funzioni esecutive e attenzione sostenuta) e le competenze numeriche per ogni singolo gruppo.

Competenze lessicali. La comprensione morfosintattica mostra correlazioni statisticamente significative con la lettura dei numeri sia nel gruppo SD sia ST. Inoltre, nel gruppo SD, anche la comprensione lessicale e il magazzino di MBT visuospatiale correlano con

la lettura di numeri. Tra questi fattori, nel gruppo SD, la correlazione più forte si registra con il TROG-2 [$\tau = .68$, $p = .01$]. Nel gruppo ST, sia la lettura sia il riconoscimento di numeri correlano con il TROG-2 e il controllo inibitorio. Nel gruppo SD l'attenzione sostenuta e il MBT visuospatiale correlano con la corrispondenza nome-numero. Nel gruppo SD, la correlazione più forte si registra tra MBT visuospatiale e il riconoscimento di numeri [$\tau = .65$, $p = .03$]. Il compito di corrispondenza numero-quantità correla con il subtest metrici logiche, il magazzino di MBT visuospatiale e l'attenzione sostenuta nel gruppo SD. Tra questi fattori, la correlazione più forte si registra con il subtest matrici logiche [$\tau = .74$, $p = .01$]. Nel gruppo ST, all'aumentare delle risorse attentive e del controllo inibitorio, aumentano le capacità di associare correttamente il numero alla rispettiva quantità (vedi tabelle 20 e 21).

Tabella 20. Correlazioni tra funzioni cognitive e competenze numeriche lessicali nel gruppo SD

		<i>Rag. fluido</i>		<i>Linguaggio</i>		<i>Working memory (span)</i>				<i>Inibizione</i>		<i>Attenzione sost.</i>	
		Rag. Concetti		Memoria		cifre		Corsi		Stroop			
		matrici	immag.	TROG-2	PPVT-R	cifre	indietro	Corsi	indietro	Stroop	(sec)	Pg	Sec
Lettura	τ	.50	.41	.68	.60	.53	.18	.61	.18	-.30	.17	.34	-.35
	Sign	.06	.13	.01	.02	.07	.55	.03	.55	.26	.53	.19	.19
Corrisp. nome-numero	τ	.46	.44	.35	.32	.54	.19	.65	.19	-.05	-.32	.58	-.46
	Sign	.08	.10	.21	.23	.07	.54	.03	.54	.84	.25	.03	.08
Corrisp. Numero-quantità	τ	.74	.48	.25	.44	.48	.49	.67	.49	-.13	-.14	.54	-.45
	Sign	.01	.06	.35	.08	.09	.10	.02	.10	.62	.61	.03	.08

in grassetto le corr. $\geq .3,0$ e sign.

Tabella 21. Correlazioni tra funzioni cognitive e competenze numeriche lessicali nel gruppo ST

		<i>Rag. fluido</i>		<i>Linguaggio</i>		<i>Working memory (span)</i>				<i>Inibizione</i>		<i>Attenzione sost.</i>	
		Rag. Concetti		Memoria		cifre		Corsi		Stroop			
		matrici	immag.	TROG-2	PPVT-R	cifre	indietro	Corsi	indietro	Stroop	(sec)	Pg	Sec
Lettura	τ	.42	.12	.50	.21	.22	.32	-.08	.19	-.50	-.44	.33	-.21
	Sign	.09	.63	.04	.38	.39	.25	.76	.48	.04	.08	.18	.40
Corrisp. nome-numero	τ	.36	.15	.50	.37	.12	.40	.15	.27	-.54	-.60	.27	-.18
	Sign	.15	.56	.05	.14	.66	.16	.60	.34	.03	.02	.28	.49
Corrisp. Numero-quantità	τ	.14	.08	.35	.34	.00	.08	.14	.11	-.62	-.59	.58	-.53
	Sign	.57	.75	.15	.15	1	.77	.61	.68	.01	.02	.02	.04

in grassetto le corr. $\geq .3,0$ e sign.

Calcolo a mente < 5. Se nel gruppo ST non si osservano correlazioni significative tra le variabili cognitive e il calcolo a mente, nel gruppo SD si registrano diverse relazioni

significative: il subtest matrici logiche, la comprensione lessicale, i magazzini di MBT e l'attenzione sostenuta correlano con la capacità di risolvere addizioni a mente. Tra questi fattori, la correlazione più forte si registra tra la MBT visuospaziale e il calcolo a mente [$\tau = .76, p = .01$] (vedi tabelle 22 e 23).

Tabella 22. *Correlazioni tra funzioni cognitive e calcolo a mente nel gruppo SD*

	<i>Rag. fluido</i>	<i>Linguaggio</i>		<i>Working memory (span)</i>			<i>Inibizione</i>	<i>Attenzione sost.</i>				
	Rag. matrici	Concetti immag.	TROG-2	PPVT-R	Memoria cifre	cifre indietro	Corsi indietro	Corsi indietro	Stroop (sec)	Pg	Sec	
Calcolo a mente $\tau < 5$	.63	.36	.37	.56	.59	.35	.76	.35	-.24	-.05	.60	-.39
Sign	.01	.18	.17	.03	.04	.24	.01	.24	.35	.86	.02	.13

in grassetto le corr. $\geq .3,0$ e sign.

Tabella 23. *Correlazioni tra funzioni cognitive e calcolo a mente nel gruppo ST*

	<i>Rag. fluido</i>	<i>Linguaggio</i>		<i>Working memory (span)</i>			<i>Inibizione</i>	<i>Attenzione sost.</i>				
	Rag. matrici	Concetti immag.	TROG-2	PPVT-R	Memoria cifre	cifre indietro	Corsi indietro	Corsi indietro	Stroop (sec)	Pg	Sec	
Calcolo a mente $\tau < 5$	-.38	.20	-.27	-.07	.40	.27	-.14	-.11	.15	-.20	.25	-.13
Sign	.16	.46	.31	.78	.16	.37	.64	.72	.58	.45	.35	.63

in grassetto le corr. $\geq .3,0$ e sign.

Conteggio. Nel gruppo ST si rilevano esclusivamente correlazioni tra il subtest matrici logiche e l'attenzione sostenuta e la rapidità nel conteggio 1-10. Nel gruppo SD, si rilevano diverse correlazioni significative, soprattutto analizzando il parametro correttezza: all'aumentare dei punteggi alle prove di matrici logiche, di comprensione lessicale e della MBT, aumentano le capacità di contare correttamente in avanti. Inoltre il conteggio da 1 a 10 mostra correlazioni significative anche con l'attenzione sostenuta, mentre il conteggio da 1 a 20 con la comprensione morfosintattica. Tra questi fattori, la correlazione più forte si registra tra la MBT verbale e l'accuratezza nel conteggio 1-20 [$\tau = .60, p = .02$] e tra la MBT visuospaziale e l'accuratezza nel conteggio 1-10 [$\tau = .70, p = .01$]. Nel gruppo SD, la comprensione linguistica correla con la rapidità nel conteggio da 1 a 10. Anche il conteggio regressivo correla con le competenze di comprensione linguistica e, inoltre, la capienza del magazzino di MBT visuospaziale. Tra questi

fattori, la correlazione più forte si registra tra magazzino a breve termine visuospatiale e il conteggio regressivo [$\tau = .64, p = .03$] (vedi tabelle 24 e 25).

Tabella 24. Correlazioni tra funzioni cognitive e competenze di conteggio nel gruppo SD

		<i>Rag. fluido</i>	<i>Linguaggio</i>	<i>Working memory (span)</i>				<i>Inibizione</i>	<i>Attenzione sost.</i>				
				Memoria									
		Rag. matrici	Concetti immag.	Memoria cifre	cifre indietro	Corsi indietro	Corsi indietro	Stroop (sec)	Pg	Sec			
Conteggio 1-20	τ	.52	.36	.52	.57	.60	.35	.44	.35	.02	-.14	.28	-.31
	Sign	.03	.15	.04	.02	.02	.20	.09	.20	.94	.57	.24	.20
Conteggio 1-20 (sec)	τ	.22	.25	.10	.09	.32	.43	.14	.43	.00	.30	-.26	.09
	Sign	.35	.30	.69	.69	.23	.11	.60	.11	1	.22	.27	.69
Conteggio 1-10	τ	.62	.42	.46	.54	.48	.22	.70	.22	-.07	-.05	.49	-.41
	Sign	.02	.11	.09	.03	.10	.46	.01	.46	.78	.85	.05	.12
Conteggio 1-10 (sec)	τ	-.33	.02	-.56	-.49	-.11	.27	-.42	.27	.29	.14	-.32	.21
	Sign	.18	.94	.03	.04	.68	.34	.11	.34	.23	.57	.18	.38
Conteggio 5-1	τ	.38	.13	.59	.55	.50	.29	.64	.29	-.41	.03	.29	-.28
	Sign	.17	.64	.04	.04	.10	.36	.03	.36	.14	.92	.27	.31

in grassetto le corr. $\geq .3,0$ e sign.

Tabella 25. Correlazioni tra funzioni cognitive e competenze di conteggio nel gruppo ST

		<i>Rag. fluido</i>	<i>Linguaggio</i>	<i>Working memory (span)</i>				<i>Inibizione</i>	<i>Attenzione sost.</i>				
				Memoria									
		Rag. matrici	Concetti immag.	Memoria cifre	cifre indietro	Corsi indietro	Corsi indietro	Stroop (sec)	Pg	Sec			
Conteggio 1-20	τ	.00	.33	.21	.12	-.07	-.06	-.35	-.15	-.25	.06	.29	-.20
	Sign	1	.19	.41	.62	.79	.84	.21	.60	.33	.80	.25	.44
Conteggio 1-20 (sec)	τ	.02	.27	-.21	.04	-.22	.05	-.27	.00	.42	.32	-.23	.33
	Sign	.94	.27	.38	.87	.39	.85	.31	1	.08	.20	.34	.18
Conteggio 1-10	τ	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Sign	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Conteggio 1-10 (sec)	τ	-.49	.15	-.35	-.41	-.29	.14	-.18	-.35	.43	.32	-.39	.68
	Sign	.05	.56	.16	.10	.29	.62	.52	.20	.08	.21	.12	.01
Conteggio 5-1	τ	-.18	.10	.46	.15	.17	.45	.18	-.07	-.12	-.21	.02	.11
	Sign	.52	.71	.10	.58	.56	.16	.56	.82	.65	.46	.93	.70

in grassetto le corr. $\geq .3,0$ e sign.

Componente semantica. Le prove di confronto di quantità mostrano correlazioni significative solo nel gruppo SD. All'aumentare delle capacità di ragionamento fluido, aumentano le competenze di discriminazione tra insiemi, sia con stimoli astratti sia concreti. Inoltre la prova di confronto tra immagini correla con il subtest concetti per immagini mentre il confronto tra dots con l'attenzione sostenuta. Infine, il TROG-2 mostra correlazioni statisticamente significative con la prova "give-a-number" sia nel gruppo SD sia ST: all'aumentare del punteggio di comprensione morfosintattica, aumenta la padronanza nell'uso del principio di cardinalità. Inoltre nel gruppo SD, la prova di matrici logiche e la MBT

visuospaziale correlano con la prova di cardinalità. Tra questi fattori, la correlazione più forte si registra con il magazzino MBT visuospaziale [$\tau = .68, p = .01$] (vedi tabelle 26 e 27).

Tabella 26. Correlazioni tra funzioni cognitive e area semantica nel gruppo SD

	<i>Rag. fluido</i>		<i>Linguaggio</i>		<i>Working memory (span)</i>			<i>Inibizione</i>		<i>Attenzione sost.</i>		
	Rag. matrici	Concetti	TROG-2	PPVT-R	Memoria		Corsi indietro	Stroop	(sec)	Pg	Sec	
		immag.			Memoria cifre	cifre indietro						
Confronto dot τ	.49	.40	.29	.37	.28	.36	.50	.36	-.18	-.10	.40	-.47
Sign	.05	.11	.25	.13	.31	.20	.06	.20	.47	.68	.09	.05
Confronto dot (sec) τ	-.33	-.02	-.78	-.47	-.03	.16	-.39	.16	.37	.55	-.21	.38
Sign	.20	.93	.01	.07	.91	.60	.16	.60	.16	.04	.41	.14
Confronto immagini τ	.59	.61	.27	.39	.42	.45	.48	.45	-.08	-.02	.17	-.34
Sign	.02	.01	.28	.11	.12	.11	.07	.11	.75	.93	.47	.17
<i>Give-a-number</i> τ	.66	.42	.56	.40	.47	.45	.68	.45	-.12	-.21	.38	-.43
Sign	.01	.09	.03	.09	.08	.11	.01	.11	.63	.41	.11	.08

in grassetto le corr. $\geq .3,0$ e sign.

Tabella 27. Correlazioni tra funzioni cognitive e area semantica nel gruppo ST

	<i>Rag. fluido</i>		<i>Linguaggio</i>		<i>Working memory (span)</i>			<i>Inibizione</i>		<i>Attenzione sost.</i>		
	Rag. matrici	Concetti	TROG-2	PPVT-R	Memoria		Corsi indietro	Stroop	(sec)	Pg	Sec	
		immag.			Memoria cifre	cifre indietro						
Confronto dot τ	.00	.00	-.12	.10	-.14	-.08	-.09	-.09	-.31	-.13	.31	-.31
Sign	1	1	.62	.69	.60	.77	.75	.75	.22	.62	.22	.23
Confronto dot (sec) τ	-.29	-.13	.02	-.30	-.04	.03	.19	-.24	.08	.08	-.34	.31
Sign	.23	.58	.94	.21	.86	.92	.48	.36	.75	.75	.15	.21
Confronto immagini τ	.43	.10	.46	.00	.28	.11	-.17	.00	-.36	-.19	.44	-.35
Sign	.09	.69	.06	1	.30	.70	.54	1	.15	.46	.08	.18
<i>Give-a-number</i> τ	.34	.14	.69	.11	.23	.00	-.05	.05	-.47	-.04	.23	-.17
Sign	.17	.58	.00	.63	.39	1	.84	.84	.06	.87	.34	.50

in grassetto le corr. $\geq .3,0$ e sign.

3.4 Discussione

L'obiettivo del secondo studio è stato quello di studiare la cognizione numerica in soggetti in età evolutiva con Sindrome di Down e, attraverso un confronto con bambini prescolari a sviluppo tipico di pari età mentale, si sono analizzate diverse competenze, sia

numeriche sia cognitive, al fine di identificare punti di forza e di debolezza del profilo. La comunità scientifica non ha ancora trovato un accordo circa le peculiarità dei soggetti con SD in quanto la forza dell'interazione tra fattori epigenetici, ambientali e cromosomici può condurre a profili differenti e i problemi metodologici della ricerca con questa popolazione possono condurre a risultati discordanti (Karmiloff-Smith et al., 2016; Vianello, 2006). La letteratura descrive le generali caratteristiche dei soggetti con SD, tra cui la disabilità intellettiva e i deficit a carico del linguaggio, della memoria, delle funzioni esecutive, oltre che degli apprendimenti scolastici (Chapman & Hesketh, 2000; Iacono et al., 2010; Jarrold et al., 1999; Lanfranchi et al., 2010; Lee et al., 2011; Pennington et al., 2003; Rowe et al., 2006; Vicari et al., 2004, 2006), ma sono necessari ancora ulteriori studi per poter giungere ad una comprensione dettagliata del funzionamento di questi soggetti. Per quanto riguarda gli studi sulla cognizione numerica in SD, la letteratura mostra che questa popolazione presenta deficit nelle abilità numeriche e tali difficoltà sarebbero osservabili rispetto ai coetanei di pari età cronologica e mentale (Brigstocke et al., 2008; Cornoldi et al., 2002; Lanfranchi et al., 2015; Marotta et al., 2006; Nye et al., 2001; Porter, 1999; Paterson et al., 2006; Sella et al., 2013). Nonostante ciò e nonostante sia evidente l'impatto che le competenze numeriche hanno nella vita quotidiana degli individui, attualmente i contributi in merito allo sviluppo della cognizione numerica in soggetti con SD sono limitati e, soprattutto, non includono altri domini cognitivi, come il linguaggio e le funzioni esecutive, che la letteratura mostra essere fondamentali per lo sviluppo delle competenze numeriche nello sviluppo tipico. Questo studio ha incluso undici partecipanti con SD con un'età cronologica media di 10 anni e 4 mesi e li ha confrontati ad altrettanti bambini prescolari di stesso genere e di stessa età mentale, valutata attraverso il Test Operazioni Logiche. Questo strumento, ritenuto particolarmente appropriato per la valutazione dei soggetti con SD (Lanfranchi et al., 2010), indaga l'intelligenza attraverso un'analisi della qualità del pensiero logico, fornendo informazioni qualitative e quantitative sulle strutture mentali. Il test include diverse aree, tra cui

seriazione, numerazione e classificazione, che secondo la letteratura, sono utili per lo sviluppo delle competenze numeriche prescolari e le successive abilità matematiche, sia in popolazioni di bambini a sviluppo tipico sia atipico (Desoete, 2014; Grégoire, 2005; Houdé et al., 2011; Kidd et al., 2008; Nunes et al., 2007; Praet et al., 2013; Tobia et al., 2016; Van de Rijt & Van Luit, 1998). In generale i soggetti con SD del presente studio mostrano rappresentazioni mentali rigide e irreversibili, tipiche del pensiero preoperatorio. Per quanto riguarda le operazioni di numerazione, i partecipanti con SD sono in grado di effettuare compiti di corrispondenza pratica, competenza già osservata in questa popolazione da Caycho e colleghi (1991), ma solo un soggetto su due è stato in grado di usarla come strategia per fare inferenze su una numerosità non più visibile. Nessuno dei soggetti con SD è stato in grado di risolvere operazioni di conservazione del numero: i partecipanti non sono in grado di dissociare le informazioni spaziali da quelle relative al numero, mostrando di non aver acquisito la reversibilità delle operazioni. A fronte di operazioni mentali simili, i risultati ai compiti relativi alla cognizione numerica mostrano che soggetti con SD e i bambini prescolari a sviluppo tipico presentano simili capacità di conteggio, di calcolo e di utilizzo del principio di cardinalità. Per quanto riguarda quest'ultima competenza, i partecipanti alla ricerca con SD mostrano di sapere usare il principio di cardinalità proprio come i bambini di pari età mentale: attraverso una revisione del compito “*give-a-number*” di Wynn (1990, 1992), si rileva, che all'età mentale di quattro anni e mezzo, i soggetti con SD sanno utilizzare correttamente il principio di cardinalità seppur per un numero limitato di oggetti (circa 5 su 9), confermando i risultati ottenuti da altri autori (Bashash et al., 2003; Caycho et al., 1991; Sella et al., 2013). Inoltre attraverso semplici compiti di calcolo additivo, si rileva che tutti i partecipanti del campione, indipendentemente dal gruppo al quale appartengono, mostrano difficoltà a risolvere le operazioni a mente. Seppur la differenza non è statisticamente significativa, a livello qualitativo, si osserva che la maggior parte dei bambini a ST non è stata in grado di risolvere alcuna operazione, mentre alcuni partecipanti del gruppo SD hanno mostrato

di riuscire a recuperare il risultato di qualche semplice addizione. Lanfranchi e colleghi (2010, 2012) sostengono che le difficoltà dei soggetti nel risolvere operazioni siano dovute ad una compromissione di altre funzioni, tra cui working memory e attenzione, ritenute necessarie per compiere le operazioni. Effettivamente, oltre ad una significativa compromissione della MBT verbale, l'indagine correlazionale effettuata in questa ricerca sul gruppo SD, mostra risultati sufficientemente in linea con queste evidenze: nei soggetti con SD si rilevano relazioni significative tra l'attenzione e la MBT visuospatiale e la capacità di risolvere operazioni, oltre a correlazioni con le abilità di ragionamento e con il linguaggio. Per quanto riguarda le competenze di conteggio dei soggetti con SD, la review di Abdelahmeed (2007) descrive la presenza di significative difficoltà in quest'area. I risultati della presente ricerca mostrano che, seppur i soggetti con SD commettano più errori, soprattutto in termini di omissioni, come rilevato anche da Porter (1999), la differenza nel conteggio tra i due gruppi non è significativa. Dunque, a parità di età mentale, i partecipanti hanno le medesime competenze di conteggio in avanti, sia in termini di accuratezza sia di rapidità, e indietro. Nonostante questa similitudine, analizzando le correlazioni si rilevano differenze tra i due gruppi nei processi cognitivi coinvolti per eseguire il compito: mentre nel gruppo ST si rilevano poche relazioni tra le funzioni cognitive e il conteggio, nel gruppo SD il conteggio richiede il coinvolgimento del ragionamento fluido, del linguaggio e della MBT per essere correttamente completato, dimostrando l'impegno di diverse risorse cognitive. La letteratura ha, inoltre, recentemente studiato la funzionalità dei sistemi di ANS e OTS nella popolazione con SD, sottolineando una compromissione soprattutto a carico di quest'ultimo sistema (Paterson et al., 2006; Sella et al., 2013). Il presente studio ha indagato, attraverso le prove di confronto di quantità astratte e concrete, il sistema ANS. A parità d'età mentale, i partecipanti dei due gruppi mostrano analoghe competenze di discriminazione di insiemi tra dots, mentre si rilevano differenze a livello di confronto tra insiemi di immagini. Le prestazioni alla prova di confronto di quantità della BIN 4-6 non mostrano differenze nel sistema

ANS tra i due gruppi. A livello qualitativo, però, si osserva che i soggetti con SD mostrano più difficoltà, rispetto ai bambini a sviluppo tipico di medesima età mentale, a discriminare tra insiemi di dots quando c'è incongruenza tra la numerosità e la dimensione dei pallini (es.: il set a numerosità maggiore è costituito da pallini più piccoli rispetto all'altro): in questa situazione i soggetti con SD tendono a commettere più errori di giudizio. Cambiando il materiale di presentazione, e cioè utilizzando immagini di oggetti concreti anziché dots, emergono però differenze statisticamente significative tra i due gruppi: alla prova di confronto di quantità di SNUP i soggetti del gruppo SD sono significativamente meno competenti nel riconoscere l'insieme più numeroso tra due con elementi di grandezza simile rispetto al gruppo ST. A conferma della letteratura esistente (Abreu-Mendoza & Arias-Trejo, 2015; Camos, 2009; Sella et al., 2013), dunque questi risultati indicano che la capacità di discriminazione tra grandi numerosità nei soggetti con SD sembra essere in linea con i bambini di pari età mentale, ma la capacità di giudizio sembra essere sensibile alle proprietà visive degli stimoli. Infine, analizzando le conoscenze lessicali del numero, si rileva che queste sono più sviluppate nei soggetti con SD rispetto ai bambini prescolari a sviluppo tipico. In particolare si rileva una differenza statisticamente significativa tra i due gruppi alla prova di lettura di numeri: il gruppo clinico legge correttamente più numeri, scritti in formato arabico, rispetto ai bambini di pari età mentale. Tale risultato potrebbe essere una positiva conseguenza dell'esposizione all'istruzione scolastica e al contesto ambientale nel quale i soggetti con SD sono inseriti da più tempo.

A fronte del fatto che gli studi condotti sui bambini a sviluppo tipico mostrano che il linguaggio, l'intelligenza e le funzioni esecutive, oltre che quelle attentive, influenzano l'acquisizione delle competenze numeriche (e.g.: Alloway et al., 2005; Clark et al., 2013; Espy et al., 2004; LeFevre et al., 2010; Monette et al., 2011; Passolunghi & Lanfranchi, 2012; Praet et al., 2013), la presente ricerca ha inoltre analizzato le suddette funzioni cognitive, spesso compromesse nella SD, in relazione alle competenze numeriche. Per quanto riguarda le FE, studi sostengono che nella

popolazione con SD vi sia un deficit generale di inibizione (Borella et al., 2013; Cornish et al., 2007; Edgin et al., 2010; Kittler et al., 2008; Lanfranchi et al., 2010). I dati raccolti mostrano che, a parità di qualità del pensiero, i soggetti con SD presentano una capacità di controllo inibitorio simile a quella dei bambini a sviluppo tipico, come emerso anche dallo studio di Carney e colleghi (2013). Nonostante questa similitudine, si rilevano differenze nelle correlazioni tra inibizione e cognizione numerica tra i due gruppi: mentre i risultati del gruppo ST e la letteratura evidenziano nel controllo inibitorio un fattore cognitivo importante per lo sviluppo delle competenze numeriche, in questo studio non si rilevano correlazioni significative tra queste e l'inibizione nella SD. Sarebbe opportuno approfondire tale interessante risultato in un disegno sperimentale che includa un numero più alto di partecipanti con SD e che indaghi, in modo più approfondito, le correlazioni tra inibizione e cognizione numerica nella popolazione con SD.

Per quanto riguarda la WM nella SD si confermano invece i dati presenti in letteratura circa una dissociazione tra il dominio visuospatiale e verbale (Brock & Jarrold, 2005; Jarrold & Baddeley, 1997; Laws, 2002): mentre il primo risulterebbe essere in linea l'età mentale, quello verbale sembrerebbe essere più compromesso. I partecipanti con SD mostrano, infatti, severe difficoltà di memoria a breve termine verbale, indagata attraverso una classica prova di digit span, la quale risulta essere più compromessa rispetto a quella di bambini di pari età mentale, a conferma delle evidenze già presenti in letteratura (Abbeduto et al., 2007; Carney et al., 2013; Costanzo et al., 2013; Frenkel & Bourdin, 2009; Jarrold et al., 1999, 2006; Lanfranchi et al., 2004, 2009, 2010, 2012, 2014; Silverman, 2007). Il magazzino di memoria a breve termine visuospatiale, invece, indagato nella componente di memoria spaziale sequenziale attraverso il compito di Corsi, non risulterebbe essere un punto di forza, come sostenuto invece da altri autori (Chapman & Hesketh, 2000; Davis, 2008; Edgin et al., 2010; Moldavsky et al., 2001; Silverman, 2007), ma una funzione sovrapponibile a quella dei bambini a ST di pari età mentale. Tale dato conferma le

evidenze di Yang e colleghi (2014). Analizzando le correlazioni tra i magazzini di MBT e la cognizione numerica nel gruppo SD, si osservano significative relazioni con tutte le competenze numeriche, ad eccezione della prova di confronto tra quantità. A differenza dallo ST, tale compito nella SD correla con il ragionamento non verbale. Infine sono state indagate anche le prestazioni dei partecipanti ai compiti di *updating*, sia con materiale verbale sia visuospatiale, che la letteratura mostra come deficitarie nella popolazione con SD (Carney et al., 2013; Lanfranchi et al., 2004, 2012; Vicari et al., 1995). Tale studio non rileva differenze statisticamente significative tra i due gruppi nella capacità di *updating*, né analizzando il punteggio grezzo né lo span, ma tale risultato va interpretato alla luce del fatto che tali compiti, all'età mentale di 4 anni e mezzo, sono difficilmente affrontabili: nel gruppo SD solo un ragazzo è stato in grado di svolgere le prove di *updating*, mostrando uno span di 4 con materiale verbale e di 2 con materiale visuospatiale. Analizzando la funzione attentiva, componente altrettanto importante per l'acquisizione delle competenze numeriche nella popolazione normotipica (Fuchs et al., 2014), si rileva che tale capacità è simile tra i soggetti con SD e i bambini a sviluppo tipico di pari età mentale, sia in termini di correttezza sia di rapidità, contrariamente da quanto rilevato da altri studi (Costanzo et al., 2013; Kogan et al., 2009; Lanfranchi et al., 2010; Lee et al., 2011; Rhodes et al., 2010; Rowe et al., 2006; Porter et al., 2007; Trezise et al., 2008; Zampini et al., 2015). L'attenzione sostenuta nel gruppo SD correla con alcuni compiti afferenti all'area lessicale, con il calcolo a mente e con il conteggio in avanti, ma non con le prove dell'area semantica: ad eccezione dell'ultima, probabilmente queste attività numeriche richiedono ai soggetti con SD un importante investimento cognitivo per l'esecuzione. La letteratura relativa allo sviluppo delle competenze numeriche nella popolazione normotipica evidenzia anche l'importanza del linguaggio (Carey, 2009; Geary, 2004; LeFevre et al., 2010). Da questo studio emerge una compromissione della comprensione linguistica nei soggetti con SD esclusivamente nella componente morfosintattica. Il vocabolario recettivo dei soggetti con SD è simile a quello

dei bambini di pari età mentale, come rilevato anche da altri autori (Abbeduto et al., 2003; Mammarella et al., 2019), mentre la comprensione morfosintattica è significativamente compromessa, a conferma dello studio di Chapman e colleghi (1991). È interessante notare che un soggetto con SD non è riuscito a processare alcuna struttura grammaticale, confermando l'evidenza di Vicari e colleghi (2002), circa la difficoltà, della popolazione con SD, anche nel comprendere semplici frasi. L'indagine correlazionale mostra che, nei soggetti con SD, la comprensione morfosintattica e l'ampiezza del vocabolario recettivo correlano con il conteggio, con la cardinalità, con le prove lessicali e anche con la rapidità nella discriminazione tra quantità non-simboliche. Infine sono state confrontate le prestazioni dei due gruppi ai subtest di ragionamento fluido della scala psicometrica WPSI-IV: analizzando i punteggi grezzi, si rilevano performance più basse nel gruppo SD rispetto al gruppo ST, ma le differenze non risultano essere statisticamente significative. L'analisi correlazionale mostra che più i soggetti con SD sono abili a risolvere prove di ragionamento non verbale, maggiore è la loro competenza nell'associare un numero alla rispettiva quantità non simbolica, nel contare, nel risolvere semplici operazioni, oltre che nell'eseguire confronti tra quantità e prove di cardinalità.

4. CONCLUSIONI GENERALI

Attraverso i due studi, il primo condotto su bambini prescolari a sviluppo tipico e il secondo su soggetti in età evolutiva con Sindrome di Down, il presente progetto di ricerca ha indagato i processi di acquisizione delle competenze numeriche e il ruolo dei fattori dominio-generalisti nella cognizione numerica. Sono emerse differenze e similitudini nelle competenze numeriche prescolari dai quattro ai cinque anni, così come tra soggetti in età evolutiva a sviluppo tipico e atipico. Durante il quarto anno di vita alcune competenze numeriche sono ancora in fase di acquisizione, come, ad esempio, la lettura di numeri e il conteggio da 1 a 20, mentre altre, come il calcolo a mente, sono in esordio. Nello sviluppo tipico, tali cambiamenti si associano a modificazioni nel ragionamento, in particolare nella qualità del pensiero, nel controllo inibitorio e nell'attenzione. A supporto della letteratura esistente, anche le evidenze di questo studio mostrano relazioni tra i diversi fattori dominio-generalisti e le concomitanti competenze numeriche, seppur con differente intensità tra le due fasce d'età. Le associazioni tra le variabili cognitive e numeriche variano durante il quarto anno e, in linea generale, sembra che dai quattro ai cinque anni diminuisca l'impiego delle funzioni cognitive nella risoluzione di compiti legati alla cognizione numerica: se nel primo semestre dei quattro anni tante e differenti funzioni cognitive sono coinvolte nella risoluzione di compiti lessicali, di conteggio, di calcolo a mente e di confronto di quantità, successivamente la quantità di associazioni significative diminuisce, ipotizzando che, a parità di prestazione, i compiti vengano risolti con meno dispendio cognitivo. Inoltre è possibile ipotizzare che a quattro anni vi sia già una stabilità delle rappresentazioni relative alla cognizione numerica, ma solo dai quattro anni e sei mesi è possibile acquisire la padronanza comportamentale di alcune aree numeriche. Analizzando, invece, lo sviluppo delle competenze numeriche e delle funzioni cognitive in soggetti in età evolutiva con SD, si osserva che le performance dei soggetti sono sufficientemente in linea con la qualità delle loro strutture

mentali, con cadute specifiche nel magazzino di MBT verbale e nella comprensione morfosintattica. Per quanto riguarda le competenze numeriche, i minori con SD con un'età mentale compresa tra i quattro e i cinque anni, sono in grado di riconoscere i numeri e associarli alla quantità corrispondente, di contare da 1 fino a 20 e da 5 a 1 e sono sufficientemente corretti nell'uso del principio di cardinalità, analogamente ai bambini prescolari a sviluppo tipico di pari età mentale. Sono più abili, invece, nella lettura dei numeri, mentre i risultati delle prove volte ad indagare l'ANS mostrano incongruenze rispetto all'età mentale. La letteratura ha recentemente individuato una compromissione della funzionalità dei sistemi di ANS e OTS nella popolazione con SD (Paterson et al., 2006; Sella et al., 2013): il presente studio rileva che la capacità di discriminazione tra grandi numerosità nei soggetti con SD sembra essere in linea con quella dei bambini di pari età mentale, ma questa capacità di giudizio sembra essere sensibile alle proprietà visive degli stimoli, lasciando ancora aperta la discussione circa una similitudine di tale sistema tra soggetti con SD e a ST di pari età mentale. A parità di prestazioni, ciò che si registra essere sostanzialmente diversa tra le due popolazioni è l'attivazione dei processi cognitivi sottostanti l'esecuzione dei compiti della cognizione numerica: nella SD sembrerebbe che la loro risoluzione richieda l'impegno di tante risorse cognitive tra cui le abilità di ragionamento logico, il linguaggio, la memoria a breve termine e le competenze attentive. Solo nel gruppo clinico sembrerebbe infatti esserci un'attivazione massiccia e contemporanea di diverse funzioni cognitive durante l'esecuzione delle prove legate al numero. Interessante notare che l'inibizione nel gruppo SD non mostra associazioni con la cognizione numerica nella SD, come invece viene ampiamente rilevato nella popolazione normotipica.

Ovviamente questi studi presentano dei limiti, primo tra tutti, la dimensione del campione: la scarsa numerosità dei partecipanti limita l'estensione e l'approfondimento dei risultati e dunque non è possibile generalizzare queste conclusioni alla popolazione né tipica né atipica. Inoltre i risultati potrebbero presentare dei bias legati all'ampia variabilità delle prestazioni e agli

strumenti utilizzati. La letteratura descrive ampiamente il problema dell'impurità delle prove che indagano, ad esempio, le differenti funzioni esecutive: è difficile separarle e analizzarle separatamente, le tecniche di rilevazione delle FE attualmente disponibili mostrano spesso scarsa validità ed affidabilità e inoltre queste, spesso, regolano, implicitamente, anche altre funzioni cognitive (Miyake et al., 2000). Come sottolineato da Pulina e colleghi (2019), la valutazione delle funzioni, inoltre, potrebbe essere particolarmente difficoltosa nei soggetti con DS a fronte della complessità dei compiti e/o delle istruzioni e, dunque, non permetterebbe di cogliere le reali competenze degli individui. Inoltre l'uso di test standardizzati per la popolazione normale non è ottimale per lo studio dei soggetti con disabilità intellettiva in quanto, spesso, non riescono a cogliere le peculiari caratteristiche della sindrome e/o non permettono di effettuare confronti con i dati normativi. Anche il criterio di appaiamento dei gruppi scelto può creare differenze nei risultati: diverse metodologie di ricerca per confrontare soggetti a sviluppo tipico e atipico. Inoltre, come suggerito da Fidler e collaboratori (2018), i risultati potrebbero essere influenzati da un guadagno, in termini di competenze, osservabile negli individui con SD in quanto cronologicamente più grandi ("*experience effect*"): il gruppo SD è stato maggiormente esposto a stimoli numerici rispetto al gruppo a sviluppo tipico e questo potrebbe aver attivato dei guadagni nelle prove. Inoltre anche l'aver considerato, nella ricerca, un range d'età cronologica molto ampio all'interno del gruppo SD (bambini e adolescenti con SD) potrebbe aver garantito ai soggetti con SD cronologicamente più grandi, guadagni legati al maggior numero di occasioni e di anni scolastici. Sarebbe stato anche opportuno considerare un punteggio globale di quoziente intellettivo (e non solo i punteggi grezzi) di ogni singolo individuo con SD, preferibilmente con uno strumento volto a indagare il funzionamento intellettivo non verbale, al fine di monitorare anche l'omogeneità, o meno, dei profili intellettivi dei partecipanti con SD. Infine, si è anche consapevoli dell'importanza di un confronto dei risultati con le prestazioni di un gruppo di bambini con SD pareggiati per età cronologica ai bambini a sviluppo tipico: il suddetto gruppo

sperimentale era stato incluso nell'iniziale progetto di ricerca, ma è stato difficile reperire i soggetti con SD di età cronologica compresa tra i 4 e i 4.11 e, inoltre, i bambini con DS di questa fascia d'età analizzati ($n = 3$), presentavano punteggi ai diversi test pari a 0 (*floor effect*). Le prove generalmente utilizzate per valutare bambini a sviluppo tipico sono, infatti, troppo complesse per bambini con SD della medesima età cronologica.

Alla luce di questi limiti e al fine di sviluppare nel futuro nuovi disegni di ricerca, si ritiene che possa essere interessante ampliare il campione e/o monitorare longitudinalmente i partecipanti, al fine di effettuare un'analisi sui fattori predittivi, non solo concomitanti, delle abilità matematiche nello sviluppo tipico e atipico. Gli studi longitudinali, disegni sperimentali spesso scarsi e selettivi in letteratura, possono catturare meglio la complessità delle relazioni tra le diverse variabili, oltre che monitorare la crescita evolutiva delle stesse. Inoltre, incrementare la numerosità del campione permetterebbe interpretazioni più approfondite rispetto a quelle del presente studio esplorativo: un'analisi statistica più potente potrebbe supportare una migliore spiegazione dei risultati, sia nei confronti tra gruppi sia nelle indagini correlazionali, in quanto, soprattutto quest'ultime, in campioni esigui, potrebbero condurre ad erronee interpretazioni. Potrebbe essere inoltre interessante allargare tale disegno di ricerca a fasce d'età e/o a popolazioni differenti: confrontare tali dati con quelli di bambini del primo e del terzo anno della Scuola dell'infanzia oppure con soggetti con Sindrome di Williams, i quali, secondo la letteratura, mostrano un profilo neuropsicologico speculare a quello della SD, apporterebbe riflessioni aggiuntive e innovative alle suddette conclusioni. Potrebbe essere interessante, inoltre, confrontare le prestazioni di bambini con SD di 4 anni con quelle di adolescenti con SD con medesima età mentale, al fine di comprendere quanto incide l'esposizione all'istruzione scolastica e al contesto ambientale sullo sviluppo delle competenze numeriche.

Concludendo, tale ricerca ha permesso di arricchire la letteratura contemporanea, nazionale e internazionale, con evidenze sulle competenze numeriche in età prescolare e, soprattutto, in

condizioni di disabilità intellettiva in SD, analizzando queste insieme ad altri aspetti del funzionamento cognitivo, tra cui il pensiero piagetiano, filone di ricerca scarsamente indagato in letteratura con la cognizione numerica. Ovviamente saranno necessari altri studi, ma tali risultati sottolineano l'importanza e la necessità di effettuare indagini più accurate dei profili neuropsicologici dei soggetti in età evolutiva con e senza disabilità intellettiva. I dati del presente progetto di ricerca sono un ulteriore strumento per promuovere una prassi clinica che si basi su indagini che includano, già dall'età prescolare, la valutazione delle competenze numeriche, delle diverse funzioni cognitive e, soprattutto nella disabilità intellettiva, della qualità del pensiero. Nell'indagine clinica dei soggetti con SD è consigliato l'uso di strumenti di rilevazione che non si limitino esclusivamente ad analisi psicometriche dell'intelligenza, ma che forniscano informazioni qualitative delle strutture mentali e che permettano un confronto con l'età mentale, in modo tale da far emergere punti forza e di debolezza. Sulla base di queste è possibile, infatti, pianificare e implementare interventi a diversi livelli: di prevenzione, come ad esempio la stimolazione precoce della memoria a breve termine verbale nei soggetti con DS; di potenziamento delle competenze più compromesse, come ad esempio la comprensione morfosintattica e/o il sistema ANS del numero nella SD; di inclusione e di benessere, per identificare i punti di forza e valorizzarli nella vita scolastica e quotidiana.

BIBLIOGRAFIA

- Abbeduto, L., & Chapman, R. S. (2005). Language development in Down syndrome and fragile X syndrome. *Trends in language acquisition research*, 4, 53-72
- Abbeduto, L., Murphy, M. M., Cawthon, S. W., Richmond, E. K., Weissman, M. D., Karadottir, S., & O'Brien, A. (2003). Receptive language skills of adolescents and young adults with Down or fragile X syndrome. *American Journal on Mental Retardation*, 108(3), 149-160.
- Abbeduto, L., Warren, S. F., & Conners, F. A. (2007). Language development in Down syndrome: From the prelinguistic period to the acquisition of literacy. *Mental retardation and developmental disabilities research reviews*, 13(3), 247-261
- Abdelahmeed, H. (2007). Do Children with Down Syndrome Have Difficulty in Counting and Why?. *International Journal of special education*, 22(2), 129-139.
- Abreu-Mendoza, R. A., & Arias-Trejo, N. (2015). Numerical and area comparison abilities in Down syndrome. *Research in developmental disabilities*, 41, 58-65.
- Ahmad, A., Tabassum, R., & Farooq, R. A. (2018). Comparison of Primary School Boys and Girls on Number Conservation Ability. *Journal of Educational Research (1027-9776)*, 21(1).
- Allan, N. P., Hume, L. E., Allan, D. M., Farrington, A. L., & Lonigan, C. J. (2014). Relations between inhibitory control and the development of academic skills in preschool and kindergarten: a meta-analysis. *Developmental Psychology*, 50(10), 2368.
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Adams, A. M., Willis, C., Eaglen, R., & Lamont, E. (2005). Working memory and phonological awareness as predictors of progress towards early learning goals at school entry. *British Journal of Developmental Psychology*, 23(3), 417-426.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed.)*. Washington, DC: American Psychiatric Association.
- Ansari, D., Donlan, C., Thomas, M. S., Ewing, S. A., Peen, T., & Karmiloff-Smith, A. (2003). What makes counting count? Verbal and visuo-spatial contributions to typical and atypical number development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 85(1), 50-62.
- Aunio, P., & Niemivirta, M. (2010). Predicting children's mathematical performance in grade one by early numeracy. *Learning and individual differences*, 20(5), 427-435.
- Aunola, K., Leskinen, E., Lerkkanen, M. K., & Nurmi, J. E. (2004). Developmental dynamics of math performance from preschool to grade 2. *Journal of educational psychology*, 96(4), 699.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory?. *Trends in cognitive sciences*, 4(11), 417-423.

- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). *The psychology of learning and motivation*, vol 8 (pp. 47-89). New York: Academic.
- Barner, D., Chow, K., & Yang, S. J. (2009). Finding one's meaning: A test of the relation between quantifiers and integers in language development. *Cognitive psychology*, 58(2), 195-219.
- Barnes, M. A., Raghobar, K. P., English, L., Williams, J. M., Taylor, H., & Landry, S. (2014). Longitudinal mediators of achievement in mathematics and reading in typical and atypical development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 119, 1-16.
- Barth, H., La Mont, K., Lipton, J., & Spelke, E. S. (2005). Abstract number and arithmetic in preschool children. *Proceedings of the national academy of sciences*, 102(39), 14116-14121.
- Bashash, L., Outhred, L., & Bochner, S. (2003). Counting skills and number concepts of students with moderate intellectual disabilities. *International Journal of Disability, Development and Education*, 50(3), 325-345.
- Bello, A., Onofrio, D., & Caselli, M. C. (2014). Nouns and predicates comprehension and production in children with Down syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 35(4), 761-775.
- Berglund, E., Eriksson, M., & Johansson, I. (2001). Parental reports of spoken language skills in children with Down syndrome. *Journal of speech, language, and hearing research*, 4(1), 179-191
- Berteletti, I., Lucangeli, D., Piazza, M., Dehaene, S., & Zorzi, M. (2010). Numerical estimation in preschoolers. *Developmental psychology*, 46(2), 545.
- Bertelli, B., & Bilancia, G. (2006). *VAUMeLF Batterie per la Valutazione dell'Attenzione Uditiva e della Memoria di Lavoro Fonologica nell'Età Evolutiva*, Firenze, Giunti O.S.
- Bertelli, B., Bilancia, G., Majorano, M., & Pettenati, P. (2007). Una batteria per la valutazione della memoria di lavoro in età evolutiva: studio su un campione di bambini italiani fra i 5 e 12 anni. *Giornale italiano di psicologia*, 34(4), 941-964
- Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child development*, 81(6), 1641-1660.
- Bishop, D. V. (2009). *TROG 2-Test for reception of grammar Version 2*. Manuale, a cura di S. Suraniti, R. Ferri & V. Neri, Firenze, Edizioni Giunti OS.
- 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.
- Borella, E., Carretti, B., & Lanfranchi, S. (2013). Inhibitory mechanisms in Down syndrome: Is there a specific or general deficit?. *Research in developmental disabilities*, 34(1), 65-71.

- Brannon, E. M., & Van de Walle, G. A. (2001). The development of ordinal numerical competence in young children. *Cognitive Psychology*, *43*(1), 53-81.
- Brannon, E. M., Suanda, U., & Libertus, K. (2007). Temporal discrimination increases in precision over development and parallels the development of numerosity discrimination. *Developmental Science*, *10*, 770-777.
- Brigstocke, S., Hulme, C., & Nye, J. (2008). Number and arithmetic skills in children with Down syndrome. *Down Syndrome: Research and Practice*, 74-78. <https://doi.org/10.3104/reviews/2070>
- Brock, J., & Jarrold, C. (2005). Serial order reconstruction in Down syndrome: evidence for a selective deficit in verbal short-term memory. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *46*(3), 304-316.
- Brown, F. R., Greer, M. K., Aylward, E. H., & Hunt, H. H. (1990). Intellectual and adaptive functioning in individuals with Down syndrome in relation to age and environmental placement. *Pediatrics*, *85*(3), 450-452.
- Brunamonti, E., Pani, P., Papazachariadis, O., Onorati, P., Albertini, G., & Ferraina, S. (2011). Cognitive control of movement in down syndrome. *Research in developmental disabilities*, *32*(5), 1792-1797.
- Buckley, S. (2007). Teaching numeracy. *Down syndrome. Research & Practice*, *12*(1), 11-14.
- Bull, R., & Lee, K. (2014). Executive functioning and mathematics achievement. *Child Development Perspectives*, *8*(1), 36-41.
- Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental neuropsychology*, *19*(3), 273-293.
- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental neuropsychology*, *33*(3), 205-228.
- Burgess, P. W., & Simons, J. S. (2005). 18 Theories of frontal lobe executive function: clinical applications. *The effectiveness of rehabilitation for cognitive deficits*, 211.
- Butterworth, B. (1999). *The mathematical brain*. Macmillan.
- Butterworth, B. (2005). The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *46*(1), 3-18.
- Camos, V. (2009). Numerosity discrimination in children with Down syndrome. *Developmental Neuropsychology*, *34*(4), 435-447.
- Canobi, K. H., & Bethune, N. E. (2008). Number words in young children's conceptual and procedural knowledge of addition, subtraction and inversion. *Cognition*, *108*(3), 675-686.

- Cardoso-Martins, C., Mervis, C. B., & Mervis, C. A. (1985). Early vocabulary acquisition by children with Down syndrome. *American Journal of Mental Deficiency*, 90(2), 177-184.
- Carey, S. (2009). Where our number concepts come from. *The Journal of philosophy*, 106(4), 220.
- Carney, D. P., Brown, J. H., & Henry, L. A. (2013). Executive function in Williams and down syndromes. *Research in Developmental Disabilities*, 34(1), 46-55.
- Carr, J. (1992). Longitudinal research in Down syndrome. *International review of research in mental retardation*, 197-223.
- Carr, J. (2000). Intellectual and Daily Living Skills of 30 year olds with Down's Syndrome: Continuation of a Longitudinal Study. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*, 13(1), 1-16.
- Carr, J. (2005). Stability and change in cognitive ability over the life span: a comparison of populations with and without Down's syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 49(12), 915-928.
- Carroll, J.B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*. New York: Cambridge University Press.
- Caselli, C., Marchetti, C., Vicari, S. (1994). Conoscenze lessicali e primo sviluppo morfosintattico. In A. Contardi, S. Vicari (a cura di), *Le persone Down*. Milano: Franco Angeli.
- Caselli, M. C., Longobardi, & Pisaneschi, R. (1997). Gesti e parole in bambini con sindrome di Down. *Psicologia Clinica dello Sviluppo*, I, 1, pp. 45-63.
- Caselli, M. C., Monaco, L., Trasciani, M., & Vicari, S. (2008). Language in Italian children with Down syndrome and with specific language impairment. *Neuropsychology*, 22(1), 27.
- Caycho, L., Gunn, P., & Siegal, M. (1991). Counting by children with Down syndrome. *American Journal on Mental Retardation*, 95(5), 575-583.
- Chalmers, K. A., & Halford, G. S. (2003). Young children's understanding of oddity: Reducing complexity by simple oddity and "most different" strategies. *Cognitive Development*, 18(1), 1-23.
- Channell, M. M., Thurman, A. J., Kover, S. T., & Abbeduto, L. (2014). Patterns of change in nonverbal cognition in adolescents with Down syndrome. *Research in developmental disabilities*, 35(11), 2933-2941.
- Chapman, R. S. (1997). Language development in children and adolescents with Down syndrome. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 3(4), 307-312.
- Chapman, R. S. (2003). Language and communication in individuals with Down syndrome. *International review of research in mental retardation*, 27, 1-34.

- Chapman, R. S. (2006). Language learning in Down syndrome: the speech and language profile compared to adolescents with cognitive impairment of unknown origin. *Down Syndrome Research and Practice, 10*(2), 61-66.
- Chapman, R. S., & Hesketh, L. J. (2000). Behavioral phenotype of individuals with Down syndrome. *Mental retardation and developmental disabilities research reviews, 6*(2), 84-95.
- Chapman, R. S., Hesketh, L. J., & Kistler, D. J. (2002). Predicting Longitudinal Change in Language Production and Comprehension in Individuals With Down Syndrome Hierarchical Linear Modeling. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 45*(5), 902-915.
- Chapman, R. S., Schwartz, S. E., & Bird, E. K. R. (1991). Language skills of children and adolescents with Down syndrome: I. Comprehension. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 34*(5), 1106-1120.
- Chard, D. J., Clarke, B., Baker, S., Otterstedt, J., Braun, D., & Katz, R. (2005). Using measures of number sense to screen for difficulties in mathematics: Preliminary findings. *Assessment for Effective Intervention, 30*(2), 3-14.
- Chen, Q., & Li, J. (2014). Association between individual differences in non-symbolic number acuity and math performance: A meta-analysis. *Acta psychologica, 148*, 163-172.
- Chu, F. W., vanMarle, K., & Geary, D. C. (2016). Predicting children's reading and mathematics achievement from early quantitative knowledge and domain-general cognitive abilities. *Frontiers in psychology, 7*, 775.
- Ciancio, D., Rojas, A. C., McMahon, K., & Parnack, R. (2001). Teaching oddity and insertion to Head Start children: An economical cognitive intervention. *Journal of Applied Developmental Psychology, 22*(6), 603-621.
- Cirino, P. T. (2011). The interrelationships of mathematical precursors in kindergarten. *Journal of Experimental Child Psychology*. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2010.11.004>
- Clark, C. A. C., Pritchard, V. E., & Woodward, L. J. (2010). Preschool executive functioning abilities predict early mathematics achievement. *Developmental Psychology, 46*(5), 1176-1191. <http://dx.doi.org/10.1037/a0019672>
- Clark, C. A., Sheffield, T. D., Wiebe, S. A., & Espy, K. A. (2013). Longitudinal associations between executive control and developing mathematical competence in preschool boys and girls. *Child Development, 84*(2), 662-677.
- Clarke, B., & Shinn, M. R. (2004). A preliminary investigation into the identification and development of early mathematics curriculum-based measurement. *School Psychology Review, 33*, 234-248.
- Clements, D. H. (1984). Training effects on the development and generalization of Piagetian logical operations and knowledge of number. *Journal of educational psychology, 76*(5), 766.

- Collins, A., & Koechlin, E. (2012). Reasoning, learning, and creativity: frontal lobe function and human decision-making. *PLoS Biol*, *10*(3), e1001293.
- Contestabile, A., Benfenati, F., & Gasparini, L. (2010). Communication breaks-Down: from neurodevelopment defects to cognitive disabilities in Down syndrome. *Progress in neurobiology*, *91*(1), 1-22.
- Cornish, K., Scerif, G., & Karmiloff-Smith, A. (2007). Tracing syndrome-specific trajectories of attention across the lifespan. *Cortex*, *43*(6), 672-685.
- Cornoldi, C., Lucangeli, D., & Bellina, M. (2002). *AC-MT: test di valutazione delle abilità di calcolo-gruppo MT*. Centro studi Erickson.
- Cornwell, A. C. (1974). Development of language, abstraction, and numerical concept formation in Down's syndrome children. *American Journal of Mental Deficiency*, *79*(2), 179-190.
- Costanzo, F., Varuzza, C., Menghini, D., Addona, F., Giancesini, T., & Vicari, S. (2013). Executive functions in intellectual disabilities: a comparison between Williams syndrome and Down syndrome. *Research in developmental disabilities*, *34*(5), 1770-1780.
- Couzens, D., Cuskelly, M., & Haynes, M. (2011). Cognitive development and down syndrome: age-related change on the Stanford-Binet Test. *American journal on intellectual and developmental disabilities*, *116*(3), 181-204.
- Couzens, D., Haynes, M., & Cuskelly, M. (2012). Individual and environmental characteristics associated with cognitive development in Down syndrome: A longitudinal study. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*, *25*(5), 396-413.
- Cowan, R., & Renton, M. (1996). Do they know what they are doing? Children's use of economical addition strategies and knowledge of commutativity. *Educational Psychology*, *16*(4), 407-420.
- Cragg, L., & Gilmore, C. (2014). Skills underlying mathematics: The role of executive function in the development of mathematics proficiency. *Trends in neuroscience and education*, *3*(2), 63-68.
- Crombie, M., & Gunn, P. (1998). Early intervention, families, and adolescents with Down syndrome. *International Journal of Disability, Development and Education*, *45*(3), 253-281.
- Cupples, L., & Iacono, T. (2000). Phonological awareness and oral reading skill in children with Down syndrome. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *43*, 595-608.
- Daunhauer, L. A., Fidler, D. J., Hahn, L., Will, E., Lee, N. R., & Hepburn, S. (2014). Profiles of everyday executive functioning in young children with Down syndrome. *American Journal on Intellectual and Developmental Disabilities*, *119*(4), 303-318.
- Davidson, K., Eng, K., & Barner, D. (2012). Does learning to count involve a semantic induction?. *Cognition*, *123*(1), 162-173.

- Davis, A. S. (2008). Children with Down syndrome: Implications for assessment and intervention in the school. *School psychology quarterly*, 23(2), 271.
- De Smedt, B., Verschaffel, L., & Ghesquière, P. (2009). The predictive value of numerical magnitude comparison for individual differences in mathematics achievement. *Journal of experimental child psychology*, 103(4), 469-479.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44(1-2), 1-42.
- Dehaene, S. (1997). *The number sense: How the mind creates mathematics*. New York: Oxford University Press
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive neuropsychology*, 20(3-6), 487-506.
- Desoete, A. (2014). Predictive indicators for mathematical learning disabilities/dyscalculia in kindergarten children. In S. Chinn (Ed.), *The Routledge international handbook of dyscalculia and mathematical learning difficulties*, 90-100. The Routledge International Handbook Series
- Desoete, A., Ceulemans, A., De Weerd, F., & Pieters, S. (2012). Can we predict mathematical learning disabilities from symbolic and non symbolic comparison tasks in kindergarten? Findings from a longitudinal study. *British Journal of Educational Psychology*, 82(1), 64-81.
- Devenny, D. A., Krinsky-McHale, S. J., Sersen, G., & Silverman, W. P. (2000). Sequence of cognitive decline in dementia in adults with Down's syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 44(6), 654-665.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64, 135.
- Dunn, L., & Dunn, L. (1981). *Peabody Picture Vocabulary Test-Revised*. Circle Pines, MN: American Guidance Service.
- Dykens, E. M., Hodapp, R. M., & Finucane, B. M. (2000). *Genetics and mental retardation syndromes*. New York: Paul H. Brookes.
- Eadie, P. A., Fey, M. E., Douglas, J. M., & Parsons, C. L. (2002). Profiles of grammatical morphology and sentence imitation in children with specific language impairment and Down syndrome. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 45(4), 720-732.
- Edgin, J. O., Pennington, B. F., & Mervis, C. B. (2010). Neuropsychological components of intellectual disability: the contributions of immediate, working, and associative memory. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54(5), 406-417.
- Edgin, J. O., Tooley, U., Demara, B., Nyhuis, C., Anand, P., & Spanò, G. (2015). Sleep Disturbance and Expressive Language Development in Preschool Age Children With Down Syndrome. *Child development*, 86(6), 1984-1998.

- Eger, E., Sterzer, P., Russ, M. O., Giraud, A. L., & Kleinschmidt, A. (2003). A supramodal number representation in human intraparietal cortex. *Neuron*, 37(4), 719-726.
- Ellis, N. R., Woodley-Zanthos, P., & Dulaney, C. L. (1989). Memory for spatial location in children, adults, and mentally retarded persons. *American Journal on Mental Retardation*, 93(5), 521-526.
- Embretson, S. E. (1995). The role of working memory capacity and general control processes in intelligence. *Intelligence*, 20, 169–189
- Espy, K. A., McDiarmid, M. M., Cwik, M. F., Stalets, M. M., Hamby, A., & Senn, T. E. (2004). The contribution of executive functions to emergent mathematic skills in preschool children. *Developmental neuropsychology*, 26(1), 465-486.
- Estigarribia, B., Martin, G. E., & Roberts, J. E. (2012). Cognitive, environmental, and linguistic predictors of syntax in fragile X syndrome and Down syndrome. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 55(6), 1600-1612.
- Evans, D. W., & Uljarevic, M. (2018). Parental education accounts for variability in the IQs of probands with down syndrome: A longitudinal study. *American Journal of Medical Genetics*, A, 176(1), 29-33.
- Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in cognitive sciences*, 8(7), 307-314.
- Fias, W., Menon, V., & Szucs, D. (2013). Multiple components of developmental dyscalculia. *Trends in Neuroscience and Education*, 2(2), 43-47.
- Fidler, D. J., & Nadel, L. (2007). Education and children with Down syndrome: Neuroscience, development, and intervention. *Mental retardation and developmental disabilities research reviews*, 13(3), 262-271.
- Fidler, D. J., Daunhauer, L. A., Will, E. A., & Schworer, E. (2018). Working memory in Down Syndrome. Methodological considerations and intervention implications. In T.P. Alloway (Ed.), *Working Memory and Clinical Developmental Disorders: Theories, Debates and Interventions* (157-179). Routledge.
- Fidler, D., Hepburn, S., & Rogers, S. (2006). Early learning and adaptive behaviour in toddlers with Down syndrome: evidence for an emerging behavioural phenotype?. *Down Syndrome Research and Practice*, 9(3), 37-44.
- Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics 5th edition*. North American edition. Sage.
- Freeman, N. H., Antonucci, C., & Lewis, C. (2000). Representation of the cardinality principle: Early conception of error in a counterfactual test. *Cognition*, 74(1), 71-89.
- Frenkel, S., & Bourdin, B. (2009). Verbal, visual, and spatio sequential short-term memory: assessment of the storage capacities of children and teenagers with Down's syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 53(2), 152-160.

- Friso-Van Den Bos, I., Van Der Ven, S. H., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. (2013). Working memory and mathematics in primary school children: A meta-analysis. *Educational research review*, *10*, 29-44.
- Fuchs, L. S., Fuchs, D., Compton, D. L., Powell, S. R., Seethaler, P. M., Capizzi, A. M., et al (2006). The cognitive correlates of third- grade skill in arithmetic, algorithmic computation, and arithmetic word problems. *Journal of Educational Psychology*, *98*, 29–43.
- Fuchs, L. S., Geary, D. C., Compton, D. L., Fuchs, D., Hamlett, C. L., & Bryant, J. D. (2010). The contributions of numerosity and domain-general abilities to school readiness. *Child development*, *81*(5), 1520-1533.
- Fuchs, L. S., Geary, D. C., Fuchs, D., Compton, D. L., & Hamlett, C. L. (2014). Sources of individual differences in emerging competence with numeration understanding versus multidigit calculation skill. *Journal of Educational Psychology*, *106*(2), 482.
- Fuhs, M. W., & McNeil, N. M. (2013). ANS acuity and mathematics ability in preschoolers from low-income homes: contributions of inhibitory control. *Developmental Science*, *1*(16), 136–148. <https://doi.org/10.1111/desc.12013>
- Fuson, K. C. (1988). *Children's counting and concepts of number*. New York: Springer Verlag
- Fuson, K. C. (1992). Research on whole number addition and subtraction. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 243–275). New York: Macmillan.
- Gasquoine, P. G. (2011). Cognitive impairment in common, noncentral nervous system medical conditions of adults and the elderly. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, *33*(4), 486-496.
- Geary, D. C. (1993). Mathematical disabilities: cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Psychological bulletin*, *114*(2), 345.
- Geary, D. C. (1994). *Children's mathematical development: Research and practical applications*. American Psychological Association.
- Geary, D. C. (2000). From infancy to adulthood: The development of numerical abilities. *European child & adolescent psychiatry*, *9*(2), S11.
- Geary, D. C. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of learning disabilities*, *37*(1), 4-15.
- Geary, D. C. (2011). Consequences, characteristics, and causes of mathematical learning Disabilities and Persistent Low Achievement in Mathematic. *J Dev Behav Pediatr*, *32*(3), 250–263. <https://doi.org/10.1097/DBP.0b013e318209edef>.
- Geary, D. C., Hamson, C. O., & Hoard, M. K. (2000). Numerical and arithmetical cognition: A longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, *77*, 236–263

- Geary, D. C., Hoard, M. K., & Hamson, C. O. (1999). Numerical and arithmetical cognition: Patterns of functions and deficits in children at risk for a mathematical disability. *Journal of experimental child psychology*, 74(3), 213-239.
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Bailey, D. H. (2013). Adolescents' functional numeracy is predicted by their school entry number system knowledge. *PLoS one*, 8(1), e54651.
- Gebuis, T., Kadosh, R. C., & Gevers, W. (2016). Sensory-integration system rather than approximate number system underlies numerosity processing: A critical review. *Acta psychologica*, 171, 17-35.
- Gelman, R. (2008). Counting and arithmetic principles first. *Behavioral and Brain Sciences*, 31(6), 653-654.
- Gelman, R., & Cohen, M. (1988). Qualitative differences in the way Down syndrome and normal children solve a novel counting task. In L. Nadel (Ed.), *The psychobiology of Down syndrome*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Gelman, R., & Gallistel, C. R. (1978). *The child's understanding of number* (1986 edn.). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Gelman, S. A., & Wellman, H. M. (1991). Insides and essences: Early understandings of the non-obvious. *Cognition*, 38(3), 213-244.
- Gilmore, C., Attridge, N., Clayton, S., Cragg, L., Johnson, S., Marlow, N., ... Inglis, M. (2013). Individual differences in inhibitory control, not non-verbal number acuity, correlate with mathematics achievement. *PLoS One*, 8(6), e67374.
- Gilmore, L., & Cuskelly, M. (2009). A longitudinal study of motivation and competence in children with Down syndrome: early childhood to early adolescence. *Journal of Intellectual Disability Research*, 53(5), 484-492.
- Glue, P., & Patterson, T. (2009). Can drug treatments enhance learning in subjects with intellectual disability? *Australian and New Zealand Journal of Psychiatry*, 43, 899-904.
- Göbel, S. M., Watson, S. E., Lervåg, A., & Hulme, C. (2014). Children's arithmetic development: It is number knowledge, not the approximate number sense, that counts. *Psychological science*, 25(3), 789-798.
- Gray, S. A., & Reeve, R. A. (2014). Preschoolers' dot enumeration abilities are markers of their arithmetic competence. *PLoS One*, 9(4), e94428.
- Grégoire, J. (2005). Développement logique et compétences arithmétiques. Le modèle piagétien est-il toujours actuel. *Enseignement et apprentissage des mathématiques*, 57-77.
- Grela, B. G. (2002). Lexical verb diversity in children with Down syndrome. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 16(4), 251-263.

- Grieco, J., Pulsifer, M., Seligsohn, K., Skotko, B., & Schwartz, A. (2015). Down syndrome: Cognitive and behavioral functioning across the lifespan. *American Journal of Medical Genetics Part C: Seminars in Medical Genetics*, 169(2), 135-149.
- Guralnick, M. J. (2002). Involvement with peers: comparisons between young children with and without Down's syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 46(5), 379-393.
- Halberda, J., & Feigenson, L. (2008). Developmental change in the acuity of the "Number Sense": The Approximate Number System in 3-, 4-, 5-, and 6-year-olds and adults. *Developmental psychology*, 44(5), 1457.
- Hanrahan, J., & Newman, T. (1996). Teaching addition to children. In B. Stratford & Gunn (Eds.), *New approaches to downs syndrome*, 300-308.
- Happaney, K., Zelazo, P. D., & Stuss, D. T. (2004). Development of orbitofrontal function: Current themes and future directions. *Brain and cognition*, 55(1), 1-10.
- Hassinger-Das, B., Jordan, N. C., Glutting, J., Irwin, C., & Dyson, N. (2014). Domain-general mediators of the relation between kindergarten number sense and first-grade mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, 118, 78-92.
- Hodapp, R. M., Evans, D. W., & Gray, F. L. (1999). Intellectual development in children with Down syndrome. In J. Rondal, J. Perera, & L. Nadel (Eds.), *Down syndrome: A review of current knowledge* (pp. 124-132). London: Whurr
- Hodapp, R., & Dykens, E. (2004). Genetic and behavioural aspects: Application to maladaptive behavior and cognition. In J. A. Rondal, R. Hodapp, S. Soresi, E. Dykens, & L. Nota (Eds.), *Intellectual disabilities: Genetics, behaviour and inclusion*. 13-48. Wiley
- Holloway, I. D., & Ansari, D. (2009). Mapping numerical magnitudes onto symbols: The numerical distance effect and individual differences in children's mathematics achievement. *Journal of experimental child psychology*, 103(1), 17-29.
- Hornung, C., Schiltz, C., Brunner, M., & Martin, R. (2014). Predicting first-grade mathematics achievement: The contributions of domain-general cognitive abilities, nonverbal number sense, and early number competence. *Frontiers in Psychology*, 5, 272.
- Houdé, O., Pineau, A., Leroux, G., Poirel, N., Perchey, G., Lanoë, C., ... & Delcroix, N. (2011). Functional magnetic resonance imaging study of Piaget's conservation-of-number task in preschool and school-age children: A neo-Piagetian approach. *Journal of experimental child psychology*, 110(3), 332-346.
- Hulme, C., and Mackenzie, S. (1992). In (eds.), *Working Memory and Severe Learning Difficulties*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates
- Huntley-Fenner, G., & Cannon, E. (2000). Preschoolers' magnitude comparisons are mediated by a preverbal analog mechanism. *Psychological Science*, 11(2), 147-152.

- Iacono, T., Torr, J., & Wong, H. Y. (2010). Relationships amongst age, language and related skills in adults with Down syndrome. *Research in developmental disabilities*, 31(2), 568-576.
- Izard, V., Dehaene-Lambertz, G., & Dehaene, S. (2008). Distinct cerebral pathways for object identity and number in human infants. *PLoS biology*, 6(2), e11.
- Izard, V., Sann, C., Spelke, E. S., & Streri, A. (2009). Newborn infants perceive abstract numbers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(25), 10382-10385.
- Izard, V., Sann, C., Spelke, E. S., & Streri, A. (2009). Newborns infants perceive abstract numbers. *PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(25), 10382-10385.
- Jarrold, C., & Baddeley, A. D. (1997). Short-term memory for verbal and visuospatial information in Down's syndrome. *Cognitive Neuropsychiatry*, 2(2), 101-122.
- Jarrold, C., Baddeley, A. D., & Hewes, A. K. (1999). Genetically dissociated components of working memory: Evidence from Downs and Williams syndrome. *Neuropsychologia*, 37(6), 637-651.
- Jarrold, C., Baddeley, A. D., & Hewes, A. K. (2000). Verbal short-term memory deficits in Down syndrome: A consequence of problems in rehearsal?. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 41(2), 233-244.
- Jarrold, C., Purser, H. R. M., & Brock, J. (2006). Short- term memory in down syndrome. In T. P. Alloway, & S. E. Gathercole (Eds.), *Working memory and neurodevelopment conditions* (pp. 239-266). Hove: Psychology Press.
- Johansson, B. S. (2005). Number-word sequence skill and arithmetic performance. *Scandinavian Journal of Psychology*, 46, 157-167.
- Kaat-van den Os, D. J., Jongmans, M. J., Volman, M. C. J., & Lauteslager, P. E. (2015). Do gestures pave the way?: A systematic review of the transitional role of gesture during the acquisition of early lexical and syntactic milestones in young children with Down syndrome. *Child Language Teaching and Therapy*, 31(1), 71-84.
- Kaat-van den Os, D. T., Volman, C., Jongmans, M., & Lauteslager, P. (2017). Expressive vocabulary development in children with down syndrome: A longitudinal study. *Journal of Policy and Practice in Intellectual Disabilities*, 14(4), 311-318.
- Karmiloff-Smith, A. (1992). *Beyond modularity: A developmental perspective on cognitive science*. MITPress, Cambridge.
- Karmiloff-Smith, A., Al-Janabi, T., D'Souza, H., Groet, J., Massand, E., Mok, K., ...Strydom, A. (2016). The importance of understanding individual differences in Down syndrome. *F1000Research*, 5, F1000. <https://doi.org/10.12688/f1000research.7506.1>. Faculty Rev-389.

- Kent, R. D., & Vorperian, H. K. (2013). Speech impairment in Down syndrome: A review. *Journal of Speech, Language and Hearing Research (Online)*, 56(1), 178.
- Kidd, J. K., Pasnak, R., Gadzichowski, M., Ferral-Like, M., & Gallington, D. (2008). Enhancing early numeracy by promoting the abstract thought involved in the oddity principle, seriation, and conservation. *Journal of Advanced Academics*, 19(2), 164-200.
- Kittler, P. M., Krinsky-McHale, S. J., & Devenny, D. A. (2004). Sex differences in performance over 7 years on the Wechsler Intelligence Scale for Children–Revised among adults with intellectual disability. *Journal of Intellectual Disability Research*, 48(2), 114-122.
- Kittler, P. M., Krinsky-McHale, S. J., & Devenny, D. A. (2008). Dual-task processing as a measure of executive function: A comparison between adults with Williams and Down syndromes. *American Journal of Mental Retardation*, 113(2), 117–132
- Kittler, P., Krinsky-McHale, S. J., & Devenny, D. A. (2006). Verbal intrusions precede memory decline in adults with Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 50(1), 1-10.
- Kogan C. S., Boutet I., Cornish K., Graham G. E., Berry-Kravis E. Drouin A. & Milgram N. W. (2009). A comparative neuropsychological test battery differentiates cognitive signatures of Fragile-and Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 53, 125–42
- Koponen, T., Georgiou, G., Salmi, P., Leskinen, M., & Aro, M. (2017). A meta-analysis of the relation between RAN and mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 109(7), 977.
- Koponen, T., Salmi, P., Eklund, K., & Aro, T. (2013). Counting and RAN: Predictors of arithmetic calculation and reading fluency. *Journal of educational psychology*, 105(1), 162.
- Krajewski, K., & Schneider, W. (2009). Early development of quantity to number-word linkage as a precursor of mathematical school achievement and mathematical difficulties: Findings from a four-year longitudinal study. *Learning and Instruction*, 19, 513–526.
- Kyttälä, M., Aunio, P., Lehto, J. E., Van Luit, J., & Hautamäki, J. (2003). Visuospatial working memory and early numeracy. *Educational and Child Psychology*, 20(3), 65-76.
- Landry, O., Russo, N., Dawkins, T., Zelazo, P. D., & Burack, J. A. (2012). The impact of verbal and nonverbal development on executive function in Down syndrome and Williams syndrome. *Journal on Developmental Disabilities*, 18(2), 26.
- Lanfranchi, S., Baddeley, A., Gathercole, S., & Vianello, R. (2012). Working memory in Down syndrome: is there a dual task deficit?. *Journal of Intellectual Disability Research*, 56(2), 157-166.
- Lanfranchi, S., Berteletti, I., Torrisi, E., Vianello, R., & Zorzi, M. (2015). Numerical estimation in individuals with Down syndrome. *Research in developmental disabilities*, 36, 222-229.
- Lanfranchi, S., Carretti, B., Spanò, G., & Cornoldi, C. (2009). A specific deficit in visuospatial simultaneous working memory in Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 53(5), 474-483.

- Lanfranchi, S., Cornoldi, C., & Vianello, R. (2004). Verbal and visuospatial working memory deficits in children with Down syndrome. *American Journal on Mental Retardation*, 109(6), 456-466.
- Lanfranchi, S., Jerman, O., Dal Pont, E., Alberti, A., & Vianello, R. (2010). Executive function in adolescents with Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54(4), 308-319.
- Lanfranchi, S., Toffanin, E., Zilli, S., Panzeri, B., & Vianello, R. (2014). Memory coding in individuals with Down syndrome. *Child Neuropsychology*, 20(6), 700-712.
- Laws, G. (2002). Working memory in children and adolescents with Down syndrome: evidence from a colour memory experiment. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 43(3), 353-364.
- Laws, G. (2004). Contributions of phonological memory, language comprehension and hearing to the expressive language of adolescents and young adults with Down syndrome. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45(6), 1085-1095.
- Laws, G., & Bishop, D. V. (2003). A comparison of language abilities in adolescents with Down syndrome and children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46(6), 1324-1339
- Le Corre, M., & Carey, S. (2007). One, two, three, four, nothing more: An investigation of the conceptual sources of the verbal counting principles. *Cognition*, 105(2), 395-438.
- Lee, K., Bull, R., & Ho, R. M. (2013). Developmental changes in executive functioning. *Child development*, 84(6), 1933-1953.
- Lee, N. R., Fidler, D. J., Blakely-Smith, A., Daunhauer, L., Robinson, C., & Hepburn, S. (2011). Parent-report of executive functioning in population-based sample of young children with Down syndrome. *American Journal on Intellectual and Developmental Disabilities*, 116, 290-304. <https://doi.org/10.1352/1944-7558-116.4.290>.
- LeFevre, J. A., Fast, L., Skwarchuk, S. L., Smith-Chant, B. L., Bisanz, J., Kamawar, D., & Penner-Wilger, M. (2010). Pathways to mathematics: Longitudinal predictors of performance. *Child development*, 81(6), 1753-1767.
- LeFevre, J.-A., Smith-Chant, B. L., Fast, L., Skwarchuk, S.-L., Sargla, E., Arnup, J. S., ... Kamawar, D. (2006). What counts as knowing? The development of conceptual and procedural knowledge of counting from kindergarten through Grade 2. *Journal of Experimental Child Psychology*, 93(4), 285-303. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jecp.2005.11.002>.
- Lehto, J. E., Juujärvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, 21(1), 59-80.
- Leiser, D., & Gillieron, C. (1990). *Cognitive science and genetic epistemology: A case study of understanding*. New York: Plenum Press

- Lembke, E., & Foegen, A. (2009). Identifying early numeracy indicators for kindergarten and first-grade students. *Learning Disabilities Research & Practice*, 24(1), 12-20.
- Levine, S. C., Jordan, N. C., & Huttenlocher, J. (1992). Development of calculation abilities in young children. *Journal of experimental child psychology*, 53(1), 72-103.
- Levorato, C. M., Roch, M., & Beltrame, R. (2009). Text comprehension in Down syndrome: The role of lower and higher level abilities. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 23(4), 285-300.
- Levy, Y., & Eilam, A. (2013). Pathways to language: a naturalistic study of children with Williams syndrome and children with Down syndrome. *Journal of child language*, 40(01), 106-138.
- Libertus, M. E., Feigenson, L., & Halberda, J. (2013). Is approximate number precision a stable predictor of math ability?. *Learning and individual differences*, 25, 126-133.
- Lipton, J. S., & Spelke, E. S. (2003). Origins of number sense: Large-number discrimination in human infants. *Psychological science*, 14(5), 396-401.
- Lipton, J. S., & Spelke, E. S. (2004). Discrimination of large and small numerosities by human infants. *Infancy*, 5(3), 271-290.
- Lipton, J. S., & Spelke, E. S. (2005). Preschool children's mapping of number words to nonsymbolic numerosities. *Child development*, 76(5), 978-988.
- Lohman, D. F. (1996). Spatial ability and g. *Human abilities: Their nature and measurement*, 97, 116.
- Lonnemann, J., & Hasselhorn, M. (2019). Assessing mathematical competence and performance: Quality characteristics, approaches, and research trends. In *International Handbook of Mathematical Learning Difficulties* (pp. 633-651). Springer, Cham.
- Lott, I. T., & Dierssen, M. (2010). Cognitive deficits and associated neurological complications in individuals with Down's syndrome. *The Lancet Neurology*, 9(6), 623-633.
- Loveall, S. J., Channell, M. M., Phillips, B. A., Abbeduto, L., & Conners, F. A. (2016). Receptive vocabulary analysis in Down syndrome. *Research in developmental disabilities*, 55, 161-172.
- Lucangeli D. (1999). *Il farsi e disfarsi del numero*. Roma: Borla
- Lucangeli, D. (2012). *La discalculia e le difficoltà in aritmetica*. Firenze: Giunti Scuola
- Lunt, L., Bramham, J., Morris, R. G., Bullock, P. R., Selway, R. P., Xenitidis, K., & David, A. S. (2012). Prefrontal cortex dysfunction and 'jumping to conclusions': bias or deficit?. *Journal of neuropsychology*, 6(1), 65-78.
- Määttä, T., Kaski, M., Taanila, A., Keinänen-Kiukaanniemi, S., & Iivanainen, M. (2006). Sensory impairments and health concerns related to the degree of intellectual disability in people with Down syndrome. *Down Syndrome Research and Practice*, 11(2), 78-83.

- Malabonga, V., Pasnak, R., & Hendricks, C. (1994). Generalization effects from instruction of kindergartners on classification and seriation. *Perceptual and Motor Skills*, 79, 545–546
- Mammarella, I. C., Cardillo, R., & Caviola, S. (2019). *La memoria di lavoro nei disturbi del neurosviluppo. Dalle evidenze scientifiche alle applicazioni clinico ed educative*. Milano: FrancoAngeli
- Mammarella, I. C., Toso, C., Pazzaglia, F., & Cornoldi, C. (2008). *BVS-Corsi. Batteria per la valutazione della memoria visiva e spaziale*. Edizioni Erickson.
- Marotta, L., Viezzoli, D., & Vicari, S. (2006). Le abilità numeriche e di calcolo nella Disabilità Intellettiva. *Eta Evolutiva*, 83, 71-78.
- Martin, R. B., Cirino, P. T., Sharp, C., & Barnes, M. (2014). Number and counting skills in kindergarten as predictors of grade 1 mathematical skills. *Learning and Individual Differences*, 34, 12-23.
- Mazzocco, M. M., & Kover, S. T. (2007). A longitudinal assessment of executive function skills and their association with math performance. *Child neuropsychology*, 13(1), 18-45.
- Mazzocco, M. M., Feigenson, L., & Halberda, J. (2011). Preschoolers' precision of the approximate number system predicts later school mathematics performance. *PLoS One*, 6(9)
- McDuffie, A., Chapman, R. S., & Abbeduto, L. (2008). Language profiles of adolescents and young adults with Down syndrome and Fragile X syndrome. *Speech and language development and intervention in down syndrome and Fragile X syndrome*, 117-141.
- McGrew, K. S. (2005). The Cattell-Horn-Carroll Theory of Cognitive Abilities: Past, Present, and Future. In D. P. Flanagan & P. L. Harrison (Eds.), *Contemporary Intellectual Assessment: Theories, Tests, and Issues* (pp. 136-181). New York, NY, US: The Guilford Press.
- McGrew, K. S. (2009). CHC theory and the human cognitive abilities project: Standing on the shoulders of the giants of psychometric intelligence research. *Intelligence*, 37(1), 1-10.
- Meneghetti, C., Toffalini, E., Carretti, B., & Lanfranchi, S. (2018). Mental rotation ability and everyday-life spatial activities in individuals with Down syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 72, 33-41.
- Mervis, C. B., Johnson, K. E., & Mervis, C. A. (1994). Acquisition of subordinate categories by 3-year-olds: The roles of attribute salience, linguistic input, and child characteristics. *Cognitive Development*, 9(2), 211-234.
- Michael, S. E., Ratner, N. B., & Newman, R. (2012). Verb comprehension and use in children and adults with Down syndrome. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*.
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual review of neuroscience*, 24(1), 167-202.

- Miller, J. F., Leavitt, L. A., & Leddy, M. G. (Eds.). (1999). *Improving the communication of people with Down syndrome*. Paul H. Brookes Pub.
- Miller, J. F., Leddy, M., Miolo, G., & Sedey, A. (1995). In L. Nadel, & D. Rosenthal (Eds.) *Down syndrome: Living and learning in the community*, 115–136.
- Miller, M. R., Giesbrecht, G. F., Müller, U., McInerney, R. J., & Kerns, K. A. (2012). A latent variable approach to determining the structure of executive function in preschool children. *Journal of Cognition and Development*, 13(3), 395-423.
- Miolo, G., Chapman, R. S., & Sindberg, H. A. (2005). Sentence comprehension in adolescents with Down syndrome and typically developing children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., e Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1), 49-100.
- Moldavsky, M., Lev, D., & Lerman-Sagie, T. (2001). Behavioral phenotypes of genetic syndromes: A reference guide for psychiatrists. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 40:749–761. doi:10.1097/00004583-200107000-00009.
- Molin, A., Poli, S., & Lucangeli, D. (2007). *BIN 4-6. Batteria per la valutazione dell'intelligenza numerica in bambini dai 4 a 6 anni*. Trento, Erickson
- Molloy, C. A., Murray, D. S., Kinsman, A., Castillo, H., Mitchell, T., Hickey, F. J., & Patterson, B. (2009). Differences in the clinical presentation of Trisomy 21 with and without autism. *Journal of Intellectual Disability Research*, 53(2), 143-151.
- Monette, S., Bigras, M., & Guay, M. C. (2011). The role of the executive functions in school achievement at the end of Grade 1. *Journal of experimental child psychology*, 109(2), 158-173.
- Monette, S., Bigras, M., & Lafrenière, M. A. (2015). Structure of executive functions in typically developing kindergarteners. *Journal of experimental child psychology*, 140, 120-139.
- Moniga, S. (2007). Profilo di sviluppo sensomotorio in bambini con sindrome di Down: indici prognostici e interventi riabilitativi. *Psichiatria dell'infanzia e dell'adolescenza*, 74(1), 99.
- Morsanyi, K., & Szücs, D. (2014). The link between mathematics and logical reasoning. *The Routledge international handbook of dyscalculia and mathematical learning difficulties*, 101.
- Mou, Y., & vanMarle, K. (2014). Two core systems of numerical representation in infants. *Developmental Review*, 34(1), 1-25.
- Mou, Y., Berteletti, I., & Hyde, D. C. (2018). What counts in preschool number knowledge? A Bayes factor analytic approach toward theoretical model development. *Journal of experimental child psychology*, 166, 116-133.

- Munir, F., Cornish, K. M., & Wilding, J. (2000). A neuropsychological profile of attention deficits in young males with fragile X syndrome. *Neuropsychologia*, 38(9), 1261-1270.
- Mussolin, C., Nys, J., Content, A., & Leybaert, J. (2014). Symbolic number abilities predict later approximate number system acuity in preschool children. *PLoS ONE*, 9, e91839.
- Mussolin, C., Nys, J., Leybaert, J., & Content, A. (2012). Relationships between approximate number system acuity and early symbolic number abilities. *Trends in Neuroscience and Education*, 1(1), 21-31.
- Næss, K. A. B., Lyster, S. A. H., Hulme, C., & Melby-Lervåg, M. (2011). Language and verbal short-term memory skills in children with Down syndrome: A meta-analytic review. *Research in developmental disabilities*, 32(6), 2225-2234.
- Negen, J., & Sarnecka, B. W. (2012). Number concept acquisition and general vocabulary development. *Child development*, 83(6), 2019-2027.
- Negen, J., & Sarnecka, B. W. (2015). Is there really a link between exact-number knowledge and approximate number system acuity in young children?. *British Journal of Developmental Psychology*, 33(1), 92-105.
- Nguyen, T., Watts, T. W., Duncan, G. J., Clements, D. H., Sarama, J. S., Wolfe, C., & Spitler, M. E. (2016). Which preschool mathematics competencies are most predictive of fifth grade achievement?. *Early childhood research quarterly*, 36, 550-560.
- Noël, M. P. (2009). Counting on working memory when learning to count and to add: A preschool study. *Developmental Psychology*, 45, 1630-1643.
- Numminen, H., Ahonen, T., & Ruoppila, I. (2001). Working memory and everyday cognition in adults with Down's syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 45(2), 157-168.
- Nunes, T., Bryant, P., Evans, D., Bell, D., Gardner, S., Gardner, A., & Carraher, J. (2007). The contribution of logical reasoning to the learning of mathematics in primary school. *British Journal of Developmental Psychology*, 25(1), 147-166.
- Nye, J., Fluck, M., & Buckley, S. (2001). Counting and cardinal understanding in children with Down syndrome and typically developing children. *Down Syndrome Research and Practice*, 7(2), 68-78.
- Orsini A., Pezzuti L. e Picone L. (2012). *WISC-IV. Contributo alla taratura italiana*. Firenze, Giunti O.S.
- Parker, S. E., Mai, C. T., Canfield, M. A., Rickard, R., Wang, Y., Meyer, R. E., ... & Correa, A. (2010). Updated national birth prevalence estimates for selected birth defects in the United States, 2004-2006. *Birth Defects Research Part A: Clinical and Molecular Teratology*, 88(12), 1008-1016.
- Pasnak, R. (1987). Accelerated cognitive development of kindergartners. *Psychology in the Schools*, 28, 358-363.

- Pasnak, R., Brown, K., Kurkjian, M., Mattran, K., Triana, E., & Yamamoto, N. (1986). Cognitive gains through training on classification, seriation, and conservation. *Genetic, Social, and General Psychology Monographs*, 113, 295–321.
- Pasnak, R., Greene, M. S., Ferguson, E. O., & Levit, K. (2006). Applying principles of development to help at-risk preschoolers develop numeracy. *The Journal of psychology*, 140(2), 155-173.
- Passolunghi, M. C., & Cornoldi, C. (2000). Working memory and cognitive abilities in children with specific difficulties in arithmetic word problem solving. *Advances in Learning and Behavioral Disabilities*, 14, 155-178.
- Passolunghi, M. C., & Lanfranchi, S. (2012). Domain - specific and domain - general precursors of mathematical achievement: A longitudinal study from kindergarten to first grade. *British Journal of Educational Psychology*, 82(1), 42-63.
- Passolunghi, M. C., Lanfranchi, S., Altoe, G., & Sollazzo, N. (2015). Early numerical abilities and cognitive skills in kindergarten children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 135, 25-42.
- Passolunghi, M. C., Mammarella, I. C., & Altoè, G. (2008). Cognitive abilities as precursors of the early acquisition of mathematical skills during first through second grades. *Developmental neuropsychology*, 33(3), 229-250.
- Passolunghi, M. C., Vercelloni, B., & Schadee, H. (2007). The precursors of mathematics learning: Working memory, phonological ability and numerical competence. *Cognitive development*, 22(2), 165-184
- Paterson, S. J., Girelli, L., Butterworth, B., & Karmiloff-Smith, A. (2006). Are numerical impairments syndrome specific? Evidence from Williams syndrome and Down's syndrome. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 47(2), 190-204.
- Patterson, T., Rapsey, C. M., & Glue, P. (2013). Systematic review of cognitive development across childhood in Down syndrome: implications for treatment interventions. *Journal of Intellectual Disability Research*, 57(4), 306-318.
- Pennington, B. F., Moon, J., Edgin, J., Stedron, J., & Nadel, L. (2003). The neuropsychology of Down syndrome: Evidence for hippocampal dysfunction. *Child Development*, 74(1), 75-93. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00522>
- Pezzuti, L., Nacinovich, R., Oggiano, S., Bomba, M., Ferri, R., La Stella, A., ... Orsini, A. (2018). Beyond the floor effect on the WISC-IV in individuals with down syndrome: Are there cognitive strengths and weaknesses? *Journal of Intellectual Disability Research: JIDR*, 62(7), 593-603.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1979). *La genesi delle strutture logiche elementari: classificazione e seriazione*. Firenze: La Nuova Italia (Original work published 1959)
- Piaget, J. & Szeminska, A. (1968). *La genesi del numero nel bambino*. Firenze: La Nuova Italia (Original work published 1941)

- Piaget, J. (1968). Quantification, conservation, and nativism. *Science*, 162, 976–979
- Piaget, J., & Inhelder, B., (1970). *La psicologia del bambino*. Torino: Einaudi (Original work published 1966)
- Piazza, M., Facoetti, A., Trussardi, A. N., Berteletti, I., Conte, S., Lucangeli, D., ... Zorzi, M. (2010). Developmental trajectory of number acuity reveals a severe impairment in developmental dyscalculia. *Cognition*, 116(1), 33-41
- Piazza, M., Pica, P., Izard, V., Spelke, E. S., & Dehaene, S. (2013). Education enhances the acuity of the nonverbal approximate number system. *Psychological science*, 24(6), 1037-1043.
- Pizzoli, C., Lami, L., e Stella, G. (2001). Le prime tappe dello sviluppo psicomotorio: aspetti cognitivi. In A. Contardi e S. Vicari (Eds), *Le persone Down. Aspetti neuropsicologici, educativi e sociali*, 15-26. Milano: FrancoAngeli
- Pontecorvo, C. (1985). Figure, parole, numeri: un problema di simbolizzazione. *Età Evolutiva*. Firenze: Giunti Editore, pp. 5-33
- Porter, J. (1999). Learning to count: A difficult task?. *Down Syndrome: Research and Practice*, 6(2), 85-94.
- Porter, M. A., Coltheart, M., & Langdon, R. (2007). The neuropsychological basis of hypersociability in Williams and Down syndrome. *Neuropsychologia*, 45(12), 2839-2849.
- Praet, M., Titeca, D., Ceulemans, A., & Desoete, A. (2013). Language in the prediction of arithmetics in kindergarten and grade 1. *Learning and Individual Differences*, 27, 90-96.
- Pulina, F., Vianello, R., & Lanfranchi, S. (2019). Cognitive profiles in individuals with Down syndrome. In S. Lanfranchi (Ed.), *International Review of Research in Developmental Disabilities. State of the Art Research on Down Syndrome (67-92)*. Academic Press.
- Purpura, D. J., & Ganley, C. M. (2014). Working memory and language: Skill-specific or domain-general relations to mathematics?. *Journal of Experimental Child Psychology*, 122, 104-121.
- Purpura, D. J., & Lonigan, C. J. (2013). Informal numeracy skills: The structure and relations among numbering, relations, and arithmetic operations in preschool. *American Educational Research Journal*, 50(1), 178-209.
- Purpura, D. J., & Simms, V. (2018). Approximate number system development in preschool: What factors predict change?. *Cognitive Development*, 45, 31-39.
- Purpura, D. J., Baroody, A. J., & Lonigan, C. J. (2013). The transition from informal to formal mathematical knowledge: Mediation by numeral knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 453.

- Purpura, D. J., Schmitt, S. A., & Ganley, C. M. (2017). Foundations of mathematics and literacy: The role of executive functioning components. *Journal of Experimental Child Psychology, 153*, 15-34.
- Rabiner, D., Coie, J. D., & Conduct Problems Prevention Research Group. (2000). Early attention problems and children's reading achievement: A longitudinal investigation. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 39*(7), 859-867.
- Raghubar, K. P., & Barnes, M. A. (2017). Early numeracy skills in preschool-aged children: A review of neurocognitive findings and implications for assessment and intervention. *Clin Neuropsychol, 31*(2), 329–351. <https://doi.org/10.1080/13854046.2016.1259387>.Early
- Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and individual differences, 20*(2), 110-122.
- Rasmussen, C., & Bisanz, J. (2005). Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of experimental child psychology, 91*(2), 137-157.
- Rhodes, S. M., Riby, D. M., Park, J., Fraser, E., & Campbell, L. E. (2010). Executive neuropsychological functioning in individuals with Williams syndrome. *Neuropsychologia, 48*(5), 1216-1226.
- Roberts, J. E., Price, J., & Malkin, C. (2007). Language and communication development in Down syndrome. *Mental retardation and developmental disabilities research reviews, 13*(1), 26-35.
- Roid, G. H., Miller, L. J., Pomplun, M., & Koch, C. (2016). *Leiter international performance scale third edition*. Firenze, Giunti O.S.
- Roizen, N. J. (2007). Down syndrome. In: M. L. Batshaw, L. Pellegrino, N. J. Roizen (Eds). *Children with disabilities* 6th ed, 263–273. Baltimore: Brookes.
- Rondal, J. A. (2006). Specific language profiles in Down syndrome and other genetic syndromes of mental retardation. *Down syndrome: Neurobehavioural specificity*, 101-123.
- Rondal, J. A., & Comblain, A. (1996). Language in adults with Down syndrome. *Down's Syndrome, Research and Practice, 4*(1), 3-14.
- Rousselle, L., Palmers, E., & Noël, M. P. (2004). Magnitude comparison in preschoolers: What counts? Influence of perceptual variables. *Journal of experimental child psychology, 87*(1), 57-84.
- Rowe, J., Lavender, A., & Turk, V. (2006). Cognitive executive function in Down's syndrome. *British Journal of Clinical Psychology, 45*(1), 5-17.
- Rynders, J. E. (1999). Favorire la competenza educativa degli studenti con Sindrome di Down. In J. A. Rondal, J. Perera, & L. Nadel (eds) (1999). *Down's syndrome: A review of current knowledge*. London: Whurr Publisher.

- Saggino A., Stella G., & Vio C. (2019). *WPPSI-IV. Contributo alla taratura italiana*. Firenze, Giunti O.S.
- Sarnecka, B. W., & Carey, S. (2008). How counting represents number: What children must learn and when they learn it. *Cognition*, 108(3), 662-674.
- Schneider, M., Beeres, K., Coban, L., Merz, S., Susan Schmidt, S., Stricker, J., & De Smedt, B. (2017). Associations of non-symbolic and symbolic numerical magnitude processing with mathematical competence: A meta-analysis. *Developmental science*, 20(3), e12372.
- Seethaler, P. M., & Fuchs, L. S. (2005). A drop in the bucket: Randomized controlled trials testing reading and math interventions. *Learning Disabilities Research & Practice*, 20(2), 98-102.
- Sella, F., Lanfranchi, S., & Zorzi, M. (2013). Enumeration skills in Down syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 34(11), 3798-3806.
- Sestili, M., Moalli, E., & Vianello, R. (2006). Pensiero logico, lettura, scrittura e abilità di calcolo in ragazzi con Sindrome di Down di II e III media. *La Sindrome di Down*, 151-164.
- Siegler, R. S. (2016). Continuity and change in the field of cognitive development and in the perspectives of one cognitive development a list. *Child Development Perspectives*, 10(2), 128-133. <http://doi.org/10.1111/cdep.12173>
- Sigman, M., Ruskin, E., Arbelle, S., Corona, R., Dissanayake, C., Espinosa, M., ... & Robinson, B. F. (1999). Continuity and change in the social competence of children with autism, Down syndrome, and developmental delays. *Monographs of the society for research in child development*, i-139.
- Silliphant, V. (1983). Kindergarten reasoning and achievement in grades K-3. *Psychology in the Schools*, 20, 289-294
- Silverman W, & Kim, H. (1997). Reaction times verify nondemented status of adults with Down syndrome. *Down Syndrome Quarterly*, 2, 1-10
- Silverman, W. (2007). Down syndrome: cognitive phenotype. *Mental retardation and developmental disabilities research reviews*, 13(3), 228-236.
- Slaughter, V., Kamppi, D., & Paynter, J. (2006). Toddler subtraction with large sets: Further evidence for an analog magnitude representation of number. *Developmental Science*, 9(1), 33-39.
- Soto-Calvo, E., Simmons, F. R., Willis, C., & Adams, A. M. (2015). Identifying the cognitive predictors of early counting and calculation skills: Evidence from a longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 140, 16-37.
- Southard, M., & Paskin, R. (1997). Effects of maturation on preoperational seriation. *Child Study Journal*, 27, 255-268.

- Starr, A., Libertus, M. E., & Brannon, E. M. (2013). *PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(45), 18116-18120. <https://doi.org/10.1073/pnas.1302751110>.
- Stella, G., Pizzoli, C., & Tressoldi, P. (2000). *PPVT-R Peabody Picture Vocabulary Test—Revised. Adattamento e contributo alla taratura italiana*. Omega Edizioni.
- Stock, P., Desoete, A., & Roeyers, H. (2009). Mastery of the counting principles in toddlers: A crucial step in the development of budding arithmetic abilities? *Learning and Individual Differences*, 19(4), 419–422.
- Suraniti, S., Ferri, R., & Neri, V. (2009). *TROG 2—Test for reception of grammar Version 2. Contributo alla taratura italiana*, Firenze, Giunti O.S.
- Swanson, H. L. (2006). Cross-sectional and incremental changes in working memory and mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 98(2), 265.
- Szücs, D., Nobes, A., Devine, A., Gabriel, F. C., & Gebuis, T. (2013). Visual stimulus parameters seriously compromise the measurement of approximate number system acuity and comparative effects between adults and children. *Frontiers in Psychology*, 4, 444.
- Terwee, C. B., Bot, S. D., de Boer, M. R., van der Windt, D. A., Knol, D. L., Dekker, J., ... & de Vet, H. C. (2007). Quality criteria were proposed for measurement properties of health status questionnaires. *Journal of clinical epidemiology*, 60(1), 34-42.
- Tobia, V., & Bernabini, L. (2017). Prerequisiti dell'abilità matematica. In P. Bonifacci & V. Tobia, *Apprendere nella scuola dell'infanzia. Lo sviluppo dei prerequisiti* (91-110). Roma: Carocci editore
- Tobia, V., Bonifacci, P., & Marzocchi, G. M. (2016). Concurrent and longitudinal predictors of calculation skills in preschoolers. *European Journal of Psychology of Education*, 31(2), 155-174.
- Tobia, V., Bonifacci, P., & Marzocchi, G.M. (2017). *SNUP. Senso del numero: prerequisiti*. Firenze, Hogrefe
- Toll, S. W., & Van Luit, J. E. (2014). The developmental relationship between language and low early numeracy skills throughout kindergarten. *Exceptional Children*, 81(1), 64-78.
- Toll, S. W., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. (2016). Visual working memory and number sense: Testing the double deficit hypothesis in mathematics. *British Journal of Educational Psychology*, 86(3), 429-445.
- Treize, K. L., Gray, K. M., & Sheppard, D. M. (2008). Attention and vigilance in children with Down syndrome. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*, 21(6), 502-508.
- Tsao, R., & Kindelberger, C. (2009). Variability of cognitive development in children with Down syndrome: Relevance of good reasons for using the cluster procedure. *Research in developmental Disabilities*, 30(3), 426-432.

- Usai, M. C., Viterbori, P., Traverso, L., & De Franchis, V. (2014). Latent structure of executive function in five-and six-year-old children: A longitudinal study. *European Journal of Developmental Psychology*, 11(4), 447-462.
- Usai, M.C., Traverso, L., Gandolfi, E., Viterboni, P. (2017). *FE-PS 2-6 Batteria per la valutazione delle funzioni esecutive in età prescolare*, Trento, Erickson.
- Van De Rijt, B. A., & Van Luit, J. E. (1998). Effectiveness of the Additional Early Mathematics program for teaching children early mathematics. *Instructional Science*, 26(5), 337-358.
- van der Sluis, S., de Jong, P. F., & van der Leij, A. (2004). Inhibition and shifting in children with learning deficits in arithmetic and reading. *Journal of experimental child psychology*, 87(3), 239-266.
- Vanbinst, K., Ghesquiere, P., & De Smedt, B. (2012). Numerical magnitude representations and individual differences in children's arithmetic strategy use. *Mind, Brain, and Education*, 6(3), 129-136.
- VanDerHeyden, A. M., Broussard, C., & Cooley, A. (2006). Further development of measures of early math performance for preschoolers. *Journal of School Psychology*, 44(6), 533-553.
- vanMarle, K., Chu, F. W., Li, Y., & Geary, D. C. (2014). Acuity of the approximate number system and preschoolers' quantitative development. *Developmental Science*, 17(4), 492-505.
- vanMarle, K., Mou, Y., & Seok, J. H. (2016). Analog magnitudes support large number ordinal judgments in infancy. *Perception*, 45(1-2), 32-43.
- Verdine, B. N., Irwin, C. M., Golinkoff, R. M., & Hirsh-Pasek, K. (2014). Contributions of executive function and spatial skills to preschool mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, 126, 37-51.
- Vianello, R. (2006). *La sindrome di Down: Sviluppo psicologico e integrazione dalla nascita all'età senile*. Bergamo: Edizioni Junior
- Vianello, R. (2012). *Potenziali di sviluppo e di apprendimento nelle disabilità intellettive*. Trento: Erickson.
- Vianello, R. Lanfranchi, S., & Moalli, E. (2006). Lo sviluppo del pensiero logico in bambini e ragazzi con sindrome di Down. In R. Vianello, *La sindrome di Down* (pp. 142- 145). Bergamo: Edizioni Junior
- Vianello, R., & Lanfranchi, S. (2009). Genetic syndromes causing mental retardation: deficit and surplus in school performance and social adaptability compared to cognitive functioning. *Life Span and Disability*, 12(1), 41-52.
- Vianello, R., & Lanfranchi, S. (2011). Positive effects of the placements of students with intellectual developmental disabilities in typical class. *Life Span and Disability*, XIV, 1, 75-84.

- Vianello, R., & Marin, M. L. (1997). *OLC. Operazioni Logiche e Conservazione*. Bergamo: Edizioni Junior.
- Vicari, S. (2004). Sindromi genetiche ed abilità cognitive: aspetti differenziali. Presentazione: disturbi neurocognitivi e sindromi genetiche. *Psicologia clinica dello sviluppo*, 8(3), 419-436.
- Vicari, S. (2007). *La sindrome di Down. Una disabilità diffusa, ma con una storia ricca di conquiste*, Bologna: Il Mulino.
- Vicari, S., Bellucci, S., & Carlesimo, G. A. (2005). Visual and spatial long-term memory: differential pattern of impairments in Williams and Down syndromes. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 47(05), 305-311.
- Vicari, S., Bellucci, S., & Carlesimo, G. A. (2006). Evidence from two genetic syndromes for the independence of spatial and visual working memory. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 48, 126-131. <https://doi.org/10.1017/S0012162206000272>.
- Vicari, S., Carlesimo, A., & Caltagirone, C. (1995). Short-term memory in persons with intellectual disabilities and Down's syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 39(6), 532-537.
- Vicari, S., Caselli, M. C., & Tonucci, F. (2000). Asynchrony of lexical and morphosyntactic development in children with Down syndrome. *Neuropsychologia*, 38, 634-644
- Vicari, S., Caselli, M. C., Gagliardi, C., Tonucci, F., & Volterra, V. (2002). Language acquisition in special populations: a comparison between Down and Williams syndromes. *Neuropsychologia*, 40(13), 2461-2470.
- Vicari, S., Marotta, L., & Carlesimo, G. A. (2004). Verbal short-term memory in Down's syndrome: An articulatory loop deficit? *Journal of Intellectual Disability Research: JIDR*, 48(2), 80-92.
- von Aster, M. G., & Shalev, R. S. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49(11), 868-873.
- Wagner, J. B., & Johnson, S. C. (2011). An association between understanding cardinality and analog magnitude representations in preschoolers. *Cognition*, 119(1), 10-22.
- Wamper, K. E., Sierevelt, I. N., Poolman, R. W., Bhandari, M., & Haverkamp, D. (2010). The Harris hip score: do ceiling effects limit its usefulness in orthopedics? A systematic review. *Acta orthopaedica*, 81(6), 703-707.
- Watanabe, N. (2017). Acquiring Piaget's conservation concept of numbers, lengths and liquids as ordinary play. *Journal of Educational and Developmental Psychology*, 7(1), 210-217.
- Wechsler, D. (2012). *Wechsler Intelligence Scale for Children—fourth edition*. Manuale, a cura di A. Orsini e L. Pezzuti, Firenze, Giunti O.S.

- Wechsler, D. (2019). *Wechsler preschool and primary scale of intelligence—fourth edition*. Manuale, a cura di A. Saggino, G. Stella e C. Vio, Firenze, Giunti O.S.
- Wiebe, S. A., Sheffield, T., Nelson, J. M., Clark, C. A., Chevalier, N., & Espy, K. A. (2011). The structure of executive function in 3-year-olds. *Journal of experimental child psychology*, 108(3), 436-452.
- Wood, J. N., & Spelke, E. S. (2005). Infants' enumeration of actions: Numerical discrimination and its signature limits. *Developmental science*, 8(2), 173-181.
- Wynn, K. (1990). Children's understanding of counting. *Cognition*, 36(2), 155-193.
- Wynn, K. (1992). Children's acquisition of the number words and the counting system. *Cognitive psychology*, 24(2), 220-251.
- Xu, F. (2003). Numerosity discrimination in infants: Evidence for two systems of representations. *Cognition*, 89, p. B15-B25.
- Xu, F., & Spelke, E. S. (2000). Large number discrimination in 6-month-old infants. *Cognition*, 74, p. B1-B11.
- Yang, Y., Conners, F. A., & Merrill, E. C. (2014). Visuo-spatial ability in individuals with Down syndrome: Is it really a strength? *Research in Developmental Disabilities*, 35(7), 1473-1500.
- Young, R. M. (1976). *Seriation by children: An artificial intelligence analysis of a Piagetian task*. Basel, Switzerland: Birkhauser Verlag
- Ypsilanti, A., Grouios, G., Alevriadou, A., & Tsapkini, K. (2005). Expressive and receptive vocabulary in children with Williams and Down syndromes. *Journal of Intellectual Disability Research*, 49(5), 353-364.
- Zampini, L., & D'Odorico, L. (2011). Gesture production and language development: A longitudinal study of children with down syndrome. *Gesture*, 11(2), 174-193.
- Zampini, L., Salvi, A., & D'odorico, L. (2015). Joint attention behaviours and vocabulary development in children with Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 59(10), 891-901.
- Zelazo, P. D., & Müller, U. (2002). Executive function in typical and atypical development. *Blackwell handbook of childhood cognitive development*, 445-469.
- Zheng, X., Swanson, H. L., & Marcoulides, G. A. (2011). Working memory components as predictors of children's mathematical word problem solving. *Journal of experimental child psychology*, 110(4), 481-498.
- Zigler, E. (1969). Developmental versus difference theories of mental retardation and the problem of motivation. *American Journal of Mental Deficiency*, 73, 536-556.

RINGRAZIAMENTI

Il giorno innanzi la partenza per gli Stati Uniti d'America, esperienza di crescita professionale e personale vissuta grazie a questo percorso accademico, rincorrendolo per l'ennesima volta in una delle tante vissute stazioni ferroviarie, il mio supervisore mi disse “*non avere fretta a crescere, non si può ipotecare il futuro*”. Ora più che mai, sono convinta, seppur ancora con tante incertezze e paure, che non vi è niente di così vero, soprattutto perché ho constatato che la costruzione della conoscenza è un percorso indeterminato che inizia da qualche parte, in qualche momento, e che, ridescrivendosi continuamente, prende forme spesso inimmaginabili alla mente stessa. Il Dottorato era, per la piccola timorosa matricola del corso di Laurea in Psicologia, qualcosa di impensabile. Ora sono serenamente consapevole che la conclusione di un percorso non è altro che un'ulteriore opportunità per sviluppare e accedere a nuove forme d'esperienza. Il successo del singolo però non è solo frutto del suo impegno e delle sue capacità, ma è anche il risultato dell'influenza delle persone a lui vicine. Ogni persona che mi è stata accanto in questo percorso merita un ringraziamento speciale, in quanto, seppur in modo diverso, ha avuto un ruolo nel mio processo di apprendimento e crescita.

Sento il desiderio, oltre alla necessità, di ringraziare per primo il mio Maestro, il Professor *Giacomo Stella*, colui che ha creduto e investito in me: mi ha insegnato a comprendere la mente dei bambini, oltre che la mia; ha permesso alla mia mente di interrogarsi sui processi alla base degli apprendimenti e della cognizione; ha apprezzato e vivamente stimolato il mio interesse per i bambini e i ragazzi con disabilità intellettiva; mi ha aiutata a “*correlare le informazioni, a metterle in discussione, a sviluppare il senso critico*”.

Desidero ringraziare anche la mia tutor, la Professoressa *Maristella Scorza*, che mi ha sostenuta e indirizzata durante la realizzazione di questa tesi e che mi ha accompagnata, insieme alle colleghe del Dipartimento, in questi anni di dottorato.

Sono profondamente grata a tutti i *bambini*, a tutte le *famiglie*, agli *insegnanti* e alle *Associazioni* che hanno partecipato al progetto: solo grazie alla loro collaborazione ho raggiunto questo traguardo. L'esperienza coltivata sul campo in questi tre anni è stata per me un'opportunità formativa unica e irripetibile.

Un ringraziamento speciale alla Professoressa *Tracy Alloway*, la quale mi ha accolto nel suo laboratorio di ricerca, nell'indimenticabile University of North Florida. I mesi passati all'estero sono stati un'opportunità per la mia crescita umana e lavorativa. Da lontano, si vede e si sente meglio.

Un ringraziamento ai tutti i miei colleghi: a *Alice e Alberto*, soci e amici che, in questi anni, hanno tollerato la mia assenza e avanzato interessanti interrogativi che hanno stimolato la mia curiosità scientifica; a *Giovanna, Maddalena, Carlos, Sebastiano, Enrico e Laura*, professionisti che mi hanno messo a disposizione i loro saperi senza paure e remore; a *zia Tina*, che ha innescato le mie risorse cognitive e motivazionali e ha avviato il mio percorso di specializzazione. Un solido ed importante punto di riferimento.

Un ringraziamento speciale ai miei più cari amici: *Fabio, Melissa, Davide e Marta*, che hanno sempre creduto nelle mie capacità, anche quando la passione, la motivazione e, a volte anche le facoltà intellettive, cessavano; loro hanno reso meno dolorosa la fatica per la realizzazione di questo progetto, obbligandomi, nei momenti più grigi, anche a pause e aperitivi rigeneranti. Un ringraziamento particolare va a *Fabio*, il quale ha voluto assicurarsi che la Florida fosse un luogo sicuro nel quale io potessi vivere per alcuni mesi, da sola, lontana da tutte le mie certezze.

L'ultimo ringraziamento è destinato alla mia famiglia, ciò che di più caro ho. Un grazie a *mamma e papà*. Sono riusciti a fornirmi un contesto di sviluppo accogliente e stimolante, assicurandomi la libertà di pensiero. I valori dell'amore, del sacrificio, dell'umiltà che caratterizzano la nostra famiglia, mi hanno permesso di raggiungere questo importante

traguardo. Un grazie a *Jessica*, mia preziosa compagna di vita e sostenitrice dei miei percorsi. La sua forza è stata incoraggiante e rigenerante in questi anni di studi. L'unione di persone forti, inoltre, genera un frutto d'inesorabile bellezza e perfezione. La piccola *Althea*. Un inesauribile grazie va a lei che, mostrandosi con i suoi comportamenti, incuriosisce continuamente la mia mente e alimenta il mio desiderio di conoscenza del funzionamento dei processi cognitivi dei *bambini*.