

Martini Alberto,

**Processi cognitivi nell'apprendimento delle abilità matematiche
nel bambino normale e nei disturbi di apprendimento**

disturbo di apprendimento: difficoltà di acquisizione di un compito culturale; interessa un tipo di intelligenza squisitamente umana: la capacità di apprendere

il bambino deve essere valutato in relazione alle sollecitazioni cognitive del sistema da apprendere
del quale è necessario conoscere i principali processi cognitivi e le procedure operative

solo in questo modo possiamo *capire* il bambino (difficoltà, impegno, stress)

Prime fasi di acquisizione del sistema numerico nel bambino

grazie ad un approccio **empirico** negli ultimi anni si è valorizzato un repertorio operativo presente già nel bambino piccolo (riconoscere quantità diverse, filastrocca dei numeri, dire la propria età, farla vedere con le dita)

numerose osservazioni hanno consentito di ipotizzare l'esistenza di un *modulo numerico* innato (presente - per forte pressione adattiva -anche in molte specie animali) capace di entrare in risonanza con la numerosità degli insiemi e di percepirla (come e prima di quanto avviene per i colori)

questo modulo consente di percepire la *numerosità* di un insieme e la diversa numerosità di insiemi diversi

- è una funzione:
- esatta solo per piccole numerosità fino a 5-6 elementi (“percepibili”)
- imprecisa, analogica ("tanti", "pochi", "di più", "di meno") per le altre (“numerabili”)
- - dipendente dalla numerosità degli insiemi: facilitata dall'effetto distanza (differenze numerica degli insiemi) e resa più difficile dall'effetto grandezza (aumento della numerosità degli insiemi da confrontare)
- è la **base** su cui si costruiscono tutte le successive conoscenze numeriche tipiche dell’intelligenza umana

- dalla dimensione intuitiva all'analitica:
- *principio della corrispondenza biunivoca*

- conservare traccia indelebile delle numerosità (tacche incise su legni, nodi a cordicelle, uso di simboli/contenitore ecc.): *il primo scrittore è stato un contabile*
- assegnazione di una *parola* alle diverse numerosità (un nome per ogni numero): inizia l'approccio digitale alla serie numerica
- la serie stabile della parole-numero contribuisce a creare e dà esattezza alla **retta numerica** (linea mentale dei numeri – costruzione intrapsichica della quale ognuno ha la percezione))
- all'inizio i nomi dei numeri sono mutuati da parti del corpo (numeri “incorporati” – Dehaene o misure “antropomorfe”) con *uguale* numerosità (“mano” sta per 5, “polso” sta per 6 - ovvero 5 + una parte contigua) fino a numeri della seconda-terza decina a seconda delle parti del corpo prese in esame

- successivamente la serie verbale dei numeri si è resa autonoma (talvolta conservando nella radice traccia della derivazione da parti del corpo: five/finger)
- nel nostro sistema in base 10 questi nomi non sono moltissimi (dallo 0 al 9, dall'11 al 19, le decine, gli altri numeri si ricostruiscono in modo ricorsivo)
- soprattutto i numeri dall'11 al 19, linguisticamente più complessi e la selezione delle decine presentano specifiche difficoltà
- le *unità* sono stoccate in un buffer diverso dalle *decine*: la difficoltà di selezionare correttamente la decina ad ogni ricorsività è uno dei marker più tipici del disturbo delle abilità numeriche
- ***competenze relative osservabili nel bambino: giudizio di numerosità di insiemi dati, filastrocca dei numeri, iniziali capacità di conteggio***

- quali sono le operazioni implicate nel **conteggio** di oggetti?
- l'operazione di conteggio può essere scomposta come segue:
- 1. prima di tutto il bambino deve conoscere i vocaboli per esprimere i numeri (si tratta di un apprendimento complesso basato sulla *associazione vincolata di nomi* che è necessario tenere sempre nello stesso ordine)
- 2. poi deve "collegare" ciascuna di queste parole ad uno - e uno solo - oggetto; in altri termini deve stabilire una *corrispondenza biunivoca* tra ciascun oggetto e ciascuna parola usata per contare
- 3. infine deve essere in grado di *annunciare* l'esatta numerosità dell'insieme servendosi dell'ultima parola usata nel conteggio (acquisizione della cardinalità del numero)
- ***importante osservare le modalità di esecuzione del compito: spostare, toccare gli oggetti, attivare il solo controllo visivo***

- **il simbolismo dei numeri**
- il sistema dei numeri è rappresentabile attraverso quattro codici diversi:
 - codice pittografico: “○○○○”, “***”, uso delle dita ;
 - codice alfabetico orale: uso del canale verbale per pronunciare una parola-numero (/kwattro/);
 - codice alfabetico scritto: la parola scritta (QUATTRO);
 - codice arabo: uso di ideogrammi (4)
- il sistema dei numeri arabi possiede il massimo di economicità e razionalità: utilizza solo 10 simboli, dallo 0 al 9, che costituiscono il *lessico* di base e tutti gli altri numeri sono individuati da una specifica sequenza (*sintassi*) di dette cifre costruita applicando precise regole posizionali

- un problema specifico è costituito dalla **transcodifica**: input in codice alfabetico e output in codice arabo e viceversa
- peculiarità dei due codici:
- non sono lessicalmente omogenei
- nel codice alfabetico sono presenti tutti gli elementi lessicali ma *non* si pronuncia mai lo zero
- in compenso si esprimono i c.d. miscellanei (“cento”, “mila”, “milione”) indicatori della grandezza del numero,
- nel codice arabo non si scrivono e miscellanei, ma è presente lo zero

- il codice arabo è organizzato secondo una rigida
- posizionalità delle cifre (le unità a destra, le
- decine alla loro sinistra e così via)

- tale posizionalità deve essere desunta dall'analisi di un messaggio linguistico complesso: la parola-numero
- transcodifica più facile se il numero alfabetico è lessicalmente "saturato": 3741 (4 elementi lessicali per 4 cifre + 2 miscellanei): la parola-numero è "molto" informativa
- transcodifica più difficile se il numero alfabetico è lessicalmente "insaturo": 3001 (2 elementi lessicali per 4 cifre + 1 miscellaneo): la povertà lessicale della parola-numero deve essere saturata dagli zeri (sulla base di inferenze cognitive)
- grande importanza riveste la decodifica del primo miscellaneo che informa sulla quantità di cifre del numero

- **rapporti tra sistema dei numeri e dita della mano**
- in tutte le culture le dita vengono usate per rappresentare le numerosità e come supporto per le operazioni aritmetiche
- il sistema dei numeri arabi in base dieci è un evidente emanazione del numero delle dita
- esiste una complessa tradizione transculturale sui rapporti tra sistema numerico e configurazioni delle dita e sull'uso di quest'ultime per calcoli anche complessi
- i bambini mostrano una forte sinergia tra conoscenze numeriche e dita (anche senza intensiva istruzione): rappresentare l'età con le dita; esprimere giudizi sulle numerosità in base a "quante dita ci vogliono"; fare ricorso alle dita come supporto dei primi calcoli
- nella **sindrome di Gerstmann** (lesioni del lobo parietale sinistro) è presente perdita della conoscenza differenziata delle dita, acalculia, non distinzione destra/sinistra, agrafia
- sono descritti casi di bambini ("nati con la sindrome di Gerstmann") che associano "agnosia digitale" e deficit marcato delle abilità di calcolo in mancanza di altri deficit significativi
- è di comune osservazione nella pratica clinica la difficoltà del bambino ad usare le dita per eseguire anche semplici calcoli e capacità di "**finger discrimination**" sono un indice predittivo degli apprendimenti

- tutti questi dati (Butterworth) “contribuiscono all’idea di una stretta connessione tra la rappresentazione delle dita e la rappresentazione delle numerosità nel lobo parietale” e in particolare che “la rappresentazione delle dita sia il punto di passaggio tra il limitato senso innato del numero e le abilità matematiche successive”
- **semeiotica delle abilità di calcolo digitale** (Fusion)
- analisi delle modalità di esecuzione della somma $3 + 4$:
- 1. il bambino deve conoscere la sequenza delle parole che esprimono i numeri almeno fino a 7
- 2. deve essere capace di contare ogni dito una e una sola volta
- 3. *può* contare rappresentando ambedue gli addendi sulle dita (i due addendi possono essere “costruiti” un dito alla volta oppure producendo direttamente la relativa configurazione)
- 4. *può* contare solo il secondo addendo dopo aver rappresentato sulle dita *anche* il primo (in questo caso la cardinalità del primo addendo viene usata come punto di partenza per il conteggio del secondo addendo)

- 5. *può* contare solo il secondo addendo dopo che il primo è stato memorizzato (il bambino spesso accompagna questa operazione dicendo "4 lo metto in testa e 3 sulle dita")
- quest'ultima procedura va sotto il nome di **conteggio aggiuntivo** e si accompagna a rilevanti modificazioni funzionali:
- "libera" il bambino dal vincolo delle dieci dita e gli consente di fare operazioni oltre la decina
- le dita cessano di essere un semplice supporto concreto e diventano uno "strumento per il calcolo"
- è indice di una più evoluta conoscenza della serie numerica l'attenzione si focalizza sul punto critico per risolvere una certa operazione

- **fatti aritmetici**
- il bambino familiarizza progressivamente con le operazioni di base del calcolo ed alcune operazioni, in modo graduale, cominciano a "trasformarsi" in *fatti aritmetici*: dati di fatto aritmetici presenti in memoria e prontamente disponibili per la soluzione delle operazioni corrispondenti.
- - le aree cerebrali interessate si anteriorizzano collocandosi nel giro angolare (a contatto con le aree linguistiche) mentre i calcoli meno automatici vengono effettuati nel lobulo parietale
- - di solito iniziano dalle operazioni più semplici, somme con addendi uguali ($2+2$, $3+3$, $5+5...$) e si estendono ad un repertorio più vasto di operazioni: somme e sottrazioni a una cifra, moltiplicazioni a una cifra (le tabelline) e l'operazione inversa, la divisione
- - questa estensione del calcolo accessibile senza ricorso alle varie procedure è molto variabile da soggetto a soggetto
- - tuttavia una gamma di fatti aritmetici stabilmente acquisiti è una componente essenziale del sistema del calcolo soprattutto in termini di automatizzazione
- - possibile osservare dissociazione moltiplicazioni/somme

- **trasversalità delle competenze cognitive in matematica**
- A. modulo numerico: preverbale, innato
- B. competenze linguistiche:
 - lessico numerico: associazione vincolata di nomi (memoria verbale)
 - transcodifica: comprensione di un messaggio linguistico complesso
 - fatti aritmetici: memoria a lungo termine di formule linguistiche
 - formule matematiche (aree figure piane ecc.): spesso codificate verbalmente
- C. competenze spaziali: la retta dei numeri
- D. competenze spaziali e visuo-grafiche: organizzazione degli algoritmi del calcolo aritmetico e loro direzionalità
- E. dotazione intellettuale, pianificazione delle strategie, tenuta attentiva, concentrazione attiva sul compito ecc.
- *l'intelligenza matematica "testa" l'integrità funzionale di numerose aree cerebrali*

- **l'apprendimento della matematica nella clinica**
- bambini con ritardi cognitivi, disabilità generale degli apprendimenti.... quasi sempre presentano una difficoltà di acquisizione dell'intelligenza matematica che spesso riguarda anche le funzioni primarie (giudizio di numerosità, conoscenza della serie numerica, esecuzione di semplici calcoli, difficoltà di attivazione del supporto digitale)
- *discalculia evolutiva*: disturbo delle abilità di calcolo in soggetti normali con normale apprendimento nelle altre aree: non molto frequente

- Disturbo delle abilità matematiche nell'ambito del DA: frequente (60-70% dei bambini con DA sono anche discalculici): si esprime soprattutto in una scarsità di fatti aritmetici, ciò che rende particolarmente laboriosi gli algoritmi del calcolo aritmetico, e in scarsa automatizzazione di tutte le procedure matematiche (esecuzione di operazioni, applicazione di formule matematiche alla geometria ecc.)

- nella storia naturale del DA spesso l'approdo finale è un disturbo degli apprendimenti prevalente nell'area matematica: il sistema matematico non ammette deroghe, ha criteri rigidi di valutazione
- talvolta è possibile osservare un *effetto recenza* degli apprendimenti matematici (procedure più complesse meglio conosciute di procedure elementari "apprese" in anni passati – difficoltà generale a stabilizzare gli apprendimenti – scarsa memoria procedurale)
- la diagnosi spesso si pone osservando le competenze più semplici
- di fronte alle difficoltà di solito il bambino si giustifica in questo modo: "è tanti anni che non lo faccio più"

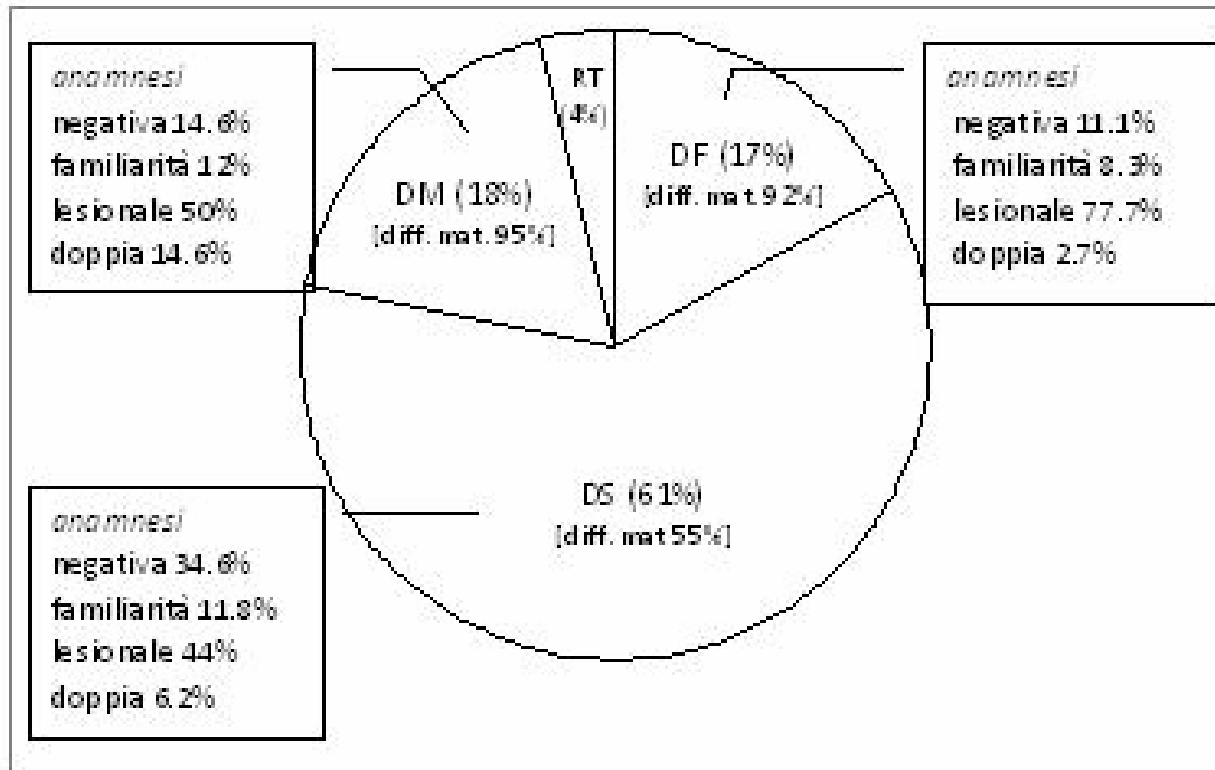


Figura 1. Suddivisione del campione nei principali disturbi di apprendimento della lingua scritta (con associate le difficoltà matematiche) e distribuzione dei dati anamnestici per ciascun gruppo

- **semeiotica degli errori negli algoritmi aritmetici**
- *(algoritmo: insieme definito e finito di procedure per risolvere un problema)*
- imprecisione/difficoltà di incolonnamento (soprattutto per somme e sottrazioni)
- errori di natura direzionale (iniziare una sottrazione dalla sinistra o, più spesso, applicare la direzionalità tipica della somma alle moltiplicazioni a due o più cifre)
- difficoltà o incapacità ad attivare la procedura del prestito ed attivazione “automatica” della sottrazione inversa
- difficoltà ad attivare la procedura del riporto nelle somme e nelle moltiplicazioni (ad es. scrivere la decina e riportare l’unità)
- imprecisione globale ed errori latenti nella scrittura delle cifre

- scarsa stabilità del simbolismo matematico (cifre ed altri simboli come quelli delle 4 operazioni)
- scarsa presenza di fatti aritmetici con conseguente necessità di calcolare ogni operazione (eventualmente con uso delle dita e partendo *ab inizio*), sovraccarico funzionale e deterioramento operativo
- tendenza a “saltare” la procedura più elementare in nome di una incongrua velocizzazione (ad esempio non usare le dita)
- la scarsa memoria procedurale (talvolta *amnesia procedurale*) e gli scarsi fatti aritmetici allungano i tempi operativi e finiscono per saturare i processi attenzionali e mnestici (spesso già di per sé non ottimali nel bambino con disturbo di apprendimento)
- tutte queste difficoltà si sommano e si accrescono nella divisione dove oltretutto è necessario eseguire calcoli di stima
- ***analisi di conoscenze procedurali complesse molto informativa sull’assetto cognitivo del bambino***

- che cosa fare
- il sistema dei numeri e del calcolo non ammette deroghe o salti di fase
- analizzare i vari processi cognitivi e fornire stimoli nel piano rispetto della coerenza intrinseca del sistema per evitare apprendimenti fittizi
- automatizzare la conoscenza della serie numerica all'avanti e all'indietro
- incentivare l'uso stabile ed esplicito del supporto digitale
- curare il rispetto meticoloso di tutte le procedure (ad es. porre il puntino dopo tre cifre dalla destra per facilitare la lettura del numero)

- individuare un percorso per una **matematica possibile**, basato su percorsi lineari e su risvolti pratico-applicativi
- mirare prioritariamente ad una stabilizzazione delle procedure di base del calcolo aritmetico
- fornire ausili per il calcolo (con la tavola pitagorica e le dita si esegue la maggior parte delle operazioni)
- attenzione ad un uso indiscriminato della calcolatrice
- uso di formulari