

La discalculia evolutiva

Daniela Lucangeli (Università di Padova)

Patrizio Tressoldi (Università di Padova)

In questo lavoro vengono presentate le informazioni necessarie per definire la sintomatologia, i processi cognitivi sottostanti, la diagnosi e le linee di intervento per il recupero della discalculia evolutiva. Partendo da una analisi critica delle direttive diagnostiche dell'ICD-10 e del DSM-IV viene offerta una panoramica dello sviluppo delle teorie cognitive relative allo sviluppo delle abilità di calcolo e ai modelli di interpretazione del disturbo di apprendimento. Vengono inoltre presentati gli strumenti di valutazione presenti sul mercato italiano e le loro caratteristiche per definire il disturbo di calcolo e le linee di un intervento di recupero dopo una breve rassegna degli studi che si sono occupati di questo.

1. Introduzione

Nell'ambito degli studi inerenti alla psicologia clinica dello sviluppo, un'area di indagine riguarda i disturbi specifici dell'apprendimento. La letteratura è particolarmente ricca di ipotesi e modelli interpretativi relativi alle diverse tipologie di disturbo.

L'analisi dei disturbi dell'elaborazione numerica e del calcolo, definita più propriamente con il termine di *discalculia evolutiva*, rientra in tale area di indagine, ed è proprio ad essa che questa rassegna si riferisce.

In particolare, lo scopo di questa rassegna è quello di ricostruire il filo degli studi che si sono occupati della discalculia evolutiva tentando di definirne gli aspetti clinici, i processi cognitivi e neuropsicologici, le metodologie diagnostiche e le possibili linee di intervento riabilitativo. Poiché tali studi presentano un panorama complesso e non lineare di ipotesi e interpretazioni, la presente rassegna prende in esame gli aspetti cruciali del dibattito contemporaneo sulla natura e sulle caratteristiche della discalculia evolutiva, evidenziandone tre diversi aspetti nodali:

- cosa si intenda e quali ipotesi possano spiegare le caratteristiche cognitive e neuropsicologiche del disturbo di calcolo;
- le metodologie diagnostiche;
- le possibilità di intervento riabilitativo.

2. La discalculia evolutiva: definizione e classificazione

Come già evidenziato, la discalculia evolutiva può essere considerata un disturbo specifico dell'apprendimento. Definirne le caratteristiche impli-

ca dunque definire anche le caratteristiche generali dei disturbi specifici dell'apprendimento.

In termini generali, la definizione proposta da Hammill (1990), sulla base dell'intesa a cui sono giunte numerose associazioni di ricerca ed intervento nel campo dei disturbi d'apprendimento, sostiene che:

learning disability (L.D.) si riferisce ad un gruppo eterogeneo di disturbi manifestati da significative difficoltà nell'acquisizione e nell'uso di abilità di ascolto, espressione orale, lettura, ragionamento e matematica, presumibilmente dovuti a disfunzioni del sistema nervoso centrale. Possono coesistere con la L.D. problemi nei comportamenti di autoregolazione, nella percezione sociale e nell'interazione sociale, ma non costituiscono di per sé una L.D. Le «Learning Disabilities» possono verificarsi in concomitanza con altri fattori di handicap o con influenze esterne (culturali, d'istruzione, ecc.) ma non sono il risultato di quelle condizioni o influenze (p. 77).

In sintesi la L.D. viene a raccogliere una gamma diversificata di problematiche nello sviluppo cognitivo e nell'apprendimento scolastico, non imputabili primariamente a fattori di handicap mentale grave e definibili in base al mancato raggiungimento di criteri attesi di apprendimento (per i quali esista un largo consenso) rispetto alle potenzialità generali del soggetto (Cornoldi, 1991, 1999).

Per passare dunque dai termini generali delle caratteristiche che la discalculia evolutiva condivide con le altre tipologie di L.D., alle caratteristiche specifiche che ne distinguono la natura, è necessario riferirsi alle indicazioni date dai due sistemi internazionali più usati per la definizione e la classificazione dei disturbi stessi: l'ICD-10 (*International Classification of Diseases*, dell'Organizzazione Mondiale della Sanità) e il DSM-IV (*Diagnostic System Manual*, dell'Associazione Psichiatri Statunitensi).

Secondo quanto indicato nell'ICD-10 ed in accordo con quanto descritto nel DSM-IV, i sintomi delle difficoltà aritmetiche sono:

- incapacità di comprendere i concetti di base di particolari operazioni;
- mancanza di comprensione dei termini o dei segni matematici;
- mancato riconoscimento dei simboli numerici;
- difficoltà ad attuare le manipolazioni aritmetiche standard;
- difficoltà nel comprendere quali numeri sono pertinenti al problema aritmetico che si sta considerando;
- difficoltà ad allineare correttamente i numeri o ad inserire decimali o simboli durante i calcoli;
- scorretta organizzazione spaziale dei calcoli;
- incapacità ad apprendere in modo soddisfacente le «tabelline» della moltiplicazione.

Come si può riconoscere già da una prima analisi degli aspetti individuati, sotto un'unica classificazione del disturbo sono rappresentate una serie di difficoltà che interessano aspetti molto differenti: dalla comprensione dei simboli aritmetici, alla comprensione del valore quantitativo dei numeri; dalla scelta dei dati per la soluzione di un problema, all'allineamento in colonna; dalla semplice memorizzazione di combinazioni tra numeri (come nel caso delle tabelline), all'uso competente delle procedure di calcolo.

Da un punto di vista teorico dunque, è necessario domandarsi quale sia la natura delle diverse difficoltà evidenziate. Se infatti ognuna di queste difficoltà può incidere negativamente sull'apprendimento dell'abilità di calcolo, è possibile inferire che derivino da un'unica base neuropsicologica, cognitiva o di altro genere?

Analizzando lo stato delle conoscenze sulle funzioni alla base del sistema del calcolo, scopriremo che anche la stessa abilità di calcolo, come la lettura e la scrittura, sembra dipendere da una serie molto complessa di competenze cognitive e neuropsicologiche.

3. Ipotesi e modelli cognitivi e neuropsicologici

Come evidenziato da diversi autori (Cornoldi e Pra Baldi, 1988; Butterworth, 1999; Lucangeli, 1999), il dibattito contemporaneo inerente alla natura dei disturbi dell'elaborazione numerica e del calcolo presenta un panorama di ipotesi ed interpretazioni assai complesso ed eterogeneo.

Volendo delineare in sintesi le principali ipotesi al riguardo ne risulta un profilo piuttosto articolato, che riportiamo qui di seguito evidenziandone via via le definizioni e le cause di difficoltà individuate.

Fin dal 1967 Johnson e Myklebust descrivevano i soggetti con disabilità nell'area del calcolo in termini di bambini con difficoltà visuo-motorie, di orientamento, di effettuazione di stime di tempo e di distanza, con immaturità sociale e scarsa autonomia nell'esecuzione di altre attività. In termini molto analitici gli autori individuavano diverse tipologie di difficoltà caratterizzate dall'incapacità di: stabilire una corrispondenza uno a uno; riconoscere la relazione tra simbolo e quantità; associare i simboli uditivi (nomi dei numeri) e visivi; apprendere i sistemi cardinale ed ordinale di numerazione e conteggio; visualizzare raggruppamenti di oggetti inclusi in un insieme più ampio; comprendere il principio della conservazione della quantità; eseguire le operazioni aritmetiche; comprendere il significato dei segni di operazione; capire la disposizione dei numeri su un foglio scritto; seguire e ricordare la sequenza di fasi che devono essere usate nelle diverse operazioni matematiche; comprendere i principi della misu-

ra; leggere carte geografiche e grafici; scegliere i principi adatti per risolvere i problemi aritmetici (aggiungere, sottrarre, ecc.).

A partire da tale minuziosa elencazione di diverse difficoltà riscontrabili nel disturbo del calcolo, in letteratura sono state molteplici le definizioni di discalculia evolutiva, in riferimento a specifiche ipotesi di «incompetenze» cognitive e/o neuropsicologiche.

Cohn (1968, 1971) ha definito la discalculia come un «ritardo nell'acquisizione delle capacità numeriche», caratterizzata dall'incapacità di sviluppare le facoltà di riconoscere i simboli numerici, di ricordare le operazioni basilari o l'uso di simboli (operatori, separatori), di richiamare alla memoria le tabelline e i numeri di riporto delle moltiplicazioni, di mantenere l'ordine proprio dei numeri durante il calcolo.

Kosc (1974) ha definito «discalculia» un disordine specifico dell'apprendimento dei numeri, con probabile origine in una alterazione del sistema nervoso centrale, non accompagnato da difficoltà mentali generali, ma frequentemente associato ad altri disturbi della funzione simbolica, come la dislessia e la disgrafia. In particolare, Kosc distingue 6 tipi di discalculia dello sviluppo:

- 1) *verbale*, legata all'uso del linguaggio orale dei termini matematici; questa difficoltà è spesso confusa con alcuni sintomi dell'afasia;
- 2) *protognostica*, legata alla manipolazione quantitativa degli oggetti e degli insiemi;
- 3) *lessicale*, che riguarda la lettura dei simboli matematici;
- 4) *grafica*, che riguarda la scrittura dei simboli matematici;
- 5) *ideognostica, o concettuale*, che riflette una incapacità a comprendere le idee e le relazioni matematiche e nel fare calcoli mentali;
- 6) *operazionale*, che è un disturbo nell'abilità di eseguire le operazioni ed include lo scambio di operazioni e la sostituzione di operazioni semplici per quelle più complesse (cfr. Lucangeli, 1999).

Rourke e Strang (1983) hanno rilevato difficoltà nell'organizzazione spaziale, difficoltà nel dettaglio visivo, errori di procedimento, di perseverazione, difficoltà grafo-motorie, problemi di memoria, errori di giudizio e di ragionamento, ipotizzando deficit neuropsicologici alla base del disturbo.

Badian (1983) ha ripreso tre categorie proposte da Hecaen, Angelergues e Houllier (1961) (alesia e/o agrafia per i numeri, acalculia spaziale, anaritmetria) e, attraverso l'analisi degli errori aritmetici commessi dai bambini, ha introdotto un'ulteriore categoria: la discalculia attenzionale-sequenziale caratterizzata da inaccuratezza nell'addizionare e nel sottrarre, nel ricordare le tabelline e nel considerare il riporto o la virgola. Se, ad esempio, i soggetti con tale disturbo hanno appena concluso un'addizione, è molto probabile che essi tendano ad eseguire l'esercizio successivo rifacendo un'addizione, ignorando il fatto che è chiaramente segnato un

TAB. 1. *Classificazione dei diversi tipi di discalculia*

Autore		Difficoltà segnalate				
Kosc Cohn	Operazionale Ricordare operazioni	Lessicale Riconosc. simboli	Concettuale Mantenere ordine dei numeri	Richiamare tabelline		Grafica
Rourke, Strang	Procedimento			Memoria	Visuo- spaziali	Grafo- motorie
Badian	Attenzionale- sequenziale	Alessia numeri		Ricordo tabelline	Acalculia spaziale	Agrafia numeri
Ajuriaguerra, Marcelli	Apprendimento calcolo				Difficoltà spaziali; Aprassia costruttiva	Disgrafia
Temple	Discalculia procedurale	Dislessia cifre		Discalculia fatti aritmetici		

altro simbolo matematico. Questa tipologia di errore è frequentemente osservata anche in bambini con deficit dell'attenzione e iperattività.

Ajuriaguerra e Marcelli (1982) hanno ipotizzato l'esistenza di cinque componenti della discalculia evolutiva: difficoltà di apprendimento del calcolo, agnosia delle dita, incapacità di distinguere tra destra e sinistra, disgrafia, aprassia costruttiva.

Se gli studi fin qui citati si riferiscono principalmente a descrizioni e a classificazioni della discalculia evolutiva, ipotizzandone le basi in strutture cognitive e neuropsicologiche (per una sintesi comparata vedi tab. 1), le ricerche recenti, più che a tali classificazioni del disturbo, si riferiscono ai modelli neuropsicologici di elaborazione della conoscenza numerica e del calcolo sviluppati prevalentemente dallo studio di soggetti adulti (Ashcraft, 1992; McCloskey 1992; Dehane e Changeux, 1993), evidenziandone le caratteristiche anche nei bambini.

Ricerche più recenti di Temple (1989, 1991, 1997), Sokol, Macaruso e Gollan (1994), Macaruso e Sokol (1999) che hanno focalizzato l'attenzione non tanto ai meccanismi coinvolti nel calcolo in soggetti adulti bensì in età evolutiva, si ispirano ad esempio al modello neuropsicologico modulare di McCloskey.

Secondo questi autori le competenze di processazione numerica dipendono da diverse componenti cognitive (comprensione, produzione e calcolo). In particolare, secondo il modello proposto, la rappresentazione mentale della conoscenza numerica, oltre ad essere indipendente da altri sistemi cognitivi, è strutturata in tre moduli a loro volta distinti funzionalmente. Il sistema di comprensione trasforma la struttura superficiale dei

numeri (diversa a seconda del codice, verbale o arabo) in una rappresentazione astratta di quantità. Il *sistema del calcolo* assume questa rappresentazione come *input*, per poi manipolarla attraverso il funzionamento di tre componenti: i segni delle operazioni, i «fatti aritmetici» o operazioni base e le procedure del calcolo. I *meccanismi di produzione* rappresentano l'*output* del sistema del calcolo, forniscono cioè le risposte numeriche. Secondo tale modello, nella produzione e nella comprensione dei numeri intervengono meccanismi lessicali e sintattici, tra loro indipendenti, responsabili rispettivamente dell'elaborazione delle singole cifre contenute nel numero e dell'elaborazione dei rapporti fra le cifre che costituiscono il numero. Più precisamente, l'elaborazione di un numero comporta inizialmente una sua rappresentazione concettuale o semantica, tramite cui vengono identificati tutti gli elementi che costituiscono il numero, specificando per ciascuno di essi le informazioni relative alla quantità e all'ordine di grandezza. Tali informazioni regolano il lessico dei numeri e sono in stretta interdipendenza con la sintassi che regola i numeri stessi (valore posizionale delle cifre).

In sintesi, i modelli cognitivi e neuropsicologici (per una rassegna si vedano Butterworth, 1999; Lucangeli, 1999), hanno come obiettivo principale quello di identificare l'architettura generale del sistema di elaborazione del numero e del calcolo, e descrivono un sistema complesso in cui la disfunzione di alcune parti si può tradurre in specifiche difficoltà di calcolo.

Ad esempio, l'osservazione degli errori commessi da bambini con difficoltà di calcolo, ha permesso alla Temple (1991, 1997) di descrivere tre tipi di discalculia evolutiva in linea con il modello di McCloskey:

1) La *dislessia per le cifre* è caratterizzata da difficoltà nell'acquisizione dei processi lessicali sia nel sistema di comprensione del numero che di produzione del calcolo. Temple descrive al riguardo il caso di un bambino discalculico di 11 anni. L'analisi degli errori commessi in compiti di ripetizione, scrittura e lettura, sia di numeri arabi, che di numeri espressi in codice verbale, evidenzia uno specifico pattern di errore. Gli errori sono del tipo:

34 = sessantasei;

1 = nove;

8483 = ottomilaquattrocentoottantaquattro

La processazione sintattica risulta completamente intatta, mentre risulta compromessa la processazione lessicale preposta alla selezione e al recupero dei singoli elementi lessicali. Tali evidenze permettono di formulare alcune ipotesi sull'organizzazione della processazione numerica in età evolutiva:

- il lessico dei numeri costituisce un ambito autonomo rispetto al linguaggio;
- i meccanismi di processazione lessicale sono funzionalmente indipendenti dai meccanismi di processazione sintattica;
- l'accesso lessicale, è influenzato dalla posizione;
- i «dici» o «tens», i numeri dall'11 al 19, costituiscono una classe lessicale distinta.

2) La *discalculia procedurale* è caratterizzata da difficoltà nell'acquisizione delle procedure e degli algoritmi implicati nel sistema del calcolo. Temple descrive il caso di un ragazzo discalculico di 17 anni che non presenta nessun tipo di difficoltà nell'area della processazione numerica (lettura e scrittura di numeri arabici, lettura e scrittura di numeri espressi in codice verbale), e neppure nella conoscenza dei fatti aritmetici, ma la cui capacità di applicare correttamente le procedure di calcolo risulta molto compromessa: commette sia errori di riporto, che di incolonnamento, e di prestito. La conoscenza procedurale sarebbe dunque distinta dalla processazione numerica e dalla conoscenza dei fatti numerici. E le componenti stesse della conoscenza procedurale potrebbero essere selettivamente compromesse.

3) La *discalculia per i fatti aritmetici* è caratterizzata da difficoltà nell'acquisizione dei fatti numerici all'interno del sistema del calcolo. Temple descrive il caso di una ragazza discalculica di 19 anni, la cui capacità di elaborazione dei numeri è intatta, così come la conoscenza delle procedure di calcolo, mentre risulta compromesso il recupero dei fatti aritmetici. L'analisi degli errori commessi ha evidenziato due differenti tipi di errore: gli errori di «confine» determinati dalla inappropriata attivazione di altre tabelle confinanti (come per esempio $6 \times 3 = 21$) e errori di «slittamento» in cui una cifra è corretta, l'altra è sbagliata (come per esempio $4 \times 3 = 11$).

Se le ricerche della Temple sono riuscite a descrivere possibili tipologie di discalculia evolutiva, caratterizzando ciascuna di esse in riferimento alle cause e alle condizioni neuropsicologiche alla base del disturbo stesso, va comunque evidenziato che tutt'oggi manca una modalità condivisa dai diversi autori per analizzare le cause delle difficoltà implicate nei disturbi di calcolo.

Tuttavia, in linea con l'analisi proposta dalla Temple, è possibile individuare nella letteratura, classificazioni comuni nell'analisi degli errori commessi dai bambini e ricostruire così, grazie all'aiuto proposto dai modelli stessi, possibili cause e concause, il tutto in vista di una corretta analisi, necessaria non soltanto in fase diagnostica ma anche per l'intervento riabilitativo.

4. Errori nel sistema del calcolo

Rispetto all'intervento riabilitativo e al recupero delle difficoltà specifiche di elaborazione del numero e del sistema di calcolo, la letteratura ha prevalentemente proposto una prospettiva che individua il tipo di intervento da effettuare a partire dall'analisi dell'errore manifestato dal soggetto. Tale analisi consente infatti di riconoscere le componenti di elaborazione coinvolte nel disturbo.

In sintesi, richiamando le classificazioni proposte (ad esempio la stessa classificazione proposta da Temple) gli errori nel sistema di calcolo sono stati attribuiti a differenti tipi di difficoltà:

- errori procedurali e di applicazione di strategie;
- errori nel recupero di fatti aritmetici;
- difficoltà visuo-spaziali.

4.1. Errori procedurali e di applicazione di strategie

Ne sono esempio gli errori di quei bambini che pur avendo appreso procedure di conteggio facilitanti, si aiutano ancora con procedure più immature. Nell'operazione $2 + 5$ partono da 2 per aggiungere 5 invece che porre l'addendo più grande come punto di partenza (Svenson e Broquist, 1975).

Quando anche le più semplici regole di accesso rapido, come $N \times 0 = 0$ oppure $N + 0 = N$, non sono interiorizzate abbastanza, allora è possibile confondere l'applicazione della seconda regola per la prima e l'uso di queste norme procedurali in genere (ad esempio in $8 \times 0 = 8$ viene scambiata la regola del prodotto con quella dell'addizione; in $8 - 8 = 1$ non è applicata la procedura $N - N = 0$). Data l'incapacità di usufruire di tali regole di facilitazione il sistema di memoria può iniziare a sovraccariarsi di informazioni che invece potrebbero essere «sintetizzate». Questo significa un notevole dispendio di energie cognitive nel caso di compiti più complessi rispetto alle operazioni entro la decina.

Secondo Hitch (1978) la difficoltà nei calcoli orali può essere propriamente imputabile ad un simile sovraccarico, in particolare all'incapacità di tenere a mente i risultati parziali, o di tenere a mente in quante parti è stato scomposto un fattore o addendo (ammesso che sia stata possibile la tecnica di scomposizione), al fine di recuperare queste informazioni per produrre il risultato finale. D'altra parte anche i calcoli scritti, richiedono di saper operare tramite risultati intermedi rievocati al momento opportuno.

Secondo Seron e Deloche (1984), intervenire con strategie di facilitazione in caso di difficoltà di acquisizione di strategie e procedure richiede un'analisi qualitativa del possibile disturbo. Qualora si tratti di una difficoltà a carico della memoria a lungo termine, l'imposizione di «apprendere a memoria» ha un limite al di là del quale è meglio non ostinarsi. Può essere d'aiuto invece il conteggio in avanti e indietro che può sostituire agilmente i processi d'accesso diretto: se la persona impara a contare nelle basi da 2 a 9 possono essere risolti anche i problemi relativi alla moltiplicazione e divisione. Più realistico è che vengano imparate solo le tabelle di 1, 2 e 10. Si può allora risalire ai fatti aritmetici tramite generalizzazione dei risultati. Come negli esempi che seguono (cfr. Lucangeli, 1999)

$$4 \times 3 = (2 \times 2) + (2 \times 2) + (2 \times 2);$$

$$5 \times 8 = (5 \times 10) - (5 \times 2).$$

Se la difficoltà coinvolge principalmente la memoria di lavoro, l'obiettivo principale è di non sovraccaricarla (si veda Butterworth, Cipollotti e Warrington, 1996): i risultati intermedi, ad esempio, possono essere scritti a parte, oppure può essere usato un supporto concreto (pallottoliere, oggetti, ecc.) per rappresentare gli operatori, per aiutare la scomposizione e procedere con una gradualità guidata. La modalità più semplice di scomposizione è quella che fa continuo riferimento al numero 10: il calcolo intermedio ha come risultato 10, e a questo viene aggiunto o tolto il resto della quantità.

Riguardo a specifiche difficoltà di calcolo dovute a scorrette applicazioni delle procedure, prendendo spunto da contributi di autori diversi (tra cui Badian, 1983; De Corte e Verschaffel, 1981; Brown e Burton, 1978; Semenza, Miceli e Girelli, 1997), se ne può delineare un possibile profilo. In particolare si possono incontrare difficoltà:

a) nella scelta delle prime cose da fare per affrontare una delle quattro operazioni (incolonnamento o meno; posizione dei numeri, del segno di operazione ed altri segni grafici come la riga separatoria, ecc.);

b) nella sequenza procedurale da seguire per la specifica operazione e nel suo mantenimento fino a risoluzione ultimata;

c) nell'applicazione delle regole di prestito e riporto;

d) nel passaggio ad una nuova operazione. Il bambino applica procedure tipiche di un'operazione ad un'altra;

e) nella progettazione e nella verifica. Spesso un bambino comincia immediatamente il processo di risoluzione senza analizzare dall'esterno l'operazione, individuando difficoltà e strategie da usare. Una volta ottenuto il risultato, è frequente che un bambino lo accetti come valido senza riflettere sull'operazione nella sua globalità. Anche in questo caso sono frequenti possibili errori di perseverazione.

4.2. Errori nel recupero di fatti aritmetici

Una tipologia di errori particolarmente frequente nella discalculia evolutiva riguarda il recupero di fatti aritmetici dalla memoria a lungo termine. I modelli che consentono di spiegare tali errori sono per lo più i «modelli a rete».

Secondo Ashcraft (1992) le conoscenze aritmetiche sono simili ad altre conoscenze elaborate dalla memoria a lungo termine, e questo sia nella loro rappresentazione in memoria, sia nei processi usati per accedere alla conoscenza. I fatti aritmetici semplici sono rappresentati nella memoria in una rete organizzata di informazioni che vengono recuperate attraverso un processo di attivazione che si diffonde, così come è assunto nel funzionamento della stessa memoria semantica. Nella rete, ciascuna associazione tra un compito aritmetico e la sua risposta è rappresentata in termini di forza o grado di accessibilità. La forza con cui i nodi sono immagazzinati e interconnessi è funzione della frequenza di presentazione e dell'esercizio, specialmente nelle prime fasi dell'apprendimento.

Gli errori di recupero dei fatti aritmetici in memoria a lungo termine possono dunque dipendere da errate associazioni tra i compiti aritmetici e la loro specifica risposta.

Secondo Siegler (Siegler e Shrager, 1984) gli errori di recupero diretto dei risultati possono derivare dall'immagazzinamento degli stessi: la loro memorizzazione infatti si rafforza ogni volta che il soggetto produce una determinata risposta per l'operazione data, e ciò avviene anche se la risposta è errata (si vedano anche Geary, 1990, 1993). Nelle ripetizioni successive dell'operazione il recupero dello stesso risultato sarà coerente con la sua memorizzazione, anche quando vi sia un'associazione errata tra l'operazione e il risultato scorretto.

Un tipo di errore frequente descritto al riguardo (Ashcraft e Battaglia, 1978; Miller, Perlmutter e Keating, 1984; Campbell, 1990), è ad esempio la confusione tra il recupero di fatti aritmetici di addizione con quelli di moltiplicazione:

$$5 + 5 = 25;$$

$$3 \times 3 = 6.$$

4.3. Le difficoltà visuo-spaziali

Anche l'abilità visuo-spaziale ha un ruolo notevole sulla risoluzione dei calcoli. Rourke e Strang (1983) hanno evidenziato, ad esempio, come una difficoltà a rilevare il dettaglio visivo possa compromettere il riconoscimento dei segni di operazione (ad es. + e \times).

La difficoltà visuo-spaziale può comunque riguardare non soltanto aspetti percettivi ma diversi livelli di organizzazione dei dati implicati soprattutto nella scrittura di un'operazione: se un bambino ha difficoltà ad acquisire i concetti «da destra a sinistra», «dal basso verso l'alto», ecc., presumibilmente incontrerà maggiori difficoltà nell'incolonnamento dei numeri e nel seguire la direzione procedurale, sia in senso orizzontale che verticale. Questa confusione spaziale è facilmente riconoscibile perché porta a far iniziare a caso un'operazione, a scrivere indifferentemente da sinistra a destra, o viceversa i risultati parziali, quindi a sorvolare sulle regole di prestito e riporto. Al contrario non coinvolge affatto i processi di calcolo orali (Badian, 1983).

In sintesi, la situazione attuale delle ricerche sembra evidenziare che l'apprendimento del calcolo aritmetico necessita di una serie di sotto abilità, alcune specifiche, altre trasversali a più competenze. Quanto più si riesce ad individuare eventuali difficoltà nelle diverse competenze coinvolte, tanto più si riesce a definire una diagnosi che non sia solo di classificazione, ma che offra anche un profilo funzionale capace di fornire indicazioni utili per il trattamento o per la gestione del disturbo.

Le riflessioni desunte dalle ricerche e dalla letteratura aprono dunque il campo a riflessioni parallele relative a come operare clinicamente per la corretta diagnosi del disturbo, diagnosi che non si fermi a etichetta classificatoria, ma consenta una descrizione funzionale delle abilità, così da permettere una scelta mirata dell'intervento riabilitativo.

5. La diagnosi della discalculia evolutiva e strumenti di indagine clinica

Facendo riferimento alle direttive diagnostiche presentate a p. 148, un primo livello di diagnosi è l'accertamento di un eventuale deficit nella funzione esaminata, e quindi, nel caso specifico, se la prestazione nel calcolo aritmetico sia significativamente inferiore alle attese rispetto alle norme di riferimento. Come per tutti gli altri disturbi dell'apprendimento, la prestazione, per essere ritenuta deficitaria deve essere significativamente al di sotto di quelle ritenute adeguate. Il criterio delle due deviazioni standard è comunemente accettato in ambito sia di ricerca che clinico, in quanto separa il 3% della popolazione dall'altro 97% se la distribuzione sottostante è di tipo normale. In caso contrario si può scegliere un criterio corrispondente al 5% percentile inferiore. In ambito italiano, esistono sei strumenti che possono rispondere alla domanda: qual è il livello di prestazione nell'abilità di calcolo del soggetto?

Uno strumento è costituito dalle prove «Emme +» di Soresi e Corcione

(1992). Per ogni classe, dalla prima alla quinta elementare vengono proposte alcune prove che coprono buona parte dei contenuti oggetto di istruzione secondo i programmi ministeriali. L'intera batteria, richiede comunque conoscenze ed abilità diverse dal solo calcolo aritmetico, come la soluzione di problemi, logica, statistica, geometria. Dalle norme infatti, non è possibile ricavare i dati per il confronto delle sole prestazioni di calcolo.

Una batteria analoga è quella del Nucleo di Ricerca in Didattica della Matematica dell'Università di Pavia (1994). Anche questo strumento prevede prove diverse dalla 1^a elementare alla 3^a media, divise in tre sezioni: aritmetica, geometria e logica. Nella sezione aritmetica però vengono richieste non solo prestazioni di calcolo aritmetico, ma anche soluzioni di problemi e conoscenze relative ai diversi argomenti di matematica trattati nelle diverse classi come frazioni, potenze, equivalenze ecc. Anche se gli autori lo sconsigliano, è possibile confrontare i punteggi del soggetto con i dati normativi separatamente per le diverse sezioni.

Un terzo strumento, meno recente, è la prova di abilità numerica della batteria PMA (Thurstone e Thurstone, 1965) utile dalla 2^a elementare alla 3^a media. In questo caso, la prova richiede sia abilità di calcolo, in particolare addizioni, che il completamento di serie numeriche e la soluzione di semplici problemi, oltre ad alcune conoscenze quantitative (come ad esempio quanti secondi ci sono in un minuto ecc.). Il vantaggio è che è una prova a tempo, in genere attorno ai 5 minuti e quindi si presta bene ad una valutazione veloce.

Nella batteria Q1 (De Beni e gruppo MT, 1995), per la scuola elementare e media, è presente una sezione specifica di valutazione delle abilità aritmetiche che comprende sia prove di calcolo che di soluzione di problemi.

Mentre gli strumenti fin qui descritti possono servire per un accertamento complessivo di una eventuale difficoltà nell'apprendimento in matematica, con la batteria di «Valutazione delle abilità matematiche» di Rossi e Malaguti (1996), è possibile misurare l'efficienza in diverse sotto abilità oltre a quella del calcolo aritmetico orale e scritto (per la descrizione si veda il paragrafo successivo). Sono inoltre previste prove di soluzione di problemi, di geometria e di logica.

Infine, uno strumento specifico per l'accertamento delle difficoltà di calcolo aritmetico dalla 3^a alla 5^a elementare, è la batteria ABCA di Lucangeli, Tressoldi e Fiore (1998). La batteria prevede operazioni aritmetiche di addizione, sottrazione, moltiplicazione e divisione sia orali che scritte. La prestazione del soggetto può essere confrontata con i dati di un campione normativo sia per la correttezza che per la velocità permettendo così di avere anche una misura dell'automatizzazione.

Questi ultimi due strumenti sono gli unici, almeno in Italia, che preve-

dano anche delle prove specifiche per misurare l'efficienza delle sotto abilità implicate nel calcolo aritmetico, prove potenzialmente utili per la diagnosi di secondo livello.

6. Diagnosi di secondo livello: strumenti di indagine clinica

Stabilire che il livello di prestazione del bambino è significativamente inferiore a quanto atteso per capacità cognitive generali, livello di istruzione e prestazioni in altri ambiti di apprendimento anche scolastico, è il primo passo. Come rilevato dalla rassegna sui modelli cognitivi e neuropsicologici, il calcolo aritmetico è l'espressione di una combinazione di diverse abilità, alcune specifiche, altre comuni a più abilità cognitive. Poter fare una diagnosi di secondo livello significa, a nostro avviso, definire un profilo di queste «sotto abilità» in modo da precisare in forma personalizzata il disturbo. Come previsto, a parità di prestazione deficitaria, ci si aspettano profili distinti.

Per formulare una diagnosi di secondo livello occorre naturalmente fare riferimento ad un modello del calcolo cognitivo, neuropsicologico o di altro genere. In base a questo modello si identificheranno le sotto abilità da esaminare.

Attualmente in Italia, come descritto nel paragrafo precedente, sono a disposizione solo due strumenti: la batteria di Valutazione delle Abilità Matematiche (Rossi e Malaguti, 1996) e la batteria ABCA (Lucangeli, Tressoldi e Fiore, 1998).

Il primo permette di valutare la prestazione del soggetto rispetto a tre fasce di livello, buona, discreta, insufficiente, in diverse sotto abilità quali, l'organizzazione spaziale e temporale, la componente logico-operatoria, la componente simbolica e di comprensione e produzione dei numeri.

L'ABCA è direttamente ispirato dal modello neuropsicologico di McCloskey (1992) con alcuni adattamenti per l'età evolutiva. Nella sua forma attuale, per la diagnosi di secondo livello permette di valutare lo stato della accuratezza e della velocità di cinque sotto abilità sottostanti alla comprensione del valore quantitativo dei numeri e dei simboli aritmetici (denominazione ed uso dei simboli aritmetici; ordinamento di numeri dal più piccolo al più grande e viceversa; inserimento di simboli di maggiore, minore ed uguale; confronto visivo ed uditivo di quantità; identificazione del valore posizionale) e sei sotto abilità sottostanti alla produzione di numeri (enumerazione all'indietro; dettato di numeri; tabelline; conteggio di insiemi; incolonnamento; recupero di combinazioni tra numeri). Inoltre du-

rante lo svolgimento delle prove di calcolo orale e scritto previste per la diagnosi di primo livello, è possibile analizzare la qualità e la conoscenza delle procedure per lo svolgimento delle quattro operazioni aritmetiche.

7. Specificità e comorbidità

Richiamando le riflessioni proposte nel paragrafo 2 relativamente alla definizione e classificazione clinica della discalculia evolutiva, è interessante rilevare come per l'ICD-10, la compresenza di un disturbo di lettura e/o scrittura, precluda la diagnosi di disturbo di calcolo, mentre per il DSM-IV, è possibile diagnosticarlo come comorbidità. Questa differenza, evidenzia lo stato di incertezza sulle caratteristiche dei diversi disturbi in particolare sul loro grado di indipendenza. Senza un accordo sul modello cognitivo e neuropsicologico che descriva l'architettura funzionale in chiave evolutiva delle diverse abilità scolastiche, non è possibile prendere una decisione. La nostra posizione, in accordo con i dati clinici e sperimentali derivanti dalla neuropsicologia cognitiva, ci porta a considerare il calcolo come una funzione cognitiva che utilizza in gran parte componenti o sotto abilità distinte da quelle richieste per la lettura e la scrittura. Quindi la compresenza di un disturbo anche in queste abilità, va considerata come comorbidità. Resta tuttavia da approfondire il peso delle sotto abilità non specifiche come ad esempio quello della memoria verbale e fonologica. È ipotizzabile infatti che una inefficienza a questo livello possa ostacolare lo sviluppo di alcune sotto abilità sia della lettura che del calcolo. Numerose ricerche infatti hanno cercato e continuano a cercare comunanze e differenze nei diversi gruppi di soggetti che manifestano associazioni e dissociazioni di disturbi. Nella rassegna di Morrison e Siegel (1991) vengono presi in esame diversi sottotipi di soggetti con disabilità aritmetiche, quelli con associata difficoltà di lettura, quelli con associata difficoltà ortografica e quelli con disturbo specifico. Nei primi due gruppi si rilevano spesso deficit in compiti di memoria verbale a breve termine e di lavoro, in quelli con disturbo specifico, difficoltà in compiti visuo-percettivi e visuo-spaziali. C'è poi naturalmente il sottogruppo che presenta entrambi i tipi di difficoltà e probabilmente rappresenta i soggetti con maggior livello di difficoltà di apprendimento. Geary (1993) nella sua rassegna sulle disabilità in matematica individua tre sottotipi, il primo con prevalente deficit nella memoria verbale, spesso associato a difficoltà di lettura, il secondo ed il terzo con deficit specifici rispettivamente prevalenti nelle procedure di calcolo e nelle abilità visuo-spaziali.

8. Il trattamento delle difficoltà

Gran parte delle esperienze di recupero delle difficoltà di calcolo che abbiamo raccolto non derivano da una analisi o classificazione che si rifaccia ai modelli o alle interpretazioni presentate in letteratura. Tuttavia, abbiamo scelto di presentarle per fornire al lettore dei suggerimenti sul cosa fare una volta completata la diagnosi di primo e di secondo livello.

Tra le proposte relative all'insegnamento delle procedure di calcolo si va dalla applicazione di principi dell'insegnamento diretto, che comprende dimostrazione, guida esplicita, modellamento, autoverbalizzazioni, rinforzo, come ad esempio la proposta dell'insegnamento della procedura della divisione di Rivera e Smith (1988), al *training* per apprendere combinazioni additive di due numeri, detti anche fatti additivi, di Goldman, Pellegrino e Mertz (1988). In questo studio, a parte altri obiettivi, si è cercato di verificare se una pratica intensiva di circa 20 lezioni, in media una alla settimana, con un set di 80 fatti additivi per la durata di circa 10 minuti, fosse più efficace se i problemi erano presentati in un ordine solo, ad esempio: $4 + 2$, oppure anche nell'ordine inverso, $2 + 4$. I risultati indicano un miglioramento sensibile nella correttezza e nei tempi di risposta che sembra ripercorrere quello degli alunni senza difficoltà per entrambi i tipi di pratica.

Una tecnica che sembra utile per favorire l'apprendimento dei fatti moltiplicativi, le famose tabelline, è quella del *Constant Time Delay* (CTD) (Koscinski e Gast, 1993) che in pratica consiste nel proporre al soggetto una tabellina es. 7×3 fornendo inizialmente subito la risposta. Successivamente, viene riproposta e se il soggetto non risponde in modo autonomo entro 4 secondi, viene riproposta di nuovo. Come si può capire, è una delle tante varianti possibili di un apprendimento di tipo associativo.

Per facilitare la comprensione del valore quantitativo rappresentato dai numeri viene suggerita la linea dei numeri, ovvero una rappresentazione della successione dei numeri associata alla quantità corrispondente. Un buon esempio applicato anche alla sottrazione è fornito da Divecha e Ceci (1983) che presentano il metodo degli *splits* cioè della divisione in decine e unità con una linea dei numeri fino a 100 sulla quale sono evidenziati i multipli di 10 con un colore diverso. Attraverso fasi di difficoltà operativa crescente, si guida l'alunno a sottrarre il sottraendo dal minuendo, prima solo unità e solo decine (es. $36 - 3$; $36 - 10$), fino a decine e unità senza e con riporto (es. $46 - 12$; $54 - 17$).

Anche se nella nostra rassegna ci siamo focalizzati sulle difficoltà del calcolo aritmetico ci sembra utile segnalare anche dei contributi per facilitare l'apprendimento di altri tipi di calcolo come i numeri razionali e le fra-

zioni. Per quanto riguarda la comprensione ed il calcolo con i numeri razionali Moss e Case (1999) presentano i risultati di un curriculum ispirato ad una analisi cognitiva di queste conoscenze. In breve si passa da esperienze concrete e loro rappresentazione grafica di cosa significa metà o 50%, un quarto o 25% ecc. alla scrittura di quantità corrispondenti ad interi più una loro parte, es. metri 2,75.

Per quanto riguarda le frazioni, un buon suggerimento viene dal lavoro di Baroody e Hume (1991) e dal volume di Medeghini e Quaeresmini (1993). Questi autori insistono sull'importanza di favorire la comprensione semantica di questi concetti prima di richiedere la esercitazione sugli algoritmi di calcolo. A questo fine suggeriscono l'utilizzo di diversi tipi di rappresentazione grafica e concreta dei rapporti tra intero e sue parti che comprendano la comprensione dell'intero, date delle parti, divisione dell'intero in parti uguali, introduzione del formalismo, confronto di frazioni, calcoli con frazioni.

Oltre alle esperienze per un recupero specifico, esistono proposte di insegnamento di curricoli o di strategie per favorire l'apprendimento del calcolo aritmetico nel suo complesso dai quali però è possibile trarre anche suggerimenti per interventi più specifici. Due esempi tipici sono il curriculum della Resnick pubblicato anche in italiano (Micheluz e Sesti, 1982) e la proposta di Lloyd e Keller (1989) dell'insegnamento efficace della matematica o quella di Pressley sul modello del buon utilizzatore di strategie (Pressley, 1986). Il curriculum della Resnick è composto da otto moduli ognuno dei quali suddiviso in più fasi ordinate tra loro. I moduli comprendono l'insegnamento del contare e della corrispondenza biunivoca, la lettura ed il confronto quantitativo tra numeri, il confronto tra insiemi e la loro rappresentazione in numeri, la seriazione di insiemi, l'addizione e la sottrazione di numeri e la soluzione di semplici equazioni che richiedono addizione e sottrazione. La bontà del curriculum sta nel definire in sequenza le fasi delle esercitazioni da svolgere per raggiungere gli obiettivi dei diversi moduli. L'ordine di questi però è discutibile in quanto ad esempio, se nel modulo riconoscimento ed ordinamento di numeri si richiede anche di collocarli in ordine di valore quantitativo, è chiaro che anche le competenze richieste dal modulo sulla seriazione di insiemi deve essere acquisito.

Le proposte di Lloyd e Keller indicano le fasi della buona lezione di «istruzione diretta» che comprendono: riassunto dell'attività precedente, definizione degli obiettivi, pratica suddivisa in semplici fasi concatenate, istruzioni esplicite, tempo sufficiente di pratica, molte domande agli studenti durante la pratica, guida esterna durante le fasi iniziali, *feedback* sistematico. Pressley invece insiste sull'insegnamento delle strategie. In sintesi: insegnare strategie specifiche in modo esplicito e guidato; inse-

gnare strategie generali di impiego dello sforzo e dell'automonitoraggio; arricchire le conoscenze di base del calcolo; praticare ogni strategia in modo coordinato.

In conclusione, analizzando le diverse proposte di trattamento, si possono ricavare alcune riflessioni generali: nella categoria delle esperienze di recupero di specifiche abilità di calcolo sembra esserci infatti da un lato enfasi per la cura della comprensione semantica di quantità e la loro corrispondente rappresentazione formale e dall'altro una ricerca di automatizzazione nel recupero e nell'utilizzo di fatti numerici con lo scopo di rendere meno oneroso in termini cognitivi lo svolgimento dei calcoli.

Questa suddivisione è ben rappresentata nel modello del calcolo presentato nella batteria ABCA nel quale si distinguono gli aspetti di comprensione da quelli di produzione. I primi richiedono rappresentazioni semantiche sul significato di simboli e numeri. Nella produzione invece si richiedono processi di recupero di combinazioni e sequenze di numeri oltre che alla loro identificazione e scrittura. Questa suddivisione ha una importante ricaduta sulle metodologie di trattamento. Nel caso si debbano promuovere le conoscenze semantiche è chiaro che si dovranno scegliere materiali e procedure che facilitino l'accesso ai significati e alla loro rappresentazione mentale. Nel caso delle abilità di produzione invece, l'enfasi andrà sulla memorizzazione e l'automatizzazione del recupero. Considerando le caratteristiche cognitive dei soggetti, si saprà se e quanto è possibile aspettarsi da un *training* strutturato. C'è da aspettarsi ad esempio che con soggetti che presentano difficoltà cognitive legate alla comprensione, spesso associate con un basso QI o marcate difficoltà di rappresentazione mentale, si debba procedere con molto più impegno per far acquisire una stabile rappresentazione mentale delle quantità e quindi per molto tempo sarà necessario ricorrere a rappresentazioni esterne grafiche o concrete. Al contrario, per i soggetti che manifestano difficoltà nei processi di produzione sarà necessario pensare a *training* di memorizzazione ed automatizzazione.

Alla luce della diagnosi di secondo livello, queste indicazioni possono realizzarsi in modo più mirato se si parte da un profilo delle sotto abilità. Avendo a disposizione lo stato di efficienza di diverse sotto abilità, sarà possibile scegliere delle esercitazioni mirate al potenziamento di quelle deficitarie (evitando di esercitare l'alunno in quelle che risultassero a livelli sufficienti). Il primo obiettivo sarà quello della accuratezza, seguito da quello della velocità. Per quest'ultimo parametro, esistono ancora poche evidenze sul grado di modificabilità e quindi occorre procedere con molta cautela nel *training*, soprattutto in ambito scolastico, che per forza di cose dovrebbe essere ripetitivo e continuativo, per non appesantire l'apprendimento dell'alunno. Un esempio tipico è il *training* per automatizzare

il recupero di combinazioni tra numeri come ad esempio le tabelline. Se l'alunno deve affrontare problemi che richiedono procedure di calcolo, è opportuno venga facilitato nel recupero delle diverse combinazioni, attraverso l'uso di ausili come la tavola pitagorica o la calcolatrice, mentre potrà esercitarsi a parte per automatizzarle.

L'insegnamento infine di strategie sia generali che specifiche risulterà fondamentale per assicurare il livello massimo di autonomia operativa nell'applicazione e nel controllo delle conoscenze e delle abilità acquisite.

9. Riferimenti bibliografici

- Ajuriaguerra, J., Marcelli, D. (1982). *Psicopatologia del bambino*. Milano: Masson.
- Ashcraft, M.H. (1992). Cognitive arithmetic: a review of data and theory. *Cognition*, 44, 75-106.
- Ashcraft, M.H., Battaglia, J. (1978). Cognitive arithmetic: evidence for retrieval and decision processes in mental addition. *Journal of Experimental Psychology: Human Memory and Learning*, 4, 527-538.
- Badian, N.A. (1983). Dyscalculia and non verbal disorders of learning. In R. Myklebust (a cura di), *Progress in Learning Disabilities*, 5, 235-264.
- Baroody, A.J., Hume, J. (1991). Meaningful mathematics instruction: the case of fractions. *Remedial and Special Education*, 12, 54-68.
- Brown, A.L., Burton, R.R. (1978). Diagnostic models for procedural bugs in basic mathematical. *Cognitive Science*, 2, 155-192.
- Butterworth, B. (1999). *Intelligenza matematica*. Milano: Rizzoli.
- Butterworth, B., Cipolotti, L., Warrington, E.K. (1996). Short-term memory impairment and arithmetical ability. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1, 251-262.
- Campbell, J.I.D. (1990). Retrieval inhibition and interference in cognitive arithmetic. *Canadian Journal of Psychology*, 44, 445-464.
- Cohn, R. (1968). Developmental dyscalculia. *Paediatric Clinics of North America*, 15, 651-668.
- Cohn, R. (1971). Arithmetic and learning disabilities. In H. Myklebust (a cura di), *Progress in learning disabilities*. New York: Grune & Stratton, pp. 322-389.
- Cornoldi, C. (1991). *I disturbi dell'apprendimento*. Bologna: Il Mulino.
- Cornoldi, C. (1999). *Le difficoltà di apprendimento a scuola*. Bologna: Il Mulino.
- Cornoldi, C., Pra Baldi, A. (1988). *Perché il bambino non riesce in matematica?* Pordenone: ERIP.
- De Beni, R., Gruppo MT (1995). *Q1. Prove per la compilazione del profilo iniziale del nuovo documento di valutazione*. Firenze: Organizzazioni Speciali.

- De Corte, E., Verschaffel, L. (1981). Children's solution process in elementary arithmetic problems: analysis and improvement. *Journal of Educational Psychology*, 73, 765-769.
- Dehane, S., Changeux, J.P. (1993). Development of elementary numerical abilities: a neuronal model. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5, 390-407.
- Divecha, D.J., Ceci, S.J. (1983). Teaching dyscalculic children mental subtraction by the method of splits. *Remedial and Special Education*, 23, 33-43.
- Geary, D.C. (1990). A componential analysis of an early learning deficit in mathematics. *Journal of Experimental Child Psychology*, 49, 363-383.
- Geary, D.C. (1993). Mathematical disabilities: cognitive, neuropsychological and genetic components. *Psychological Bulletin*, 114, 345-362.
- Goldman, S.R., Pellegrino, J.W., Mertz, D.L. (1988). Extended practice of basic addition facts: strategy changes in learning-disabled students. *Cognition and Instruction*, 5, 23-265.
- Hammill, D.D. (1990). On defining learning disabilities: an emerging consensus. *Journal of Learning Disabilities*, 23, 74-84.
- Hecaen, H., Angelergues, R., Houllier, S. (1961). Les varietes cliniques des acalculies en cours de lesion retro-rolandiques: approche statistique du probleme. *Revue Neurologique*, 105, 85-103.
- Hitch, G.J. (1978). The role of short term working memory in mental arithmetic. *Cognitive Psychology*, 10, 302-303.
- Johnson, P.J., Myklebust, H.R. (1967). *Learning disabilities*. New York: Grune & Stratton.
- Kosc, L. (1974). Developmental dyscalculia. *Journal of Learning Disabilities*, 7, 164-177.
- Koscinski, S.T., Gast, D.L. (1993). Use of constant time delay in teaching multiplication facts to students with learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 26, 533-567.
- Lloyd, J.W., Keller, C.E. (1989). Effective mathematical instruction: development, instruction and program. *Focus on Exceptional Children*, 21, 11-10.
- Lucangeli, D. (1999). *Il farsi e disfarsi del numero*. Roma: Borla.
- Lucangeli, D., Tressoldi, P.E., Fiore, C. (1998). *ABCA. Test delle abilità di calcolo aritmetico*. Trento: Erickson.
- Macaruso, P., Sokol, S.M. (1999). Cognitive neuropsychology and developmental dyscalculia. In C. Donlan (a cura di), *The development of mathematical skills. Studies in developmental psychology*. Hove: UK, pp. 201-225.
- McCloskey, M. (1992). Cognitive mechanisms in numerical processing: evidence from acquired dyscalculia. *Cognition*, 44, 107-157.
- Medeghini, R., Quresmini, D. (1993). *Frazioni in pratica*. Trento: Erickson.
- Micheluz, E., Sesti, F. (1982). L'apprendimento della matematica: il curriculum Resnick. *Psicologia e scuola*, 37-41.

- Miller, K.F., Perlmutter, M., Keating, D. (1984). Cognitive arithmetic: comparison of operations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 10, 317-339.
- Moss, J., Case, R. (1999). Developing children rational number sense: a new model and an experimental program. *Journal of Research in Mathematical Education*, 30, 122-147.
- Morrison, S.R., Siegel, L.S. (1991). Arithmetic disability: theoretical considerations and empirical evidence for this subtype. In L.V. Feagans, E.J. Short e L.J. Meltzer (a cura di), *Subtypes of learning disabilities: theoretical perspectives and research*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Nucleo di Ricerca in Didattica della Matematica (1994). *Prove oggettive di valutazione della matematica*. Firenze: Organizzazioni Speciali.
- Pressley, M. (1986). The relevance of the good strategy user model to the teaching of mathematics. *Educational Psychologist*, 21, 139-161.
- Rivera, D., Smith, D. (1988). Using demonstration strategy to teach mid-school students with learning disabilities how to compute long division. *Journal of Learning Disabilities*, 21, 77-81.
- Rossi, P.G., Malaguti, T. (1996). *Valutazione delle abilità matematiche*. Trento: Erickson.
- Rourke, B.P., Strang, J.D. (1983). Concept-formation and non verbal reasoning abilities of children who exhibit specific academic problems with arithmetic. *Journal of Clinical Child Psychology*, 12, 33-39.
- Semenza, C., Miceli, L., Girelli, L. (1997). A deficit for arithmetical procedures: lack of knowledge or lack of monitoring? *Cortex*, 33, 483-498.
- Seron, X., Deloche, G. (1984). From 4 to four: a supplement to «from three to 3». *Brain*, 106, 735-744.
- Siegler, R.S., Shrager, J. (1984). A mode of strategic choice. In C. Sophian (a cura di), *Origins of cognitive skills*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Sokol, S.M., Macaruso, P., Gollan, T.H. (1994). Developmental dyscalculia and cognitive neuropsychology. *Developmental Neuropsychology*, 10, 413-441.
- Soresi, S., Corcione, S. (1992). *Prove di valutazione della matematica Emme +*. Firenze: Organizzazioni Speciali.
- Svenson, O., Broquist, S. (1975). Strategies of solving simple addition problems. *Scandinavian Journal of Psychology*, 16, 143-149.
- Temple, C.M. (1989). Digit dyslexia: a category specific disorder in developmental dyscalculia. *Cognitive Neuropsychology*, 6, 93-116.
- Temple, C.M. (1991). Procedural dyscalculia and number fact dyscalculia. Double dissociation in developmental dyscalculia. *Cognitive Neuropsychology*, 8, 155-176.
- Temple, C.M. (1997). *Developmental cognitive neuropsychology*. London: Psychology Press.
- Thurstone, T.G., Thurstone, L.L. (1965). *P.M.A. Primary Mental Abilities*. Firenze: Organizzazioni Speciali.

Summary. This paper presents the information concerning the symptoms, the underlying cognitive processes, the diagnosis and the rehabilitation procedures related to developmental dyscalculia. Starting with a critical analysis of the ICD-10 and DSM-IV diagnostic recommendations, we offer a review of the cognitive theories related to the development of arithmetic skills and of the interpretative models of developmental dyscalculia. We also present the evaluation instruments at disposal in Italy and their characteristics to define dyscalculia and the intervention approaches after a brief review of related studies.

Per corrispondenza: Daniela Lucangeli, Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione, Università di Padova, Via Venezia 8, 35131 Padova. E-mail: daniela.lucangeli@unipd.it