



Universitatea „Babeș-Bolyai” Cluj-Napoca
Facultatea de Psihologie și Științe ale Educației



TEZĂ DE DOCTORAT

**Evaluarea psihologică și educațională a
copiilor cu dificultăți specifice de învățare la
matematică pentru reușita incluziunii**

- REZUMAT -

Coordonator științific
Prof. Univ. Dr. Vasile Preda

Doctorand
Carmen (David) Bodea

Cluj-Napoca
2011

Cuvinte cheie

Dificultăți specifice de învățare la matematică; memorie de lucru; sistem de reprezentare aproximativă a numărului; predictorii ai performanței matematice; screening al dificultăților de învățare la matematică; training memorie de lucru.

Lista figurilor

Lista tabelelor

Capitolul I

Teorii actuale privind dificultățile de învățare la matematică

- 1.1. Definierea dificultăților de învățare și a dificultăților specifice de învățare
 - 1.1.1. Definiții curente
- 1.2. Terminologie specifică
- 1.3. Teorii explicative
 - 1.3.1. Teoria lui Butterworth – modulul numeric (Butterworth, 1999) și teoria modulului numeric deficitar
 - 1.3.2. Teoria reprezentării aproximative a mărimilor numerice și object- files-ul. Deficitul la nivelul simțului numeric. Ipoteza deficitului numeric bazal.
 - 1.3.3. Teoria lui D. Geary asupra deficitelor la nivelul abilităților cognitive generale în dificultățile specifice de învățare la matematică
- 1.4. Principalele clasificări ale dificultăților de învățare la matematică
 - 1.4.1. Clasificarea lui Kosc (1974)
 - 1.4.2. Clasificarea propusă de Badian (1983)
 - 1.4.3. Clasificarea oferită de Rourke (1993)
 - 1.4.4. Clasificarea oferită de Geary
 - 1.4.5. Clasificarea propusă de Von Aster
 - 1.4.6. Clasificarea propusă de Jordan și colaboratorii
 - 1.4.7. Tipologiile avansate de Wilson and Dehaene (Wilson & Dehaene, 2007)
- 1.5. Prevalența dificultăților de învățare la matematică
- 1.6. Tulburări asociate cu dificultăților de învățare la matematică
- 1.7. Caracterizarea cognitivă a dificultăților de învățare la matematică

Capitolul II

Factorii psihologici implicați în dezvoltarea abilităților matematice și în susținerea performanței matematice

- 2.1. Perspectiva structuralistă
- 2.2. Perspectiva ineistă
- 2.3. Modele de procesare a numărului și calculului
 - 2.3.1. Modele de procesare a numărului și calculului la adulți
 - 2.3.1.1. Modelul procesării numărului și calculului propus de McCloskey, Camarazza și Basili (1985)
 - 2.3.1.2. Modelul codului triplu (Dehaene și Cohen, 1995)
 - 2.3.1.3. Modelul complexului de encodare (Campbell & Clark, 1988, 1992)

2.3.2. Modelul dezvoltării reprezentării cognitive a numărului, în cadrul modelelor explicative neurocognitive (von Aster and Shalev, 2007)

2.4. Rolul abilităților cognitive generale în dezvoltarea abilităților matematice și în susținerea performanței matematice

2.4.1. Relația dintre procesările fonologice și abilitățile aritmetice în curs de formare

2.4.2. Rolul inteligenței în predicția abilităților matematice

2.4.3 Abilități vizuo- spațiale și matematica

2.4.4. Relația dintre abilitățile de memorie de lucru și matematica

2.4.5. Relația dintre performanța matematică și alți factori

2.4.5.1. Motivația pentru învățare

Capitolul III

Metodologia de evaluare a dificultăților de învățare la matematică

3.1. Evaluarea abilităților aritmetice

3.1.1 Teste de achiziție și teste de abilități specifice

3.1.2. Alte instrumente la îndemâna cadrului didactic.

3.1.2.1. Testele informale

3.1.2.2. Evaluarea bazată pe curriculum (măsurile standardizate de evaluare)

3.2. Evaluarea dificultăților specifice de învățare a matematicii

3.2.1. Teste diagnostice

3.2.2. Abordări diagnostice ale dificultăților de învățare din sfera matematicii

3.2.2.1. Modelul discrepantei

3.2.2.2. Modelul scorului de secționare

3.2.2.3. Modelul răspunsului la intervenție

3.2.2.4. Modelul neuropsihologic

3.3. Modele de evaluare a dificultăților de învățare

3.3.1. Modele ecologice de evaluare a dificultăților de învățare

3.3.2. Modelul de identificare și evaluare a prezenței dificultăților de învățare a matematicii (Geary, 2004)

3.4. Screening și predicție

3.5. Analiză critică asupra domeniului și direcții de cercetare în domeniul dificultăților de învățare la matematică

Capitolul IV

Obiectivele cercetării și metodologia

Capitolul V

Cercetări experimentale proprii

Studiul 1. Deficite ale memoriei de lucru în dificultățile de învățare la matematică.

Studiu meta-analitic

- 5.1.1. Introducere
- 5.1.2. Metoda
 - 5.1.2.1. Identificarea studiilor
 - 5.1.2.2. Procedura de codare
 - 5.1.2.3. Calcularea mărimii efectului
- 5.1.3. Rezultate
 - 5.1.3.1. Caracteristici ale studiilor
 - 5.1.3.2. Mărimile efectului
- 5.1.4. Analiza și interpretarea datelor
- 5.1.5. Aplicații practice
- 5.1.6. Concluzii

Studiul 2. Efectul trainingului de memorie de lucru specific numerică asupra performanțelor matematice ale elevilor cu rezultate scăzute la matematică

- 5.2.1. Introducere
- 5.2.2. Metodă
 - 5.2.2.1. Participanții
 - 5.2.2.2. Procedură
 - 5.2.2.3. Instrumente
 - 5.2.2.4. Descrierea programului de trainingul de memorie de lucru specifică domeniului numeric
- 5.2.3. Rezultate
- 5.2.4. Analiza și interpretarea rezultatelor

Studiul 3. Adaptarea Early Numeracy Test (ENT) pentru limba română

- 5.3.1. Introducere
- 5.3.2. Testul de competență matematică timpurie (ENT).
 - 5.3.2.1. Descriere generală
 - 5.3.2.2. Date cu privire la construcția versiunii originale a testului
 - 5.3.2.3. Administrarea și cotarea
- 5.3.4. Demersul de validare a formei B a testului
 - 5.3.4.1. Obținerea în limba română a testului de competență matematică timpurie (traducere și retroversiune)
 - 5.3.4.2. Descrierea eșantionului
 - 5.3.4.3. Procedura de culegere a datelor
 - 5.3.4.4. Analiza fidelității măsurătorilor
 - 5.3.4.5. Obținerea normelor pentru populația generală
 - 5.3.4.6. Analiza validității măsurătorilor.

5.3.5. Analiza dezvoltării pe vârste

5.3.6. Analiza utilității testului de competență matematică timpurie în predicția performanței matematice la clasa I (testarea validității predictive a ENT)

5.3.6.1. Participanți

5.3.6.2. Procedură

5.3.6.3. Instrumente

5.3.6.4. Rezultate

5.3.7. Predicția performanței în calcul prin intermediul regresiei liniare simple

5.3.7.1. Participanți

5.3.7.2. Instrumente

5.3.8. Rezultate

5.3.9. Analiza și interpretarea rezultatelor

Studiul 4. Abilitățile cognitive generale și specific numerice ca predictor ai performanței matematice la clasa I

5.4.1. Introducere

5.4.2. Obiective generale și specifice

5.4.3. Metoda

5.4.3.1. Participanți

5.4.3.2. Procedură

5.4.3.3. Instrumente

5.4.3.3.1. Instrumente de evaluarea a factorilor cognitivi incluși în studiu

5.4.3.3.2. Instrumente de evaluarea a variabilelor criteriu

5.4.3.3.3. Proba ANS

5.4.3.4. Design

5.4.4. Rezultate

5.4.5. Validarea modelului de predicție

5.4.6. Analiza și interpretarea rezultatelor

5.4.7. Concluzii

5.4.8. Investigarea utilității testului ENT ca instrument de screening al copiilor cu risc crescut de dezvoltare a dificultăților de învățare la matematică

Capitolul VI

Discuții generale și concluzii

Bibliografie

A N E X E

Problema de cercetare și relevanța ei

În procesul de evaluare complexă a elevilor cu dificultăți de învățare a matematicii în vederea incluziunii lor școlare și a recomandării unor servicii de sprijin adecvate, ne confruntăm cu lipsa unui cadru conceptual și procedural adecvat. Acest lucru se datorează într-o mare măsură controverselor care există în domeniu cu privire la dezvoltarea abilităților matematice și a mecanismelor etiopatogenetice ale unei astfel de tulburări. Modelele de procesare a numărului și calculului, dar și cele explicative ale dificultăților de învățare la matematică sunt diferite în cazul copilului și al adultului.

Chiar dacă neuropsihologia adultului a făcut pași mari în direcția explicării și caracterizării discalculiilor de achiziție, lucrurile nu stau la fel în cazul dificultăților de învățare din sfera matematicii. În acest din urmă caz, ne confruntăm cu problematica dificultăților în învățarea unui obiect complex, învățare care se realizează pe suportul mai multor factori psihologici, care se dezvoltă inegal și care, se implică diferit, în momente diferite ale dezvoltării individului. Matematica este un obiect complex din cel puțin două motive: cuprinde o familie bogată de discipline matematice și pune în lucru o gamă largă de factori psihologici. Organizarea concentrică a predării matematicii, dirijată prin intermediul curriculum-ului de matematică, presupune ca elevul să clădească noi cunoștințe și deprinderi pe baza celor deja existente.

Astfel, problemele de învățare se pot manifesta la orice nivel. În acest context, se explică eterogenitatea abordărilor care există în domeniu privitoare la diagnosticul dificultăților de învățare la matematică, clasificările existente, modelele explicative ale tulburării și modelele de intervenție în cazul acestora.

Mai mult, în prezent, se conturează direcții noi în abordarea dificultăților de învățare, cum ar fi modelul "răspunsului la intervenție", modelul scorului de secționare, renunțându-se la modelul discrepanței, care s-a dovedit ineficient. Ne interesează cum putem integra în noile modele demersul de screening, evaluare și diagnostic al dificultăților specifice de învățare la matematică într-o etapă timpurie a învățării formale a matematicii, prin prisma abordării cognitive a evaluării.

În mod specific, pornind de la teorii curente asupra dezvoltării abilităților matematice și a proceselor care stau la baza dificultăților de învățare, ne propunem să investigăm, printr-o varietate metodologică, natura relației dintre abilitățile cognitive generale (precum memoria de lucru), abilitățile numeric-specifice și performanța matematică. Cercetările care

abordează această relație dintre abilitățile cognitive și cele numeric-specifice cu efect asupra învățării matematicii sunt abia la început, dar sunt esențiale pentru construirea unui model explicativ al dezvoltării abilităților matematice și al dificultăților din sfera matematicii (Raghubar et al., 2010).

Studierea acestei relații la elevii de clasa I, într-un moment în educația matematică când se produce un salt calitativ important, este relevantă nu doar pentru construirea unui model explicativ al dificultăților de învățare la matematică, ci și pentru identificarea acelor aspecte ale relației cu relevanță în screening-ul copiilor cu risc de dezvoltare a dificultăților de învățare la matematică.

Capitolul I. Teorii actuale privind dificultățile de învățare la matematică

Evaluarea psihologică și educațională a copiilor cu dificultăți de învățare la matematică nu se poate realiza fără o cunoaștere riguroasă a obiectului evaluării. Din acest motiv, am considerat necesar ca în capitolul I să trecem în revistă definițiile normative și operaționale curente, terminologia utilizată (cu sinonimiile parțiale existente), teoriile explicative specifice curente care există în domeniu.

Dintre aceste teorii, două prezintă interes pentru cercetarea de față prin aceea că fundamentează parte din demersul metodologic al acesteia. Astfel, dintre teoriile explicative ale dificultăților de învățare din sfera matematicii, demersul nostru este puternic ancorat în teoriile abilităților cognitive deficitare în dificultățile de învățare la matematică. În rândul acestora, se înscrie și teoria lui Geary (2004) care susține că la baza dificultăților de învățare la matematică stau deficite în sistemele cognitive pe suportul cărora se sprijină competențele conceptuale și procedurale din domeniile matematice.

Geary (2004) sintetizează mai multe ipoteze cu privire la diferitele funcții cognitive deficitare care ar fi responsabile pentru dificultățile de învățare la matematică. Dintre acestea, amintim implicarea memoriei de lucru, prin componenta central-executivă, mai precis prin câteva din funcțiile pe care acestea le-ar avea (inhibarea informației irelevante, reactualizarea informației din memoria de lungă durată, menținerea activată a informației necesare în sarcină). În schema conceptuală originală de identificare a dificultăților de învățare din sfera matematicii, Geary nu a introdus, doar a menționat ca alternativă la sistemele de reprezentare și manipulare a informației, un sistem modular distinct specializat pentru aritmetică (Geary and Hoard, 2005).

De cealaltă parte a baricadei și în acord cu această alternativă de reprezentare se situează teoriile care explică dificultățile de învățare prin prisma deficitelor la nivelul reprezentării mentale și manipularii cantităților numerice. Astfel, în capitolul I, trecem în revistă și cele trei ipoteze care sunt în prezent intens cercetate: ipoteza deficitului de simț numeric (Dehaene, 1997), ipoteza deficitului de acces (Rousselle and Noel, 2007) și ipoteza modulului numeric deficitar (sau al procesării exacte a mărimii numerice) (Butterworth, 2005). Astfel, potrivit lui Dehaene (1997), copiii cu dificultăți de învățare la matematică prezintă afectări ale sistemului de reprezentare aproximativă a cantității. Potrivit ipotezei de acces

deficitar (Rousselle and Noel, 2007), legătura dintre reprezentarea numerică simbolică și cea non-simbolică ar fi afectată. Potrivit celei de-a treia ipoteze, dificultățile de învățare ar avea la bază un deficit în procesarea exactă a mărimii numerice (Butterworth, 2005).

Discutând despre eterogenitatea manifestărilor dificultăților de învățare, am trecut în revistă și clasificările diferitelor forme, în ordinea cronologică pentru a reflecta și dezvoltările teoretice care au apărut în domeniu mai cu seamă în ultimele 2 decenii. Noile clasificări încearcă să rezolve problema eterogenității prin existența unor factori cauzali diferiți în raport cu diferitele forme. În acest sens, menționăm tipologia lui Wilson and Dehaene (2007).

Dificultățile de învățare la matematică se întâlnesc atât izolat, cât și asociate altor tulburări, astfel încât cunoașterea acestora se impune din perspectiva diagnosticului diferențial. Cunoașterea frecvenței cu care aceste dificultăți se manifestă în populație reprezintă din perspectiva evaluării, un punct de referință la care raportăm acuratețea identificării. Aceste cunoștințe referitoare la dificultățile de învățare din sfera matematicii sunt rezultatul unui îndelung proces derulat pe parcursul mai multor decenii de către cercetători și grupuri de cercetare sau practicieni și asociații profesionale și parentale interesate. Cercetarea și cunoașterea profilului cognitiv și de performanță matematică a copiilor cu dificultăți de învățare este importantă atât pentru gruparea în tipologii, cât și pentru găsirea punților de legătură dintre nivelul biologic, cel psihologic și cel comportamental.

Capitolul II.

Factorii psihologici implicați în dezvoltarea abilităților matematice și în susținerea performanței matematice

Abordarea evaluării dificultăților de învățare din sfera matematicii (d.î.m.) comportă anumite particularități, dintre care cea mai importantă este dată de elementul cheie care le diferențiază de discalculiile de achiziție, anume faptul că d.î.m. se instalează în procesul de dezvoltare a abilităților matematice. Astfel, este important să sintetizăm datele cu privire la teoriile din psihologia dezvoltării care discută dezvoltarea abilităților matematice.

În prezent, din domeniul psihologiei dezvoltării activează două mari perspective care abordează problematica dezvoltării abilităților matematice. Una este cea trasată de Piaget și continuată de descendența piagetiană, în care dezvoltarea abilităților matematice merge în paralel și pe suportul dezvoltării structurilor logice. Formarea conceptului de număr s-ar realiza pe fundamentul unor instrumente conceptuale și operaționale. Numărul, în concepția acestora nu ar avea valoare operațională. La celălalt pol, se situează teoriile care arată

prezența unor abilități matematice la antepreșcolari, mult înainte de reperatele pe care le-a oferit Piaget (susținute prin date din domeniul psihologiei dezvoltării, al etologiei, dar și din domeniul neuropsihologiei) (Wynn, 1992 ; Brannon, 2005 ; Dehaene, Piazza, Pinel, Cohen, 2005) și care susțin ipoteza unor capacități specifice numerice înăscute. Controverse există și în cea de-a doua categorie cu privire la modul în care se dezvoltă abilitățile aritmetice pornind de la aceste sisteme bazale de procesare a cantității.

Unii cercetători (Gallistel and Gelman, 1992 ; Fuson, 1988) acordă o importanță mare numărului, în tranziția de la procesarea matematică aproximativă non-simbolică la cea simbolică exactă și aproximativă. În funcție de direcția pe care ne înscriem, optăm pentru a căuta fie abilități cognitive generale care susțin performanța matematică, fie abilități numerice specifice. Controversele se păstrează și la nivelul teoriilor de procesare a numărului și calculului, în privința tipurilor de reprezentări care susțin aceste procesări. Nu putem neglija faptul că modelele existente explică disocierile care apar în performanța în sarcini matematice la adulții cu discalculie de achiziție, or dificultățile de învățare se instalează undeva în procesul de dezvoltare a abilităților aritmetice. Din acest motiv, am descris modelul dezvoltării reprezentării cognitive a numărului (von Aster and Shaley, 2007). Acest model permite formularea de ipoteze cauzale referitoare la posibile disfuncții neurofiziologice ale discalculiei de dezvoltare, întrucât stabilește legături între abilitățile prematematice și matematice, dezvoltarea capacității memoriei de lucru, tipul de reprezentări implicate în procesări și substratul neurofiziologic pe care s-ar sprijini acestea. Desigur că relațiile dintre aceste abilități cognitive și performanța matematică nu sunt pe deplin decelate. Matematica este un domeniul complex, ce implică un număr mare de abilități cognitive, dar și non-cognitive.

Dintre abilitățile cognitive discutate și frecvent studiate în literatura de specialitate, cel mai des sunt menționate inteligența, memoria de lucru, abilitățile verbale, abilitățile vizuo-spațiale. Relația între fiecare dintre acestea și performanța matematică este una complexă, mediată de o multitudine de factori (dintre aceștia menționăm vârsta cronologică, sexul, nivelul de școlarizare, statutul socio-economic, subdomeniul matematicii etc.).

În acest capitol, trecem în revistă rezultatele unor studii curente care cercetează aceste relații. Astfel, abordăm relația dintre procesările fonologice și abilitățile aritmetice în curs de formare, relația dintre abilitățile vizuo-spațiale și abilitățile matematice, relația dintre abilități cognitive generale (precum inteligența fluidă și memoria de lucru). Sinteza teoretică calitativă pe care am realizat-o în acest sens cuprinde studii în care relațiile amintite sunt analizate din

mai multe perspective (pornind de la componentele abilităților cognitive amintite sau de la tipurile de procesări considerate, analizând relația cu diferite tipuri de sarcini matematice).

Capitolul III.

Metodologia de evaluare a dificultăților de învățare la matematică.

În ultimul deceniu, domeniul evaluării dificultăților de învățare s-a transformat substanțial, ca urmare a numeroaselor critici aduse modelului discrepanței. Noi modele au apărut, dintre care descriem pe larg modelul răspunsului la intervenție, modelul scorului de secționare și modelele neuropsihologice. Pornind de la modelul discrepanței între nivelul curent de performanță și nivelul de abilitate, o largă dezvoltare au cunoscut testele de achiziții și cele de abilități cognitive generale.

Testele de achiziții, în prezent, sunt utile în diagnostic prin aplicarea unui scor de secționare, ce marchează limita de la care începe o performanță matematică semnificativ scăzută, indicatoare a unui deficiență la nivelul abilităților cognitive ce susțin componentele abilității matematice. Dacă însă acceptăm ca arbitrar și relativ un astfel de scor de secționare și ne înscriem în tendințele actuale ale paradigmei răspunsului la intervenție, atunci vom acorda o mai mare atenție instrumentelor bazate pe curriculum. Pentru o analiză detaliată a profilurilor de performanță și pentru interpretări cauzale avem nevoie de instrumentele construite pe teorii sau modele neuropsihologice asupra procesării numărului și calculului sau asupra celorlalte componente ale abilității matematice.

Indiferent de modelul pentru care optăm, rămâne extrem de importantă identificarea timpurie a dificultăților de învățare sau a copiilor cu un risc crescut de dezvoltare a acestor dificultăți în vederea prevenirii apariției și instalării lor. Dar, spre deosebire de domeniul dificultăților din sfera citirii, în domeniul dificultăților matematice nu s-a ajuns la un consens asupra acelei combinații de abilități care să reprezinte un model predictiv puternic al d.î.m. (Seethaler and Fuchs, 2010).

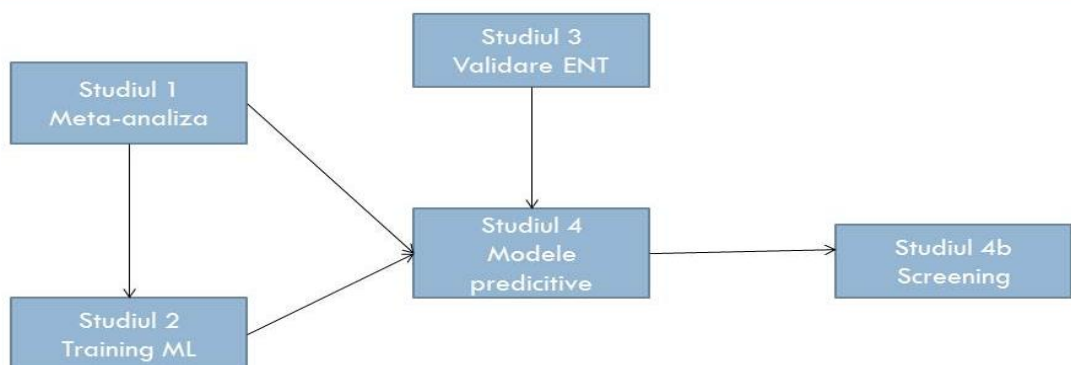
În literatura de specialitate, coexistă două tipuri de măsurători cu rol de screening al performanței matematice ulterioare: screening pe baza variabilelor cognitive și screening pe baza măsurării abilităților matematice timpurii.

Capitolul IV. Obiectivele cercetării și metodologia

Un prim obiectiv al cercetării este evidențierea rolului memoriei de lucru în performanța la matematică la copiii cu dificultăți de învățare de acest fel. Pentru atingerea acestui obiectiv am utilizat trei abordări metodologice diferite: sintetizarea studiilor care analizează diferențele individuale la nivelul memoriei de lucru între copiii cu dificultăți de învățare la matematică și cei fără dificultăți printr-un studiu de tip meta-analitic. A doua abordare metodologică urmărește evidențierea rolului predictiv al memoriei de lucru asupra performanței matematice. A treia abordare vizează impactul modificabilității abilităților de memorie de lucru asupra performanței aritmetice la copiii cu rezultate scăzute la matematică. Matematica este un obiect complex iar învățarea ei este susținută de acțiunea combinată a mai multor factori. Chiar dacă memoria de lucru joacă un rol important în susținerea performanței și în dezvoltarea abilităților matematice, acesta nu trebuie abordat izolat ci în interacțiune cu ceilalți factori.

Astfel, al doilea obiectiv urmărește construirea și validarea unor modele predictive pentru dezvoltarea abilităților matematice la copiii de vârstă școlară mică. Ilustrăm mai jos structura generală a cercetării.

Structura generala a cercetarii



Studiul 1 reprezintă o meta-analiză cantitativă a literaturii de specialitate care compară persoanele cu dificultăți de învățare din sfera matematicii cu cei fără dificultăți sub aspectul

abilităților de memorie de lucru, în baza modelului multicomponențial al memoriei de lucru propus de Baddley & Hitch (1974). Vom investiga în mod distinct mărimile efectului pe cele trei componente ale memoriei de lucru. Având în vedere faptul că măsurile numerice ale memoriei de lucru sunt mai frecvent asociate cu dificultățile de învățare, în studiul nostru vom include o analiză suplimentară în acest sens urmărind mărimea efectului pe categorii de sarcini numerice și non-numerice de memorie de lucru.

După ce am demonstrat că diferențele dintre cei cu dificultăți de învățare la matematică și cei fără dificultăți sunt mai accentuate în sarcinile de memorie de lucru cu material numeric, în studiul 2 am dezvoltat un program de training al memoriei de lucru specific numerică la copiii cu rezultate scăzute la aritmetică și am investigat efectul acestuia asupra nivelului performanței aritmetice. Antrenarea capacității de stocare a materialului numeric concomitent cu efectuarea unei sarcini, la copii de clasa a treia cu rezultate scăzute la matematică a dus la o îmbunătățire a abilităților de calcul ceea ce evidențiază rolul memoriei de lucru specific numerice în susținerea performanței la matematică.

Pornind de la rezultatele studiile anterior menționate, ne-am propus să analizăm dacă și în ce fel se relaționează abilitățile cognitive generale (inteligența fluidă, memoria de lucru), abilitățile numerice (abilitățile de numărare și cele de procesare aproximativă a cantității) cu performanța în sarcini de numerație și calcul.

Pentru atingerea acestui obiectiv, mai întâi în studiul 3, am adaptat și validat un instrument de evaluare a competenței matematice timpurii, dată fiind lipsa unui astfel de instrument pentru populația românească.

Pentru evidențierea rolului memoriei de lucru în dezvoltarea abilităților matematice, aceasta a fost introdusă alături de alte abilități cognitive generale și numeric specifice în modele de predicție, pentru o mai bună izolare a efectului specific al acesteia. Dezvoltarea acestor modele și implicațiile lor teoretice și practice sunt prezentate în studiul 4.

Capitolul V. Cercetări experimentale proprii

Acest capitol cuprinde cele patru studii experimentale, reprezentând contribuția originală a autorului.

Studiul 1. Deficite ale memoriei de lucru în dificultățile de învățare la matematică. Studiu meta-analitic

Având în vedere numărul mare de studii care abordează problematica rolului memoriei de lucru în cunoașterea matematică, dar și varietatea instrumentelor psihologice de evaluare a memoriei de lucru și a abilităților matematice, prin studiul de față ne-am propus să realizăm o sinteză cantitativă a literaturii care compară persoanele cu dificultăți de învățare din sfera matematicii cu cele fără dificultăți sub aspectul abilităților de memorie de lucru, în baza modelului multicomponențial al memoriei de lucru Baddeley and Hitch (1974). Ca urmare a faptului că matematica este un obiect complex, care necesită abilități cognitive multiple, putem presupune că toate cele trei componente ale memoriei de lucru ar trebui să prezinte deficite la copiii cu dificultăți de învățare, în comparație cu cei de aceeași vârstă, dar care nu prezintă astfel de dificultăți.

Ne propunem, de asemenea, să investigăm corelația dintre vârstă și mărimea efectului pentru toate cele trei componente ale modelului Baddeley and Hitch. Ipoteza noastră este că deficitele la nivelul memoriei de lucru sunt funcție de vârstă, în cazul comparațiilor dintre cei cu dificultăți de învățare și cei fără dificultăți. D

acă există diferențe la nivelul abilităților de memorie de lucru între cei cu dificultăți de învățare la matematică și cei fără dificultăți, dar de aceeași vârstă, atunci ne interesează să investigăm dacă acestea sunt mai accentuate în cazul materialului numeric decât al celui lexical sau vizuo - spațial. Ipoteza noastră este că cei cu dificultăți de învățare vor prezenta deficite la nivelul abilităților memoriei de lucru, mai accentuate pentru materialul numeric sau procesările numerice incluse în sarcinile de memorie de lucru.

Metoda

Identificarea studiilor

Pentru a identifica studiile, am procedat la căutarea în bazele electronice (Ebsco, Sage, Proquest, Science Direct, PsychInfo), uzând de cuvinte cheie ce circumscriu domeniul vizat, selectând studiile pe baza unor criterii de includere: (a).

Să compare cel puțin un grup de copii cu dificultăți de învățare la matematică cu un grup fără dificultăți, dar de aceeași vârstă cronologică, în sarcini de memorie de lucru; (b).

Să precizeze clar criteriile diagnostice pentru dificultățile de învățare la matematică; (c).

Să utilizeze instrumente standardizate în evaluarea performanței la matematică și la citire; (d).

Să utilizeze instrumente specifice pentru evaluarea memoriei de lucru; (e).

Dificultățile de învățare la matematică să nu se asocieze cu dificultățile din sfera citirii (studiul să menționeze cel puțin un instrument de evaluare a abilităților de citire și să indice o performanță cel puțin medie la nivelul citirii atât la cei din grupul de control, cât și la cei cu dificultăți de învățare din sfera matematicii); (f).

Să ofere suficiente date cantitative pentru a permite calculul mărimii efectului (medii, abateri standard pentru măsurile memoriei de lucru; IQ, scoruri la citire și matematică).

În urma aplicării acestor criterii au fost reținute pentru analiză 18 studii din totalul de 40 identificate. Sarcinile au fost grupate potrivit descrierilor, în sarcini care măsoară bucla fonologică, memoria de lucru vizuo - spațială și componenta central – executivă. Sarcinile de memorie de lucru au fost de asemenea repartizate în două categorii: sarcini de memorie de lucru numerice (care cuprindeau fie material numeric prezentat în orice modalitate, fie procesare numerică, fie ambele) și non-numerice. Măsurile memoriei de lucru vizuo - spațiale au fost exclusiv non - numerice și, prin urmare, de la bun început nu au fost incluse în acest tip de analiză. Calculul mărimii efectului s-a realizat pe baza procedurilor descrise și publicate în literatura de specialitate (Hunter and Schmidt, 2004).

Rezultate

Pentru a putea interpreta mărimea valorii d , am utilizat criteriile Cohen, potrivit cărora valorile cuprinse între 0,2-0,5 indică un efect slab, 0,5-0,8 un efect moderat, iar valorile peste

0.8 indică un efect puternic. Pentru a se evita erorile de eșantionare, am recurs la calculul corecției mărimii efectului, pe baza procedurilor publicate în literatura de specialitate.

Pe baza formulelor de corecție, în cazul componentei central- executive am obținut un $D=-0,93$, $VarD=1,58$, $CI= (-1,53;-0,33)$. O mărime a efectului ridicată în cazul componentei central executive indică existența unei diferențe semnificative pe această dimensiune între cei cu dificultăți de învățare la matematică și cei fără astfel de dificultăți, dar de aceeași vârstă cronologică. Valoarea medie calculată pentru măsurile memoriei vizuo- spațiale este situată în intervalul valorilor moderate, conform criteriilor Cohen ($D=-0,51$, $VarD=0,12$, $95\%CI=(-0,87;-0,31)$).

O valoarea negativă a lui d și de această dată, indică o mărime a efectului în favoarea grupului de control. În cazul buclei fonologice, o valoare medie D corectat= $-0,36$, $VarD=0,14$, $95\%CI (-0,57;-0,15)$ indică faptul că diferența dintre grupul cu dificultăți de învățare la matematică și cei fără astfel de dificultăți, dar de aceeași vârstă cronologică, este una scăzută.

Pe lângă calculul mărimii efectului în cazul celor trei componente ale memoriei de lucru potrivit modelului Baddelley and Hitch, am calculat și valori medii ale efectului pentru măsuri numerice și non-numerice ale memoriei de lucru.

În cazul măsurilor componentei central executive care utilizau material sau procesări numerice, s-a obținut o valoarea ridicată a mărimii efectului ($D=-1,29$) potrivit criteriilor Cohen. O mărime a efectului moderată s-a obținut în cazul măsurilor buclei fonologice care presupuneau stocarea de material numeric ($D=-0,52$).

În cazul măsurilor non-numerice care vizau componenta central executivă, s-a obținut o valoare moderată a mărimii efectului ($D=-0,56$). În cazul măsurilor non-numerice ale buclei fonologice, s-a obținut o mărime slabă a efectului ($D=-0,43$). Astfel, între măsurile memoriei de lucru verbale, cele mai ridicate mărimi ale efectului s-au obținut în cazul sarcinilor ce conțineau material numeric, în favoarea grupului de control, adică a grupului fără dificultăți de învățare la matematică.

Pentru a investiga dacă există o relație lineară între mărimile efectului și vârsta participanților din studiile incluse, am procedat la utilizarea analizei de regresie, conform DeCoster (2009), considerând vârsta ca variabilă moderatoare continuă.

În cazul buclei fonologice, rezultatele indică absența unei relații între mărimea efectului și vârstă ($Z= 0,77$), în timp ce în cazul memoriei vizuo -spațiale și al componentei central- executive au fost obținute rezultate semnificative ($Z_{ce}=-13,37$, $Z_{vssp}= -10,12$). Valorile Z în cazul componentei central executive și al memoriei vizuo- spațiale indică prezența unei relații lineare între vârstă și mărimea efectului. Relația obținută este lineară, dar inversă.

Diferențele în performanța la sarcinile de memorie de lucru între cei cu d.î.m și cei fără d.î.m., dar de aceeași vârstă cronologică sunt mai accentuate la vârstele mici și se pierd pe măsură ce crește vârsta, dar doar în cazul sarcinilor de memorie de lucru vizuo- spațială și al celor central-executive.

Discuții

Rezultatele indică o mărime a efectului ridicată ($D=-0,93$) în favoarea grupul de control în cazul măsurilor componentei central executive și doar un efect moderat în cazul performanței în sarcinile de memorie vizuo- spațială($D=-0,51$). În sarcinile de buclă fonologică, diferențele între grupul cu dificultăți de învățare la matematică și cel fără dificultăți nu au rezultat ca pregnante.

Mărimea efectului în acest caza fost una scăzută ($D=-0,36$). O mărime a efectului crescută, în cazul comparării grupului cu dificultăți de învățare la matematică și a celui fără dificultăți este în acord cu rezultate obținute de studii anterioare (LeFevre et al., 2005; Geary, 2010). Majoritatea sarcinilor incluse în categoria celor ce vizau componenta central-executivă au fost sarcini duale, care cuprindeau o componentă de stocare și una de procesare concurentă, mai cu seamă cu material verbal. Aceste tipuri de sarcini ar putea să măsoare funcția de comutare a componentei central- executive.

McLean și Hitch (1999) au introdus modificări la nivelul tipului de informație de manipulat și au proiectat sarcini specifice pentru funcțiile central-executive. Rezultatele lor au indicat faptul că în cazul celor cu dificultăți de învățare la matematică, performanța era mai scăzută comparativ cu grupurile de control în sarcinile de componentă central- executivă care vizau funcția de reactualizare din memoria de lungă durată a informației relevante pentru sarcina în desfășurare (Making trails, Missing Item), dar și a celor care vizau funcția de comutare. Majoritatea acestor studii (vezi LeFevre et al., 2005 pentru o sinteză) au înclinat spre existența unui deficit la nivelul componentei central- executive, un deficit domeniu - general, dar în studiul nostru o mărime a efectului mai ridicată a rezultat în cazul sarcinilor central-executive cu material numeric ($D=-1,29$).

Astfel de măsuri numerice ale componentei central- executive au inclus memoria inversă a numerelor, memoria numărării punctelor, trasee cu alternanța numerelor și a literelor etc. Un exemplu de sarcină central-executivă non-numerică este cea de memorie a propoziții (listening span), după Daneman și Carpenter (1980). Sarcinile de buclă fonologică solicită din partea subiecților stocarea activă și repetarea unui material verbal. În cazul comparațiilor

performanței celor 2 grupuri în sarcini numerice de buclă fonologică, s-a obținut o valoare moderată a mărimii efectului ($D=-0,52$). Aceste diferențe indică posibilitatea ca alte funcții (cum ar fi coordonarea simultană a două operații, inhibarea distractorilor, comutarea de pe o sarcină pe alta) ale CE să fie afectate, mai degrabă decât componenta de stocare a memoriei de lucru.

Un efect slab spre moderat a fost obținut în cazul performanței la sarcinile non-numerice de buclă fonologică ($D=-0,43$) în favoarea grupului de control. Comparând aceste rezultate cu cele ale unui studiu meta-analitic anterior (Swanson and Jerman, 2006), observăm un acord în privința mărimii efectului în cazul memoriei vizuo- spațiale ($M=-0,63$), dar nu și al memoriei de lucru verbale ($M=-0,70$).

Pe baza rezultatelor studiului de față, putem conchide că dificultățile specifice de învățare la matematică nu sunt determinate sau nu sunt caracterizate prin deficite la nivelul buclei fonologice. În același timp, o atenție mai mare ar trebui acordată deficitelor mnezice vizuo- spațiale. Diferențele dintre cei cu dificultăți de învățare la matematică și cei cu performanță medie la matematică, dar de aceeași vârstă, sunt mai pregnante în cazul sarcinilor de memorie vizuo -spațială, care solicitau subiectul să stocheze pentru scurtă durată poziția spațială a unor pătrate și ordinea de indicare a lor, în cazul unor serii de lungime crescândă. Aceste performanțe în sarcinile de memorie vizuo-spațială sunt mai accentuate la vârstele mici, între cei cu dificultăți de învățare și cei fără dificultăți. Mai mult, unii cercetători susțin că sarcina de memorie inversă a numerelor, considerată o măsură a componentei central executive, ar fi realizată prin reprezentare vizuo-spațială și prin manipularea acestor reprezentări (Raghubar et al., 2010), or în studiile considerate de noi, diferențele cele mai pregnante au rezultat în cazul aceste tipuri de sarcini (sarcini numerice care evaluau componenta central- executivă).

Astfel, o performanță scăzută în sarcini de memoria inversă a numerelor ar fi indica mai degrabă prezența unor deficite la nivelul memoriei vizuo-spațiale și nu central-executive. Mărimi mari ale efectului în cazul sarcinilor numerice CE, împreună cu o valoare moderată a efectului în sarcinile numerice PL, vin în sprijinul ipotezei deficitului de memorie de lucru domeniu-specifică. În același timp, concluzia este susținută și de valorile moderate ale mărimii efectului pentru sarcinile non - numerice CE, dar și efectul slab în sarcinile non - numerice PL.

Aceste rezultate sprijină ipoteza unui deficit de memorie de lucru în procesarea stimulilor numerici și sunt în acord cu rezultate anterioare (Passolunghi and Cornoldi, 2008). Raghubar (2010) oferă o interpretare alternativă a acestor rezultate, susținând importanța

cunoștințelor domeniu-specifice (cunoștințe despre numere și numerație, de pildă) pentru performanța în sarcini care vizează abilități cognitive generale (sarcini de memorie de lucru). O astfel de interpretare ar fi mai plauzibilă, în contextul în care o mărime moderată a efectului a fost obținută și în cazul sarcinilor non-numerice central-executive.

Cu alte cuvinte, d.î.m. au o performanță mai scăzută în sarcinile CE decât cei fără dificultăți, iar aceste diferențe se accentuează în cazul sarcinilor care conțin stimuli sau procesare numerică. Acesta nu pare a fi un rezultat neobișnuit dacă avem în vedere că tocmai în domeniul matematic (numeric), d.î.m. prezintă dificultăți (Raghubar, 2010). Rezultatele indică faptul că d.î.m. au dificultăți moderate în sarcini de memorie de lucru vizuo- spațială, care totuși nu sunt de natură numerică.

Cele două subsisteme domeniu-specifice ale modelul memoriei de lucru nu sunt în egală măsură afectate la cei cu d.î.m., prin comparație cu grupul fără dificultăți la matematică. Aceasta ar putea să indice faptul că nu atât funcția de coordonare realizată de CE este afectată, ci alte funcții. Pe de altă parte, rezultatele obținute pot să fie explicate și prin existența unei relații mai puternice între memoria vizuo-spațială și componenta central- executivă. Astfel, sarcinile de memorie vizuo-spațială ar încărca mai puternic componenta central executivă, decât sarcinile de stocare temporară cu material verbal (Miyake et al., 2001). Cu alte cuvinte, mărimea efectului pentru VSSP s-ar putea datora faptului că încarcă tot pe componenta central- executivă, care ar fi în cazul d.î.m. afectată.

Coexistența unui deficit de memorie de lucru vizuo- spațială cu cea a unui deficit CE numeric, ar putea fi explicată și prin eterogenitatea profilelor de dificultăți de învățare la matematică.

În al patrulea rând, am investigat dacă vârsta moderează variațiile în mărimile efectului, în cazul fiecărei componente a memoriei de lucru. Studii anterioare au arătat că relația dintre abilitățile de memorie de lucru și performanța matematică variază funcție de vârstă (Alloway, 2006). Într-adevăr, vârsta mediază valoarea mărimii efectului în cazul diferenței dintre performanța la sarcinile CE și VSSP, atunci când cei cu dificultăți de învățare sunt comparați cu grupuri echivalente ca vârstă cronologică, dar cu performanțe medii la matematică.

Acest lucru ar putea indica o posibilă întârziere în dezvoltarea abilităților de memorie de lucru la cei cu d.î.m., în comparație cu cei fără astfel de dificultăți. În cazul PL, relația nu a rezultat ca semnificativă. Rezultatul poate fi explicat prin absența variației la nivelul vârstei în cazul datelor colectate pentru măsurile buclei fonologice. Majoritatea studiilor incluse au

investigat diferențele în performanța la sarcinile de buclă fonologică în cazul participanților cu vârste cuprinse între 8 și 10 ani.

Putem conchide că deficitul sau întârzierea la nivelul componentei central executive este persistent, probabil domeniu - general, mai accentuat în cazul vârstelor mai mici, atunci când acționează ca o poartă de intrare pentru învățarea școlară. Mai mult, această întârziere sau acest deficit la nivelul componentei central executive poate explica profilul specific de competență procedurală al copiilor cu d.î.m. și al celor cu rezultate scăzute la matematică, în care sunt frecvente erorile procedurale în calcul și sunt mai greu abandonate strategiile imature de calcul (Geary, 2004; Geary, 2010). Dificultățile de reactualizare a faptelor aritmetice, care sunt destul de persistente în cazul celor cu d.î.m. și al unui subgrup cu rezultate scăzute la matematică, pot fi explicate, cel puțin în cazul primilor prin prisma dificultăților la nivelul funcțiilor de inhibare a informației irelevante ale componentei central executive.

Aplicații practice

Rezultatele obținute au relevanță directă pentru identificarea și diagnosticul dificultăților de învățare. Deficitele la nivelul memoriei de lucru sunt relaționate cu dificultățile de învățare la matematică, mai cu seamă în sfera componentei central executive și doar moderat la nivelul memoriei de lucru vizuo- spațiale. Rezultatele obținute nu ne permit să determinăm specificitatea acestor deficite în cazul dificultăților de învățare la matematică, dar vin în sprijinul schemei conceptuale de identificare și evaluarea a d.î.m. propus de Geary (1993).

O altă aplicație practică, tot din sfera identificării și diagnosticului d.î.m. rezultă din evidențierea unei mărimi mai accentuate a efectului în cazul comparațiilor în sarcinile numerice de memorie de lucru, în favoarea indivizilor cu performanțe medii la matematică și de aceeași vârstă cronologică cu a grupului cu d.î.m.. Aceste sarcini numerice care vizează componenta central executivă sunt rezolvate mult sub nivelul celor din grupul de control. Aceste rezultate susțin și nevoia unor intervenții mai specifice în antrenarea memoriei de lucru (de exemplu, antrenarea unor funcții executive specifice), concomitent cu intervenții proiectate pentru a forma și/sau consolida reprezentări corecte ale numerelor și ale relațiilor dintre numere.

De asemenea, ca urmare a faptului că cei cu d.î.m. au întâmpinat mai multe probleme în sarcinile CE, iar componenta aceasta este implicată în rezolvarea de probleme, adaptarea

instrucției ar fi proiectată în direcția reducerii încărcării acestei componente a memoriei de lucru.

Studiul 2. Efectul trainingului de memorie de lucru specific numerică asupra performanțelor matematice ale elevilor cu rezultate scăzute la matematică

Ipoteză: dacă în cazul celor cu d.î.m controlul atențional este mai scăzut datorită tipului de material numeric și/sau procesare numerică, atunci antrenarea acestei funcții în situații specific matematice va duce la o îmbunătățire a performanței în sarcini matematice de calcul, mai cu seamă în adunări și scăderi. Intervenția nu va viza o creștere a capacității memoriei de lucru, măsurată prin lungimea spanului de memorie, ci va viza mai degrabă o îmbunătățire a performanței în gestionarea concomitentă a componentelor de stocare și de procesare cu material numeric.

Metodă Participanți

Participanții sunt elevi ai claselor a III-a (3 clase de același nivel), din cadrul unei școli din Cluj-Napoca. Acestora li s-a administrat pre-testul, după obținerea acordurilor părinților (acord obținut în proporție de 94%). Pretestul a fost administrat unui număr de 72 de copii din cele 3 clase.

Pe baza rezultatelor la proba de fluență a calculului s-au format 2 grupuri de participanți, distribuiți grupului experimental (N=10) și celui de control (N=10). Așadar, din totalul de 72 de participanți, au fost selectați în urma probei de fluență a calculului doar aceia care au avut o performanță sub medie cu cel puțin 1 abatere standard. Fiecare clasă a avut un număr egal de participanți în fiecare din grupuri pentru a elimina o variabilă confundată, legată de stilul de predare și ritmul de predare specific clasei.

Având în vedere numărul mic de participanți, în baseline am optat pentru eşantionarea lor pereche și nu pe randomizare, în baza criteriului performanței în calcul.

Procedură

Anterior trainingului cu o săptămână, copiii au fost testați cu o probă de fluență a calculului și un test de memorie de lucru. La o săptămână de la încheierea trainingului, au fost efectuate evaluările post-testare.

Instrumente

- Proba de fluență a calculului permite măsurarea vitezei și acurateții de rezolvare a calculelor simple de adunare și scădere cu trecere peste ordin și de înmulțire. Presupune efectuarea unui număr cât mai mare de calcule corecte, în ordinea dată și într-o unitate de timp. Calculele sunt cu 2 termeni (respectiv factori). Termenii (factorii) sunt numere până la nouă.
- Subscala de memorie a numerelor, forma directă și inversă (Wechsler Intelligence Scale for Children- IV)

Programul de antrenament s-a desfășurat pe o perioadă de 3 săptămâni, cu două ședințe săptămânale a câte 50 de minute, în grupuri mici, de câte 4-5. Acest tip de training a vizat antrenarea abilităților de memorie de lucru în domeniul matematic, cuprinzând material numeric și sarcini de procesare matematică. Toate activitățile propuse presupuneau stocarea temporară și procesarea concomitentă de material numeric în cadrul sarcinii, în conformitate cu definițiile mai recente ale memoriei de lucru(Engle et al., 1999).

Rezultate

În etapa de pre-test, între cele două grupuri nu au existat diferențe, atât în ceea ce privește performanța la testul de calcul, cât și la nivelul capacității memoriei de lucru .

Comparațiile pre-test- post-test, utilizând metoda Wilcoxon, au pus în evidență diferențe semnificative între cele 2 momente, în cazul grupului experimental (mai puțin în cazul operației de scădere), dar nesemnificative în cazul grupului de control.

Tabel 1. Comparatii pretest - posttest - Wilcoxon

	Z grup experimental	Z grup de control
adunare	2.8**	0.7
scadere	1.4	0.82
inmultire	2.31*	0.71
memorie directa	2.52**	0.27
memorie inversa	2.04*	1.69

Note: ** semnificativ la un $p < .01$; * semnificativ la un $p < .05$

Tabelul2.

Mann Whitney - comparatii posttest (U)		
adunare	9	$p < .01$
scadere	31	$p > .05$
inmultire	14.5	$p < .01$
memorie directa	1.5	$p < .01$
memorie inversa	27	$p < .05$

Comparațiile în post-test, pentru cele două grupuri, pe baza testului neparametric Mann-Whitney, au pus în evidență diferențe semnificative între cele două grupuri, în favoarea celui experimental, deci în favoarea efectului intervenției. Astfel, efectul training-ului de memorie de lucru specific numerică este exprimat printr-o îmbunătățire a vitezei și acurateții în calculele de adunare și scădere, dar și în creșterea capacității memoriei de lucru.

Discuții

Pe baza rezultatelor putem conchide că elevii cu performanțe slabe la matematică beneficiază de pe urma unui astfel de program care vizează antrenarea memoriei de lucru prin sarcini cu conținut numeric. Totuși, ipoteza stabilită a fost confirmată parțial, în sensul că s-au constatat îmbunătățiri la nivelul capacității memoriei de lucru și la nivelul performanței în calcul cu adunări, dar nu și în cel cu scădere.

Câștigul s-a înregistrat la nivelul sporirii vitezei de calcul în sarcini de adunare și înmulțire. Este posibil ca alte mecanisme să fie implicate în scădere, mai puțin cele de memorie de lucru cu încărcare pe bucla fonologică. În cadrul trainingului a fost antrenată capacitatea de control atențional prin aceea că li s-a cerut participanților să gestioneze concomitent o operație de stocare (de material numeric oferit în modalitate verbală) și o operație de procesare.

În același timp, prin antrenarea capacității de control atențional am obținut și dezvoltarea capacității buclei fonologice, fapt evidențiat printr-o diferență semnificativă între cele două grupuri (experimental și control). Îmbunătățirea capacității buclei fonologice este susținută și de diferențele semnificative între cele două grupuri obținute în cazul operației de înmulțire. Aceste rezultate sunt în concordanță cu cele prezentate în literatura de specialitate, care indică faptul că bucla fonologică are un rol important în susținerea performanței la operațiile de înmulțire (dată fiind codarea fonologică a faptelor aritmetice).

Rezultatele obținute indică faptul că memoria de lucru poate fi antrenată în mod specific la copiii din ciclul primar, ceea ce este în concordanță cu alte rezultate din literatura de specialitate (Holmes et al., 2009). Activitățile selectate pentru includere în programul de training au o validitate ecologică mai ridicată decât cea a sarcinilor clasice de memorie de lucru, prin aceea că modelează situații în care memoria de lucru pentru domeniul numeric are aplicații în viața cotidiană (valori nominale ale numărului în secvența numărului de telefon, rezolvare de Sudoku etc.). Putem presupune că acest fapt va facilita și transferul acestor abilități de memorie de lucru de la nivelul sarcinilor specifice propuse la nivelul altor tipuri de sarcini matematice pe care elevul trebuie să le realizeze pentru a atinge succesul școlar și în care memoria de lucru este mai implicată.

Rezultatele obținute indică faptul că memoria de lucru este antrenabilă și că antrenarea ei specific pe domeniul numeric duce la efecte pozitive la nivelul performanței matematice. Totuși, aceste rezultate trebuie privite cu prudență. Datorită volumului mic de participanți avut la dispoziție, nu este posibil un calcul al mărimii efectului fiind astfel dificilă extragerea unei concluzii definitive în acest sens. De asemenea, rolul mediator al creșterii acesteia în îmbunătățirea performanței calculului nu a putut fi investigat având în vedere volumul mic al eșantionului cuprins în studiu. Pornind de la aceste rezultate preliminare, vom încerca în studii viitoare să depășim aceste limite prin includerea unui număr mai mare de participanți care să ne ofere o mai mare putere statistică.

Referitor la problematica generală a lucrării de față, reținem ca și concluzie a acestui studiu faptul că memoria de lucru este antrenabilă cu efect pozitiv asupra îmbunătățirii performanței în sarcinile de adunare și înmulțire prin îmbunătățirea capacității buclei fonologice și a funcțiilor componentei central executive.

Studiul 3. Adaptarea și validarea Early Numeracy Test (ENT) pentru limba română

Prin studiul de față ne propunem să investigăm proprietățile psihometrice ale unui instrument de evaluare a competenței matematice timpurii, adaptat pentru populația de vârstă preșcolară și școlară mică din România. Am optat pentru (Utrecht) Early Numeracy Test (Testul de competență matematică timpurie), întrucât este construit pe un model hibrid, care combină teoria piagetiană asupra formării conceptului de număr cu noile teorii ce așază la baza construirii conceptului de număr abilitățile de numărare. Astfel, testul permite atât evaluarea operațiilor prelogice- cu rol în formarea conceptului de număr, cât și a cunoștințelor legate de secvențele numerice și aplicațiile lor pe mulțimi de obiecte concrete.

Testul de competență matematică timpurie (ENT) - Van Luit and van de Rijt (1994, 2005). Descriere generală

Testul de competență matematică timpurie a fost construit de către membrii Departamentului de Educație Specială al Utrecht University, Olanda în cadrul unui proiect de cercetare. Testul a fost construit pentru a evalua competența matematică timpurie la preșcolarii din anii 2 și 3 de grădiniță, respectiv la școlarii din clasa I (copii cu vârste cuprinse între 4 și 7 ani). Aceste aspecte vizate prin intermediul testului ar urma, potrivit cercetărilor, o dezvoltare multiliniară, adică s-ar dezvolta aproximativ în aceeași perioadă și ar interacționa cu celelalte (Van de Rijt et al., 1999). Această observație, împreună cu rezultatele studiului de validare (Van de Rijt et al., 1999) (care prin Item Response Model și pe baza analizei factoriale au evidențiat faptul că un singur factor poate explica 60% din varianța), susțin pertinenta măsurării competenței matematice timpurii ca pe un construct unidimensional.

van de Rijt (1996) a selectat 8 aspecte ale competenței matematice timpurii pe care le vizează pentru evaluare prin intermediul ENT.

Prezentăm în continuare o descriere succintă a subtestelor cu definirea celor opt aspecte, pornind de la descrierea originală a testului (Van Luit and van de Rijt, 2005) :

- (1). *Noțiuni de comparație,*
- (2). *Clasificare,*
- (3). *Corespondența unu-la- unu,*
- (4). *Serierea,*
- (5). *Număratul verbal,*
- (6). *Număratul structurat,*

- (7). *Principiul cardinalului mulțimii de elemente în numărare,*
(8). *Cunoștințe generale despre numere.*

Demersul de validare a formei B a testului

Etapele demersului de adaptare sunt în conformitate cu normele de adaptare a instrumentelor de evaluare psihologică (Hambleton, 1994).

Studiul de culegere a datelor, analiza și interpretarea rezultatelor Procedura de culegere a datelor

Eșantionul utilizat în adaptarea testului ENT a cuprins un număr de 287 copii, cu vârste între 4 ani și 8 ani. Evaluările s-au realizat în perioada noiembrie-decembrie 2010. Administrarea testului a fost făcută de către studenți (2) și masteranzi (3) la Psihologie, care au urmat o sesiune de training în prealabil, pentru a respecta instrucțiunile standard de administrare.

Analiza fidelității măsurătorilor

Pentru a verifica precizia măsurării competenței matematice timpurii prin intermediul acestui instrument, am recurs la două metode: metoda analizei consistenței interne și metoda test- retest. Astfel, s-a obținut un coeficient α Cronbach= 0,83, considerat satisfăcător. Pentru a evalua gradul în care scorurile obținute de către un subiect sunt constante între 2 administrări, am recurs la metoda test- retest (cu readministrare la 3 luni). S-a calculat coeficientul de corelație liniară între scorurile obținute la cele 2 testări. Astfel, am obținut un coeficient de corelație $r(100) = 0.75$, semnificativ la un $p < 0.01$. Valoarea obținută indică o corelație puternică între scorurile la cele 2 testări, fapt ce ne îndreptățește să susținem că testul prezintă o bună stabilitate în timp.

Obținerea normelor pentru populația generală;

Pornind de la grupele de vârstă cuprinse în forma originală a testului ENT, am împărțit eșantionul nostru în același mod, adăugând o a șaptea grupă pentru a cuprinde copiii cu vârste de peste 7 ani și 7 luni, prezenți în clasa I în număr destul de mare.

Pornind de la scorurile brute, am obținut scorurile de competență (transformare liniară). Aceste scoruri de competență au fost utilizate în etalonare. Astfel, s-au realizat norme atât pe grupe de vârstă cât și pe nivel de școlaritate.

Analiza validității măsurătorilor.

Pentru varianta în limba română a formei B a Early Numeracy Test, am analizat în ce măsură scorurile testului estimează pozițiile ocupate în prezent de participanți în baza scorurilor la un test de inteligență fluidă (Raven Progressive Matrices, forma paralelă). Astfel, pe baza corelației Pearson între coeficientul de inteligență și scorul total brut la ENT, am obținut un coeficient de validitate $r=0,51$, semnificativ la un $p < 0,01$, ceea ce indică o validitate bună a testului ENT.

Validitatea predictivă a fost investigată prin intermediul analizei de regresie simplă, utilizând ca și criterii un test de cunoștințe matematice construit pe baza curriculum-ului de clasa I și un test de calcul aritmetic cu limită de timp. Coeficientul de regresie nestandardizat obținut este 0,613. Intervalul de încredere de 95% pentru acești coeficienți este de (0,5-0,72). Coeficientul standardizat de regresie obținut este $\beta = 0,65$. Coeficientul de determinare (R^2) obținut este de 0,43, cu o eroare standard de estimare de $\varepsilon = 3.17557$ indică procentul de variație din variabila dependentă determinat de variația variabilei independente. Cu alte cuvinte 43% din variația scorurilor la testul de cunoștințe matematice se datorează scorurilor la testul de competență matematică timpurie. În cazul relației predictive cu variabila criteriu, calcul matematic coeficientul de regresie nestandardizat obținut este 0,72. Intervalul de încredere de 95% pentru acești coeficienți este de (0,4; 0,10).

Coeficientul standardizat de regresie obținut este $\beta = 0,47$. Coeficientul de determinare (R^2) obținut este de 0,22, cu o eroare standard de estimare de $\varepsilon = 0,56$ indică procentul de variație din variabila dependentă determinat de variația variabilei independente. Cu alte cuvinte 22% din variația scorurilor la testul de calcul poate fi explicată pe baza scorurilor la testul de competență matematică timpurie.

Analiza dezvoltării pe vârste

Pentru a vedea dacă scorurile la testul de competență matematică timpurie diferă în raport cu vârsta subiectului, am testat diferențele dintre mediile scorurilor brute la cele 7 grupe de vârstă. Am optat pentru un test one-way ANOVA, în care vârsta a fost considerată

ca variabilă independentă (categorială), iar scorurile brute la ENT- variabila dependentă. Efectul vârstei a rezultat ca semnificativ ($F_{6,280} = 23.806, p < 0.01$).

Discuții și concluzii

Forma B a testului prezintă o consistență internă bună (α Cronbach= 0,83) și o bună stabilitate în timp a măsurătorilor (corelație test-retest=0,75, $p < 0,01$). Validitatea relativă la criteriu a testului a fost investigată prin calculul validității concurente (prin corelarea scorurilor la ENT cu cele la Matricile Progresive Color, forma paralelă) și al validității predictive. Astfel, corelația Pearson obținută ($r=0.51, p < 0,01$) indică o validitate concurentă bună, o relație semnificativă între scorurile la testul ENT și criteriul independent (aici un test de evaluare a abilităților intelectuale).

Validitatea predictivă a testului a fost investigată pe baza analizei de regresie lineară simplă, urmărindu-se relația dintre scorurile la testul ENT și performanța la un test de cunoștințe matematice și un test de calcul, administrate la finalul clasei I. Rezultatele obținute ($R^2=0,43; R^2=0,22$) indică faptul că o proporție mare din varianța performanței matematice la sfârșitul clasei I poate fi explicată de varianța în performanța la testul ENT. O proporție mai mare din varianța performanței la testul de cunoștințe este explicată de cea a performanței la ENT, forma B. De asemenea, scorul de competență obținut, ne permite stabilirea nivelului de competență matematică, prin raportarea la normele pe grupe de vârstă sau pe nivel de școlarizare.

În stabilirea acestor niveluri s-a recurs la utilizarea unor scoruri de secționare în acord cu cele utilizate în prezent în literatura de specialitate pentru diferențierea celor cu dificultăți de învățare din sfera matematicii de cei cu rezultate scăzute. Pe baza rezultatelor obținute putem concluziona că Early Numeracy Test (Test de competență matematică timpurie), forma B este un instrument valid care poate fi utilizat în evaluarea nivelului de competență matematică timpurie, dar și în predicția performanței matematice la clasa I.

Studiul 4. Abilitățile cognitive generale și specific numerice ca predictorii ai performanței matematice la clasa I

Obiective generale:

1. Descrierea relațiilor dintre abilitățile cognitive, fonologice și cele numeric specifice în predicția performanței matematice la clasa I.
2. Identificarea acelor predictorii puternici care vor putea fi ulterior utilizați în screening-ul dificultăților de învățare la matematică.
3. Verificarea modelelor teoretice existente cu privire la abilitățile care susțin dezvoltarea abilităților de numerație și calcul.

Obiective specifice:

1. investigarea relației cauzale dintre abilitățile de memorie de lucru, inteligență fluidă, procesări fonologice și abilități vizuo- spațiale și performanța la matematică în clasa I
2. investigarea contribuției unice a memoriei de lucru în predicția performanței matematice la finalul clasei I, prin izolarea altor variabile cognitive
3. determinarea combinației eficiente de predictorii ai performanței matematice la clasa I
4. investigarea relației dintre abilitățile de memorie de lucru și a celor numeric-specifice (precum acuitatea ANS) în predicția performanței matematice
5. analiza rolului diferit al componentelor memoriei de lucru asupra performanței în sarcini de numerație și calcul, în etapa de inițiere a elevului în educația matematică sistematică
6. replicarea rezultatelor privind importanța abilităților de numărare pentru performanța matematică la clasa I.

Metoda

Participanți

Un număr de 165 de copii de clasa I, din 2 județe (Cluj și Dolj) diferite au fost testați la intrarea la clasa I și 7 luni mai târziu. Participarea copiilor s-a făcut pe bază de voluntariat, cu obținerea acordului în scris al părinților.

Procedură

Participanții au fost testați în două etape. Prima etapă a durat pe parcursul lunilor octombrie și noiembrie, iar a doua în lunile aprilie-mai.

În prima etapă au fost administrate măsurile pentru variabilele cognitive incluse în studiu. În a doua etapă, au fost administrate colectiv testul de cunoștințe la matematică și cel de calcul. Proba ANS a fost administrată individual, într-o sală diferită de sala de clasă.

Instrumente

Instrumente de evaluarea a factorilor cognitivi incluși în studiu

Evaluarea **inteligenței fluide** s-a realizat cu ajutorul Matricilor Progressive Color (Raven, Raven and Court, 2005), forma paralelă. Ediția în limba română prezintă o consistență internă α Cronbach= 0,90; fidelitatea test- retest $r= 0,67$.

Abilitățile de procesare spațială, care fac referire la abilitatea de manipulare mentală a figurilor bi și tri- dimensionale au fost măsurate cu ajutorul subtestului Construcție din cuburi (Block Design) din Wechsler Intelligence Scale for Children-IV (ediția în limba română). Coeficienții de fidelitate sunt adecvați și au valori de peste 0.9.

Evaluarea **funcțiilor executive** s-a realizat pe baza subtestului Turnul (care face parte din bateria Nepsy). Testul măsoară funcțiile executive de planificare, monitorizare a pașilor și erorilor și ale rezolvării de probleme. Acest subtest prezintă un coeficient de fidelitate de $\alpha=0,90$ pentru grupa de vârstă 6 ani, $\alpha= 0, 83$ pentru grupa de vârstă 7 ani și $\alpha=0,77$ pentru grupa de vârstă 8 ani și un coeficient de stabilitate $r = 0, 49$ pentru grupa de vârstă 7-8 ani.

Abilitățile de **memorie de lucru** au fost măsurate prin intermediul mai multor probe. Astfel, funcționalitatea **buclei fonologice** a fost evaluată prin intermediul probei de Memorie directă a numerelor (Wechsler Intelligence Scale for Children- IV). Aceasta este considerată o măsură a **memoriei verbale de scurtă durată**. Coeficienții de fidelitate sunt adecvați și au valori de peste 0.9.

Pentru a avea și o măsură non - numerică, am construit pe baza descrierilor din literatura de specialitate (Noel, 2009) o probă de memorie directă a cuvintelor monosilabice. Consistența internă a probei, măsurată pe baza metodei split- half este bună (coeficient Guttman split-half= 0, 74, Spearman-Brown $r= 0,74$).

Componenta central- executivă a fost evaluată prin intermediul subtestului de Memorie inversă a numerelor din Wechsler Intelligence Scale for Children-IV (Ediția în

limba română, 2011). Consistența internă este adecvată, coeficientul α Cronbach având o valoare mai mare decât 0.9.

Măsurarea funcționalității memoriei vizuo- spațiale s-a realizat prin intermediul unei sarcini tip Corsi blocks, în variantă computerizată, construită pe baza descrierilor din literatura de specialitate.

Proba de conștiință fonologică a fost adaptată după Probe de conștientizare fonologică, sursa: Reeducation orthophonique nr. 197/ 1999; sursa secundară „Set de instrumente, probe și teste pentru evaluarea educațională a copiilor cu dizabilități”). Consistența internă a probei este acceptabilă (α Cronbach=0.67).

Testul de cunoștințe matematice este un instrument educațional informal, construit pe baza pornind de la curriculum de matematică pentru clasa I în vigoare (2003), a descriptorilor de performanță aferenți acestuia, dar și prin consultarea unui manual alternativ de Matematică, pentru clasa I (Pacearcă și Mogoș, 2004). Varianta finală a testului a cuprins un număr de 23 de itemi, grupați pe următoarele dimensiuni: numărat, ordonare, citirea și scrierea numerelor, comparații numerice, compunere, calcul.

Datele brute obținute au reprezentat baza pentru calculul consistenței interne a instrumentului. S-a obținut un coeficient α Cronbach= 0,84, care corespunde unei consistențe interne bune.

Testul de fluentă a calculului

Acest test este un instrument educațional informal. Testul conține operații de adunare și scădere cu doi termeni. Testul cuprinde 4 subteste, câte două pentru fiecare operație care se studiază în clasa I : 2 subteste de adunare și 2 subteste de scădere. Subtestele diferă între ele și prin mărimea materialului numeric. Astfel, primele 2 subteste de adunare și respectiv scădere conțin fiecare câte 81 de operații, cu și fără trecere peste ordin, al căror rezultat este cuprins în centrul 0-20.

Următoarele 2 subteste cuprind fiecare câte 54 de operații de adunare, respectiv scădere, în centrul 10-100, dar fără trecere peste ordin. Pentru fiecare subtest, copiii au avut la dispoziție 5 minute pentru a-l rezolva. Exercițiile de calcul au fost organizate pe coloane de câte 27, copiii având sarcina de a le parcurge în ordine. Scorul a fost reprezentat de numărul total de operații corect rezolvate. S-a calculat și un indice de performanță, reprezentând suma rapoartelor de acuratețe pentru fiecare dintre cele 4 subteste. Raportul de

acuratețe reprezintă valoarea rezultată prin împărțirea numărului de calcule corect efectuate la totalul calculelor din cadrul subtestului.

Proba ANS

ANS este evaluat prin sarcini de comparație efectuate pe mulțimi mari de obiecte. Sarcina de comparare aproximativă utilizată a fost dezvoltată pe baza sarcinilor construite de Barth et al. (2005). Pentru a obține un indicator al acuității sistemului de reprezentare aproximativă a numărului, am optat pentru calculul fracției Weber corespunzătoare raportului cel mai dificil. Am înregistrat frecvența răspunsurilor corecte și am calculat un scor de probabilitate a răspunsului corect în cazul raportului care reclamă nivelul de acuitate de 0.2, corespunzător plajei de vârste a participanților (Halberda et al., 2008). Calculul fracției Weber s-a făcut după formula $w = (n_1 - n_2) / n_2$, dacă $n_2 < n_1$ și respectiv $(n_2 - n_1) / n_1$, dacă $n_1 < n_2$. În cazul fiecărui participant s-au calculat fracțiile Weber pentru fiecare din cele 24 de comparații.

Design

Pentru a investiga predictorii performanței matematice am optat pentru o procedură multivariată, care să ne permită considerarea mai multor predictorii pentru variabila noastră criteriu.

Deoarece avem un număr mare de variabile-predictor, unele care se suprapun parțial, vom investiga mai întâi valoarea de predicție pe blocuri de variabile, iar apoi le vom combina pe cele rezultate într-un model de predicție. Acest model va fi ulterior supus testului de validare, prin utilizarea simultană a două eșantioane. Am optat pentru regresia multiplă ierarhică, ca metodă de analiză, care ne permite introducerea variabilelor independente în ordinea dorită. Astfel, am utilizat modelul de regresie ierarhic cu introducere forțată.

Rezultate

Mai întâi am analizat utilitatea includerii anumitor măsuri ale componentelor memoriei de lucru în modelul de predicție.

Tabelul 3. Matricea de corelații între măsuri ale componentelor memoriei de lucru și matematică

	Test de cunoștințe la matematică	DSF	DSB	MVSSP	wordspan
Test de cunoștințe la matematică	-	.377**	.376**	.283**	.179
DSF	.377**	-	.323**	.223*	.527**
DSB	.376**	.323**	-	.294**	.303*
MVSSP	.283**	.223*	.294**	-	.253
wordspan	.179	.527**	.303*	.253	-

Notă: ** $p < .01$; * $p < .05$

DSF – memoria directă a numerelor; DSB – memoria inversă a numerelor; MVSSP – memoria vizuo-spațială;

Așa cum arată matricea de corelații de mai sus, cea mai puternică relație dintre o măsură a memoriei de lucru și performanța matematică este cu memoria directă a numerelor și cu memoria inversă. Ambele corelează pozitiv cu performanța la matematică. O corelație pozitivă mai scăzută, dar totuși semnificativă este cea între memoria vizuo-spațială și performanța matematică. Nivelul de semnificație pentru r a fost supus corecției Bonferroni, astfel am ridicat pragul de semnificație la 0.005. Măsura non-numerică a memoriei fonologice nu corelează semnificativ cu criteriul, astfel, ca ea nu va fi introdusă în modelul de regresie. Analizând relațiile dintre variabilele predictor, observăm că acestea sunt semnificative (mai puțin corelația dintre memoria vizuo- spațială și wordspan). O corelație puternică există între cele 2 măsuri de memorie a numerelor, iar o corelație mai scăzută, dar semnificativă și pozitivă s-a înregistrat între măsura de memorie inversă a numerelor și cea de memorie vizuo-spațială. Pe baza acestor constatări, am eliminat wordspan și am stabilit ordinea de introducere forțată a blocurilor de predicție.

Am introdus aceste variabile în modelul nostru în ordinea următoare: memoria inversă a numerelor, memoria directă, memoria vizuo-spațială.

Analiza rezultatelor indică faptul că două din cele trei modele au o putere de predicție apropiată ($R=0,54$ și $R=0,55$). R^2 change ne indică faptul că eliminarea ultimului model ar avea un efect redus asupra lui R^2 . Primul model explică cea mai mare parte din proporția valorilor prezise ($R^2=0,234$, $F(1, 102)=31,158$, $p=0,001$). Așadar, 23% din varianța rezultatelor la testul de cunoștințe matematice se datorează variabilității acestui predictor (măsură a componentei central- executive).

Valoarea R^2 pentru al doilea model indică faptul că introducerea memoriei de scurtă durată fonologică în modelul de predicție explică, în plus, încă 5.8% din varianța valorilor prezise ($R^2=0,29$, $F(2, 101)= 20.77$, $p<0,001$). Introducerea în cel de-al treilea model a predictorului memorie vizuo-spațială adaugă un procent în plus ($R^2=0,30$, $F(3, 100)= 14,81$, $p<0,001$).

În toate cele trei modele, coeficientul de regresie multiplă este semnificativ statistic ($p<0.001$), ceea ce infirmă ipoteza nulă și susține că predicția pe baza acestui model este mai bună decât predicția aleatorie. Din analiza sum of squares residuals, constatăm că introducerea de predictor pe lângă cel de memorie inversă, va duce la o putere de predicție mai mare, dar nu va modifica nivelul de încredere, care este unul semnificativ.

În cazul primului model, în care am introdus doar variabila memorie inversă, $\beta=0,484$, $t(102)=5.58$, $p<0.001$. Pentru modelul al doilea, ambii coeficienți sunt semnificativi statistic ($\beta_{dsb}= 0,38$, $t=4,22$, $p<0.001$; $\beta_{dsf}= 0,26$, $t=2,86$, $p<0.01$). În al treilea model, coeficientul aferent variabilei memorie vizuo-spațială este neseemnificativ ($\beta= 0,13$, $t=1,52$, $p>0.10$). Pe baza acestor rezultate, putem spune că cel mai bun model de predicție este al doilea, adică cel care se bazează pe primul și al doilea bloc de variabile. Blocul al treilea va fi exclus din modelul final de predicție.

Pe baza acestei analize de regresie, am izolat acele măsuri ale componentelor memoriei de lucru care s-au dovedit cu o putere de predicție mai mare pentru performanța la testul de cunoștințe matematice. Astfel, în modelul final vom include doar memoria directă și memoria inversă, ca măsuri ale variabilelor: memorie de scurtă durată fonologică și componentă central- executivă.

În continuare am procedat la identificarea acelor abilități relevante pentru predicția performanței în calcul la clasa I.

Mai întâi am analizat utilitatea introducerii probei ANS. Astfel, observăm că participanții au obținut scoruri situate între 0.10 și 1.00, normal distribuite. Fiind o probă experimentală derivată pe baza descrierilor din literatura de specialitate, am optat pentru compararea performanțelor cu șansa. Performanța participanților s-a situat peste șansă ($t = -521,08$; $p < .01$), ceea ce indică faptul că sarcina a fost adecvată sub aspectul gradului de dificultate, în raport cu nivelul intelectual și vârsta cronologică a acestora. În continuare, am efectuat analizele de corelație dintre performanța la testul de cunoștințe, cea la testul de calcul și scorul la proba ANS. Proba ANS nu a corelat semnificativ cu nici una din măsurile performanței matematice (în cazul testului de cunoștințe matematice am obținut un $r(73)= -$

0,4, $p = ns.$; corelația cu testul de calcul este $r(73) = -0,7$, $p = ns.$). Pe baza acestui rezultat, am optat pentru excluderea acesteia din modelul de predicție.

Din analiza matricei de corelații bivariante între mai multe abilități cognitive și fonologice și performanța în testul de calcul, am izolat doar variabilele care au o asociere mai puternică și semnificativă cu performanța aritmetică. Astfel, am introdus inițial măsuri ale abilităților fonologice (conștiință fonologică și memorie fonologică), abilităților vizuo-spațiale (procesare vizuo-spațială și memorie de lucru vizuo-spațială), abilități cognitive generale (măsuri ale funcționării executive: Turnul și memoria inversă a numerelor).

Dintre aceștia, singurele variabile care au fost semnificativ relaționate cu performanța în calcul scris, la elevii de clasa I, au fost memoria directă ($r(76) = 0,40$, $p < 0,001$) și memoria inversă a numerelor ($r(76) = 0,23$, $p = 0,05$). Aceeași procedură Enter, cu introducere forțată a fost derulată pentru a analiza puterea predictivă a celor două pentru performanța în calcul. În primul bloc am introdus memoria fonologică, iar în al doilea componenta central-executivă. Coeficienții de determinare indică faptul că aceste abilități de memorie de lucru explică o proporție semnificativă din varianța scorurilor la testul de calcul, la copiii de clasa I. Astfel, în cazul memoriei directe a numerelor, am obținut un $R^2 = 0,16$.

Pentru memoria inversă, coeficientul de determinare a fost de $R^2 = 0,18$. Prin adăugarea celui de-al doilea predictor, modificarea coeficientului de determinare aferent memoriei directe este ne semnificativă statistic. Coeficienții ecuației de regresie pentru cele două variabile predictor au o semnificație statistică diferită. Astfel, dacă pentru memoria directă, $\beta = 0,40$, $t = 3,85$, $p < 0,001$, pentru memoria inversă $\beta = 0,14$, $t = 1,29$, $p > 0,10$. Această din urmă variabilă nu constituie un bun predictor al performanței în calcul.

În continuare, am procedat la considerarea unor variabile din alte categorii: abilitatea intelectuală, competența matematică timpurie, abilitățile de procesare aproximativă a numărului. Pe lângă acestea, am introdus în model, în același bloc performanța globală la testul de memorie a numerelor. Variabila dependentă a fost și de această dată performanța la testul de cunoștințe matematice.

Astfel, am selecționat aleatoriu un grup de participanți pentru a realiza analiza de regresie și a determina ecuația de regresie. Un alt grup va fi utilizat pentru validarea modelului de regresie. Astfel, din totalul de 165 de participanți, am sortat datele în ordine alfabetică și am selectat primii 85 pentru analiza de regresie și restul de 80 pentru procedura de validare. Analiza de regresie a fost realizată printr-un model ierarhic cu introducere forțată. Volumul eșantionului ține seama de raportul cu numărul variabilelor independente. (Green, 1991, apud Popa, 2010).

Am analizat și de această dată matricea de corelații bivariate, pentru a determina relațiile liniare relevante, dar și prezența multicolarității între variabilele independente considerate. Tabelul 4 prezintă matricea de intercorelații și pragurile de semnificație pentru coeficienții Pearson obținuți. Nivelul de semnificație pentru r a fost supus corecției Bonferroni.

Tabelul4. Matrice corelatii

	Test cunoștințe matematică	ENT	Raven	Memoria numerelor	ANS
Test cunoștințe matematice	-	.513**	.588**	.399**	.006
ENT	.513**	-	.510**	.367**	.017
Raven	.588**	.510**	-	.390**	.203
Memoria numerelor	.399**	.367**	.390**	-	-.032
ANS	.006	.017	.203	-.032	-

Din analiza matricei de corelații constatăm că măsura sistemului de reprezentare aproximativă a numărului nu corelează semnificativ cu nici una dintre celelalte variabile considerate și, în consecință, nu va fi introdus în rândul predictorilor în analiza noastră. Între variabilele predictor se observă câteva corelații puternice și semnificative. Multicolaritatea va fi ulterior analizată statistic pe baza indicilor VIF și ai toleranței.

Pornind de la valorile coeficienților Pearson, în analiza de regresie ierarhică, am introdus prima dată competența matematică timpurie (ținând seama de gradul de asociere cu performanța la testul de matematică), apoi am introdus abilitatea intelectuală și abia în al treilea bloc memoria de lucru.

În urma derulării procedurii de regresie ierarhică, au fost obținuți următorii coeficienți de determinare. Pentru primul bloc, reprezentat de scorurile la testul de competență matematică timpurie, a rezultat un coeficient de determinare $R^2=0,26$ ($SE=3,35$, $F(1, 78)=27,87$, $p<0,001$) și un R^2 corectat=0,25. Aceasta indică faptul că o proporție semnificativă din variabilitatea scorurilor la testul de cunoștințe matematice se datorează varianței în scorurile la testul de competență matematică timpurie (26%). Prin introducerea celei de-a doua variabile predictor, inteligența, al doilea model poate să explice 41,7% ($R^2=0,41$, R^2 corectat=0,40, $SE=3,00$, $F(2,77)=27,52$, $p<0,001$). Prin introducerea memoriei numerelor proporția de varianță explicată se mărește la 45% ($R^2=0,45$, R^2 corectat=0,43, $SE=2,92$, $F(3,76)=21,15$, $p<0,001$).

În toate cele trei cazuri, coeficientul de regresie multiplă este semnificativ statistic, indicând că predicția pe baza modelului este mai bună decât predicția aleatorie. Includerea unor variabile suplimentare alături de ENT crește precizia predicției (reducându-se valoarea corespunzătoare sumei variabilității totale neexplicate a modelului), dar nu și nivelul de încredere, care este oricum unul destul de ridicat.

Tabelul 5. Coeficienții standardizați și nestandardizați ai ecuațiilor de regresie pentru cele trei modele de predicție

Model		Coeficienții nestandardizați		t	Sig.	Intervalul de încredere de pentru B (95%)		Indicii de coliniaritate		
		B	SE			Min	Max	Toleranță	VIF	
1	(Constant)	-.055	3.084	-.018	.986	-6.194	6.085			
	ENT	.498	.094	.513	5.279	.310	.686	1.000	1.000	
2	(Constant)	-10.677	3.632	2.940	.004	17.908	3.445			
	ENT	.294	.096	.302	3.061	.103	.484	.776	1.289	
	Raven	.165	.037	.445	4.503	.000	.092	.238	.776	1.289
3	(Constant)	-11.433	3.549	3.221	.002	18.501	4.364			
	ENT	.278	.094	.286	2.966	.004	.091	.464	.772	1.296
	Raven	.142	.037	.383	3.839	.000	.068	.216	.720	1.389
	MN	.349	.151	.208	2.307	.024	.048	.651	.883	1.132

Pe baza valorilor coeficienților de determinare, a semnificație statistice a modelelor considerate, suntem îndreptățiți să păstrăm un model care să includă toate cele trei blocuri considerate inițial.

Pornind de la coeficienții B și valoarea a, putem să determinăm ecuația de regresie multiplă pentru modelul cu trei variabile predictor. Astfel, $y = -11,433 + (0,278 * ENT) + (0,142 * Raven) + (0,349 * MN)$.

Validarea modelului de predicție

Pentru validarea ecuației de regresie determinate am calculat valorile prezise pentru un alt eșantion și le-am corelat cu valorile variabilei performanță matematică ale eșantionului de validare. În cazul corelației dintre valorile prezise pe baza ecuației de regresie și cele reale obținute de către eșantionul de control, s-a obținut un $r(74) = 0,78$, $p < 0,001$. Această valoare ridicată indică o corelație puternică între cele două seturi de date, cele prezise și cele obținute, ceea ce reprezintă o confirmare a stabilității modelului de predicție în cazul unui alt eșantion de participanți.

Rezultate

În studiul de față, am investigat mai întâi relația de predicție dintre memoria de lucru și performanța matematică la clasa I. Am analizat separat relația dintre măsurile memoriei de lucru și un test de cunoștințe matematice construit pe baza curriculumului de clasa I, respectiv un test de calcul. Astfel, am evaluat abilitățile memoriei de lucru, pe cele trei componente ale modelului original al lui Baddeley and Hitch (1974), la începutul clasei I. După 7 luni am administrat instrumentele de evaluare a cunoștințelor matematice și deprinderii de calcul. Analizele corelaționale au arătat că toate cele trei componente ale memoriei de lucru au corelat semnificativ cu scorurile la testul de cunoștințe matematice.

Contrar așteptărilor noastre, relația dintre măsura non-numerică a memoriei fonologice și performanța matematică nu a fost semnificativă. În schimb, măsura numerică a buclei fonologice a corelat puternic cu performanța la testul de cunoștințe matematice. Corelația dintre cele două măsuri ale buclei fonologice este un puternică ($r=0,52$, $p<0.001$), ceea ce ne oferă informații în legătură cu validitatea cu referire la criteriu a probei experimentale wordspan.

În prima etapă a demersului nostru de identificare a variabilelor predictor relevante pentru performanța la matematică, am introdus , pornind de la coeficienții de corelație liniară obținuți, mai întâi variabila componentă central- executivă. Al doilea bloc a cuprins memoria de scurtă durată fonologică, iar al treilea memoria de lucru vizuo- spațială. Pe baza rezultatelor obținute, am constatat că memoria inversă, singură explică 23 % din variabilitatea scorurilor la testul de cunoștințe matematice. Altfel spus, componenta central- executivă reprezintă un bun predictor al performanței la un test de cunoștințe matematice.

Prin adăugarea unui alt predictor, memoria de scurtă durată fonologică, este explicată o proporție mai mare (29%). În schimb, introducerea memoriei vizuo-spațiale în al treilea bloc aduce o modificare procentuală mică (1%). Analizând valorile coeficienților nestandardizați și standardizați ai ecuației de regresie, precum și semnificația lor statistică, constatăm că în cazul celui de-al treilea bloc, coeficientul corespunzător memoriei vizuo-spațiale este nesemnificativ, ceea ce ne îndreptățește să îl eliminăm din analizele următoare. Astfel, performanța la testul de cunoștințe matematice administrat spre sfârșitul clasei I poate fi estimată pe baza performanței la o măsură a componentei central-executive, dar și pe baza performanței la o măsură specifică, a buclei fonologice.

Trebuie precizat faptul că, deși evaluează componente diferite ale memoriei de lucru, ambele măsuri sunt de natură numerică. Memoria de lucru vizuo-spațială explică o proporție

mică în cadrul modelului de predicție ce cuprinde și măsurile componentei central- executive și ale buclei fonologice. O posibilă explicație este oferită de valoarea coeficientului de corelație dintre memoria inversă a numerelor și memoria vizuo- spațială ($r= 0,29$, $p<0.001$), dar și dintre memoria directă a numerelor și memoria vizuo- spațială ($r=0,22$, $p<0.001$). Corelația mai puternică cu memoria inversă vine în sprijinul ipotezei potrivit căreia sarcinile de memorie vizuo- spațială ar încărca mai puternic componenta central- executivă, decât o fac sarcinile de buclă fonologică (Miyake et al., 2001).

De asemenea, unii cercetători susțin că sarcinile de memorie vizuo-spațială necesită resurse atenționale de la componenta central-executivă mai cu seamă la vârstele mai mici (Alloway et al., 2006, apud De Smedt et al., 2009). Totuși, De Smedt et al. (2009) au arătat că la clasa I, memoria de lucru vizuo- spațială și central- executivă, nu și bucla fonologică au contribuit unic la predicția performanței matematice. Mai mult, analizând separat contribuția componentei spațiale și a celei vizuale, autorii susțin că puterea predicției memoriei vizuo-spațiale este conferită mai degrabă de sarcina tip Corsi.

În studiul nostru, bucla fonologică explică în plus față de componenta central executivă, o proporție mare din varianța scorurilor la testul de cunoștințe matematice.

Este posibil ca această comutare de pe reprezentările vizuale pe cele fonologice să se producă mai repede, în cazul copiilor români, ca și consecință a acțiunii combinate a mai multor factori, precum facilitarea oferită de o limbă fonetică, dar și de un sistem de numerație destul de transparent, contactul cu reprezentările simbolice abstracte încă din grădiniță.

Performanța în calcul a corelat cel mai semnificativ cu bucla fonologică ($r=0,40$, $p<0,001$). Corelația cu memoria inversă a numerelor are o semnificație bună, dar are o putere mai redusă decât cu cea fonologică ($r= 0,23$, $p< 0.05$). Corelațiile cu abilitățile vizuo-spațiale și cele fonologice au avut valori apropiate de aceasta, dar care nu au atins pragul de semnificație. În predicția performanței în calcul la clasa I, bucla fonologică poate să explice singură 16% , iar împreună cu componenta central- executivă, 18 %.

Aceste rezultate sunt în concordanță cu studii anterioare care au arătat că abilitățile de memorie fonologică măsurate la începutul clasei întâi au constituit predictorii semnificativi ai performanței la adunare patru luni mai târziu (Noel et al., 2004). Conștiința fonologică nu a corelat semnificativ cu performanța în calcul și, în consecință nu a fost inclusă în modelul de predicție. Studii anterioare au arătat că cele două sunt relaționate mai degrabă atunci când se reactualizează automat rezultate din memoria de lungă durată.

Testul de calcul utilizat a cuprins, în cazul nostru calcule simple, dar cu trecere peste ordin și calcule fără trecere peste ordin, dar cu numere mari. În ambele situații, rezultatele

adunărilor și scăderilor nu au fost reactualizate automat, copiii fiind nevoiți să pună în lucru strategii de calcul, precum strategiile de numărare sau descompunere. Astfel, pentru o performanță bună, copiii s-au sprijinit mai degrabă pe resursele memoriei de scurtă durată fonologice și pe cele central-executive.

Un alt rezultat interesant este absența oricărei corelații dintre măsura de acuitate a sistemului de reprezentare aproximativă a numărului și performanța matematică în sarcini de numerație și calcul. Cele două instrumente prin care s-a măsurat performanța matematică cuprind sarcini numerice/aritmetice exacte. Astfel, pe baza acestor rezultate putem spune că sistemul de reprezentare aproximativă a cantităților nu joacă un rol important în dezvoltarea abilităților aritmetice exacte. Acest rezultat este în acord cu alte studii (Iuculano et al., 2008). Astfel, în clasa I, acest sistem nu constituie un precursor al abilităților aritmetice exacte. Faptul că acesta nu a corelat semnificativ cu nici una din variabilele cognitive și fonologice, ne face să presupunem că acesta este un sistem specializat și independent, care este pus în lucru doar în sarcini de procesare matematică aproximativă.

În continuare, după ce am evidențiat valoarea predictivă a memoriei numerelor atât pentru testul de cunoștințe matematice, cât și pentru cel de calcul, am adăugat și alte variabile cognitive și specific numerice, respectiv abilitatea intelectuală și abilitățile de numărare. Introducerea abilității intelectuale în modelul de predicție a redus din puterea de predicție a memoriei de lucru, ceea ce indică faptul că variabilitatea explicată de memoria de lucru, la nivelul performanței în testul de cunoștințe matematice s-a suprapus cu variabilitatea explicată de abilitatea intelectuală. Acest rezultat era unul așteptat, dat fiind faptul că abilitățile de memorie de lucru sunt puternic relaționate cu abilitatea intelectuală (Conway, Kane and Engle, 2003; apud De Smedt et al., 2009).

La fel, considerăm că există o suprapunere parțială între variabilitatea la testul de cunoștințe matematice datorată abilităților de numărare și cea datorată abilităților de memorie fonologică, întrucât abilitățile de numărare se sprijină pe reprezentările fonologice. Dat fiind că nu vorbim despre abilități identice sau despre o suprapunere totală, am optat pentru includerea memoriei de lucru în modelul de predicție. Modelul considerat în analiza de regresie și cel supus validării cuprinde abilitățile de numărare, abilitatea intelectuală și abilitățile de memorie de lucru. Analiza de regresie a pus în evidență faptul că modelul de regresie bazat pe cele trei componente explică o proporție considerabilă din varianța scorurilor la testul de cunoștințe matematice ($R^2=0,45$, R^2 corectat= $0,43$, $SE= 2,92$, $F(3,76)= 21,15$, $p<0,001$).

Abilitățile de numărare, independent au explicat 26 % ($R^2=0,26$; $ES=3,35$; $F(1, 78)= 27,87$, $p<0,001$). Deloc de neglijat este contribuția abilității intelectuale adăugate abilităților de numărare ($R^2\text{change}=0,154$, $F\text{ change}(1,77)= 20,279$, $p<0.001$). Astfel, prin introducerea celui de-al treilea bloc, modelul explică , în plus 3,8% din varianța scorurilor la testul de cunoștințe matematice ($R^2\text{change}=0,38$, $F(1, 76)= 5,324$, $p=0,024$).

Ecuția de regresie astfel determinată a fost ulterior validată pe baza corelației puternice între valorile la testul de cunoștințe, prezise pe baza ei și performanța reală a participanților dintr-un eșantion diferit de cel pe care s-a realizat analiza de regresie. Astfel, modelul de predicție pe baza abilităților de numărare, abilității intelectuale și a celor de memorie de lucru este unul stabil.

Pe baza rezultatelor obținute, putem să concluzionăm că în predicția performanței matematice la clasa I un rol important îl joacă, pe lângă abilitatea intelectuală (recunoscută deja, printr-o lungă tradiție în cercetare, ca un bun predictor al performanței școlare în general), abilitățile de numărare și cele de memorie de lucru.

Testul de competență matematică timpurie este construit pe noile teorii ale achiziționării abilităților matematice (Fuson, 1988), care acordă o mare importanță numărării. Astfel, 4 dintre cele 8 sub-teste vizează cunoștințe despre numere, abilități de numărare și aplicații ale lor în situații matematice simple.

Celelalte patru subteste deși construite pentru a evalua operații considerate de către Piaget ca esențiale pentru formarea conceptului de număr, conțin itemi ce presupun operarea cu numere și cunoștințe despre număr (van de Rijt and van Luit, 1999). Potrivit secvenței de dezvoltare stabilite de către cercetători, copiii de 7 ani știu să numere (unii pot număra secvențe numerice lungi) și stăpânesc majoritatea principiilor numărării și recurg la strategii de grupare și numărare în continuare în cazul mulțimilor mari de obiecte. Stăpânirea acestor abilități, potrivit cercetătorilor menționați (Butterworth, 1999; Geary, 1993) ar constitui o bază solidă pentru formarea și dezvoltarea deprinderii de calcul, dar și pentru rezolvarea altor sarcini matematice (de comparare, de ordonare).

Primele strategii de calcul se bazează într-o măsură mare pe numărare. Mai întâi copiii vor număra separat cele două mulțimi pe care trebuie să le adune. Apoi, într-o etapă superioară, vor număra în continuare. Pentru a putea utiliza strategia numărării în continuare pornind de la termenul mai mare, copiii vor trebui să înțeleagă comutativitatea adunării (și deci conservarea cantității și reversibilitatea) și să poată compara numerele. La 7 ani, cele 2 abilități, cea de numărare și cea de calcul suferă modificări calitative în ceea ce privește economia strategiilor puse în lucru. Copiii vor uza de grupare și numărare în

continuare, de comparare și numărare de la termenul mai mare etc. Cunoștințele despre secvențele numerice, reproducerea lor corectă, numărul fluent fără încălcarea principiilor bazale sunt necesare mai cu seamă în formarea operațiilor de calcul și susțin pentru puțină vreme aceste deprinderi în formare.

După primul semestru al clasei I, copiii trebuie să stăpânească calculele de adunare și scădere fără trecere peste ordin în centrul 0-30. Calculele până la 10 ar trebui să fie automatizate. Calculele cu trecere peste ordin, chiar dacă implică termeni mai mici decât 10 ridică probleme pentru majoritatea copiilor. Aceștia știu modalități variate de a-1 forma pe 10, dar nu au învățat încă algoritmul de calcul și nu înțeleg, conceptual această etapă, ceea ce reiese și din greșelile frecvente pe care le fac. Mai mult, copiii de 7 ani prezintă o limitare a capacității de reprezentare în cazul mulțimilor cu un număr mare de elemente, ceea ce îi determină să apeleze la deprinderi deja automatizate (cum ar fi numărul) sau la modalități externe de reprezentare și menținere activată a informațiilor necesare (reprezentarea pe degete, de exemplu).

Astfel, analizând rezultatele modelelor de regresie, putem conchide că, la clasa I, abilitățile numerice specifice de procesare aproximativă a cantității nu joacă un rol important în dezvoltarea abilităților aritmetice exacte. Abilitățile cognitive sunt importante, iar variația în capacitatea memoriei de lucru și abilitatea intelectuală explică o parte din diferențele interindividuale în învățarea matematicii la clasa I.

Alte abilități cognitive, cum ar fi cele vizuo-spațiale nu reprezintă un predictor al performanței matematice la clasa I, probabil pentru că deja, la această vârstă, o dată cu trecerea la învățarea formală a matematicii și cu îmbunătățirea capacității memoriei fonologice și central-executive, s-a produs comutarea procesului de rezolvare pe suportul reprezentărilor abstracte fonologice.

Totuși, consolidarea reprezentărilor fonologice asociate calculelor simple nu s-a produs încă, astfel, că în cazul investigației noastre, abilitățile de conștiință fonologică nu au corelat semnificativ cu performanța la testul de cunoștințe matematice și la cel de calcul. Evaluarea prechizițiilor aritmetice, anume a stăpânirii operațiilor piagetiene și a abilităților de numărare pare să reprezinte un bun indicator al performanței matematice 7 luni mai târziu. Faptul că variabilitatea scorurilor la testul de competență matematică timpurie explică o proporție atât de mare din variația scorurilor la testul de cunoștințe matematice, ne îndreptățește să îl utilizăm ca instrument valid în predicția performanței la ieșirea din grădiniță, alături de consacratul test de inteligență.

Astfel, pe baza rezultatelor obținute putem face recomandări în legătură cu instrumentele predictive pentru performanța matematică la clasa I. Desigur că, pentru a utiliza testul de competență matematică timpurie pentru identificarea copiilor cu risc crescut de dezvoltare a dificultăților de învățare la matematică, vor trebui efectuate analize de sensibilitate a instrumentului.

Studiul 4b. Investigarea utilității testului ENT ca instrument de screening al copiilor cu risc crescut de dezvoltare a dificultăților de învățare la matematică

Pornind de la valoarea predictivă crescută a testului de competență matematică timpurie pentru performanța matematică la sfârșitul clasei I, am investigat în continuare utilitatea acestui instrument pentru screening-ul copiilor cu risc de dezvoltare a dificultăților de învățare la matematică.

Astfel, utilizând scorul de secționare frecvent utilizat în literatura de specialitate și performanța copiilor la testul de cunoștințe matematice, am căutat să investigăm măsura în care ENT discriminează între două categorii de rezultate: rezultate extrem de scăzute (sub rangul percentil 10), corespunzătoare performanței în diagnosticul dificultăților de învățare la matematică și performanță situată peste acest scor de secționare (în care sunt cuprinse persoanele fără dificultăți de învățare și cele cu rezultate scăzute).

Pentru a investiga măsura în care testul de competență matematică timpurie poate discrimina între copiii cu risc crescut de dezvoltare a dificultăților de învățare la matematică și cei fără acest risc, am optat pentru Receiver Operating Characteristics (metoda analizei de curbe ROC).

Pentru a efectua această analiză, am transformat variabila performanță într-o variabilă dihotomică, în care valoarea „1” corespundea copiilor cu o performanță situată sub centila 10, dintr-un grup de 165 de copii, iar „0” corespundea grupului fără dificultăți. Aceluiași grup i-a fost administrat testul ENT, la intrarea în clasa I. Utilizând programul MedCalc, am efectuat analiza de curbe ROC, introducând ca valoare a frecvenței de apariție a dificultăților de învățare în populația generală, o valoare medie în raport cu intervalul valorilor raportate în literatura de specialitate, de 5%.

Testul Z (realizat pe baza Medcalc) indică o diferență semnificativă între aria de sub curba ROC a testului ENT și aria determinată de utilizarea unui test la întâmplare ($z=25,584$, $p< 0.001$). S-a obținut o valoare $AUC=0,952$, ceea ce indică o putere de discriminare mare

(Streiner and Cairney, 2007, apud Pinteana and Moldovan, 2009). Acest rezultat ne indică faptul că utilizarea ENT pentru screening-ul celor cu rezultate extrem de scăzute la matematică, are o acuratețe ridicată. Pe baza valorilor criteriu și a coordonatelor curbei ROC, valoarea cea mai discriminativă a testului de competență matematică timpurie se situează la scorul de secționare de 30, pentru care sensibilitatea este de 93,33, iar specificitatea este de 85,61. Pe baza acestor rezultate, putem conchide că testul ENT poate fi utilizat ca instrument de screening al copiilor cu risc crescut de dezvoltare a dificultăților de învățare la matematică.

Capitolul VI. Discuții generale și concluzii

Prin cercetarea de față, ne-am propus să aducem clarificări cu privire la rolul memoriei de lucru în performanța matematică, în cazul copiilor cu dificultăți de învățare specifice de acest fel.

Un alt obiectiv a fost ca, ca pornind de la teorii curente asupra dezvoltării abilităților matematice și a proceselor care stau la baza dificultăților de învățare, să investigăm, printr-o varietate metodologică, natura relației dintre abilitățile cognitive generale (precum memoria de lucru), abilitățile numeric-specifice și performanța matematică. Scopul a fost acela de a decela factori psihologici relevanți pentru exprimarea și/sau indicarea prezenței dificultăților de învățare la matematică. Un alt scop a fost acela de a înțelege mecanismul de interacțiune dintre aceștia în procesul de dezvoltare a abilităților matematice. Identificarea acelor factori care pregătesc și susțin învățarea matematicii este în primul rând relevantă pentru identificarea și intervenția/prevenția în cazul copiilor cu risc de dezvoltare a dificultăților de învățare la matematică.

În cadrul acestui capitol vom compara și sumariza rezultatele studiilor în relație cu modul în care rezultatele oferă răspunsuri la problemele de cercetare ridicate inițial. De asemenea, vom sublinia limitele dar și contribuțiile teoretice și metodologice, sugerând noi direcții de cercetare.

Pornind de la o bogată literatură în domeniul dificultăților de învățare la matematică, am izolat acei factori psihologici care s-au dovedit relevanți și am analizat care ar fi legitimitatea unui demers de identificare și evaluare pe baza acestora. Mai întâi, am investigat dacă memoria de lucru, a cărui rol în sprijinirea învățării este bine documentat, este afectată la copiii cu dificultăți de învățare la matematică. Ipoteza unor astfel de deficite sau întâzieri a fost pentru prima dată formulată de Geary (1993) și revizuită recent (2010).

Rezultatele cercetărilor pe această temă sunt contradictorii, iar metodele și modelele de evaluare a memoriei de lucru sunt variate. Astfel, ne-am propus să realizăm o sistematizare a rezultatelor de până acum, în scopul extragerii unei concluzii în legătura cu prezența sau absența unor astfel de deficite la nivelul memoriei de lucru.

În primul studiu am realizat o sinteză cantitativă a rezultatelor care analizează diferențele individuale la nivelul memoriei de lucru și al performanței matematice. Cea mai recentă meta-analiză în domeniu (Swanson and Jerman, 2006) a cuprins studii până în anul 2002 și a abordat memoria de lucru din perspectiva modelului unitar al controlului atențional.

Astfel, printr-un demers meta-analitic am realizat o sinteză a studiilor până în 2010, din perspectiva modelului multi-componențial Baddley and Hitch (1974), optând pentru acesta ca urmare a popularității modelului în studiile pe tematica aceasta. Prin intermediul studiului 1, am reușit să punem în evidență prezența unor deficite sau întârzieri la nivelul componentei central-executive a memoriei de lucru, accentuate în sarcini cu procesare sau material numeric, în defavoarea grupului cu dificultăți de învățare.

Copiii cu dificultăți de învățare la matematică au obținut performanțe semnificativ mai scăzute în sarcinile de componentă central executivă, care reclamă procesarea și stocarea concomitentă a informațiilor necesare rezolvării sarcinilor. Dar performanța lor a fost și mai scăzută decât a celor cu rezultate medii, dar de aceeași vârstă cronologică, atunci când sarcinile de memorie de lucru au reclamat stocarea de material numeric sau procesări cu material numeric (numărare de puncte).

La nivelul componentei de memorie de lucru vizuo-spațială efectul a fost unul moderat spre semnificativ. De asemenea, am pus în evidență faptul că diferențele individuale în performanța copiilor la sarcinile de memorie de lucru sunt mai accentuate la vârstele mici. Aceste rezultate, integrate în ansamblul cercetărilor pe problematica dificultăților de învățare, deschid noi direcții de cercetare. Astfel, ar fi interesant de urmărit efectul introducerii materialului numeric sau al procesărilor numerice asupra capacității memoriei de lucru la copiii cu dificultăți de învățare a matematicii. De asemenea, prin revizuirea ipotezei diferențelor la nivelul memoriei de lucru, între cei cu dificultăți și cei fără dificultăți, Geary (2010) emite o nouă ipoteză a dezvoltării întârziate a capacităților memoriei de lucru la cei cu dificultăți de învățare a matematicii.

Rezultatul conform căruia diferențele în performanța la sarcinile de memorie de lucru se atenuază cu vârsta vine în sprijinul acestei noi ipoteze avansate recent. O implicație practică a rezultatelor acestui studiu vizează domeniul identificării dificultăților de învățare la matematică. Astfel, am pus în evidență acele componente ale memoriei de lucru care fac distincția între cei cu dificultăți de învățare și cei fără dificultăți.

Prin sintetizarea studiilor care au analizat diferențele individuale la nivelul abilităților de memorie de lucru, în cazul celor cu dificultăți de învățare, am constatat că cele trei componente ale memoriei de lucru nu sunt în egală măsură de afectate.

Dacă prin studiul meta-analitic am demonstrat că diferențele între cei cu dificultăți de învățare la matematică și cei fără sunt mai accentuate în sarcini de memorie de lucru cu material numeric, în studiul 2 am investigat efectul unui training de memorie de lucru specific numerică la copiii cu rezultate scăzute la aritmetică. Antrenarea capacității de stocare a

materialului numeric concomitent cu efectuarea unei sarcini, la copii de clasa a III-a cu rezultate scăzute la matematică a dus la o îmbunătățire a abilităților de calcul (în operații de adunare și înmulțire). Acest efect indică și rolul memoriei de lucru în susținerea performanței la aritmetică. Faptul că discrepanța în performanța la sarcini de memorie de lucru (central-executive și vizuo-spațiale) a fost mai accentuată la vârstele mici, în defavoarea grupului cu dificultăți de învățare a ridicat o nouă problemă de cercetare. Astfel, dacă am avea de a face cu o dezvoltare mai întârziată a acestor abilități la copiii cu dificultăți de învățare, oare nu tocmai variația în capacitatea memoriei de lucru la debutul învățării matematicii este responsabilă de diferențele individuale în performanța matematică?

Cu alte cuvinte, am dorit să excludem ideea potrivit căreia ar exista un efect dinspre nivelul de cunoștințe matematice specifice spre performanța cognitivă generală, cum ar fi performanța într-o sarcină de memorie de lucru. De asemenea, am dorit să vedem în ce măsură relația dintre memoria de lucru și achizițiile la matematică se păstrează atunci când considerăm contribuția altor factori.

Astfel, în studiul 4, ne-am propus să analizăm dacă și în ce fel se relaționează abilitățile de memorie de lucru, măsurate la clasa I cu performanța matematică (atât în sarcini de numerație, cât și de calcul), dar și cum interacționează acestea cu alți factori, cum ar fi abilitățile numeric specifice și inteligența fluidă, ca măsură a capacității generale de învățare, cu relevanță asupra teoriilor dezvoltării și dizabilității. Am analizat separat rolul componentelor memoriei de lucru (în sarcini numerice și non-numerice) în predicția performanței matematice. Analizele corelaționale au arătat că toate cele trei componente ale memoriei de lucru sunt semnificativ relaționate cu scorurile la testul de cunoștințe matematice. Corelația dintre măsura non-numerică a memoriei fonologice și performanța matematică nu a fost semnificativă. În schimb, măsura numerică a buclei fonologice a corelat puternic cu performanța la testul de cunoștințe matematice.

Cu alte cuvinte, cei cu o capacitate mai redusă de stocare temporară și reactualizare a unor serii de numere, au avut și performanțe mai scăzute la testul de cunoștințe matematice și calcul. Acest rezultat ne îndreptățește să reanalizăm ipoteza unui deficit de memorie de lucru specific-numerică.

În studiul 3 prezentăm demersul și rezultatele validării unui instrument de evaluarea a competenței matematice timpurii în grădiniță și la clasa I, dar și utilitatea lui în predicția performanței matematice la clasa I. Relevanța practică pentru predicție, în contextul absenței unui astfel de instrument în România este evidentă, cu atât mai mult cu cât acest instrument este construit pornind de la un model hibrid al teoriei piagetiene și a teoriilor cognitive din

psihologia dezvoltării asupra abilităților numerice. Astfel, se asigură articularea dintre curriculum (puternic influențat sub aspectul selecției conținuturilor și al organizării obiectivelor la clasa I de teoriile constructiviste) și evaluare în scop screening.

Bibliografie

- Albu, M. (1998). *Construirea și utilizarea testelor psihologice*, Cluj-Napoca: Clusium.
- Alloway T.P., Gathercole S.E., Willis C., and Adams A.M. (2005). Working memory and special educational needs. *Educational Child Psychology*, 22, 56-67.
- Alloway, T., and Gathercole, S. (2006). How does working memory work in the classroom? *Educational Research and Reviews*, 1(4), 134- 139.
- Alloway, T.P., Gathercole, S.E., and Pickering, S.J. (2006). Verbal and visuospatial short-term and working memory in children: Are they separable? *Child Development*, 77, 1698-1716.
- American Psychiatric Association (2003). *Manual diagnostic și statistică a tulburărilor mentale*, Ediția a IV-a text revizuit, St. Romila (coord.), A., Ed. Popa, M. București: Editura Asociației Psihiatrilor liberi din Romania.
- Andersson, U. (2007) The Contribution of Working Memory to Children's Mathematical Problem Solving. *Applied Cognitive Psychology*, 21, 1201- 1216.
- Andersson, U. and Lyxell, B. (2007). Working memory deficit in children with mathematical difficulties: A general or specific deficit?. *Journal of Experimental Child Psychology*, 96, 197-228.*
- Ardila, A. and Rosselli, M. (2002) Acalculia and Dyscalculia. *Neuropsychology Review*, 12(4), 179-232.
- Ashcraft, M. H., and Faust, M. W. (1994). Mathematics anxiety and mental arithmetic performance: an exploratory investigation. *Cognition and Emotion*, 8, 97-125.
- Ashcraft, M.H. and Ridley, K.S. (2005). Math anxiety and its cognitive consequences: a tutorial review. În J.I.D.Campbell (Eds.), *Handbook of Mathematical Cognition* (pp.315-327). New York: Psychology Press.
- Assel, M. A., Landry, S. H., Swank, P., Smith, K. E., and Steelman, L. M. (2003). Precursors to mathematical skills: Examining the roles of visual-spatial skills, executive processes, and parenting factors. *Applied Developmental Science*, 7(1), 27-38.
- Augustyniak, K. (2005). Psychological perspectives in assessing mathematics learning needs. *Journal of Instructional Psychology*, 32 (4), 277-286.
- Baddeley, A. and Hitch, G. (1974). Working memory. In: G.Bower (Ed.). *The Psychology of Learning and Motivation* (pp. 47–89). New York: Academic Press.
- Badian, N. (1983). Dyscalculia and Nonverbal Disorders of Learning. In H. Myklebust (Ed.), *Progress in Learning Disabilities* (pp. 235- 264). New York: Grune and Stratton.
- Baker, S., Gersten, R., Flojo, J., Katz, R., Chard, D., and Clarke, B. (2002). *Preventing mathematics difficulties in young children: Focus on effective screening of early number sense delays (Technical Report No. 0305)*. Eugene, OR: Pacific Institutes for Research.
- Barnes, M., Smith-Chant, B., & Landry, S. (2005). Number processing in neurodevelopmental disorders. Spina bifida myelomeningocele. In J. I. Campbell (Ed.), *Handbook of Mathematical Cognition* (pp. 299-313). New York: Psychology Press.
- Barrouillet, P., Fayol, M., & Lathulière, E. (1997). Selecting between competitors in multiplication tasks: An explanation of the errors produced by adolescents with learning disabilities. *International Journal of Behavioral Development*, 21, 253–275.
- Barth, H., LaMont, K., Lipton, J., & Spelke, E. (2005). Abstract number and arithmetic in preschool children. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102, 14116–14121.
- Berar, I. (1990). *Aptitudinea matematică la școlari*. București: Editura Academiei Române.
- Berch, D. B. (2005). Making sense of number sense: Implications for children with mathematical disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 38, 333-339.
- Bertella, L., Girelli, L., Grugni, G., Marchi, S., Molinari, E. and Semenza, C. (2005), Mathematical skills in Prader–Willi Syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 49, 159–169.
- Bisanz, J., Sherman, J.L., Rasmussen, C., and Ho, E. (2005). Development of arithmetic skills and knowledge in preschool children. În J.I.D.Campbell (Ed.), *Handbook of Mathematical Cognition* (pp.143-162). New York: Psychology Press.
- Bull R., Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability. Shifting, inhibition and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19, 273-293.
- Bull, R. and Johnston, R.S. (1997). Children's arithmetical difficulties: contributions from processing speed, item identification and short- term memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 65, 1-24.
- Bull, R., Andrews Espy, K., 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.
- Butterworth, B. (1999). *The Mathematical Brain*. London: Macmillan.
- Butterworth, B. (2003). *Dyscalculia screener*. London: NFER Nelson Publishing Company Ltd.

- Butterworth, B. (2005). The Development of Arithmetical Abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46(1), 3-18.
- Butterworth, B., and Reigosa Crespo, V. (2007). *Information processing deficits in dyscalculia*. In D. Berch and M.M. Mazzocco (Eds.), *Why is math so hard for some children? The nature and origins of mathematical learning difficulties and disabilities*. Baltimore: Paul H. Brookes Publishing Co.
- Campbell, J. I. D., and Clark, J. M. (1988). An encoding – complex view of cognitive number processing: comment on McClosky, Sokol and Goodman (1986). *Journal of Experimental Psychology: General*, 117, 204-217.
- Campbell, J. I. D., and Clark, J. M. (1992). Numerical cognition: an encoding – complex perspective. În J.I.D. Campbell (Ed.), *The Nature and Origins of Mathematical Skills* (pp. 457-491). Amsterdam: Elsevier Science.
- Campbell, J.I., and Epp, L. (2005). Architectures for Arithmetic. În J.I.D. Campbell (Ed.), *Handbook of Mathematical Cognition* (pp.347- 360). New York: Psychology Press.
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: a survey of factor – analytic studies*. New York: Cambridge University Press.
- Casey, M. B., Pezaris, E. and Nuttall, R. L. (1992). Spatial ability as a predictor of math achievement. The importance of sex and handedness patterns. *Neuropsychologia*, 30, 35-45.
- Clements, D. H., Sarama, J. and DiBiase, M. (Eds.).(2004). *Engaging young children in mathematics: standards for early childhood mathematics education*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Conway, A. R. A., Kane, M. J. ,and Engle, R. W. (2003). Working memory capacity and its relation to general intelligence. *Trends in cognitive sciences*, 7, 547-552.
- D’Amico, A. and Guarnera, M. (2005). Exploring working memory in children with low arithmetical achievement. *Learning and Individual Differences*, 15, 189- 202.*
- D’Amico, A. and Passolunghi, M. C. (2009). Naming speed and effortful and automatic inhibition in children with arithmetic learning disabilities. *Learning and Individual Differences*, 19, 170-180. *
- Daneman, M. and Carpenter, P.A. (1980) Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450- 466.
- Danzig, T. (1954). *Number, the language of science: A critical survey written for the cultured non-mathematician*. New York: Macmillian.
- De Corte, E., Op’t Eynde, P., & Verschaffel, L. (2002). Knowing what to believe: The relevance of mathematical beliefs for mathematics education. In B.K. Hofer and P.R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing* (pp. 297-320). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- De Corte, E., Verschaffel, L.& Op ‘t Eynde P. (2000). *Self-regulation: A characteristic and a goal of mathematics education*. In P. Pintrich, M. Boekaerts, & M. Zeidner (Eds.), *Self-regulation: Theory, research, and applications* (pp. 687-726). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- De Jong, P.F., and van der Leij, A. (1999). Specific contributions of phonological abilities to early reading acquisition: results from a Dutch latent variable longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 91 (3), 450- 476.
- De Smedt, B., Janssen, R., Bouwens, K., Verschaffel, L., Boets, B., Ghesquiere, P. (2009). Working memory and individual differences in mathematics achievement: a longitudinal study from first to second grade. *Journal of Experimental Psychology*, 103, 186- 201.
- De Smedt, B., Taylor, J., Archibald, L., and Ansari, D. (2009). How is phonological processing related to individual differences in children’s arithmetic skills? *Developmental Science*, 1-13. doi:10.1111/j.1467-7687.2009.00897.x.
- DeCoster, J. (2009). *Meta-Analysis Notes*. Sursa: (mai,2011): <http://www.stat-help.com/notes.html>.
- Dehaene, S. and Cohen, L. (1991). Two mental calculation systems: a case study of severe acalculia with preserved approximation. *Neuropsychologia*, 29, 1045-1074.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44, 1 - 42.
- Dehaene, S. (1997). *The Number Sense: How the Mind Creates Mathematics*. Oxford: Oxford University Press.
- Dehaene, S., and Cohen, L., (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition*, 1, 83-120.
- Dehaene, S., and Cohen, L., (1997). Cerebral pathways for calculation: double dissociation between rote verbal and quantitative knowledge of arithmetic. *Cortex*, 33, 219– 250.
- Dehaene, S., Dupoux, E., and Mehler, J. (1990). Is numerical comparison digital? Analogical and symbolic effects in two-digit number comparison. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 626—641.
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., and Cohen, L. (2003) Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, 20, 487-506.
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., and Cohen, L. (2005). Three parietal circuits for number processing. In J.I.D.Campbell (Ed.), *Handbook of Mathematical Cognition* (pp.433-453). New York: Psychology Press.

- Deloche, G., von Aster, M., Dellatolas, G., Faillard, F., Tieche, C, and Azema, D. (1995). Traitement des nombres et calcul en CE1 et CE2: quelques donnees et principes d'elaboration d'une batterie. *Approches neuropsychologiques des apprentissages chez l'enfant*, Hors serie, 42-51.
- Deno, S. L. (2003). Developments in curriculum based measurement, *Journal of Special Education*, 37, 184-192.
- DeStefano, D., and LeFevre, J.-A. (2004). The Role of Working Memory in Mental Arithmetic. *European Journal of Cognitive Psychology*, 16(3), 353- 386.
- DfES (2001). *Guidance to support pupils with dyslexia and dyscalculia*, Department of Education and Skills.
- Dowker, A. (2005). Early identification and intervention for students with mathematics difficulties. *Journal of learning disabilities*, 38 (4), 324-332.
- Durand, M., Hulme, C., Larkin, R., and Snowling, M. (2005). The cognitive foundations of reading and arithmetic skills in 7-to 10-year-olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, 91, 137-157.
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E., and Conway, A. R. A. (1999). Working memory, short-term memory and general fluid intelligence: A latent variable approach. *Journal of Experimental Psychology. General*, 128, 309 – 331.
- Fayol, M, Barrouillet, P. & Marinthe, C. (1998). Predicting arithmetic achievement from neuropsychological performance: A longitudinal study. *Cognition*, 68, 63-70.
- Fayol, M., and Seron, X. (2005). About numerical representations. Insights from neuropsychological, experimental, and developmental studies. În J.I.D.Campbell (Ed.), *Handbook of Mathematical Cognition* (pp. 3-22). New York: Psychology Press.
- Feigenson, L., Dehaene, S., and Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences*, 8 (7) , 307- 314.
- Fias, W. (2001). Two routes for the processing of verbal numbers: Evidence from the SNARC effect. *Psychological review – Psychologische Forschung*, 65(4), 250-259
- Fias, W. and Fisher, M.H. (2005). Spatial representation of numbers, În J.I.D.Campbell (Ed.), *Handbook of Mathematical Cognition* (pp. 43- 54). New York: Psychology Press.
- Fias, W., Brysbaert, M., Geypens, F., and d'Ydewalle (1996). The importance of magnitude information in numerical processing: evidence from SNARC effect. *Mathematical Cognition*, 2 (1), 95-110.
- Fletcher, J. M., Shywitz, B. A., Foorman, B. R., and Shywitz, S. E. (1995). Diagnostic utility of intelligence testing and the discrepancy model for children with learning disabilities: historical perspective and current research. In: National Research Council (Eds.) *IQ testing and educational decision making*. Washington DC: National Academy of Sciences.
- Fletcher, J.M., Foorman, B.R., Boudousquie, A., Barnes, M.A., Schatschneider, C., and Francis, D.J. (2002). Assessment of reading and learning disabilities. A research- based intervention- oriented approach. *Journal of School Psychology*, 40 (1), 27- 63.
- Floyd, R.G., Evans, J. J., and McGrew, K. (2003). Relations between measures of Catell- Horn- Caroll cognitive abilities and Mathematics achievement across the school- age years. *Psychology in the schools*, 40 (2), 155-170.
- Francis, D.J., Fletcher, J.M., Stuebing, K.K., Lyon, G.R., Shaywitz, B.A., and Shaywitz, S.E. (2005). Psychometric approaches to the identification of LD: IQ and achievement scores are not sufficient. *Journal of Learning Disabilities*, 38, 98- 108.
- Fuchs, D., Fuchs, L.S., Compton, D.L., Bouton, B., Caffrey, E., and Hill, L. (2007). Dynamic assessment as responsiveness to intervention. *Teaching Exceptional Children*, 39 (5), 58-63.
- Fuchs, L. S., Compton, D. L., Paulsen , K., Bryant, J. D., and Hamlett, C. L. (2005). The prevention and identification, and cognitive determinants of math difficulty. *Journal of Educational Psychology*, 97, 493 – 513.
- Fuchs, L.S., Fuchs, D., Compton, D.L., Powell, S.R., Seethaler, P.M., Capizzi, A.M., Schatschneider, C., and Fletcher, J. (2006). The cognitive correlates of third- grade skill in arithmetic, algorithmic computation and arithmetic problems. *Journal of Educational Psychology*, 98 (1), 29- 43.
- Fuson K.C. (1988). *Children's Counting and Concepts of Number*. New York: Springer-Verlag.
- Fuson, K. C., Secada, W. G., and Hall, J. W. (1983). Matching, counting, and conservation of numerical equivalence. *Child Development*, 54(1), 91-97.
- Gaillard, F. (2000). Numerical. Test neurocognitif pour l'apprentissage du nombre et du calcul. *Actualités Psychologiques*(édition spéciale), 1-226.
- Gallistel, C. R., and Gelman, R. (1992). Preverbal and verbal counting and computation. *Cognition*, 44, 43–74.
- Garnett, K., and Fleischner, J. E. (1983). Automatization and basic fact performance of normal and learning disabled children. *Learning Disabilities Quarterly*, 6, 223-230.
- Gathercole, S. E. & Pickering, S. J. (2001). Working memory deficits in children with special educational needs. *British Journal of Special Education*, 28, 89-97.

- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Knight, C., and Stegmann, Z. (2004). Working memory skills and educational attainment: Evidence from National Curriculum assessments at 7 and 14 years of age. *Applied Cognitive Psychology, 40*, 1-16.
- Geary, D. C. (2010). Mathematical Learning Disabilities. In Holmes, J. (Ed.), *Advances in Child Development and Behavior, 39*, (pp. 45-77). San Diego, CA: Academic Press.
- Geary, D. C., and Hoard, M. K. (2005). Learning disabilities in arithmetic and mathematics: Theoretical and empirical perspectives. In J. I. D. Campbell (Ed.), *Handbook of mathematical cognition* (pp. 253-267). New York: Psychology Press
- Geary, D. C., Hamson, C. O., and Hoard, M. K. (2000). Numerical and arithmetical cognition: a longitudinal study of process and concept deficits in children with children with learning disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology, 77*, 236-263.
- Geary, D., Hoard, M., Byrd-Craven, J., Nugent, L. & Numtee, C. (2007). Cognitive mechanisms underlying achievement deficits in children with mathematical learning disability. *Child Development, 78*(4), 1343-1359.
- Geary, D.C. (1993) Mathematical disabilities: Cognitive, neuropsychological and genetic components. *Psychological Bulletin, 114*, 345-362.
- Geary, D.C., (2003). Math disabilities. In H. L. Swanson, K. Harris, and S. Graham (Eds.), *Handbook of learning disabilities*. New York: Guilford.
- Geary, D.C., (2004). Mathematics and Learning Disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 37*(1), 311-330.
- Geary, D.C., and Brown, S.C. (1991). Cognitive addition: strategy choice and speed of processing differences in gifted, normal, and mathematically disabled children. *Developmental Psychology, 27*, 398- 406.
- Geary, D.C.; Bow-Thomas, C.C., and Yao, Y. (1992). Counting knowledge and skill in cognitive addition: a comparison of normal and mathematically disabled children, *Journal of Experimental Child Psychology, 54*, 372- 391.
- Geary, D.C.; Brown, S.C., and Samaranayake, V.A. (1991). Cognitive addition: a short longitudinal study of strategy choice and speed of processing in normal and mathematically disabled children. *Developmental Psychology, 27*, 787- 797.
- Geary, D.C.; Hoard, M.K., and 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*, 213- 239.
- Gelman, R. and Gallistel, C.R. (1978). *The child's understanding of number*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Gersten, R., Jordan, N. C., Flojo, J. R. (2005). Early identification and interventions for students with Mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities, 33* (4), 293- 304.
- Ginsburg, A. P., and Russell, R. L. (1981). Social class and social influences on early mathematical thinking. *Monographs of the society for research in child development, 46*(6).
- Gregoire, J. (2001). Evaluer les troubles du calcul. În Van Hout, A & Meljac, C. (Eds.), *Troubles du calcul et dyscalculies chez l'enfant* (pp. 309- 329). Paris: Masson.
- Gross-Tsur, V. , Manor, O., and Shalev, R.S. (1996). Developmental dyscalculia: prevalence and demographic features. *Developmental medicine and child neurology, 38*, 25-33.
- Halberda, J., and 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- 1465.
- Hambleton, R. K. (1994). Guidelines for adapting educational and psychological tests: A progress report. *European Journal of Psychological Assessment, 10*, 229-244.
- Hanich, L. B., Jordan, N. C., Kaplan, D., and Dick, J. (2001). Performance across different areas of mathematical cognition in children with learning difficulties. *Journal of Educational Psychology, 93*, 615 – 626.
- Hecaen, H.; Angelergues, R., and Houillier, S. (1961). Les varietes clinique des acalculie au cours des lesions retrorolandiques : approche statistique du probleme. *Revue Neurologique, 107*, 85-103.
- Hecht, S. A. (1999). Individual solution processes while solving addition and multiplication maths facts in adults. *Memory and Cognition, 27*, 1097-1107.
- Hecht, S. A., Torgesen, J. K. , Wagner, R. K., and Rashotte, C. A. (2001). The relations between phonological processing abilities and emerging individual differences in mathematical computation skills: a longitudinal study form second to fifth grades. *Journal of Experimental Child Psychology, 79*, 192- 227.
- Hitch, G.J. and McAuley, E. (1991). Working memory in children with specific arithmetical learning difficulties. *British Journal of Psychology, 82*, 375- 386.*
- Holmes, J., Adams, J.W., and Hamilton, C.J. (2008). The relationship between visuospatial sketchpad capacity and children's mathematical skills. *European Journal of Cognitive Psychology, 20*(2), 272- 289.
- Holmes, J., Gathercole, S. E., and Dunning, D. L. (2009). Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children, *Developmental science* 12, 9- 15.

- Hosp, J. L. (2006). Implementing RTI: Assessment practices and response to intervention. *NASP Communiqué*, 34. Sursa (2011): <http://www.nasponline.org/publications/cq/cq347rti.aspx>
- Hosp, M.K., Hosp, J.L., and Howell, K. W. (2007). *The ABC's of CBM: A practical guide to curriculum based measurement*. New York: Guilford.
- Hunter, J.E. and Schmidt, F.L. (2004) *Methods of Meta- Analysis. Correcting Error and Bias in Research Findings*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Huttenlocher, J., Jordan, N., and Levine, S. (1994). A mental model for early arithmetic. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123 (3), 284-296.
- Iuculano, T., Tang, J., Hall, C.W.B., and Butterworth, B. (2008). Core information processing deficits in developmental dyscalculia and low numeracy. *Developmental Science*, 11 (5), 669- 680.
- Johnston, D. R., and Myklebust, H. R. (1967). *Learning disabilities: educational principles and practices*. New York: Grune & Stratton.
- Jordan, N. C., & Hanich, L. B. (2003). Characteristics of children with moderate mathematics deficiencies: a longitudinal perspective. *Learning Disabilities Research and Practice*, 18(4) , 213-221.
- Jordan, N. C., Kaplan, D., & Hanich, L. B. (2002). Achievement growth in children with learning difficulties in mathematics: Findings of a two-year longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 94, 586-597.
- Jordan, N.C., & Montani, T.O. (1997). Cognitive arithmetic and problem solving: A comparison of children with specific and general mathematics difficulties, *Journal of Learning Disabilities*, 30, 624- 634.
- Jordan, N.C., Hanich, L.B., and Kaplan, D. (2003). Arithmetic fact mastery in young children: a longitudinal investigation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 85, 103- 119.
- Kaufmann, A. S., and Kaufmann, N. L. (1993). *KABC, Batterie pour l'examen psychologique de l'enfant*. Editions du centre de psychologie applique, Paris, France.
- Kaufmann, L. (2002). More Evidence on the Role of the Central Executive in Retrieving Arithmetic Facts- A Case Study of Severe Developmental Dyscalculia. *Journal of Clinical and Experimental Psychology*, 24(3), 302- 310.
- Kaufmann, L. (2008). Dyscalculia: neuroscience and education. *Educational Research*, 50 (2), 163- 175.
- Kaufmann, L., and Nuerk, H.-C. (2005). Numerical development: current issues and future perspectives. *Psychology Science*, 47 (1), 142- 162.
- Kavale , K.A, and Forness, S.R. (2000). What definitions of learning disability say or don't say. A critical analysis. *Journal of Learning Disabilities*, 33 (3), 239-256.
- Keeler, M.L. and Swanson, H.L. (2001). Does Strategy Knowledge Influence Working Memory in Children with Mathematical Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 34, 418- 434.*
- Kelley, B., Hosp, J.L., and Howell, K. W. (2008). Curriculum based evaluation and Math: an overview. *Assessment for effective intervention*, 33 (4), 250-256.
- Keogh, B.K. (2005). Revisiting classification and identification. *Learning Disability Quarterly*, 28 (2), 100- 102.
- Koontz, K. and Berch, D. (1996). Identifying Simple Numerical Stimuli: Processing inefficiencies Exhibited by ALD. *Mathematical Cognition*, 2, 1- 23.*
- Korkman, M., Kirk, U., and Kemp, S. (2005). NEPSY.Evaluarea neuropsihologică a dezvoltării, (Petra, L., Porumb, M., trad.). Cluj-Napoca: Cognitrom (versiunea originală publicată în 1998).
- Kosc, L. (1974). Developmental dyscalculia. *Journal of Learning Disabilities*, 7, 164 – 177.
- Krajewski, K., Schneider, W. (2008). Early development of quantity to number-word linkage as a precursor of mathematical school achievement and mathematical difficulties. *Learning and Instruction*. Doi: 10.1016/j.learninstruc.2008.10.002.
- Kyttälä, M., and Lehto, J. (2008). Some factors underlying mathematical performance: The role of visuospatial working memory and verbal intelligence. *European Journal of Psychology of Education*, XXII(1), 77- 94.
- Landerl, K., Bevan, A., and Butterworth, B. (2004). Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: a study of 8- 9 year old students. *Cognition*, 93, 99- 125.
- Landerl, K., Fussenegger, B., Moll, K., and Willburger, E. (2009). Dyslexia and dyscalculia: Two learning disorders with different cognitive profiles. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103, 309-324.*
- Leather, C.V. and Henry, L.A. (1994). Working memory span and phonological awareness tasks as predictors of early reading ability, *Journal of Experimental Child Psychology*, 58, 88- 111.
- LeFevre, J.A., DeStefano, D., Coleman, B., and Shanahan, T. (2005). Mathematical cognition and working memory. In J.I.D. Campbell (Ed.), *Handbook of Mathematical Cognition* (pp. 361- 377). New York: Psychology Press.
- Lemeni, G. (2001). Strategii de învățare. În Băban A. (eds.), *Consiliere educațională*. (pp. 149-167). Cluj-Napoca: Editura ASCR.
- Lewis, C., Hitch, G. J., & Walker, P. (1994). The prevalence of specific arithmetic difficulties and specific reading difficulties in 9- to 10-year old boys and girls. *Journal of Child Psychology & Psychiatry & Allied Disciplines*, 35(2), 283-292.

- Lindsay, R.L.; Tomazic, T., Levine, M.D., and Accardo, P.J. (1999). Impact of attentional dysfunction in dyscalculia. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 41, 639-642.
- Lipton, J., & Spelke, E. (2003). Origins of number sense: large- number discrimination in human infants. *Psychological Science*, 14, 396- 401.
- Locuniak, M. N., and Jordan, N.C. (2008). Using kindergarten number sense to predict calculation fluency in second grade. *Journal of Learning Disabilities*, 41 (5), 451- 459.
- Logie, R. H., & Baddeley, A. D. (1987). Cognitive processes in counting. *Journal of Experimental Psychology*, 13, 310-326.
- Marinthe, C., Fayol, M., and Barrouillet, P. (2001). Gnosies digitales et developpement des performances arithmetiques. În Van Hout, A., & Meljac, C. (Eds.), *Troubles du calcul et dyscalculies chez l'enfant* (pp. 239- 254). Paris: Masson.
- Mazzocco, M. (2001). Math learning disability and math LD subtypes: Evidence from studies of Turner syndrome, fragile X syndrome, and neurofibromatosis type 1. *Journal of Learning Disabilities*, 34, 520– 533.
- Mazzocco, M. M., Thompson, R. E. (2005). Kindergarten predictors of Math learning disability. *Learning Disabilities Research and Practice*, 20 (3), 142- 155.
- Mazzocco, M., & McCloskey, M. (2005). *Math performance in girls with Turner of Fragile X syndrome*. In J. Campbell (Ed.), *Handbook of Mathematical Cognition* (pp. 269-297). New York: Psychological Press.
- McLean, J. and Hitch, G. (1999). Working Memory Impairments in Children with Specific Arithmetic Learning Difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 240- 260.
- McLean, J. and Hitch, G. (1999). Working Memory Impairments in Children with Specific Arithmetic Learning Difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 240- 260.*
- McLeod and Crump (1978). The Relationship of Visuospatial skills and Verbal Ability to Learning Disabilities in Mathematics. *Journal of Learning Disabilities*, 11 (4), 237- 241.
- Meljac, C. (2001). Piaget, Broca, Poincare, McCloskey et quelques autres. Ou de l'epistemologie au development de l'enfant en passant par l'etude des localizations cerebrales et vice versa. În Van Hout, A. and Meljac, C. (Eds.), *Troubles du calcul et dyscalculies chez l'enfant* (pp. 118-135). Paris: Masson.
- Meljac, C., and Lemmel, G. (1999). *UDN- II : Construction et utilisation du nombre*. Editions du centre de psychologie appliquee, Paris.
- Mercer, C & Mercer, A. (1985). *Teaching Students with Learning Problems*, Columbus: Merrill.
- Methe, S.A., Hintze, J. M., and Floyd, R.G. (2008). Validation and Decision Accuracy of Early Numeracy Skills Indicator. *School Psychology*, 37(3), 359- 373.
- Meyer, M.L., Salimpoor, V.N., Wu, S.S., Geary, D.C., and Menon, V. (2010). Differential contribution of specific working memory components to mathematics achievement in 2nd and 3rd graders. *Learning and Individual Differences*, 20, 101- 109.
- Ministerul Educației, Cercetării și Tineretului (2003). *Programe școlare revizuite. Matematică clasele I și a II-a*. Elaborat de Consiliul Național pentru Curriculum. Sursă: www.edu.ro
- Miyake, A. and Shah, P. (1999). *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. New York: Cambridge University Press.
- Miyake, A., Friedman, N.P., Rettinger, D.A., Shah, P., and Hegarty, M. (2001). How are Visuospatial Working Memory, Executive Functioning, and Spatial Abilities Related? A Latent- Variable Analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(4), 621-640.
- Moeller, K., Neuburger, S., Kaufmann, L., Landerl, K., and Nuerk, H.-C. (2009). Basic Number Processing Deficits in developmental dyscalculia. *Cognitive Development*, 24, 371- 386.
- Murphy, M. M, Mazzocco, M.M.M., Hanich, L. B., Early, M. (2007). Cognitive characteristics of children with Mathematics Learning Disability (MLD) vary as a function of the cutoff criterion used to define MLD. *Journal of Learning Disabilities*, 40 (5), 458- 478.
- National Mathematics Advisory Panel (2008). *Foundations for Success: The Final Report of the National Mathematics Advisory Panel*, U.S. Department of Education: Washington, DC, sursa (2011): <http://www2.ed.gov/about/bdscomm/list/mathpanel/report/final-report.pdf>;
- Neacsu, I. (1988). *Metodica Predării Matematicii la Clasele I – IV*, București: Ed. Didactica și Pedagogică.
- Noel, M. P., Seron, X., Trovarelli, F. (2004). Working memory as a predictor of additional skills and addition strategies in children. *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 22 (1), 3- 25.
- Noel, M.-P. (2007). L'Evaluation des competences numeriques de l'enfant. În M. P. Noel, (ed.), *Bilan neuropsychologique de l'enfant* (pp. 211- 235), Wavre: Mardaga.
- Noel, M.-P. (2009). Counting on Working Memory When Learning to Count and to Add: A Preschool Study. *Developmental Psychology*, 45, 1630 –1643.
- Nuerk, H.C., Iversen, W., and Willmes, K. (2004). Notational modulation of the SNARC and the MARC (Linguistic markedness of response codes) effect. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 57A, 835-863.

- O'Hearn, K., and Luna, B. (2009). Mathematical Skills in Williams Syndrome: Insight into the Importance of Underlying Representations. *Developmental Disabilities Research Reviews*, 15, 11- 20.
- Pacearcă, Ș., and Mogoș, M. (2004). *Matematică. Manual pentru clasa a II-a*. București: Aramis Print.
- Passolunghi, M. C. and Cornoldi, C. (2008). Working memory failures in children with arithmetical difficulties. *Child Neuropsychology*, 14, 387-400.
- Passolunghi, M. C., Mammarella, I. C., Altoe, 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., and Schadee, H. (2007). The precursors of mathematics learning: Working memory, phonological ability and numerical competence. *Cognitive Development*, 22, 165-184.
- Passolunghi, M.C. and Siegel, L. (2001). Short- term memory, working memory, and inhibitory control in children with difficulties in arithmetic problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80, 44-57.*
- Passolunghi, M.C. and Siegel, L. (2004) Working memory and access to numerical information in children with disability in Mathematics. *Journal of Experimental Child Psychology*, 88, 348- 367.
- Passolunghi, M.C. and Siegel, L. (2004). Working memory and access to numerical information in children with disability in Mathematics. *Journal of Experimental Child Psychology*, 88, 348- 367.*
- Piaget, J. (1952). *The child's conception of number*. Routledge & Kegan Paul.
- Piaget, J., and Szeminska, A. (1967). *La genese du nombre chez l'enfant*, Neuchâtel: Delachaux & Niestlé.
- Piazza, M. (2010). Neurocognitive start-up tools for symbolic number representations. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(12) , 542- 551.
- Pintea, S., and Moldovan, R. (2009). The receiver-operating characteristic (ROC) analysis: fundamentals and applications in clinical psychology. *Journal of Cognitive and Behavioral Psychotherapies*, 9, 49-66.
- Preda, V. (2010). Abordări multidisciplinare în intervenția timpurie la copiii cu dizabilități. În Preda V. (ED.). *Dinamica educației speciale*, pp. 49-58. Cluj Napoca: Presa Universitară Plujeană
- Raghubar, K.P, Barnes, M.A., and Hecht, S.A. (2010) Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, 20, 110-122.
- Rasmussen, C., & Bisanz, J. (2005). Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology*, 91, 137-157.
- Raven, J., Raven, J.C., and Court, J.H. (2005). *Matrici Progresive Color*, Cluj Napoca: Editura RTS.
- Reukhala, M. (2001). Mathematical skills in ninth-graders: Relationship with visuospatial abilities and working memory. *Educational Psychology*, 21, 387-399.
- Riccio, C.A., Sullivan, J. R., and Cohen, M. J. (2010). *Neuropsychological assessment and intervention for childhood and adolescent disorders*. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.
- Rips, L.J., Bloomfield, A., and Asmuth, J. (2008). From numerical concepts to concepts of number. *Behavioral and Brain Sciences*, 31, 623- 687.
- Rosselli, M., Matute, E., Pinto, N., and Ardila, A. (2006). Memory abilities in Children with Subtypes of Dyscalculia. *Developmental Neuropsychology*, 30, 801- 818.*
- Rourke, B. (1993). Arithmetical Disabilities, Specific and Otherwise: A Neuropsychological Perspective. *Journal of Learning Disabilities*, 26(4), 214-226.
- Rousselle, L., and Noel, M-P. (2007). Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: A comparison of symbolic vs non-symbolic number magnitude processing. *Cognition*, 102, 361-395.
- Schoenfeld, A. H. (1988). When good teaching leads to bad results: The disasters of "well-taught" mathematics courses. *Educational Psychologist*, 23 (2), 145-166.
- Schuchardt, K., Maehler, C., and Hasselhorn, M. (2008). Working Memory Deficits in Children with Specific Learning Disorders. *Journal of Learning Disabilities*, 41, 514- 523.*
- Seethaler, P. M. and Fuchs, L.S. (2010) The predictive utility of kindergarten screening for math difficulty. *Exceptional Children*, 77(1), sursa: <http://www.freepatentsonline.com/article/Exceptional-Children/236990583.html>
- Seidenberg, M., Beck, N., and Grisser, M. (1986). Academic achievement of children with epilepsy. *Epilepsia*, 27, 753-759.
- Semenza, C., Pignatti, R., Bertella, L. ,Ceriani, F. , Mori, I. ,Molinari, E., Giardino, D. , Malvestiti, F. , and Grugni, G. (2007). Genetics and mathematics: evidence from Prader-Willi syndrome. *Neuropsychology*, 46(1), 206-212.
- Semrud-Clikeman, M. (2005). Neuropsychological aspects for evaluating learning disabilities. *Communication Disorders Quarterly*, 26 (4), 242-247.
- Seron, X., and Lochy, A. (2001). *La neuropsychologie des troubles du calcul de l'adulte*. În Van Hout, A. and Meljac, C. (Eds.), *Troubles du calcul et dyscalculies chez l'enfant* (pp. 53- 75). Paris: Masson.
- Seron, X., Pesenti, M., and Noël, M.-P. (1992). Images of numbers, or when 98 is upper left and 6 sky blue. *Cognition*, 44, 159-196.

- Shalev, R.S., Auerbach, J., Manor, O., and Gross-Tsur, V. (2000). Developmental Dyscalculia: prevalence and prognosis. *European Child and Adolescent Psychiatry*, 9 (2), 58-64.
- Siegel, L. and Ryan, E. (1989) The Development of Working Memory in Normally Achieving and Subtypes of Learning Disabled Children. *Child Development*, 60, 973- 980.
- Siegel, L. and Ryan, E. (1989). The Development of Working Memory in Normally Achieving and Subtypes of Learning Disabled Children. *Child Development*, 60, 973- 980.*
- Simmons, F. R., and Singleton, C. (2008). Do weak phonological representations impact on arithmetic development? A review of research into arithmetic and dyslexia. *Dyslexia*, 14, 77-94.
- Simon, T. (1999). The foundations of numerical thinking in a brain without numbers. *Trends in cognitive sciences*, 3(10) , 363- 364.
- Skemp, R. R. (1986). *The psychology of learning mathematics*. London: Penguin Books.
- Skemp, R. R. (1987). *The psychology of learning mathematics*, Hillsday: Lawrence Erlbaum Associates.
- Sroufe, G., Cooper, A., and DeHart, R. (1992). *Child development. It's nature and course*, New York: McGraw Hill, Inc..
- Stan, A. (2002). *Testul psihologic*. Iasi: Polirom.
- Swanson, H. L. and Jerman, O. (2006) Math Disabilities: A Selective Meta-Analysis of the Literature. *Review of Educational Research*, 76 (2), 49 – 274.
- Temple, C. & Sherwood, S. (2002). Representation and retrieval of arithmetical facts: Developmental difficulties. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 55A (3), 733-752.
- Tobeyns, J., van den Noortgate, W., Ghesquiere, P., Verschaffel, L., van der Rijt, B. A. M., van Luit, J.E.H. (2002). Development of early numeracy in 5- to 7- year- old children: a comparison between Flanders and The Netherlands. *Educational Research and Evaluation*, 8 (3), 249- 275.
- Tressoldi, P.E., Rosati, M., & Lucangeli, D. (2007). Patterns of developmental dyscalculia with or without dyslexia. *Neurocase*, 13(4), 217-225.
- U.S. Department of Education (2004). *Individuals with Disabilities Education Act (IDEA)*. Public Law 94-142, cu amendamentul Public Law 101-76 (IDEA) (1975, 1990, 2004). Sursa (2011): <http://www.scn.org/~bk269/94-142.html>
- Ungureanu, D. (1998). *Copiii cu dificultăți de învățare*, Bucuresti: Ed. Didactică și Pedagogică.
- Van de Rijt, B. & Van Luit, J. (1999). Milestones in the development of infant numeracy. *Scandinavian Journal of Psychology*, 40, 65-71.
- Van der Sluis, S., van der Leij, A., and de Jong, P. (2005). Working Memory in Dutch Children with Reading and Arithmetic related LD. *Journal of Learning Disabilities*, 38, 207 - 221.*
- Van Hout, G. (2001). L'apprentissage des nombres naturels. În Van Hout, A. and Meljac, C. (Eds.), *Troubles du calcul et dyscalculies chez l'enfant* (pp. 9-40). Paris: Masson.
- Van Luit, J. E. H., and Van de Rijt, B. A. M. (2005). *The Early Numeracy Test*. Graviant, Doetinchem, the Netherlands.
- Van Nieuwenhoven, C., De Vriendt, S. (2010). *L'enfant en difficulté d'apprentissage en mathématiques: Pistes de diagnostic et supports d' intervention*, Marseille: Solal.
- Van Nieuwenhoven C., Grégoire C., and Noël Marie-Pascale (2002). *Tedi-math: Test diagnostique des compétences de base en mathématiques*, Paris : Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
- von Aster, M, Dellatolas, G. (2006). *ZAREKI-R - Batterie pour l'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'enfant*. Paris: ECPA.
- von Aster, M. (2000). Developmental cognitive neuropsychology of number processing and calculation: varieties of developmental dyscalculia. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 9, 41-57.
- von Aster, M. G., and Shalev, R. S. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 49, 868-873.
- von Aster, M. G., Deloche, G., Dellatolas, G., and Meier, M. (1997). Number processing and calculation in second and third grade school children: a comparative study of French speaking and German speaking children. *Zeitschrift fur Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 24, 151-166.
- Wagner, R.K., and Torgeson, J.K. (1987). The nature of phonological awareness and its Causal role in the acquisition of reading skills. *Psychological Bulletin*, 101, 192- 212.
- Wechsler, D. (2004). *The Wechsler Intelligence Scale for Children- Fourth Edition*, Longman: Pearson Assessment.
- Wilson, A. J., & Räsänen, P. (2008). Effective interventions for numeracy difficulties/disorders. *Encyclopedia of Language and Literacy Development* (pp. 1-11). London, ON: Canadian Language and Literacy Research Network. Sursa: [01.05.2011] <http://www.literacyencyclopedia.ca/pdfs/topic.php?topId=259>
- Wilson, A., & Dehaene, S. (2007). Number sense and developmental dyscalculia. In D. G. Coch (Edt.), *Human Behavior, Learning, and the Developing Brain: Atypical Development*. New York: Guilford Press.
- Wilson, K.M. and Swanson, H.L. (2001). Are Mathematics Disabilities Due to a Domain- General or a Domain-Specific Working Memory Deficit?, *Journal of Learning Disabilities*, 34, 237- 248.*

- World Health Organization (1994). *International classification of diseases (10th edn.)*, World Health Organization.
- Wu, S. S., Meyer, M. L., Maeda, U., Salimpoor, V., Tomiyama, S., Geary, D. C., and Menon, V. (2008). Standardized Assessment of Strategy Use and Working Memory in Early Mental Arithmetic Performance. *Developmental Neuropsychology*, 33, 365 - 393.
- Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, 358, 749-750.