

# O istorie a teoriilor despre creier

## Partea I

În 1664, Thomas Willis a formulat termenul de *neurologie* în *Cerebri anatome*, o carte total diferită de ceea ce scrisese până atunci despre subiect. Interesant este că planșele – unele dintre cele mai complete versiuni ale creierului uman – au fost desenate de Christopher Wren, arhitectul care a proiectat catedrala Sf. Paul din Londra.

În secolul al XVIII-lea se credea că fiecare capacitate sau talent are alocate anumite zone ale creierului – că limbajul, de exemplu, este coordonat dintr-o anumită arie, situată în emisfera stângă. Conform acestei teorii, cunoscută sub denumirea de *localizaționism*, dacă o anumită zonă cerebrală este afectată, atunci funcția pe care acea zonă o coordonează nu se mai poate îndeplini. Astăzi știm că această concluzie este falsă, dar în secolul al XIX-lea trasarea hărții funcțiilor cerebrale a reprezentat o preocupare fundamentală; după identificarea anumitor pattern-uri, se făceau generalizări referitoare la structurile cerebrale, unele interesante, dar altele contestabile. Secolele XVIII și XIX sunt marcate de teorii aberante despre creier – *frenologia*, de exemplu, care asocia relieful cutiei craniene cu personalitatea sau capacitățile intelectuale ale unei persoane. Când s-a demonstrat, în sfârșit, că exteriorul creierului nu reflectă intelectul, neurologii și-au concentrat atenția asupra structurilor cerebrale interne.

Au fost identificate **zonele cerebrale implicate în limbaj** – **Paul Broca** (1862) și **Carl Wernicke** (1874) – iar **Korbinian Brodmann a realizat o cartografiere a creierului** (1909). **Santiago Ramón y Cajal**, părintele neuroștiințelor, a descris **neuronul** – unitatea structurală și funcțională de bază a creierului – precum și rolul **sinapselor**, deschizând drumul către un vast domeniu de cercetare. Se pare că ceea ce l-a ajutat pe Cajal să identifice neuronul – o celulă cu totul specială, cu nenumărate prelungiri de dimensiuni diferite – a fost latura sa artistică (desenele sale, cu detalii fine ale structurilor cerebrale pe care le analiza, sunt adevărate opere de artă). Broca și Wernicke au arătat că cca 95% dintre dreptaci și 70% dintre stângaci au două zone principale pentru procesarea limbajului, situate în lobii frontal și parietal. Chiar dacă emisfera dominantă (stânga, la 97% dintre oameni) este responsabilă de înțelegerea limbajului, cercetările recente au arătat că zonele omoloage din cealaltă emisferă participă la înțelegerea cuvintelor ambigui, fie scrise, fie citite. Brodmann a proiectat sistemul de identificare a căilor vizuale și auditive motorii. Toate aceste descoperiri au contribuit decisiv la definirea proceselor cerebrale și ale învățării.

**Francis Galton**, autorul **teoriei eugeniei** (1869), a declanșat polemica *nature versus nurture* (moștenirea genetică versus educație) / influența factorilor genetici dar și a celor educaționali asupra inteligenței și a învățării.

În 1896, **Mark Baldwin** a formulat teoria conform căreia doar acea învățare care este benefică pentru supraviețuirea unei specii este transmisă genetic descendenților (**efectul Baldwin**). Teoria a avut un impact major până în prezent: în cartea sa, *Proust și Sepia* (2007), Maryanne Wolf descrie modul în care cititul a schimbat creierul uman printr-un proces evolutiv remarcabil, iar Stanislaus Dehaene susține, la rândul său, acest concept, formulând teoria reciclării neuronale (2009) – zonele „primitive” ale creierului se acomodează noilor nevoi (la fel ca în cazul cititului, care se practică de cca 5000 de ani).

Un pas esențial în direcția conectării științelor creierului cu învățarea îl reprezintă cartea lui **Donald Hebb**, *The Organization of Behavior (Organizarea comportamentului)*, apărută în 1949, care descrie maniera în care organizarea cerebrală se reflectă în diversele comportamente și enunță *legea sinapsei hebbiene*, fundamentală în neuroștiința modernă: **neuronii care declanșează simultan un potențial de acțiune se leagă în aceeași rețea**. Este o explicație biologică a ceea ce psihologii înregistrau de zeci de ani prin analiza comportamentelor. În condiționarea clasică, învățarea asociată are loc atunci când un stimul neuronal este asociat cu un stimul condiționat (teorie demonstrată de Pavlov, care a enunțat principiile de bază ale condiționării cu ajutorul experimentelor bazate pe reflexele digestive la câini – aceștia salivau la sunetul unui clopoțel asociat cu stimulul alimentar ce declanșă salivația); în termenii teoriei lui Hebb, acest act reflex se explică prin faptul că stimulul auditiv a acționat asupra neuronilor auditivi în același moment în care stimulul alimentar a acționat asupra neuronilor responsabili de salivație, astfel că ambele tipuri de neuroni au declanșat potențiale de acțiune în același timp, permițând apariția unei legături între sunet și hrană. Conceptul **sinapsei hebbiene** este esențial pentru a înțelege plasticitatea cerebrală și învățarea ca întreg, dar și anxietatea legată de învățare. De exemplu, **dacă un elev asociază o emoție neplăcută cu un profesor de o anumită disciplină, atunci elevul va fi anxios în legătură cu acea disciplină indiferent de profesorii care o vor preda ulterior, ca urmare a rețelei neuronale funcționale ce cuprinde neuronii implicați în experiența negativă și pe cei implicați în disciplina respectivă**. Deși a fost enunțată de atâta timp și s-a demonstrat că este perfect valabilă, regula sinapsei hebbiene nu este nici acum respectată.

## Partea a II-a

**Jean Piaget**, psiholog și filosof, a avut o contribuție uriașă la **conceptualizarea științei predării și învățării** valabile și astăzi. A identificat **patru stadii ale dezvoltării cognitive** a căror achiziție este diferită de la elev la elev și care cuprind, la rândul lor, mai multe substadii:

(I) **Stadiul senzorio-motor**, cu șase substadii:

- reflexe simple;
- obiceiuri și reacții circulare primare;
- reacții circulare secundare;
- coordonări ale reacțiilor circulare secundare;
- reacții circulare terțiare, noutate și curiozitate;
- internalizare de scheme.

Fiecare dintre aceste subetape poate fi corelată, în prezent, cu anumite schimbări ale sistemului nervos și, mai ales, ale dezvoltării cerebrale.

(II) **Stadiul preoperațional**, cu două substadii:

- apariția funcției simbolice (între vârstele de 2 și 4 ani) și
- gândirea intuitivă (între vârstele de 4 și 7 ani),

mult prea complexe pentru a putea fi corelate cu rezultatele cercetării neuroștiințifice. Tot mai multe date demonstrează, însă, maturizarea anumitor zone cerebrale legate de gândirea complexă (mai ales din creierul frontal) care se manifestă și prin procese intense de creștere la această vârstă.

(III) **Stadiul operațiilor concrete**, în care complexitatea gândirii și a dezvoltării umane este evidentă, care cuprinde mai multe procese, nu substadii.

- *Serializarea* = capacitatea de a sorta obiecte după un anumit criteriu (mărime, formă, culoare etc.);
- *Tranzițivitatea* = capacitatea de a recunoaște relații logice sau relative între obiecte;
- *Clasificarea* = capacitatea de a denumi și de a indentifica seturi de obiecte în funcție de caracteristicile lor variabile;
- *Decentralizarea*, = abordarea unei probleme din diferite unghiuri, pentru a găsi cea mai bună soluție;
- *Reversibilitatea* = înțelegerea ideii că numerele sau obiectele se pot schimba, apoi să revină la forma inițială;

- *Conservarea* = înțelegerea ideii că lungimea, cantitatea, sau numărul de componente nu au legătură cu aranjarea sau cu felul în care se prezintă un obiect sau un lucru (ca atunci când turnăm apa dintr-o carafă într-un pahar subțire și înalt);
- Neglijarea egocentrismului și cultivarea empatiei.

Toate aceste procese, care se dezvoltă la copii înainte de vârsta de 12 ani, se leagă de anumite sarcini mentale ce pot fi discriminate la nivel cerebral, deci sistemele necesare pentru serializare, tranziție, clasificare etc. sunt circuite neuronale diferite, care solicită diferit elevul pe măsura dezvoltării sale.

(IV) **Stadiul operațiilor formale** are loc la vârsta intrării în adolescență (aproximativ 13 ani), când copiii încep să gândească abstract, pe baza capacității de a gândi logic, de a deduce o informație și de a face presupuneri despre diverse situații. Piaget a observat că abilitatea verbală a unui adolescent de a rezolva probleme este direct proporțională cu calitatea gândirii la aceeași vârstă (spre deosebire de stadiile timpurii ale dezvoltării umane, când copiii procedează prin metoda *încercare și eroare*). În stadiul operațiilor formale, ființa umană începe să folosească tot mai mult gândirea ipotetic-deductivă și concluziile sistematice, în defavoarea estimării la întâmplare. Piaget explică, de exemplu, de ce prima iubire apare la adolescență – acesta este stadiul în care omul poate contempla posibilitățile din spatele momentului imediat. În 1960, Piaget era mult mai aproape de realitatea creierului de adolescent decât multe alte teorii moderne (care dau vina pe hormoni pentru a explica un comportament schimbător).

### Partea a III-a

O contribuție fundamentală a avut **Lev Vâgotski** (1896 – 1934), ale cărui idei despre dezvoltarea cognitivă și despre conceptele învățării au contribuit decisiv la creionarea pedagogiei moderne, precum și a teoriilor dezvoltării copilului. Două dintre teoriile lui Vâgotski, încă în polemică, sunt ***medierea și internalizarea culturală*** și ***vocea interioară*** a fiecărui individ (1934). Mediarea culturală abordează rolul valorilor universale în învățarea umană versus conceptul conform căruia învățarea este filtrată prin cultura fiecăruia. Conceptul de *voce interioară* încearcă să răspundă la întrebarea dacă folosim sau nu cuvinte pentru a gândi.

Vâgotski a formulat, între 1924 și 1934, ceea ce unii autori consideră ca fiind cea mai valoroasă alternativă la teoria lui Piaget. Ideile sale – publicate numai după moartea lui Stalin, în Uniunea Sovietică și, mai târziu în lumea întreagă – au exercitat o influență puternică între 1950 și 1960, apoi influența sa a scăzut între 1970 și începutul anilor '80. În prezent, ideile lui Vâgotski sunt din nou sursă de inspirație în domeniul dezvoltării cognitive, stând la baza unei teorii valoroase din perspectiva social-interactivă, care

susține ca dezvoltarea intelectuală / cognitivă a unui copil are loc ca rezultat al interacțiunii mutuale dintre copil și cei cu care intră în contact social regulat.

Adepții mișcărilor procesării informației (PI), cât și cei ai metacogniției îl pot considera pe Vâgotski drept părinte fondator. PI este interesată de factorii implicați în învățare și de creșterea performanței acesteia, iar metacogniția – de modul în care copilul își poate controla conștient propria învățare. Totuși, Vâgotski susținea că învățarea inconștientă precede controlul conștient – cum ar fi, de exemplu, în dezvoltarea abilităților lingvistice la un copil de 2 ani.

Vâgotski este autorul *teoriei ZPD (zona proximei dezvoltări)* – noțiune care definește diferența dintre ceea ce poate face un elev, fără a fi ajutat, și ceea ce poate face același elev, dar cu ajutor. Copilul imită adultul și își dezvoltă treptat capacitatea de a face anumite lucruri fără a fi ajutat. Rolul educației constă în a oferi copilului experiențe situate în această zonă, a proximei dezvoltări, încurajându-l și ajutându-l în învățarea individuală. **Conceptul ZPD este o continuare a teoriei lui Piaget conform căreia copiii învață singuri** și a fost formulat de Vâgotsky pentru a combate practica – comună în lumea academică – de a evalua inteligența elevilor în funcție de cunoștințele lor. În opinia lui Vâgotsky, pentru a evalua inteligența unui copil, ar fi mult mai util ca acestuia să i se testeze capacitatea de a rezolva diverse probleme independent / cu ajutorul unui adult, decât să i se măsoare nivelul cunoștințelor. Întrebarea pe care o pune este: „dacă doi copii obțin același punctaj la un test, înseamnă că nivelul lor de dezvoltare este același?” Bineînțeles că nu.

Psihologului rus i se atribuie conceptul de „constructivism social” – elevul își construiește învățarea în colaborare cu ceilalți. **Înainte de a i se dezvolta gândirea, copilul învață: procesele dezvoltării sunt consecutive proceselor învățării, ceea ce creează zona proximei dezvoltări.** Psihicul uman nu acționează doar ca o suită de reflexe și de procese de adaptare (I. P. Pavlov, I. Watson) ci presupune o interacțiune cu mediul, prin intermediul limbajului, elaborat social de înaintași, grație căruia omul se transformă. Fiecare individ își construiește propriile cunoștințe, „umplând” distanța dintre nivelul performanței independente și cel al performanței asistate de grup sau profesor.

Relația de cooperare dintre profesori și copil este, de asemenea, importantă. În perspectivă vâgotskiană, profesorul acceptă să-și construiască relația profesională cu elevii ca **mentor** în procesul învățării lor.

În mitologia greacă, **Mentor** (Μέντωρ) era fiul lui Alcimus / Anchialus / Heracles și al lui Asopis. La bătrânețe a devenit prietenul lui Ulise (Odiseu) și, împreună cu Eumaeus, fratele lui Odiseu, aveau grijă de Telemachus, fiul lui Odiseu, și de palatul acestuia, cât timp el era plecat la războiul troian.

Relația unui copil cu clasa este, de asemenea, importantă. Aceasta a fost, în mare parte, ignorată de Piaget. Vâgotski a susținut ideea ca un elev mai avansat să ajute un elev mai puțin avansat – baza educației marxiste egalitariste în Uniunea Sovietică. Acest act nu este în mod necesar unul de sacrificiu din partea elevului mai avansat: explicând și ajutând alt copil, el poate dobândi o înțelegere mai bună a propriei învățări, pe coordonate metacognitive. Explicând un subiect, își consolidează propria învățare. Vâgotski s-a concentrat asupra copilului și a modului în care acesta învață să gândească. Aceasta se face prin internalizarea activităților externe și sociale, care devin parte a propriilor sale structuri mentale. Procesul are loc în trei etape:

1. Asistență furnizată de către cei mai capabili – profesor, coleg mai abil.
2. Asistență furnizată de copilul însuși – rezolvă problemele cu voce tare.
3. Internalizarea conceptului – copilul dialoghează cu sine însuși pe măsura ce rezolvă ceva.

Într-o manieră similară ideilor metacognitive actuale, **copilul învață despre propria sa învățare**. Conceptul de internalizare al lui Vâgotski este similar cu cel al lui Piaget dar are, în plus, o dimensiune socio-culturală: cultura este transmisă de la o generație la alta prin intermediul educației copiilor. La nivel individual, un copil devine el însuși prin alții.

Vâgotski a avut o contribuție importantă la înțelegerea dezvoltării limbajului. Pionier metacognitivist, a susținut că, **vorbind cu alții, un copil conștientizează funcția de comunicare a limbajului și rolul vital al acestuia în evoluția conceptelor**.

Vâgotski a atras atenția asupra diferenței dintre **conceptele științifice** și cele **spontane**. Conceptele spontane sunt cele care apar din propriile observații ale copilului – în general acasă, sau în afara școlii. Conceptele științifice sunt cele care ar trebui să apară din educația formală. În prezent se folosește terminologia de **concepte și strategii informale** (provenite de acasă), respectiv **concepte și strategii formale** (din școală). Cele două tipuri de strategii și concepte se întâlnesc unele cu altele în clasă: conceptele spontane bogate dar dezorganizate ale copilului se întâlnesc cu abordarea sistematică și cu logica adultului (profesorului). Profesorul stabilește patternul adult de gândire la care copilul **ar putea să încerce** să aspire. Dialogul și interacțiunea duc, în cele din urmă, la internalizarea conceptelor de către copil.

Vâgotski a fost un vizionar și prin atenția pe care o acorda semioticii – funcția de semnalizare a limbajului. El susținea că gesturile au un rol important în dezvoltare, idee preluată de psiholingviștii care studiază dezvoltarea limbajului la copil.

Conform paradigmei vâgotskiene, a învăța să citești implică interacțiunea cu textul. Copilul nu trebuie doar să citească mecanic ci să încerce să interpreteze textul. Ca și în cazul altor abilități intelectuale, copilul internalizează treptat procesul.

Vâgotski considera că moștenirea culturală este mult mai importantă decât cea biologică. Importanța contextului este o altă noțiune cheie, care a fost recent revigorată. Contextul în care are loc un comportament trebuie luat în considerare pentru a înțelege acel comportament.

Limbajul, gândirea și cultura sunt inseparabile. Teoriile lui Vâgotski asupra învățării și dezvoltării pot fi grupate în patru idei majore:

1. **Copiii construiesc cunoașterea.** Învățarea este mai mult decât reflectare. Copiii construiesc cunoștințe, creând reprezentări individuale.
2. **Învățarea poate precede dezvoltarea.** ZPD este definită ca zona dintre nivelul performanței independente și nivelul performanței asistate.
3. **Dezvoltarea nu poate fi separată de contextul său social.** Instruirea culturală influențează învățarea umană, ZPD se schimbă pe măsură ce individul este capabil să învețe concepte și abilități mai complexe.
4. **Limbajul joacă un rol central în dezvoltarea mentală,** este un mecanism pentru gândire. Prin cultura individului și moștenirea imaginilor culturale, limbajul este mijlocul de exprimare a ceea ce este învățat și înțeles.

Într-o lume tot mai tehnologizată, înțelegerea se poate realiza prin învățare colaborativă. Activitățile de grup și mediile în care se pun permanent probleme provoacă elevul și fac legătura între efort și rezultat. Mediarea prin comunitatea www deschide o lume a activităților de grup și mediilor în care elevii pot interacționa, a noilor patternuri de mediere (limbaje). Noile tehnologii oferă oportunități de interacțiuni sociale, diverse ocazii de dezvoltare. Acestea, împreună, sporesc dezvoltarea cognitivă, creând noi moduri de acces în ZPD.

Ideile lui Vâgotski au fost dezvoltate de **Doise și Palmonari**, care susțin că un copil învață prin construcție colectivă, prin imitare, sau prin achiziția unei moșteniri sociale.

Inteligența este definită ca abilitate a copilului de a-și ajusta judecățile la situații sociale (spre deosebire de opinia lui Piaget, conform căreia ajustarea se face la o situație fizică).

Dacă un copil are concepte slab dezvoltate, nevoia sa de a prelua conceptele prezentate într-o situație socială este mai mare decât a unui copil cu concepte bine dezvoltate. Cei care nu și-au construit concepte adecvate acasă au nevoie de mai mult sprijin din partea mentorului.

Doise și Palmonari au arătat cum copiii își demonstrează achizițiile cognitive în unele situații sociale, dar nu și în altele – un elev poate demonstra ce știe unui profesor, dar nu și altuia; un copil își poate demonstra înțelegerea într-o situație, dar nu și în alta – chiar cu același profesor.

Teoriile lui Vâgotsky au fost transpuse în curriculum de către **Vasili Davidov**, ale cărui studii sunt extrem de importante în dezvoltarea disciplinelor legate de învățare. Unul dintre discipolii lui Vâgotsky, **Alexander Luria**, s-a referit de nenumărate ori la psihologia cultural-istorică și la influența sa asupra gândirii. Lucrarea sa, *The Mind of a Mnemonist: A Little Book about Vast Memory* (1968), a reprezentat punctul de pornire pentru numeroase studii legate de memoria umană și de impactul acesteia asupra învățării. Luria a demonstrat că există mai multe sisteme de memorare, nu doar un singur fenomen intitulat generic *memorie*. Unul dintre cazurile analizate de Luria este cel al unui om incapabil să uite, ceea ce îi provoca dificultăți extraordinare în viața de zi cu zi, de tipul asocierii întâmplătoare între concepte, proces care îi brua comunicarea cu cei din jur. Studiul lui Luria i-a ajutat pe profesori să înțeleagă faptul că informația se poate înregistra în diferite „formate” prin intermediul unor căi neuronale distincte și că memoria este un sistem vast și multistratificat, cu diferite tipuri de „defecțiuni”.

Un aspect extrem de interesant referitor la memorie și la diferitele sisteme de memorare este legat de **sinestezie** – capacitatea de a asocia diferite tipuri de informație cu diferite simțuri (culoarea sunetelor sau a mirosurilor, gustul culorilor etc.).

Studiile lui Luria au permis elucidarea cauzelor ce stau la baza problemelor de memorie. Acestea apar în timpul mai multor etape: de codificare a informației la nivel cerebral, de depozitare (de păstrare a legăturilor cu informația codificată) și de recuperare (accesare și utilizare a informațiilor stocate la nivel cerebral). Diferitele sisteme de memorare (cum sunt, de exemplu, cel de scurtă durată sau de lungă durată) folosesc căi neuronale diferite, dar care se suprapun unele peste altele. Unul dintre psihologii cognitiști de renume ai secolului al XX-lea, **Jerome Bruner**, contemporan cu Luria, subliniază necesitatea reconsiderării memoriei în toate aspectele vieții și în învățare.



## Partea a IV-a

Cercetările lui **Mark Rosenzweig** au deschis un nou front de discuții referitoare la baza neurobiologică a comportamentului și la influența mediului – pe baza experimentelor desfășurate de Rosenzweig în 1958, Marian Diamond a examinat diferențele dintre creierile de șobolan crescuți în medii diferite din punct de vedere al solicitării cerebrale. A constatat că numărul dendritelor și cel al sinapselor este mult mai mare în cazul animalelor crescute în medii solicitante comparativ cu cele crescute în medii care le solicitau puțin sau deloc. Ulterior, s-a dovedit că mediile considerate solicitante pentru șobolani, construite artificial, în laborator, erau, de fapt, copii ale celor naturale (de exemplu, rețelele de canalizare) și că dezvoltarea cerebrală este favorizată mai degrabă de mediile normale decât de cele îmbogățite în stimuli. Această concluzie nu a pus capăt, însă, dezvoltării unei industrii extrem de profitabile dedicată antrenării părinților și profesorilor în configurarea de medii „îmbogățite”...

**William Greenough** studiază modul în care experiențele de fiecare zi influențează atât creierul în dezvoltare cât și pe cel matur. **Cercetările sale se concentrează asupra mecanismelor celulare care susțin învățarea și memoria** precum și alte procese cerebrale de stocare a informației.

Principala proprietate care permite desfășurarea proceselor cerebrale este **plasticitatea**, capacitatea creierului de a-și reorganiza rețelele neuronale, de a se adapta influențelor mediului și schimbărilor survenite în urma unei experiențe. **Neuroplasticitatea** se manifestă la mai multe niveluri – de la cel celular, unde se produc schimbări consecutive învățării, la cel al hărților corticale, care se schimbă în urma unor stimuli de o anumită natură și intensitate. Rolul neuroplasticității este fundamental în dezvoltare, învățare, memorie și refacere după leziuni cerebrale. În secolul XX, majoritatea specialiștilor în neuroștiințe considerau că, după o așa-numită *perioadă critică*, ce aparține copilăriei timpurii, structura cerebrală nu se mai schimbă. Ultimele studii au arătat, însă, că creierul se schimbă și în timpul perioadei adulte. Ideea imutabilității cerebrale provine din studiile realizate de **Hubel și Wiesel**, care au demonstrat că, după perioada critică, coloanele de dominanță oculară din aria vizuală neocorticală profundă nu se mai schimbă. Studiile au fost extrapolate asupra zonelor care se ocupă de limbaj, rezultatul sugerând imutabilitatea căilor senzoriale după perioada critică. Ulterior s-a demonstrat că schimbările survenite în mediu pot influența comportamentul și cunoașterea prin modificarea conexiunilor dintre neuroni prin neurogeneză în hipocamp și în alte zone cerebrale, inclusiv cerebelul.

După zeci de ani de cercetări, s-a demonstrat că la nivelul celor mai profunde zone de procesare neocorticală au loc schimbări dramatice, care pot influența activarea neuronală ca răspuns la experiență, iar aceste schimbări se produc atât la nivel anatomic (structura cerebrală), cât și fiziologic (organizare

funcțională). Se încearcă acum o reconciliere între studiile referitoare la perioada critică, ce demonstau imutabilitatea creierului după o anumită perioadă de dezvoltare, și creceterările recente, care arată că creierul se schimbă.

Mediile care solicită creierul reprezintă astăzi un subiect intens dezbătut, deoarece nu s-a ajuns la un consens în ce privește terminologia – un mediu solicitant pentru o persoană poate să nu fie solicitant pentru alta. Sunt de remarcat, însă, atenția care se acordă acestui subiect încă din anii '60 ai secolului trecut, precum și inițiativele la nivel academic pentru crearea unor condiții cât mai potrivite învățării.

S-a luat în discuție și rolul emoțiilor în învățare – **studiile de neuroimaging realizate pe nucleii amigdalieni demonstrează că emoțiile influențează nu numai maniera în care învățăm, ci și ce și de ce învățăm. În actul educațional este imperios necesar să se țină seama de faptul că emoțiile influențează deciziile care, la rândul lor, sunt fundamentale în procesul învățării.**

La sfârșitul anilor '70, **Michael Gazzaniga** a publicat *Neuropsychology: Handbook of Behavioral Neurobiology* (*Neuropsihologie: manual de neurobiologie comportamentală*), iar **Michael Posner** promova integrarea neuroștiințelor și a psihologiei în beneficiul înțelegerii învățării într-o manieră holistică, contribuția celor doi la aplicarea rezultatelor cercetărilor neuroștiințifice în educație fiind decisivă.

În 1977, a fost înființată **Societatea Japoneză de Neuroștiințe**, pentru studierea creierului și a sistemului nervos, a cărei activitate era destinată promovării binelui public și culturii umane. În același an s-a înființat și *Centrul pentru Neuroștiințe* (CNS) ca institut al Universității Flinders din Adelaide, Australia, primul centru multidisciplinar de neuroștiințe la nivel universitar din Australia. Membrii CNS au înființat *Societatea Australiană de Neuroștiințe* în 1979. Cele trei societăți, primele de acest tip, au promovat cele mai noi date despre creier, furnizate de tehnicile tot mai performante de imaging. Alte centre preocupate de subiect au apărut mai târziu, la sfârșitul anilor '90.

**Electroencefalograma** este folosită din 1929, iar **CAT** (computerized axial tomography = tomografia axială computerizată) și **MRI** (magnetic resonance imaging = imaging prin rezonanță magnetică), din 1973. Imaging neuronală a devenit extrem de interesantă după apariția **PET** (positron emission tomography = tomografia prin emisie de pozitroni), în 1979, a **TMS** (transcranial magnetic stimulation = stimulare magnetică transcranială), în 1985 și a **fMRI** (functional magnetic resonance imaging = imaging funcțional prin rezonanță magnetică) în 1990. Cercetarea prin intermediul acestor dispozitive a luat amploare: concentrată inițial asupra zonele responsabile de limbaj și atenție, s-a extins asupra mecanismelor învățării, devenind un subiect interesant și pentru profesori.

Teza de doctorat a lui **J. O'Dell** (1981), intitulată *Neuroeducation: Brain Compatible Learning Strategies* (*Neuroeducația: strategii de învățare compatibile cu creierul*), avea să reprezinte nu numai **prima lucrare despre**

**știința MBE**, ci și o viziune revoluționară despre predare și învățare. În 1983, **Leslie Hart** afirma: „educația descoperă creierul” și este nevoie de „o viziune holistă a arhitecturii cerebrale, a scopurilor și a principalelor căi de operare” asemănătoare cu cea a unui designer de automobile, care înțelege funcționarea tuturor motoarelor unei mașini. Pentru Hart, a elabora experiențe educaționale fără a înțelege funcționarea creierului era la fel cu a proiecta o mână fără a înțelege mâna. Tot în 1983 apărea *Frames of Mind (Cadre mentale)* a lui **Howard Gardner**, lucrare inspirată de studiile pe care le-a întreprins în anii '70 asupra militarilor cu creierul „zdruncinat”, internați în Spitalul Veteranilor din Boston. Deși nu aduce în sprijinul teoriei sale neuroștiințele – chiar dacă aduce dovezi clare că anumite tipuri de „intelligență” (legate de limbaj, de muzică, de calcule matematice) pot fi localizate cu ajutorul leziunilor neuronale – lucrarea lui Gardner a găsit un auditoriu în profesori, părinți și psihologi educaționali, deoarece a abordat ideea de intelligență într-un registru ce contesta eficiența evaluărilor educaționale. Astăzi, Gardner afirmă că a fost perceput eronat și că multe dintre conceptele pe care le-a formulat se refereau, de fapt, la altceva...

(<http://www.washingtonpost.com/blogs/answer-sheet/wp/2013/10/16/howard-gardner-multiple-intelligences-are-not-learning-styles/>)

La mijlocul anilor '80 apare **modelul conectivist** în psihologie – creierul este privit ca un sistem complex – și are loc **trecerea de la teoriile cognitiviste**, pentru care funcțiile mentale pot fi explicate prin intermediul activităților cerebrale, măsurabile experimental, **la cele constructiviste**, care susțin că omul își construiește propria cunoaștere pe baza propriilor experiențe. Ambele modele de învățare, cognivist și constructivist, trimit către o înțelegere tot mai profundă a modului în care capacitatea mentală crește de-a lungul vieții, creștere ce poate fi măsurată atât în termeni relativi cât și absoluți. Odată cu trecerea de la **behaviorism**, teorie care susține că tot ceea ce face un organism este comportament, la **cognitivism**, psihologia s-a orientat către științele sociale. Viziunea interdisciplinară a învățării și a predării asociate a fost clar creionată în deceniul '80 al secolului al XX-lea.

Cercetătorii neuroștiinței educației studiază mecanismele neuronale ale citirii, ale cunoașterii numerelor, ale atenției și ale dificultăților întâmpinate în aceste procese – dislexia, discalculia și ADHD – și ale influențelor acestora în cadrul educației.

Discalculia reprezintă o tulburare a abilității unui copil de a calcula, capacitatea matematică fiind sub cea corespunzătoare vârstei și inteligenței. Discalculia se definește ca fiind afectarea dezvoltării și dobândirii deprinderilor școlare. Copiilor cu discalculie le este greu să facă un calcul matematic, ei dezvoltând strategii de ajutor (numără pe degete, grupează etc.), au greutate în învățarea numerelor, în scrierea lor, în

înțelegerea conceptelor de combinare și separare, în folosirea semnelor și operarea cu ele, în reprezentarea grafică a informației. Tratamentul acestei deficiențe nu este unul specific, recomandându-se instruirea individuală.

Scopul neuroștiinței educației este obținerea de rezultate care să permită o abordare transdisciplinară a predării și învățării, să creeze o legătură între aceste procese, care par complet separate, printr-un dialog direct între cercetători și instructori/educatori. Un alt scop este eliminarea intermediarilor care vând neuro-mituri și remedii doar în interes comercial, prejudiciind, prin calitatea serviciilor, eficiența procesului de învățământ.

Davis consideră că modelele medicale ale cogniției „au un rol limitat în domeniul educației și al învățării, deoarece stările legate de intenția de a învăța ale subiecților nu sunt internalizate suficient pentru a fi examinate ca activități cerebrale”. Pe de altă parte, Pettito și Dunbar sugerează că neuroștiința educației „oferă cel mai relevant nivel de analiză pentru a rezolva problemele fundamentale ale educației în zilele noastre”. Howard-Jones și Pickering au solicitat opiniile educatorilor despre acest subiect și au constatat că aceștia erau entuziasmați de posibilitatea extrapolării rezultatelor din domeniile neuroștiințelor în educație, considerând că aceste studii ar putea să le influențeze în bine metodologia de predare și conținuturile curriculare. Alți cercetători consideră că legătura dintre neuroștiință și educație e destul de dificilă, fiind necesară o disciplină intermediară, de tipul psihologiei cognitive sau a psihologiei educaționale, care să ofere baza neuroștiințifică a unei practici educaționale. Concluzia la care au ajuns atât susținătorii cât și detractorii noii teorii este aceea că **legătura dintre educație și neuroștiință se poate face cel mai eficient în perioada copilăriei mici, fie prin intermediul unei discipline intermediare, fie prin dezvoltarea de noi paradigme de cercetare în neuroștiință, care să permită aplicarea rezultatelor proiectelor științelor neuronale într-o manieră acceptabilă.**

Mai multe insituții academice au început să aloce timp și fonduri pentru dezvoltarea unor centre de cercetare în neuroștiința educației. De exemplu, **Centrul pentru Neuroștiința Educației din Londra, U.K.**, este un proiect inter-instituțional desfășurat cu participarea University College, Londra, Birkbeck și a Institutului pentru Educație, la care contribuie cercetători cu experiență în domeniile dezvoltării atenției, a capacităților lingvistice, emoționale, conceptuale, și matematice, precum și specialiști în educație și învățare. Scopul final este acela de a crea o nouă disciplină științifică – **neuroștiința educației** – pentru a promova o învățare mai eficientă.

**Kurt Fischer** afirmă că „modelul tradițional este depășit. Nu este suficient să adunăm date din școli și să le transformăm în rapoarte de cercetare pe care să le consulte instructorii”, deoarece această manieră

de a proceda exclude atât profesorii cât și elevii din procesul complex al conceperii metodelor potrivite de predare / învățare.

Kurt W. Fischer este profesor la Harvard Graduate School of Education. Domeniile sale de interes sunt dezvoltarea cognitivă și emoțională, precum și învățarea. Teoria pe care a formulat-o, cunoscută sub denumirea de *dynamic skill* (capacitate dinamică) este considerată una dintre teoriile neo-piagetiene ale dezvoltării cognitive și oferă o explicație atât pentru coerența cât și pentru variabilitatea din tiparele de dezvoltare. Este președintele fondator al *International Mind, Brain, and Education Society* și editor fondator al revistei *Mind, Brain, and Education*.

În psihologia cognitivă și în neuroștiință învățarea a fost privită, până acum, ca o modalitate în care oamenii sau alte specii au evoluat pentru a extrage informații utile din lumea înconjurătoare, naturală sau socială. Educația, mai ales în variantele formale actuale, se concentrează, însă, pe descrieri și explicații despre lume, pe care elevul nu le poate dobândi singur. Astfel, *învățarea în sens științific* și *învățarea în sens educațional* pot fi privite ca fiind concepte complementare. Apare, deci, necesitatea ca neuroștiința cognitivă să adapteze lumii reale necesitățile practice ale învățării educaționale, și să ofere noi caracterizări ale stării elevului – cerebrală, genetică, hormonală – care pot fi relevante pentru predare / învățare. Măsurători ale efectelor predării și învățării, inclusiv ale structurii și activității cerebrale, pot ajuta la discriminarea diferitelor tipuri de metode de învățare și acumulare. Cercetările neuroștiințifice pot decela, de exemplu, învățarea pe de rost de cea prin înțelegerea conceptuală în matematică.

**Academia Națională de Științe a USA a publicat un raport care subliniază că „neuro-științele au ajuns în etapa în care pot corecta forma în care informația provenită din cercetare este oferită instructorilor / educatorilor astfel încât să poată fi interpretată / înțeleasă cât mai bine pentru a fi pusă în practică – identificând ce rezultate ale cercetării sunt potrivite implementării și care nu.”**

## Partea a V-a

**Blakemore** și **Frith**, cercetători la Centrul pentru Neuroștiință Educațională din Londra, descriu neurofiziologia dezvoltării creierului uman și teoriile conexe din neuroștiința educației pe care le-a generat. Unul dintre aspectele care susțin legătura dintre educație și neuroștiințe este capacitatea creierului de a învăța – cu ajutorul științelor ce studiază neuronii, putem înțelege mai bine etapele dezvoltării cerebrale și modul în care schimbările ce survin în cursul acestei dezvoltări se leagă de procesele învățării.

Majoritatea neuronilor sunt formați înainte de naștere, în timpul primului trimestru de sarcină (primele trei luni), creierul unui copil nou-născut având aproximativ același număr de neuroni cu al unui adult. Inițial, numărul neuronilor este mult mai mare decât ar fi nevoie pentru îndeplinirea funcțiilor vieții, doar cei care stabilesc conexiuni cu alți neuroni rămânând viabili. În primul an după naștere, creierul bebelușului trece printr-o etapă de dezvoltare extraordinară, în timpul căreia se formează extrem de multe conexiuni neuronale, multe dintre aceste conexiuni fiind eliminate ulterior printr-un proces ulterior de **selecție sinaptică** (în engleză, **pruning**), o etapă la fel de importantă în dezvoltare ca și cea a creșterii numărului de conexiuni neuronale (sinaptogeneză). La nivelul cortexului vizual și auditiv are loc de timpuriu o sinaptogeneză extinsă. Densitatea conexiunilor este de 150% din nivelul creierului adult între 4 și 12 luni, apoi conexiunile sunt selectate. Densitatea sinapselor în cortexul vizual ajunge la nivelul celei din creierul adult la copiii între 2 și 4 ani. În cazul altor arii corticale, cum ar fi cortexul prefrontal, răspunzător de planificare și interpretare, densitatea sinapselor crește mai lent, atingând maximul după vârsta de un an. Reducerea la nivelul celei a creierului adult durează 10 – 20 de ani, deci dezvoltarea cerebrală are loc, evident, și după adolescență. Metabolismul cerebral în primii ani de viață – consumul de glucoză, care este o măsură aproximativă a funcționării sinapselor – are valori peste cele ale adultului. Consumul de glucoză ajunge la 150% din nivelul adultului la vârsta de 4 – 5 ani. Pe la 10 ani, metabolismul cerebral atinge nivelul celui din creierul adult în majoritatea regiunilor corticale. **Dezvoltarea cerebrală constă în succesiuni de sinaptogeneză, vârfuri de densitate, apoi rearanjarea sinapselor și stabilizare, etape care au loc în diferite momente, cu diferite viteze în diferite regiuni corticale. Există, deci, perioade diferite pentru dezvoltarea fiecărui tip de cunoaștere.** Cercetarea neuroștiințifică a etapelor timpurii din dezvoltarea cerebrală și-a făcut cunoscute rezultatele instituțiilor guvernamentale responsabile de copiii sub trei ani în multe țări, inclusiv SUA și Marea Britanie, astfel că s-au formulat politici pentru îmbogățirea mediului în care cresc copiii din creșe

și grădinițe, în scopul expunerii lor la stimuli și experiențe care ar putea să le solicite la maximum potențialul de învățare uriaș al creierului de copil.

Problema rămâne, deocamdată, **comunicarea dintre neuroștiință și educație**. Daniel Willingham afirmă că „neuroștiința servește, fără îndoială, teoriei și practicii educației” aducând ca argument faptul că cercetarea comportamentului nu a fost suficientă pentru a determina dacă dislexia în dezvoltare era o dereglare de origine vizuală sau fonologică. Cercetarea în imagistică neuronală a evidențiat, la copiii cu dislexie, activarea redusă a regiunilor cerebrale implicate în procesarea fonologică, aducând, astfel, argumente clare pentru susținerea teoriei fonologice a dislexiei.

**Usha Goswami** afirmă că neuroștiința dezvoltării cognitive a adus, deja, servicii educației, prin descoperirea **markerilor neuronali** ce pot fi folosiți în evaluarea dezvoltării. Cu ajutorul acestora, s-au sistematizat termenii structurii și funcționării neuronale, prin care se poate stabili și compara nivelul de dezvoltare a unui individ. De exemplu, cercetarea ERP a pus în evidență mai multe *semnături neuronale* ale procesării limbajului, incluzând markeri ai procesării semantice (cum este N400), ai procesării fonetice (de exemplu, negativitatea de nepotrivire – MMN) și ai procesării sintactice (ca P600).

ERP (event-related potențial = potențial determinat de eveniment), este orice răspuns stereotip electrofiziologic la un stimul extern sau intern. Mai simplu, este un răspuns măsurabil, direct, al creierului la o percepție sau la un gând. ERP se pot măsura cu ajutorul electroencefalografiei (EEG), procedeu care măsoară activitatea electrică a creierului înregistrată prin cutia craniană și scalp. EEG înregistrează un set de linii – undele cerebrale – care descriu activitatea cerebrală. Măsurarea diferențelor dintre undele cerebrale permite studiul activității cerebrale ca răspuns la stimuli.

O anumită parte a semnalului ERP, numită, uneori, *componentă* a ERP, a fost asociată cu procesarea informației semantice. N400, numită astfel deoarece este o fluctuație negativă de potențial care tinde să atingă maximum după 400 ms de la declanșarea stimulului, a fost observată prima dată ca răspuns la cuvinte care nu se potriveau semantic în context. În 1980, Kutas & Hillyard credeau că aceste cuvinte nepotrivite vor declanșa P300, o componentă pozitivă a ERP, legată de procesarea evenimentelor neașteptate (Duncan – Johnson & Donchin, 1977; Ruchkin, Sutton & Tueting, 1975). În schimb, au observat un potențial negativ de valoare mare. Cuvintele au provocat, într-adevăr, și P300, dar doar când erau neașteptat de mari. În concluzie, creierul face diferența dintre înțelesul cuvintelor. (Sursa: *The Psychology of Learning and Motivation*, vol. 51, Academic Press, 2009, p. 9)

MMN (mismatch negativity = negativitatea de nepotrivire) este o componentă a ERP la stimuli diferiți dintr-o succesiune de stimuli. Apare în activitatea electrică a creierului și este studiată în cadrul

neuroștiinței cognitive și a psihologiei. Poate avea loc în orice sistem senzorial, dar a fost studiată mai ales în cadrul auzului și al văzului. În cazul stimulilor auditivi, MMN are loc după o schimbare ocazională într-o secvență repetitivă de sunete (uneori, întreaga secvență este numită *oddball sequence* = secvență neconvențională). De exemplu, un sunet deviant rar (d) poate fi strecurat într-o serie de sunete de frecvență standard (s) (tip s s s s s s s d s s s s s d s s s...) Sunetul deviant poate fi diferit de standard în mai multe moduri perceptibile, ca înălțimea, durata, tăria. MMN poate fi provocată indiferent dacă subiectul este sau nu atent – în timpul secvenței auditive, persoana poate să citească sau să urmărească un film subtitrat și să aibe o MMN. În cazul stimulilor vizuali, MMN are loc după o schimbare ocazională într-o secvență repetitivă de imagini.

Goswami arată că acești parametri pot fi acum investigați longitudinal la copii, anumite tipare ale schimbării putând indica anumite tulburări de dezvoltare. În plus, răspunsul acestor markeri neuronali la intervenții educative concentrate poate fi folosit ca măsură a eficienței intervenției. Cercetători ca Goswami afirmă că neuroștiința cognitivă are potențialul de a oferi educației numeroase posibilități extrem de interesante.

*Investigația longitudinală* este un studiu corelațional ce implică observarea repetată a acelorași variabile de-a lungul unor perioade lungi de timp, chiar decenii. Este un tip de studiu care se bazează pe observație. Conform Neil Carlson et al., *Psychology the Science of Behaviour*, Pearson Canada, USA, p. 361, investigațiile longitudinale se folosesc adesea în psihologie pentru a studia tendințele de dezvoltare de-a lungul vieții, precum și în sociologie, pentru a examina evenimente ce au loc în cursul unei vieți sau al unei generații. Spre deosebire de *investigația transversală*, în care sunt comparați indivizi diferiți care au aceleași caracteristici, studiile longitudinale urmăresc aceiași indivizi, diferențele observate la aceștia nefiind, deci, rezultatul diferențelor culturale de-a lungul generațiilor. Astfel, observarea schimbărilor se face cu acuratețe, studiile longitudinale fiind folosite în diferite alte domenii. În medicină, astfel de studii sunt proiectate pentru a depista semnele unei anumite boli. În publicitate, sunt folosite pentru a identifica schimbările pe care le produce o reclamă în comportamentul și în atitudinea publicului-țintă care o urmărește.

O aplicație a neuroimagingului, evidențiată de Goswami, este posibilitatea de a face diferența dintre dezvoltarea întârziată și dezvoltarea atipică în tulburările de învățare. De exemplu, imagistica neuronală a oferit răspunsul la întrebarea: un copil cu dislexie dezvoltă capacitatea de a citi într-un mod total diferit



de cei fără dislexie, sau o dezvoltă la fel, dar într-o perioadă mai lungă de timp? Rezultatele experimentale arată că la copiii cu tulburări de limbaj și cu dislexie dezvoltarea capacității lingvistice este doar întârziată, nu diferită în esență. În autism, dezvoltarea creierului poate fi diferită cantitativ – se manifestă lipsa dezvoltării în regiuni cerebrale asociate cu așa-numita *teorie a minții*.

Teoria minții se referă la capacitatea de a atribui sieși și altora stări mentale – convingeri, intenții, dorințe, cunoaștere – și de a înțelege că și alții au convingeri, dorințe și intenții diferite. Deși abordările par filosofice, teoria minții este diferită de filosofia minții.

Neuroimagistica poate fi folosită pentru a evalua impactul anumitor programe de antrenament cum este *Dore*, care se bazează pe ipoteza deficitului cerebelar și care a fost conceput pentru a îmbunătăți cititul printr-o serie de exerciții de echilibru. Anumite studii de imagistică au arătat recent că la copiii cu dislexie asupra cărora se intervine cu anumite metode educaționale, tiparele de activare cerebrală încep să semene cu cele ale copiilor fără dificultăți de citire și, în plus, că alte regiuni cerebrale acționează prin mecanisme compensatorii. Studiile EEG au arătat că bebelușii cu risc de dislexie (care au în familie membri dislexici) prezintă răspunsuri neuronale atipice la schimbări care survin în suntelele vorbite înainte de a fi capabili să înțeleagă conținutul semantic al limbajului.

În ultimii ani, a crescut mult interesul pentru cercetarea neuroștiințifică în procesarea limbajului la copii la nivel fonetic, al cuvintelor și propozițiilor. Se pot identifica substraturile neuronale pentru toate nivelele de limbaj în etapele timpurii ale dezvoltării. Au fost elucidate și modalitățile în care creierul își păstrează plasticitatea pentru procesarea limbajului. De asemenea, s-a demonstrat că una dintre cauzele care determină incapacitatea de a înțelege și folosi matematica este discalculia, o maladie genetică ce afectează 4-7% dintre copii. Înțelegerea dezvoltării tipice dar și atipice în domeniul matematicii este esențială pentru a configura un curriculum și pentru a-i susține pe cei care nu pot ține pasul. A fost identificat un sistem cerebral pentru procesarea simplă a numerelor, și s-au făcut câteva studii pentru a elucida etapele dezvoltării cerebrale la copii. Discalculia se datorează, conform rezultatelor experimentale, unui deficit în sistemul de reprezentare a numărului de obiecte într-un set și a modului în care operațiile cu seturi afectează numerele și sistemul neuronal care susține aceste capacități. Acest deficit fundamental afectează capacitatea elevului de a enumera seturi și de a le ordona după mărime, ceea ce face ca înțelegerea aritmeticii să fie extrem de dificilă. Studiile pe gemeni și pe familii arată că discalculia se moștenește iar anomaliile genetice, ca sindromul Turner, indică importanța genelor de pe cromozomul X.

Neuroștiințele contribuie la înțelegerea procesării matematice, permițând avansul pe terenul teoriilor cognitive. Cercetările au arătat că atât animalele și copiii mici cât și adulții au un „simț” înnăscut al numerelor, care permite cunoașterea elementară a numerelor și a relațiilor dintre ele. Zona cerebrală care prelucrează datele furnizate de acest „simț” se află în lobul parietal al fiecărei emisfere. Acest sistem parietal se activează la copii și la adulți atunci când aceștia realizează operații matematice obișnuite dar, în timpul dezvoltării, se specializează. La copiii cu discalculie, această regiune se activează mai puțin. Imagistica neuronală poate oferi, deci, informații vitale pentru studiul legăturii dintre funcțiile cognitive fundamentale și învățarea de nivel superior.

Pe lângă acest „simț” al numerelor, informația despre numere poate fi stocată verbal în sistemul limbajului, sistem care se dovedește a fi diferit calitativ, la nivel cerebral, de cel al simțului numerelor. Acest sistem stochează și informație despre alte secvențe verbale bine învățate – zilele săptămânii, lunile anului, chiar versuri, susținând procesul numărării și învățarea tablei înmulțirii. În timp ce multe probleme de aritmetică sunt atât de mult repetate încât ajung să fie stocate în sistemul verbal, problemele mai complexe necesită o formă de imagistică mentală vizual-spațială.

Intersul pentru abilitățile psihice și pentru rolul acestora în asigurarea succesului în viață a crescut simțitor. **Conceptul de Inteligență Emoțională (EI) a devenit tot mai utilizat, ajungându-se chiar la a afirma că EI este mai important decât inteligența cognitivă și că poate fi îmbunătățit mai ușor. Astfel de afirmații încă mai au nevoie de multă susținere științifică**, chiar dacă EI pare să influențeze succesul academic sau să conteze destul de mult în cazul grupurilor cu risc de eșec academic sau de excludere socială. În ciuda lipsei bazei științifice, se remarcă o orientare clară pentru promovarea competenței sociale și emoționale, a sănătății mentale și a stării psihologice de bine ale copiilor și tinerilor (cum este SEAL – *Social and Emotional Aspects of Learning* = aspecte sociale și emoționale ale învățării, proiect britanic derulat în 2005 și 2007).

A fost cercetată baza neuronală a recunoașterii emoționale la copiii obișnuiți, în diverse etape de dezvoltare. Totuși, același tip de cercetare și de neuroimagistică nu a fost întreprins la fel de intens la copiii atipici, care procesează emoțiile diferit. Mulți dintre acești copii atipici sunt băieți, fetele înregistrând rezultate mai bune la măsurarea EI și a modului de procesare a emoțiilor. În cazul interpretării expresiilor faciale, fetele au rezultate mai bune, probabil datorită gradului de maturare a creierului și a socializării. Lezarea zonelor prefrontale ale creierului la copii produce insensibilitate la socializare, la acceptare sau la respingere. Aceste arii corticale procesează emoții ca jena, compasiunea și invidia. Lezarea lor mai produce și afectarea capacității de decizie în lumea reală, susținând teza vâgotskiană conform căreia factorii sociali și culturali sunt esențiali în învățarea cognitivă și în decizii.

Este necesar, deci, ca neuroștiințele să dialogheze cu perspectivele construcționiste în examinarea influenței pe care o au emoțiile asupra învățării transferabile. Mai sunt multe necunoscute în procesul dezvoltării conștiinței și a empatiei. **Conștiința emoțională poate fi măsurată cu ajutorul neuroimagingului**, care evidențiază faptul că **diversele nivele de conștiință emoțională sunt asociate cu diferite nivele de activitate ale nucleilor amigdalieni, ale cortexului insular anterior și ale cortexului medial prefrontal**. Studiarea dezvoltării creierului la copii și la adolescenți arată că aceste zone suferă schimbări structurale foarte mari. Gradul de conștientizare a propriilor emoții la copiii de vârstă școlară și la adolescenți variază mult, ceea ce poate avea o influență majoră asupra comportamentului în colectiv, inclusiv asupra receptivității la stilurile de predare și la programă.

Cercetătorii de la Centrul pentru Neuroștiința Educației din Londra au dezvoltat un proiect de investigare a modului în care se dezvoltă percepția socială la nivel cerebral. De remarcat abordarea cercetătoarei **Sarah-Jayne Blakemore**, coautor al lucrării *The Learning Brain (Creierul care învață)*, care a publicat rezultate ce sugerează că activitatea cerebrală în regiunile asociate cu procesarea emoțională înregistrează schimbări funcționale semnificative în timpul adolescenței.

Un alt proces examinat de neuroștiințe este **atenția** – totalitatea mecanismelor cerebrale care ne permit să ne concentrăm asupra unui anumit aspect al mediului senzorial, cu excluderea relativă a celorlalte. Atenția modulează procesarea senzorială într-o manieră numită „în cascadă”. Menținerea atenției selective asupra unui anumit subiect sau a unei anumite persoane pentru o perioadă lungă de timp este o sarcină-cheie în activitatea educațională. Atenția este acea capacitate cognitivă fundamentală afectată în cazul tulburărilor de tip ADHD, care se manifestă prin dificultăți la îndeplinirea unei sarcini sau la remarcarea detaliilor. Din perspectiva neuroștiințelor fundamentale, atenția este, se pare, una dintre funcțiile cerebrale umane care răspund cel mai bine la intervenția și antrenamentul timpurii. Din perspectiva neuroconstructivistă, atenția este un mecanism vital prin care copilul poate selecta anumite aspecte ale mediului pentru a continua învățarea. Funcțiile executive includ mai multe capacități: de a inhiba informațiile sau răspunsurile nedorite, de a planifica o secvență de etape mentale sau acțiuni și de a reține pentru perioade scurte informații variabile și relevante referitoare la sarcina urmărită (memoria de lucru). Ca și atenția, capacitățile funcției executive oferă o platformă absolut necesară pentru achiziția de cunoaștere specifică unui anumit domeniu în context educațional. Studii recente au arătat că antrenarea capacităților de execuție la vârsta preșcolară poate preveni insuccesul în ciclul primar de învățământ. Neuroștiințele fundamentale au indentificat structurile cerebrale primare și circuitele implicate în execuție, printre care se află și cortexul prefrontal la adulți. Mai este, însă, de muncă la

descrierea și înțelegerea dezvoltarea acestor circuite, a bazelor genetice și neuronale ale diferențelor individuale în funcția de execuție.

## Partea a VI-a

Există și critici la adresa relației dintre neuroștiințe și educație – în 1997, John Bruer publica un articol în care susține că rezultatele cercetărilor din neuroștiințe sunt, încă, insuficiente pentru a face o legătură clară între structura și funcțiile cerebrale și educație. Argumentele pe care le combate sunt:

1. Copilăria timpurie este caracterizată de creșterea rapidă a numărului sinapselor (proces numit sinaptogeneză), după care urmează o perioadă de „selecție”.
2. Există așa-numitele *perioade critice dependente de experiență* în timpul cărora creierul în dezvoltare este pregătit pentru a dezvolta anumite capacități senzoriale și motorii.
3. Un mediu bogat în stimuli determină creșterea sinaptogenezii, dovadă fiind capacitatea uriașă de învățare din copilăria timpurie, atunci când creșterea numărului de sinapse este maximă, la fel ca și activitatea cerebrală.

Cunoștințele despre dezvoltarea timpurie a creierului, furnizate de neurobiologie, susțin diverse argumente referitoare la educație cum ar fi, de exemplu, posibilitatea de a explica unui copil orice subiect (bineînțeles, într-o formă adecvată vârstei), datorită mării adaptabilități și a capacității uriașe de învățare a creierului copilului. O altă idee este cea a perioadelor critice de învățare a anumitor abilități sau seturi de cunoaștere, susținută și de experimentele pe animale care arată că atunci când creierul în dezvoltare nu este supus anumitor stimuli, zonele cerebrale responsabile de procesarea acelor stimuli nu se vor dezvolta nici mai târziu – principiul *ferestrelor de cunoaștere*.

Bruer susține că științele comportamentului pot oferi o bază pentru politicile educaționale, spre deosebire de neuroștiințe, a căror contribuție este limitată de propriile lor limite. Argumentul său îl constituie persistența dogmelor ce provin din primele cercetări de neurobiologie, dar care s-au dovedit a nu avea, de fapt, nicio susținere științifică. Trei dintre aceste dogme, numite *neuromituri*, au fost enumerate într-un raport al OECD asupra înțelegerii creierului); ele sunt, de fapt, mai multe, așa cum susține cercetătorul Usha Goswami:

1. *Emisfera stângă versus emisfera dreaptă* (emisferele cerebrale susțin tipuri diferite de învățare).

Ideea conform căreia cele două emisfere ar învăța diferit nu are, de fapt, nicio susținere științifică, provenind din constatarea că anumite abilități cognitive *par* să fie localizate diferențiat pe o anumită emisferă (de exemplu, limbajul este susținut de emisfera stângă la persoanele dreptace). Între cele două emisfere există, însă, nenumărate conexiuni – neuroimagistica arată că orice abilitate cognitivă solicită numeroase regiuni cerebrale situate în ambele emisfere, responsabile atât de limbaj, cât și de citit, deci nu există niciun tip de învățare susținut doar de o emisferă cerebrală.

2. Plasticitatea cerebrală pentru anumite tipuri de învățare doar în timpul anumitor „perioade critice” – de unde necesitatea ca învățarea, pentru anumite arii, să se facă neapărat în aceste perioade.

Neuromitul „perioadelor critice” este o extensie a unor rezultate din cercetarea neurologică a sistemului vizual, deci nu are legătură cu învățarea și cunoașterea. Deși deprivarea senzorială în timpul anumitor perioade de timp poate afecta dezvoltarea simțului văzului, aceste perioade sunt mai degrabă senzitive decât critice, iar posibilitatea de a învăța nu este pierdută pentru totdeauna. De exemplu, dacă un copil poate beneficia de posibilitatea de a învăța o a doua limbă în timpul perioadei senzitive de achiziție a limbajului, aceasta nu înseamnă că un adult nu poate învăța acea limbă mai târziu în viață.

Ideea de „periodă critică” provine din lucrările cercetătorilor Hubel și Wiesel și se referă la perioadele în care are loc formarea de sinapse în exces, perioade care se termină atunci când nivelurile conexiunilor sinaptice se stabilizează. În timpul perioadelor de formare a sinapselor, anumite regiuni cerebrale sunt sensibile mai ales la prezența sau absența anumitor tipuri de stimuli. Perioadele critice diferă în cadrul unui sistem – sistemul vizual are perioade critice diferite pentru dominanța oculară, pentru acuitatea vizuală și pentru funcția binoculară – dar și între sisteme – perioada critică pentru sistemul vizual pare să ia sfârșit în jurul vârstei de 12 ani, în timp de achiziția sintaxei – la cca 16 ani.

În locul unei singure perioade critice pentru sistemele cognitive obișnuite, cercetătorii preferă să abordeze perioadele senzitive de timp în care creierul este cel mai ușor de modelat într-o manieră subtilă și gradată. Perioadele critice pot fi împărțite în trei faze: prima, de schimbare rapidă, urmată de o dezvoltare continuă, în care se pot produce pierderi și deteriorări, și cea de-a treia, faza de dezvoltare continuă în care sistemul își revine din deprivare.

Deși existența perioadelor senzitive este dovedită, nu știm dacă sunt valabile și pentru cunoașterea transmisă cultural (ca citirea și aritmetica). De asemenea, nu se cunoaște rolul sinaptogenezei în achiziția acestor abilități.

3. Educația eficientă se face numai în perioadele de sinaptogeneză (mediul în care se află copilul trebuie îmbogățit în perioadele de creștere a numărului de sinapse).

Argumentul mediului îmbogățit se bazează pe experimentele care arată că șobolanii crescuți în medii complexe se descurcă mai bine atunci când sunt puși să realizeze diverse sarcini în labirint și au 20-25% mai multe conexiuni sinaptice decât șobolanii crescuți în medii obișnuite. Totuși, aceste medii „îmbogățite” erau create în condițiile de laborator, fiind foarte departe, de fapt, de mediul extrem de stimulat în care ar trăi un șobolan în sălbăticie. În plus, formarea acestor conexiuni suplimentare ca răspuns la stimuli de mediu noi are loc pe tot parcursul vieții, nu numai în timpul perioadelor critice sau senzitive. De exemplu, pianistii talentați prezintă în cortexul auditiv reprezentări mărite ale sunetelor clapelor de pian, în timp ce violoniștii au reprezentări neuronale ample pentru degetele mâinii stângi. Șoferii de taxi londonezi dezvoltă rețele neuronale ample în zona cerebrală responsabilă pentru reprezentarea spațială și pentru navigație. Creierul formează, deci, chiar și la adult, multe conexiuni noi ca rezultat al stimulării unei anumite zone cerebrale.

Cercetările lui Greenough sugerează un al doilea tip de plasticitate. În timp ce sinaptogenza și perioadele critice se referă la plasticitatea *experience-expectant*, creșterea numărului de sinapse în medii complexe se referă la plasticitatea *experience-dependent*. Acest tip de plasticitate se ocupă de învățarea în anumite medii, nu de caracteristici ubicue ale mediului, comune tuturor membrilor speciei, cum este vocabularul.

Plasticitatea *experience-dependent* (dependentă de experiență) este importantă deoarece face legătura dintre învățarea specifică și plasticitatea cerebrală, dar este relevantă de-a lungul întregii vieți, nu numai în perioadele critice. Plasticitatea *experience-expectant* (care „așteaptă” experiența) sugerează că acele caracteristici ale mediului care sunt necesare pentru reglajele fine ale sistemelor senzoriale sunt ubicui și extrem de generale. Aceste tipuri de stimuli abundă în mediul tipic al oricărui copil. Astfel, plasticitatea *experience-expectant* nu depinde de experiențe specifice într-un mediu specific, deci nu pot oferi prea mult sprijin în alegerea jucăriilor, sau a atitudinii referitoare la copilăria mică. Legătura dintre experiență și plasticitatea cerebrală nu este, încă, elucidată. Fără îndoială că învățarea are efect asupra creierului, dar această relație nu ne ajută la optimizarea procesului de învățământ.

Bruer avertizează și asupra pericolelor mediilor „îmbogățite” pe baza valorilor socio-economice și atrage atenția asupra tendinței de a considera valorile clasei de mijloc mai importante decât cele ale clasei muncitoare, în ciuda faptului că nu există o explicație neuroștiințifică pentru aceasta.

Cercetările asupra sinaptogenezei s-au făcut la început pe animale. Pornind de la rezultatele cercetărilor pe maimuțe și pisici, se poate presupune că dezvoltarea neuronală la om durează până la adolescență. Perioadele de sinaptogenză intensă sunt asociate cu dezvoltarea anumitor deprinderi și funcții cognitive – acuitatea vizuală, apucarea, utilizarea simbolurilor, memoria de lucru. Totuși, aceste deprinderi se rafinează și după ce se presupune că sinaptogenza a luat sfârșit, mai mult, se perfecționează și după ce

densitatea sinaptică a ajuns la nivelul creierului adult, ceea ce sugerează ideea că sinaptogeneza este necesară pentru învățarea acestor deprinderi, dar nu este implicată și în rafinarea lor continuă. Există, deci, și alte schimbări cerebrale care contribuie la învățarea continuă.

În plus, schimbările cognitive corelate cu sinaptogeneza sunt legate de memoria vizuală, tactilă, proprioceptivă și de lucru. Acestea nu sunt capacități învățate ci, mai degrabă, acumulate independent de școală, sprijinind chiar învățarea ulterioară. Ce nu se știe este cum anume aceste capacități se leagă de învățarea ulterioară în școală. Se știe doar că are loc sinaptogeneza și că modelul acesteia este important pentru funcționarea creierului. Neuroștiințele nu pot explica educatorilor ce categorii de experiențe din copilăria timpurie pot îmbunătăți capacitățile cognitive ale copilului, sau rezultatele sale la școală.

**O altă idee care a generat confuzii este atribuirea unui anumit sex creierului – creier masculin sau creier feminin. Este vorba de o interpretare eronată a unor termeni utilizați pentru descrierea stilurilor cognitive în încercarea de a conceptualiza natura pattern-urilor cognitive la indivizii cu disfuncționalități din categoria autismului.** Baron-Cohen a constatat că bărbații se descurcau mai bine cu sistematizarea, înțelegând sistemele mecanice, iar femeile erau mai empatică, comunicând mult mai ușor și înțelegându-i pe ceilalți. Astfel, autorul a sugerat că autismul ar putea fi privit ca o extremă a „creierului masculin”, fără a afirma că femeile și bărbații ar avea creiere total diferite sau că femeile cu autism ar avea creier de bărbat.

O altă problemă se referă la **discrepanța dintre rezoluția spațială în imagistică și rezoluția spațială a schimbărilor sinaptice care ar susține procesele de învățare.** La fel și în cazul rezoluției temporale. Astfel, este greu de făcut legătura dintre subcomponentele capacităților cognitive și funcționarea creierului. În opinia lui Bruer, fisura din teoria neuroștiinței educației constă tocmai în încercarea de a face legătura dintre ceea ce se întâmplă la nivel sinaptic și procesele de la nivelele superioare ale învățării și instruirii. Terminologia „minte, creier și educație” trimite la ideea că dacă nu putem face legătura directă dintre educație și neuroștiință, atunci putem folosi două conexiuni deja existente pentru informarea domeniului educației – legătura dintre psihologia cognitivă și educație și dintre psihologia cognitivă și neuroștiință.

Bruer consideră că neuroștiințele în forma lor actuală nu prea au multe de oferit educatorilor la nivel practic. Științele cognitive, pe de altă parte, pot servi ca bază pentru dezvoltarea unei științe aplicate a învățării și educației. Alți cercetători au sugerat legături alternative către psihologia cognitivă la care face referire Bruer: psihologia educațională, după Mason, se ocupă cu „dezvoltarea modelelor descriptive, interpretive și prescriptive ale învățării și cu alte fenomene educaționale”.

**Willingham** afirmă că rolul neuroștiințelor în rafinarea practicii educaționale este de necontestat dar că este nevoie de depășirea a trei obstacole pentru ca cele două domenii să comunice direct:

1.     Țelurile – Willingham consideră că educația (pedagogia) este o *știință artificială*, care caută să creeze *un artefact* – un set de strategii și de materiale pedagogice. Neuroștiința este, dimpotrivă, o *știință naturală*, fiind preocupată de elucidarea mecanismelor care descriu structura și funcțiile neuronului. Această diferență face ca anumite țeluri educaționale să fie imposibil de explicat cu ajutorul cercetării neuroștiinței – de exemplu, caracterul sau simțul artistic.

2.     Verticala – nivelurile de analiză: Willingham afirmă că cel mai înalt nivel de analiză la care se aspiră în neuroștiințe este cartografierea structurii și activității creierului pe funcții cognitive, sau chiar a interacțiunii funcțiilor cognitive (impactul emoțiilor asupra învățării). În cadrul neuroștiințelor, aceste funcții sunt studiate separat, pentru simplificare, iar sistemul nervos ca întreg, întreaga sa activitate, cu nenumăratele interacțiuni funcționale, sunt lăsate la o parte. Pentru educatori, pe de altă parte, primul nivel de analiză ar fi mintea unui singur copil, următoarele niveluri încorporând clasa, regiunea, țara etc. Astfel, importul rezultatelor cercetării efectuate asupra unui singur factor cognitiv într-un domeniu în care contextul este esențial creează dificultăți. De exemplu, în condiții de laborator, este dovedit că memorarea (învățarea pe de rost) îmbunătățește învățarea, însă profesorul nu poate implementa această strategie fără a lua în considerare impactul asupra motivației copilului. Pentru neuroștiințe, însă, studiul unor astfel de interacțiuni în condiții de laborator este extrem de dificil.

3.     Orizontala – implementarea rezultatelor cercetării de laborator: în timp ce datele și teoriile educației se bazează aproape exclusiv pe comportament, descoperirile neuroștiințelor pot fi încadrate în diverși parametri – electrici, chimici, spațiali, temporali etc. Forma cea mai obișnuită de preluare de date din neuroștiințe în educație o reprezintă cartografierea activităților cerebrale pe funcții cognitive. Însă aplicarea unei astfel de informații spațiale la teoria educațională este foarte complicată – nu se știe cum se poate folosi informația conform căreia o anumită regiune cerebrală susține o anumită funcție relevantă pentru educație. Această „problemă la nivel orizontal” poate fi rezolvată, afirmă Willingham, numai cu ajutorul unei mari cantități de date obținute din studierea comportamentului și al teoriilor deja existente, dovada fiind că astfel de metode au fost eficiente în identificarea unor subtipuri de dislexie.

Katzir și Paré-Blagoev susțin că neuroimagingul nu ar fi potrivit, în momentul de față, pentru examinarea funcțiilor cognitive la nivel înalt, deoarece se bazează pe metoda eliminării – activitatea cerebrală în timpul îndeplinirii unei sarcini de rutină este eliminată din cea care se manifestă în cursul unei sarcini mai complicate, păstrându-se doar datele despre activarea legată specific de funcția examinată. Cei doi cercetători susțin că metoda, foarte bună pentru studierea procesării cerebrale a



sarcinilor primare (percepții de diferite naturi, cum ar fi văzul sau atingerea), nu poate fi relevantă în cazul procesării unor sarcini mult mai complexe, cum ar fi cititul sau deducțiile. Și alți cercetători susțin această idee, neajunsurile fiind determinate nu atât de tehnologia în sine cât de posibilitatea de a concepe experimente și de a interpreta rezultatele. Ei susțin păstrarea datelor experimentale din studiul comportamentelor, înțelese până acum foarte bine, și pentru care există un cadru teoretic solid.

## **Partea a VII-a**

Un studiu recent asupra neuroștiințelor educației realizat de Varma, McCandliss și Schwartz descrie opt idei, patru de natură științifică și patru de natură practică, ce ar reprezenta diverse probleme care ar putea fi transformate, însă, în surse de inspirație:

1. Metodele: în neuroștiințe, metodele creează medii artificiale, astfel că nu oferă informații utile referitoare la contextul în care se desfășoară ora în clasă. Unii se tem că dacă neuroștiințele ar interveni prea mult în practica educațională, variabilele contextuale și-ar pierde din importanță iar soluțiile la problemele educaționale vor deveni mai degrabă de ordin biologic decât pedagogic. Varma & al. susțin, însă, că noile paradigme experimentale permit investigarea contextului, cum este cazul activării cerebrale în urma unor proceduri de învățare diferite, și că neuroimagistica permite examinarea schimbărilor strategice/mecanice din cursul dezvoltării care nu pot fi înregistrate doar cu ajutorul timpului de reacție și al măsurării parametrilor comportamentali. Studiul citează cercetări recente care descriu faptul că efectele variabilelor culturale pot fi investigate cu ajutorul imagisticii cerebrale iar rezultatele pot fi utilizate în practica educațională la clasă.

2. Datele: cunoașterea regiunii cerebrale care se ocupă de o funcție cognitivă elementară nu este suficientă pentru conceperea strategiei de învățare pentru acea funcție. Varma et al. susțin că neuroștiințele oferă posibilitatea de a proiecta un nou tip de analiză a cogniției, descompunând comportamentul în elemente invizibile la nivel comportamental (de exemplu, viteza și acuratețea diferite pentru diferite operații aritmetice sunt rezultatul nivelurilor diferite de eficiență în cadrul aceluiași sistem cognitiv și nu al mai multor sisteme cognitive diferite).

3. Teoriile reduționiste: aplicarea terminologiei și a teoriei neuroștiințifice în practica educațională ar fi o simplificare de nedorit, fără utilizare practică pentru educatori. Redescrierea unui deficit comportamental cu ajutorul termenilor neuroștiințifici nu aduce niciun câștig. După Varma et al., reduționismul este o modalitate de unificare a științelor, iar cooptarea terminologiei neuroștiințifice nu

duce neapărat la eliminarea terminologiei pedagogice, dar creează oportunități pentru comunicarea și înțelegerea între discipline.

4. Filosofia: educația și neuroștiințele sunt total incompatibile, deoarece încercarea de a descrie diferite fenomene comportamentale în clasă prin descrierea mecanismelor fizice ale creierului este greșită din punct de vedere logic. Totuși, neuroștiințele pot ajuta la rezolvarea conflictelor care apar în domeniul educației (rezultate din diferite construcții teoretice și terminologii folosite în subdomeniile educației) fiind o măsură a uniformității în ce privește raportarea rezultatelor.

5. Costurile: Metodele neuroștiințifice sunt extrem de costisitoare, rezultatele așteptate nejustificându-și costul. Varma et al. consideră că neuroștiința relevantă educațional ar putea atrage finanțări suplimentare la cercetarea pedagogică în loc să consume reurse. Neuroștiința educațională susține că cele două domenii sunt interdependente și că o parte a fondurilor alocate ambelor domenii ar trebui direcționate către problemele comune.

6. Coordonarea: deși în plină expansiune, neuroștiința este încă la începuturi în ce privește studierea non-invazivă a creierului sănătos, astfel că educatorii trebuie să aștepte mai multe date relevante necesare pentru formularea unor teorii clare. De exemplu, studiile despre programele de remediere a dislexiei au fost folosite și pentru a descrie rețelele cerebrale implicate în citit. Astfel s-au formulat, însă, noi întrebări.

7. Controlul: odată ce neuroștiințele vor fi acceptate în educație, viitoarele teorii vor fi formulate în termenii mecanismelor neurale, iar dezbaterile se vor baza pe neuroimagică. Neuroștiințele vor acapara resursele iar cercetarea pedagogică își va pierde independența. Varma & al. contrazic, însă, această idee, afirmând că pedagogia poate influența, la rândul ei, neuroștiințele, direcționând cercetarea de mâine în forme complexe de cogniție, iar cercetarea pedagogică poate ajuta Neuroștiința educației să evite experimente naive sau repetarea unor greșeli anterioare.

8. Neuromituri: cele mai multe descoperiri ale neuroștiințelor s-au regăsit în educație sub forma neuromiturilor, extrapolări iresponsabile ale cercetărilor fundamentale în domeniul educației. Mai mult, aceste mituri au depășit granițele academice fiind furnizate direct profesorilor și publicului. Varma & al. arată că neuromiturile relevă o fascinație a omului obișnuit pentru creier, iar traducerea adecvată a descoperirilor din neuroștiințe și colaborarea în cercetare pot contribui la demontarea neuromiturilor.

Echipele de cercetători T. Katzir / Juliana Paré-Blagoev și Cacioppo / Berntson susțin că, așa cum neuroștiințele aduc informații domeniului educației, cercetările din domeniul educației pot contribui la dezvoltarea de noi paradigme experimentale în cercetarea neuroștiințifică. Katzir și Paré-Blagoev aduc ca exemplu cercetarea asupra dislexiei ca model al colaborării – în acest caz, teoriile referitoare la procesele

care se desfășoară în cursul cititului au ghidat atât proiectarea cât și interpretarea cercetării neuroștiințifice, teoriile existente fiind dezvoltate din cercetarea asupra comportamentului. Autorii sugerează că formularea teoriilor care conturează capacitățile și subcapacitățile necesare îndeplinirii unor sarcini relevante educațional reprezintă o cerință fundamentală pentru ca cercetarea neuroștiinței educaționale să fie eficientă. Mai mult, astfel de teorii trebuie să sugereze empiric conexiuni testabile între comportamente relevante educațional și funcționarea creierului.

**„Unul dintre motivele pentru care publicul înghite atâtea aiureli este numărul foarte mic al celor care cunosc suficient de bine atât pedagogie cât și neuroștiință pentru a le putea asocia”,** afirmă Kurt Fischer, director al programului *Mind, Brain and Education* de la Universitatea Harvard. **Educatorii au luat de bune interpretările popularizatorilor de neuroștiințe, deoarece nu puteau discerne între adevărat și fals în ce privește reprezentarea rezultatelor din acest domeniu de cercetare. Fără accesul direct la cercetarea fundamentală, educatorii riscă să folosească eronat cercetarea neuroștiințifică. Intermediarii care traduc rezultatele cercetării în practică trebuie să fie persoane avizate, altfel asistăm la ceea ce se întâmplă deja – rezultatele cercetării neuroștiințifice sunt interpretate eronat.** S-a sugerat chiar constituirea unui grup special de profesioniști al căror rol să fie introducerea neuroștiinței cognitive în practica educațională într-o manieră etică și de bun simț – neuroeducatori cu rol fundamental în evaluarea calității informației considerate esențiale pentru educație și în negocierea situațiilor neașteptate ce pot să apară din implementarea rezultatelor unora dintre cercetări.

În ce privește cercetarea neuroștiințifică, psihologii educaționali și cei implicați în procesul dezvoltării personale, precum și profesorii adoptă patru tipuri de atitudini, consideră Byrnes & Fox: „(1) acceptă imediat (și interpretează, uneori) rezultatele studiilor neuroștiințifice; (2) resping total abordarea neuroștiințifică sau consideră că rezultatele unei astfel de cercetării nu au niciun rost; (3) nu cunosc sau nu vor să cunoască nimic legat de cercetarea neuroștiințifică; (4) acceptă cu prudență rezultatele unei astfel de cercetări ca făcând parte dintr-o serie de date ce apar din diferite domenii ale științelor cognitive și neurologice”. În condițiile în care s-au acumulat tot mai multe cunoștințe iar capacitatea de a fi expert în mai multe domenii scade, este necesară, deci acceptarea rezultatelor cercetării neuroștiințifice și colaborarea domeniilor educației cu neurobiologia. „Profesorii trebuie să conștientizeze și să abordeze științific arta predării” – afirmă Bennett & Rolheiser-Bennett, explicând că educatorii trebuie să cunoască și alte metode pe care să le aplice în practică.

Mason sugerează două moduri în care neuroștiința și educația pot colabora în așa fel încât cercetarea științifică să permită formularea de teorii ale educației mai clare, nu doar o transplantare a rezultatelor

științifice în domeniul educației. În schimb, educația poate orienta cercetarea și paradigmele experimentale din cercetarea neuroștiințifică. De exemplu, în timp ce practica pedagogică în clasă poate ridica întrebări referitoare la baza emoțională a performanței în îndeplinirea sarcinilor școlare, neuroștiința poate dezvălui fundamentele cerebrale ale proceselor superioare ale gândirii ajutând, astfel, la înțelegerea rolului emoțiilor în învățare și deschizând noi orizonturi de studiu al gândirii emoționale în clasă.

Școala reprezintă o sumă de factori care influențează dezvoltarea cerebrală – fiecare zi de școală schimbă creierul elevilor în diferite moduri. Profesorii interesați de promovarea unei educații de calitate, care formează oameni echilibrați și conștienți de capacitățile lor, pot lua în calcul și paradigma *mind & brain* sau *brain based* (enunțată de **Eric Jensen**), definită de următoarele constatări:

- **Plasticitatea cerebrală și neurogeneza se desfășoară pe tot parcursul vieții. Capacitatea creierului de a-și reconfigura rețelele și hărțile mentale este uriașă. Școala poate influența acest proces stimulând cultivarea talentelor, dar și prin educație artistică, tehnică, prin meditație și prin cultivarea capacității de a gândi.**
- **Condițiile sociale influențează creierul – descoperirea, la începutul anilor '80, a neuronilor oglindă de către Giacomo Rizzolatti (Universitatea din Parma, Italia) ar putea explica diverse comportamente din mediul școlar precum și autismul (neuronii oglindă nu declanșează potențiale de acțiune la copiii cu autism).**
- **Stresul cronic reprezintă o problemă majoră atât pentru elevi cât și pentru profesori. În 1988, Sterling & Eyer au propus termenul de *allostazie* pentru a descrie procesul prin care organismul încearcă să-și restabilească homeostazia. Spre deosebire de homeostazie, allostazia este un proces care răspunde unei necesități imediate (este o stare metabolică indusă de stress) iar teoria susține că ambele sunt procese endogene, care mențin stabilitatea internă a organismului. Stresul are consecințe grave asupra sănătății, a capacității de învățare și asupra comportamentului, vizibile în manifestarea atenției, memoriei, capacităților de socializare și de acumulare a cunoștințelor.**
- **Școala tradițională funcționează pe principiul *educație versus gene*. Se poate, însă, și altfel: genele pot răspunde stimulilor din exterior, expresia genetică putând fi reglată prin ceea ce facem la școală. Ernest Rossi (2002) și Bruce Lipton (2005) au explicat maniera în care comportamentele noastre de fiecare zi pot influența exprimarea genetică.**

- Nutriția echilibrată este absolut obligatorie pentru ca creierul să funcționeze la parametri optimi – alimentația influențează memoria, atenția, capacitatea de a gestiona stresul, ba chiar și inteligența.
- Ființa umană are nevoie de artă pentru a se dezvolta pe toate planurile. Muzica, artele vizuale, spectacolul sunt forme de comunicare ce contribuie fundamental la antrenarea tuturor zonelor cerebrale și permit formarea de rețele neuronale necesare unui grad de complexitate ridicat. Mai multe universități prestigioase întreprind studii referitoare la influența artei asupra creierului (Oregon, Harvard, Michigan, Stanford).
- Ființa umană are nevoie de mișcare, de joc, de sport pentru a se dezvolta echilibrat. Studiile arată cât de importantă este activitatea fizică pentru dezvoltarea cerebrală și cognitivă, pentru reglarea stărilor psihice și pentru producerea de noi celule.
- Noile tratamente aplicate în cazuri de autism, retard, atac cerebral și leziuni medulare au avut rezultate remarcabile, iar disfuncționalitățile cerebrale pot fi ameliorate cu ajutorul celulelor stem, al medicației de ultimă generație și al terapiilor comportamentale. Aceste inovații pot fi folosite și pentru susținerea mult mai eficientă a elevilor cu nevoi speciale.
- Influența mediului asupra creierului este de necontestat. Academia de Neuroștiințe pentru Arhitectură discută despre nevoia de configurare a mediului în așa fel încât ființa umană să se poată dezvolta complet și echilibrat.

## Resurse

*Stages of development*, în *Curriculum connections psychology: Cognitive development* (2010)

- B. G. Wilson, J. R. Teslow, & L. Taylor, *Instructional design perspectives on mathematics education with reference to Vygotsky's theory of social cognition* în *Focus on Learning Problems in Mathematics*, 15(2 & 3), 1993, pp. 65–86.
- Aleksandr R. Luria, Jerome S. Bruner, *The Mind of a Mnemonist: A Little Book about a Vast Memory*, Harvard University Press, 1987
- A. Pascual-Leone, C. Freitas, L. Oberman, J. C. Horvath, M. Halko, M. Eldaief, et al., *Characterizing brain cortical plasticity and network dynamics across the age-span in health and disease with TMS-EEG and TMS-fMRI*, în *Brain Topography*, 2011, 24, pp. 302-315.
- A. Pascual-Leone, A. Amedi, F. Fregni & L. B. Merabet, *The plastic human brain cortex* în *Annual Review of Neuroscience*, 2005, 28, 377-401.
- P. Rakic, *Neurogenesis in adult primate neocortex: an evaluation of the evidence*, în *Nature Reviews Neuroscience*, 2002, no. 3 (1), pp. 65–71.
- D. H. Hubel, T. N. Wiesel, *The period of susceptibility to the physiological effects of unilateral eye closure in kittens*, în *The Journal of Physiology*, 1970, 206 (2), pp. 419–436.
- Giovanna Ponti, Paolo Peretto, Luca Bonfanti, *Genesis of Neuronal and Glial Progenitors in the Cerebellar Cortex of Peripuberal and Adult Rabbits*, în *PLoS ONE*, 2008, 3(6): e2366, Published online 2008 June 4; Sursa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2396292/>
- Warren Chaney, *Dynamic Mind*, Las Vegas, Houghton-Brace Publishing, 2007, pp. 33-35, 44
- Leslie Hart, *Human Brain, Human Learning*, New York, Longman, 1983/1999, p. xi
- G. R. Price, I. Holloway, P. Räsänen, M. Vesterinen, D. Ansari, *Impaired parietal magnitude processing in developmental dyscalculia*, în *Current Biology* (Cell Press) 17 (24), 2007, R1042–1043
- U. Goswami, *Neuroscience and education: from research to practice?*, în *Nature Reviews Neuroscience* (Nature Publishing Group) 7 (5), 2006, p. 406–411.
- D. Ansari, *Effects of development and enculturation on number representation in the brain*, în *Nature Reviews Neuroscience* (Nature Publishing Group) 9 (4), 2008, p. 278–291.
- B. D. McCandliss, K. G. Noble, *The development of reading impairment: a cognitive neuroscience model*, în *Mental Retardation and Developmental Disability Research Review* 9 (3), 2003, p. 196–204.
- J. D. Gabrieli, *Dyslexia: a new synergy between education and cognitive neuroscience*, în *Science* (AAAS) 325 (5938), 2009, p. 280–283
- Davis, A., *The credentials of brain-based learning*, în *Journal of the Philosophy of Education* (Wiley Interscience) 38 (1), 2004, p. 21–36.
- L. A. Petitto, K. Dunbar, *New findings from educational neuroscience on bilingual brains, scientific brains, and the educated mind*, în K. Fischer, T. Katzir, *Building Usable Knowledge in Mind, Brain, & Education*, Cambridge University Press, 2004
- P. Howard-Jones, S. Pickering, A. Diack, *Perception of the role of neuroscience in education*, Summary Report for the DfES Innovation Unit, 2007.
- J. T. Bruer, *Education and the brain: A bridge too far*, în *Educational Researcher*, 1997, 26, pp. 4–16.
- L. Mason, *Bridging neuroscience and education: A two-way path is possible*, în *Cortex*, Elsevier Science, 2009, 45 (4), pp. 548–549
- K. W. Fischer, *Mind, Brain, and Education: Building a scientific groundwork for learning and teaching*, în *Mind, Brain and Education*, Wiley Periodicals, 2009, 3 (1), pp. 3–16.
- C. Frith, *Making Up the Mind: How the Brain Creates Our Mental World*, Oxford: Blackwell, 2007.
- A. Ischebeck, L. Zamarian, C. Siedentopf, F. Koppelstätter, T. Benke, S. Felber, M. Delazer, *How specifically do we learn? Imaging the learning of multiplication and subtraction*, în *Neuroimage* (Elsevier) 30 (4), 2006, pp. 1365–1375.
- J. D. Bransford, A. L. Brown, R. R. Cocking, *How people learn: brain, mind, experience, and school* (Expanded edition). Washington, D C: National Academy of Sciences: Committee on Developments in the Science of Learning and Committee on Learning Research and Educational Practice, 2000
- S. J. Blakemore, U. Frith, *The learning brain: lessons for education: a précis*, *Developmental Science* 8 (6), 2005, pp. 459–465.
- D. T. Willingham, *Three problems in the marriage of neuroscience and education*, în *Cortex* (Elsevier Science) 45 (4), 2009, p. 544–545.
- J. M. Rumsey, P. Andreason, A. J. Zametkin, T. Aquino, A. C. King, S. D. Hamburger, A. Pikus, J. L. Rapoport et al. *Failure to activate the left temporoparietal cortex in dyslexia: An oxygen 15 positron emission tomographic study*, în *Archives of Neurology*, 1992, 49 (5), pp. 527–534.
- U. Goswami, *Neuroscience and education*, în *British Journal of Educational Psychology* 74 (1), 2004, p. 1–
- G. M. McArthur, D. V. M. Bishop, *Which people with specific language impairment have auditory processing deficits?*, în *Cognitive Neuropsychology*, Psychology Press, 2004, 21 (1), p. 79–94.
- J. Thomson, T. Baldeweg, U. Goswami, *Amplitude envelope onsets and dyslexia: a behavioural and electro-physiological study*, ISCA, 2005.
- U. Frith, F. Happe, *Why specific developmental disorders are not specific: On-line and developmental effects in autism and dyslexia*, în *Developmental Science*, Blackwell Publishing, 1998, 1 (2), pp. 267–272.
- S. E. Shaywitz, B. A. Shaywitz, R. K. Fulbright, P. Skudlarski, W. E. Mencl, R. T. Constable, K. R. Constable, J. M. Pugh et al. *Neural systems for compensation and persistence: Young adult outcome of childhood reading disability*, în *Biological Psychiatry*, Elsevier Science, 2003, 54 (1), pp. 25–33.

- E. Temple, G. K. Deutsch, R. A. Poldrack, S. L. Miller, P. Tallal, M. M. Merzenich, J. D. Gabrieli, *Neural deficits in children with dyslexia ameliorated by behavioral remediation: Evidence from functional MRI*, in *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2003, 100 (5), pp. 2860–2865.
- T. K. Guttorm, P. H. Leppänen, A. M. Poikkeus, K. M. Eklund, P. Lyytinen, H. Lyytinen, *Brain event-related potentials (ERPs) measured at birth predict later language development in children with and without familial risk for dyslexia*, in *Cortex*, Elsevier Science, 2005, 41 (3): pp. 291–303.
- P. Kuhl, M. Rivera-Gaxiola, M., *Neural substrates of language acquisition*, in *Annual Review of Neuroscience*, 2008, 31, pp. 511–534.
- D. Ansari, A. Karmiloff-Smith, *Atypical trajectories of number development: a neuroconstructivist perspective*, in *Trends in Cognitive Sciences*, Cell Press, 2002, 6 (12), pp. 511–516.
- S. Dehaene, M. Piazza, P. Pinel, L. Cohen, *Three parietal circuits for number processing*, in *Cognitive Neuropsychology*, Psychology Press, 2003, 20 (3-6), pp. 487–506.
- F. Castelli, D. E. Glaser, B. Butterworth, B., *Discrete and analogue quantity processing in the parietal lobe: a functional MRI study*, in *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, National Academies, 2006, 103 (12), pp. 4693–4698.
- K. Landerl, A. Bevan, B. Butterworth, *Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: a study of 8-9-year-old students*, in *Cognition*, Elsevier Science, 2004, 93 (2), pp. 99–125.
- M. M. Mazzocco, M. McCloskey, *Math performance in girls with Turner or fragile X syndrome*, in Campbell, JID, *Handbook of Mathematical Cognition*, Psychology Press, 2005.
- S. Dehaene, G. Dehaene-Lambertz, L. Cohen, *Abstract representations of numbers in the animal and human brain* in *Trends in Neuroscience*, Elsevier Science, 1998, 21 (8), pp. 355–361.
- E. Temple, M. I. Posner, *Brain mechanisms of quantity are similar in 5-year-old children and adults*, in *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 1998, 95 (13), pp. 7836–7841.
- D. Ansari, N. Garcia, E. Lucas, K. Hamon, B. Dhital, *Neural correlates of symbolic number processing in children and adults* in *Neuroreport*, 2005, 16 (16), pp. 1769–1773.
- S. Dehaene, E. Spelke, P. Pinel, R. Stănescu, S. Tsivkin, *Sources of mathematical thinking: behavioral and brain-imaging evidence*, in *Science (AAAS)*, 1999, 284 (5416), pp. 970–974.
- L. Zago, M. Pesenti, E. Mellet, F. Crivello, B. Mazoyer, N. Tzourio-Mazoyer, *Neural correlates of simple and complex mental calculation* in *Neuroimage*, Elsevier Science, 2001, 13 (2), pp. 314–327.
- P. Salovey & D. J. Sluyter, *Emotional development and emotional intelligence: Educational implications*, Basic Books, 1997.
- D. Goleman, *Emotional intelligence*, New York, 1995.
- K. V. Petrides, N. Frederickson, A. Furnham, *The role of trait emotional intelligence in academic performance and deviant behavior at school. Personality and individual differences*, 2004, 36 (2), pp. 277–293.
- L. Appleby, S. Shribman, N. Eisenstadt, *Promoting the mental health and psychological wellbeing of children and young people*, raport asupra Implementării Standardelor, 2006.
- C. Herba, M. Phillips, *Annotation: Development of facial expression recognition from childhood to adolescence: Behavioural and neurological perspectives* in *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 2004, 45 (7), pp. 1185–1198.
- E. B. McClure, *A meta-analytic review of sex differences in facial expression processing and their development in infants, children, and adolescents* in *Psychological Bulletin*, 2000, 126(3), p. 424–453.
- S. W. Anderson et al., *Impairment of social and moral behavior related to early damage in human prefrontal cortex* in *Foundations of Social Neuroscience*, 2002, pp. 333–343
- A. R. Damasio, *The neurobiological grounding of human values*; J. P. Changeux et al (ed) *Neurobiology of human values*, in *Neurobiology of human values*, J. P. Changeux, et al., Editori, 2005, London: Springer-Verlag, p. 47–56.
- M. H. Immordino-Yang, A. Damasio, *We feel, therefore we learn: The relevance of affective and social neuroscience to education*, in *Mind, Brain, and Education*, 2007, 1 (1): pp. 3–10
- J. Decety, M. Meyer, *From emotion resonance to empathic understanding: A social developmental neuroscience account*, in *Development and Psychopathology*, 2008, 20 (04), pp. 1053–1080.
- G. Silani et al., *The neurophysiological bases of inner emotional experience in autism spectrum disorders: an fMRI investigation*, in *Social Neuroscience*, 2008, 3 (2), pp. 97–112.
- R. K. Lenroot, J. N. Giedd, *Brain development in children and adolescents: insights from anatomical magnetic resonance imaging*, in *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 2006, 30 (6), pp. 718–729.
- S. J. Blakemore, *The social brain in adolescence*, in *Nature Reviews Neuroscience*, 2008, 9 (4), pp. 267–277.
- A. Ronald et al., *Evidence for overlapping genetic influences on autistic and ADHD behaviours in a community twin sample* in *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 2008, 49 (5), pp. 535–542.
- K. Holmboe, M. H. Johnson, *Educating executive attention*, National Acad Sciences, 2005, pp. 14479–14480
- N. Z. Kirkham, A. Diamond, *Sorting between theories of perseveration: performance in conflict tasks requires memory, attention and inhibition*, in *Developmental Science*, 2003, 6 (5), p. 474–476.
- A. Diamond et al., *Preschool program improves cognitive control*, in *Science*, 2007, 318 (5855), pp. 1387–1388.
- C. Blair, A. Diamond, *Biological processes in prevention and intervention: The promotion of self-regulation as a means of preventing school failure* in *Development and psychopathology*, 2008, 20(03), pp. 899–911.

- S. J. Blakemore, S. Choudhury, *Development of the adolescent brain: implications for executive function and social cognition* in *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 2006, 47 (3-4), pp. 296-312.
- J. Bruer, *Education and Brain: a Bridge Too Far*, in *Educational Researcher*, 1997, 26 (8), pp. 4 -16.
- E. D. Hirsch, *The schools we need and why we don't have them*, Doubleday Books, 1996.
- S. Begley, *Your child's brain*, in *Newsweek – American Edition*, 1996, 127, pp. 54-57.
- OECD, *Understanding the Brain: Towards a New Learning Science*, OECD, Editor, 2002
- T. N. Wiesel, D. H. Hubel, *Extent of recovery from the effects of visual deprivation in kittens*. *Journal of Neurophysiology*, 1965, 28 (6), pp. 1060-1072.
- P. K. Kuhl, *Learning and representation in speech and language*, in *Current Opinion in Neurobiology*, 1994. 4 (6), p. 812.
- W. T. Greenough, J. E. Black, C. S. Wallace, *Experience and brain development* in *Child development*, 1987. 58 (3), pp. 539-559.
- C. Pantev et al., *Increased auditory cortical representation in musicians*, in *Nature*, 1998, 392, p. 811-814.
- T. Elbert et al., *Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players*, in *Science*, 1995, 270(5234), p. 305.
- E. A. Maguire et al., *Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers*, in *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2000, 97 (8), pp. 4398-403.
- P. S. Goldman-Rakic, *Development of cortical circuitry and cognitive function*, in *Child Development*, 1987, pp. 601-622.
- S. Baron-Cohen, *The essential difference: Men, women and the extreme male brain*, 2003: Allen Lane
- L. Mason, *Bridging neuroscience and education: A two-way path is possible* in *Cortex* (Elsevier Science) 45 (4), 2009, pp. 548–549.
- D. T. Willingham, J. W. Lloyd, *How educational theories can use neuroscientific data*, in *Journal Compilation*, 1(3): pp. 140-149.
- B. A. Shaywitz, G. R. Lyon, S. E. Shaywitz, *The role of functional magnetic resonance imaging in understanding reading and dyslexia*, in *Developmental Neuropsychology*, 2006, 30(1): pp. 613-632.
- T. Katzir, *Juliana Paré-Blagoev*, (2006). "Applying cognitive neuroscience research to education: The case of literacy", in *Educational Psychologist*, 2006, 41 (1): pp. 53–74.
- E. D. Palmer et al., *Investigation of the functional neuroanatomy of single word reading and its development*, in *Scientific Studies of Reading*, 2004, 8(3): pp. 203-223.
- D. Caplan, *Functional neuroimaging studies of written sentence comprehension*, in *Scientific Studies of Reading*, 2004, 8(3): pp. 225-240.
- S. Varma, B. D. McCandliss, D. L. Schwartz, *Scientific and pragmatic challenges for bridging education and neuroscience*, *Educational Researcher*, 2008. 37 (3): p. 140.
- M. Delazer et al., *Learning by strategies and learning by drill-evidence from an fMRI study*, in *Neuroimage*, 2005, 25 (3): pp. 838-49.
- Y. Tang et al., *Arithmetic processing in the brain shaped by cultures*, in *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2006, 103 (28): pp. 10775-80.
- G. F. Eden et al., *Neural changes following remediation in adult developmental dyslexia*, in *Neuron*, 2004, 44 (3): pp. 411-22.
- J. T. Cacioppo, G. G. Berntson, *Social psychological contributions to the decade of the brain. Doctrine of multilevel analysis*, in *The American psychologist*, 1992, 47 (8): p. 1019.
- V. Strauss, *Starting where science meets education*, in *Washington Post*, 2002
- R. Greenwood, *Where are the educators? What is our role in the debate?*, in *Cortex*, 2009, 45: pp. 552-554.
- Sheridan, K., E. Zinchenko, H. Gardner, *Neuroethics in Education*, in *Neuroethics: Defining the issues in theory, practice, and policy*, J. Illes, ed., Oxford: Oxford University Press, 2005.
- J. P. Byrnes, N. A. Fox, *The educational relevance of research in cognitive neuroscience* in *Educational Psychology Review*, 1998, 10(3): pp. 297-342.
- B. B. Bennett, N. C. Rolheiser-Bennett, *Beyond Monet: The artful science of instructional integration*, 2001, Bookation.