

A tanulástámogatás neuropedagógiája

A kognitív folyamatok agyi vonatkozásait a különböző neurotudományok vizsgálják különösen az 1990-es évektől kezdődően egészen napjainkig. Ezekben az években az Egyesült Államok kihirdette „az agy évtizedét” (Decade of the Brain). Magyarországon 1991-ben megalakult „Az agy évtizede bizottság” Szentágothai János agykutató kezdeményezésére. 2000–2010 között Németországban kihirdették „az emberi agy évtizedét”. (Dekade des Menschlichen Gehirns idézi Ádám, 2000; Varga et al., 2015) A pszichés jellegű megbetegedések mérséklésének motivációja hozta létre 2013-ban az innovatív neurotechnológiai fejlesztéseket ösztönző agykutatási programot (Brain Research for Advancing Innovative Neurotechnologies¹). A projekt célja az agyműködésért felelős gének, molekulák és sejtek tulajdonságainak, illetve az emberi gondolkodás és viselkedés közötti kapcsolatnak a feltérképezése, megértése, az agy működését szimuláló agymodellek létrehozása.

A Nemzeti Agykutatási Program 2013-ban indult el Magyarországon a Kormány támogatásával 12 milliárd forintnyi finanszírozással. 2024 novemberében mutatkozott be a Nemzeti Agykutatási Program (NAP) 3.0 az MTA szervezésében, ahol az eddig elért eredményeket mutatták be. A kutatások a pedagógiai gyakorlat számára is hasznos eredményekkel szolgálhatnak a memória működéséről, a tanulásról, az önszabályozó és a kognitív folyamatokról stb. Ez azért is bír különös jelentőséggel, mert az iskolai teljesítmények egyes európai országokban, de Magyarországon is, az elmúlt években enyhén hanyatló vagy stagnáló tendenciát mutattak, mindezekről a nemzetközi mérések eredményei tudósítanak.

Kérdés tehát a pedagógia, az iskola és a pedagógus számára, hogyan támogatható optimálisan az iskolai tanulás, hogyan érhető el jobb tanulási eredmény. A neuropedagógiai és neurológiai kutatások választ adnak a kérdésre. Vizsgáljuk meg a továbbiakban a neuropedagógia tanulástámogatás optimalizálására adott válaszait.

¹ 2013–2023 között 1,19 milliárd eurós költségvetésből, 80 kutatóintézet együttműködésével. 2025-ben három tudományos értekezletet tart a kutatócsoport, melyek online követhetők. (BRAIN 2025 A scientific vision https://braininitiative.nih.gov/sites/default/files/documents/brain2025_508c_2.pdf)

Mi a neuropedagógia?

A neuropedagógia a neurológia, a gyermekkori idegélettan-elmélet, a kognitív pszichológia, neuropszichológia, neurofiziológia, neurobiológia, valamint a szociológia, szociálpszichológia, neurofilozófia és nevelésfilozófia, továbbá a pedagógia és annak ágai párbeszédéből fakad (ideértve a fejlesztőpedagógiát, gyógypedagógiát, szociálpedagógiát is). (Varga et al., 2015, p. 64)

A neurotudományok eredményeinek a pedagógiába való integrálása a pedagógia mint tudomány képviselőinek, azaz a pedagógusoknak a feladata. A pedagógiának meg kell alkotnia a rendelkezésre álló neurotudományos ismeretek pedagógiai integrációját lehetővé tevő adekvát fogalomrendszerét, és ki kell alakítania az ezzel összhangban lévő gyakorlatát. (Schumacher 2012 idézi Varga et al., 2015, p. 64)

A gyermekek személyiségfejlődését összességében két, állandóan érvényesülő hatás befolyásolja:

- a) a család rejtett, spontán megnyilvánuló hatásainak közege,
- b) a másodlagos, tudatosan irányított és közvetített nevelési ráhatások erőtere.

A kisgyermekkor – a szociális kompetenciák és a kognitív képességek mellett – az érzelmek megalapozásának rendkívül fontos időszaka. Az érzelmek, a feltétlen szeretet nélkülözhetetlenek a gyermeki lélek stabilitásához. A stabil és biztonságot adó családi légkörben a gyermeki személyiség az élet stresszhelyzeiteivel szemben olyan védettséget szerezhethet, amely a lelki egészségvédelemnek erőforrása és önmegvalósító életvezetésének biztosítója lehet. A kisgyermekkor elme és az emocionális fejlődés területén végzett kutatások azt hangsúlyozzák, hogy a gyermekkor az emberi életút és az egyén jövője szempontjából egyaránt meghatározó jelentőségű időszak. (Csépe, 2005)

A kisgyermek elméje születéskor egyáltalán nincs készen, az agy az egyetlen olyan szervünk, mely túl korán születik. Az első 8 év az agyfejlődés csúcsideje, nyolcéves korra kialakul az alapvető agyi struktúra. Az elme bámulatos gyorsasággal fejlődik, hároméves korra az agyi hálózat már rendkívül fejlett. A kisgyermekkor nevelés és gondozás minősége jelentős mértékben befolyásolja az agyi hálózat és struktúra felépülését. Ha a csecsemőknek életük első évében kevés lehetőségük van arra, hogy – a szülők segítségével – megtapasztalják saját magukat és környezetüket, akkor nem épül fel a megfelelő agyi neurális hálózat, így nem lesznek képesek a világ felé fordulni. A „világ felé fordulás” az emberi tanulás első iskolája. (Varga et al., 2015, p. 64)

Az agy fejlődése a mai álláspont szerint periodikus jellegű, vannak igen szenzitív időszakok, sőt az első nyolc-tíz év az elme fejlődése szempontjából a legnagyobb aktivitást és fejlődést mutató időszak. (McDevitt & Ormrod, 2016) A kisgyermek agya rendkívül aktív és fejlett, ugyanakkor a serdülőkor végére aktivitása csökken. A születéskor már meglévő neuronok milliárdjai és az ember óriási agykérgi felülete (2400 cm²) a tanulás kiváló anatómiai alapja; a születés utáni idő ugyanakkor döntő jelentőségű választóvonal az agy hálózatosodása szempontjából. Bámulatos gyorsasággal nőnek az idegnyúlványok és épülnek a neurális kapcsolatok a korai gyermekkorban, az idegpályák a megfelelő és ideális környezeti tényezők hatására erősödnek, velősödnek. (Kissné Zsámboki & Varga, 2023) A kialakult szinaptikus pályák tanulási szituációban erőteljes növekedési aktivitást mutatnak, és szétszakadnak, eltűnnek, ha nem stimuláljuk őket. Élnünk kell tehát a soha vissza nem térő lehetőséggel, és ki kell használni ezt a rendkívül kritikus és szenzitív időszakot. (Bergen & Woodin, 2017)

Az emberi megismerés neurológiája

Csépe Valéria szerint „az agykéreg fejlődése sejti (citológiai) és szöveti (hisztológiai) történések sorozata, mely során kialakulnak a neuronok és a neuronális kapcsolatok. A neurogenesis (neuronok szerkezeti változásai) és a szinaptogenesis (neuronok kapcsolatainak változása) legjelentősebb változásai ugyan a születés előttre tehető, a kérgi funkciók teljes érése és tapasztalatfüggő fejlődése azonban elhúzódik egészen a serdülőkorig” (Csépe, 2005, p. 47; Varga et al., 2015). Az emberi agyban az egyedfejlődés során két robbanásszerű állapot figyelhető meg, első az anyaméhben, amikor „az agyban bekövetkező szinaptikus és mielinizációs változások a kognitív funkciók fejlődésének alapjait alkotják és meghatározzák vagy modulálják azt”. A második szakasz a kisgyermekkortól a serdülőkorig tartó időszakra tehető, amikor a gyermekek intézményes nevelésben vesznek részt óvodásként és általános iskolásként (Csépe, 2005, p. 55).

A neuropszichológiai kutatások alapján a gyermeki agy funkcionális fejlődése szempontjából három tényezőt kell figyelembe vennünk:

- a tapasztalatot, melyre hatással lehetünk, hiszen az agyi struktúra még változhat,
- az érést, mely tőlünk független, genetikailag meghatározott,
- az agyi plaszticitást, azaz hogy az agy alkalmazkodási, változékonysági kapacitása még felnőttkorban is megmarad (Varga et al., 2015).

Az idegrendszeri fejlődést mint kognitív fejlődést írja le Piaget korai organikus elméletében, és adaptációs folyamatként azonosítja. Az egyén a meglévő kognitív sémák segítségével asszimilálja az új információt, majd a meglévő sémák akkomodálódnak, átrendeződnek az új információ függvényében. A neuropedagógiai munkák a végrehajtó funkciók fejlettségét tartják a kognitív fejlődés és a megismerés mutatójának. „Bármilyen megismerő folyamatról legyen szó, a végrehajtó funkciókat általános, a kognitív pszichológia kifejezése szerint területáltalános (domain general) funkciók együtteseként értelmezzük”. (Csépe, 2022, p. 10)

A végrehajtó funkciók gyűjtőfogalom, amely egy többdimenziós konstruktum megnevezésére utal, amely több kognitív folyamatot (gátlás, munkamemória és kognitív flexibilitás) foglal magában. Ezek együttes működése jelentős szerepet tölt be a magasabb rendű kognitív folyamatokban, és lehetővé teszi a tudatos, célorientált viselkedést az iskolai és a munkahelyi sikerességben, a fizikai, pszichikai, mentális egészségben, ezáltal a jobb életvezetésben, életminőségben. (Józsa & Józsa, 2023; Csépe, 2022) Olyan komplex kognitív konstruktum, amely lehetővé teszi a figyelem fenntartását, a célok szem előtt tartását, a zavaró körülmények figyelmen kívül hagyását, a frusztráció tolerálását, az eltérő viselkedések következményeinek megfontolását, a múlt tapasztalataira való reflektálást és a jövő tervezését. (Zelazo, Blair, & Willoughby 2016 idézi Józsa & Józsa, 2018)

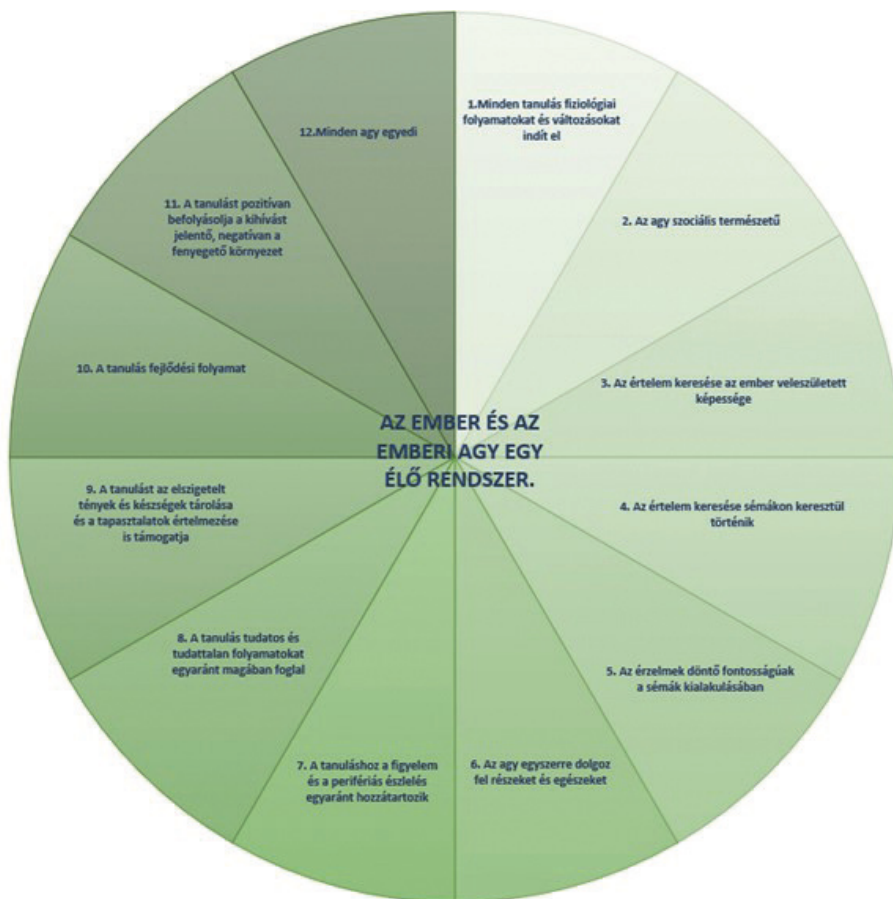
A Végrehajtó Funkciók Rendszere olyan mentális folyamatok, készségek összessége, amelyek tevékenységeink tervezését, megvalósítását, annak követését, ellenőrzését és korrekcióját határozzák meg, olyan rendszer, amely a tervezés és a végrehajtás kontrollfolyamatain kívül támaszkodik a munkamemória és a rugalmas gondolkodás részfolyamataira, és jelentős szerepe van viselkedésünk, magatartásunk, tevékenységeink kontrolljában is. Ezekre a funkciókra, készségekre rendszeresen építünk a tanulásban, a különböző munkatevékenységekben és a mindennapi életvitelhez kapcsolódó feladatokban. A végrehajtó funkciók gyengesége megnehezítheti a fókuszálást, az utasítások követését, a hibák önálló javítását, az érzelmek szabályozását (Zelazo; Blair & Willoughby, 2016, p. 4).

Józsa Gabriella és Józsa Krisztián a végrehajtó funkciók három összetevőjét azonosították:

- (1) A munkamemória (working memory), ami lehetővé teszi az információk, gondolatok elménkben való tartását és a velük való manipulációt (Diamond, 2013; Tánczos, 2014; Tánczos & Németh, 2010 idézi Józsa-Józsa, 2018);
- (2) A gátlás (inhibitory), ami magában foglalja az önkontrollt, a nemkívánt viselkedés gátlását, a szelektív figyelmet és a kognitív kontrollt (Diamond, 2013; Diamond Carlson & Beck, 2005 idézi Józsa & Józsa, 2018);
- (3) A kognitív flexibilitás (cognitive flexibility), ami azt jelenti, hogy többféle módon juthatunk el egy probléma megoldásához, képesek vagyunk gyorsan váltani a mentális készleteink, stratégiáink között (Diamond, 2013; Miyake et al., 2000 idézi Józsa & Józsa, 2018).

A végrehajtó funkciók magasabb szintű konstrukciói az érvelés, a tervezés és a problémamegoldás. Ahogy a magasabb rendű gondolkodási folyamatokban, úgy a gondolatok, cselekvések, érzelmek, viselkedési formák célirányos ellenőrzésében is alapvető szerepe van a végrehajtó funkcióknak (Józsa & Józsa, 2018). A kora gyermekkorban végzett mérések azt mutatják, hogy a végrehajtó funkció komponenseinek jelentős prediktív ereje van az iskolaérettségben, a sikeres óvoda-iskola átmenetben (Blair & Razza, 2007 idézi Józsa & Józsa 2018), továbbá a későbbi iskolai teljesítményben és a szociális kompetenciában is (Mischel, Shoda, & Rodriguez, 1989 idézi Józsa & Józsa, 2018). A végrehajtó funkciók óvodáskorban intenzív fejlődésnek indulnak, és egészen fiatal felnőttkorig fejlődnek, így ezt az időszakot tekintik a végrehajtó funkciók szenzitív időszakának (Zelazo et al., 2013 idézi Józsa & Józsa, 2018).

A neuropedagógiai munkák a tanulás támogatásának alapjait a végrehajtó funkciók fejlődésének támogatásában határozzák meg. A továbbiakban a Caine és munkatársai (2016) által feldolgozott neuropszichológiai és neuropedagógiai munkák gondolatmenetét követve vizsgáljuk meg a koragyermekkori és a kisiskoláskori (6-10 év) tanulástámogatás neuropedagógiai elveit (1. ábra).



1. ábra: A tanulástámogatás neuropedagógiai elvei

Minden tanulás fiziológiai folyamatokat és változásokat indít el

Az emberi agy tanulás során egyszerre több folyamatot működtet, egyszerre működnek az érzékelés, észlelés folyamatai, a gondolkodás, az emlékezés, a képzelet és a beszéd kognitív folyamatai, továbbá az érzelmi, akarati folyamatok is egymással kölcsönhatásban. Az idegi plaszticitással kapcsolatos kutatások bizonyították, hogy a test és az elme összekapcsolódik. A kognitív tudósok gyakran hivatkoznak erre a megtestesült megismerés fogalmával (lásd pl. Lakoff & Johnson, 1999 idézi Caine et al., 2016, p. 73).

Korábban a neurológusok a komplex neuronális hálózatokat, melyek a gondolkodást, az érzelmeket, a cselekvéseket irányítják, genetikailag programo-

zottnak tartották. Ma már igazolták, hogy hosszú távon csak olyan kapcsolatok jönnek létre a gyermek agyában, amelyek a konkrét életvilágban is rendszeresen aktiválódnak. Csak az tudja kognitív képességeit kibontakoztatni, akiben kialakul a megfelelő testérzet. A genetikai programok arról gondoskodnak, hogy először nagy többlet jöjjön létre idegsejtkapcsolatokból, amelyek aztán specifikusan alakulnak. Az oktatás fiziológiai változásokat idéz elő az agy szerkezetében és működésében. A jó tanítás lehetőséget teremt arra, hogy a gyerekek megtapasztalják saját testüket, így aktiválva a legtöbb agyi folyamatot. Ehhez arra van szükség, hogy a lehető legtöbb érzékszervvel, aktívan vegyen részt a tanulásban, ismeretszerzésben a tanuló (embodied cognition, Lakoff & Johnson 1999 idézi Caine et al., 2016, p. 73).

A neuronális hálók építésének vannak ún. kritikus periódusai, amelyeket ha nem használ ki megfelelően a nevelés, akkor a test szabályozásához szükséges fontos hálózatok csak gyéren alakultak ki, és a gyermek nem fog jó testérzéssel rendelkezni. Ennek következménye a megkésett kognitív fejlődés. Jó hír azonban, hogy az agy plaszticitással rendelkezik, egész életünk során alakítható marad. Egy idősebb gyermek utólag is fejlődik minden olyan testtapasztalatból, melyet akkor szerez. A motivációja, hogy testtapasztalatokat szerezzen, teljesen más lesz, mint kora gyermekkorban, a tanulási folyamat nem intuitív és automatikus, hanem deficittudatossá válik. Minden tanuló rendelkezik azzal a képességgel, hogy hatékonyabban felfogja, ha olyan tapasztalatokban vesz részt, amelyek természetes módon igénylik érzékszervei és teste használatát. (Hüther, 2009) A tanításban egy módszer vagy technika nem képes az agy komplex tevékenységét beindítani. Fontos, hogy komplex módszertanokat ismerjenek a pedagógusok, melyek segítségével komplex agyi aktivitásra sarkallják a tanulókat.

Az agy/elme szociális természetű

Az agy fejlődésében kulcsszerepet játszik a környezeti kognitív és affektív stimuláció, ezt nevezte Gopnik, Meltzoff & Kuhl (1999) „kapcsolatteremtési késztetésnek” (Caine, 2016, p. 54). Gerald Hüther német neurobiológus szerint az agy egy „szociális szerv”, az idegsejtek közötti kapcsolódási minták a gyermeket körülvevő környezet feltételei szerint fejlődnek, ezáltal tagozódik be a gyermek az őt körülvevő szocializációs közegekbe. A személyiség és az agy fejlődése belső és külső folyamatok kölcsönhatásaként jön létre, az agy idegsejtek közötti kapcsolódási hálózatokat épít a környezettel való kölcsönhatásban, melynek során a veleszületett adottságok, a szociális környezet, az énkép és a

kötődési képesség a gyermek érzelmi és szociális fejlődésében és a tanulásban is meghatározó szerepet tölt be. Ugyanígy a személyiségünk fejlődése kapcsán is elmondhatjuk, hogy a személyiségünket alkotó komponensrendszerek is dinamikusan szerveződnek, folyamatosan változó belső szerveződésként alakítják „énünket”, a személyiség „szelf”-jét, e folyamat pedig a társas környezettel való interakciókban, azaz szociális kontextusban valósul meg. (Renz, Polster & Hüther, 2013 idézi Varga et al., 2015, p. 89)

A tükroneuronokkal kapcsolatos legújabb kutatások megerősítik, hogy az ember társas természete biológiai alapokon nyugszik. A tanulás szociális természetét néha a szituált tanulás fogalmával írják le. Az oktatáson túli világban a tanulás szociális természetét a gyakorlati közösségek igazolják. (Wenger et al., 1999) Ezt az elvet figyelembe véve fontos, hogy a pedagógus „szociális” légkört teremtsen az osztályteremben, ösztönözze a „csoportmunkát”, azaz a tanulók közös és változó együttműködését, aktivitását.

Minden tanuló képes hatékonyabban tanulni, ha a társas interakciók és kapcsolatok iránti igényét kielégítik és tiszteletben tartják. A másokkal való kapcsolatok és interakciók képesek megváltoztatni azt, ahogyan az agysejtjeinkben lévő szinaptikus kapcsolatok növekednek és kapcsolódnak más agysejtekhez. Továbbá befolyásolják az alvással, evéssel, szexualitással, stresszel, egészséggel, betegséggel összefüggő kémiai anyagok (hormonok, neurotranszmitterek) áramlását. A társas interakciók során keletkező pozitív érzések pozitívan határozzák meg az új információk megtalálását, a magasabb rendű gondolkodást, ezért jobb tanulási és emlékezeti teljesítményhez vezetnek. (Caine et al., 2016, p. 55)

Paul McLean az elsők között figyelmeztetett arra, hogy megfelelő szociális kötődés nélkül az emberi intellektuális agy alig több, mint egy szívtelen számológép. A végrehajtó funkciók, ha nem kapcsolódnak mélyen a limbikus rendszerhez, az érzelmi szabályozás helyéhez, olyan kognitív teljesítményeket eredményeznek, amelyek mellőzik a helyzetek és a problémák erkölcsi és etikai aspektusait. A tükroneuronok kutatása számtalan bizonyítékot kínál annak igazolására, hogy az emberek más emberekkel interakcióban, az empátia és szeretet képességeinek gyakorlása közepette fejlődnek. (Caine et al., 2016, pp. 54–55)

Mivel a szociális interakciók valós időben zajlanak, a tanulóknak alkalmazkodniuk kell az egymástól érkező jelzésekhez, és ennek megfelelően kell reagálniuk. Az orbitofrontális kéreg kapcsolódik ahhoz a képességhez, hogy helyesen értékeljék a külső eseményeket, és megfelelően reagáljanak, szociálisan adekvát viselkedést tanúsítsanak. A jutalmazó rendszer legmagasabb rangúnak tekinthető tagja a homlokleány alulso felszínén található orbitofrontális kéreg, feltehetőleg ez felel a jutalmakkal kapcsolatos viselkedések kezdeményezéséért. Ezzel magyarázható a szociális kapcsolatok jutalmazó jellege. Ugyanakkor az

orbitofrontális kéreg része annak a rendszernek, amely a végrehajtó funkcióknak ad otthont, így az orbitofrontális régió aktívan részt vesz a váratlan belső és külső körülmények kezelésében, és új és rugalmas viselkedési és kognitív válaszokat dolgoz ki az automatikus reflexviselkedés helyett. (Siegel, 1999, p. 140. idézi Caine et al., 2016, p. 58.)

A mások ötleteivel való munka, a közös problémamegoldás megköveteli a tanulóktól, hogy használják és fejlesszék az agy azon területeit, amelyek a prefrontális kéregben helyezkednek el. A prefrontális kéreg a problémamegoldó gondolkodás és a szándékos cselekvés irányításának felelőse, 6 éves korig kell kialakulnia, de ezután is intenzíven fejlődik. Több fontos kognitív funkcióban is szerepet játszik, többek között abban a képességben, hogy mások mentális állapotait, szándékait, hiedelmeit és érzelmeit megértsük. Továbbá „szerepet játszik az önmagunkról való gondolkodásban és az önmagunkra vonatkozó információk feldolgozásában, továbbá részt vesz a komplex döntéshozatali folyamatokban és a társas interakciók során szükséges viselkedési szabályok követésében is”. (Amodio & Frith, 2006 idézi Steklács et al., 2024)

A prefrontális kéreg jelentős szerepet játszik a humán kognitív folyamatokban, a mentalizációban (Shallice, 2001; Frith & Frith, 2006 idézi Négyessy, 2010) és a metakognícióban (Ramnani és Owen, 2004 idézi Négyessy, 2010). A prefrontális kéreg szükséges a célirányos magatartás megvalósításához az állandóan változó környezetben, valamint az absztrakt mentális tevékenység kifejtéséhez. A prefrontális kéreg területe megnő, amikor a szociális kapcsolatok mennyisége emelkedik. (Négyessy, 2010) A szociális kapcsolatok tehát a magasabb rendű kérgi tevékenység területeit fejlesztik, ezáltal hozzájárulnak a magasabb rendű kognitív műveletek fejlődéséhez. Fontos azonban, hogy csak a saját tapasztalatai által fejlődik ki a homloklebenyben egy nagyon komplex neuronális háló. (Hüther, 2008, p. 406)

Az emberek közötti kölcsönhatás olyan mentális összehangoltságot hoz létre, amely lehetővé teszi számukra, hogy azt érezzék, a másik mélyen megérti őket. Daniel Ziegler ezt „megérintve érzésnek” nevezi, mely létrejöhet nemcsak hétköznapi helyzetekben, hanem a terápiában, a szülő-gyermek kapcsolatban és a tanításban-tanulásban is. (Caine et al., 2016, p. 58)

Az értelem keresése az ember veleszületett igénye

A dolgok értelmének keresése minden emberre jellemző tulajdonság csecsemőkortól a felnőttkorig, a „megértésre való törekvés készletésként” írja le a szakirodalom. (Gopnik, Meltzoff & Kuhl, 1999 idézi Caine, 2016, p. 54) Az em-

berek a felfedezés igényével, kíváncsisággal fordulnak afelé, amit nem tudnak. Az értelem keresése számos művelet integrációját jelenti, emlékezeti, észlelési, képzeleti, következtetési műveletek integrációját.

Fontos szempont az értelem keresésében az érintettség, a gyakorlati szükségyszerűség, azaz ha konkrét szükséglete, érdeke kötődik a helyzet megismeréséhez az egyénnek. (Hillman, 1997 idézi Caine, 2016, p. 73) A tanulók képesek hatékonyabban megértésre jutni, ha érdeklődésüket, céljaikat is figyelembe vesszük és tiszteletben tartjuk. Azok a helyzetek szolgálják leginkább az értelemkeresés szükségletének kielégítését, amelyek valós problémákhoz kapcsolódnak, és nem csak önmagáért a feladatért vannak. Az összes olyan interakció, mely egy-egy valódi probléma köré szerveződik (pl. projektek), alkalmas arra, hogy a tanulók értelemkeresési szükségleteit kielégítse. (Caine et al., 2016) Az online platformokon szocializálódó gyermekek nem tesznek szert valós élettapasztalatokra, tapasztalataik egy olyan életvilágra vonatkoznak, amely nem létezik a valóságban. Hüther szerint neurobiológiailag nézve ez végzetes, a gyerekek olyan élethelyzetekre edzi az agyát, amelyek csak a képernyőn fordulnak elő. Ráadásul az online platformok az ellenőrizhetőség illúzióját is keltik, azaz a gyermek azt tapasztalja, hogy „az van, amit ő létrehoz”, megrendel. Ez impulzuskontroll- és toleranciaproblémákhoz vezet. A valóságban azonban nem minden kontrollálható, a másik ember nem mindig azt teszi, amit mi magunk szeretnénk. (Hüther, 2009)

Ahogy ezt az előző alapelvnel már tárgyaltuk, a prefrontális kéregben fejlődik ki az önmagunkról alkotott képünk, ugyanakkor ezzel együtt az a késztetésünk is, hogy a világ felé forduljunk, hogy cselekvéseket tervezzünk, impulzusokat kontrolláljunk, és elviseljük a frusztrációkat. Ennek korai gyermekkorban, körülbelül 6 éves korig kell kialakulnia, de csak akkor fejlődhetnek ki a megfelelő hálózatok, ha a gyerek konkrét tapasztalatokat szerez. Ilyen tapasztalatokat akkor szerez a gyermek, ha olyan dolgokkal foglalkozik, melyeket képes megérteni, és alakítani is tud rajtuk. Manapság ez egyre nehezebb, mert azt is alig vagyunk képesek felfogni, hogyan működnek a hétköznapi használati tárgyaink. Régebben, amikor a gyermek szét tudott szerelni egy órát, meg tudta vizsgálni a belsejét, és megfejtette a működési elvét, egyúttal megértette az okokat és az okozatokat. Ma, az információs társadalom korában a dolgok bonyolultabbak, az okot és okozatot csak nehezen vagy egyáltalán nem tudjuk felfogni. (Hüther, 2009)

A kauzalitás elvesztésének veszélye fenyegeti a gyermekeket, hiszen az értelmi összefüggések hiánya azt eredményezi, hogy a gyerekeket egyszer csak nem fogja érdeklni a kauzalitás, megtanulják, hogy a dolgokat a mögöttük rejlő értelem megragadása nélkül kell elfogadniuk (Hüther, 2009). A digitális

újmédia hasonló reakciókra készíti a gyermeket, ugyanis nehezen adható válasz a miértekre, miközben a folyamatok és a tartalmak állandóan pörögnek a képernyőkön.

Az újmédia világában azt tanulják meg, hogy a dolgok „érintésre” vagy gombnyomásra működnek. Viszont ha a gyerekek részei egy élő közösségnek, és valódi kalandokat élnek át, lehetőséget kapnak arra, hogy „agykompatibilis” tanulási folyamatban vegyenek részt, valódi tudást szerezzenek. Az iskolában ösztönözni kell az újdonság, a felfedezés és a kutatás iránti érdeklődést, arra kell készíteni a tanulókat, hogy önállóan cselekedjenek, hogy megvizsgálják az egyes problémákat és a tantárgyakat körülvevő jelenségek és ismeretek széles spektrumát. (Caine, 2016, pp. 74–75)

Az értelem keresése sémákon keresztül történik

A megismerés során az emberek a tapasztalatok értelmét keresik, elméjük arra törekszik, hogy sémákat és kapcsolatokat találjon és hozzon létre az új tapasztalat és a meglévő ismeretek között. Az agyat úgy tervezték, hogy sémákat észleljen és hozzon létre, ellenáll annak, hogy értelmetlen mintákat kényszerítsenek rá. (Restak, 1995 idézi Caine, 2016, p. 161) A kognitív tudományokban a kialakított tudást több fogalommal írják le, sémáknak, mintáknak, kereteknek, kategóriáknak is nevezik. A tanulás során a feldolgozott információk rendszerezése és kategorizálása történik. Rendszerezés során az agy megpróbál sémákat kialakítani, de ha nem találja a dolgok összefüggését, értelmét, akkor ellenáll a sémák kialakításának. Az olyan információ, amelyet az agy nem tud sémába illeszteni, elszigetelődik, jelentés nélkülivé válik. (Caine et al., 2016, p. 162)

Tanulás során a gyermek megpróbálja az új információt a régihez illeszteni, „keresgélgni kezd az agyában”, miközben egy produktív nyugtalanság keletkezik mindaddig, mígnem egyszer csak az ingerminta megtalálja a helyét. Ekkor az addigi feszültség, káosz harmóniává alakul át, ún. aha-élményt él át a gyermek. Mindeközben aktivizálódik a jutalmazási rendszer, az idegsejtek „boldogsághormonokat” bocsátanak ki. Minden apró, saját teljesítményként elért sikerélmény boldogítóan hat, a tanulás örömét biztosítja a gyermeknek. (Hüther, 2008, p. 406)

Minden tanulónak jelentős, kihasználatlan képességei vannak arra, hogy mintákat, sémákat észleljen és hozzon létre, és ezeket az új mintákat összekapcsolja azzal, amit már megértett, az iskolában ezt a folyamatot kell előidézni és támogatni.

Az érzelmek döntő fontosságúak a sémák kialakulásában

Az érzelmek központi szerepet játszanak az emberi életben. Az idegtudomány ma már megerősíti (Pert, 1997; Damasio, 1999 idézi Caine 2016, p. 91, p. 145), amit az írók és művészek már régóta tudnak, hogy az érzelmek minden gondolatban, döntésben és cselekedetben részt vesznek. Valójában az érzelmek és fizikai reakciók olyannyira részei a megértésnek, hogy Eugene Gendlin pszichológus (1982) az „érzett jelentés” kifejezéssel írja le a kapcsolatot. (Caine et al., 2016, p. 73)

A tanulás során a mentális rendszerezést az érzelmek befolyásolják, így az agy az információk osztályozását a várakozások, az előítéletek és elfogult ítéletek, az önértékelés mértéke és a társas interakciók alapján végzi. A hatékony tanulást gazdag érzelmi élmények fokozzák, az érzelmeket a magasabb rendű funkciók irányítják és moderálják. Az érzelmek és a tanulás nem választható szét. Minden tanuló hatékonyabban képes megérteni, ha megfelelő érzelmi kontextusban zajlik a tanulás, ami támogató légkört, párbeszédet, kölcsönös tiszteletet, elfogadást és bizalmat jelent.

Az idegtudósok, mint például Antonio Damasio (1999, 2003), megerősíteték, hogy minden gondolatot és cselekvést érzelem kísér. Bár az agy közepén található amygdalát sok forrás az érzelmek központjaként emlegeti, valójában az érzelmek az agy számos területét érintik. (Caine et al., 2016, p. 91) Az alapérzelmek veleszületnek minden emberrel, számukról azonban vitatkoznak a pszichológusok. Az érzelmek közt a tanulás szempontjából kiemelten fontos a kitartás, amely egy rövid távú túlélési reakció, amely akkor lép fel, amikor egy személyes hiedelem (amit az ember igaznak hisz másokról vagy a világról általában) vagy az egyén önmagáról való hite (amit a saját cselekedeteiről vagy érveléséről hisz) megkérdőjeleződik. Mind a pozitív, mind a negatív érzelmek fontos szerepet játszanak az agy működésében. A pozitív érzelmekkel összefüggésben a pozitív pszichológia egyik képviselője, Martin Seligman, a remény és az optimizmus egészségre és lelki jólétre gyakorolt hatását kutatta. Seligman azt állítja, hogy önmagában az önbecsülés tanítása nem célravezető, mert figyelmen kívül hagyja azt, hogy a kompetenciaérzéssel karöltve van igazán pozitív hatása. A tanulás alapfeltétele a kitartás, a boldogság vagy ahogy Caine és munkatársai fogalmaznak, a nyugodt éberség állapota. (Caine et al., 2016, p. 92)

A pozitív érzelmek a végrehajtó funkciókra is pozitív hatást gyakorolnak, az ilyen környezetben tanuló egyéneknek, jobb a munkamemóriája, az epizodikus emlékezete, több megoldást találnak a problémák megoldására, rugalmasabbak a gondolkodásukban, nagyobb a kompetenciaérzésük, jobb döntéshozók, és jobbak a verbális készségeik. A kellemes környezet, a pozitív érzelmek valóban

optimális hatással vannak az agy tevékenységére. Például a tanulást befolyásoló neurotranszmitter, a dopamin, amikor kellemes környezetben tanulunk, éppen a megfelelő mennyiségben stimulálja a pozitív érzéseket. A dopamin egy másik neurotranszmittert, az acetilkolin működését is megfelelő mértékben stimulálja, ami közvetlenül növeli a fókuszot és a figyelmet, a figyelem pedig serkenti a hippokampuszt, a fő tanulási központot. (Ashby at al., 1999 idézi Caine, 2016, p. 92)

Az iskolai tanulásban az érzelmek pozitív hatását leginkább akkor tapasztalhatja meg a tanuló, ha lehetősége van személyes érdeklődése mentén dönteni, hogy milyen tanulási feladatot kíván elvégezni. Egy másik tényező a tanulási kontextus megválasztásának a lehetősége, azaz hogy eldönthesse, hogy egyedül, párban vagy csoportban szeretne dolgozni, lehetőség szerint flow-állapotban. (Csíkszentmihályi, 2008)

Az agy egyszerre dolgoz fel részeket és egészeket

A világ, amely körülvesz, végtelen mennyiségű információt tartalmaz, a tapasztalatok értelmezéséhez egyszerre van szükség arra, hogy megismerjük a nagy egészet és az egyes részeket is. A valóság megismerése és felépítése régóta központi kérdés a pszichológiában.

A 19. század végén a gestaltpszichológia a megismerést a rész-egész kapcsolat értelmezéseként vizsgálta. Manapság a perceptuális pszichológia hasonló kérdésfeltevéssel dolgozik: miként választja ki a megismerő személy az előtér és a háttér információi közül azt, amelyikre fókuszálni szeretne? Arra a megállapításra jut, hogy nem számít, mire összpontosítjuk a figyelmünket, az mindig egy nagyobb kontextusba ágyazódik. A tapasztalatok értelmezéséhez egyszerre van szükség a nagy egészre és az egyes részekre való odafigyelésre. A nagy egész megtapasztalása egy történetet, egy modellt vagy egy lenyűgöző példát nyújt arra, hogy mit lehet elérni. A gestaltpszichológia kifejezetten megmutatja, hogy az elme hogyan kapcsolja össze a részeket, hogy ezeket az egészeket létrehozza. A legújabb agykutatások közül pedig néhányan most a prefrontális kéreg integratív szerepét vizsgálják. (Fuster, 2003 idézi Caine, 2016, p. 214)

Az észlelés szerveződésének szabályai, az agyi mintázatok és folyamatok, a részek és az egész közötti kapcsolatok felismerése az észlelés pszichológiájának tárgya, a felépített tudást, a megismerés eredményét különböző terminológiával írták le: keretek, térképek, történetek és sémák. A neurológiai kutatások alapján a tanításnak olyan tapasztalattal kell kezdődnie, amely a téma átfogó természetével való megismerkedést biztosítja a tanulók számára. A tanulók ha-

tékonyabban tanulnak, ha tapasztalataik az egésznek egy olyan érzését adják, amely összekapcsolja a részleteket, tényeket, információkat és ötleteket. Az agykutatás feltárta, hogy maga az agy is úgy szerveződik, hogy a különböző részek ugyanolyan mértékben felelősek különböző funkciókért, és mégis a részek együttesen reagálnak a különböző tapasztalatokra, ami úgy lehetséges, hogy a különböző régiók között rendkívüli számú összeköttetés és a jelek integrálásának számos különböző módja van. Például az érzékszervi és motoros funkciók összekapcsolódnak a prefrontális kéreg integrációs tevékenysége által, melynek szerepe a belső és külső információs bemenetek integrálása a komplexitás növelése érdekében. (Ploran et al., 2007, Fuster, 2003, 2013 idézi Caine et al., 2016, p. 130)

A tanuláshoz a figyelem és a perifériás észlelés egyaránt hozzátartozik

Tanulás során figyelmet kell fordítani arra, amit meg szeretnénk tanulni. A tanuló folyamatosan elmerül ingerek mezejében, és folyamatosan kiválasztja e mező egy részét, amelyre figyel. A figyelem természetes jelenség, amelyet az érdeklődés, az újdonság, az érzelem és a jelentés irányít, a figyelemfelkeltés kritikus fontosságú a tanulás szempontjából. A pedagógus lelkesedése, a környezeti zaj és a hőmérsékleti viszonyok jelentősen befolyásolhatják a figyelmet és más kognitív folyamatokat.

A gyermek hatékonyabban érti meg a részleteket (konkrétan tények és információk), ha azok olyan egészekbe ágyazódnak, amelyek hozzáférhetők számára, mint például egy való életbeli esemény, egy értelmes történet vagy egy általuk létrehozott vagy látott projekt. Például, ha egy gyerek olvas, akkor közben agytechnikailag rengeteg dolog történik. A betűket szavakká állítja össze. A szavak és mondatok képekké alakulnak át, fantáziavilágokká. Amit a gyerek agya elolvasott, az megjelenik lelki szemei előtt. (Hüther, 2009) A kiscsillag bekapta a regiment katonát például, itt a gyerek nem a betűket látja, hanem azt a belső képet, amelyben elképzelte, ahogy egy egész regiment eltűnt a gömböc-ben. Minden tanuló hatékonyabban képes megérteni, ha figyelmét elmélyíti, és a kontextus mélyebb rétegét használja a tanulás támogatására.

A figyelem kritikus fontosságú a memória szempontjából. Ugyanakkor az emberek olyan kontextusból is tanulnak, amelyre ritkán figyelnek tudatosan, ahogy az implicit memóriával kapcsolatos kutatások feltárták. Így sajátítják el a gyerekek a viselkedésformákat, hiedelmeket, preferenciákat vagy ellenszenvet anélkül, hogy valaha is közvetlenül figyeltek volna arra, hogyan tanulják eze-

ket. Guy Claxton ezt ozmózis útján történő tanulásnak nevezi. (Claxton, 1997, p. 20, idézi Caine, 2016, p. 114) A periférikus figyelem azt jelenti, hogy bár a személy nem fordít figyelmet a környezet ingereinek egy részére, az mégis befollyással van rá. A perifériás figyelem bizonyítéka implicit emlékezet formájában jelenik meg. (Schacter, 1996 idézi Caine, 2016, p. 231) A perifériás észlelést aktiválják a grafikonok, illusztrációk, stratégiai tervek, fogalmi térképek, a fogalmak művészettel vagy zenével való összekapcsolása stb. A tükröneuronokkal kapcsolatos kutatások azt mutatják, hogy a gyerekek átveszik a viselkedést, a hiedelmeket, a preferenciákat vagy az ellenszenvet, miközben élettapasztalatok megszerzésével és feldolgozásával foglalkoznak, azaz nem figyelnek tudatosan arra, hogy mit vegyenek át, mit memorizáljanak. (Rizzolatti & Craighero, 2004 idézi Caine, 2016, p. 56)

A gyermek hatékonyabban tanulhat, ha figyelmét elmélyíti, és a kontextus több rétegét használja a tanulás támogatására. Az agy azonnal reagál az újdonságokra, ezért minél újszerűbb, újabb vagy valamilyen módon eltérő a bejövő információ, annál valószínűbb, hogy a tanulók figyelni fognak rá. A figyelmet az érzelmek lekötik és fenntartják. (Sylwester, 2002 idézi Caine, 2016, p. 35) A tehetetlenség érzése a figyelmet arra fókuszálja, ami fenyegeti az embert, ezért elveszíti a képességét, hogy a környezetében más, esetleg nagyon fontos dolgokat is észrevegyen. A pszichológusok ezt az észlelési mező beszűkülésének nevezik. (Combs, 1999; Sapolsky, 1998 idézi Caine, 2016, p. 230)

Az értelemkeresés az ember veleszületett szükséglete, ezért nagyobb valószínűséggel foglalkozik azzal, ami személyesen értelmes. A sémák felismerésének igénye is fókuszálja a figyelmet. Az önszabályozó tanulás jellemzője, hogy a tanulók felelőssé válnak annak eldöntéséért, hogy mit vegyenek észre, hogy mennyi erőfeszítést tegyenek egy problémába vagy kérdésbe, és mennyi ideig tartsanak ki, hogy értékeljék, mi fontos, és mi nem fontos, és általában a figyelmet a hatékony döntéshozatal alapjaként használják.

A tanulás tudatos és tudattalan folyamatokat egyaránt magában foglal

A tanulás a különböző tudatossági fokokat feltételez. Egyes tanulási módok megkövetelik, hogy az ember tudatosan figyeljen egy megoldandó vagy elemzendő problémára. Máskor a tanulás tudattalan, ún. lappangó periódusokat igényel, ugyanúgy, ahogyan a művészek és a tudósok kreatív meglátásai néha az elme tudatos feldolgozása után következnek be. A gondolkodás vagy feldolgozás nagy része, amelyet az egyén a megértés érdekében végez, beleértve az

észlelést, a memóriát, a tanulást és az átcsoportosítást, sokszor lappangó, tudattalan formában történik. (Kuldas, Ismail, Hashim & Bakar, 2013 idézi Caine, 2016, p. 243) Ebből az is következik, hogy a tanulók hatékonyabban tanulnak, ha kifejlesztik a saját „tudattalan” működésüket. Számos, az érzékszervek által periférikusan érzékelt jel az ember tudta nélkül jut be az agyba, és a tudattalan szinteken lép egymással kölcsönhatásba. Ha megértjük, hogy a tudattalan agyi folyamatoknak nagyon fontos kognitív funkciójuk van, nyilvánvalónak tűnik, hogy ezek működésének elősegítése pedagógiai jelentőséggel bír. A tudattalanul érzékelt, észlelt információk feldolgozását megfelelő oktatási modalitásokkal, esetleg IKT-eszközökkel lehet segíteni.

Az igazán sikeres tanulók képesek önmaguk megfigyelésére is, ami a végrehajtó funkciók központi jellemzője, így ismerik saját erősségeiket és gyengeségeiket, és képesek irányítani a tanulásukat. A tudatos és a tudattalan folyamatokon is túlmutat a tanulók metakognitív képessége, agyuk végrehajtó funkciói segítségével önreflexiót végeznek, hogy ismerjék saját erősségeiket és gyengeségeiket, és irányíthassák a tanulási folyamatukat. (Caine, 2016, pp. 245–246) A reflektív intelligencia azt jelenti, hogy a tanulók megismerik a döntéshozatalt, a problémamegoldást, a tanulást, a megértést és más fontos gondolkodási formákat. (Perkins, 1995 idézi Caine, 2016, p. 234) A pedagógusok úgy tudnak a legjobban segíteni a diákjaiknak, ha a tudatosság különböző formáival, rétegeivel ismertetik meg őket.

A tanulástámogatás két kitüntetett formája: a tények és készségek tárolása (deklaratív) és a tapasztalatok értelmezése (procedurális)

A kognitív tudományok és az idegtudományok kísérletet tettek a különböző memóriatípusok és különböző memóriarendszerek azonosítására. Így a következőket különböztették meg:

Deklaratív memória – tényekre vonatkozó memória;

Procedurális memória – készségekre és eljárásokra vonatkozó memória;

Epizodikus memória – az életünkben történt eseményekre vonatkozó emlékezet;

Szemantikus memória – a szavak jelentésére vonatkozó memória;

Érzelmi emlékezet – érzelmekkel kapcsolatos emlékezet. (Márkus & Czigner, 2018)

A memória legismertebb formái a rövid távú memória, a munkamemória (a végrehajtó funkciók központi aspektusa) és a hosszú távú memória. Az explicit memóriába azok az információk tartoznak, amelyeket az emberek szándékosan fel tudnak idézni és el tudnak tárolni, az implicit (vagy tacit) memóriába azok az információk kerülnek, amelyeket az emberek egy adott helyzetben vagy környezetben való tartózkodás következményeként, nem tudatosan tárolnak.

A pedagógusok számára a leghasznosabb különbségtétel az elszigetelt tények és készségek tárolása vagy memorizálása és a cselekvés pillanatában a tapasztalatok értelmezése, amikor az ember döntéseket hoz, a fókuszát áthelyezi és cselekszik, hogy valós idejű eseményekkel foglalkozzon a valós világ kontextusában. A pedagógiában azokat a tudáselemeinket, amelyek a világ leképezésére, reprezentációjára szolgálnak, deklaratív tudáselemeknek nevezzük. Ez a MIT? tudást jelenti: adatokat, tényeket, folyamatok, jelenségek leírását, algoritmusokat, képi információkat, összefüggéseket, törvényszerűségeket, elméleteket, módszerek leírását stb. A procedurális tudáselemek a HOGYAN? tudását jelentik, segítségükkel feladatokat tudunk megoldani, egyszerűbb és összetettebb mozgásokat, tevékenységeket tudunk kivitelezni stb. Egyáltalán nem reprezentálnak semmit ezek az elemek, sokszor tudatos irányítás nélkül (de nem csak úgy) működnek (Nahalka, 2021).

Az idegtudományok felfedezései a pedagógia számára a memória folyamatainak hatékonyabb támogatását eredményezték. Ma már egyértelmű, hogy a tanulók jobban képesek megérteni és rögzíteni az információkat, ha olyan tapasztalatokat szerezhetnek, amelyekben az emlékezés többféle formáját is kipróbálhatják. A tanítás során lehetőséget kell biztosítani a különböző memorizálások gyakorlására, a munkamemória megszilárdítására, az információk hosszú távú memóriába való átkerülésének a támogatására. A teszthatáselmélet például egy olyan módszert (a tudás folyamatos tesztelése) ajánl a pedagógusok számára, melynek alkalmazásával hatékonyan támogathatják az információk hosszú távú memóriába való beépülését (Ramcsány, 2014).

A tanulás fejlődési folyamat

Az egyes életszakaszokban hatékonyabban támogathatja a pedagógus a tanulást, ha figyelembe veszi az érést, a fejlődést, az előzetes tudás egyéni különbségeit és a neurológiai fejlődés törvényszerűségeit. Az ontogenezis folyamatában minden emberi lény kiszámítható módon fejlődik, ahogy azt a fejlődéslelektanok is leírták, de ritkán megy végbe pontosan ugyanúgy vagy pontosan ugyanolyan ütemben a fejlődés. Az agy és az idegrendszer fejlődésének jól megha-

tározható szakaszai vannak, amelyek mind hatással vannak a megismerésre és a készségek fejlődésére. (Sylwester, 2007 idézi Caine, 2016, p. 229) A tanulási folyamatban a megismerés során egymásra épülő tevékenységek egy additív, összegző folyamatban változásokat idéznek elő az agy fiziológiájában. (Huttenlocher, 2002 idézi Caine, 2016, p. 23) A mentális átalakulás a tapasztalatok hatására egész életen át folytatódik. Az agynak kellő időt kell hagyni arra, hogy a megfelelő agyi struktúrákat létrehozza az észlelt információk és a saját élettapasztalat közötti összefüggések megteremtésével. Az idegtudományi kutatások továbbfejlesztették az emberi fejlődési szakaszok általános megértését (Piaget, Erickson fejlődésméletei), ma már tudjuk, hogy két rendkívüli időszaka van az agy növekedésének és fejlődésének, az egyik az élet első 18 hónapjában és a másik serdülőkorban. (Csépe, 2022)

A nyelvelsajátítás kritikus a tanulás és a kognitív fejlődés szempontjából. A neuropszichológia és neuropedagógia a nyelvelsajátítást tartja a tanulói intelligenciát és iskolai teljesítményt meghatározó legfőbb tényezőnek. Diamond & Hopson (1998) úgy foglalja össze a korai évek nevelési feladatát, hogy „all you need is love – and language”, azaz nincs másra szüksége kora gyermekkorban a gyermeknek, mint szeretetre és nyelvelsajátításra. (Caine, 2016, p.177)

A végrehajtó funkcióknak jelentős hatása van a magasabb rendű gondolkodás fejlődésére. Csecsemőkorban a végrehajtó funkciók alapjai kialakulnak, 6 hónapos korukra a csecsemők már képesek részt venni a történetekben, 18–30 hónapos korukra már elsajátítanak némi önkontrollt. (Steinberg & Grigorenko, 2001 idézi Caine, 2016, p. 177) Kisgyermekkorban a végrehajtó funkciók hiányosan fejlettek, az iskolás évek értékes lehetőséget tartogatnak a gyermek fejlődése szempontjából, mert a gyermekek agya még mindig rendkívül képlékeny, reagál és formálódik a tapasztalatok alapján. Szinte korlátlan tanulási képességgel rendelkezik a kisiskolás, emellett konkrét és gyakorlatias módon találja ki, hogyan kell dolgokat elvégezni. Az önszabályozó tanulást ebben az életkorban alapozza meg, ezért fontos a tanulásban a végrehajtó funkciók fejlődésének a támogatása. A serdülőkor a legkritikusabb a végrehajtó funkciók szempontjából. A serdülőkori agy jelentős változáson megy keresztül, ekkor alakulnak ki a legbonyolultabb összetevői. Hirtelen rengeteg új kapcsolatot növeszt a neuronok között, sokkal többet, mint amennyire szükség van. Az agyban az új kapcsolatok túlburjánzását a racionalizálás követi, a nem használt kapcsolatokat visszametszi, a használt kapcsolatokat megerősíti. (Restak, 1995 idézi Caine, 2016, p. 177) A fejlődés itt sem történik automatikusan, szükség van tapasztalatszerzésre, a döntéshozatal és az érvelés gyakorlására. Sok meglepetést okoznak a serdülők a környezetüknek és önmaguknak, mert egyik nap még képesek ésszerűen dönteni, a másik nap úgy tűnik, elvesztették ezt

a képességüket. Ez a limbikus rendszer fejlettségével magyarázható, amely a hippokampusznak és az érzelmeknek is a helye, a serdülők gyakran tele vannak olyan érzésekkel, amelyeket nehéz kontrollálni, ezért tűnik a viselkedésük irracionálisnak.

A tanulást pozitívan befolyásolja a kihívást jelentő, negatívan a fenyegető környezet

A neurológiai kutatások igazolták, hogy a fenyegető helyzetekben az agy lelassul, a tehetetlenség érzése megbénítja a neurogenézist, és nagymértékben lelassítja a tanulási folyamatokat. Számos kutatás olyan tudományágakból, mint az „idegtudomány (pl. LeDoux, 1996), a kreativitáselmélet (Deci & Ryan, 1987), a stresszelmélet (Sapolsky, 1998; Lazarus, 1999) az észleléssz pszichológia, (Combs, 1999) azt mutatja, hogy a hatékony mentális és érzelmi működést szabotálhatják a tehetetlenséggel járó félelmek”. (idézi Caine, 2016, p. 243) Az egyik következménye a negatív érzelmeknek az, hogy a magasabb rendű végrehajtó funkciókat megbénítják, működésüket gátolják. A tanuláshoz optimális lelkiállapot, a nyugodt éberség, az alacsony fenyegetettség és az elég nagy kihívás kombinációja szükséges. Ez akkor valósul meg leginkább, ha a tanulók a tantárgyak tanulmányozását, az egyes problémák megvizsgálását és megoldását lehetőségként fogják fel. A megfelelő időbeosztás, a tantárgy és a témák összehangolása, valamint a támogató környezet biztosítja, hogy a tanuló ne „fenyegetésként” érzékelje a felkínált „lehetőséget”. Az agy számára a valódi kihívások és kalandok a döntőek, ezért biztosítani kell számukra, hogy minél több kihívással megbirkózzanak ahhoz, hogy az agyukban létrejöhessenek a legfontosabb hálózatok. A gyerekeknek szükségük van egy olyan világra, amelyben az interaktivitásnak igen nagy szerep jut, nem a virtualitás, hanem a reális élet összefüggéseiben. (Hüther, 2009)

Minden agy egyedi

Az agy folyamatos átalakulásban van, belső struktúrái képesek átalakulni a tölük megkövetelt cselekvésnek megfelelően, ez a folyamat a neuroplaszticitás. A neuroplaszticitás folyamatával egyidejűleg zajló jelenség a neurogenézis, vagyis az összejtekből történő új idegsejtek képződése. Az agy fejlődéséhez az ingerlés, a tapasztalatszerzés döntő fontosságú, hiszen az egyén által átélt tapasztalatoktól függően az idegsejtjei több vagy kevesebb kapcsolatot alakítanak ki. (Csépe, 2005)

A neurogenezis idejét a lehető legjobban tiszteletben kell tartani, ezért célszerű minden tantárgyat olyan tartalommal kezdeni, amely segíti a tanulók idegrendszerét az alkalmazkodásban. A tanulás megváltoztatja az agy szerkezetét, elmondható, hogy minél többet tanul az egyén, annál egyedibbé válik az agyszerkezete. Az oktatás előtt álló paradoxon az, hogy az emberek egyszerre hasonlóak és különbözőek, az ontogenézis sajátosan egymást követő szakaszok és törvényszerűségek mentén történik, de minden egyén egyedi genetikai tervrajzzal rendelkezik. Mindenki rendelkezik élettapasztalattal, de minden tapasztalat jelentős része egyedi. (Caine, 2016, pp. 199–202)

Az egyedi agyak fejlődésének a támogatása azt feltételezi, hogy a tanítást úgy kell megszervezni, hogy az vegye figyelembe a tanulók vizuális, tapintási, érzelmi és hallási preferenciáit, egyéni érdeklődését. Egy ilyen tanítás és tanulás képes elősegíteni az optimális agyi fejlődést. Az iskola valósága, a 30 fős osztálylétszámok, a sajátos nevelési igények nehezítik, olykor akadályozzák, hogy neuropedagógiai szempontból minden tanuló számára optimális tanulást biztosítson az iskola. Vannak azonban a tanár kompetenciájától függő tanulástámogatási módszerek, eljárások, amelyeket rugalmasan képes alkalmazni az osztályteremben. Ilyen például a fogalomtanításnál az ún. pozicionálás, amely segíti a tanulókat abban, hogy átlássák, mi az új fogalom helye és tantárgyi szerepe.

A bemutatott tanulási elvek mindegyike meghatározza, hogy a gyermek hogyan tanul, függetlenül a kultúrától. Mindenki képes a végrehajtó funkciói fejlesztésére és az adaptív döntéshozatalra, ám az agyat az egyéni tapasztalatok alakítják, az egyedi genetikai örökség és az egyedi tapasztalatok kombinációja azt eredményezi, hogy mindenki agyi fiziológiája másképp szerveződik.

Gardner többszörösintelligencia-elmélete, mely túlmutat az absztrakt kognitív képességek korlátozott halmazán, a tanulás különbözősége mellett a tanulás változatos területeire irányította a figyelmet, melyek egyenes pedagógiai következménye a területspecifikus (nyelvi, matematikai, téri, testi, zenei, társas, személyes, természeti és egzisztenciális) tanulási tevékenységek szervezése és a tanulási stílusokhoz alkalmazkodó változatos módszerek alkalmazása a tanulástámogatásban. A személyiségtípusok megmutatják, hogy az egyén hogyan dolgozza fel a tapasztalatokat, a kommunikációs stílusok az érzékszervi preferenciákon alapulnak, és segítenek megérteni, hogy az egyén hogyan kommunikál a másokkal való interakciókban. Fontos, hogy ezekre a profilokra ne úgy tekintsünk, mint abszolút igazságokra, hanem olyanokra, amelyek segítenek a tanulóknak és a pedagógusoknak megtapasztalni és megérteni, hogy mások miért látják másképp a világot, és hogy ezek a különbségek hogyan jelennek meg az interakciókban, például a döntéshozatalban. (Caine, 2016, pp. 199–202)

Összegzés

A neurológiai kutatások eredményeit a pedagógia tudománya, de leginkább a gyakorló pedagógusok hasznosíthatják a gyermek fejlesztésében. A pedagógusképzésnek fel kell készítenie a pedagógusjelölteket és a pedagógusokat a legújabb neuropedagógiai elméletek alkalmazására. Végző soron azonban a pedagógusok felelőssége, hogy a bemutatott elvek mindegyikét az osztálytermi tanulás támogatásánál a gyakorlatban is megvalósítsák, ehhez a bemutatott elveket tanulástámogatási tanácsként ajánlja a neuropedagógia a pedagógusok számára (2. ábra).

mozgósítsa a fiziológiai folyamatokat	mozgósítsa a szociális interakciókat	mozgósítsa a veleszületett értelmezési, megértési szükségleteket
mozgósítsa a sémafelismerést és sémaelsajátítást	mozgósítsa az érzelmi kapcsolódást	mozgósítsa a diákok részegész felismerési képességeit
mozgósítsa a fókuszált és a perifériás figyelmet	mozgósítson tudatos és tudattalan folyamatokat	mozgósítsa a rögzítést, bevésést
tudatosítsa és mozgósítsa saját fejlődésének, tanulásának megtervezését és megvalósítását	csökkentse a szorongást és növelje az énhatékonysági elvárásokat	mozgósítsa az egyéni stílust, az egyediséget

2. ábra: Tanácsok pedagógusoknak a tanulástámogatás megvalósításához

Irodalom

- Ádám, Gy. (2004). *A rejtőzködő elme*. Vince Kiadó. Budapest.
- Bergen, D. & Woodin, M. (2017). *Brain Research and Childhood Education. Implications for Educators, Parents, and Society*. New York, Routledge. DOI, 10.4324/9781315465173, https://www.researchgate.net/publication/316482845_Brain_Research_and_Childhood_Education_Implications_for_Educators_Parents_and_Society
- BRAIN 2025. A scientific vision https://braininitiative.nih.gov/sites/default/files/documents/brain2025_508c_2.pdf (2025.01.05.)
- Caine, R. N.; Caine, G.; McClintiv, C. & Klimek, K. J. (2016). *12 Brain/Mind Learning Principles in Action. Teach for Development of Higher-Order Thinking and Executive Function*. Third Edition. Corwin. e-pub.
- Csépe, V. (2005). *Kognitív fejlődés-neuropszichológia*. Budapest, Gondolat Kiadó.
- Csépe, V. (2022). Tanulás, tanítás és a végrehajtó funkciók. (Eds.) Di Blasio, B.-Demjén G., *Hatékony tanulás* MTA. Pécs.
- Csikszentmihályi, M. (2004). *Flow. A tökéletes élmény pszichológiája*. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Hüther, G. (2009). Interjú. *Élet és Tudomány*. 13. https://adt.arcanum.com/hu/view/EletEsTudomany_2009_1/?pg=406&layout=s&query=h%C3%BCther
- Józsa G.&Józsa K. (2018). Végrehajtó funkció: elméleti megközelítések és vizsgálati módszerek. In. *Magyar Pedagógia* 118.2. pp. 175-200. DOI:10.17670/MPed.2018.2.175 (2025.01.05.)
- Kissné Zsámboki, R. & Varga, L. (2023). Természet- és életközeli nevelés a reformpedagógiai törekvések és a neurokonstruktivista tanuláselmélet párhuzamainak tükrében. *Magyar Tudomány* 184. DOI, 10.1556/2065.184.2023.3.2
- Lewis, P. A.; Rezaie R.; Brown, R.; Roberts, N. & Dunbar R.I.M. (2011). *Neuroimage*.https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811911005180/pdfft?casa_token=_BIwr0R1Ec8AAAAA,bv4GnPjKSROYGV3AVmrdhd-B-6ZrlnQDG-4X8oWjj5F9b9fbeuu-0jnHPZjk-R5Jjv_kIHbcsEKY&md5=a0e13ba2ef4f06107dbf71b79ec7a732&pid=1-s2.0-S1053811911005180-main.pdf (2025.01.05.)
- Márkus, A. & Czigler, B. (2018). *Neurológia*. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- McDevitt, T. & Ormrod, J. (2016). *Child Development and Education* (6th Ed.) New York, Prentice-Hall.
- Miyake, A.; Friedman, N. P.; Emerson, M. J.; Witzki, A. H.; Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex „Frontal Lobe” Tasks, A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), pp. 49–100. doi, 10.1006/cogp.1999.073

- Nahalka, I. (2021). A tanulás. (Eds.) Falus, I. & Szűcs, I. *A didaktika kézikönyve. Elméleti alapok a tanítás tanuláshoz*. https://mersz.hu/dokumentum/m872d__60 (2025. 01. 05.)
- Négyessy, L. (2003). Munkamemória a prefrontális kéregben (Eds.) Pléh, Cs.; Kovács, Gy. & Gulyás, B. *Kognitív idegtudomány*. Osiris. <https://www.szak-tars.hu/osiris/view/pleh-csaba-kovacs-gyula-gulyas-balazs-szerk-kognitiv-idegtudomany-osiris-tankonyvek-2003/?pg=437&layout=s>
- Racsmány, M. (2014). A csodálatos teszt. *Mindennapi pszichológia*. 3. http://www.cogsci.bme.hu/~ktkuser/learningmemory/news/download/A_csodaltatos_teszt_Mindennapi_Pszichologia.pdf (2025. 01. 05.)
- Schumacher, R. (2012). Wie viel Gehirnforschung verträgt die Pädagogik? (Eds.) Caspary, R. *Lernen und Gehirn*. Hamburg, Nikol Verlagsgesellschaft MBH&Co.
- Siegel, D. & Payne, T. (2014). *A gyermeki elme*. Ursus Libris Bt. Budapest.
- Spitzer, M. (2014). *Lernen*. Heidelberg, Spektrum Akademischer Verlag.
- Steklács, J.; Bálint, Á.; Csikos, Cs. & Zank, I. (2024) *Metakogníció, tudatelmélet, episztemológiai meggyőződések* [https://mersz.hu/dokumentum/m1238mtem__2/#m1238mtem_0Munkamemória a prefrontális kéregben](https://mersz.hu/dokumentum/m1238mtem__2/#m1238mtem_0Munkamemória%20a%20prefrontális%20kéregben) (2025. 01. 05.)
- Tánczos, T. & Németh, D. (2010). A munkamemória mérőeljárásai és szerepük az iskolai szűrésben és fejlesztésben. *Iskolakultúra*. 20 (7–8).
- Tánczos, T. (2014). *A verbális fluencia és a munkamemória életkori változásai és szerepük az iskolai teljesítményben* (Doktori Disszertáció). Szegedi Tudományegyetem, Szeged. http://doktori.bibl.uszeged.hu/2197/1/Disszertacio_Tanczos.pdf. doi, 10.14232/phd.2197
- Varga, L.; Detre, Zs. & Farnady-Landerl, V. (2015.) A kisgyermekkor neuropedagógiai értelmezése. (Eds.) Nagyházi, B. IX. *Képzés és Gyakorlat Nemzetközi Neveléstudományi Konferencia Nevelés és tudomány, Neveléstudomány a 21. században*. Kaposvári Egyetem Pedagógiai Kar – Nyugat-magyarországi Egyetem Benedek Elek Pedagógiai Kar. pp. 62–63.
- Varga, L.; Detre, Zs. & Farnady-Landerl, V. (2015). A kisgyermekkor neuropedagógiai értelmezése. *Képzés és Gyakorlat*. 13. 3–4.
- Zelazo, P. D.; Blair, C. B. & Willoughby, M. T. (2017). *Executive Function, Implications for Education* (NCER 2017-2000) Washington, DC, National Center for Education Research, Institute of Education Sciences, U.S. Department of Education. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED570880.pdf> (2025. 01. 05.)

Másodlagos források

- Blair, C., & Razza, R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*, 78(2), pp. 647–663. DOI, 10.1111/j.1467-8624.2007.01019.x
- Claxton, G. (1997). *Hare brain, tortoisemind, How intelligence increases when you think less*. Hopewell. NY.
- Combs, A. (1999). *Being and becoming*. Springer. NY.
- Diamond, A. (2013). Executive function. *Annual Review of Psychology*, 64, pp. 135–168. DOI, 10.1146/annurev-psych-113011-143750
- Diamond, A.; Carlson, S. M. & Beck, D. M. (2005). Preschool children's performance in task switching on the dimensional change card sort task. Separating the dimensions aids the ability to switch. *Developmental Neuropsychology*, 28(2), 689–729. DOI, 1207/s15326942dn2802_7
- Diamond, M. & Hobson, J. (1998). *Magic trees of the mind*. Penguin. NY.
- Fuster, J. M. (2003). *Cortex and mind, Unifying cognition*. Cambridge University Press. NY.
- Gendlin, E. (1982). *Focusing*. Bantman. NY.
- Gopnik, A.; Meltzoff, A. & Kuhl, P. (1999). *The scientist in the crib, Minds, brains, and how children learn*. William Morrow. NY.
- Hillman, J. (1996). *The soul's code, In search of character and calling*. Warner. NY.
- Hunterlocher, P. R. (2002). *Neural plasticity, The effects of environment on the development of the cerebral cortex*. Harvard University Press. Cambridge.
- Kuldas, S.; Ismail, H.N.; Hashim, S. & Bakar, Z. A. (2013). *Unconscious learning process, Mental integration of verbal and pictorial instructional materials*. Springerplus. <https://springerplus.springeropen.com/articles/10.1186/2193-1801-2-105> (2025. 01. 05.)
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1999). *Philosophy in the flesh, The embodied mind and its challenge to Western Thought*. Basic Books. NY.
- LeDoux, J. (1998). *The emotional brain, The mysterious underpinnings of emotional life*. Smon & Schuster. NY.
- Mischel, W.; Shoda, Y. & Rodriguez, M. L. (1989). *Delay of gratification in children*. Science, 244. DOI, 10.1126/science.2658056
- Perkins, D. (1995). *Outsmarting IQ, The emerging science of learnable intelligence*. Free Press. NY.
- Pert, C. (1997). *Molecules of emotion*. Scribner. NY.
- Ploran, J. (1976). *To understand is to invent, The future of education*. Penguin. NY.

- Restak, R. (1995). *Brainscapes*. Hyperion. NY.
- Renz-Polster, H. & Hüther, G. (2013). *Wie Kinder heute wachsen*. Weinheim und Basel, Beltz Verlag.
- Sapolsky, R. (1998). *Why zebras don't get ulcers, An updated guide to stress, stress-related diseases, and coping*. Freeman. NY.
- Schacter, D. (1996). *Searching for memory, The brain, the mind, and the past*. Basic Books. NY.
- Schumacher, R. (2012) Wie viel Gehirnforschung verträgt die Pädagogik? (Ed.) Caspary, R. *Lernen und Gehirn*. Nikol Verlagsgesellschaft MbH&Co. KG, Hamburg.
- Siegel, D (1999). *The developing mind, Toward a neurobiology of interpersonal experience*. Doubleday. NY.
- Sternberg, R. & Grigorenko, E. (2001). *Environmental effects on cognitive abilities*. Lawrence Erlbaum. London.
- Sylwester, R. (1995). *A celebration of neurons, An educator's guide to the human brain*. VA, ASCD, Alexandria.
- Wenger, E.; McDermott, R. & Snyder, W. M. (2002). *Cultivating communities of practice*. Harvard Business School Press. Boston.