

PSZICHOFIZIOLÓGIAI SZEMLÉLETTEL AZ EMBERI TANULÁSRÓL ÉS EMLÉKEZÉSRŐL

Ádám György

Az emberi agyvelőben az egész életen keresztül, a születéstől kezdve egészen az elmúlásig szakadatlan és folyamatos információgyűjtés megy végbe. Az agykutatás és a kísérleti pszichológia régebbi és újabb adatai ezt a felismerést szilárdan és sokoldalúan évről évre, hónapról hónapra megerősítik. Az agykutatónak régi felismerése: az emberi agyvelő szüntelenül begyűjt és egyben kirekeszt nagy információtömegeket, tehát folyamatosan akkumulál és szelektál. Az élő agyvelő két alapvető információgazdagító működésének egyike sem áll le még percekre sem a vérellátással rendelkező idegsejt tömegekben. Szünet nélkül működik mind a felhalmozó (akkumulációs) folyamatok sora, mind pedig – ezzel párhuzamosan – a kiiktató (eliminációs) jelenségek sokasága. Ennek a kettős alapműködésnek kívánom néhány agyélettani és lélektani tényét és elvét érinteni.

Felhalmozás és kirekesztés: az agyban a genetikailag rögzített, hálózatokban szerveződött idegsejt tömegeknek ez a begyűjtő és egyben kiszűrő, szakadatlan, mindhalálíg érvényesülő, kétarcú tevékenysége a biztosítéka és egyben meghatározója annak az általános érvényű működésnek, amelyet az *élethosszig tartó tanulás* (angolul: life long learning) kifejezéssel jelölünk. Úgy vélem, ez az agyfiziológiai evidencia nem eléggé közismert. Hangsúlyoznom kell, hogy sok mindent ismerünk az emberi tanulás agyi hátteréről, dinamikájáról, életkori sajátosságairól, de egy átfogó, az egész jelenségsort magába ötvöző, szintetikus tudományos elmélet megalkotása még várat magára. Lássuk röviden, miről is van szó.

Az agybiológia egyik alaptörvénye szerint az állandóan változó külvilági befolyás nyomán olyan individuális és maradandó funkcióváltozások jönnek létre az idegsejtekben, amelyek következtében azok emléknymok formájában képesek múltbeli információkat tárolni és azokat szükség szerint visszaidézni. Ezeket az egyéni élet folyamán mindvégig megjelenő plasztikus jelenségeket tartja számon az agyfiziológia *tanulási alaptevékenységekként*. E kiinduló alapelvből kitűnik, hogy a mai fiziológus a tanulás tényét annak eredményéből, az emberi viselkedés megváltozásából állapítja meg, de ismérvként a megelőző tapasztalat felhalmozás, vagyis az információtárolás szolgál. Másképp fogalmazva ez azt jelenti, hogy a tanulás lezajlásának vizsgálatában a fő figyelmet arra fordítjuk, miként jutnak be, raktározódnak és idézhetők vissza a kül- (és bel-) világi jelzések, értesülések.

A mai felfogás szerint az elemi tanulás fő formájaként mind az állatvilágban, mind az emberi viselkedésben az asszociatív aspektus erősödött meg az evolúció évmilliói során. A legtöbb kutató szerint ugyanis a tanulás legkönnyebben úgy valósul meg, ha az agyban legalább két információ bemenet működik egy időben. Ekkor a két folyamat társulása, asszociációja valósul meg. E szerint az uralkodó élettani nézet szerint a tanulás főképpen asszociatív, vagyis kétcsatornás jellegű ugyan, de az egyszerűbb, nem asszociatív, másképpen egycsatornás információ felhalmozás mechanizmusa is gyakran tetten érhető. Amikor ugyanis csupán egyetlen érzékszervi pályarendszeren, jellemzően látási vagy hallási csatornán érkezik értesülés az agyba, a központi idegsejt állomány bizonyos feltételek mellett azt is rögzíteni és tárolni képes. Nincs itt mód arra, hogy eme agybiológiai tény részleteit taglaljam, csak utalok arra, hogy a kérdésre röviden a kiiktató, törlő jelenségek érintésekor lentebb még visszatérek. A Nobel-díjas orosz Pavlov (1953) mutatott rá először, hogy ha csupán egyetlen agyi idegsejt tömeg kerül aktivitásba, a jelenség menthetetlenül egy ellenkező előjelű folyamatba, gátlásba csap át, ami a kiiktatás, az elimináció bázisa. Tartósabb tárolás előfeltétele két- vagy ennél

több információ bemenet szimultán, szinkrón jellegű befolyása az agyállományra. Ilyenkor a több bemeneti csatorna erősíti egymást (szaknyelven: megerősítés megy végbe). Ez persze nem jelenti azt, hogy az egycsatornás tanulás nem lenne jelentős mechanizmus az emberi ismeretszerzésben, főleg a korai gyermekkorban. Többféle, jelentős bevésődési formát ír le a kísérleti lélektan, amelyben éppen ez a korlátozott információ bevitel játszik döntő szerepet. Ilyen például a korai csecsemőkor *imprinting* (bevésés) jelensége, vagy az egész életen át érvényesülő *habituáció* (megszokás) folyamata, avagy a *szenszitivizáció* (érzékenyítés) eseménye. Ezek leírása nem lehet e rövid írásom tárgya. Annál is kevésbé, mivel az emberben a fent említett két- vagy többcsatornás rögzítés egyértelműen dominál, amint arra Pavlovon kívül sok más klasszikus szerző, például az amerikai Thorndike (1898), illetve később Skinner (1938) rámutatott. A gyermek-, illetve ifjúkori ismeretszerzés alapja ez a részleteiben is elég jól leírt és elemzett forma.

Az elemi tanulás agybiológiája azonban korántsem korlátozódik eme lényegében egyszerűbb információgyűjtési jelenségekre. Már az ifjúkorban – de a felnőtt- és időskorban még inkább – az uralkodó szerepet átveszi egy a fentieknél bonyolultabb eseménysor, amelynek lélektani elnevezése *kognitív tanulás*. E tanulási gyűjtőfogalom sokrétű tartalmát csak az utóbbi évtizedben kezdi kibontani és elemezni a kísérleti és leíró pszichológia. Sok összetevő eleme és részlete azonban már ismertté vált. Így például tudjuk, hogy a fent említett asszociatív tanulási formánál összetettebb, sokcsatornás bemenet jellemző rá, továbbá az az eddig még kellően fel nem tárt tulajdonsága, hogy szemben az asszociáció lépcsőzetes és fokozatos agyi rögzítési folyamatával, a kognitív agyi bemenet mindig robbanásszerű, hirtelen és rádöbbenés jellegű, gyors jelenség. A kognitív tanuláshoz számos válfaja képezi a kutatás és a lélektani gyakorlat tárgyát. Agyi mechanizmusának háttere azonban még feltárára vár, bár sok részjelensége viszont régóta ismert. Példaként a belátást (angolul: insight) említem, azt a jelenséget, amikor sok bemeneti agyi csatornán keresztül tudatunkon kívül gyűlik össze egy sor információ-töredék, amely aztán fulmináns gyorsasággal jut a tudat felszínére, és válik egészen tudatos alakzattá (németül: Gestalt), ekkor belátásos tanulás ment végbe, amelynek előzménye latens tanulás. A matematikai gondolkodás lélektana éppúgy, mint a kreativitás pszichológiája e belátásos tanulás példáinak gazdag tárháza. Fontos tudnunk, hogy felnőtt- és időskorban a tanuláshoz éppen ez a kognitív aspektusa kerül előtérbe. A szerzők többsége szerint míg gyermek-, ifjú- és fiatal felnőttkorban inkább az asszociatív és kognitív tanulás egyensúlya jellemző, addig az idősebb korosztályokra a kognitív stratégiák túlsúlya jellemző (vö. Czigler szerk. 2000). Ez az az időskori gondolkodási jellegzetesség, amelyet köznapin *bölcsességként* szokás emlegetni. Fontos eleme a szelekció, a szűrés, vagyis a nem lényeges információelemek kiiktatása, amelyről lentebb még szólok. A legtöbb mai elemzés egyetért abban is, hogy ez a kognitív információfeldolgozás azonos vagy legalábbis hasonló ahhoz a folyamatkategóriához, amit főleg a francia Nobel-díjas filozófus Bergson (1897) javaslatára nyomán *intuíciónak* terminussal jelölünk. Ez köztudottan az a jelenség, amelyben az agy hosszabb-rövidebb ideig (percekig, órákig, néha napokig) nem tudatos módon, lappangva (latens módon) értesüléstöredékeket gyűjt be, amelyek azután egy adott pillanatban tudatos, egészen tudatos információként (más szóval a fentebb már említett alakzatként: Gestaltként) jutnak a felszínre. Ez az az intuíciónak nevezett folyamat, amely főképpen a művészetpszichológiai kutatás tárgyaként ismeretes.

Az előzőekben azt hangsúlyoztam, hogy fiziológiai szempontból az emberi tanulási folyamat sok jelensége részletesen feltárt és bőségesen elemzett eseménysor, de egy átfogó, az egész agyi és pszichológiai történéskomplexumot magába ötvöző elmélet nem áll még a természet- és társadalomtudományok rendelkezésére. Valóban, manapság ez a helyzet, de ez nem akadályozza sem a további kutatást, sem a humán tanulás számos égető kérdésének a gyakorlati életben való alkalmazását. Annyi bizonyosnak tűnik, hogy a fent vázolt egyszerűbb

és bonyolultabb tanulási formák, az egycsatornástól a két- vagy többcsatornás asszociatív tanuláson át a különböző kognitív okoskodásokig egymásra épült, egyidejűleg jelen levő és egymásra ható hierarchia részei, ennek a komplex agyi funkciónak a részletes feltárása a közeljövő fontos célkitűzése. Nem tudhatjuk persze, milyen távol van még tőlünk az az idő, amikor a tanulás agyi építményének egésze világossá válik kutatóink számára, az az időpont nyilván még messzibb, amikor magukban az idegsejtek milliárdjaiban végbemenő kémiai és elektromos jelenségek egészéről képet alkothatunk. Ezen utóbbi molekuláris és sejtszintű történések vonatkozásában is nagy technikai és szellemi erőfeszítéssel folyik világszerte a kutatómunka, jelenleg csak annyi látszik bizonyosnak, hogy az információ bemenet és -tárolás alapvető eseményei nem elsősorban a sejtek belsejének állományában, tehát nem az ún. citoplazmában történnek, hanem inkább az idegsejteket összekapcsoló érintkezési pontok, az ún. szinapszisok területén. Ezek a sejtkepcsoló szinapszisok egyben az agy belső rendszereit alkotó idegsejt hálózatok legérzékenyebb, minden külvilági változásra azonnal reagáló elemei is. A pszichofiziológiai szemlélet általában az emberi emlékezet (memória) vonatkozásában két alapvető időbeli szakaszt különít el, aszerint hogy az emlékezetben rövid vagy hosszabb időtávra rögzült az emlékezeti tartalom. Megjelölünk rövid távú emlékezeti tartalmakat olyan esetekben, amikor másodpercekig, percekig, esetleg órákig rögzül a memóriatartalom, és hosszú távú emlékezeti tartalmakat azokban az esetekben, amelyekben napokig, hetekig, hónapokig vagy évekig őrzi meg az agyállomány a memorizálendő mozzanatot. A legtöbb mai kutató egyetért abban, hogy a rövid távú memória szinaptikus háttérében olyan jelenség áll, amely azonos vagy legalábbis hasonló az ún. posttetanicus potentiatiohoz (PTP), vagyis olyan szinaptikus érzékenységnövekedéshez, amely sűrű, szapora ingerlést (ún. tetanisatiót) követ.

Itt jutunk el a tanulási jelenségnek az információgyűjtésen kívüli második fontos eleméhez, amelyről fentebb már esett szó, nevezetesen a túlcsoorduló, felesleges információ-tömeg állandó törléséhez, kiiktatásához. Az olvasó nagyközönség, beleértve számos pedagógus kollegánkat, nem mindig van tisztában a tudásanyag kiiktatásának, háttérbeszorításának fontosságával a tanulási mozzanatok terén. Fentebb már említettem a törlési jelenség fiziológiai ősforrását, Pavlovot, aki műveiben mindvégig aláhúzta, hogy az agyi kapcsolatteremtéssel egyenrangú fontosságú folyamat e kapcsolatok megszakítása, gátlása. E nélkül a kettősség nélkül nincs normális tapasztalatfelhalmozó működés. A már szintén említett francia Bergson pedig egyenesen kimondja az axiómaszerű igazságot: „tanulni annyi, mint kirekeszteni”. A kérdés egyik legkiválóbb kortárs szakértője, a szintén francia Changeux (2000) pedig idegsejt szinten részletesen elemzi a kiiktatási folyamatot. Másokkal egy időben kimutatja, hogy az emberben csecsemő- és kisgyermekkorban az agyban a szükséges felnőttkori szinapszisok sokszorosa indul növekedésnek, és létesít korai agyhálózatokat, ezek az agyvelő érése és növekedése folyamán tömegesen eltűnnek, elpusztulnak, a nagyfokú redundancia a korai fejlődés velejárója. De a későbbi tanulást is állandó szinapszisszám-növekedés és -csökkenés jellemzi – az ismerethalmozás nem mehet végbe ismeretszűrés, szelekció nélkül. Gyermekpszichológusok által jól ismert tény, hogy a korai csecsemő- és gyermekkor sok készsége, tulajdonsága a serdülőkor időszakára eltűnik, kiiktatódik. Nemcsak a fent említett bevésődés (imprinting) rögzítésének jelensége szűnik meg, de a kisgyermeki intellektus olyan vonásai is, mint az egészsleges (eidetikus) memória vagy a nagy sebességű szótanulás képessége, ezekre itt nem térhetek ki. Azt a tényt viszont alá kell húznom, hogy az állandó kiiktatás, agyi szelekciós képesség folytán az agyállomány túlterhelése gyakorlatilag lehetetlen, az agy törléssel, információszűréssel védekezik a túlszűfálás ellen. A közismert intelligenciamérés (intelligenciahányados: IQ) egyik alappillére éppen annak számszerű megállapítása, hogy a szóban forgó egyén mennyire képes a lényegest a lényegtelenről, a fontosat a kevésbé fontostól elválasztani, más szóval: mennyire képes elmeműködése szűrni, szelektálni. Fontos követelmény, hogy a mindenkorai pedagógus ezt a szelekciós, kiiktatási

tulajdonságot is figyelembe vegye tanítványai teljesítményének megítélésekor. A szelekció – egyebek mellett – az idősebb életkorok kognitív privilégiuma is. Kissé leegyszerűsítve a kérdést azt is állíthatnánk, hogy amíg fiatal korban a tanulás begyűjtési, akkumulációs aspektusa dominál, addig idősebb korban a kiiktatási, eliminációs, tehát kognitív tulajdonságok kerülnek előtérbe.

Kognitív fölénye dacára a mindennapi tapasztalat az, és ezt egzakt mérések is alátámasztják (vö. Czigler 2000), hogy a mért esetek jelentős számában az időskori tanulási teljesítmény romlik. A szerzők többsége azonban azt is megállapítja, hogy ez a romlás messze nem általános öregkori tulajdonság, és egyáltalán nem annak a következménye, hogy a meglévő agyállomány tanulási képessége hanyatlana. Valószínűnek tűnik, hogy legfontosabb oka az agysejttípusok már fiatal korban meginduló napi pusztulásán kívül (az idegsejtek sohasem szaporodnak, hanem érésük után naponta pusztulnak) az agyi vér- és folyadékkeringés mennyiségi és minőségi csökkenése. Más szóval nem az agysejt hálózatok eo ipso információgyűjtési és -kiszűrési képessége hanyatlak, hanem az ezeket ellátó táplálófolyadékok mennyiségének esetleges csökkenése a legfontosabb romló háttér, amellyel számolni kell. Ez ellen pedig a medicina már tud védekezni, és fel is veszi a vérellátás karbantartására a szakszerű küzdelmet. A sokmilliárdnyi megmaradó agyi idegsejt egyébként, ha elegendő tápfolyadékot kap, még késő öregkorban is elegendőnek bizonyul a tanulási feladatok optimális ellátására.

Irodalom

Bergson, Henri (1987): *Teremtő fejlődés*. Akadémiai Kiadó, Budapest.

Changeux, Jean-Pierre (2000): *Agyunk által világosan*. Typotex, Budapest.

Czigler István szerk. (2000): *Túl a fiatalságon. Megismerési folyamatok időskorban*. Akadémiai Kiadó, Budapest.

Pavlov, Ivan Petrovics (1953): *Húszévi tapasztalat a nagyagyféltekék működéséről*. Akadémiai Kiadó, Budapest.

Skinner, Burrhus Frederic (1938): *The behavior of organisms*. Prentice Hall, Englewood Cliffs.

Thorndike, Edward Lee (1898): *Animal intelligence*. MacMillan, New York–London.