

Interjú Buzsáki György professzorral

2016 kiemelkedő tudományos rendezvénye volt Kaposvárott az az idegtudományi konferencia, amelyen többek között előadást tartott Buzsáki György, Agy-díjjal kitüntetett idegtudományi kutató. A jelenleg az Amerikai Egyesült Államokban alkotó professzort a Somogy Megyei Tudományos Ismeretterjesztő Társulat elnöksége a szülővárosában tartott előadása alkalmából tiszteleti tagjává választotta. Beszélgetésünk ebből az alkalomból készült.

– Két dolgot kaptam ingyen a TIT-től: az egyik egy német nyelvtanfolyam volt, amelyért ugyan elvileg fizetnem kellett volna, de a tanárnőm elégedett volt velem, s szeretne volna, ha még többen jönnének a kurzusára, ezért úgy ítélte meg, hogy én jó reklám leszek a képzéshez. A másik pedig a jogosítvány megszerzését segítette elő.

– Gondolom, mind a nyelvtudásnak, mind pedig a jogosítványnak jó hasznát veszi, most már Amerikában...

– Tréfásan azt szoktam mondani, hogy én már megengedhetem magamnak, hogy ne legyen autóm. Ugyan a házunk New Jersey-ben van, de New Yorkban is van egy kis lakásunk, s vonattal és biciklivel közlekedem. Felrakom az összecsukható kérekpáromat a vonatra, amikor megérkezem New Yorkba, nyeregbe pattanok és nyolc perc alatt a munkahelyemen vagyok – míg taxival vagy kisbusszal ugyanez húsz perc lenne.

– Ez a mindennapi példa talán már el is vezethet minket a közlekedéstől egy elvontabbnak tűnő mozgáshoz: a jeltovábbításhoz, jelátvitelhez, vagyis a kutatási területéhez...

– Igen, bár ennek is van ifjúkori előzménye az életemben: az MHSZ Rádiós Klubjában megismertem a morzejeleket. Az információ továbbításának kérdésköre akkor, morzézás közben kezdett érdekelni mélyebben. A morzekód egyszerű, de szemléletes példája a jelátvitelnek: akkor válik valami kóddá, ha van egy küldő és van egy fogadó, és mind a ketten ismerik az általuk használt jelek dekódolási rendszerét. Az információ átadása, regisztrálása, vétele és megőrzése az idegrendszerben mind a mai napig az egyik alapkérdés a kutatásaimban. Persze, az idegrendszer jelátvételi folyamata jóval bonyolultabb, mint a morzerendszer. A morzerendszer egy jól ismert nemzetközi kódrendszer, ahol a rövid és hosszú jelek kombinációi betűket jelölnek. Ha ezt a már megalkotott, kész szabályt megtanulom, megismerem, akkor dekódolhatom az üzenetet. Ezt nyelvi szintaxisnak nevezzük.

Engem az érdekel, hogy melyek azok a szintaktikus mechanizmusok, amelyek a kódolást-dekódolást létrehozzák. Az idegrendszerben a szintaktikus szabályok az agyritmusok segítségével jönnek létre. Minden agyi ritmus – vagy ha tetszik: oszcilláció – gátlásokon alapuló jelenség. A gátlás az idegrendszerben hasznos tevékenység, hiszen megakadályozza valaminek a továbbhaladását, olyan, mint a nyelvben

az írásjelek: a pont, a vessző vagy a kötőjel. Vagyis a gátlás kezdetet és véget tud kódolni. Ilyen módon jönnek létre az információs csomagok. Minden kódolási rendszerben az információtovábbítás feldarabolt „csomagokban” történik. Ha nincs az információhoz kijelölt kezdő- és végpont, akkor nincs honnan elkezdni a kódolást, majd a dekódolást. Gondoljuk csak el, milyen nehéz lenne ezt a riportot elolvasni, ha az egész egyetlen hosszú szó lenne. Ez pedig az egyszerű eset, mert a magyar nyelvben 40 betű variálható. Ha a kódolás 0 és 1 segítségével történik szünetek nélkül, a feladat megoldhatatlan.

– *Ezek az információcsomagok hasonlóak tehát a mondatainkhoz?*

– Szerencsésebb analógia talán a zene. Társalgás közben rendszerint egyszerre csak egy ember beszél. Ha egymás szavába vágunk egy társaságban, vagy pláne, ha egyszerre beszélünk, az információ sérül. A zenében viszont ellenkezőleg történik: minél több szólam vagy minél számosabb hangszer szólal meg, annál gazdagabb, árnyaltabb lesz az összhátás. Az idegrendszer „zenéjének” a megértéséhez a kutatók feladata az, hogy az egyes ’hangszerek’, azaz neurontípusok harmóniájának a megértésén túl a szólamok, hangszertípusok összehangolásának időbeliségét, szinkronizálását is feltárják.

– *Hogyan jön létre ez a harmónia az idegrendszerben?*

– A számtalan helyről egyszerre érkező és megannyi pontból induló információt kell időben koordinálni. Ennek a koordinálásnak egyszerű módja a szinkronizálás. Mint ahogyan a karmester elindít és leállít egy dallamívet vagy egy művet, úgy végzi el az információ határainak a kijelölését az idegrendszeri gátlás. A gátlás az agyban külön erre a feladatra szakosodott koordináló neuronok feladata. Ezek a koordináló neuronok különféle hosszúságú információcsomagokat hoznak létre, amelyek – s ezt a kutatócsoportommal nekünk sikerült kimutatnunk – egész rendszert alkotnak. E hierarchikus rendszer lényege, hogy a lassabb, hosszabb ideig tartó ritmusok fázisban modulálják a rövidebbeket. Egyszerűbben fogalmazva: a lassan haladó információkba bele lehet építeni egy gyorsabb, rövidebb információcsomagot. A rövidebbekre rá lehet építeni még gyorsabb, még rövidebb egységeket, s így tovább. Képzeld el a legrövidebbet úgy, mint egy betűt, a hosszabbakat, mint szavakat, és az egészen hosszú, azaz lassú ritmusban modulált eseményeket, mint mondatokat. A rendszer különlegessége, hogy minden agyi frekvenciát kihasznál, s ezek a frekvenciaelemek egymással koordinálva működnek.

– *A zenei példánál maradv: ez az agyi összhangzattan?*

– Igen. Ha az idegrendszerben nincsen meg az összhang, akkor az komoly problémákhoz vezet. Minden pszichiátriai betegség voltaképpen ritmuszavar. Vagy ki-kimarad a ritmus, vagy a ritmusok összehangolásában jelentkezik a gond, legyen szó akár skizofréniáról, depresszióról vagy alvászavarokról.

– *A jeltovábbítás mellett Önnek és kutatócsoportjának fontos kutatási területe még a memória vizsgálata. Miként lesz az információ átadásából az információk tartós megőrzése, vagyis emlékezet?*

– A memóriának sokféle formája létezik: van tudatos és nem tudatos emléke-

zés is. Az utóbbira jó példa, amikor megtanulunk kerékpározni. Hogy pontosan mi-ként tanuljuk meg, azt nagyon nehéz leírni, egyszer csak ráérezzük az egyensúlyra, a sebességre. De a lényeg, hogy egy idő után úgy érezzük: „öntudatlanul” haladunk, nem kell koncentrálnunk arra, miként tekerjük a pedált, hogyan tartjuk egyenesben a biciklit. Sőt, ha az ilyen mozgásra tudatosan akarunk figyelni, abból inkább baj lehet. Ilyen még a tánc. Mindaddig nem fogunk tudni jól táncolni, amíg arra kell figyelnünk, hogy el ne vétsük a tánc lépéseket. S akkor leszünk jó táncosok, ha erre már nem figyelünk oda. Az emlékezés másik csoportja az epizodikus vagy deklaratív memória. Ez tudatos emlékezést jelent, vagyis el tudjuk mondani, hogy mi az emlékezésünk tartalma. Ahhoz, hogy megtanuljunk biciklizni vagy táncolni, sok-sok gyakorlásra van szükség. Ha viszont egy epizodikus esemény történik, egy olyan egyszeri alkalom, mint például a mi mostani interjúszituációnk, akkor lehet, hogy a helyszínt, a TIT székházát, a mikrofont, az Ön kérdéseit soha nem fogom elfelejteni. Ahhoz, hogy egy jellegzetes, fontos, emlékezetes eseményt fel tudjak idézni, szükség van néhány biztos pontra: a helyszínre, az időpontra, valamint a történésekre. Ezt nevezik „mi, hol, mikor” hármas egységnek. Az epizodikus emlékezés erős emléknymokat vés az agyba – ugyanakkor meglehetősen megbízhatatlan memória. Hajlamos félrevezetni az embert, ugyanis az idő múlásával az egyszeri emléknym folyton színeződik, árnyalódik. Az esemény emlékét ugyanis elraktározzuk, de aztán fel kell idéznünk. S amikor felidéződik, akkor egy új tér- és időablakban nyitjuk meg. S ez az aktuális alkalom hozzátesz valamit az eredeti emlékhöz. Aztán ezzel a hozzáadott elemmel együtt az emléket ismét elraktározzuk, majd amikor azt ismét „elővesszük”, megint újabb elemekkel bővítjük. Ezért lehet memóriát implantálni az emberekbe, illetve az emléket újabb emléknymokkal meg is lehet változtatni, el is lehet nyomni.

De térjünk vissza az egyszeri esemény epizodikus memóriába történő első beírásának a folyamatához! Az epizodikus memóriában az a meglepő, hogy egyetlen előfordulás is elégséges lehet a megjegyzéshez. Ez azért lehetséges, mert ugyan az esemény csak egyszer fordult elő, annak fragmentumai tudat alatt alvásban több százszor, ezerszer is megisméltődnek. Három évtizeddel ezelőtt felfedeztem egy kis ’hullámocskát’, egy különleges információcsomagoló mechanizmust a hippocampusban, amelyről megállapítottuk, hogy az alvás egy bizonyos szakaszában hirtelen igen jelentős, szinkron agyi aktivitást jelez. Hosszú vizsgálatok nyomán jutottunk el a megállapításig, hogy ilyenkor kerül át sok-sok információcsomag a hippocampusból az agykéregbe – hosszú idejű tárolásra.

– *Laikusként ezt úgy értelmezhetem, hogy ilyenkor épül be az éber állapotban szerzett élmény az emlékezetbe?*

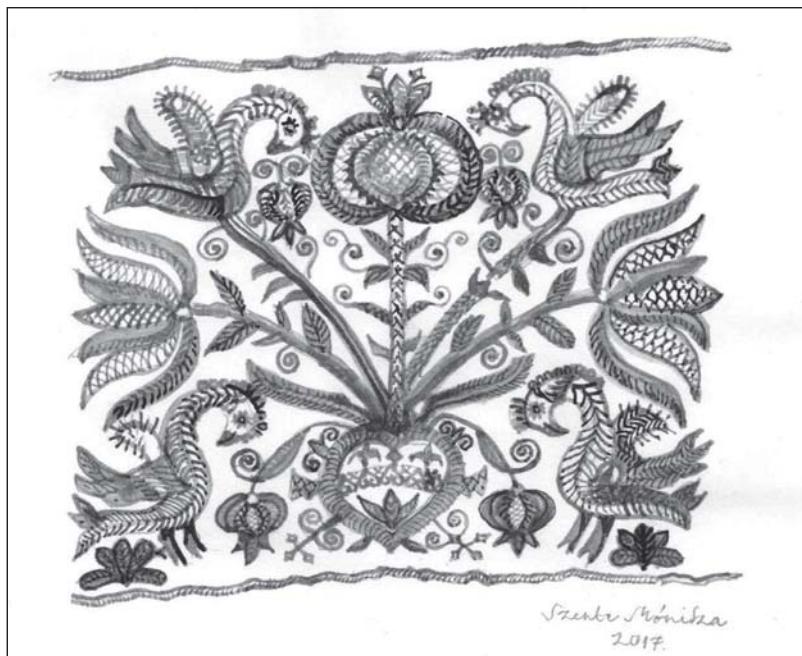
– Igen, az agysejtek együttese szívesen követik, hogy mi történik az ébrenlét alatt. Ezen együttesek, amelyek éber állapotban a valós időben történt eseményeket követik, alvásban felgyorsulva ismét lejátszódnak, bár kicsit széttöredezve. Nem teljesen elkülönülten a többi életeseménytől, hanem látszólag összevissza vegyülve a más-más időben tapasztalt emlékekkel. Ebben az emlékezés-szenakazalban bizony

nem könnyű rendet rakni! A megértéséhez kellett találnunk hát egy kulcsot. Például megtanítunk egy egeret arra, hogy bizonyos labirintusfeladatot oldjon meg, s ennek felderítése közben a sejtek aktivitását – mint egy szép szekvenciát – mérni tudjuk. Ez a szekvencia a keresendő minta, a kulcs. A labirintusfeladatot követően alvás alatt folyamatosan vizsgáljuk a sejtegyüttesek társalgásait, és keressük, hogy a labirintusban regisztrált neuronszekvenciák előfordulnak-e a hippocampusban, illetve hogy ezek a szekvenciák mikor és hogyan kerülnek a hippocampusból az agykéregbe. Alvásban ezek a szekvenciák időben komprimáltak, sűrítve újra és újra megjelennek. Egyik fontos kísérletünkben azt mutattuk ki, hogy ha ezeket az ismétlődő eseményeket alvásban 'kiradírozzuk' megfelelő kísérleti trükkökkel, másnapra az eger nem emlékszik a labirintusfeladatra. Ez a lényege a kétfázisú memóriamodellnek: alvás alatti sokszoros és felgyorsított ismételtetés.

További különlegessége ezen felgyorsított információsomagoknak, hogy a labirintusban bejárt útvonal szekvenciái alvásban nemcsak oda-, hanem visszafelé is gyakran lejátszódnak! Korábban úgy gondolta az idegtudomány, hogy az agyban az információ felvételére és tárolására, valamint a jövőre vonatkozó tervezésre különböző funkciók léteznek. Ám az elmúlt hét évben kiderült, hogy azok a struktúrák, amelyekről azt hittük, hogy csak az emlékezésért felelnek, valójában a tervezésért is felelősek. Ha egy állatnak megtanítjuk, hogy egy labirintusban bizonyos szabályok alapján jusson el A pontból C-be, a B érintésével, akkor azt látjuk, hogy mielőtt az állat elindulna, az ABC helyeket reprezentáló neuronok révén a pontok az agyban ebben a sorrendben kb. tízszeres gyorsításban „lejátszódnak”. Miután az állat sikeresen célba ért, ugyanezen neuronok ismét aktiválódnak, csak éppen visszafelé (CBA), vagyis fordított sorrendben, mintegy rekapitulálva az eseményeket. Tehát a tervezés és az emlékezés, a múlt felidézése és a jövő előrelátása sok tekintetben azonos agyi feladat. Ugyanazon mechanizmusok képesek időben előre és visszafelé is működni. A hippocampus és társai az agyban nemcsak a téri tájékozódásért, hanem az emlékezésért és előretervezésért is felelősek. A valós világban történő térbeni tájékozódáshoz hasonlóan az emlékezés és a tervezés felfogható 'mentális' vagy gondolatban történő 'navigációként'. Ha gondolatban időben visszafelé utazunk, azt emlékezetnek hívjuk, ha előre felé, akkor az a tervezésnek felel meg. Ezen érdemes elgondolkozni. A természetes szelekció egyszerűbb idegrendszerekben létrehoz egy mechanizmust, például a navigációért felelős neuronszekvenciákat. Ezek a szekvenciák a külvilági ingerek utasításai alapján állnak össze. Ez segít abban, hogy az állat eljusson egyik pontból a másikba. A fejlettebb agyakban, mint például az emberé, ezt a folyamatot az idegrendszer 'internalizálja', s a szekvenciát önmaga, a külvilág segítségével nélkül is elő tudja állítani. Ezt hívjuk önorganizációnak. Ez teszi lehetővé a mentális utazást előre és hátra. Ezen internalizált képességnek köszönhető, hogy az idegrendszer előre láthatja a jövőbeli döntések lehetséges következményeit, egyszerre képes a múlt felidézésére és a jövő előrelátására. Ez a magyarázata annak, hogy például az Alzheimer-kóros betegek nemcsak emlékezni nem képesek, tehát nemcsak felejtenek, hanem a jövőre vonatkozó tervezés képességét is elveszítik.

– Ön az Egyesült Államokban végzi a kutatásait. Miként látja, mi könnyebb és mi nehezebb ott a tudományos életben?

– Ami a nemzetközi életbe való bekapcsolódás lehetőségét jelenti, szerintem ma már nincsen különbség abban a tekintetben, hogy valaki Magyarországról vagy Amerikából akar bekapcsolódni a tudományos versenybe. Ugyanazokban a vezető folyóiratokban szeretnének publikálni a legigényesebb kutatók. A probléma az, hogy míg a meghatározó szakmai folyóiratok száma nem nőtt, addig az idegtudományban dolgozó kutatók száma a sokszorosára emelkedett. Azt mondanám, hogy a múlthoz képest a jelennek vannak negatív, de pozitív oldalai is. Úgy tűnik manapság, hogy mivel az idegtudomány megnőtt, sok a résztvevő, így a verseny erősebb. Viszont ma az információ elérési sebessége sok ezerszeresére gyorsult fel. Egy kiváló fiatal Magyarországról ma jó eséllyel mehet a világ bármelyik laboratóriumába tanulni. Az én diákkoromban hónapokat kellett várni egy-egy cikk könyvtárszolgálaton keresztüli elérésére, és csak kivételes esetben jutottunk el egy tudományos eseményre külföldön. Ha véletlenül létezett is egy fontos folyóirat például az MTA könyvtárában, azt meg kellett keresni, helyben kijegyzetelni, ábrákat készíteni. Ma az emberi tudáshalmaz 90%-a az internet segítségével pillanatok alatt elérhető. Így a felfedezés sokkal könnyebb, jóval gyorsabb, de az elvárások is ennek megfelelően emelkednek. Ez a haladás helyes módja.



Szenté Mónika: Űrasztala terítő