
Mica KOSTOVIĆ

MOGUĆI
DRUŠTVENI
UTJECAJI
NA BIOLOGIJU
MOZGA

Uvodno izlaganje
nositelja hrvatske inicijative
Tjedna mozga

Ljudski mozak slovi kao najsloženiji organski sustav u nama poznatom svemiru. Za svakoga od nas, kao individualno duhovno biće, mozak zacijelo zaslužuje i naziv „najplemenitijega“ organskog sustava – mozak je biološki organ i podloga ljudskog uma koji omogućuje svijest, osjećaj individualne osobnosti i uzvišenu spoznaju Boga.

Svakodnevno iskustvo s područja medicine jasno upućuje na tu povezanost mozga i ljudskosti: kad se poremeti normalno funkcioniranje mozga (a posebice moždane kore), čovjekov odnos s okolinom teško je narušen ili prekinut, nestaje emocionalna ravnoteža i gube se intelektualne funkcije.

Mozak je bez dvojbe ključan za interakciju sa svim ostalim organskim sustavima ljudskoga tijela (i za nadzor nad njima); no mozak je isto tako nedvojbeno ključan za interakciju osobe s okolinom i drugim osobama. To nas navodi na zanimljivo i vrlo važno pitanje: može li okolina, a poglavito društvena okolina, utjecati na mozak? Mogu li društveni čimbenici izravno utjecati na brojnost i funkcioniranje milijardi živčanih stanica i trilijune njihovih funkcionalnih kontakata (sinapsi) u našem mozgu?

Istraživanja u protekla dva desetljeća pokazala su da se neuroni, neuronski putovi i sinapse u moždanoj kori razvijaju prije rođenja (prenatalno) na temelju jasnoga genetskog programa i velikim dijelom neovisno o utjecajima iz okoline (Rakic, 1995.). Štoviše, u posljednje 2 – 3 godine otkriveni su geni koji bitno utječu na temeljnu diferencijaciju onih područja moždane kore koja su (po zasad dostupnim podacima) specifično obilježje ljudskoga mozga (npr. govorna područja mozga) (Zechner i sur., 2001.).

S druge strane, većina svih sinapsi, uspostavlja se tek nakon rođenja – primjerice, njihov broj u čeonom režnju velikoga mozga najveći je tek kad dijete navrší 3 godine (Kostović i sur., 1992.); pritom moram istaknuti da je čeoní režanj upravo ono moždano područje koje je ključno za

razvitak normalnih socijalnih interakcija (Perner i Lang, 1999.; Miller i Cohen, 2001.). Isto tako, neuroni III. sloja moždane kore, koje često nazivamo „kognitivnim“ neuronima (zbog toga što njihove uzajamne veze omogućuju asocijacijsku povezanost i međusobnu komunikaciju između različitih područja moždane kore) kontinuirano se razvijaju sve do sredine trećega desetljeća (otprilike do 26. godine) – stoga baš i ne iznenađuje da osoba punu zrelost u intelektualnom, a osobito u socijalnom i moralnom pogledu obično doseže tek kad se bliži 30. rođendan (što su, uostalom, dobro uočili već antički filozofi – tako je primjerice Platon predlagao da pravo glasa imaju muškarci tek kad navrše 30 godina). Produžena strukturna i kemijska maturacija te reorganizacija asocijativnih područja frontalnoga režnja vrlo su važne i za plastičnost mozga. Poznato je da u razdoblju intenzivne diferencijacije mozak stvara povećani broj sinapsa i dendritičkih trnova (spina) – tzv. prekomjerno stvaranje elemenata neuronskih krugova – te tako odgovara povećanim funkcionalnim zahtjevima u pojedinim životnim razdobljima (npr. rano djetinjstvo, pubertet, adolescencija). Ova razdoblja su posebno obilježena intenzivnim sazrijevanjem viših, čovjeku specifičnih kognitivnih funkcija. Stoga možemo zaključiti da prekomjerna produkcija sinapsi i reorganizacija unutar neuralnih veza koja ju prati, čini biološku osnovu produženog kognitivnog razvoja (Goldman-Rakic i sur., 1997.). Slično kasno prilagođavanje asocijativnih neuronskih krugova prefrontalnog korteksa dokazano je i u mozgu rezus majmuna tijekom pubeteta (Woo i sur., 1997.), što može biti podloga plastičnosti prefrontalnoga korteksa u tom kritičnom razdoblju razvitka.

Htio bih upozoriti na nekoliko izazovnih nalaza istraživanja, koji pokazuju da društveni čimbenici djeluju jednako učinkovito na broj sinapsa u asocijacijskim područjima moždane kore kao što i osjetilni ili osjetilno-motorički čimbenici djeluju na broj sinapsa u osjetilnim i motoričkim područjima moždane kore. Rezultati koji to potvrđuju vrlo su zanimljivi.

Nova kvantitativna istraživanja potvrdila su klasičnu hipotezu da je broj sinapsi povećan u pokusnih životinja koje se igraju i intenzivno družu u zajedničkom kavezu. Životinje koje se igraju imaju u hipokampalnoj formaciji veći broj dendrita i sinapsi, a kad je složena orijentacija u prostoru sastavni dio igre, povećava se i broj samih neurona. Međutim, stvaranje novih neurona nije prisutno u drugim dijelovima kore mozga, čak niti u pokusnih životinja. U normalnim okolnostima (kad je životinja u standardnim socijalnim uvjetima, te nema regresivnih promjena

izazvanih nekom bolešću), veličina dendrita ne može se značajno povećati uslijed vanjske stimulacije. Izgledno je da potencijal plastičnosti leži u mogućnosti reorganizacije sinaptičkih spojeva, koja je posebno povećana u razdoblju kada je povećan broj tih spojeva (Trachtenberg i sur., 2002.).

Nadalje, modernim metodama *in vivo* funkcionalne analize ljudskog mozga (funkcionalna magnetska rezonancija, fMRI) pokazane su jasne razlike u aktivnosti moždane kore djece s disleksijom prije i nakon govorne rehabilitacije.

Konačno, stresni čimbenici iz okoline, a posebice socijalni stres, mogu dramatično promijeniti strukturu mozga – to više što im je osoba dulje izložena. Poznat je slučaj veterana vijetnamskoga rata s posttraumatskim stresnim poremećajem kod kojih je magnetskom rezonancijom pokazano smanjivanje hipokampalne formacije (moždane strukture ključne za učenje i pamćenje), uzrokovane kronično povišenom koncentracijom glukokortikoidnih hormona („hormoni stresa“).

Današnja neuroznanost svakodnevno nam pruža nove primjere takvih jasnih socijalnih utjecaja na biokemijska, strukturna i funkcionalna obilježja mozga pokusnih životinja i čovjeka. Geni koji su omogućili evoluciju takvoga ljudskog mozga sa sposobnošću razvijanja simboličkih sustava i silno složenih hijerarhijskih sustava socijalnih odnosa čini se da su „nehotice“ ubrzali i obrnut proces – moćan utjecaj socijalnih čimbenika na karakteristično spor i dugotrajan razvitak ljudskoga mozga tijekom djetinjstva, adolescencije i rane odrasle dobi.

LITERATURA

- Goldman-Rakic, P. S., Bourgeois, J. P., Rakic, P. (1997.), Synaptic substrate of cognitive development. Life-span analysis of synaptogenesis in the prefrontal cortex of the nonhuman primate. In: N. A. Krasnogor, G. R. Reid, P. S. Goldman-Rakic, (Eds.) *Development of Prefrontal Cortex: Evolution, Neurobiology, and Behavior* (pp. 27-47), Baltimore, P.H. Brookes Publishin Co.
- Kostović, I., Petanjek, Z., Delalle, I., Judaš, M. (1992.), Developmental reorganization of the human association cortex during the perinatal and postnatal life. In I. Kostović, S. Knežević, G. Spillich, J. Wisniewski, (Eds.): *Neurodevelopment, Aging, and Cognition* (pp. 3-17), Boston, Birkhäuser.
- Miller, E. K., Cohen, J. D. (2001.), An integrative theory of prefrontal cortex function, *Annu Rev Neurosci*, 24: 167-202.
- Perner, J., Lang, B. (1999.), Development of theory of mind and executive control, *Trends in Cognitive Sciences*, 3(9): 337-344.
- Rakic, P. (1995.), A small step for the cell, a giant leap for mankind: a hypothesis of neocortical expansion during evolution, *Trends Neurosci*, 18(9): 383-387.
- Trachtenberg, J. T., Chen, B. E., Knott, G. W., Feng, G., Sanes, J. R., Welker, E., Svoboda, K. (2002.), Long-term in vivo imaging of experience-dependent synaptic plasticity in adult cortex, *Nature*, 420: 788-794.
- Woo, T. U., Pucak, M. L., Kye, C. H., Matus, C. V., Lewis, D. A. (1997.), Peripubertal refinement of the intrinsic and associational circuitry in monkey prefrontal cortex, *Neuroscience*, 80(4): 1149-1158.
- Zechner, U., Wilda, M., Kehrer-Sawatzki, H., Vogel, W., Fundele, R., Hameister, H. (2001.), A high density of X-linked genes for general cognitive ability: a runaway process shaping human evolution!, *Trends in Genetics*, 17(12): 697-701.