



*Nenavadno močan snežni vihar leta 1898 je prof. Hermonu Bumpusu omogočil določitev vpliva velikosti možganov na preživetje vrabece vrste *Passer domesticus*. Ob levem robu slike so prikazani prečni prerezi skozi možgane nekaterih živih bitij z različno stopnjo zvitosti možganske površine. (Od spodaj navzgor: rovka, makak, šimpanz in človek.)*

Električni možgani (2. del)

Površje Zemlje se bistveno razlikuje od površja drugih planetov. Pa ne zgolj zaradi prisotnosti drugačnih gora, pogostejših rečnih dolin in z erozijo povzročene odsotnosti očitnih kraterskih brazd v pokrajini. Površje našega planeta je zanimivejše in – vsaj za naše oči – lepše predvsem zaradi ene stvari: prisotnosti življenja. Z nekaj natančno skovanimi odstavki lahko razmeroma dobro opišemo kemično zgradbo skal, gora in drugih topografskih lastnosti nekega mrtvega planeta, medtem ko za vsaj osnoven opis travne bilke ali celo ene same bakterije potrebujemo številne knjižnice informacij. Lokalno zmanjšanje entropije, ki ga je sposobno življenje ob zadostni preskrbi z energijo, je skozi 3 milijarde let naravne selekcije destiliralo neverjetno zapletene biološke stroje. Nekatere vrste teh strojev so sposobne celo dojemanja lastne okolice, čustev in – vsaj v omejenem smislu – inteligentne misli.

Jurij Dreo

O MIŠIH IN LJUDEH

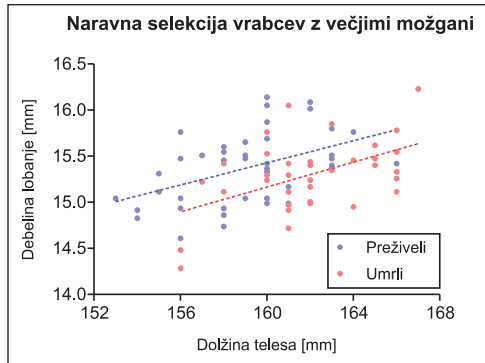
Ljudje se radi postavljamo na vrh neke namišljene evolucijske verige, ki vodi od bakterij prek rib in kuščarjev do nas, 'krone stvar-

stva'; a takšna predstava živih bitij je preživet ostanek minulih dni, ko nam globoke in sorodstvene povezave med različnimi oblikami življenja še niso bile znane. Evolucija je bolj podobna grmu kot pa drevesu in nima 'vrha', temveč le vedno bolj razvejane in zapletene vejice, ki se cepijo iz nam še skrite grmove srčike. Vsaka bakterija, ki danes obstaja sočasno z vsemi drugimi organizmi, ima enako dolgo in enako veličastno evolucijsko zgod-

vino kot ljudje in sinji kiti, zahodne gorile, tulipani ter morske zvezde. Nekatera izmed teh bitij pa so zapolnila ekološke niše, ki od njih zahtevajo več hitrega prilagajanja, domislivosti in inovativnosti, kot jim ga omogoča naključno prilagajanje genov v prihodnjih generacijah. Te vrste morajo biti sposobne dojemati svet okoli sebe, razumeti temeljne povezave med dejavniki, ki vplivajo nanje, biti sposobne komunikacije ter socialnega vedenja in morda celo uporabljati orodja. Ena izmed teh vrst so – vrabci.

Leta 1898, torej kakih 40 let po objavi Darwinovega življenjskega dela *O izvoru vrst z naravnim izborom* (ŽIT 2009/1, str. 21; ŽIT 2009/3, str. 26), se je prof. Hermon Bumpus vračal z dela. Tistega dne zjutraj je okolico Univerze Brown v ameriški zvezni državi Rhode Island, kjer je bil zaposlen, prizadel še posebno hud zimski snežni vihar. Bumpus je tako ob cesti našel 136 vrabcev, ki so zmrzovali v snegu, in jih odnesel domov. Približno polovica pobranih ptic je preživela, ostale pa so poginile že prej ali kmalu po tem, ko jih je prinesel v svoj laboratorij [1, 2]. Bumpus je vrabcem izmeril številne telesne lastnosti, kot so dolžina in masa telesa, dolžina kril in nog, debelina lobanje itd. Upal je, da bo s takšnimi merjenji lahko potrdil, da obstajajo jasne in neizpodbitne fizične razlike med poginulimi in preživelimi vrabci, kar bi bil močan dokaz v prid Darwinovi teoriji evolucije z naravnim izborom in prvi dokumentiran primer, kako narava sama 'izloči' manj prilagojene primerke'. Njegova upanja so bila uslišana, saj je resda našel statistično pomembne razlike med preživelimi in poginulimi vrabci: slednji so bili v povprečju sicer daljši in težji, a so imeli tudi krajše kosti kril, krajše noge in *manjše možgane*.

Kaj je glavni vzrok, da so vrabci z večjimi možgani imeli v povprečju večjo možnost za preživetje v snežnem viharju, je seveda zelo dobro vprašanje, ki pa v okvirih tega odkritja nima jasnega in nešpekulativnega odgovora. Morda so bili vrabci z večjimi možgani socialno dominantnejši, zaradi česar so imeli prednost pri nabiranju hrane ali iskanju zavetja, kar jih je potem naredilo odpornejše na stres snežnega viharja. A Bumpus prej seveda ni popisal vedenja teh vrabcev, zato lahko



Bumpus vrabcem ni neposredno izmeril velikosti možganov, ampak je določil debelino njihove lobanje, ki v primeru majhnih ptic zelo dobro in pozitivno sovпада z velikostjo možganov. Če zgolj primerjamo povprečno debelino lobanje preživelih in poginulih vrabcev, potem dobljena razlika ni niti velika niti statistično pomembna. To je razumljivo, saj je Bumpus ugotovil, da so preživeli vrabci povprečno lažji in manjši od poginulih, organizmi z manjšim trupom pa imajo tudi manjše možgane. Pravo vprašanje se torej glasi, ali imajo preživeli vrabci kaj večje možgane od enako velikih poginulih primerkov. Odgovor nam podata regresijski črti (rdeča in modra prekinjena), ki tečeta skozi vsako izmed omenjenih populacij in kažeta, kakšna je povprečna debelina lobanje v tej skupini pri neki dolžini telesa. Črta za preživele vrabce je vedno nad črto za poginule, kar kaže, da imajo preživeli vrabci (ne glede na velikost njihovega telesa) debelejšo lobanje in zato tudi večje možgane od poginulih vrabcev.

o specifičnih prednostih večjih možganov v tem primeru le špekuliramo. Jasno je, da so tem vrabcem večji možgani v korist pri preživetju, malce manj pa je jasno, *zakaj* je tako. Vsekakor splošna domneva, da vrabcem večji možgani omogočajo boljše upravljanje z okoljem, ni daleč od resnice.

MOŽGANI V ŠTEVILKAH

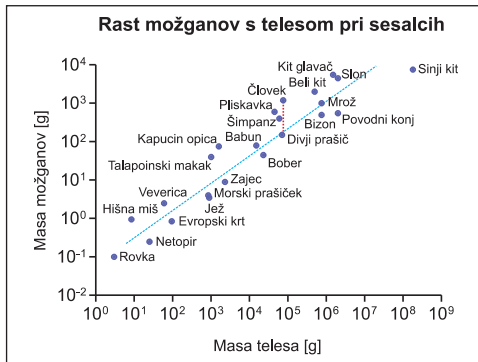
Naivno bi bilo misliti, da je velikost možganov edini ali celo najpomembnejši dejavnik, ki določa njihovo vrednost. Dokazi za zgrešenost take ideje so sicer povsod v naravnem svetu, a jih ideologi evgeničnih gibanj, ki so na začetku 20. stol. zlorabili in popačili Darwinovo teorijo evolucije, niso upoštevali ali pa morda niso želeli upoštevati. Merjenje

obsega lobanje je bilo še zlasti priljubljeno v nacistični Nemčiji, kjer so ga uporabljali kot dokaz inteligence in večvrednosti izmišljene arijske rase. Zanimivo je, da se razširjevalci takega merjenja niso nikoli vprašali, zakaj pripadnice človeške vrste niso nič manj inteligentne od moških, čeprav imajo povprečno 15 % manjšo prostornino možganov. Tudi možgani sinjega kita tehtajo 6–8 kg, kar je običutno več od človeških, ki so petkrat lažji (1,2 kg), pa to še ne pomeni, da so kiti petkrat pametnejši od nas. Zgradba njihovih možganov je namreč običutno enostavnejša, poleg tega pa imajo tudi velikansko telo, ki zahteva večje možgane za učinkovit nadzor. Razmerje med maso možganov in maso telesa je pri ljudeh okrog 2/100 (oz. 2 %), pri sinjih kitih pa le 0,01 %. Iz napisanega bi morebiti lahko sklepali, da je to razmerje tisti odločujoči dejavnik, a nas spet hitro razočara dejstvo, da pri številnih vrstah miši možgani predstavljajo kar 10 % celotne telesne mase. Dejstvo je, da možgani (in tudi drugi deli telesa) ne rastejo izometrično s skupno maso, ampak alometrično. Za večino vrst živih bitij, tudi za sesalce, lahko izračunamo, da sta masa možganov in masa telesa v grobem povezana takole:

$$m_{\text{možgani}} \propto m_{\text{teleso}}^{2/3}.$$

Ta odvisnost pomeni, da ob npr. 2-kratnemu povečanju mase telesa masa možganov ne postane 2-krat večja, ampak le pribl. 1,6-krat večja. V luči te enačbe je torej povsem razumljivo, da imajo miši večje razmerje med maso možganov in telesa kot ljudje, ti pa večje razmerje kot kiti. V grobih primerjavah gole velikosti možganov ter tudi razmerja med maso možganov in telesa torej ne bomo našli dobre razlage za našo visoko inteligenco. A kljub temu so biologi opazili, da ljudje v bolj podrobnih primerjavah bistveno odstopamo od 'živalskega' povprečja.

Poleg razlik v opisanih morfoloških in anatomskega merah pa je vsekakor jasno, da ležijo globlji razlogi za uspehe naših možganov v podrobnostih povezovanja med nevroni, tj. celicami, ki tvorijo funkcionalno strukturo možganov in smo jih omenili v prvem delu tega članka (ŽIT 2010/5, str. 12). Človeški možgani vsebujejo pribl. 100 milijard neuro-

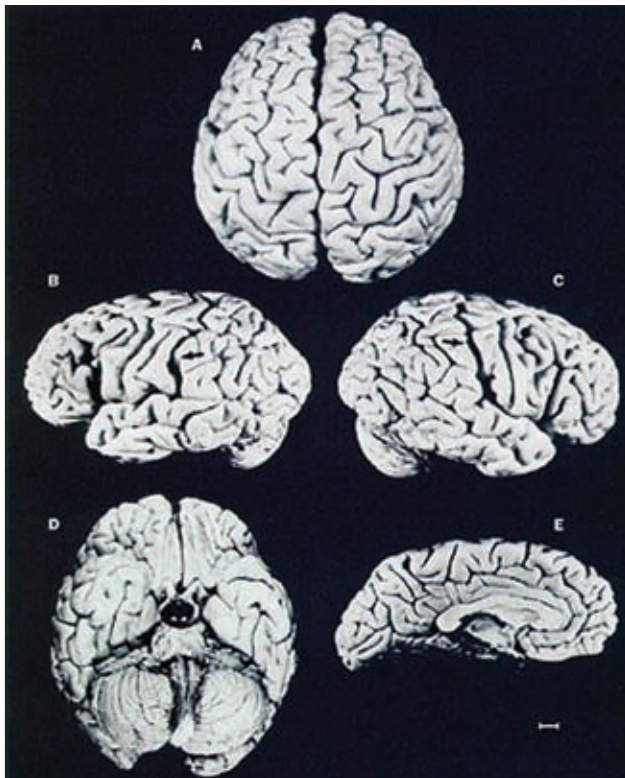


Če na istem grafu narišemo nekatere sesalce glede na njihovo telesno (os X) in možgansko maso (os Y) ter dodatno potegnemo regresijsko črto (modra prekinjena), ki upošteva veliko število vrst (v tem primeru 213 vrst, posebej označenih pa je samo nekaj zanimivejših), lahko vidimo, da določene vrste po velikosti možganov bistveno odstopajo od 'povprečne' mase možganov, kot bi jim jo prisodili glede na regresijsko črto pri neki masi telesa. Netopirji, krti, ježi in npr. morski prašički imajo manjše možgane, kot bi pričakovali glede na njihovo telesno maso; veverice, hišne miši, delfini, šimpanzi in ljudje pa imamo večje.

Če izračunamo relativno oddaljenost ljudi od regresijske črte (absolutna razdalja je na grafu označena z rdečo črto), ugotovimo, da so naši možgani 4- do 5-krat večji, kot bi pričakovali za sesalca naše teže. Ljudje imamo med sesalci in tudi med vsemi drugimi živimi bitiji največje odstopanje med dejansko in pričakovano maso možganov za našo telesno velikost. (Prirejeno po [3].)

nov (100 × 10⁹), kar je približno toliko, kolikor je zvezd v naši galaksiji. Poleg tega vsak izmed nevronov v povprečju tvori okoli 7000 povezav z drugimi nevroni. Po nekaterih ocenah imajo možgani odraslega človeka od 100 do 500 bilijonov (100~500 × 10¹²) edinstvenih povezav med nevroni, kar je približno toliko, kolikor je zrnc peska na 10 km dolgem, 30 m širokem in 1 m globokem peščenem obrežju. Število vseh možnih povezav, ki bi se potencialno lahko tvorile med različnimi nevroni, pa zlahka preseže število atomov v vesolju. Ko primerjamo različne vrste živih bitij, še lahko razpoznamo nekatere jasne anatomske značilnosti, ki nam pomagajo razumeti razlike med umskimi sposobnostmi teh živali. Med možgani človeškega genija in možgani nekoga z resno duševno zaostalostjo pa ni mogoče najti nobenih jasnih, preprostih

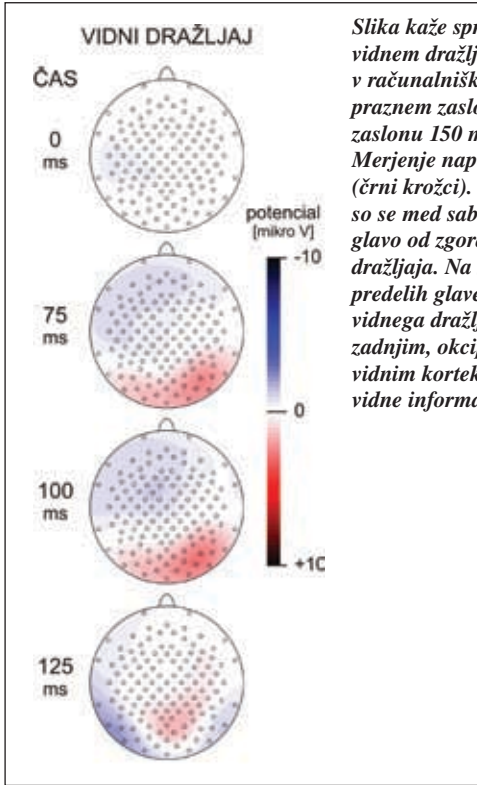
oz. enoznačnih strukturnih razlik (razen seveda, če je prisotna kakšna travmatična ali bolezenska poškodba možganov). Možgani velikih mislecev niso v povprečju nič večji, težji ali bolj 'zaviti', nimajo več bele ali sive snovi in tudi v klasičnem mikroskopskem (histološkem) pregledu ne odstopajo zanesljivo od možganov bolj tipičnih ljudi. To je tudi deloma razumljivo, saj možgani niso jetra; funkcija možganov se ne zanaša zgolj na homogeno delovanje posameznih tkivnih segmentov in celic, ampak predvsem na neverjetno zapleteno in dinamično povezovanje med nevronskimi celicami. Te delikatne in spreminjajoče se povezave pa so nekaj, ker še zdaleč nismo sposobni kvantificirati celo v grobem, kaj šele, da bi lahko ustvarili 'zemljevid' teh internevronskih povezav za nekega posameznika. Grob izračun pokaže, da bi hipotetičen zemljevid povezav, ki bi za vsakega izmed nevronov specificiral le podatek, s katerimi drugimi nevroni slednji sklepa enosmerne sinaptične povezave, obsegal približno $7000 \times 100 \times 10^9 \times 37$ bitov $\approx 3.200.000$ gigabajtov informacij. Če bi za namene shranjevanja teh podatkov uporabili 5 cm debele 1000-GB trde diske, bi iz njih lahko sestavili 160 m visok stolp, ki pa bi še vedno vseboval le najbolj osnoven načrt povezanosti živčnih celic, torej brez podatkov o moči, tipu, spreminjanju ter drugih pomembnih fizikalnih lastnostih povezav (dolžini, geometriji itd.). Če upoštevamo še močne vplive nenehno spreminjajočega se izražanja na tisoče različnih genov v prav vsaki izmed stotine milijard nevronskih celic, začnemo razumeti osupljivo zapletenost možganov ter prepad, ki nas še loči od vsaj grobega poznavanja delovanja tega organa.



Einsteinovi možgani, kot jih je slikal dr. Thomas Stoltz Harvey, ki je opravil obdukcijo slavnega fizika. Ta patolog je sicer zapisal, da so imeli Einsteinovi možgani nekatere povečane predele in druge 'nenavadne značilnosti', a takšne subjektivne presoje na le enem vzorcu je treba vselej previdno interpretirati. Ljudje smo močno podvrženi potrditveni pristranskosti in radi poudarjamo le tiste informacije, ki ustrezajo našim vnaprejšnjim predsodkom in predstavam, po drugi strani pa zanemarimo podatke, ki našim pogledom nasprotujejo. Poznejšim podrobnejšim anatomskim in histološkim raziskavam možganov genijev ni uspelo odkriti konsistentnih in pomembnih indikatorjev, ki bi te možgane dvignili nad naključno variabilnost človeške anatomije.

EVOCIRANI POTENCIALI IN DETEKTORJI »LAŽI«

Kot je bilo omenjeno že v prvem delu tega članka, so možgani elektrokemični organ, katerega delovanje proizvajata šibka magnetna in električna polja. Ta polja nastanejo zaradi izredno majhnih električnih tokov, ki v možganskem tkivu tečejo ob prevajanju impulzov po živčnih vlaknih ter še zlasti ob koncu posrednega kemičnega prenosa signalov čez stik med sosednjima nevronoma – sinapso. Ko se molekule živčnih prenašalcev (nevrotransmi-

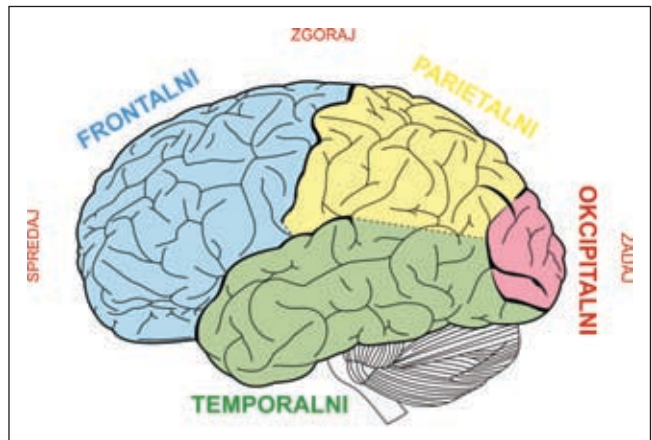


Slika kaže spreminjanje napetosti na površini glave pri enostavnem vidnem dražljaju, ki aktivira avtorjev vidni korteks. Avtor je gledal v računalniški zaslon ob hkratnem snemanju EEG. Na sicer praznem zaslonu se je vsake 4 s pojavila črka X, ki je vztrajala na zaslonu 150 ms in nato izginila. Vsak tak prikaz črke X je en set. Merjenje napetosti na površini glave je potekala na 128 mestih (črni krožci). EEG-posnetki 100 identičnih in 4 s trajajočih setov so se med sabo povprečili. Zgornje slike so shematski pogled na glavo od zgoraj navzdol v različnih časovnih trenutkih po začetku dražljaja. Na slikah so razvidni električni potenciali na različnih predelih glave, ki jih je ustvarjalo delovanje možganov ob obdelavi vidnega dražljaja (črke). Najmočnejša aktivnost je razvidna nad zadnjim, okcipitalnim predelom glave, ki je tudi neposredno nad vidnim korteksom, tj. predelom možganov, ki sprejema in procesira vidne informacije.

informacije med živci, se širijo tudi v makroskopsko okolico celic – do nekaj desetink milimetra. Če pa večje število nevronov deluje sinhrono v električnem smislu, se njihova posamezna električna polja seštejejo, močno okrepijo ter kljub nizki električni prevodnosti lobanje dosežejo površje glave.

Če možgane 'zaposlimo' z neko ponavljajočo se nalogo ali dražljajem, s tem dosežemo, da vsaka ponovitev (ali set) te naloge izzove dokaj primerljivo aktivnost v možganih. Večje število posnetkov električne aktivnosti možganov pri posameznih setih naloge nato lahko povprečimo in tako izločimo vse električne signale, ki niso časovno vezani na izvajanje omenjene naloge ali na začetek dražljaja.

terjev – NT) vežejo na receptorje na površini sosednjega nevrona, to povzroči občutno spremembo napetostne razlike med zunanostjo in notranostjo nevrona, ki je v mirovanju okrog -70 mV (notranost glede na zunanost celice). Vezava NT to napetostno razliko spremeni za nekaj 10 mV, smer spremembe pa je odvisna od tipa in količine NT, ki se sprosti v sinaptično špranjo med nevronoma. Ekscitatorni NT mirovno napetost membrane povečajo oz. *depolarizirajo* (približajo 0 mV), inhibitorni NT pa to napetost še dodatno zmanjšajo oz. *hiperpolarizirajo*. Samo če napetost na membrani sprejemnega nevrona naraste nad okrog -50 mV, se v aksonu tega nevrona sproži akcijski potencial, ki informacijo nosi naprej do naslednjega nevrona. Električna polja, ki nastajajo ob prenosu



Shematski prikaz osnovnih možganskih režnjev na levi možganski polobli (pogled z leve)

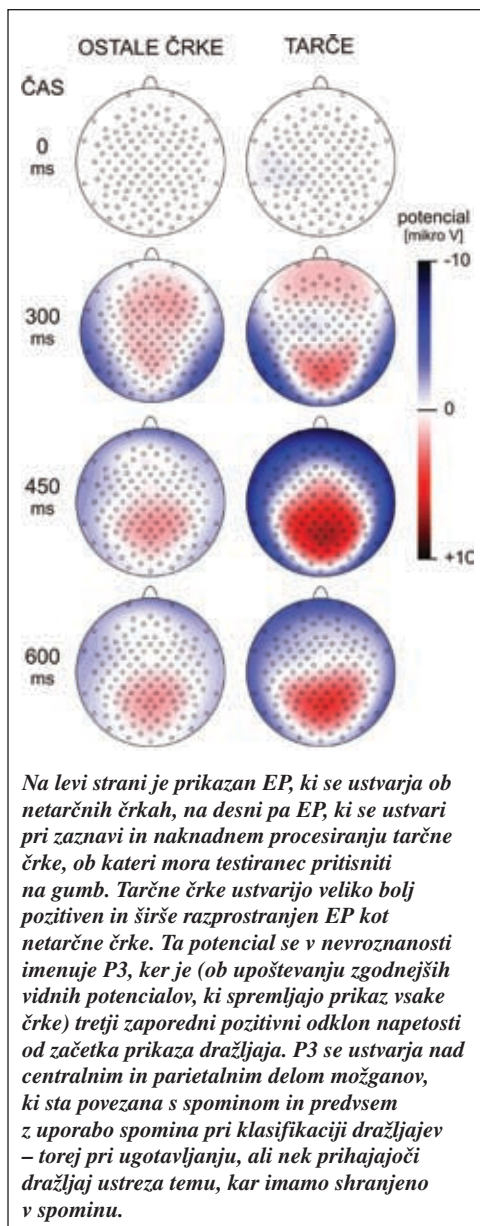
Elektroencefalogram (EEG) je zapis časovnih sprememb napetosti na površini glave, ki odražajo električno aktivnost možganov znotraj lobanje. Možgani kot odgovor na vidni dražljaj ustvarjajo sprva pozitiven električni potencial, ki je razprostranjen nad okcipitalnim predelom možganov. Ta pozitivni potencial se začne okoli 60 ms po začetku vidne simulacije – in toliko časa tudi traja, da se po vidnem živcu prenese vidna informacija iz oči v možgane ter da se izvedejo prve osnovne obdelave sprejetih informacij. Takšne na specifičen dogodek vezane spremembe električne napetosti nad možgani imenujemo *evocirani potenciali* (EP), nastajajo pa kot posledica električne aktivnosti možganov pri procesiranju informacij.

EP pa izzovejo tudi bolj zapletene umske dejavnosti, kot je npr. razločevanje med 'tarčnimi' in 'netarčnimi' dražljaji. Če si predstavljamo, da hodimo po gozdu in nabiramo jagode, naši možgani ob tem sprehodu aktivno procesirajo številne nepomembne (netarčne) vidne informacije, ki jim jih neprestano in neselektivno pošiljajo oči (zeleni listi, rjava debela, črna zemlja ...). Ko pa se nam pogled naključno ustavi na iskani rdeči jagodi, morajo možgani prepoznati ta tarčni dražljaj in kot odziv nanj sprožiti primerno sekvenco dogodkov, ki bodo, upajmo, pomagali jagodi v našo košaro. Možgani torej na tarčni dražljaj 'jagod' ustvarjajo drugačen EP kot na vse druge netarčne dražljaje, saj slednje tudi drugače ovrednotijo.

Ker je snemanje EEG med sprehajanjem po gozdu povezano z določenimi logističnimi težavami, je za raziskovalne namene bolj praktično ustvariti delno umetne, a tudi preprostejše dražljaje, med katerimi morajo možgani testiranca potem razločevati. Najpreprostejša naloga razločevanja med dražljaji od testiranca zahteva, da opazuje prikazovanje različnih črk na računalniškem zaslonu in pritisne določen gumb samo v primerih, ko vidi tarčno črko (npr. črko X). Možgani morajo pri tej nalogi aktivno spremljati različne dražljaje in biti sposobni razločiti tarčne od netarčnih, kar se seveda odraža v drugačnih EP.

Zanimiva aplikacija prej opisanega evociranega potenciala P3 leži v testiranju, ali neka oseba skriva oz. želi prikriti, da ima znanje

o npr. določenih dogodkih, krajih ali osebah. Zamislimo si, da nekdo izmakne strogo zaupne dokumente in jih prebere. Z gotovostjo prepričati se, ali je dejansko seznanjen z vsebino teh dokumentov, je zelo težko, saj osumljena oseba lahko mirno zanika poznavanje informacij v prebranih dokumentih. Če pa ji na računalniškem zaslonu prikazujemo besede in besedne zveze, ki so ključnega pomena



Na levi strani je prikazan EP, ki se ustvarja ob netarčnih črkah, na desni pa EP, ki se ustvari pri zaznavi in naknadnem procesiranju tarčne črke, ob kateri mora testiranec pritisniti na gumb. Tarčne črke ustvarijo veliko bolj pozitiven in širše razprostranjen EP kot netarčne črke. Ta potencial se v nevroznanosti imenuje P3, ker je (ob upoštevanju zgodnejših vidnih potencialov, ki spremljajo prikaz vsake črke) tretji zaporedni pozitivni odklon napetosti od začetka prikaza dražljaja. P3 se ustvarja nad centralnim in parietalnim delom možganov, ki sta povezana s spominom in predvsem z uporabo spomina pri klasifikaciji dražljajev – torej pri ugotavljanju, ali nek prihajajoči dražljaj ustreza temu, kar imamo shranjeno v spominu.

in poleg tega precej značilne za ta dokument (npr. ime avtorja, kraji in besedne zveze, ki nastopajo v dokumentu), bodo možgani te osebe na te 'tarčne' dražljaje ustvarjali večji (bolj pozitiven) evociran potencial P3 kot na druge bolj vsakdanje besedne zveze, ki v dokumentu ne nastopajo. Za osebo, ki je dokument nedavno prebrala in njegovo vsebino vsaj delno zakodirala v spomin, značilne besedne zveze iz tega dokumenta pomenijo neko obliko 'tarčnih' dražljajev, ki izzovejo povsem drugačen P3 kot preostali nepomembni dražljaji. Če osumljena oseba dokumenta v resnici ni prebrala, bodo 'kontrolne besede' ustvarile v povprečju povsem enak P3 kot 'testne besede', ki nastopajo v dokumentu, ki ga ta oseba ni nikoli videla [4]. Podobno testiranje je mogoče uporabiti za preverjanje, ali je nek osumljenec videl zločin oz. je bil prisoten na kraju dogodka. Če mu pokažemo sekvenco slik prizorišča zločina, ki ga je poprej že videl in si ga zapomnil, bodo te slike v povprečju ustvarile večji P3 kot kontrolne slike krajev, ki jih še nikoli ni videl in zanj niso pomembni.

Ustvarjanje EP s strani možganov je za opisane namene uporabno zlasti zato, ker gre za popolnoma nezavedno (avtomatično) procesiranje, ki ni pod nadzorom naše svobodne volje. Številne raziskave so pokazale, da ne glede na miselni napor in željo po 'skrivanju' informacij ljudje nismo sposobni zmanjšati ustvarjenih EP na tarčne dražljaje. Metoda ima seveda nekatere omejitve. Predvsem bi jo bilo mogoče uporabljati samo na tistih subjektih, ki bi to prostovoljno želeli, saj zahteva določeno kooperativnost ob snemanju EEG. Zanesljivost opisanega določanja, ali nekdo 'prikriva' informacije, je trenutno nekje med 90 in 99 %, kar je veliko boljše od klasičnih poligrafskih detektorjev laži (ŽIT 1996/11, str. 19), katerih nizka zanesljivost (60–70 %) je bolj posledica tega, kako dobro zna zasliševalec prestrašiti in bolj prozaično 'prebrati' testirano osebo, kot pa dejanskih tehničnih zmogljivosti poligrafa [5].

V zadnjih dveh stoletjih smo ljudje z vztrajnim in nenehnim drezanjem v globine skrivnosti možganov predrli marsikateri balon naše namišljene pomembnosti, ki smo jo zgradili na ramenih metafizike. Nekega

prijetnega večera na začetku 20. stol. so za mizo sedeli številni intelektualci, med njimi tudi ameriški fizik Robert W. Wood. Ob zaključku večerje je družčina nazdravila 'na fiziko in metafiziko'. Ko so Wooda vprašali, zakaj samo on ni nazdravil, je takole odgovoril:

»Fizik dobi idejo. Bolj ko razmišlja o njej, bolj pametna se mu zdi. Posvetuje se s kolegi in z znanstveno literaturo. Več ko bere, več obljub daje njegova ideja. Tako pripravljen gre v laboratorij in zasnuje eksperiment, s katerim želi testirati svojo idejo. Eksperiment je mučen. Številne potankosti je treba razrešiti in preveriti, a navsezadnje fizik izboljša natančnost meritev, zmanjša velikost merskih napak ter pusti, da poskus govori sam zase. Na koncu tega mučnega dela ugotovi, da je njegova ideja brez vsake vrednosti. Fizik jo zato zavrže, otrese svoj um navlake te napake in išče druge, boljše ideje. Razlika med fizikom in metafizikom,« je nadaljeval Wood z dvignjenim kozarcem v roki, »ni v tem, da so praktikanti ene od teh ved pametnejši od onih drugih. Razlika je samo v tem, da metafizik nima laboratorija.«

Viri:

1. Bumpus, H. C., The elimination of the unfit as illustrated by the introduced sparrow, *Passer domesticus*. Woods Hole, MA: Biological lectures, Marine Biological Laboratory, str. 209–226, 1899.
2. Georg F. S., Principles of brain evolution, Sinauer Associates, 2005.
3. Van Dongen, B. A. M. 1998. Brain size in vertebrates V: Nieuwenhuys R. urednik, The central nervous system of vertebrates. Berlin: Springer, str. 2099–2134.
4. Farwell L. A., Smith S. S., Using brain MERMER testing to detect knowledge despite efforts to conceal. J Forensic Sci. 2001 Jan; 46 (1): 135–43.
5. The Polygraph and Lie Detection, Committee to Review the Scientific Evidence on the Polygraph, National Research Council, THE NATIONAL ACADEMIES PRESS Washington, D. C. 2003.

http://www.brown.edu/Administration/News_Bureau/Databases/Encyclopedia/search.php?serial=B0700
faculty.washington.edu/chudler/facts.html
www.smithsonianmag.com/science-nature/lie.html
www.fas.org/sgp/othersgov/polygraph/ota/index.html