

MÓDSZEREK



Az affektív idegtudomány fejlődésével párhuzamosan zajlott a módszertani fejlődés is. Tekintettel arra, hogy az érzelmeket összetett jelenségként definiáljuk, amely magába foglal fiziológiai, viselkedésbeli, szubjektív és kognitív összetevőket egyaránt, a mérési módszerek is igazodtak ehhez a sokszínűséghez. Ebben a fejezetben áttekintjük az affektív idegtudományban alkalmazott módszereket. Elsőként az affektív válaszok mérésének sajátosságait ismertetjük. Ezután sorra vesszük az objektív, biológiai alapú módszereket két csoportját: a központi idegrendszeri és a perifériás eljárásokat, majd külön fejezetben foglalkozunk a szubjektív módszerekkel.

Jelentős előrelépések történtek a molekuláris genetika terén is. A DNS-chipek segítségével végezhető, egyszerre akár több tízezer génre kiterjedő összehasonlító gé-nexpressziós vizsgálatok teljesen új távlatokat nyitottak abba az irányba, hogy meg-értsük a társas-érzelmi események, a gének és az agy érzelmi rendszereinek működése közti összefüggéseket.

3.1 AZ ÉRZELMI VÁLASZOK MÉRÉSÉRŐL ÁLTALÁBAN

Induljunk ki abból, hogy egy adott inger kognitív értékelést követően *érzelmi választ* vált ki. Ahhoz, hogy az érzelmi válaszokat mérjük, tisztáznunk kell, mit tekintünk érzelmi válasznak? Négy fő érzelmi rendszert különböztetünk meg a válasz jellege és a választ létrehozó rendszer szempontjából: (1) az önbeszámolón alapuló válaszokat, (2) az autonóm idegrendszerhez kötött válaszokat, (3) a központi idegrendszerhez kötött válaszokat és (4) a viselkedésben megmutatkozó válaszokat (Mauss és Robinson, 2009) **(4. táblázat)**.

Az önbeszámolókat valószínűleg megbízhatóan tükrözik az egyén aktuálisan átélt érzelmi állapotát, de előfordulhat, hogy valaki nem fér hozzá az érzelmvilágához vagy nehezen tudja kifejezni, mit érez. Az érzések szubjektív megragadására gyakran alkalmazzák a dimenzionális megközelítést. Ugyancsak a dimenzionális megközelítés kedvez az autonóm idegrendszeri érzelmi válaszok mérésének, ugyanis a diszkrét

4. táblázat. Az érzelmi válaszokat létrehozó rendszerek, mérőmódszerek és érzékenységük összehasonlítása

(Mauss és Robinson, 2009 nyomán)

Melyik válaszrendszer hozza létre?	Mérőmódszer	Az érzelem melyik összetevőjére érzékeny?
Szubjektív élmény	Önbeszámoló	Valencia és arousal
Perifériás fiziológiai	Autonóm idegrendszerhez kötött mérőmódszerek	Valencia és arousal
Megrezzenés reflex (startle)	A megrezzenés reflex magnitúdója	Valencia, különösen magas arousal szint mellett
Központi fiziológiai	EEG	Megközelítés és elkerülés
	FMRI, PET	Megközelítés és elkerülés
Viselkedés	Vokális jellemzők: amplitúdó, hangmagasság	Arousal
	Arckifejezés: megfigyelő által	Valencia, néhány esetben érzelmre specifikus
	Arckifejezés: elektromiográfiával (EMG)	Valencia
	Teljes test: testtartás megfigyelése	Néhány esetben érzelmre specifikus

érzelmekhez tartozó autonóm válaszmintázatokat nem sikerült egyértelműen azonosítani. Számos ellentmondásos eredmény született e téren. A megrezzenés reflex általában a valencia dimenzió kapcsán kerül elő. Különösen a magas arousal értékkel bíró negatív ingerekre mutat erősebb érzelmi választ, a magas intenzitású pozitív ingerekre kevésbé. Diszkrét érzelmi kategóriák mérésénél nem használják. Az EEG-kísérletek és a képalkotó eljárásokkal végzett korai kutatások eredményei a megközelítéssel kapcsolatos érzéseket a bal féltekéhez kötik, míg az elkerüléssel kapcsolatos érzelmeket a jobb féltekéhez, bár a lateralizációs hatás egyértelmű kimutatásához további kutatásokra van szükség. A modern szemlélet inkább azokat a módszereket és eljárásokat részesíti előnyben, amelyekkel az agyi területek közti kapcsolatokat, azaz a komplex érzelmi válasz kialakításáért felelős hálózat működését lehet feltárni. A viselkedéses válaszok szintjén a vokális jelzések mérése inkább az arousal szintről nyújt információt: minél magasabb az érzelmi élmény intenzitása, annál nagyobb a hangmagasság és az amplitúdó. Az érzelmi válasz arckifejezésekben történő megjelenését számos faktor befolyásolja (például nem, kultúra, kifejezőkészség, jelen van-

nak-e mások). Az átélt érzés nem feltétlenül mutatkozik meg az arcon. A testtartás mint érzelmi válasz vizsgálata kissé elhanyagolt terület. A büszkeséget általában nyitott tartás kíséri, míg a zavarban lévő egyén testtartása zárt. Mindenesetre itt inkább a diszkrét érzelmi megközelítés jellemző.

A mérési módszerek egy további lehetséges csoportosítási szempontja megkülönbözteti az *objektív és szubjektív módszereket* (Gardhouse és Anderson, 2013). Az objektivitás alapvető elvárás nemcsak az affektív idegtudományban, hanem a tudományban általánosságban véve is. Az objektivitás teszi lehetővé a precíz mérést és elemzést, valamint a megismételhetőséget. A megismételhetőség azt jelenti, hogy a különböző kutatóhelyeken dolgozó szakemberek ugyanazon kísérleti elrendezés alkalmazása mellett ugyanolyan eredményekre jutnak.

Az objektív módszerek lényege az, hogy véges számú mérési egységet rögzítünk például a viselkedésre vonatkozóan (például megközelítés, elkerülés), a motoros aktivitást tekintve (például arckifejezés), a fiziológiai folyamatokat illetően (például elektrodermális aktivitás) és az idegrendszeri történések szintjén (például elektromos áram, a vér oxigén ellátása). Az objektív módszerek kitágítják a látóterünket, és lehetőséget adnak egy-egy affektív állapot azonosítására vagy előrejelzésére.

Az érzelmekutatásban az objektív módszereket szubjektív élmények tanulmányozására használjuk. Ez bizonyos szempontból kihívást jelent, más szempontból azonban indokoltá teszi a szubjektív és objektív módszerek egyidejű alkalmazását. A szubjektív válaszok mérhetővé tétele, mennyiségekben történő kifejezése nem egyszerű, hiszen az emberek általában minőségileg eltérően reagálnak egy-egy helyzetre, eltérő mértékben férnek hozzá a szubjektív élményvilágukhoz és eltérő csatornákat használhatnak az élmény kommunikálása során (például verbálisan, nem-verbális). A kutatónak gyakran az a feladata, hogy interpretálja vagy kategorizálja ezeket a szubjektív érzelmi válaszokat. A szubjektív érzelmi élmény megragadására szolgál az önbeszámoló, az érzelmi szavak és kifejezések elemzése, az érzések leírása, a naplózás. Rögzíthetjük, hogyan érzi magát az egyén a kísérleti helyzet előtt, alatt és után, összevethetjük a kísérleti csoport eredményeit standard értékekkel vagy a kontroll csoport eredményeivel, vizsgálhatjuk a szubjektív eredmények korrelációjának mértékét objektív eredményekkel, és figyelhetjük az érzelmi élményben bekövetkező változásokat egy adott idői intervallumban.

3.2 OBJEKTÍV, BIOLÓGIAI ALAPÚ MÓDSZEREKI

Az érzelmekkel kapcsolatos fiziológiai változások mérésére több lehetőség nyílik, legyen szó akár a vegetatív reakciókról, az aktivációs szint (arousal) módosulásáról vagy az agyi elektromos folyamatokról. Az eljárásokat többféleképpen csoportosíthatjuk. A centrális vizsgálóeljárások a központi idegrendszeri működést tárják fel. Ide tartoz-

nak a képalkotó eljárások (CT, SPECT, PET, (f)MRI), az ingerléses módszerek (TMS), az elektrofiziológiai módszerek (EEG, MEG) és a klasszikusnak számító lézióelemzés is. A perifériás módszerek a környéki idegrendszer (szomatikus és autonóm/vegetatív) szempontjából fontos jelenségek rögzítését teszik lehetővé. Ezen pszichofiziológiai módszerek segítségével adatgyűjtést végezhetünk bőr - (EDA), a szív - (EKG), az emésztőkészülék - (EGG), a tüdő - (spirometria), az izmok - (EMG), a szemek - (EOG, eye-tracking), és a pupilla (pupillometria) működéséről.

Egy további lehetséges csoportosítási szempont az, hogy az adott technika invazív-e vagy sem (5. táblázat). A non-invazív eljárások között említhetjük a szabad szemmel is látható változások megfigyelését (például izzadás, bőrpír), az elektroencefalográfia (EEG) és az eseményfüggő potenciálok (ERP) rögzítését, az elektrodermális aktivitást (EDA), az elektromiográfiát (EMG), az elektrokardiográfiát (EKG), a pulzusfrekvencia-, a vérnyomás- és a légzésfrekvencia vizsgálatát, valamint a különböző képalkotó eljárásokat, úgy mint a funkcionális mágneses rezonancia (fMRI) és pozitronemissziós tomográfia (PET) vizsgálatok (Gulyás, 2003). A beavatkozásokon alapuló technikák során általában gyógyszeres kezelések hatás-vizsgálata történik. Mindemellett a szakirodalomban találkozhatunk olyan esetekkel is, amikor bizonyos agyi struktúrák átmetszésének, irtásának vagy ingerlésének emóciókra gyakorolt hatását írják le, vagy egyetlen sejt vagy kisebb sejtcsoport működését regisztrálják. Ez utóbbi főként az állatkísérletek sajátja. Emberek esetében inkább a balesetek okozta elváltozások érzelmi életre gyakorolt hatását figyelik meg a kutatók.

5. táblázat. Agyi funkciók lokalizálására szolgáló, lézió és stimuláció alapuló technikák

Lézió	Stimuláció	Agyi funkció regisztrálása	
		Invazív	nem invazív
<ul style="list-style-type: none"> • neurológiai diszpozíció (corpus callosum agenésia) • betegség (tumor, vérzés, sclerosis multiplex) • agysérülés (baleset) • műtéti beavatkozás (frontális lobotómia) 	<ul style="list-style-type: none"> • epilepszia alatti megfigyelés • műtét alatti közvetlen elektromos ingerlés • transzkraniális mágneses ingerlés (transcranial magnetic stimulation) (TMS) • transzkraniális egyenáramú ingerlés (transcranial direct current stimulation) (tDCS) 	<ul style="list-style-type: none"> • egysejtes elvezetés • mikrodialízis • optikai képalkotás (optical intrinsic signal imaging) (OIS) 	<ul style="list-style-type: none"> • elektromos: EEG, ERP • mágneses: MEG • funkcionális: PET, fMRI • közeli infravörös spektroszkópia (near infrared spectroscopy) (NIRS)

A fenti módszerek előnye, hogy segítségével egyre pontosabban tárható fel az affektusok biológiai háttere, idői lefutása és téri lokalizálása. Az eljárások hátránya ugyanakkor az eszközigény, és a műszerek működtetésének magas költségei. Továbbá, kritika merülhet fel azzal kapcsolatban is, hogy az állatokon végzett kísérletek eredményei milyen mértékben általánosíthatók.

3.2.1 KÖZPONTI IDEGRENSZERI ELJÁRÁSOK

A központi idegrendszer működését feltérképező eljárások az elektromágneses spektrum valamely szegmensét használják jelként és felhasználják arra, hogy az agy szerkezetére vagy működésére következtessenek belőle (6. táblázat). A különböző téri- és idői felbontással rendelkező módszerek eltérő fiziológiai változások detektálására alkalmasak (bővebben [3.2.1.4 fejezet](#)).

6. táblázat. Központi idegrendszeri vizsgáló módszerek összehasonlítása

(Toga és Mazziotta, 2002 nyomán)

Módszer	Energiaigény	Térei felbontás (mm)	Idői felbontás (s)	Mérés eredménye
Strukturális MR	rádió hullámok	1	-	agyi felépítés, érrendszer, fehérállomány
fMRI	rádió hullámok	4-5	4-10	relatív agyi vérátáramlás
EEG/MEG	saját testből	10	0.01	agyi események elektrofiziológiai tulajdonságai
MR spektroszkópia	rádió hullámok	10	10-100	relatív kémiai koncentráció
Optikai / infravörshöz közeli képalkotás	infravörös fényhez közeli vagy látható fény	0.05	0.05	relatív agyi vérátáramlás, abszolút értékek lehetségesek
Nukleáris (PET, SPECT)	sugárzás	5	60-1000	fiziológia, abszolút értékek
TMS	mágneses mező	10	0.01	elektrofiziológia, vezetési idő
Boncolás	-	0.01	-	mikroarchitektúra, kemoarchitektúra

3.2.1.1 Lokalizáció és lézióelemzés

Történeti szempontból a legkorábbi funkció-lokalizációs módszer az volt, amelynek során agysérült betegek funkcióit (illetve funkciókiesését) lehet meghatározni. E szemlélet korai változata előfeltételezi, hogy egy adott funkciót egy adott agyi régióban tudunk lehorgonyozni, így szükségszerűen szemben áll az antilokalizációt képviselő, ekvipotencialista felfogásokkal. Napjainkban ez a szemlélet háttérbe szorult. Modern megközelítésnek tekinthető a több agyi struktúra által alkotott idegrendszeri hálózatok azonosítása, működésük leírása. Broadmann nevéhez köthető az agy szövettani feltérképezése, az agykéreg részletes citoarchitektonikai rendszerezése, amely a lézió-alapú tanulmányok fontos kiindulópontját adja. A lokalizációelvű vizsgálatok legnagyobb erényének tekinthető az úgynevezett sztereotaxiás eljárás kidolgozása. Ennek segítségével az egyes léziók helye és kiterjedése elég jó pontossággal azonosítható, illetve a különböző betegekben lévő károsodások egymással össze is hasonlíthatók. Egy ilyen humán sztereotaxiás agyatlasz Talairach és Tournoux (1988) nevéhez fűződik.

3.2.1.2 Képkalkotó eljárások

A lokalizációs célú kutatások napjainkban agyi képkalkotó eljárások segítségével zajlanak (7. táblázat). A képkalkotó eljárások lehetővé teszik, hogy az élő emberi agyban is nagy anatómiai pontossággal lehessen idegrendszeri működéseket lokalizálni. Lényeges tehát, hogy képkalkotó módszerek segítségével nemcsak az agyszerkezetről (strukturáról), hanem annak dinamikus működéséről, feladatfüggő időbeli állapotváltozásairól (funkcionális folyamatairól) is információt szerezhetünk. Az anatómiai képkalkotó eljárások nagyon jó térbeli feloldóképességgel rendelkeznek (például CT), ugyanakkor az időbeli változások regisztrálására nem képesek. A funkcionális képkalkotó eljárások azonban az időbeli változások követésére is alkalmasak (például fMRI, PET).

A komputertomográfia (CT) olyan strukturális képkalkotó eljárás, melyet leggyakrabban agykárosodások feltérképezésére alkalmaznak. A CT a klasszikus röntgentechnika továbbfejlesztett változata. Két fő része a röntgensugár forrása és a detektor, melyek egymással szemben helyezkednek el, és ezek a koponya körül forgathatók. Így a röntgensugár 180°-nak megfelelően bármely irányból kibocsátható. A detektor által felfogott sugárzás függ attól, hogy a forrás és a detektor között elhelyezkedő szövet mekkora mennyiséget nyel el. A világos részek a fokozott sugárelnyelő területek (például csont), míg a sötétebb területek jól átengedik a röntgensugarakat. A komputeres elemzés során a nyers kétdimenziós adatokból a háromdimenziós elhelyezkedésre utaló kép készül. A téri felbontás nagyon jó (kb. 0,5 mm), ugyanakkor ez a módszer dinamikus, funkcionális modellezésére nem alkalmas.

7. táblázat. Agyi funkciók vizsgálati eljárásai

(Toga és Mazziotta, 2002 nyomán)

Mód-szer	Milyen mérésekre szolgál?	Milyen zavarok esetén alkalmazzák?	Előnyei	Hátrányai
CT	<ol style="list-style-type: none"> 1. agyi struktúra 2. vér-agy gát integritása 	<ol style="list-style-type: none"> 1. akut és krónikus vérzés 2. akut trauma 3. anatómia általános feltérképezése 4. fokális vagy általános sorvadás (atrófia) 5. vízfejtés (hidrocefália) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. kiváló képalkotás a csontokról 2. vérzés 100%-os megállapítása 3. rövid vizsgálati idő 4. a beteg vizsgálható orvosi eszközökkel együtt 5. a beteg vizsgálható fémes és elektromos eszközökkel együtt 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ionsugárzás 2. gyenge kontraszt felbontás
MR	<ol style="list-style-type: none"> 1. agyi struktúra 2. agyi és nyaki érrendszer 3. relatív agyi perfúzió 4. kémiai koncentráció 5. rostpályák 6. vér-agy gát integritása 	<ol style="list-style-type: none"> 1. akut véráramlás csökkenés (ischemia) 2. daganatok 3. demielinizációs betegség 4. epilepsziás góc 5. degeneratív zavarok 6. fertőzések 7. operáció előtti feltérképezés 	<ol style="list-style-type: none"> 1. kiemelkedő téri felbontás 2. nincs ionsugárzás 3. nagy felbontás 4. magas szürke-fehér kontraszt 5. nincs csonteredetű műtermék 6. kémiai, funkcionális és angiográf képalkotás is lehetséges 	<ol style="list-style-type: none"> 1. hosszú vizsgálati idő 2. előidézhet klausztofóbiát 3. elektromos eszközöknél ellenjavalt 4. akut vérzések problémát okoznak 5. relatív mérések
PET	<ol style="list-style-type: none"> 1. perfúzió 2. anyagcsere 3. szubsztrát extrakció 4. fehérjeszintézis 5. neurotranszmitterek integritása 6. receptor kötődés 7. vér-agy gát integritása 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ischemiás állapotok 2. degeneratív betegségek 3. epilepszia 4. mozgászavarok 5. affektív zavarok 6. daganatok 7. addiktív állapotok 8. operáció előtti feltérképezés 	<ol style="list-style-type: none"> 1. hemodinamikai, kémiai és funkcionális képalkotás is lehetséges 2. számszerűsíthető eredmények 3. abszolút fiziológiai változók meghatározhatók 4. egyenletes térbeli felbontás 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ionsugárzás 2. magas költségek 3. új nyomjelzők fejlesztési ideje hosszú 4. korlátozott hozzáférés 5. alacsony időbeli felbontás
SPECT	<ol style="list-style-type: none"> 1. perfúzió 2. neurotranszmitterek integritása 3. receptor kötődés 4. vér-agy gát integritása 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ischemiás állapotok 2. degeneratív betegségek 3. epilepszia 4. mozgászavarok 	<ol style="list-style-type: none"> 1. hemodinamikai, kémiai és funkcionális képalkotás is lehetséges 2. széles körben elérhető 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ionsugárzás 2. relatív mérések 3. nem egyenletes téri felbontás 4. alacsony időbeli felbontás

Mód-szer	Milyen mérésekre szolgál?	Milyen zavarok esetén alkalmazzák?	Előnyei	Hátrányai
EEG	1. elektrofiziológia	1. epilepszia 2. encephalopátia 3. degeneratív betegségek 4. operáció előtti feltérképezés	1. nincs ionsugárzás 2. nagy időbeli felbontás 3. széles körben elérhető 4. azonosítható az epilepsziás góc	1. alacsony térbeli felbontás 2. súlyozott
MEG	1. elektrofiziológia	1. epilepszia	1. nincs ionsugárzás 2. nagy időbeli felbontás 3. azonosítható az epilepsziás góc	1. alacsony térbeli felbontás
TMS	1. fokális agyi aktiváció	1. operáció előtti feltérképezés	1. nincs ionsugárzás 2. terápiás céllal is alkalmazható 3. társítható más képalkotó eljárással (PET, fMRI)	1. alacsony térbeli felbontás 2. bizonyos betegcsoportoknál rohamot okozhat
OIS	1. vérátáramlás, anyagcsere és a sejtek duzzanatának integrált mérése	1. operációalatti feltérképezés	1. nincs ionsugárzás 2. nagy időbeli felbontás 3. nagy térbeli felbontás	1. bonyolult a jel forrása 2. invazív

Megjegyzés: CT = X-ray computed tomography; MR = Magnetic resonance imaging; PET = Positron emission tomography; SPECT = Single-photon-emission computed tomography; EEG = Electroencephalography; MEG = Magnetoencephalography; TMS = Transcranial, magnetic stimulation; OIS = Optical intrinsic signal imaging.

A pozitronemissziós tomográfia (PET) olyan funkcionális képalkotó eljárás, melyel az agyi működés számos aspektusa (véráramlás, anyagcsere, receptorszerkezet stb.) kimutatható. A módszer lényege, hogy pozitronkibocsátással bomló izotóppal jelzett biológiailag aktív jelzőmolekulákat juttatnak a szervezetbe, majd a szervezetből származó szétsugárzó fotonokat detektorrendszer érzékeli, és számítógép segítségével kétdimenziós térképpé rekonstruálja. Az eljárás során olyan radioaktív izotópot alkalmaznak, mely pozitívan töltött elektron – azaz pozitron – kibocsátásával bomlik. A bomlást követően a pozitron rövidesen (1-2 mm) egy elektronnal (e⁻) találkozik, melynek során a két azonos, de ellentétes töltésű elemi részecske „annihilálódik”: energiájuk egy egyenes mentén ellenkező irányba két 511keV energiájú gamma-foton formájában sugárzik szét. Ezt a gamma-fotont tudjuk szcintillációs kristálydetektorokkal regisztrálni: a hálózat csak akkor ad kimenő jelet, ha a detektorpár mindkét tagja

rövid időn belül (< 20 ns) gamma-fotont észlel – ez jelzi ugyanis, hogy a detektorcsatornán belül elektron-positron annihiláció történt. A detektorok egy körgyűrű mentén helyezkednek el, így a detektorgyűrű síkjában számos detektorcsatorna alakítható ki. A számítógép tárolja, hogy mely detektorcsatornában történt annihilációs esemény, majd a mérést követően rekonstruálja azok vetületi eloszlását – így határozva meg hogy a tér mely részén történik aktivitás adott feladat végrehajtásakor.

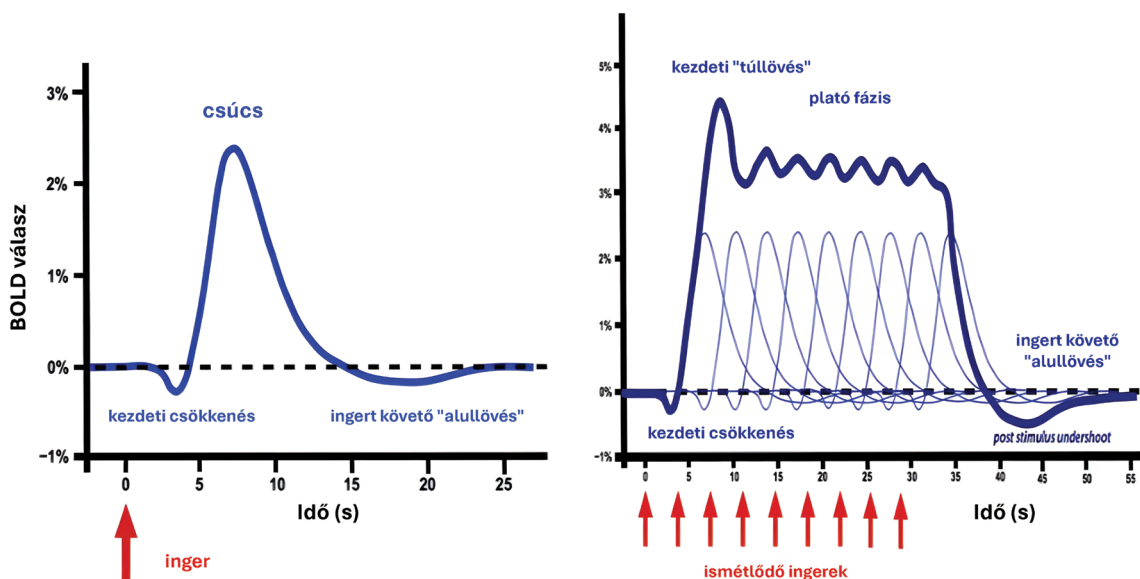
A PET vizsgálatokban olyan biológiai jelzőmolekulákra van szükségünk, mely az élő szervezet gyakori alkotóelemei közé tartozik, és emellett rövid a felezési ideje (csökkentve a biológiai sugárterhelés veszélyét). Gyakran alkalmazott izotóp a ^{18}F , a ^{15}O , vagy éppen a ^{11}C . A fluorizotóp 2-D-deoxiglükóz jelzőmolekulával együtt szépen kimutatja az agyi glükózanyagcserét, az oxigénizotóp pedig az agyi véráramlás és az oxigén-anyagcsere fontos indikátora. A szénizotóp külön jelentősége, hogy segítségével az agy komplex receptorarchitektúráját is (elhelyezkedés, sűrűség) képesek lehetünk adekvátan feltérképezni. A PET hátránya az alacsony téri (2-3 mm) és idői (néhány perc) felbontás, a radioaktivitás, illetve a nagy műszerigény (ciklotron, PET-kamera, számítógép).

A biológiai képalkotás legelterjedtebb módszere a mágneses rezonancia képalkotás (MRI). Az agykutatás és az orvosi diagnosztika gyakran felhasználja anatómiai képalkotásra, de funkcionális képalkotásra is alkalmas, hiszen a műszer az agyi véráramlás és oxigénfelhasználás követésére is képes (közvetett módon) (Gulyás, 2003; Gulyás és Mórocz, 2008). Az MR-ben azt használjuk ki, hogy egyes elemek atommagja mágneses tulajdonsággal, azaz mágneses momentummal rendelkezik. Ebből a szempontból a hidrogén atommagja – a proton – kiemelt jelentőségű, hiszen az élő szervezet több, mint kétharmada vízből áll. Normális körülmények között a hidrogénprotonok mágneses momentumai a térben véletlenszerűen helyezkednek el. Ha azonban statikus mágneses térbe helyezzük őket, akkor a protonok beállnak a mágneses tér irányába, és túlnyomó többségük azzal ellentétes orientációt foglal el. Továbbá, a protonok szögmomentummal is rendelkeznek, azaz saját tengelyük körül bolygómozgást végeznek. Külső mágneses tér alkalmazásakor a forgási tengelyük a mágneses tér irányába fordul el, így annak tengelye körül kezdenek precesszálni (43MHz/Tesla frekvenciával).

Egy MR vizsgálat során az egyént egy nagy mágneses térrel bíró berendezésbe helyezzük, ezáltal a szervezetben lévő hidrogénprotonok az előbb ismertetett módon kezdenek el viselkedni. A mérés során rövid időtartamokig egy második mágneses hatást is alkalmazunk, amelyet a statikus külső mágneses térre merőleges irányból generálunk. Ez a bizonyos transzverz magnetizáció egy rádiófrekvenciás impulzusként tekinthető, melynek hatására a statikus mágneses tér irányába precesszááló protonok akár 90° -ban is kibillenhetnek. Az átmeneti mágneses impulzus hatására a proton többletenergiára tesz szert, melyet relaxációja („visszaállása”) során juttat vissza a környezetébe – ezt detektálja maga az MR készülék („rádióvevő”).

Az MR jelnek két olyan paramétere van, amelyet a képalkotás során használhatunk: 1. A T1-jel a protonok relaxációs komponense, amely azt írja le, hogy a kibillentett mágneses momentumok mennyi idő alatt térnek vissza a korábbi egyensúlyi állapotba; 2. A T2-jel az MR-jel „lebomlási” idejének tekinthető. Ezek figyelembevételével létrehozhatunk T1-, illetve T2-súlyozott felvételeket – előbbi az anatómiai képalkotás, utóbbi a funkcionális képalkotás alapja (Matthews és Jezzard, 2004). Míg a strukturális (vagy anatómiai/morfológiai) MRI esetében egyetlen nagy felbontású (kb. 1mm-es) felvétel készül az agyról, addig a funkcionális MRI-vel sok felvétel készül (pszichológiai tárgyú kísérletekben általában 1500-3000 msec-onként), de kisebb térbeli felbontással (kb. 3mm).

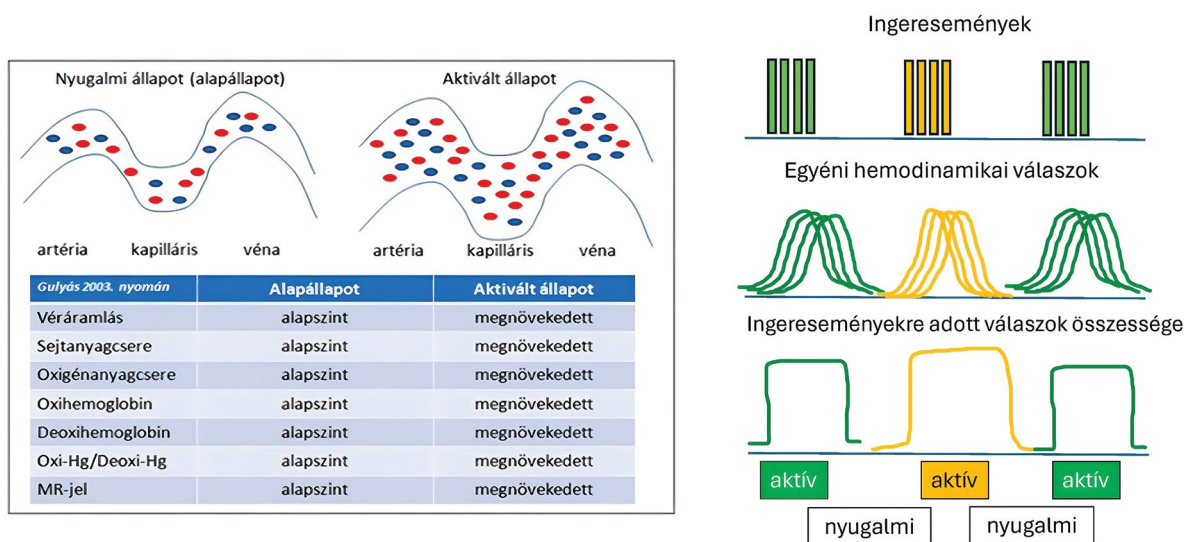
Az MR funkcionális képalkotásra is alkalmas (fMRI), ahol a regionális agyi véráramlás tanulmányozása alapján következtetünk neuronális aktivitásra (közvetett hatást tudunk mérni). Egy ilyen, széleskörűen alkalmazott eljárás a BOLD technika, ami a vér oxigénszintjétől függő jelmenet regisztrálásán alapul (BOLD: blood oxygen level dependent) (15. ábra). Ezen metódus azt használja ki, hogy a vérben lévő deoxihemoglobin paramagnetikus anyagként viselkedik, így a hemoglobin-oxihemoglobin arány megváltozása az MR jelmenetben is változást eredményez (BOLD-szignál). Megnövekedett idegi aktivitás és anyagcsere hatására megnövekszik a regionális agyi véráramlás is, amelynek hatására megnő az oxihemoglobin-deoxihemoglobin arány is. Mindez kimutatható a lokális MR-jel növekedésében is. Ennek azonban megvannak a maga korlátai is. Egyrészt, a BOLD-szignál nagyjából 6 másodperccel a kiváltó ese-



15. ábra. A vér oxigénszintjétől függő jelmenet (BOLD) lefutása egyetlen inger és ismétlődő ingerek esetén

ményt követően éri el a csúcát, és nagyon lassú a lecsengése is (kb. 10-20 mp agyi területtől függően), amely limitálja az fMRI időbeli felbontását. Másrészt, a véráramlás szabályozása nem teljesen lokális (például „aktív” területekhez „nem aktív” régiókon át vezetnek erek), ez pedig a térbeli felbontást limitálja.

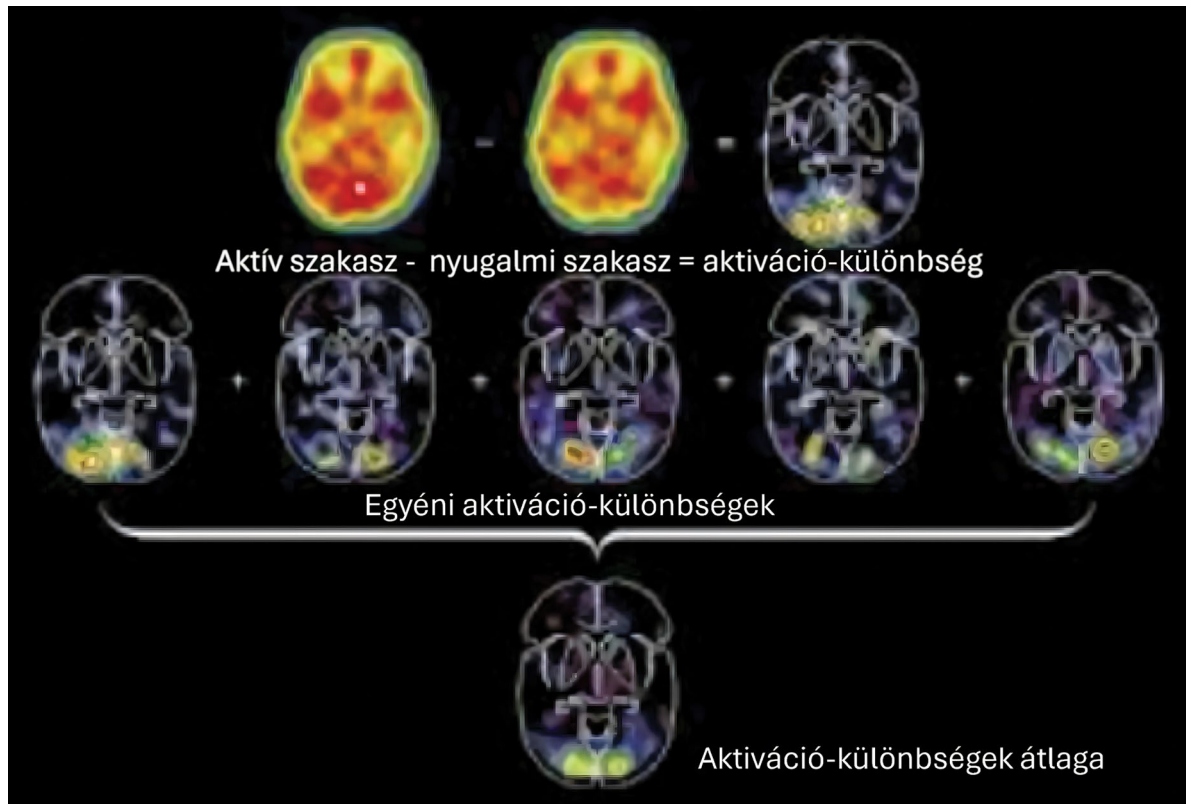
Egy pszichológiai jelenség fMRI-kísérlettel történő vizsgálata során az aktivált állapot általában valamilyen szenzoros ingerlés vagy a motoros-, a tanulási-, az emlékezeti rendszereket érintő feladat. Az ingerlés lehet endogén jellegű is, ami általában képzeleti feladatot jelent vagy egy emlék előhívását. A kísérlet sikeréhez nagyban hozzájárul a megfelelő paradigma megtervezése, az ingerlés időzítése. Az fMRI-kísérlet során az agy működésének egyes jól megkülönböztethető állapotaiban (nyugalmi szakasz vs. aktív szakasz) mért agyi aktivitásokat hasonlítunk össze egymással, és ebből vonunk le következtetéseket az adott szenzoros-, motoros- vagy kognitív feladat megoldásáért felelős neuron populációk elhelyezkedéséről és működéséről (Gulyás és Mórocz, 2008) (16. ábra).



16. ábra. Alapállapot és aktivált állapot közti különbségek

A leggyakrabban használt agyaktivációs paradigmának a „kivonásos” technika tekinthető. A mérések során a kísérleti állapotban kapott agyi aktivációs képeket összehasonlítjuk a megfelelő referenciaállapotban nyert képekkel. A kísérleti- és referenciaállapotok paraméterei egy kivétellel minden szempontból megegyeznek, és tulajdonképpen ennek az egyetlen különbséget képező komponensnek – amely „többletként” jelentkezik a kísérleti állapotban – a feldolgozásával kapjuk meg azokat az agykérgi területeket, amelyek feltehetően ezért a különbségért, azaz a vizsgálni kívánt

funkcióért felelősek. Az elmúlt években a „kivonásos” technikát mindinkább felváltotta a parametrikus, illetve faktoriális paradigmatervezés, amely tulajdonképpen a „kivonásos” paradigma továbbfejlesztett változata (Gulyás és Mórocz, 2008) (17. ábra).



17. ábra. A kivonásos technika logikája

Egy vizsgálatot minél hosszabbra tervezünk, azaz minél több a kísérleti aktivációs állapotok száma, annál nagyobb a statisztikai következtetés ereje. Fontos előre tudnunk, hogy a vizsgálatban az aktiváció pontos elhelyezkedésére, vagy inkább az aktiváció idői lefutásának megragadására helyezzük a hangsúlyt. Ugyanis az előbbi esetben blokk design jellegű ingerbemutatást alkalmazunk, vagyis az események blokkokban történő bemutatását használjuk, ahol a különböző típusú aktív- és nyugalmi (baseline) fázisok azonos sorrendben és időközönként váltják egymást. Amikor viszont a neurális aktivitás idői lefutásának pontos követése fontosabb, akkor az eseményeket random sorrendben közöljük (eseménykiváltott válasz). Sokszor kombinálják a blokk design és az eseménykiváltott vizsgálati elrendezést annak érdekében, hogy az agyi aktivitás helyéről és időbeli lefutásáról egyaránt pontos becsléseket kapjanak. A kevert design

esetében is blokkokban történik az ingerbemutatás, ugyanakkor a blokkokon belül az események sorrendje, valamint az ingerbemutatás és a nyugalmi szakasz hossza véletlenszerű (Gulyás és Mórocz, 2008; Hermann, 2010).

A megfelelő vizsgálati elrendezés megválasztása azonban ennél jóval bonyolultabb, számos szempont egyidejű figyelembevételét igényli, mint például a vizsgált személy/csoport sajátosságai (kiváltképp betegpopuláció esetén), a vizsgálat hossza, a vizsgálni kívánt funkció modalitása, annak összetettsége, neurális történéseinek idői paraméterei, lokális kiterjedtsége, valamint azoknak az ingereknek a jellegzetességei, amelyeket a neurális hatás kiváltására alkalmazunk. A vizsgálatok megtervezésénél azonban a legfontosabb tényező mindig magának a módszernek a lehető legbelsőbb ismerete, előnyeinek és korlátainak szem előtt tartása (Gulyás és Mórocz, 2008; Hermann, 2010; Huettel és mtsai, 2004).

3.2.1.3 Elektrofiziológiai módszerek

Pszichológiai funkciók tanulmányozásához egy további, közvetlenebb lehetőség az idegi működés elektromos és mágneses korrelátumainak nyomon követése. Ilyen funkciót látnak el a különféle elektrofiziológiai eljárások, melyek közül az elektroencefalográfia (EEG), a magnetoencefalográfia (MEG), és az eseményfüggő potenciál technika a legjelentősebbek. Ezen módszerek vitathatatlan előnye, hogy a neurális tevékenységeket milliszekundumos idői tartományban képesek megragadni.

Az elektroencefalográfia (EEG) kidolgozása Hans Berger pszichiáter nevéhez fűződik, és az agy elektromos tevékenységének globális időbeli követésére szolgál. Az EEG regisztrálása a hajas fejbőrrel (skalp) történik kis ellenállású fémből (például ezüst) készült elektródákkal. Az elektródákat a nemzetközi 10-20-as rendszer szerint helyezik fel (az egyes elektródák négy referenciapont között 10%, illetve 20%

távolságra vannak), a nagybetűk (például P: parietális) és számok (páratlan: bal; páros: jobb) pedig a téri elhelyezkedésre utalnak (a z a középvonalat jelöli). A vizsgálatok során két elektróda közötti potenciálkülönbséget mérünk. Ez az elvezetés lehet bipoláris (két aktív elektróda közti potenciálkülönbség), illetve unipoláris (az elektródát egy inaktív elektródával vetjük össze). A beérkező elektromos szignált egy jelerősítő segítségével felerősítjük, majd különböző szűrők segítségével leszűkítjük a frekvenciatarományt. A matematikai feldolgozás Fourier-analízissel zajlik, melynek során a komplex EEG-görbét különböző frekvenciájú komponenseire bontjuk fel.

Az EEG hullámok keletkezése nem teljesen ismert. Maga az EEG jel a kérgi neuronhálózat összegzett szinaptikus aktivitásának felel meg, így nem az akciós potenciálok, hanem sokkal inkább a dendritnyúlványok poszt-szinaptikus potenciálváltozásait tükrözi: a sok kis elektromos változás felerősíti egymást, mintegy összeadódnak. EEG regisztrációval már számos agyi hullámot sikerült azonosítani: az alfa (éber, relaxált állapotra jellemző); a béta (szenzoros, emocionális hatások); a gamma (tudatos in-

formációfeldolgozás); a téta (REM alvás, hipokampális memóriafolyamatok); illetve a delta (mély alvás) tekinthető a legfontosabb hullámmintázatnak.

A kiváltott potenciál technika alapvetően EEG alapú, ugyanakkor célja olyan jelek detektálása az EEG-n, amely specifikus szenzoros, motoros vagy kognitív folyamatokkal áll kapcsolatban. Lényege tehát, hogy valamilyen külső inger vagy belső mentális állapot változást idéz elő az alap EEG szignálban. Az ilyen eseményfüggő potenciálokat polaritás, látencia, maximális amplitúdó, illetve skalpeloszlás alapján definiálhatjuk. Utóbbi azért fontos, mert más és más elvezetésben a hullámok eltérő amplitúdóval jelentkezhetnek. A leginkább bevett taxonómia ugyanakkor a polaritás és a maximális amplitúdó látenciáját veszi figyelembe. Például, a P300 potenciál olyan pozitív irányú hullám, melynek maximális amplitúdója 300ms-mal az ingert követően jelentkezik. A különböző potenciálok kinyerése átlagolással történik: az ingert magas ismétlésszámmal (kb. 50-150 alkalommal) bemutatjuk, kijelöljük a releváns szignál-szakaszokat a jelmenetben („epocholás”), majd a számos EEG-regisztrátumot átlagoljuk.

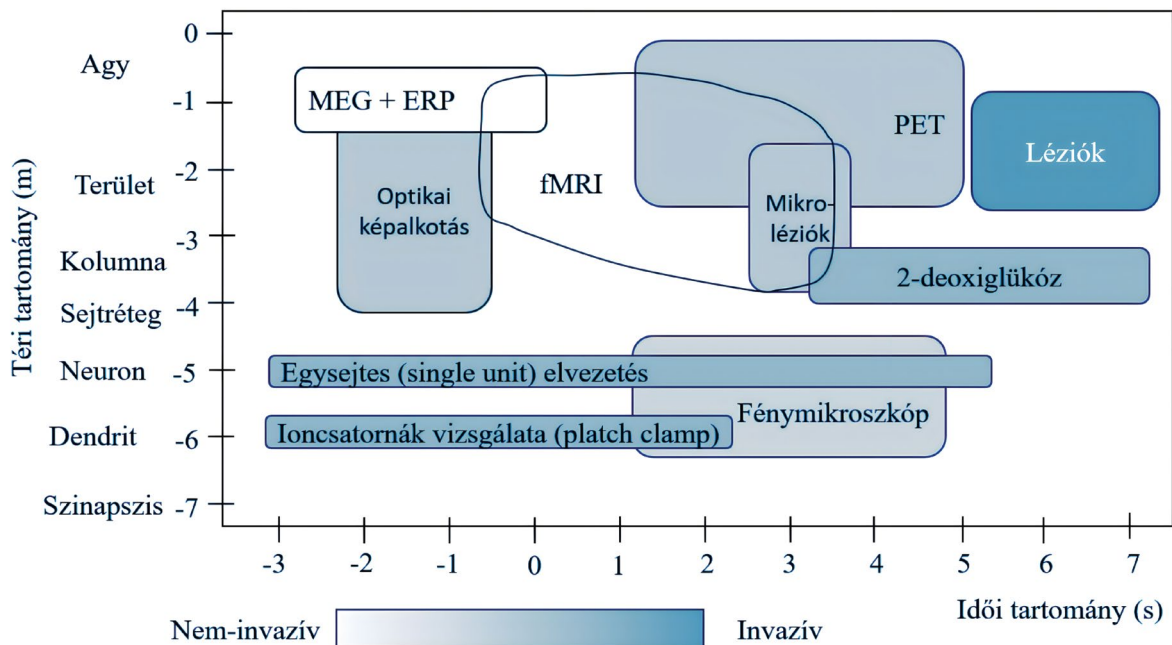
A kiváltott potenciálokat két fő csoportra lehet osztani: exogén és endogén komponensek. Az exogén (szenzoros) komponensek az eseményt követően rövid látenciával jelennek meg, és nagyban függenek az ingerek fizikai sajátosságaitól (például P50), az endogén (kognitív) potenciálok látenciája hosszabb, modulációjukban elsődlegesen a belső mentális folyamatok játszanak szerepet (például P300). A legfontosabb endogén potenciálok a következők: CNV (kontingens negatív variáció – elvárt inger előtti negativitás), RP (készültségi potenciál – mozgás megkezdése előtti negativitás); ERN (hibadetektálási negativitás – hibás válasz detektálása és kompenzációja); N100 (figyelmi moduláció); N150 (perceptuális kategorizáció); MNM (eltérési negativitás – deviáns ingerek detektálása); P300 (munkamemória, kontextusfrissítés); N400 (szemantikus anomáliák).

A magnetoencefalográfia (MEG) az agy mágneses tevékenységét regisztráló módszer. Az idegsejtekben keletkező áram mágneses teret gerjeszt, és ezen mágneses tér változásait a MEG kiválóan követni tudja. Gyakorlati problémát jelent azt, hogy az agyban keletkező mágneses térváltozás mértéke 8-9 nagyságrenddel kisebb, mint a Föld geomágneses tere, így a műszer számára olyan helyiséget kell kialakítani, melyben a Föld mágneses terének zavaró hatását sikerül kiküszöbölni. Általában biomagnetométereket, ún. SQUID-eket (superconducting quantum interference device) alkalmaznak, melyek követik az emberi fej körvonalait és egy szférikus elrendezett detektorrendszer segítségével regisztrálják a mágneses térben észlelt változásokat.

3.2.1.4 Módszerek összehasonlítása téri és idői felbontás mentén

A különböző téri- és idői felbontással rendelkező képalkotó módszerek eltérő fiziológiai változások detektálására alkalmasak (Huettel és mtsai, 2004). Tesztelhetjük egyetlen neuron tüzelési mintázatát vagy neuron-populációk aktivitását in vivo. Egyes

elektrofiziológiai módszerek az idegsejtek depolarizációja által létrehozott elektromos vagy mágneses dipólusok mérésén alapulnak. Ilyen például az EEG, az eseményfüggő potenciálok (ERP) és a magnetoencefalográfia (MEG). Ezekkel a módszerekkel 10-100 msec-os idői ablakban követhetjük a neuronok aktivitását, azonban csekély, néhány mm-től cm-es nagyságrendig terjedő téri felbontást tesznek lehetővé. Ezzel szemben, az fMRI és a PET viszonylag nagy téri felbontásban (1-10 mm) nyújt adatot az idegrendszeri aktivitást kísérő vérátáramlás növekedéséről, ugyanakkor korlátozott idői felbontást tesz lehetővé a hemodinamikai változások időbeli lefutása miatt. Az fMRI technikai határa néhány 100 msec-tól néhány sec-ig tart a térbeli felbontástól és a vizsgált agyterület nagyságától (Field of View, FOV) függően. Az optikai képalkotó eljárások (például NIRS) olyan eljárások, amelyek szintén a vérátáramlás változását mérik, viszont csekély téri felbontást tesznek lehetővé, és csak az agykéreg felszínére korlátozódnak. A PET és fMRI ezzel szemben az agy mélyebb rétegeinek feltérképezésére is alkalmas. A mágneses spektroszkópiás képalkotás (MRSI) és a PET metabolikus folyamatokat mér változó, általában alacsony téri- és idői felbontással (30 sec- tól percnyi nagyságrendig) (Matthews, 2001). A **18. ábra** a fenti eljárások egymáshoz való viszonyát szemlélteti a tér és idő függvényében.



18. ábra. Az idegrendszer működését vizsgáló eljárások téri és idői felbontása

(Cohen és Bookheimer, 1994 idézi Matthews, 2001, 4.)

Míg a PET és az fMRI az agyi régiók funkcionális kapcsolataira mutat rá, a diffúziós tenzoros képalkotás (diffusion tensor imaging, DTI) segítségével nem invazív módon tanulmányozhatók az agyi pályák, a különböző agyi területeket összekötő fehérállományi kötegek. A transzkraniális mágneses ingerléssel (transcranial magnetic stimulation, TMS) átmenetileg „be-vagy kikapcsolhatunk” egy-egy kérgi régiót nagy térerejű mágneses mező segítségével. Ez a módszer nagyon gyakori a hangulatzavarok feltérképezésénél, a kezelés hatékonyságának vizsgálatakor.

3.2.2 PERIFÉRIÁS MÓDSZEREK

3.2.2.1 Elektrodermális aktivitás (EDA)

Régebben ez a módszer galvános bőrellenállásként (GBR) volt ismeretes, és a bőr elektromos ellenállás- (és vezetőképesség-) változásainak mérésén alapul. Legfontosabb fiziológiai alapja a bőr verejtmirigyjeinek (eccrin mirigyek) szekréciónak, melyek beidegzése kizárólag szimpatikus. Vegetatív aktivitás fokozódásakor (például félelem, izgalom) megnő a mirigyek elválasztása, melynek következtében a bőr vezetőképessége megemelkedik (az ellenállás pedig csökken). Az EDA segítségével monitorozni lehet a bőrkonduktancia változásait, így az arousal-állapot precíz indikátoraként tartjuk számon. A mérés általában a tenyéren/ujjakon történik két elektróda segítségével: kis erejű áramot vezetünk át a bőr két pontja között, és a bőr vezetőképességét vizsgáljuk. Gyakran használják emocionális élmények intenzitásának vizsgálatára, de a „hazugságvizsgálónak” (poligráf) is részét képezi.

3.2.2.2 Elektrokardiográfia (EKG)

A szív működés jellegzetességeit, a kardiovaszkuláris működés sajátosságait a végtagokon, illetve a mellkason elhelyezett elektródákkal regisztrált EKG segítségével vizsgálhatjuk. A szív endogén ingerületkeltő és -vezető rendszerrel rendelkezik (szinuszcsomó, pitvar-kamrai csomó, His-köteg, Tawara-szárak, Purkinje-rostok), melyet azonban szimpatikus és paraszimpatikus idegrendszeri hatások is befolyásolnak, kialakítva a fiziológias állapotra jellemző 70-es pulzusszámot. Az EKG P hulláma a pitvarok, a QRS-komplex pedig a kamrák depolarizációjának / összehúzódásának felel meg, a T hullám a kamrai repolarizációval áll összefüggésben. A hullámok közötti intervallumok szintén fontos paraméterek: a PQ intervallum a pitvar-kamrai átvezetés idejét, az ST időtartam pedig a kamrai munkaizomzat akciós potenciáljának platószakaszát jelöli. A pszichológiai vizsgálatokban a szívritmus és az EKG normál variabilitását mérjük, kihasználva azt, hogy a szívfrekvencia érzékenyen leköveti a vegetatív arousal és az

emocionális reaktivitás finom változásait, a szimpatikus és paraszimpatikus innervációknak köszönhetően (R-R távolságok mérése).

3.2.2.3 Légzési öv (respiratory belt)

A légzőműködések gyakorlati mérésére legegyszerűbben különféle impedancia-elven működő induktív öveket alkalmazhatunk. Ezen öveket a mellkasra helyezve nyomon követhetjük a mellkas méretváltozásait kísérő ellenállás- és impedanciaváltozásokat, és ezeket transzducer segítségével feszültségértékekké transzformálhatjuk. Itt azt használjuk ki, hogy a nyúltvelő, illetve a kemo- és mechanoreceptorok automatikus szabályozásán kívül mind a limbikus rendszer (például hipotalamusz), mind az agykéreg képes a légzésszabályozás modifikációjára, így autonóm/vegetatív, de akár akaratlagos légzésfrekvencia-változásokat is regisztrálni tudunk. Ezzel a módszerrel kiválóan mérhető a légzési frekvencia, a belégzési és kilégzési térfogat (és ezek aránya), de a belégzés és kilégzés időtartama is, így gyakran használják nemcsak érzelmekutatásokban, hanem kognitív folyamatok vizsgálata, valamint beszédkutatás során is.

3.2.2.4 Elektromiográfia (EMG)

Az elektromiográfia az izomszövetben idegi impulzus hatására létrejövő elektromos válasz feltárására használt eljárás. A mérés során bipoláris elvezetést használunk: egy elektródást az izom tapadási helyéhez (referencia-elektrod), egyet pedig az izomra helyezünk. A kettő közötti elektromos potenciálváltozást regisztráljuk. EMG méréskor közvetve a központi idegrendszer működéséről is információt szerzünk, hiszen az izomműködés idegrendszeri szabályozás alatt áll. Fiziológiai alapegység az ún. MUAP (összetett motoros egység akciós potenciál): az idegi-izom ingerületáttevődés a motoros véglemezen (neuromuszkuláris junkció) keresztül történik, csak hogy számos ilyen egység aktiválódik egy mozgásos utasítás során. Ezek összessége alkotja a MUAP-ot, melynek elektromos aktivitását az EMG kiválóan megjeleníti. A módszert széleskörűen alkalmazzák a mimikai izmok tónusának monitorozására érzelmi helyzetben, a tudatos érzelemszabályozás vizsgálatára, de szubliminális ingerek hatásainak tanulmányozására is.

3.2.2.5 Szemmozgásokkal kapcsolatos módszerek

A szemmozgások vizsgálata napjaink kognitív vizsgálataiban előszeretettel használt módszernek számít. Lényegi vonása, hogy a tekintet iránya és váltakozása expliciten reflektál a figyelmi folyamatok sajátosságaira. A szemmozgásokért három pár

extraokuláris izom felel, melyek működését három pár agyideg (III., IV., VI.) irányítja. A legfontosabb szemmozgások az alábbiak: fizioológias tremor (30-80 Hz); szakkádok (900°/s); lassú követés (sodródás); vergens szemmozgások (közeli-távoli fókuszálás); illetve a gyors, reflexes mozgások (VOR: vesztibulo-okuláris reflex, OKN: optokinetikus reflex). Legkönnyebben a lassabb mozgások követhetőek, a normál tremor és a gyors reflexes mozgások csak nehezen.

Az elektrookulográfia (EOG) jelregisztráció során azt használjuk ki, hogy a szem elektromos dipólusként működik: pozitív pólusa a szaruhártya felszíne, negatív pólusa pedig a retina mögött helyezkedik el, a két pont közötti feszültség 0,4-1,0 mV között változik. A szemmozgások regisztrálása azon alapul, hogy a szemgolyó körüli elektromos tér helyzete a szemmozgásokkal együtt változik. Az elektródokat tipikusan horizontálisan és ventrálisan helyezik fel a szemkörüli bőrfelületre, melyek rögzítik a szemmozgással járó elektromos potenciálváltozásokat.

Szemkövetés/tekintetkövetés (eye-tracking) olyan módszer, mely lehetővé teszi számunkra a vizsgálati alany által feldolgozott információ „on-line” követését: mely ingerrészre néz először, illetve később; melyikkel foglalkozik többet, illetve kevesebbet. Ehhez (általában) optikai eljárást használunk. Első lépésben infravörös fényvel világítjuk meg a szemeket, amely a pupilla területén „elnyelődik”, a szaruhártyáról azonban visszaverődik. Második lépésben a visszaverődő fényt egy videokamera vagy optikai szenzor észleli és rögzíti. Végül, a visszaverődés váltakozásai alapján egy számítógépes elemzés kiszámítja a szemek mozgásában bekövetkezett változásokat.

A pupillometria a szembogár méretének és reaktivitásának meghatározására szolgáló eljárás, melynek során infravörös kamera segítségével figyeljük meg a pupilla átmérőjének változásait különféle feladatok megoldása során. A pupillatágasság vegetatív szabályozás (felső nyaki ganglion, illetve III. agyideg) alatt áll, így jól tükrözi a központi idegrendszerben bekövetkező arousal-állapot és izgalmi szint változásait. A kognitív terhelés növekedésével a pupilla átmérője is megnő.

3.3. SZUBJEKTÍV MÓDSZEREK

Az érzelmi válaszok szubjektív élmény jellegét megragadhatjuk verbális vagy nem-verbális módon, dimenziók és / vagy kategóriák mentén. A dimenzionális megközelítés általában kettő vagy három affektív dimenzióval írja le az élményt (valencia, arousal, kontrollálhatóság), míg a kategoriális megközelítés diszkrét érzelmi kategóriákat különböztet el általában az ekman-i alapérzelmek mentén.

Az érzelmi ingerek kategoriális értékelése általában Ekman nyomán hat (öröm, félelem, szomorúság, harag, undor és meglepődés) vagy Plutchik (1980, 1982) nyomán nyolc (harag, anticipáció, öröm, bizalom, félelem, meglepődés, szomorúság, undor) alapérzelem mentén történik. Az értékelőknek azt kell eldönteni, hogy a látott / hallott / olvasott inger milyen mértékben hívja az egyes diszkrét érzelmeket (például örömet,

félelmet, undort stb). Arcokról történő érzelmefelismerési feladatoknál azonban előfordul, hogy az arcokat majdnem 100 érzelem mentén kell értékelni. Kivételt képeznek továbbá az érzelmek kiváltó szavak, ahol nem hat, hanem átlagosan csupán négy-öt kategória mentén.

A dimenzionális megközelítés ezzel szemben folytonos változók mentén ragadja meg az affektív élményt. A kutatók általában három affektív dimenziót határoznak meg: a valencia dimenziót (kellemetlen – kellemes), az arousal dimenziót (nyugalom – izgatottság) és az érzelem feletti észlelt kontrol dimenzióját (elárasztottság – érzelem feletti kontroll). Egy közelmúltban készült összefoglaló tanulmány alapján elmondható, hogy majdnem valamennyi publikációban említésre kerül a valencia dimenzió (97,09%), az arousal közel 80 %-ban, a dominancia / kontrollálhatóság azonban csak az esetek 25%-ában (Diconne és mtsai, 2022).

3.3.1 HANGULATINDUKCIÓ

Az érzelmek szubjektív élmény összetevőjének vizsgálata kapcsán számos kérdés felmerül. Ezek közül a legfontosabb az, hogyan lehetne objektíven mérhetővé tenni a szubjektív élményt. Ebben segítenek a standard hangulatindukciós eljárások, és felmerülnek további kérdések is. Milyen modalitáson keresztül történjen a hangulatindukció? Milyen hatásfokúak a különböző módszerek, eljárások és mennyire tartós a hatás? A hatás egy adott érzelmre specifikus vagy a hangulatindukció általános, azaz a pozitív-negatív dimenzión történő elmozdulás a cél? Egyénileg vagy csoportosan alkalmazható-e az adott eljárás? Egy további kérdés pedig az, hogyan mindezt lehet-e egységesen, megismételhető, jól kontrollált módon végezni? Ebben a fejezetben áttekintjük a hangulatindukció általános szempontjait, típusait, módszertani jellemzőit.

A hangulatindukció **forrása mentén** megkülönböztetünk internális és externális módszereket. Az internális, azaz belső forrású módszereknél az érzelmi állapot kiváltása egy személyes emlék felidézésével valósul meg, vagy az egyénnek el kell képzelnie egy adott helyzetet. Az externális, azaz külső forrásból indított hangulatindukció általában laboratóriumi körülmények között történik képekkel, hangokkal, zenével, rövid történetek olvasásával. Az internális és externális módszerek között „félúton” helyezkednek el azok a módszerek, amelyek természetes körülmények között vizsgálják az egyén reakcióit az adott helyzetben (például olyan hétköznapi helyzetet teremtenek, amelyben fokozódik a frusztráció) (19. ábra).

A hangulatindukciós eljárásokat **modalitás mentén** is csoportosíthatjuk. A vizuális modalitású eljárásokban képeket, filmeket, arcokat mutatnak. Az akusztikus modalitású eljárásokban hétköznapi zörejeket, zajokat, hangokat és zenei részleteket alkalmaznak. A nyelvi eszközökkel történő hangulatindukció során a résztvevők szavakat, álszavakat, történeteket olvasnak vagy személyes emlékeket idéznek fel szóban vagy írásban. Ritkán ugyan, de alkalmaznak illatokat is. A vanília az öröm, a

kén-hidrogén (záptojás szag) az undor, a szegfűszegben megtalálható eugenol pedig semlegeshez közeli affektív állapot kiváltására alkalmas (Seubert és mtsai, 2009). Még kevesebb példát találunk a szakirodalomban arra, hogy ízekkel idéznek elő különféle érzelmi-hangulati állapotokat. Az édes ízek pozitív érzelmek irányába, míg a keserű a negatív pólus felé (harag, agresszió, hosztilitás) mozdítják a személy affektív értékelését (19. ábra).

Hangulatindukció forrása mentén		
Internális	köztes	Externális
Érzelmi állapotok elképzelése, egy személyes emlék felidézése	Természetes módon megjelenő körülmények hatása (pl. frusztráció mértékének növelése)	Laboratóriumi körülmények között, vizsgálati helyzetben indukált állapotok (pl. képekkel, zenével, rövid történet olvasásával)

Hangulatindukció modalitása mentén				
Vizuális	Akusztikus	nyelvi	kémiai	
Képek, filmek	Hangok, zörejek, dallamok	Szavak, történetek, emlékek	Ízek	Illatok

Hangulatindukció módszertani megfontolások és célok mentén				
Érzelmi állapotok kialakítása szabadon	Érzelmi állapotok kialakítása irányítottan	Érzelemkiváltó ingerek alkalmazása	Szükségletekhez illeszkedő érzelmi helyzetek kialakítása	Érzelmi szempontból jelentős fiziológiai állapotok kiváltása

19. ábra. Hangulatindukciós módszerek csoportosítása különböző szempontok mentén

A hangulatindukciós eljárások öt csoportba sorolhatók módszertani megfontolások és célok mentén (Gerrards-Hesse és mtsai, 1994). Az első csoportba azok az eljárások tartoznak, amelyeknél az érzelmet kiváltó ingert nem a kísérletvezető adja, hanem az személy hozza létre képzeleti tevékenység útján (mentális eszközökkel). Ide tartozik a hipnózis és az imagináción alapuló technikák. Például a hipnózis során az átélő módosult tudatállapotban felidéz vagy elképzel olyan helyzeteket, amikor boldognak, szomorúnak vagy éppen dühösnek érezte magát. Az imaginációs technikákat alkalmazó eljárások során az egyén feladata az, hogy képzeljen el és éljen át újra olyan helyzeteket, amikor boldog, szomorú vagy dühös volt.

Hasonlóan az elsőhöz, a második csoportba tartozó eljárások célja is a kívánt érzelmi állapot kialakítása. A különbség azonban az, hogy míg az előző esetben az átélő szabadon, a saját képzeleti tevékenységére támaszkodva alakítja ki az adott érzelmi állapotot, addig itt irányított módon érzelemkiváltó inger alkalmazásával. Ide tartozik a Velten-féle hangulatindukciós eljárás, valamint filmet, történetolvasást vagy zenei részletet követő explicit instrukció az érzelmi állapot elérésére vonatkozóan. A Velten-féle hangulatindukciós eljárás 60 semleges, 60 negatív és 60 pozitív tartalmú mondatból áll. A pozitív mondatok vidámságot, élnkséget, optimizmust, boldogságot tükröznek, míg a negatív mondatok energiahányt, fáradtságot, lassúságot, pesszimizmust és boldogtalanságot. A hangulatindukció során az átélő saját magára vonatkozó, egyes szám első személyben megfogalmazott negatív vagy pozitív mondatokat olvas, és azt a feladatot kapja, hogy az autoszugesztio elve alapján próbálja meg minél inkább átélni, vizualizálni azt, amiről az adott mondat szól („Érezd át a mondatok által közvetített hangulatot, képzeld magad az adott állapotba”). A semleges mondatokat kontrollként lehet használni, azok nem én-vonatkozásúak. A 60 mondat meghatározott sorrendben követi egymást és az általuk megfogalmazott tartalom egyre intenzívebb érzelmi állapotot közvetít. Filmek megtekintése, történetek olvasása vagy meghallgatása, és klasszikus vagy modern zenei részletek meghallgatása után az instrukció általában hasonló, mint a Velten-féle eljárásnál, az átélő képzelje el a szituációt, és „engedje át magát” a kialakuló érzelmi állapotnak.

A harmadik csoportba azokat az eljárásokat soroljuk, amelyekben az érzelmi ingereket nem követi explicit instrukció. Az átélő figyelmét nem hívják fel a kialakítani kívánt érzelmi állapotra, nem kell tudatosan törekednie az adott érzelmi állapot átélésére. Ezek a módszerek azon alapulnak, hogy az inger automatikusan hat az átélőre (azaz az átélő aktív erőfeszítése nélkül). Hasonlóan az előző csoportba tartozó ingerekhez, itt is alkalmaznak filmeket, történeteket vagy zenét, és a hangulatindukció kizárólag az inger minősége mentén (pozitív/kellemes - negatív/kellemetlen) váltja ki az érzelmi hatást, további instrukció adása nélkül. Néhány kutatásban kisebb ajándékot (pénz, édesség) adnak hangulatindukciós céllal. Ilyenkor arra alapoznak, hogy a váratlan kellemes meglepetés pozitív hangulati állapotot eredményez.

A negyedik csoportba olyan hangulatindukciós eljárásokat sorolunk, amelyek valamilyen szükséglethez kapcsolódnak. Ennek hátterét az adja, hogy az érzelmek gyakran egy szükséglet kielégítettsége vagy kielégítetlensége miatt alakulnak ki. Tehát, az a cél, hogy az egyén egy olyan helyzettel találkozzon, ami egy adott szükséglet megjelenését valószínűsít (például biztonság, valahova tartozás, teljesítmény.) A sikerélményt vagy kudarcot előidéző teljesítményhelyzetekben téves pozitív vagy téves negatív visszajelzést adnak a személynek az elért teljesítményével kapcsolatosan. A teljesítendő feladatok általában valamilyen kognitív képességet mérnek. A valahova tartozás szükségletét pedig társas interakcióban az elfogadáson vagy elutasításon keresztül mozgósítják, általában a kísérletvezető vagy egy beépített ember segítségével.

Az ötödik csoportba tartozó eljárások érzelmi szempontból fontos fiziológiai állapotok előidézését tűzik ki célul. Ennek hátterét azok az elméletek adják, amelyek szerint az érzelem feltételez egyfajta nem-specifikus fiziológiai arousal állapotot, míg a helyzet kognitív kiértékelése meghatározza annak minőségét, azaz izgalmasnak, kellemesnek, félelmetesnek vagy éppen kihívást jelentőnek címkézzük az ingert vagy a helyzetet. A fiziológiai állapotok változtatása történhet különböző hatóanyagok bevitelével (például epinefrin, koffein) vagy (valódi hatóanyag nélküli) placebo adásával. Az arc visszajelzési (faciális feedback) hipotézis alapján az arc izmainak összehúzódása vagy elernyedése különböző arckifejezéseken keresztül pozitív vagy negatív hangulati állapotváltozást eredményez.

A hangulatindukciós eljárások hatékonysága ellenőrizhető a szubjektív érzelmi állapot felmérésével, a fiziológiai állapot regisztrációjával vagy a viselkedés megfigyelésével. A szubjektív érzelmi állapotok felmérése történhet értékelő skálákkal (☛ **SAMU-skálák a 3.3.3 fejezetben**), hangulatértékelő kérdőívvel vagy melléknévlisrákkal. A fiziológiai változók közül leggyakrabban a vérnyomás és a szívritmus változását nézik. A megfigyelhető viselkedést speciális feladatokhoz kötötten vizsgálják (például depressziós személyek hosszabb idő alatt teljesítik a pszichomotoros feladatokat, mint a nem depressziós személyek), vagy a gesztusok, arckifejezés és egyéb spontán jegyek mentén. A hatékonyság értékelése történhet csoportok összehasonlításával, ahol az egyik az egyik csoport részesült hangulatindukcióban, míg a másik nem (például hangulatindukciós csoport vs. semleges, kontroll csoport) (between-subject elrendezés). Egy további lehetőség az, amikor a hangulatindukció előtti és utáni értéket vetik össze (within-subject elrendezés). Természetesen, a kétféle elrendezés kombinálható is egymással, amikor két csoportot hasonlítanak össze (hangulatindukciós csoport vs. kontroll csoport) két helyzetben (hangulatindukció előtt, után).

3.3.2 STANDARD INGERANYAGOK

Az elmúlt évtizedekben számos érzelmi ingeranyag készlet látott napvilágot. Egy 2021-ben készült összesítő adatbázis (KAPODI) (Diconne és mtsai, 2022) 364 különböző ingeranyag készletről számolt be 1950 és 2020 között. Nem meglepő módon ezek döntő többsége vizuális modalitáshoz kötött inger (117 arc adatbázis, 43 videó, 35 képi inger), 35 hanginger adatbázis, 89 szavakat tartalmazó készlet és 45 kevert modalitású ingeranyag.

Az érzelmi ingerek iránti igény nemcsak az érzelemkutatások spektrumának kiszélesedése és a kutatások nagy száma miatt növekedett meg, hanem néhány gyakorlati jellegű kihívás is indokolt az ingeranyagok számának növekedését. Ilyen például az ismételt bemutatási hatás, azaz a többször látott inger hajlamosak vagyunk jobban kedvelni, kellemesebbnek értékelni, mint az első megtekintés alkalmával (Zajonc, 1968). Más esetben pedig a vizsgálni kívánt csoport életkori, nyelvi, etnikai vagy egyéb

sajátosságai megkövetelték a speciális ingereket. Alkoholbetegek érzékenységének vizsgálatára fejlesztették ki például a Galician Beverages Picture Set (GPB) adatbázist (López-Caneda és Carbia, 2018), evészavarok kutatására pedig alkalmas lehet az Open Library of Affective Foods (OLAF) (Miccoli és mtsai, 2014, 2016).

Vannak olyan ingeranyag készletek, amelyeket kifejezetten egy adott kutatói kérdés megválaszolására fejlesztettek ki (például speciális tematika vagy populáció miatt), majd hozzáférhetővé tették tágabb tudományos közösség számára is. Más esetben viszont a kutatók elsődleges célja az ingeranyag készlet kidolgozása, bemérése és publikálása volt. Eltérések lehetnek azonban abban, hogy bizonyos esetben az ingerek kiváltják az adott érzelmet, más esetben pedig inkább megjelenítik, kifejezik azt. Ez a különbség megmutatkozik az instrukcióban: míg az első esetben a résztvevőknek arról kell beszámolniuk, hogy ők mit éreznek (milyen érzéseket váltott ki a kép bennük), míg a második esetben arról, hogy a kép mit ábrázol (milyen érzelmet jelenít meg).

A **hangokat** tartalmazó adatbázisok szavakat (például IADS, IADS-E) (Bradley és Lang, 2007; Yang és mtsai, 2018), mondatokat (Bertels és mtsai, 2013), álszavakat (Prete és mtsai, 2016), zenei részleteket (Belfi és Kacirek, 2021; Lepping és mtsai, 2016), hétköznapi zajokat vagy zörejeket (Hocking és mtsai, 2013) tartalmaznak. Beszélt szöveg esetén nagy hangsúlyt kap az intonáció és az inger szemantikus tartalma.

Az ingeranyag készletek harmada statikus vagy dinamikus **arckifejezéseket** tartalmaz. Fekete-fehér, színes, két-és háromdimenziós ingereket, egyéni arcokat és egyéni arcokból kialakított átlag arcokat (morph), beállított és spontán érzelmkifejezéseket egyaránt találunk. Léteznek nem, életkor és etnikum szempontjából homogén adatbázisok is.

A képi adatbázisok némelyike egy adott tematika (szemantikus tartalom) mentén gyűjti egybe az ingereket (például ételek, alkoholos italok, fenyegető ingerek, undort kiváltó ingerek, katasztrófa-helyzetek, társas helyzetek, erotikus ingerek), más adatbázisok viszont több kategóriát is lefednek. Ez utóbbira példa a **6. fejezet**ben részletesen bemutatásra kerülő International Affective Picture System (IAPS), vagy az Open Affective Standardized Image Set (OASIS) (Kurdi és mtsai, 2017). (A képi adatbázisok főbb jellemzőiről bővebben lásd Deák, 2025.) A képi adatbázisokban közös a standardizáltság, az érzelmkiváltó hatás normatív értékeinek megadása és sok esetben a képek fizikai paramétereinek egységessége is.

Érzelmkiváltó hatás szempontjából a **filmek** a leghatékonyabbak. Az ingerek egy része audio-vizuális, azaz az értékelő látja a képi tartalmat és hallja a hozzá tartozó hangokat, narrációt vagy kísérőzenét. Más esetben az értékelő csak a vizuális információt látja (hang nélkül). Ezek az ingerek leggyakrabban vagy filmrészletek, vagy az adott vizsgálat céljából felvett jelenetek, esetleg olyan, mozgást ábrázoló képsorozat, ahol a testrészek, izületek térbeli elhelyezkedését pontszerű megvilágítás jelzi. A mozifilmekből vett jeleneteknél a filmrészletek minősége, a mikrofon elhelyezkedése és a kameraszög nagyon változó, míg az adott kutatási céllal készülő adatbázisoknál általában standard paraméterekkel dolgoznak.

Az érzelemkiváltó **verbális** adatbázisok is többfélék lehetnek: egyedi szavak, mondatok vagy terjedelmesebb szövegek. Az egyik legerjedtebb adatbázis Peter Lang és munkatársai által kidolgozott, 1034 szót tartalmazó Affective Norms for English Words (ANEW) adatbázis (Bradley és Lang, 1999). Az ANEW adatbázisnak van francia (Monnier és Syssau, 2014), portugál (Soares és mtsai, 2012), olasz (Montefinese és mtsai, 2014) és spanyol (Redondo és mtsai, 2007) nyelvre adaptált változata is, továbbá léteznek nyelvi adatbázisok német (Schmidtke és mtsai, 2014) és holland nyelven is (Moors és mtsai, 2013).

A **kevert típusú ingerek** csoportjába olyan adatbázisok tartoznak, amelyek vagy nem köthetők egy adott modalitáshoz, vagy fiziológiai adatok is tartalmaznak (például légzés, szívritmus, bőrellenállás, testhőmérséklet). A fiziológiai adatok különösen értékesek, hiszen képesek rámutatni az egyes szubjektíven átélt érzelmekkel együttjáró testi (fiziológiai) folyamatokra, továbbá hasznos információforrásként szolgálnak a mesterséges intelligencia kutatás számára is.

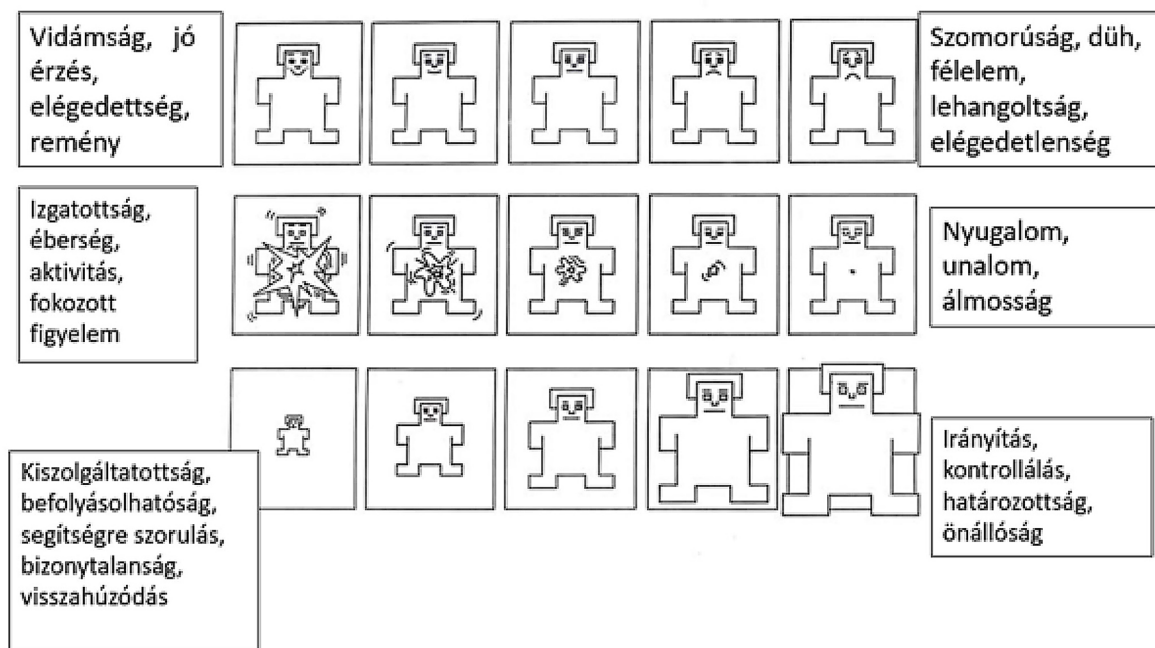
3.3.3 ÉRTÉKELÉSI SKÁLÁK, SAJÁTÉRZÉS MUTATÓ (SAMU)

Az affektív ingereket a résztvevőknek értékelniük kell. Az értékelés menete jól tükrözi a kétféle elméleti megközelítést: nagyjából fele-fele arányban oszlik meg a kategoriális és a dimenzionális értékelés (**7. táblázat**). Számos esetben azonban mindkettőt alkalmazták. A hangok, videók és kevert típusú ingerek esetében egyenletesen megoszlik a kétféle értékelés. Ezzel szemben az arcokat inkább kategóriák mentén (például alapérzelmek) értékelik a kutatásban résztvevők, míg a képeket és szavakat inkább affektív dimenziók mentén. A publikációk csekély számában azonban előfordulnak más értékelő metódusok, például az arcizmok együttállásait kódolják vagy szabad felidézést alkalmaznak érzelmileg telített szavak esetében, esetleg táncmozdulatok szépségét és kifejezőkészségét kell megítélni.

Leggyakrabban Likert-skálán történik az értékelés, a skálázás azonban nagy szórást mutat, 2 és 21 között sok változat megtalálható a publikációkban. Arcok megítélésénél főleg kényszerválasztást alkalmaznak a válaszadás során. Használatosak továbbá egyéb vizuális analóg skálák is, ugyanakkor a szabad válaszadás nem jellemző. Képi ingereknél elterjedt a Margaret Bradley és Peter Lang (1994) által kifejlesztett Self-Assessment Manikin (SAM) nevű nem-verbális értékelési eljárás. Magyar nyelvre történő adaptálásához a Saját-érzés Mutató (SAMU) elnevezést javasoljuk (Deák, 2011; Deák 2025) (**☛ 3.3.3 fejezet**). A SAMU-skálák általában öt-, hét-, vagy kilencfokúak, de próbálkozások történtek három-és tizenegy fokú változatokkal is.

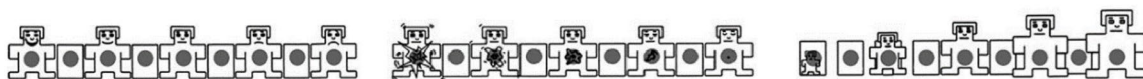
A klasszikus eljárás során a kísérleti személyek emberkét ábrázoló piktogramok segítségével jelölhetik a képek által kiváltott érzelmi élményeiket. Három dimenzió mentén történik az értékelés, egy-egy skálát öt figura jelöl, voltaképpen Likert-skála

beosztásainak megfelelően (20. ábra). A válaszlapon a figurák között üres mezők is találhatóak, így tulajdonképpen a válaszdás kilencfokú skálán történik, ahol a páratlan értékeket figurák, a páros értékeket üres mezők jelzik (21. ábra).



20. ábra. Saját-érzés Mutató (SAMU): figurák által meghatározott érzelmi dimenziók és a válaszdást segítő kifejezések

Felső sor: valencia; középső sor: arousal; alsó sor: kontroll. (Lang és mtsai, 2005 nyomán)



21. ábra. Kilencfokú SAMU-skálák valencia, arousal és kontroll dimenziókon történő értékeléshez. Pontozás: Valencia: 9 – 1, Arousal: 9-1, Kontroll: 1-9.

Az első dimenzió a *kellemesség* vagy *valencia*. A skála egyik végpontján a SAMU-figura boldog, mosolygós arcot mutat, míg a másik végponton lefelé görbül a szája, boldogtalan az arckifejezése. A kísérleti személy feladata az, hogy jelölje be a saját érzésének leginkább megfelelő figurát. Ha például a bemutatott kép kellemes érzést vált ki belőle, akkor a mosolygós SAMU figurák közül válasszon. A második

dimenzió az *intenzitás* vagy *arousal* dimenzió. Az egyik végpont erőteljes érzelmi reakciót, izgatottságot jelöl, míg a másik nyugodt állapotot ábrázol. Itt azt kell bejelölni, hogy a kép által kiváltott érzés mennyire vált ki felfokozott, izgatott állapotot vagy nyugalmat, ellazultságot esetleg unalmat. A harmadik dimenziónak több elnevezése van: *dominancia* vagy *kontroll*, amelyet különböző méretű SAMU-figurák jelenítenek meg. A kontinuum jobb oldalán lévő nagy SAMU segítségével a kísérleti személy azt jelzi, hogy a kép által kiváltott érzelmi állapot felett tud uralkodni, azaz kontrollálja az adott érzést, míg a kisebb méretű figurák arra utalnak, hogy az érzelmi állapot szinte elárasztó, eluralkodik a személyen, vagyis nehezebb kontrollálni azt.

Mindhárom dimenzióan öt figura és a figurák közti üres mezők adják a skála egyes pontjait. A figurákra és a figurák közti üres mezőkre tett jelölések alapján tehát kilencfokú Likert-skálának megfelelő módon rögzíthetők az adatok. Minden esetben a 9-es magas értéket jelöl (magas kellemességi mutató, magas arousal-kiváltó érték, nagyfokú kontroll az adott érzés felett), míg az 1-es alacsony mértékű kellemességet, gyenge izgalmi állapotot, valamint az érzések feletti kontroll alacsony szintjét mutatja.

3.4 ÖSSZEFOGLALÁS

Az affektív idegtudományi kutatásokban gyakran együtt alkalmaznak neurokognitív, fiziológiai, viselkedési és az egyén szubjektív élményét megragadó, fenomenológiai jellegű változókat. Ennek oka az integrációra való törekvés nemcsak elméleti szempontból, hanem módszertanilag is.

Az érzelmi válasz jellege és a választ létrehozó rendszer szempontjából megkülönböztetünk önbeszámolón alapuló eljárásokat, az autonóm – és a központi idegrendszer működését regisztráló eljárásokat, valamint a viselkedésben megmutatózó affektív válaszok rögzítésének módszereit.

Az affektív idegtudományi kutatások egyik legnagyobb kihívása az, hogy szubjektív jelenségeket igyekszünk megragadni objektív módszerekkel. Indokolt tehát a körültekintő, többféle elemzési szintet alkalmazó, szubjektív és objektív módszerek kombináló, a standard eljárásokat előnyben részesítő szemlélet. A szubjektív válaszok mérhetővé tétele, mennyiségekben történő kifejezése nem egyszerű, hiszen az emberek általában minőségileg eltérően reagálnak egy-egy helyzetre, eltérő mértékben férnek hozzá a szubjektív élményvilágukhoz és eltérő csatornákat használhatnak az élmény kommunikálása során (például verbálisan, nem-verbális). A kutatóknak gyakran az a feladata, hogy interpretálja vagy kategorizálja ezeket a szubjektív érzelmi válaszokat. A szubjektív érzelmi élmény megragadására szolgál az önbeszámoló, az érzelmi szavak és kifejezések elemzése, az érzések leírása, a naplózás. Rögzíthetjük, hogyan érzi magát az egyén a kísérleti helyzet előtt, alatt és után, összevethetjük a kísérleti csoport eredményeit standard értékekkel vagy a kontroll csoport eredménye-

ivel, vizsgálhatjuk a szubjektív eredmények korrelációjának mértékét objektív eredményekkel, és figyelhetjük az érzelmi élményben bekövetkező változásokat egy adott idői intervallumban.



■ ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK, KREATÍV FELADATOK

1. Milyen csoportosítási szempontokat ismer az affektív idegtudományi módszereket illetően?
2. Jellemezze a központi idegrendszeri vizsgáló eljárásokat.
3. Jellemezze a perifériás módszereket.
4. Milyen módszereket ismer az érzelmi-hangulati állapot kiváltására? Csoportosítsa ezeket különböző szempontok szerint.
5. Ismertessen egy tetszőlegesen választott módszert nem-hagyományos módon: képregény, napló-részlet, költemény vagy 2-3 perces „tudományos pitch” formájában.
6. Elemesse etikai szempontból, milyen kérdések merülhetnek fel az egyes módszerek alkalmazása során.
7. Találjon ki gyakorlati felhasználásait az affektív idegtudományi módszereknek (például kriminológia, marketing, reklám, sport).