

# **PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM**

Biológiai Doktori Iskola  
Szabályozásbiológia Program

## **Kiben bízhatunk? Komplex szociális arckifejezések felismerésének vizsgálata kognitív neuropszichológiai módszerekkel**

**PhD értekezés**

**Kovács-Bálint Zsófia**

Témavezető:  
**Dr. Hernádi István**  
egyetemi docens

**PÉCS, 2013.**

# Tartalomjegyzék

<b>TARTALOMJEGYZÉK</b> .....	<b>2</b>
<b>RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE</b> .....	<b>4</b>
<b>1. BEVEZETÉS</b> .....	<b>5</b>
<b>2. KORAI CSALÓDETEKCIÓS VIZSGÁLATOK</b> .....	<b>6</b>
<b>3. ARCKIFEJEZÉSEK VIZSGÁLATA</b> .....	<b>8</b>
<b>4. AZ ARCKIFEJEZÉS-FELISMERÉS KÖZPONTI IDEGRENSZERI FOLYAMATAI</b> .....	<b>9</b>
4.1. AZ ARCKIFEJEZÉSEK IDŐBELI FELDOLGOZÁSA .....	9
4.2. A SZOCIÁLISAN RELEVÁNS ARCKIFEJEZÉSEK IDŐBELI FELDOLGOZÁSA .....	13
4.3. AZ ARCFELISMERÉSÉRT FELELŐS AGYI TERÜLETEK .....	15
4.4. A SZOCIÁLISAN RELEVÁNS ARCKIFEJEZÉSEK FELDOLGOZÁSÁÉRT FELELŐS AGYI TERÜLETEK .....	18
<b>5. CÉLKITŰZÉSEK</b> .....	<b>20</b>
<b>6. A CSALÁS ARCKIFEJEZÉSÉNEK ÉS FELISMERÉSÉNEK VIZSGÁLATA MAGATARTÁSI PARADIGMÁKBAN</b> .....	<b>21</b>
6.1. MÓDSZEREK .....	21
6.1.1. Arc-adatbázis létrehozása és validálása .....	21
6.1.2. Csalófelismerési vizsgálatok .....	23
6.1.3. Csaló- és kooperáló arckifejezések mikromimikai vizsgálata .....	24
6.2. EREDMÉNYEK .....	26
6.2.1. Arc-adatbázis létrehozása és validálása .....	26
6.2.2. Csalófelismerési vizsgálatok .....	27
6.2.3. Csaló- és kooperáló arckifejezések mikromimikai vizsgálata .....	30
6.3. DISZKUZZIÓ .....	33
<b>7. A CSALÓ ÉS KOOPERÁLÓ ARCKIFEJEZÉSEK IDŐBELI FELDOLGOZÁSÁNAK VIZSGÁLATA ESEMÉNYFÜGGŐ POTENCIÁLOK ELEMZÉSÉVEL</b> .....	<b>36</b>
7.1. MÓDSZEREK .....	36
7.2. EREDMÉNYEK .....	39
7.2.1. A paradigma tesztelése .....	39
7.2.2. Arcfelismeréshez kötődő EP-k .....	40
7.2.3. A különbségi hullámok analízise .....	42
7.3. DISZKUZZIÓ .....	44

<b>8. A CSALÓ ÉS KOOPERÁLÓ ARCKIFEJEZÉSEK FELISMERÉSÉRT FELELŐS KÉRGI STRUKTÚRÁK VIZSGÁLATA FMRI SEGÍTSÉGÉVEL.....</b>	<b>47</b>
8.1. MÓDSZEREK.....	47
8.2. EREDMÉNYEK .....	49
8.3. DISZKUSSZIÓ .....	51
<b>9. A MEGBÍZHATÓSÁGOT / MEGBÍZHATATLANSÁGOT TÜKRÖZŐ ARCVONÁSOK KÉRGI FELDOLGOZÁSÁNAK VIZSGÁLATA ELTÉRÉSI NEGATIVITÁS PARADIGMÁBAN .....</b>	<b>54</b>
9.1. MÓDSZEREK.....	54
9.2. EREDMÉNYEK .....	57
9.3. DISZKUSSZIÓ .....	61
<b>10. ÖSSZEFOGLALÁS.....</b>	<b>65</b>
<b>12. IRODALOMJEGYZÉK.....</b>	<b>71</b>
<b>13. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....</b>	<b>85</b>
<b>14. MELLÉKLETEK .....</b>	<b>86</b>
14.1. A SZÁMÍTÓGÉPES PDG SORÁN HASZNÁLT TÖRTÉNET .....	86
14.2. AZ FMRI ANALÍZIS SORÁN MEGFIGYELT SZIGNIFIKÁNS HAEMODINAMIKAI VÁLASZOK.....	87
14.3. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK .....	88

## Rövidítések jegyzéke

**ACC:** Anterior cingularis cortex

**BOLD szignál:** Blood oxygenation level dependent signal, vér oxigenáltsági fok-függő szignál

**EEG:** Elektroenkefalográfia

**EP:** Eseményfüggő potenciál

**FACS:** Facial Action Coding System, arckódoló rendszer

**FFA:** Fusiform face area, fusiform terület

**fMRI:** Functional magnetic resonance imaging, funkcionális mágneses rezonanciás eljárás

**IOG:** Inferior occipital gyrus, gyrus occipitalis inferior

**ISI:** Inter-stimulus interval, két inger bemutatása közötti szünet

**LFLR:** Lower face lip-rounder movements, alsó arcfél szájkerekítő izmai

**LFLS:** Lower face lip-stretcher movements, alsó arcfél szájfeszítő izmai

**LFUD:** Lower face up-down movements, alsó arcfél fel-le irányú mozgásai

**MFG:** Medial frontal gyrus, gyrus frontalis medialis

**MMN:** Mismatch negativity, eltérési negativitás

**OFA:** Occipital face area, occipitalis terület

**PDG:** Prisoners' dilemma game, fogolydilemma játék

**PFC:** Praefrontalis cortex

**rANOVA:** Repeated measures analysis of variances, ismételt mérések variancia-analízis

**RI:** Reakcióidő

**RMA:** Ritka megbízható arcok blokkja; ritka inger = megbízható arcok, gyakori inger = megbízhatatlan arcok

**RNMA:** Ritka nem megbízható arcok blokkja; ritka inger = megbízhatatlan arcok, gyakori inger = megbízható arcok

**rTMS:** Repeated transcranial magnetic stimulation, ismétléses transcranialis mágneses ingerlés

**SE:** Standard error, az átlag standard hibája

**SFG:** Superior frontal gyrus, gyrus frontalis superior

**STS:** Sulcus temporalis superior

**UFEM:** Upper face and eye movements, felső arcfél és a szemkörnyéki izmok

**vMMN:** Visual mismatch negativity, vizuális eltérési negativitás

**VPP:** Vertex-pozitív potenciál

## 1. Bevezetés

Társas kapcsolataink jellemzői a kölcsönösség és az együttműködés, ezek a folyamatok azonban nemcsak rokonainkra, hanem idegenekre is irányulhatnak. „*Idegenek*” alatt persze nemcsak az ismeretleneket kell érteni, hanem minden olyan személyt is, akihez nem fűz rokoni kapcsolat – például barátok, iskolatársak, munkatársak, stb. A rokonokkal való együttműködés, a feléjük irányuló önzetlenség – nepotizmus - szinte természetes. A rokoni altruizmus csökkentheti a személyes rátermettségünket, ugyanakkor a (saját génjeinket is hordozó) rokonok támogatása növeli a teljes rátermettséget, saját genetikai képviselőtünket a következő generációkban. A támogatás, a kölcsönösség azonban nemcsak a rokonok felé irányulhat. A reciprok altruizmus idegenek között alakul ki, a kölcsönösség megtérülésének reményében. A teljes rátermettséget ugyanis ez a típusú támogatás is növeli, amennyiben az együttműködésnek köszönhetően nőnek az egyén túlélési és szaporodási esélyei (Bereczkei, 2003).

A reciprok altruizmus tehát akkor jön létre, ha általa saját genetikai fitness-ünket növelni tudjuk (nyereséges), illetve, ha biztosítottnak látjuk a segítség megtérülését. Ennek érdekében igyekszünk kiszűrni környezetünkben a csalókat; azokat a személyeket, akik látszólag hajlanak a kölcsönösségre, valójában azonban nem fogják megtéríteni segítségünket, ezzel növelve saját nyereségüket. Egyes kutatók szerint ún. „csalódetektor” modullal rendelkezünk, melynek segítségével nemcsak kiszűrjük a csalókat, de elkerüljük a nagyobb veszteséggel, mint haszonnal járó szociális csere helyzeteket (Cosmides, 1989; Cosmides és Tooby, 1992). A csalódetektor az egyik legfontosabb területspecifikus modul a társas csere folyamatában. Ennek segítségével képesek vagyunk felismerni és megkülönböztetni azokat az embereket, akik mások számára kedvezőtlenül döntöttek/cselekedtek a szociális csere eddigi folyamataiban; képesek vagyunk kiközösíteni őket, és büntetést szabni rájuk.

Az agyban zajló folyamatok, aktivációs mintázatok vizsgálata az utóbbi néhány évtizedben rohamos fejlődésnek indult, ezzel párhuzamosan a pszichés történések neurológiai hátterének vizsgálata is fellendülőben van. Időszerű tehát az evolúciós pszichológia és a neurofiziológia egymás mellé állítása, az adaptív stratégiák/algorithmusok hátterében meghúzódó agyi folyamatok feltérképezése, lokalizációja.

## **2. Korai csalódetekciós vizsgálatok**

A csalók felismerésének képességével már a 80-as évektől kezdve foglalkoznak a kutatók, a 90-es években pedig megindultak a csaló arckifejezésre irányuló vizsgálatok. Linda Mealey és mtsai. (1996) kutatásukkal igazolták, hogy a csalók arcára jobban emlékezünk egy hét elteltével, mint a kooperálókéra. Eredményeikből három fontos konklúziót vonhatunk le: (1) jobban emlékezünk egy csaló arcára, mint egy kooperálóéra vagy egy semleges arcra; (2) a nők jobban emlékeznek az arcokra, mint a férfiak; (3) jobban emlékezünk az alacsonyabb státuszú csalókra, mint a magasabb státuszúakra.

Azonban felmerül egy probléma a fenti vizsgálattal kapcsolatban: a megítélendő képeket egy sportmagazinból választotta ki a kutatás vezetője. A válogatás ugyan szigorú kritériumok mentén történt, azonban nem lehet tudni, hogy a képeken látható személyek ténylegesen csalók vagy kooperálók voltak-e. Ennek a problémának az áthidalására kidolgoztak egy játékelméleti modellt, az ún. „*fogolydilemma játék*”-ot (Prisoner's Dilemma Game, PDG) (Bereczkei, 2003). A játék lényege, hogy besorolja a játékost aszerint, hogy egy bizonyos kétirányú (dichotom) döntési helyzetben mit választ: kooperál a társával, vagy a kisebb büntetés reményében becsapja őt – ebből fakad a dilemma.

Ez a módszer rendkívül elterjedt a modern csalódetekciós vizsgálatokban a vizsgálati személyek csoportosítására (csaló vagy kooperáló), mivel gyors, egyszerű és megbízható.

Ebből kifolyólag számos kutató, többek között Yamagishi és mtsai. (2003) is ezt a módszert választották a vizsgálati anyagukat adó fényképek elkészítéséhez. Kísérletsorozatuk több részből állt, melyek mindegyikéhez a fogolydilemma játékot követően készült fényképeket használtak fel. Szignifikáns különbséget kaptak a csalókra és a kooperálókra való emlékezés között (a csalókra 63%, a kooperálókra 57%-ban emlékeztek a résztvevők). Amikor résztvevők olyan fényképeket láttak, amelyek nem a PDG játék után, hanem a döntéshozás pillanatában készültek, valamint egyúttal szupermotiválttá is tették őket (teljesítményfüggő jutalmat ígértek nekik), a kettő hatására a vizsgálati alanyok emlékezeti rátája nagymértékben megnőtt: 86%-ban emlékeztek helyesen a csalókra, és 83%-ban a kooperálókra (átlag 84%). Yamagishi és mtsai. (2003) kísérleteiből tehát kitűnik, hogy az emberek jobban emlékeztek a csalókra, mint a kooperálókra, mintha valami különbség lenne a két típus arcvonásai között. Ez a különbség különösen dominál akkor, ha a fénykép a csalás pillanatában készül az illető személyről, és nem utána. Ezt igazolta egy belga kutatócsoport is; Verplaetse és mtsai. (2007) Yamagishi és mtsai. kutatásából kiindulva bizonyították, hogy a fénykép elkészítési idejének rendkívül nagy jelentősége van. Három fotót készítettek a fogolydilemma játékot játszó személyekről: egy neutrális képet, egyet játék közben, a gyakorló feladat során, és egyet a tényleges játék alatt; utóbbi kettőt a döntés pillanatában. A későbbi vizsgálati személyek első feladata az volt, hogy ítélik meg a lefotózott személyeket, hogy kooperálók-e vagy sem; második feladatuk pedig egy emlékezeti feladat volt (látták-e az aktuális személyt az előző fordulóban). A résztvevők a véletlennél szignifikánsan nagyobb arányban ismerték fel a csalókat és a kooperálókat, de csak akkor, ha a képet a tényleges játék során a döntés pillanatában készítették róluk. A megítélés magabiztosabb volt a csalók esetében. Az emlékezeti feladatban szintén csak a valós fogolydilemma helyzetben készült képek esetében találtak a véletlennél magasabb arányú felismerést (a csalókat 72%, a kooperálókat 66%-ban ismerték fel).

### 3. Arckifejezések vizsgálata

Fenti vizsgálatokból jól látszik, hogy képesek vagyunk olyan jegyeket detektálni az emberi arcon, amelyekből következtethetünk az adott személy szándékára (csaló- vagy kooperáló magatartására) társas csere szituációban. Azon arcvonások egy része, amelyekből ilyen következtetéseket vonhatunk le, magának az arc morfológiájának köszönhető, és az adott személy megbízhatóságáról szolgáltat információt. Kutatások igazolták például, hogy a férfiak megbízhatónak tűnnek, ha arcuk és álluk kerekesebb, szélesebb, szájuk nagyobb és szeglete kissé felfelé húzódik, szemük kicsit nagyobb és szemöldökeik közelebb vannak egymáshoz; valamint, hogy ezen vonások ellentétjei (hosszabb és karakteresebb áll, szűkebb száj lefelé mutató külső szájzuggal, kisebb szemek, távolabb elhelyezkedő szemöldökök) megbízhatatlanságot sugároznak (Rezlescu és mtsai., 2012; Kleisner és mtsai., 2013). Az ilyen arcvonások jellemzője, hogy veleszületett, és nem változékony.

Ezzel szemben egy társas csere szituációban, amikor a résztvevőnek el kell döntenie, hogy becsapja-e a partnerét, akkor a döntés során olyan erős érzelmeket élhet át, amelyeket nem tud elrejtene, így egyértelműen megjelenik az arcán a csalás intenciója (Ekman, 1985; Vanneste és mtsai., 2007; Schug és mtsai., 2010). Az ilyen társas csere helyzetekben fontos szerepet játszik a tekintet iránya; a közvetlenül a szemünkbe néző arcok ugyanis a „megközelítő rendszert”, míg az elfordított tekintet az „elkerülő rendszert” aktiválják, és ezáltal megbízhatatlanságot tükröznek (Birkás és Lábadi, 2010; Birkás, 2011). Ezek olyan pillanatnyi arckifejezések, amelyek nagyon rövid időre jelennek meg az arcon, ezért detektálásuk rendkívül nehéz, nagy odafigyelést igényel.

Az ilyen, pillanatnyi arckifejezések („micro-mimikai jelzések”) analizálására dolgozott ki Ekman és Friesen (1976) egy, az arckifejezések kvantitatív összehasonlítását lehetővé tévő arckódoló rendszert, a *'Facial Action Coding System'*-et (FACS). A rendszer lényege, hogy az arckifejezések kialakításáért felelős izmok vagy izomcsoportok feszülési



állapotát egy skálán jelzik a pontozók, akik ugyanazon személy semleges-, illetve valamilyen érzelmet tükröző arckifejezését hasonlítják össze. A szerzők minden egyes arcizmot/izomcsoportot ún. „arcsemények” (*Action Unit*-ok, *AU*-k) alá soroltak be, az arckifejezések pontozása tehát ezek mentén történik, szigorú szempontok alapján. A rendszer mára széleskörűen elterjedt a kutatók körében, akik ennek segítségével leírták többek között, hogy az egyes alapérzelmek átélésekor mely arcizmok lépnek működésbe, illetve, hogy az adott izmoknak köszönhetően milyen mikro-mimikai jelzések jelennek meg az arcon. Öröm átélésekor például a szemöldök külső sarka, az orca és az ajkak külső szeglete tipikusan felfelé emelkednek, míg a harag átélésekor a szemöldök lefelé mozdul, a szem tágra nyílik az alsó szemhéj emelkedése mellett, a külső szájjug körüli izmok megfeszülnek, esetlegesen a fogak is kilátszódnak (Kohler és mtsai., 2004). Fentiekén kívül azonosították a szomorúsághoz, undorhoz, meglepődéshez, mint alapérzelmekhez kapcsolódó arckifejezéseket (Kohler és mtsai., 2004; Schutzwohl és Reisenzein, 2012); azonban mindmáig keveset tudunk a csalás következtében megjelenő arckifejezésekről.

## **4. Az arckifejezés-felismerés központi idegrendszeri folyamatai**

### **4.1. Az arckifejezések időbeli feldolgozása**

Az emberi arcról leolvasható információk feldolgozása rendkívül gyorsan, néhány 100 ms alatt végbemegy az agyban. A technika fejlődésének köszönhetően a mai nagyfelbontású elektroencefalográfiás (EEG) készülékek segítségével vizsgálhatóak a különböző ingerek hatására eltérő mintázatban depolarizálódó kérgi idegsejt-csoportok, így a kutatók képesek az ingerfeldolgozás idői felbontását nem-invazív módon követni az agykéregben, millisekundum-os (vagy ennél is nagyobb) pontossággal. Kiváltott válasz technika segítségével megfigyelhető, hogy adott ingerek (pl. arcok) hatására milyen

aktivációs mintázatok rajzolódnak ki a kéregben, amelyből következtetni tudunk az inger tulajdonságainak feldolgozási sebességére, illetve adott esetben a feldolgozás helyére is (forrás-analízis, pl.: LORETA segítségével).

Szomatoszenzoros rendszerünk legfontosabb bemenete a vizuális rendszer, a legtöbb információ látás útján éri el idegrendszerünket. Az emberi arc ezen belül is kiemelt jelentőségű; az arcról leolvasható információk feldolgozásának idői paramétereivel évtizedek óta foglalkoznak a kutatók. Az első EEG tanulmány, amelyben arcok által kiváltott *eseményfüggő potenciál*-okat (EP) tanulmányoztak, közel 25 éve született (Jeffreys, 1989). A vizsgálatok során megfigyelt EP komponenszt N170-nek nevezték el, ami arra utal, hogy a komponens az inger bemutatását követően nagyjából 170 ms-mal egy negatív amplitúdójú csúcsot vált ki a posterior elektródokon. Ez a komponens az arcérzékelés olyan neurofiziológiai markere, amely megbízhatóan jelzi az arcinger detektálását a látórendszerben (Eimer, 2011). Ezt a hullám komponenszt elsősorban emberi arcok bemutatásával lehet kiváltani, állatok arcára, illetve nem-arc jellegű tárgyakra ez a komponens nem jelenik meg (kivételt képeznek azok az élőlények, tárgyak, amelyek ismeretében a vizsgált személy szakértő (Rossion és mtsai., 2002; Rossion és mtsai., 2004)). Az N170-es komponens amplitúdója az inger bemutatását követő 130-190 ms-os tartományban éri el a maximumát, ez a maximum nagyobb a jobb-, mint a bal oldalon, és a legnagyobb értékeket a hátsó-oldalsó (posterior-temporalis) kérgi területek fölött veszi fel (Rossion és mtsai., 2003a; Balconi és Lucchiari, 2005; Gainotti, 2007). Az N170-es komponens amplitúdójának, illetve latenciájának modulálására számos vizsgálat született az elmúlt években. Ilyen moduláló tényező az arcinger fizikai megjelenése, pl.: az inger téri frekvenciája (Goffaux és mtsai., 2003), színe (Minami és mtsai., 2011), orientációja (megfordítási hatás, Doi és mtsai, 2007; Rossion és mtsai, 1999), láthatósága (morpholás, illetve subliminális ingerbemutatás, Balconi és Lucchiari, 2005; Mitsudo és mtsai, 2011). Továbbá azt is kimutatták, hogy az N170-es komponens kiváltásában nagy

szerepe van a szem környéki régióknak; pusztán a szemek bemutatásával nagyobb amplitúdójú N170-es komponens lehet kiváltani, mint teljes arcok bemutatásával, illetve a szemek törlésével/kitakarásával az N170 EP is eltűnik (Bentin és mtsai., 1996; Bentin és mtsai., 2006; Itier és mtsai., 2011).

Azonban nem az N170 az egyetlen EP, amely kiváltható arcingerrek hatására. Létezik egy korábban megjelenő EEG hullám komponens, az ún. P1-es EP, ami nagyjából 100 ms-mal az inger bemutatást követően jelenik meg (Linkenkaer-Hansen és mtsai., 1998), és amelynek amplitúdóját, illetve latenciáját szintén befolyásolják az arcinger fizikai tulajdonságai (pl.: megfordítási hatás (Eimer és Holmes, 2002; Rossion és mtsai., 2003a; Doi és mtsai., 2007; Chammat és mtsai., 2010), láthatóság (Mitsudo és mtsai., 2011)).

Az arcingerrek tulajdonságainak feldolgozása későbbi EEG komponensekben is tükröződik; ilyen például a P2-es komponens, amely nagyjából az ingerbemutatást követően 200 ms-mal jelenik meg (Freunberger és mtsai., 2007). Ennek a komponensnek az amplitúdója szintén befolyásolható az inger (arc) vonásainak fizikai (konfigurális) változtatásával (Luck és Hillyard, 1994; Mercure és mtsai., 2008), nagymértékben függ a vizsgált személy figyelmi szintjétől (Yang és mtsai., 2012), illetve attól, hogy a feladat elvégzése során szükség van-e memória-előhívásra (Dunn és mtsai., 1998; Puce és mtsai., 1999; Paulmann és Pell, 2009). A komponens tipikus kérgi eloszlása a skalpon parieto-occipitalis vagy fronto-centralis forrással jelenik meg; utóbbit más néven *vertex-pozitív potenciál*-nak (VPP) is szokták nevezni.

Vannak továbbá olyan inger-tulajdonságok, amelyek feldolgozásához még több időre van szüksége az emberi agynak. Ezen tulajdonságok feldolgozása az ún. *késői EP*-kben követhető nyomon, mint pl. az N400-as, vagy a P600-as komponensek, amelyek (arcingerrek feldolgozásáról lévén szó) az arc vonásainak tudatos feldolgozásakor, illetve az identitás felismerésekor jelennek meg (Saavedra és mtsai., 2010; Gosling és Eimer, 2011). Az N400-as

komponens nagyjából az inger bemutatása után 250-500 ms-mal jelenik meg, általában szemantikus anomáliák feldolgozásakor (Kutas és Hillyard, 1980). Újabb azt is kimutatták, hogy az arc identitásának („jelentésének”) kódolása során, valószínűsíthetően az ismerős archoz kapcsolódó szemantikus információk felidézésének, illetve feldolgozásának köszönhetően változik az N400-as EP amplitúdója (Kutas és Federmeier, 2011). Ismerős arcok látványára kisebb amplitúdójú, illetve latenciájú N400-as EP jelenik meg; illetve az amplitúdó növekedése valószínűsíti az adott arc tudatos felismerését (Guillem és mtsai., 2001; Jemel és mtsai., 2010; Saavedra és mtsai., 2010). Ezzel szemben a P600-as komponens (amit egyes tanulmányok késői pozitív komponensnek, LPC-nek is neveznek) nagyobb amplitúdó értéket vesz fel, ha a bemutatott arc ismerős (akár korábban ismert (extra-experimentális familiaritás, pl. celeb), akár a feladat végzése során vált ismertté (intra-experimentális familiaritás, pl. ismétlési hatás)), ami valószínűleg az ismerőshöz kapcsolódó epizodikus memória aktiválódásának köszönhető (Eimer, 2000; Saavedra és mtsai., 2010; Gosling és Eimer, 2011).

Fontos megemlítenünk továbbá egy olyan származtatott EP-t, amelynek vizsgálata az utóbbi néhány évtizedben vált elismertté és elfogadottá, és amelynek segítségével a gyors, automatikus deviancia-detekció kérgi hátterét tanulmányozhatjuk (Näätänen és mtsai., 1978; Czigler, 2007, 2010; Kimura és mtsai., 2011; Winkler és Czigler, 2012). Ez a komponens az ún. *eltérési negativitás* (mismatch negativity, MMN), amelyet kakukktojis paradigma segítségével vizsgálhatunk. A módszer lényege, hogy egy elterelő feladat hátterében különböző gyakorisággal mutatunk ingereket a vizsgálati személyeknek, akik ezeket az ingereket megpróbálják figyelmen kívül hagyni. Ezután a deviáns- (ritka), és standard (gyakori) ingerek által kiváltott EP-eket kivonjuk egymásból, és amennyiben a vizsgált személy detektálja a gyakori ingerek közé „rejtett” ritka ingereket (mindamelllett, hogy nem figyel oda rájuk), akkor egy negatív csúcs jelenik meg az EEG regisztrátumon nagyjából

200 ms-mal az ingerek bemutatását követően. Az MMN komponenst eleinte auditoros feladatok során vizsgálták (Naatanen, 1990; Naatanen és Winkler, 1999; Winkler és mtsai., 2001; Naatanen és mtsai., 2007), ezt követően tértek át az intermodális- (auditoros elterelő feladat alatt vizuális ingerek bemutatása), majd a vizuális intramodális (vizuális elterelő feladat alatt vizuális ingerek bemutatása) feladatok alkalmazására (Pazo-Alvarez és mtsai., 2003). Az utóbbi évtizedekben tipikusan szín (Czigler és mtsai., 2002), orientáció (Astikainen és mtsai., 2004; Kimura és mtsai., 2010), mozgás (Pazo-Alvarez és mtsai., 2004a; Pazo-Alvarez és mtsai., 2004b), téri frekvencia (Heslenfeld, 2003), kontraszt (Stagg és mtsai., 2004), szimmetria (Kecskés-Kovács és mtsai., 2013), és absztrakt szekvenciális szabályosság (Stefanics és mtsai., 2011) vizsgálata során mutatták ki a felsorolt jellegek automatikus detektálási képességét az emberi idegrendszerben a vizuális MMN (vMMN) komponensnek köszönhetően; továbbá igazolták az MMN komponensnek a bemutatott inger automatikus, tudatos felismerés hiányában történő kialakulását is (Berti, 2011).

#### ***4.2. A szociálisan releváns arckifejezések időbeli feldolgozása***

Napjainkban az arccal kapcsolatos EEG kutatások egyik legkedveltebb témája a különböző arckifejezések időbeli feldolgozásának vizsgálata. Kutatások bizonyítják, hogy a kérgi idegsejtek a különböző arckifejezések hatására nagyon korán, már az ingerbemutatót követő 100 ms-on belül eltérő tüzelést mutatnak. A semleges arcokhoz viszonyított eltérő kérgi aktivitást elsősorban negatív érzelmek arckifejezései váltják ki (pl. szomorúság, félelem), amelynek ilyen korai, adaptív detektálása evolúciós szempontból kiemelt jelentőségű (Eimer és Holmes, 2002; Chammat és mtsai., 2010). Ugyanakkor kimutatták a szemek hangsúlyos szerepét: nemcsak félelmet tükröző teljes arcok, hanem félelmet tükröző szempárok fehér részének bemutatása is elegendő a P1 EP amplitúdójának növeléséhez, ami

függ a vélt félelem mértékétől (Feng és mtsai., 2009). Kimutatták továbbá azt is, hogy az érzelmi állapotot (félelmet, boldogságot, undort, stb.) kifejező arckifejezések negatívabb N170-es EP-t (Batty és Taylor, 2003; Eimer és mtsai., 2003; Caharel és mtsai., 2005; Blau és mtsai., 2007; Eimer és Holmes, 2007; Luo és mtsai., 2010), és nagyobb amplitúdójú, illetve kisebb latenciájú P2-es EP-t (Mikhailova és Bogomolova, 2000; Paulmann és Pell, 2009; Leleu és mtsai., 2010) váltanak ki a semleges arcokhoz képest. Vizuális MMN paradigma segítségével kimutatták továbbá azt is, hogy arckifejezésekben bekövetkező változásokat a látórendszerünk automatikusan detektálja (Susac és mtsai., 2004; Zhao és Li, 2006; Astikainen és Hietanen, 2009; Gayle és mtsai., 2012; Kimura és mtsai., 2012; Stefanics és mtsai., 2012).

Azonban nemcsak partnerünk aktuális érzelmi állapotát olvashatjuk le arckifejezéséből, hanem olyan információkat is, amelyek fontosak lehetnek számunkra egy társas csere helyzetben. A másik fél viselkedéséből, arckifejezéséből következtethetünk például a személyiségére (Bond és mtsai., 1994; Borkenau és mtsai., 2004), vagy akár a jövőbeli szándékára is. Nagyon rövid ideig, mindössze 100-200 ms-ig elég látni partnerünk arcát ahhoz, hogy következtetést vonjunk le a megbízhatóságát illetően (Willis és Todorov, 2006; Todorov és mtsai., 2009; Shen és mtsai., 2012). Kutatások bizonyították, hogy a szociális szempontból releváns arcvonások feldolgozása nagyon rövid idő alatt megtörténik, valószínűsíthetően az arc strukturális feldolgozásával párhuzamosan (Pizzagalli és mtsai., 2002; Yang és mtsai., 2011; Dzhelyova és mtsai., 2012). Ugyanakkor az is bizonyítottá vált, hogy az olyan szociálisan releváns arcvonások, mint például a megbízhatóság, befolyásolják a P1-es EP amplitúdóját (megbízhatatlan arcok bemutatásával nagyobb amplitúdójú P1-es EP indukálható) (Yang és mtsai., 2011; Marzi és mtsai., 2012). Mások nem találtak ennyire korai feldolgozási hatást a megbízhatóság terén, viszont kimutattak egy nemek közti torzítást az N170-es komponens vizsgálata során: a megbízhatatlan férfi arcok, illetve a megbízható női

arcok negatívabb csúcsamplitúdót váltottak ki a megbízható férfiakhoz, illetve a megbízhatatlan nőkhöz képest (Dzhelyova és mtsai., 2012).

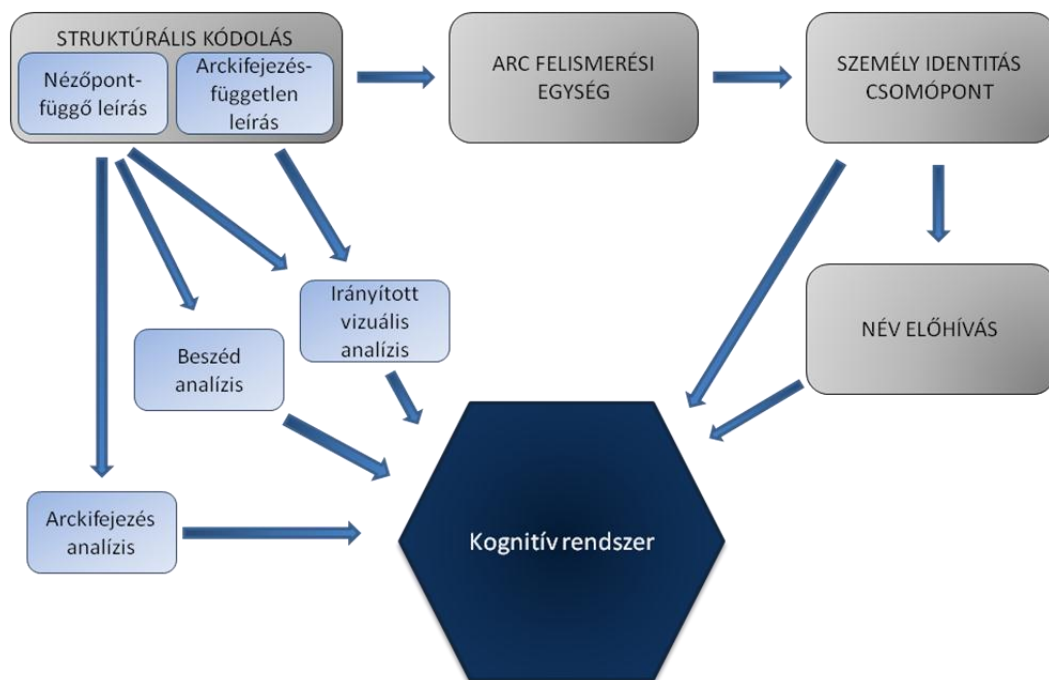
Fenti tanulmányok alapján elmondhatjuk, hogy az emberi agy nagyon gyorsan, a másodperc tört része alatt képes információkat kódolni az emberi arcról. Az arc strukturális vonásainak feldolgozásával párhuzamosan, automatikusan kódoljuk partnerünk érzelmi állapotát, illetve további olyan fontos információkat (pl. személyiség, megbízhatóság), amik a saját benyomásaink, intencióink kialakításához szükségesek, hogy sikeresek lehessünk az adott társas csere helyzetben. Láthatjuk, hogy a megbízhatóságot tükröző arcvonások idői feldolgozásának vizsgálatára már vannak kezdeményezések. Azonban az a képességünk, mely szerint képesek vagyunk automatikusan felismerni partnerünk arcán a csalásról, hazugságról árulkodó arckifejezéseket, a mai napig kutatások tárgyát képezi (Cosmides és mtsai., 2010). Ezen arckifejezések gyors, pre-attentív feldolgozása életbevágóan fontos, hiszen egy részük potenciálisan veszélyre figyelmeztet, arra, hogy mások becsapnak, megkárosítanak bennünket.

### ***4.3. Az arcfelismerésért felelős agyi területek***

Az arckifejezések felismeréséért felelős agyterületek vizsgálata az utóbbi évtizedekben a különböző funkcionális agyvizsgálati eljárások (EEG, fMRI, rTMS, ld. később) fejlődésének köszönhetően fellendült. A kutatók összehasonlították gyerekek és felnőttek arcfelismerési képességeit, és azt találták, hogy már születéskor létezik egy moduláris arcfelismerő mechanizmus, ami a fejlődés során generalizálódik, de a folyamat minden életkorban ugyanazokon a mechanizmusokon alapszik (Gauthier és Nelson, 2001). Az arcok a külvilág tárgyainak egy bizonyos csoportját alkotják az első 6 hónapban, felismerésük képességének fejlődése függ a tapasztalatoktól. Az arcfelismerés képessége a temporális

lebeny alsó tekervényében található ún. infero-temporalis kéreghez köthető. A tapasztaltok növekedésével, feltehetően a perceptuális tanulásnak köszönhetően fejlődik ez a terület (Nelson, 2001).

A vizuális ingerek feldolgozása nagyon bonyolult folyamat, számos agyterület összehangolt működése felelős érte. A kutatási eredmények egy része bizonyítja, hogy terület-specifikus mechanizmusok irányítják a vizuális információk feldolgozását, azaz specifikus agyterületek felelősek a különböző látási információk feldolgozásáért (Kanwisher, 2010). Az emberi arc, mint kiemelt jelentőségű vizuális információ feldolgozása is ilyen, jól körülhatárolt és összehangolt területek működésének következménye. Bruce és Young (1986) az arcokról leolvasható információk feldolgozásának menetét az *arcészlelés kognitív modelljében* írta le (1. ábra).

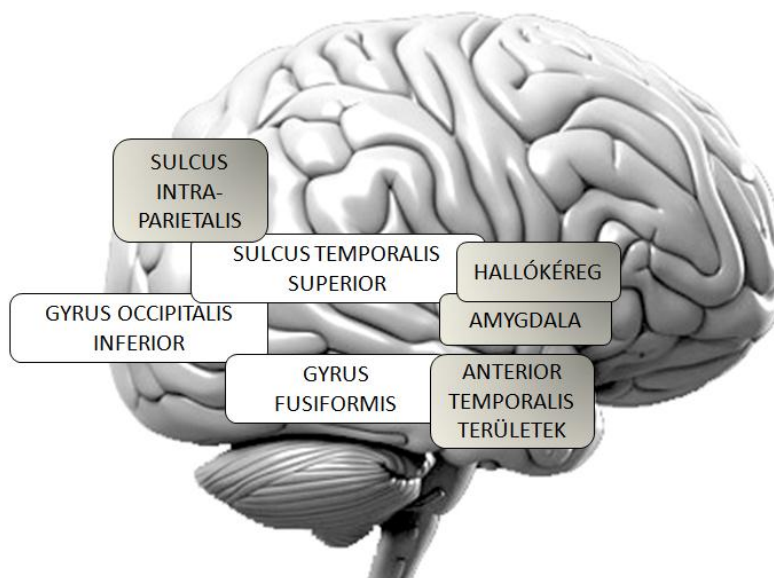


**1. ábra.** Az arcészlelés kognitív modellje, Bruce és Young (1986) nyomán.



Ez a széles körben elterjedt funkcionális modell két elkülönült folyamat jelenlétét hangsúlyozza, amelyek az arc identitásának és az arckifejezés jelentésének párhuzamos feldolgozását teszik lehetővé (Calder és Young, 2005). A modell alapján az arcfelismerés folyamata egy strukturális feldolgozással kezdődik, ami az arcvonások alacsonyabb szintű feldolgozását jelenti, és amire ráépülnek az arckifejezés- és arcidentitás feldolgozásának magasabb rendű folyamatai (Adolphs, 2002).

Később a Bruce-Young modellel összhangban Haxby és mtsai (2002) meghatározták azokat az agyterületeket, amelyek az emberi arcfelismerés háttérében álló kiterjedt neurális hálózatot alkotják (2. ábra).



**2. ábra.** Az arc-feldolgozó neurális hálózat, Haxby és mtsai. (2002) nyomán.  
A központi rendszert fehér-, míg a kiterjesztett rendszert szürke szövegdobozok jelzik.

Ez a modell két részre bontja az arcról leolvasható információk feldolgozásáért felelős agyterületeket. Az egyik csoportba („központi rendszer”) azok az agyterületek tartoznak, amelyek magáért az arcok arcként történő azonosításáért felelősek (pl. identikus vonások, fej szöge, stb). A központi rendszer magába foglalja a *gyrus occipitalis inferior*-t (azon belül az occipitalis arcterületet (occipital face area, OFA), a *sulcus temporalis superior*-t (STS),

valamint a *gyrus fusiformis lateralis*-t (azon belül is a fusiform arcterületet (fusiform face area, FFA) (Kanwisher és mtsai., 1997; Halgren és mtsai., 1999; Hoffman és Haxby, 2000). A modell másik csoportjába („*kiterjesztett rendszer*”) azon agyterületek tartoznak, amelyek az arcokhoz kapcsolódó további információk (pl. az illető figyelmi fókuszának, szájmozgásának, nevének, stb) feldolgozásáért felelősek. A kiterjesztett rendszer magába foglalja a *sulcus intraparietalis* -t, az *amygdala*-t, a hallókérget, valamint az anterior temporalis területeket. Két fontos régiót érdemes kiemelni a fenti modell központi rendszeréből: az STS-t, ami a változó arcvonások detekciójáért felelős (pl. tekintet iránya, arckifejezés, stb); valamint az FFA-t, ami a nem változó vonások felismeréséért felelős (pl. az archoz kapcsolódó identitás) (Rossion és mtsai., 2003b; Lehmann és mtsai., 2004). Ezen két terület működése kognitíve és anatómiailag egyaránt elkülönül (Haxby és mtsai., 2002).

#### **4.4. A szociálisan releváns arckifejezések feldolgozásáért felelős agyi területek**

Kutatók az utóbbi időben *funkcionális mágneses rezonanciás eljárás* (fMRI) segítségével feltérképezték azokat az arcfelismeréskor aktiválódó agyterületeket, amelyek szerepet játszanak a megbízhatatlan partnerek azonosításában. Az fMRI vizsgálat segítségével a vér oxigenáltsági fokából (Blood Oxigenation Level Dependent signal, BOLD szignál) következtethetünk az O<sub>2</sub> felhasználás mértékére az agy egyes régióiban, amely indirekt módon utal az adott régió idegsejtjeinek aktivitására (Gulyás, 2003). A legújabb fMRI tanulmányok az amygdala szerepét hangsúlyozták, amely szerintük segít a szociális szempontból releváns információk gyors előhívásában az arcvonások alapján (Adolphs és mtsai., 1998; Todorov és mtsai., 2008a; Todorov és mtsai., 2008b; Said és mtsai., 2011). Winston és mtsai. (2002) vizsgálata azt az érdekes eredményt hozta, hogy a megbízhatatlan, illetve megbízható személyekről készült fényképek nézésekor nem ugyanazok az agyterületek

aktiválódnak, sőt, az aktiváció attól is függ, hogy az ítéletet (megbízható vagy nem) ki is kell mondani, vagy csak meg kell nézni a képet (és megbecsülni, mennyi idős lehet az illető). A megbízhatatlannak ítélt emberek nézésekor mindkét oldali amygdala, illetve a jobb oldali insula aktiválódott; míg a megbízhatónak ítélt személyek látványától a *gyrus fusiformis*, és ha ki is kellett mondani az ítéletet, akkor a jobb oldali STS is aktiválódott (Winston és mtsai., 2002). Ahogy a 4.3. bekezdésben is említettük, az STS alapvetően a változó arcvonások azonosításáért felelős (Haxby és mtsai., 2002) Emellett újabban azt is kimutatták, hogy az STS hátsó (posterior) részének köszönhető a szándéktulajdonítás (Frith és Frith, 1999; Carter és mtsai., 2011); valamint, hogy ez a régió szerepet játszik az arcok megbízhatóságának megítélésében (Dzhelyova és mtsai., 2011).

Az EEG technikát alkalmazó vizsgálatok szintén hasonló eredményeket mutatnak; egy forrás-analízist (swLORETA) alkalmazó tanulmány például kimutatta, hogy együttműködést látva szintén a jobb oldali STS aktiválódik (Proverbio és mtsai., 2011). Kutatók számos EEG vizsgálatot végeztek annak érdekében, hogy kiderítsék, mely agyi területek aktiválódnak csalás, illetve hazugság közben. Jelenleg a *anterior cingularis cortex* (ACC), a *gyrus frontalis superior* (superior frontal gyrus, SFG), és a *ventro-lateralis praefrontalis cortex* (ventro-lateralis PFC) tűnik a három legfontosabb ilyen területnek (Spence és mtsai., 2001; Langleben és mtsai., 2002; Spence, 2004; Spence és mtsai., 2004; Langleben és mtsai., 2005; Fullam és mtsai., 2009; Kaylor-Hughes és mtsai., 2011). Kimutatták továbbá, hogy előzőleg kooperálóként megismert arcok látványára jobban aktiválódik az amygdala, az insula, az FFA és az STS, mint semleges arcok látványára (Singer és mtsai., 2004). Ugyanakkor fontos hangsúlyozni, hogy a fenti tanulmány nem valódi csaló arcokkal dolgozott, hanem olyan arcokkal, akiket egy játékban csalóként állítottak be. Az arra irányuló vizsgálatok, amelyek meghatároznák a valódi csaló/hazug arcok látványára aktiválódó agyi területeket, egyelőre hiányoznak az irodalomból.

## 5. Célkitűzések

A korábbi irodalmi adatokkal összhangban feltételeztük a csalófelismerés képességét, és hogy a csalás pillanatában megjelenő arckifejezésből következtetni lehet az adott személy szándékára. Ennek megfelelően célunk volt, hogy:

1. Létrehozunk egy olyan standard arc-adatbázist, amely valódi csaló és kooperáló arcképeket tartalmaz, és amelyet vizsgálat-sorozatunk későbbi fázisaiban alkalmazhatunk.
2. Az adatbázis képein az arcizmok feszülési állapotának leírásával meghatározzuk a csalás/kooperálás pillanatában megjelenő, eddig ismeretlen komplex arckifejezés fő jellemzőit.
3. Feltárjuk az esetleges nemi különbségeket a komplex szociális arckifejezések felismerésében.
4. Elektrofiziológiai módszerekkel meghatározzuk, hogy a csaló és a kooperáló arckifejezések az ismert automatikus arcfeldolgozási folyamatok mely fázisában kódolódnak.
5. Az ún. „csalódetektor” illetve „altruista-detektor” agyi modulok létezésének kísérletes igazolására funkcionális képalkotó eljárás (fMRI) segítségével feltérképezzük a csaló/kooperáló arckifejezés feldolgozásáért felelős agykérgi struktúrákat.
6. Vizuális eltérési negativitás (MMN) paradigmában igazoljuk, hogy a megbízhatóságot/megbízhatatlanságot tükröző arcvonások feldolgozása is automatikusan, explicit figyelmi bevonódás nélkül zajlik.

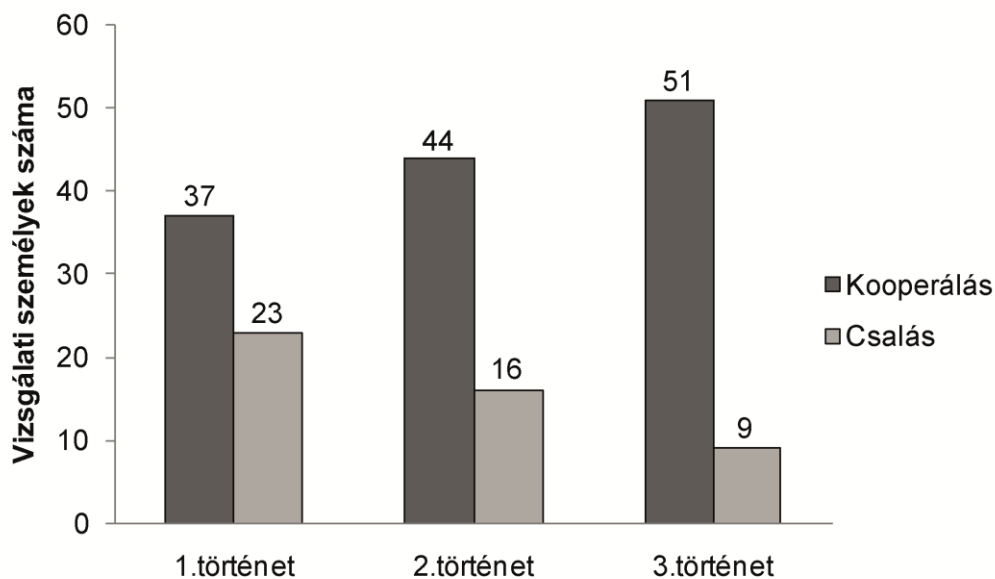
## **6. A család arckifejezésének és felismerésének vizsgálata magatartási paradigmákban**

### **6.1. Módszerek**

#### **6.1.1. Arc-adatbázis létrehozása és validálása**

Hipotéziseink igazolása céljából egy több, egymásra épülő fázisból álló vizsgálat-sorozatot végeztünk el a Pécsi Tudományegyetem – Biológiai Intézetének Pszichofiziológia Laborjában. Vizsgálati protokolljaink mindegyikét a PTE Etikai Bizottságával engedélyztettük, azokat a Helsinki Egyezmény emberi jogokról szóló paragrafusaival összhangban hajtottuk végre.

A vizsgálatainkhoz szükséges arcképek elkészítésére első lépésként kidolgoztunk egy saját, számítógépes fogolydilemma játékot. A program kidolgozásánál a legfontosabb szempontok a pontosság (a program a vizsgálati személy döntésének meghozatalától számított rövid időn belül készítsen fényképet), illetve a hitelesség volt (a vizsgálati személy ne tudja/gyanítsa, hogy fénykép készül róla). Első lépésként egy olyan szituáció leírására volt szükség, amely valóban megosztja a kitöltőket; amely szituációba beleképzelve magukat nehezen tudják eldönteni, hogy a csalást vagy a kooperálást választanák-e (tehát valóban „dilemmát” okoz). Ezért három különböző súlyú következménnyel járó történetet (Bereczkei, 2009) olvastattunk el 57 egyetemi hallgatóval (23 férfi, 34 nő, átlagos életkor  $22.6 \pm 0.29$  év) papír-ceruza teszt formában, és megkértük őket, hogy válasszanak: ők az adott szituációban csalnának vagy kooperálnának. Eredményeik azt mutatták, hogy minél súlyosabb következményekkel jár a döntési helyzet, annál nagyobb dilemmát okoz a döntéshozatal, így számítógépes fogolydilemma játékunkhoz végül a klasszikus, börtönbüntetéssel járó történetet használtuk fel (3. ábra, 1. sz. melléklet).



**3. ábra.** A résztvevők eloszlása a történetek előzetes tesztelése során.

A három különböző súlyú következménnyel járó történet közül az első (PDG1) osztotta meg leginkább a kitöltőket; 23 fő választotta a csalást, és 37 fő a kooperálást.

A számítógépes program kidolgozását követően került sor a PDG felvételére, valamint a játék során az arcképek elkészítésére, melynek menete a következő volt: a vizsgálatot és a játék ismeretét tekintve naiv résztvevők egyesével érkeztek a Pszichofiziológia Laborba, ahol a protokoll ismertetése és a beleegyező nyilatkozat kitöltése után helyet foglaltak a számítógép előtt. A vizsgálatra 116 egyetemista (90 nő (34 csaló, 56 kooperáló), és 26 férfi (11 csaló, 15 kooperáló)) jelentkezett. A vizsgálat során két történetbe kellett beleképzelniük magukat: először egy semleges történetet olvastak a kijelzőn (vásárolnának-e vombatot házi kedvencnek), majd a börtönbüntetéssel járó fogolydilemma történetet (félresikerült rablást követően együttműködnének-e elkövető társukkal, vagy becsapnák-e a saját büntetésük mérséklése érdekében). A résztvevők mindkét szituációban kattintással választhattak két lehetséges kimenetel közül. A számítógépes programnak köszönhetően sikerült elémünk, hogy a fénykép minden személyről a választást követő 100 ms-on belül elkészüljön, így a

csalás illetve kooperálás pillanatnyi arckifejezését az arcon nagy valószínűséggel megörökítettük. A játék végeztével a résztvevők tájékoztatást kaptak arról, hogy a játék során két fényképet készítettünk róluk, és a beleegyező nyilatkozat megerősítését kértük a képek további felhasználhatóságát illetően. A jelentkezők a részvételért cserébe kurzus kreditet kaptak (döntésüktől függetlenül).

### *6.1.2. Csalófelismerési vizsgálatok*

Vizsgálatsorozatunk ezen fázisában azt teszteltük, hogy vajon az előzőleg elkészített, majd standardizált arcképek közül mennyi azonosítható valóban csalóként, illetve kooperálóként. Hatvankét egyetemista (33 nő, átlag életkor  $22.05 \pm 0.45$  év) jelentkezett önként pontozónak, akik természetesen laikusok voltak a vizsgálat céljával kapcsolatban, illetve a vizsgálat korábbi szakaszaiban nem vettek részt. A pontozóknak nem volt előzetes tudásuk arról, hogy hány képet kell értékelniük, sem arról, hogy hány képen látható valóban kooperáló, illetve csaló arc. A résztvevőknek a 67 standardizált képet egy 11-fokú intenzitást mérő Likert skálán kellett pontozniuk az alapján, hogy a képen látható személy mennyire látszik csalónak (-1 - -5), kooperálónak (1 - 5), vagy egyiknek sem, nem eldönthető (0). A képeket egy – szintén általunk írt – program segítségével annyi ideig mutattuk egy számítógép kijelzőjén, ameddig a vizsgálatban résztvevő eldöntötte, hogy hány pontot ad (azaz rákattintott a kép alatt megjelenő rádiógombok egyikére). Két kép között egy fraktál rajzolódott ki a monitorra maszkoló ingerként, ami 2sec-ig látszódott, majd automatikusan megjelent a következő arckép. A képeket a program random sorrendben mutatta minden pontozónak. A pontozást követően rákérdeztünk, hogy láttak-e ismerős arco(ka)t; ezeket az arcképeket az analízis során nem értékeltük.

Az elemzés első lépéseként kiszámoltuk a képek átlagos pontszámát, valamint hogy milyen pontossággal kategorizálták helyesen a vizsgálati személyek. Az eredményeket a kép átlagértéke  $\pm$ standard hiba (*standard error*, SE) formában adtuk meg. A 67 képet tartalmazó adatbázisból kiválasztottuk azokat a képeket, amelyeket helyesen kategorizáltak a pontozók, és ezeken végeztük el a további analíziseket. A „helyes kategorizálás” kritériuma a következő volt: az adott képre adott pontszámok átlaga a kép kategóriájának megfelelő tartományba essen (kooperáló kép esetén az átlag pontszám pozitív, csaló kép esetén negatív legyen). Az adatokat ismételt méréses variancia-analízissel elemeztük (*repeated measures analysis of variances*, rANOVA), a következő változók alkalmazásával: KÉP TÍPUSA (csaló / kooperáló), KÉP NEME (férfi / nő), PONTOZÓ NEME (férfi / nő). Vizsgáltuk továbbá a pontozó nemének esetleges hatását a pontszámok intenzitására. Ehhez kiszámoltuk a helyesen kategorizált képek átlag pontszámának abszolút értékét, és újabb rANOVA elemzést végeztünk a KÉP TÍPUSA (csaló / kooperáló), és a PONTOZÓ NEME (férfi / nő) változók alkalmazásával. Szignifikáns főhatások illetve interakciók esetén mindkét analízis során utótesztet (*post hoc Fisher LSD*) végeztünk a csoportok közti különbségek megállapítására.

### ***6.1.3. Csaló- és kooperáló arckifejezések mikromimikai vizsgálata***

Korábbi vizsgálatokból kiindulva (Yamagishi és mtsai., 2003; Verplaetse és mtsai., 2007) azt feltételeztük, hogy a kooperálás/csalás pillanatában az arcon megjelenik egy specifikus mikromimikai jelzés, ami elárulja az adott személy szándékát (kooperál vagy csal) az adott szituációban. Elméletünk teszteléséhez felkértünk három független személyt, akik összehasonlították az adatbázisunk 67 arckép-párját az Ekman és Friesen (1976) által kidolgozott FACS arckódoló rendszer módosított változata alapján. A rendszer lényege, hogy a kódolók minden egyes arcizom tónusának változását lepontozzák (-1 - -5: az izom lazul,



1 - 5: az izom feszül, 0: nincs változás), összehasonlítva egy pillanatnyi arckifejezést (jelen esetben a csalás vagy kooperálás pillanatában megjelenő arckifejezést) ugyanazon személy semleges arckifejezésével, így minden egyes izom kap egy feszülési pontszámot. Kódolóink az arc képeket egymástól függetlenül értékelték 27 arcesemény (AU) mentén, ami egy-egy adott izom, vagy izomcsoport mozgását jelöli. A kódolók nem rendelkeztek háttér információkkal sem a képeket, sem a vizsgálatot illetően; feladatuk mindössze a kép-párok összehasonlítása volt.

Először is, hogy meggyőződhessünk pontozóink ítéletének megbízhatóságáról, ítéleteik egybevágóságának vizsgálatára egyetértési arányt számoltunk („inter-rater agreement”,  $IRA = k / \sum n$ , ahol  $k$  = az adott AU mentén a három azonos ítéletet (feszült [+], lazult [-], nem változott [0]) kapott képek száma,  $n$  = az adott AU mentén pontozott képek száma).

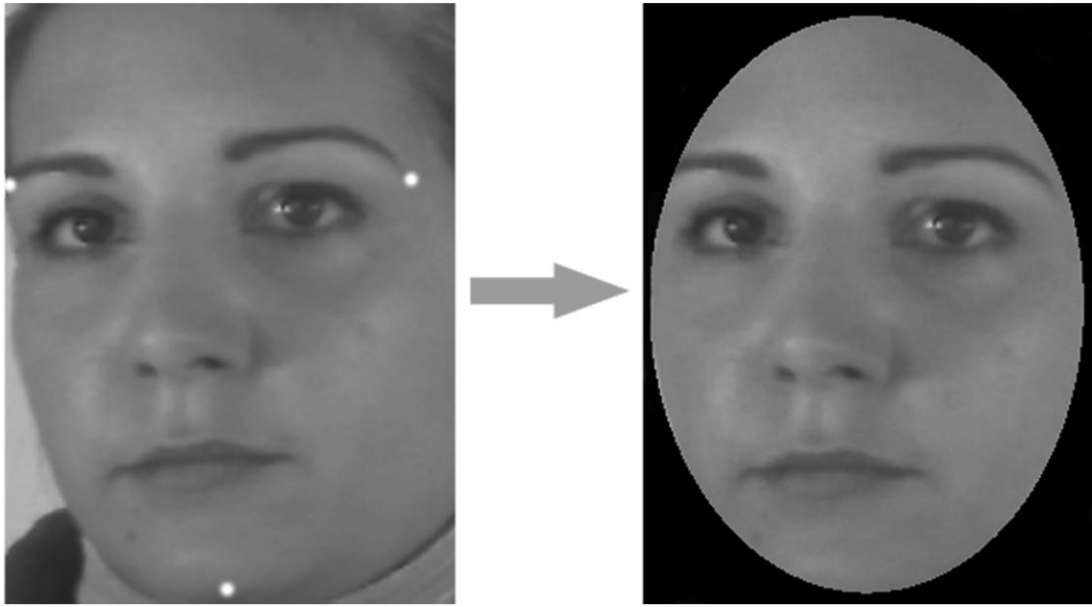
Ezután a három kódoló pontszámaiból létrehoztunk egy átlag táblázatot, amelynek elemzésével összehasonlíthattuk a kooperáló és csaló képeket az arcizmok feszülése, illetve lazulása alapján. Minden AU-ra ( $n=27$ ) átlag pontszámot ( $\pm SE$ ) számoltunk külön a kooperáló és csaló képekre, majd az AU-kat négy csoportra osztottuk az arcizmok elhelyezkedése, illetve mozgásiránya alapján: alsó arcfél fel-le irányú mozgásai (lower face up-down movement AU-k, LFUD [ $n=8$ ; AU4, AU9, AU10, AU11, AU12, AU13, AU14, AU17]), alsó arcfél szájkerekítő izmai (lower face lip rounder AU-k, LFLR [ $n=6$ ; AU18, AU22, AU25, AU26, AU27, AU28]), alsó arcfél szájfeszítő izmai (lower face lip-stretcher AU-k, LFLS [ $n=5$ ; AU15, AU16, AU20, AU23, AU24]), és végül a felső arcfél és a szemkörnyéki izmok csoportja (upper face and eye movement AUk, UFEM [ $n=8$ ; AU1, AU2, AU5, AU6, AU7, AU43, AU45, AU46]). A csoportok (LFUD, LFLR, LFLS és UFEM) átlag feszülési pontszámát a KÉP TÍPUSA (kooperáló / csaló) függvényében faktoriális ANOVA segítségével elemeztük.

Végül, hogy feltárjuk a kapcsolatot az arcokon megjelenő pillanatnyi mikromimika és az arcok felismerhetősége között, korrelációkat kerestünk a vizsgálat-sorozat előző fázisában kapott intenzitás pontszámok és a FACS kiértékelés során relevánsnak ítélt AU csoportok (UFEM és LFLS) átlag feszülési pontszámai között, külön a helyesen- és a tévesen kategorizált kooperáló és csaló képek esetén. Miután megvizsgáltuk adataink normál eloszlását (Saphiro-Wilk teszt), Pearson korreláció analízis segítségével kerestük az együttjárásokat. Azokat az arcképeket, amelyeket az izommozgás szempontjából változatlanak ítélték a kódolók („0” pont a FACS analízisben a releváns AU-k mentén), kihagytuk az analízisből (összesen 6 arckép, amelyből 4 kooperáló).

## **6.2. Eredmények**

### **6.2.1. Arc-adatbázis létrehozása és validálása**

A fogolydilemma játék során kapott 116 kép-pár közül kiválasztottuk azt a 67-et, amelyeken nem látszódott semmilyen figyelemfelkeltő jegy (pl. belógó haj, szemüveg, anyajegy, stb.), mert az a későbbi feladatokban befolyásolta volna a felismerést/felidézést. Az így kapott kooperáló arcképek (n=36, ebből 27 nő) átlag ( $\pm$ SE) életkora 21.27 ( $\pm$ 0.36) év, a csalóké (n=31, ebből 21 nő) 21.51 ( $\pm$ 0.44) év volt. Ezután a képeket standardizáltuk: az arcokat kijelöltük egy ellipszissel, majd az ezen kívül eső részeket fekete háttérrel maszkoltuk (Gronenschild és mtsai., 2009). Ezt követően az egyes képek luminancia és kontraszt értékeit az átlaghoz igazítottuk, majd egy pixel-alapú képanalízis segítségével ellenőriztük, hogy a csaló- és kooperáló képek nem különböznek-e egymástól. A statisztika (pontról-pontra t-teszt) nem mutatott ki különbséget a két képtípus között, így a későbbi vizsgálatokban ingeranyagként használtuk ezeket a standardizált képeket (4. ábra).



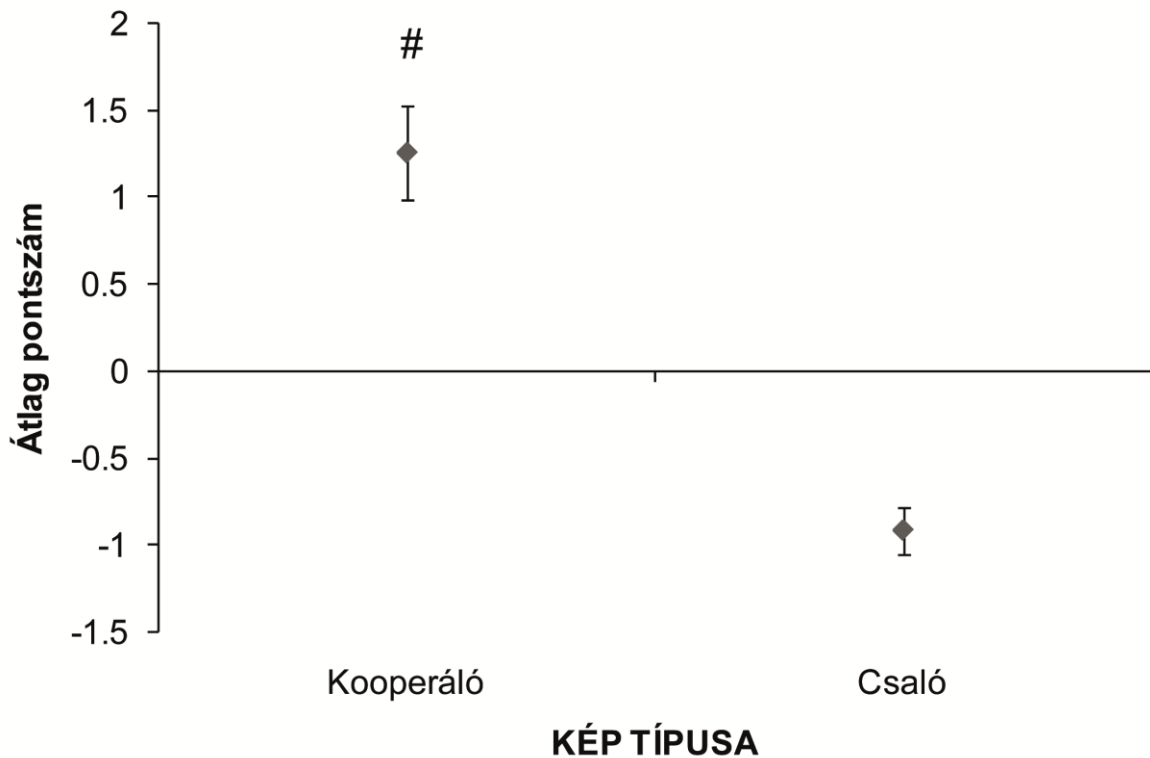
**4. ábra.** Az arcképek standardizálásának lépései.

**Bal oldal:** Egy példa az eredeti képekre; az áll- és a szemek sarokpontjait fehér ponttal jelöltük. Miután a szemek tengelyét vízszintesre állítottuk, és a képek színét szürkeárnyalatosra változtattuk, a jelölőpontokon keresztül ellipszist rajzoltunk az arcokra, amelyet végül egységes tengely-méretre állítottunk be (240x320 pixel). **Jobb oldal:** A végső arcingerhez az ellipszisen kívül eső részt fekete háttérrel maszkoltuk.

### *6.2.2. Csalófelismerési vizsgálatok*

Először a felismerési torzítást teszteltük a képeken, vagyis azt a hibalehetőséget, hogy a pontozók a képek megítélése során a kooperáló vagy a csaló dimenzióhoz tendálnak ítéleteikkel (mindenkiben a kooperálót, vagy a csalót látják). Mivel a pontozók 30/67 képet (44.8%) azonosítottak kooperálóként, és 33/67 képet (49.3%) csalóként (4 kép esetén nem tudtak egyértelmű ítéletet alkotni), kijelenthetjük, hogy nem volt felismerési torzítás a pontozók ítéleteiben.

A 36 kooperálót ábrázoló képből a pontozók 17-et (47.2%) soroltak a helyes (kooperáló) kategóriába (ebből 16 nő, a képek átlagos pontszáma:  $1.26 \pm 0.3$ ), a 31 csaló képből pedig 18-at (58.1%, ebből 9 nő, átlagos pontszámuk:  $-0.91 \pm 0.14$ ) (5. ábra). A továbbiakban ezekkel a helyesen kategorizált arcokkal ( $n=35$ ) dolgoztunk.

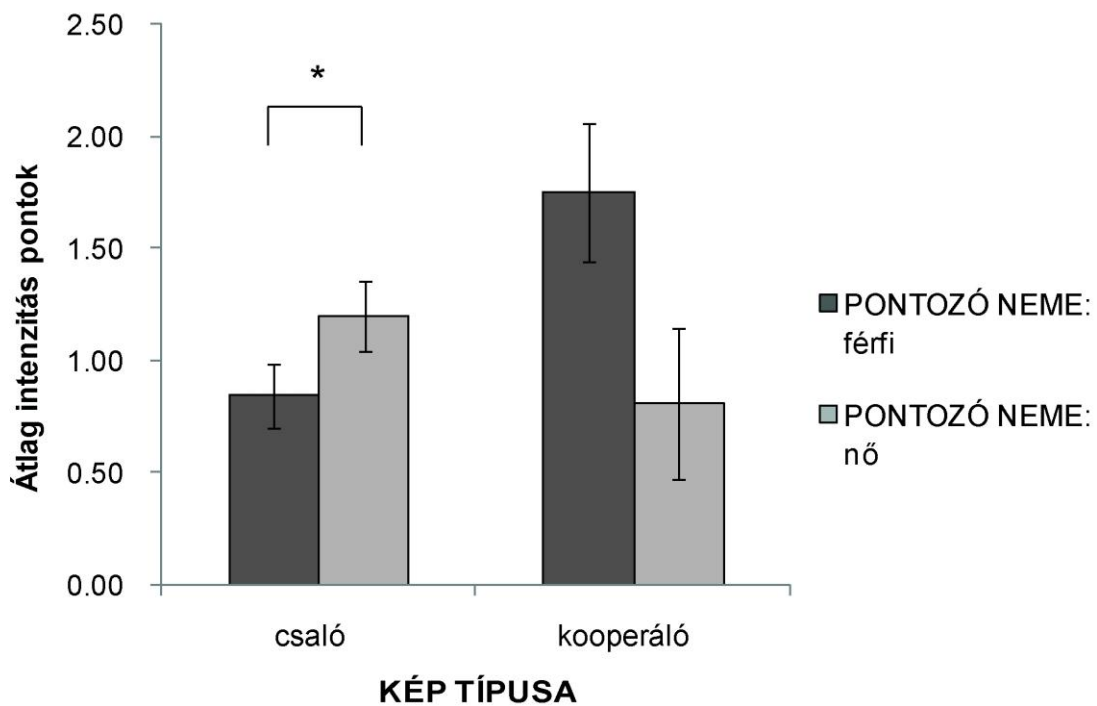


**5. ábra.** A helyesen kategorizált képek átlag pontszámái ( $\pm$ SE).

A KÉP TÍPUSA főhatás kimutatta, hogy a kooperáló képek szignifikánsan magasabb átlag pontszámot kaptak a csalókat ábrázoló képeknél. (#:  $p < .01$ )

Az átlag pontszámok analíziséből kiderült, hogy a helyesen kategorizált kooperáló és csaló képek egyértelműen elkülönülnek a pontozók véleménye alapján (KÉP TÍPUSA főhatás:  $F(1,31)=43.82$ ,  $p < .01$ ), és hogy a képeken látható arcok neme nem játszott szerepet a pontozásban (férfi képek átlag pontszáma ( $\pm$ SE):  $0.25 \pm 0.3$ , női képeké:  $0.1 \pm 0.12$ ; KÉP NEME főhatás:  $F(1,31)=0.2$ ,  $p = \text{N.S.}$ ). Ugyanakkor az analízissel azt is kimutattuk, hogy a

férfiak torzítják ítéletüket a kooperáló kategória irányába (vagyis hajlamosak az arcokat kooperálóként azonosítani), míg a nők nem mutattak ilyen torzítást (férfi pontozók átlag pontszáma ( $\pm$ SE):  $0.52 \pm 0.19$ , a női pontozóké:  $0.18 \pm 0.22$ ; PONTOZÓ NEME főhatás:  $F(1,31)=7.58$ ,  $p<.01$ ). Továbbá, az átlagos intenzitás pontszámok analízise együttjárást mutatott a PONTOZÓ NEME és KÉP TÍPUSA között ( $F(1,31)=10.79$ ,  $p<.01$ ). Az utóteszt kimutatta, hogy az interakciót a női pontozók csaló arcokra adott magabiztosabb, magasabb pontszámai okozták (csaló arcok átlag intenzitás pontszámai a női pontozóknál:  $1.2 \pm 0.15$ , a férfi pontozóknál:  $0.84 \pm 0.14$ ; Fisher LSD teszt:  $p<.05$ ) (6. ábra).

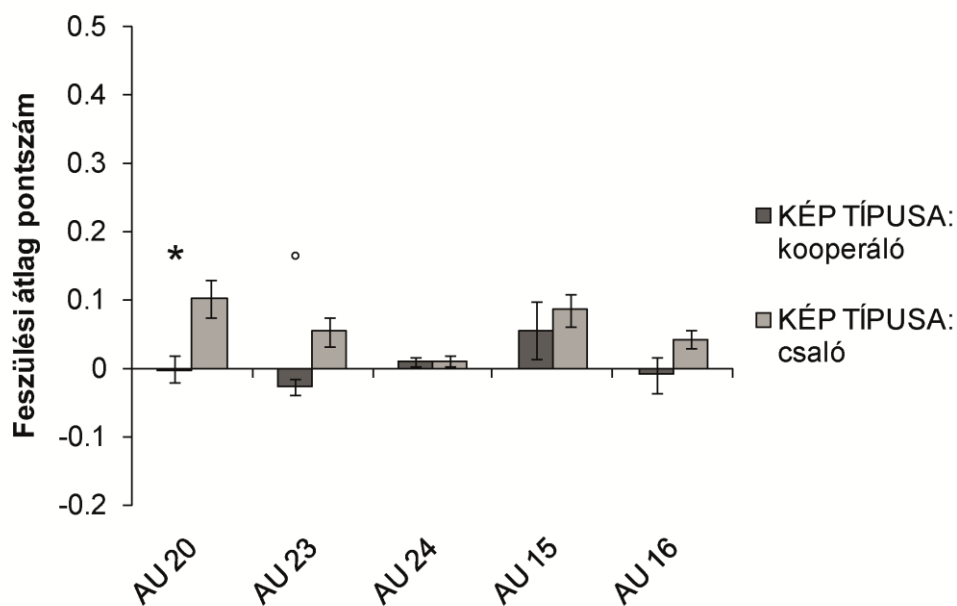


**6. ábra.** A helyesen kategorizált képek intenzitás pontszámai ( $\pm$ SE) a pontozók neme alapján. Az utóteszt kimutatta, hogy a női pontozók magasabb, magabiztosabb pontszámokat adtak a csaló arcokra, mint a férfiak. (\*:  $p<.05$ )

### 6.2.3. Csaló- és kooperáló arc kifejezések mikromimikai vizsgálata

Az egyetértési arány számításából kiderült, hogy kódolóink egymástól függetlenül nagy egyetértésben ítélték meg az arcokat. Egyetértésük mértéke átlagosan  $85 \pm 2\%$  volt (59-100% között volt minden AU esetén), ami az eredmények nagyfokú megbízhatóságát sugallja.

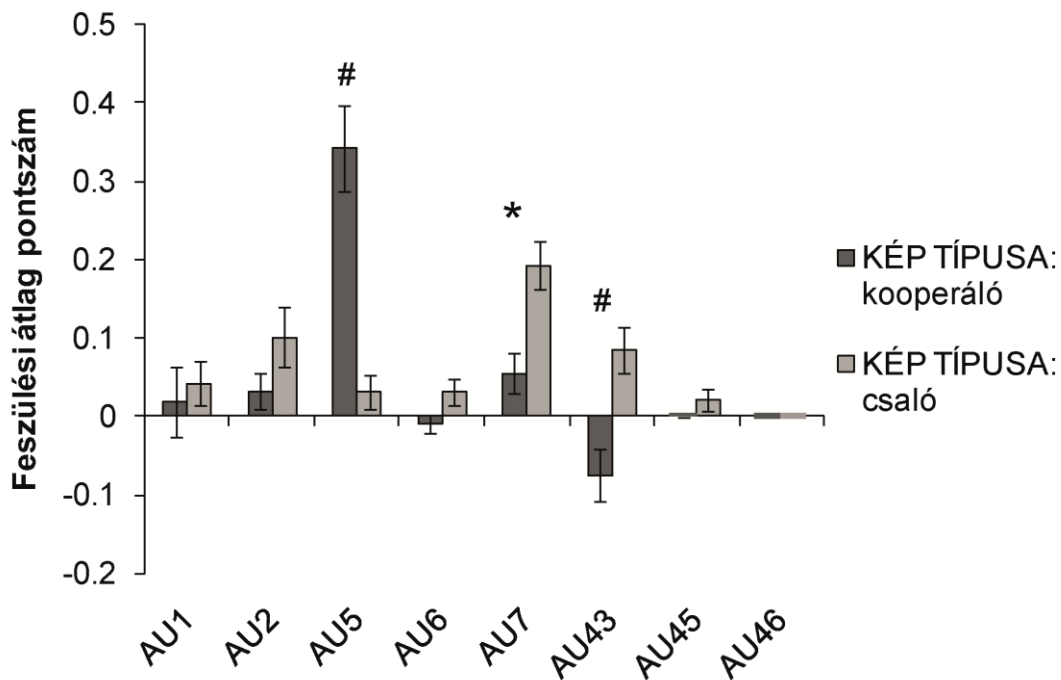
A kooperáló és csaló arcok mikromimikájának analizisével kimutattuk, hogy a csalók ajkai feszítettebbek a kooperálókéhoz képest (KÉP TÍPUSA főhatás az LFLS csoportban:  $F(1,64)=6.015$ ,  $p<.05$ ). A post hoc összehasonlítás szignifikáns különbséget mutatott a kooperáló és csaló mikromimikában a 20-as AU esetén (kooperálók átlagos feszülési pontszáma:  $0.000 \pm 0.02$ , a csalóké:  $0.102 \pm 0.03$ ;  $p<.05$ ), valamint tendencia mutatkozott a különbségre a 23-as AU esetén (kooperálók átlagos feszülési pontszáma:  $-0.028 \pm 0.01$ , a csalóké:  $0.054 \pm 0.02$ ;  $p=0.07$ ) (7. ábra).



**7. ábra.** Az alsó arcfél szájfeszítő AU-k (LFLS) csoportjának FACS eredményei.

Az oszlopok a csaló- és kooperáló arcizmok átlag feszülési pontszámait mutatják ( $\pm$ SE). A 20-as (szájfeszítés) és 23-as (szájszorítás) AU-k mentén talált különbségek arra utalnak, hogy a csalók összeszorítják, illetve lefelé és oldalirányban feszítik szájukat a kooperálókéhoz képest. (\*:  $p<.05$ , °:  $p<.1$ )

Szignifikáns interakciót találtunk továbbá a kép típusa és a felső arcfél izmainak feszülése között (UFEM x KÉP TÍPUSA interakció:  $F(6,384)=7.15$ ,  $p<.01$ ). Az utóteszt erőteljes különbséget mutatott a kooperáló és csaló arcok szem környéki izmainak feszülését illetően; az 5-ös (kooperálók átlag feszülési pontszáma:  $0.343 \pm 0.05$ , a csalóké:  $0.032 \pm 0.02$ ,  $P<0.01$ ), a 7-es (kooperálók:  $0.056 \pm 0.03$ , csalók:  $0.193 \pm 0.03$ ,  $p<0.05$ ) és a 43-as (kooperálók:  $-0.074 \pm 0.03$ , csalók:  $0.086 \pm 0.03$ ,  $p<0.01$ ) AU-k mentén talált különbségek mind arra utalnak, hogy a kooperáló személyek nagyobbra nyitják a szemüket, míg a csalók inkább szűkítik, zárják azt (8. ábra). A FACS analízis során kapott csaló-kooperáló arckifejezésbeli különbségeket a 9. ábra szemlélteti.



**8. ábra.** A felső arcfél és szemkörnyéki AU-k (UFEM) csoportjának FACS eredményei. Az oszlopok a csaló- és kooperáló arcizmok átlag feszülési pontszámait mutatják ( $\pm$ SE). Az 5-ös (felső szemhéjemelés), 7-es (szemhéj feszítés) és 43-as (pislogás) AU-k mentén talált különbségek arra utalnak, hogy a csalók összehúzzák, zárják szemüket a kooperálókhöz képest. (#:  $p<.01$ , \*:  $p<.05$ )



**9. ábra.** Tipikus csaló (balra) és kooperáló (jobbra) arckifejezések.

A PDG résztvevőinek anonimitása érdekében a fenti arcképeket több résztvevő arcából morpholtuk össze. A szövegbuborékok jelzik a FACS alapján eltérőnek mutató AU-k körülbelüli pozícióját.

A vizsgálat-sorozat előző fázisában kapott felismerési átlag pontszámok és a FACS kiértékelés során relevánsnak talált AU csoportok (LFLS és UFEM) átlag feszülési pontjainak korrelációs vizsgálatakor külön elemeztük a helyesen- és a tévesen kategorizált arcokat. A helyesen kategorizált arcok analízisének egy esetben találtunk tendenciát negatív korrelációra a FACS feszülési pontok és a felismerési átlag pontszámok között az LFLS csoportban (AU16:  $r=-0.33$ ,  $p=.09$ ), ami arra utal, hogy minél jobban lefelé szorította a képen látható személy a száját, annál magabiztosabban ítélték csalónak. Az UFEM csoport arceseményeinek vizsgálatakor egy erős pozitív korrelációt találtunk a FACS feszülési pontok és a felismerési átlag pontszámok között (AU 5:  $r=0.49$ ,  $p<.01$ ), valamint egy negatív korrelációra utaló tendenciát (AU 7:  $r=-0.33$ ,  $p=.08$ ). Mindkét együttjárás arra enged következtetni, hogy minél tágabbra nyitották a képeken látható személyek a szemüket, annál



magabiztosabban azonosították őket kooperálóként. A tévesen kategorizált képek esetén erős negatív korrelációt találtunk az UFEM régió egyik arceseményénél (AU 43:  $r=-0.46$ ,  $p<.05$ ), ami arra utal, hogy azokat a kooperálókat, akik összezárták a szemüket (emelték az alsó szemhéjukat) a fényképezés pillanatában, a pontozók inkább csalónak ítélték (minél jobban megemelték az alsó szemhéjukat, annál inkább csalónak néztek ki).

### **6.3. *Diszkusszió***

Magatartás vizsgálataink eredményeit összefoglalva elmondhatjuk, hogy első lépésként létrehoztunk egy olyan arc-adatbázist, amely valódi csaló-, illetve kooperáló arcokat tartalmaz, és amelyek mindegyikét a döntéshozás pillanatában készítettünk egy számítógépes fogolydilemma játék során.

Az adatbázis képeit vizsgálva egy felismerési feladatban megállapítottuk, hogy a képek között vannak olyanok, amelyeket naiv vizsgálati személyek könnyen be tudnak azonosítani (a résztvevők nagy része helyesen kategorizálja őket), és vannak olyanok, amelyeknek a felismerése nehezebb (a vizsgálati személyek nagy része helytelenül kategorizálja őket). Megállapítottuk, hogy 1) a helyesen kategorizált csaló- és kooperáló arcképek átlag pontszámai eltérnek egymástól, hogy 2) az adatbázis képeit a nemi egyenlőtlenség ellenére nem értékelték statisztikailag különbözően a pontozók a csaló-kooperáló dimenzió mentén, és 3) hogy a férfi pontozók torzítják ítéletüket a kooperáló kategória irányába (vagyis hajlamosak az arcokat kooperálóként azonosítani), valamint, hogy 4) a nők magabiztosabbak a csaló képek felismerésében. Az adatbázis képeinek mikromimikai elemzése során bizonyítottuk, hogy a csalás- és kooperálás pillanatában egyes arcizmok feszülési állapota eltérő, ennek következtében pedig az arckifejezések különböznek egymástól. A csalók zárják szemüket, mintha pislognának, és összeszorítják, valamint lefelé

feszítik (alsó) ajkukat. Az arcon megjelenő mikromimikai változásokat, illetve az adott kép átlag pontszámait összehasonlítva azt találtuk, hogy minél erőteljesebb volt az adott arc mikromimikája, a pontozók annál magabiztosabban ítélték csalónak vagy kooperálónak. Továbbá azt is kimutattuk, hogy azokat a kooperálókat, akik összezárták a szemüket (ahogy azt a csalók tették), a pontozók helytelenül a csaló kategóriába sorolták be.

A csalódetekció fő funkciója, hogy megvédje a kooperáló személyeket a kihasználástól (Cosmides és mtsai., 2010). Ugyanakkor felmerülhet a kérdés, hogy vajon a csalók miért nem rejtik el szándékukat, miért mutatják ki arckifejezésükkel, hogy csalnak, hiszen számukra a rejtőzködés lenne az adaptív. Vajon a csalók azért nem rejtik el szándékukat, mert a csalás kifejezéséért felelős arcizmok nem vonhatóak tudatos kontroll alá, és ezáltal jelzik a csalás szándékát? Egy elmélet szerint az emberek nem képesek tudatosan kontrollálni a csalási szándékuk következtében átélt erőteljes érzelmeiket, ezért azok megnyilvánulása az arckifejezésükben elárulja őket (Ekman, 1985). Tehát minél pontosabban felismerjük az érzelmekhez kötődő arckifejezéseket, annál pontosabban ismerjük fel a hazugságot (Frank és Ekman, 1997). A tudomány jelenlegi állása szerint nem tudjuk, hogy a csalási szándék jelzése automatikus-e. Számos tanulmány kimutatta, hogy a negatív érzelmek (pl. szomorúság, undor) kifejezése önkéntelen (Chapman és mtsai., 2009; Schug és mtsai., 2010); valamint azt is, hogy a félelem kifejezésekor a szemkörnyéki izmok (*m. frontalis*, *m. corrugator*), harag esetén pedig a szemek (*m. depressor*, *m. procerus*) illetve a száj (*m. depressor labii inferior*, *m. mentalis*) mozgását eredményező izmok aktiválódnak (Ekman és Friesen, 1976). Eredményeink, melyek szerint a csaló arckifejezés a feszített (alsó) ajkak, illetve a zártabb szemek alapján felismerhető, arra engednek következtetni, hogy a csalás arckifejezése a negatív érzelmek kifejezéséhez hasonlít, ami összhangban áll azzal az elmélettel, amely szerint a megbízhatatlanság arcvonásai a negatív, míg a megbízhatóság arcvonásai a pozitív érzelmekhez köthetőek (Oosterhof és Todorov, 2009). A fentiek alapján

azt is feltételezzük, hogy a negatív érzelmek szabályozásához hasonlóan a csaló arckifejezés szabályozása is tudatosan nem kontrollált. Mindezek alapján tehát azt mondhatjuk, hogy a csalásra utaló arckifejezés megjelenése önkéntelen, és ennek köszönhetően megbízható jelzés, amelyre támaszkodhatunk egy társas csere szituációban a megkárosítás elkerülése érdekében.

Vizsgálataink során azt is kimutattuk, hogy a nők magabiztosabban ismerik fel a csalókat, mint a férfiak, ami összhangban áll korábbi tanulmányokkal, amelyek kimutatták, hogy a nők természetüknél fogva pontosabban (Rotter és Rotter, 1988; Timmers és mtsai., 1998), és gyorsabban (Hampson és mtsai., 2006) ismerik fel a boldogság, szomorúság és félelem arckifejezéseit férfi társaiknál. A nők magabiztosabb csalófelismerésének okát a hibakezelési elmélet (Haselton és Buss, 2000) alapján magyarázhatjuk, amely szerint a különböző hibáknak különböző nagyságú ára van, és mindig arra törekszünk, hogy döntéseinkkel a lehetőségekhez mérten a legnagyobb nyereséggel, vagy a legkisebb veszteséggel járó kimenetelhez jussunk. Ezek alapján a nők számára egy fenyegető szociális helyzetben potenciálisan veszélyesebb (veszteségesebb) egy csaló elmulasztása, mint egy kooperálóié. Evolúciós szempontból nézve, ha figyelembe vesszük, hogy a nők nagyobb részt vállalnak a gyermeknevelés terhéből, akkor számukra még fontosabb, hogy a potenciális csalókat hatékonyan ki tudják szűrni környezetükből, mivel egy csaló mind a saját, mind a gyermekük túlélési esélyét csökkenti. Ez a szükséglet magyarázatul szolgálhat arra, hogy a nők magabiztosabban felismerik a csalókat a férfiaknál, habár az elmélet teljes körű alátámasztásához további vizsgálatokra van szükség.

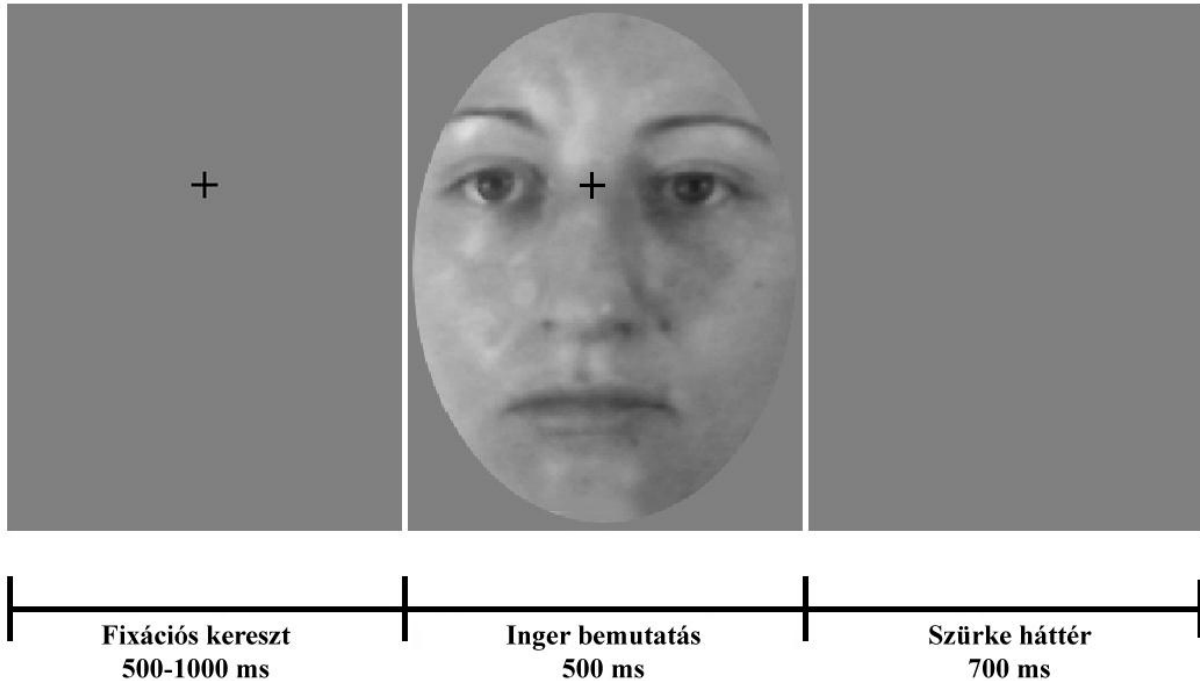
## 7. A csaló és kooperáló arckifejezések időbeli feldolgozásának vizsgálata eseményfüggő potenciálok elemzésével

### 7.1. Módszerek

Első EEG vizsgálatunkban a valódi csaló- illetve kooperáló személyek arckifejezése által kiváltott kérgi aktivitás-mintázatokat tanulmányoztuk. Vizsgálatunkban 27 önként jelentkező egyetemista vett részt, mindannyian jobb kezesek, normál- vagy korrigált látással. Az analízisből azonban ki kellett hagynunk 5 résztvevőt, mivel EEG jelük túl zajos volt (túl sok műterméket tartalmazott a pislogás és egyéb izommozgások miatt), így végül 22 fő adatait elemeztük (11 nő, átlag életkor:  $21.86 \pm 0.56$  év).

A vizsgálat során a résztvevők egy számítógép monitor előtt foglaltak helyet, amelyen az ingerek  $10.6$  és  $8.1^\circ$  alatt látszódtak. Összesen 36 különböző identitású arckép (12 kooperáló, 12 csaló és 12 semleges arc, a saját adatbázisunkból) és 12 különböző házról készült kép szolgált ingerként. A ház ingereket az előző vizsgálat-sorozat (6.1.1.) során ismerttetett módszerekkel standardizáltuk (ugyanúgy, ahogy korábban az arcokat: körbevágtuk őket egy ellipszis segítségével, a háttérrel maszkoltuk, majd közös luminancia- és kontraszt értékeket állítottunk be). Összesen tehát 48 képet használtunk ingerként, melyek mindegyikét kilencszer mutattuk be egy vizsgálati ülésben, egymástól időben elkülönülő blokkokban. Egy ülés tehát 9 blokkból állt, melyek mindegyikében az összes (48) képet látták a résztvevők. Az ismétlési és fáradási hatás elkerülése végett a blokkok között 1 perces szüneteket iktattunk be. A vizsgálati személy először egy fekete fixációs keresztet látott a monitor középvonalától valamivel feljebb, 500-1000 ms-ig. Ezután megjelent egy kép inger 500 ms hosszan, majd ezt követte a szürke háttér 700 ms-ig (McPartland és mtsai (2010) nyomán, 10. ábra). Hogy biztosak lehessünk abban, hogy a résztvevők odafigyelnek az ingerekre, azt a feladatot kapták, hogy nyomjanak gombot a monitoron random módon pirossá változó fixációs

keresztre és kép ingerre is (minden blokkban 4 célingerre, és 4 piros fixációs keresztre kellett reagálniuk, amelyeket random mutattunk be). Minden résztvevő minimum 90%-át detektálta a célingereknek, amelyeket kivettünk a későbbi analízisből.



**10. ábra.** Az EEG vizsgálati paradigma sematikus ábrázolása.

A résztvevők feladata az időnként piros színben megjelenő fixációs kereszt és képinger detektálása és jelzése volt (gombnyomással).

A számítógépes feladat megkezdése előtt EEG sapkát helyeztünk a résztvevők fejére, melynek segítségével 13 csatornán (F3, Fz, F4, C3, Cz, C4, P3, Pz, P4, O1, O2, T3, T4) vezettünk el elektromos jelet a hajas fejbőrrel a beépített Ag/AgCl elektródoknak köszönhetően (a nemzetközi 10-20-as rendszer alapján, a labor Medicor EEG készüléke segítségével). A szemmozgásokat a két szem alatt- illetve fölött elhelyezett elektródok segítségével monitoroztuk; a referencia elektródot az orron, a földelést pedig a homlokon helyeztük el. A jó minőségű (kevésbé zajos) EEG jel érdekében minden elektródon 4 k $\Omega$  alatt tartottuk az impedanciát. Az analóg EEG jelet folyamatosan rögzítettük a 0.16 - 150Hz közötti tartományban. A mintavételezési frekvenciát 1000 Hz-re állítottuk be, a digitalizálást

egy 16 bit-es A/D konverter segítségével végeztük el (Power1401, CED, Cambridge, UK). Az így kapott EEG jelet off-line szűrtük a 0.5-30 Hz-es tartományra, és ezután elemeztük az eseményfüggő potenciálokat (EP-eket).

Az EEG adatokat Matlab (MathWorks, Natick, MA) programozói környezetben, EEGLAB toolbox (Delorme és Makeig, 2004) segítségével analizáltuk. Miután meghatároztuk az EEG alapvonalat az ingerbemutatás előtti 100 ms-ra nézve, a kapott EEG jeleket az ingerbemutatást megelőző 100, illetve az azt követő 500 ms-os időablakokban inger-típusonként átlagoltuk (epocholás). Ezután meghatároztuk a 4 inger-típus (csaló-, kooperáló-, semleges arc, ház) által kiváltott EEG jelek nagyátlagát, amelyen megállapítottuk a releváns (P1, N170, P2) komponensek csúcsamplitúdóinak pontos idő-intervallumait. A vizsgálati személyek egyedi csúcsamplitúdó értékeit ezután a nagyátlag csúcsamplitúdó-intervallumai alapján határoztuk meg elektródonként (a nagyátlag csúcsamplitúdókhöz képest  $\pm 20$  ms-os időablakokban átlagoltuk az egyedi amplitúdó értékeket).

Először azt vizsgáltuk meg, hogy a kísérleti paradigmánk valóban képes-e mérni az arc-felismerés szempontjából fontos EEG komponenseket. Ennek tesztelésére összehasonlítottuk az arc- és ház ingerek által kiváltott N170-es EP-k amplitúdó értékeit. Adatainkat ismételt méréses ANOVA segítségével elemeztük, a következő változók bevonásával: INGER TÍPUS (csaló / kooperáló / semleges arc / ház), ELEKTRÓD (F3 / Fz / F4 / C3 / Cz / C4 / P3 / Pz / P4 / O1 / O2 / T3 / T4).

Ezután kizárólag az arc ingerek által kiváltott, az arc-észleléshez kötődő EP-k amplitúdóit elemeztük (P1, N170, P2), külön-külön összehasonlítva a kooperáló és a csaló arcokat a semlegesekkel. Az arc ingerek által kiváltott amplitúdó értékeket az INGER TÍPUS (csaló / kooperáló / semleges arc / ház) x LATERALITÁS (bal / jobb félteke) x ELEKTRÓD (F3 / Fz / F4 / C3 / Cz / C4 / P3 / Pz / P4 / O1 / O2 / T3 / T4) rANOVA modellben elemeztük. Abban az esetben, amikor lateralitás főhatás mutatkozott, egy-egy INGER TÍPUS (csaló /

kooperáló / semleges arc / ház) x ELEKTRÓD (frontalis / centralis/ parietalis / occipitalis / temporalis) rANOVA-t futtattunk külön a két félteke elektródjaira, hogy kimutassuk az esetleges féltekei feldolgozásbeli különbségeket.

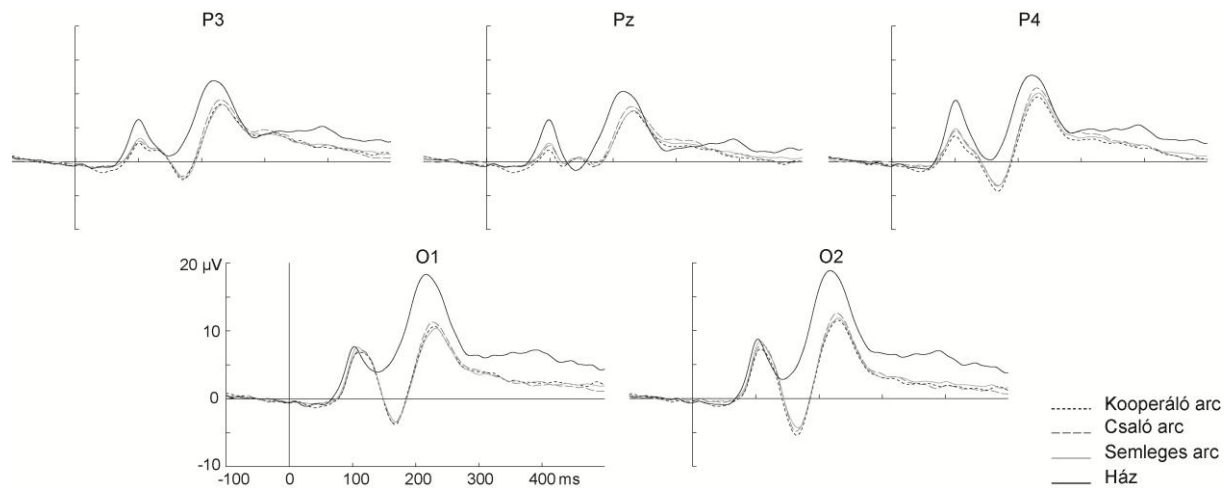
Végül, a különbségi hullámok analízise során normalizáltuk a kooperáló- és csaló arcok által kiváltott EP-eket (kivontuk a semleges arcok bemutatásához kapcsolódó epoch-okat mind a kooperáló-, mind a csaló arcok bemutatásához kapcsolódó epoch-okból); így a semleges ingerhez baseline-olt kooperáló- és csaló hullámokat hasonlítottuk össze. Az analízishez nyolc elektródot használtunk (F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1 és O2), ahol minden elektród saját P2 nagyjából csúcsmplitúdójára illesztett  $\pm 20$  ms-os ablakban vizsgáltuk az egyedi amplitúdó értékeket. Ezeket az adatokat rANOVA segítségével elemeztük a következő faktorok alkalmazásával: KATEGÓRIA (kooperáló / csaló), ANTERIORITÁS (anterior / posterior elektródok), ELEKTRÓD (fronto-centralis / parieto-occipitalis elektródok). Minden analízis során szignifikáns főhatások illetve interakciók esetén utótesztet (post hoc Tukey HSD) végeztünk a csoportok közti különbségek megállapítására. A szignifikancia szintet  $\alpha = .05$  szint alatt állapítottuk meg. Ahol szükséges volt, a szabadsági fokokra Greenhouse-Geisser korrekciót alkalmaztunk.

## **7.2. Eredmények**

### **7.2.1. A paradigma tesztelése**

Először teszteltük a paradigmankat, hogy valóban jól méri-e az arc kifejezés felismeréséhez köthető agyi kiváltott válaszokat. Ehhez az arc-szenzitív N170-es komponens elemeltük; rANOVA analízisünk bizonyította, hogy az arcíngerek (csaló:  $-1.06 \pm 0.33 \mu\text{V}$ , kooperáló:  $-1.35 \pm 0.39 \mu\text{V}$ , semleges arc:  $-1.07 \pm 0.34 \mu\text{V}$ ) negatívabb N170-es EP-t váltanak

ki, mint a ház ( $1.34 \pm 0.43 \mu\text{V}$ ) inger (KÉP TÍPUSA főhatás:  $F(3,63)=26.7$ ,  $p<.01$ ,  $\epsilon^2=0.56$ ) (11. ábra).



**11. ábra.** A ház- és arcingeretek által kiváltott EP-k ábrázolása a posterior elektródokon.

### 7.2.2. Arcfelismeréshez kötődő EP-k

#### *P1 komponens*

A P1 komponens elemzésével vizsgáltuk az ingertípus esetleges hatását a korai figyelmi mechanizmusokra. Az arcingeretek által kiváltott EP-k vizsgálata nem mutatott különbséget (KÉP TÍPUSA főhatás:  $F(2,42)=1.52$ ,  $p=N.S.$ ), ami arra enged következtetni, hogy az arcok valenciája (csaló, kooperáló, semleges) nem befolyásolja a korai figyelmi mechanizmusokat.

#### *N170 komponens*

Ezután az arcingeretek által kiváltott N170-es komponenseket hasonlítottuk össze, hogy megvizsgálhassuk, vajon hatással van-e a társas szempontból fontos információk feldolgozása az arc strukturális feldolgozására. Elemzésünk negatívabb N170-es komponenst mutatott a

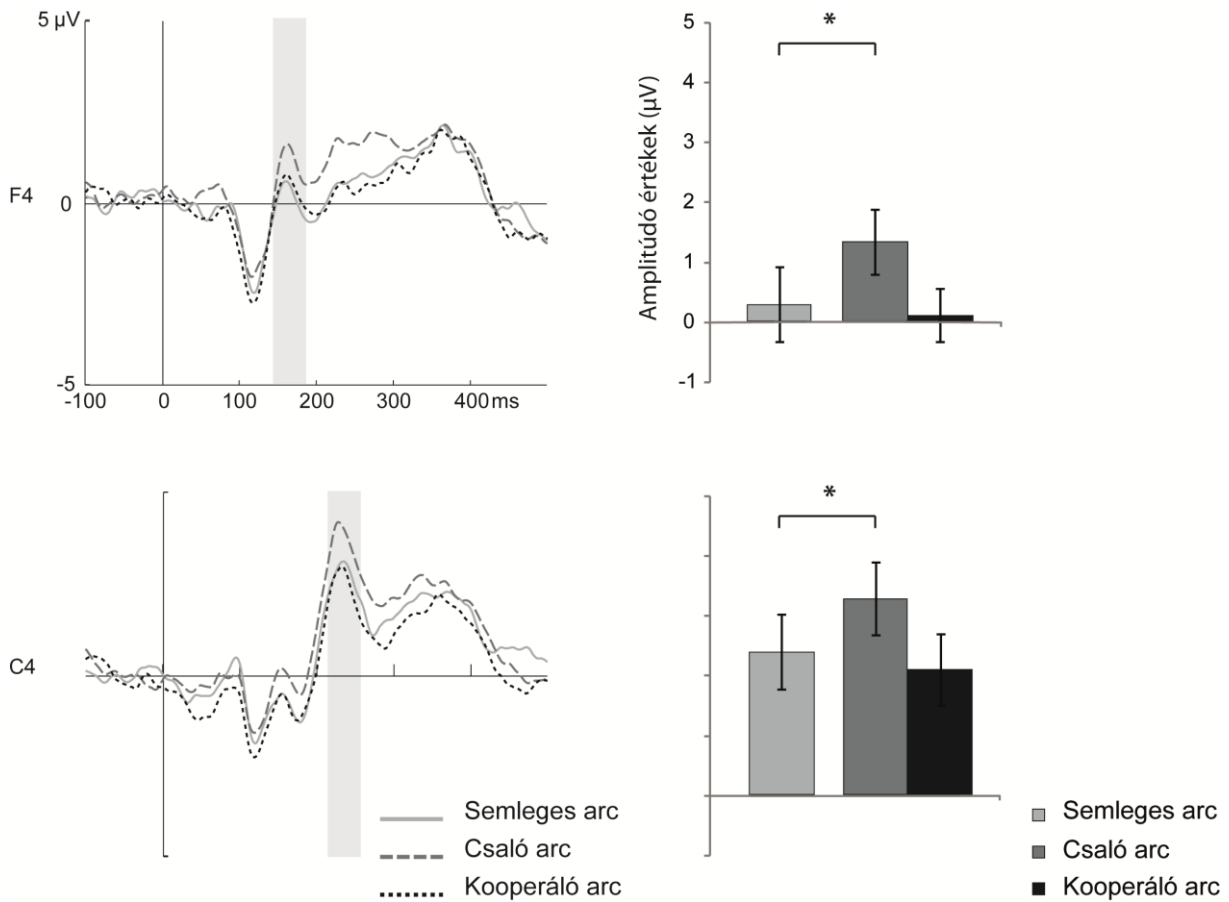


jobb félteke fölött (LATERALITÁS főhatás:  $F(1,21)=4.34$ ,  $p<.05$ ,  $\epsilon^2=0.17$ ). A szignifikáns KÉP TÍPUSA x LATERALITÁS interakció ( $F(2,42)=3.26$ ,  $p<.05$ ,  $\epsilon^2=0.13$ ) utótesztje azt mutatta, hogy a kooperáló arcok negatívabb N170 komponenst váltottak ki a semleges arcokhoz képest a jobb féltekén, valamint, hogy a kooperáló arcok negatívabb EP-eket váltottak ki a jobb féltekén, mint a bal oldalon. A LATERALITÁS főhatás alapján az N170-es komponens amplitúdóját külön is elemeztük a két féltekén, azonban egyik kérgi területen sem találtunk szignifikáns főhatásokat vagy interakciókat.

### *P2 komponens*

Annak érdekében, hogy feltárjuk, vajon a csaló arcok nagyobb motivált figyelmet váltanak-e ki, összehasonlítottuk a három arcinger által kiváltott P2-es komponensek amplitúdóit. Analízisünk szignifikáns LATERALITÁS főhatást ( $F(1,21)=4.36$ ,  $p<.05$ ,  $\epsilon^2=0.17$ ) eredményezett a jobb féltekén talált nagyobb amplitúdóknak köszönhetően; továbbá a KÉP TÍPUSA főhatás közelítette a szignifikáns különbséget ( $F(2,42)=2.98$ ,  $p=.06$ ,  $\epsilon^2=0.12$ ). A szignifikáns KÉP TÍPUSA x LATERALITÁS interakció ( $F(2,42)=3.8$ ,  $p<.05$ ,  $\epsilon^2=0.15$ ) utótesztje kimutatta, hogy a csaló arcok nagyobb amplitúdójú P2-es komponenst váltottak ki a semleges arcoknál mindkét kérgi félteke fölött; valamint, hogy nagyobb P2-es komponenseket váltottak ki a jobb-, mint a bal félteke fölött (Tukey HSD teszt: minden szignifikáns összehasonlítás esetén  $p=.01$ ). A LATERALITÁS főhatás alapján a P2-es komponens amplitúdóját is elemeztük külön-külön a két féltekén. Eredményeink nem mutattak különbséget sem a kooperáló, sem a csaló arcok vizsgálatakor a semleges arcokhoz képest a bal féltekén. Azonban a jobb félteke vizsgálatakor szignifikáns KÉP TÍPUSA főhatást ( $F(2,42)=4.29$ ,  $p<.05$ ,  $\epsilon^2=0.17$ ), valamint szignifikáns ELEKTRÓD főhatást találtunk ( $F(4,84)=48.89$ ,  $p<.01$ ,  $\epsilon^2=0.7$ ). A KÉP TÍPUSA x ELEKTRÓD interakció utótesztje

statisztikailag nagyobb amplitúdó értékeket mutatott a csaló arcok esetén (a semlegesekhez képest) az F4 és C4 elektródokon (12. ábra).



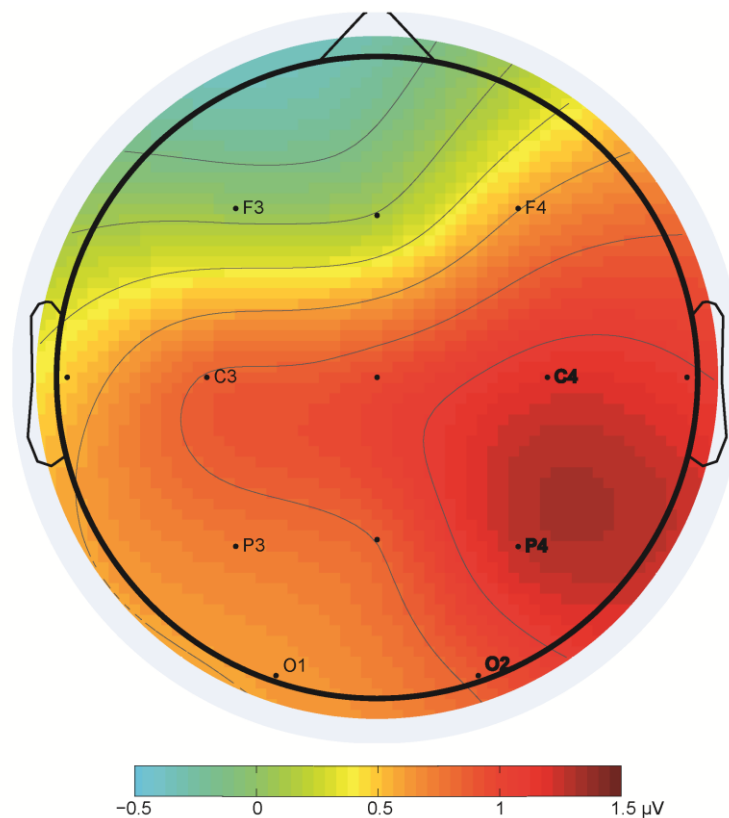
**12. ábra.** A csaló és kooperáló EP-k semleges arcokhoz viszonyított amplitúdó értékei.

A csaló arcok nagyobb amplitúdójú P2-es EP-t váltanak ki a semleges arcokhoz képest az F4 és C4 elektródokon. Post hoc Tukey HSD teszt, \*:  $p < .01$ .

### 7.2.3. A különbségi hullámok analízise

A csaló-mínusz-semleges és kooperáló-mínusz-semleges különbségi hullámok átlag-amplitúdóinak elemzésekor szignifikáns különbséget találtunk a két hullám között (KATEGÓRIA főhatás:  $F(1,21)=4.93$ ,  $p < .05$ ,  $\epsilon^2=0.19$ ). Továbbá, mind a KATEGÓRIA x LATERALITÁS interakció ( $F(1,21)=10.03$ ,  $p < .01$ ,  $\epsilon^2=0.32$ ), mind pedig a LATERALITÁS x

ANTERIORITÁS interakció ( $F(1,21)=9.94$ ,  $p<.01$ ,  $\epsilon^2=0.32$ ) szignifikáns különbségeket mutatott. Ezek alapján elemezve a különbségi hullámok átlag-amplitúdó értékeit a bal féltéken nem találtunk különbséget. Azonban a jobb oldali elektródok elemzésekor szignifikáns KATEGÓRIA főhatást ( $F(1,21)=7.96$ ,  $p<.01$ ,  $\epsilon^2=0.28$ ), valamint szignifikáns KATEGÓRIA x ANTERIORITÁS x LATERALITÁS interakciót kaptunk ( $F(1,21)=5.04$ ,  $p<.05$ ,  $\epsilon^2=0.19$ ). Ezen interakció utótesztje azt mutatta, hogy a normált csaló arcok nagyobb amplitúdó értékeket váltottak ki, mint a normált kooperáló arcok a C4, P4 és O2 elektródokon (13. ábra).



**13. ábra.** A normált csaló és kooperáló átlag amplitúdók különbségének topografikus ábrázolása.

Mind a csaló, mind a kooperáló átlag amplitúdókból kivontuk a semleges arcok által kiváltott átlag amplitúdókat, amelyeket ezután statisztikailag összehasonlítottunk. A normált csaló és kooperáló átlag amplitúdók különböztek a C4, P4 és O2 elektródokon (vastag betűvel jelölve,  $p<.05$ ).

### 7.3. *Diszkusszió*

Első EEG vizsgálatunk során a szociálisan releváns arckifejezések időbeli feldolgozásának mintázatát vizsgáltuk az arcfelismeréshez kötődő EP-k analízise által. Elemzéseink során kimutattuk, hogy: 1) a kooperálásra utaló arckifejezések a semleges arckifejezésekhez képest nagyobb N170-es EP-t váltanak ki; 2) a csaló arckifejezések a semlegesekhez képest nagyobb P2-es EP-t váltanak ki; 3) a csalóság és a kooperálóság eltérő aktivációs mintázatot rajzol ki nagyjából az arcok bemutatását követően 200 ms-mal a jobb oldali centralis-, parietalis-, és occipitalis elektródokon.

A kooperáló arckifejezés által kiváltott, a semleges arckifejezéshez képest nagyobb amplitúdójú arcérzékeny N170-es EP alapján feltételezzük, hogy ezen inger feldolgozása az arc strukturális feldolgozásával párhuzamosan történik meg. Egyes kutatók (Brown és Moore, 2000; Brown és mtsai., 2003; Oda és mtsai., 2006; Oda és mtsai., 2009; Fetchenhauer és mtsai., 2010) bizonyították, hogy a kooperálók olyan arckifejezést (illetve viselkedést) mutatnak, amely által a megfigyelő képes megkülönböztetni őket a csalóktól. Tehát nemcsak csaló-detektorral, hanem egy ún. „*altruista-detektorral*” is rendelkezünk, és nagy valószínűséggel a szituációtól függően egyiket, avagy a másikat használjuk (azt, amelyikkel végül magasabb hasznot érhetünk el). A kooperáló arcok semlegestől eltérő strukturális feldolgozása az alapját képezheti a kooperáló arcok későbbi, tudatos felismerésének.

Korábbi vizsgálatok kimutatták, hogy a P2-es EP amplitúdója összefüggésbe hozható bizonyos memória-folyamatokkal (Puce és mtsai., 1999), továbbá, hogy minél nagyobb figyelmet, kognitív bevonódást követel egy inger, annál nagyobb amplitúdóval jelenik meg ez az EEG komponens (Yang és mtsai., 2012). A figyelmi folyamatok top-down szabályozásában a frontalis – azon belül is a praefrontalis - kérgi területeknek tulajdonítanak kiemelt jelentőséget (Desimone és Duncan, 1995; Pessoa és mtsai., 2002; Schupp és mtsai., 2003). A PFC-nek nagy szerepet tulajdonítanak ezen kívül a szociális kogníció olyan

területein, mint az attraktivitás kódolása (Haxby és mtsai., 2000; Said és mtsai., 2011), az empátia és a kockázatos döntéseket megelőző érzelmek átélése (Adolphs, 2009), valamint hazugság kódolása (Spence és mtsai., 2001; Spence, 2004; Spence és mtsai., 2004). Fentiek alapján a jelen vizsgálatunkban az F4 és C4 elektródokon kimutatott, a P2-es EP amplitúdó különbségekben megnyilvánuló arcfeldolgozási különbségek alapján három feltevés látszik megalapozottnak: 1) a csaló arcok a semlegesekhez képest nagyobb figyelmi bevonódást követelnek; 2) a csaló arcok által kiváltott megemelkedett figyelmi szintért a frontális kérgi területek (*gyrus frontalis medialis* (medial frontal gyrus, MFG), melynek része a PFC) felelősek; 3) a dorso-lateralis PFC szerepet játszik szociális kognícióban, azon belül is a csaló arcok kódolásában.

A normált csaló- és kooperáló EEG jelek összehasonlítása során fény derült arra is, hogy agyunk eltérő módon dolgozza fel a csalóság illetve kooperálóság jegyeit. Korábbi vizsgálatok kimutatták, hogy az érzelmi arckifejezések, és különösen a negatív érzelmek arckifejezéseinek (pl. félelem, szomorúság) feldolgozásáért a jobb kérgi félteke, azon belül is főként az STS, és kisebb mértékben az FFA felelős (Haxby és mtsai., 2000; Batty és Taylor, 2003; Engell és Haxby, 2007). A csalóság és kooperálóság összehasonlításakor a C4, P4 és O2 elektródokon talált eltérő átlag amplitúdó megerősíteni látszik a jobb félteke dominanciáját az érzelmi arckifejezések feldolgozásában; továbbá az elektródok elhelyezkedése alapján feltételezzük az STS bevonódását is, amelyről korábbi kutatások kimutatták, hogy felelős a szándéktulajdonításért (Frith és Frith, 1999; Carter és mtsai., 2011), illetve az arc megbízhatóságának megállapításáért (Dzhelyova és mtsai., 2011). Ezen feltételezésünk alátámasztásához, és a csalóság felismeréséért felelős kérgi területek precíz lokalizálásához, neuroanatómiai vizsgálatához azonban forrásanalízisre, vagy más képalkotó eljárásra (pl.: fMRI) van szükség. Egyes kutatások bizonyították, hogy a megbízhatatlanság, mint viszonylag állandó jellegű arcvonás feldolgozása nagyon korán, nagyjából 100 ms-mal

az inger bemutatását követően megtörténik (Marzi és mtsai., 2012); mások azt feltételezik, hogy a megbízhatatlan arcok eltérő feldolgozása csak későbbi (200 ms körüli) EP-k megjelenését befolyásolja (Dzhelyova és mtsai., 2012). A magyarázata mindkét jelenségnek hasonló, egyazon agyi struktúra működési sajátosságaira vezethető vissza, mégpedig az amygdala-ra. A kutatók mindkét esetben azt feltételezték, hogy a megbízhatatlan arcok látványa potenciális veszélyt jelez, ezért nagyon gyors feldolgozást igényel, amit a különböző limbikus struktúrák, elsősorban az amygdala aktivációja tesz lehetővé. A megbízhatatlan arcokra adott gyors agyi kiváltott válasz az amygdala gyors és automatikus feldolgozásának köszönhető (Marzi és mtsai., 2012; Yang és mtsai., 2012), míg a „késői” megnövekedett EP amplitúdó a kiemelt jelentőségű arcok mélyebb szintű feldolgozására utal, ami az amygdala információ-visszacsatolásának („*feedback*”) köszönhető a kéreg felé (Dzhelyova és mtsai., 2012). Utóbbi elmélet szerint az amygdala feedback megerősíti, alaposabbá teszi ezeknek a kiemelt jelentőségű (csaló) arcoknak a strukturális feldolgozását, a jövőbeli sikeresebb és gyorsabb felidézés érdekében. Ez a vizsgálat ugyan a megbízhatatlanság, mint arcvonás feldolgozásával kapcsolatban vonta le megállapításait, azonban eredményeink alapján úgy gondoljuk, hogy a csaló arckifejezések feldolgozása is hasonló módon megy végbe.

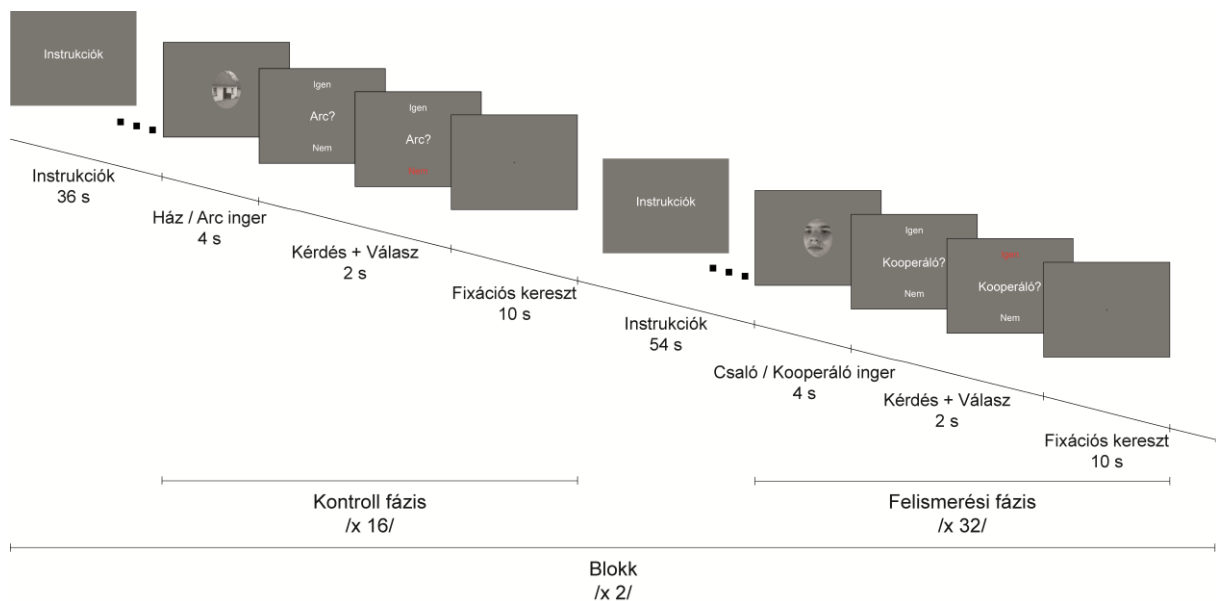
## 8. A csaló és kooperáló arckifejezések felismerésért felelős kérgi struktúrák vizsgálata fMRI segítségével

### 8.1. Módszerek

Jelen vizsgálatunkban azon kérgi struktúrák azonosítását tűztük ki célul, amelyek részt vesznek a kooperáló-, illetve csaló arckifejezések azonosításában, feldolgozásában. Összesen 29 egyetemista (ebből 15 nő, átlagos életkoruk  $24 \pm 0.43$  év) jelentkezett a PTE Pszichológiai Intézettel közös fMRI vizsgálatunkra, akik mind jobbkezesek voltak, a látásuk ép volt (illetve korrigált).

A vizsgálat során összesen 40 különböző identitású arcképet (16 kooperáló, 16 csaló és 8 semleges arc a saját, kibővített adatbázisunkból), valamint 8 különböző házról készült képet használtunk ingerként. A mérési paradigmához szükséges minimális arckép-szám eléréséhez az adatbázisunkat további 4 képpel kibővítettük. Minden új képet a korábban ismertetett módszer alapján standardizáltunk. A képeket két blokkban mutattuk be a résztvevőknek, esemény-kiváltott paradigmában, a következő módon: Az egyik mérési blokk első fázisában (kontroll fázis) a 8 semleges arcot, illetve a 8 házat mutattuk be az alanyoknak random sorrendben, képenként 4 s hosszan, majd feltettünk nekik egy kérdést: a kép arcot ábrázolt? A kérdést a kezükbe adott nyomógombok segítségével dönthették el (a gombokat egy kézben tartották, a hüvelykujjukkal jelezték az *igen*, és mutatóujjukkal a *nem* választ). A válaszadásra 2 s állt rendelkezésükre, ezt követően középszürke háttérrel láttak 10 s-ig az arc inger által kiváltott haemodinamikus válasz (BOLD szignál) lecsengése végett. Miután az összes (16) képet kategorizálták az *arc - nem arc* dimenzió mentén, a résztvevők egy csalásról szóló történetet olvastak a kijelzőn. Ezt követően azokat a személyeket kellett kiválasztaniuk az újabb - random módon bemutatott - képek közül (16 csaló és 16 kooperáló arc inger), akikről feltételezik, hogy a történet főszereplői lehetnek (gombnyomással válaszoltak a

*Csaló?* kérdésre, a fentiekben leírt módon). A válaszadást itt is 10 s szünet követte a BOLD szignál lecsengése végett (felismerési fázis). A másik mérési blokkban a kontroll fázist követően a résztvevők feladata a kooperáló arcok kiválasztása volt (a kooperálóság jobb megértését itt is egy történet segítette). A mérési blokkok sorrendjét randomizáltuk a résztvevők között (14. ábra). Az ingerbemutatóhoz Presentation software-t (NeuroBehavioral Systems, San Francisco, USA) használtunk.



**14. ábra.** Az fMRI vizsgálat menetének sematikus ábrázolása.

Az egyik blokk felismerési fázisában a résztvevők feladata annak eldöntése volt, hogy a képen látott személy csaló volt-e; a másik blokkban pedig az, hogy a képen látott személy kooperáló volt-e. Minden válaszadást 10 s szünet követett, a BOLD szignál lecsengése végett.

Vizsgálatunkhoz a Pécsi Diagnosztikai Központ 3T Siemens MAGNETOM TrioTim MRI készülékét használtuk, a következő beállításokkal: TR/TE = 2000/36 ms, Flip angle = 76°, szeletvastagság = 4mm, szeletszám=23. A résztvevők fejét halántékuk fölött rögzítettük. A kijelzőt, amelyben a feladatot látták, a fejtekeresre rögzítettük. Minden résztvevő esetén T2-súlyozott felvételt készítettünk a teljes agyról (whole-brain analysis), összesen 429 scan-t

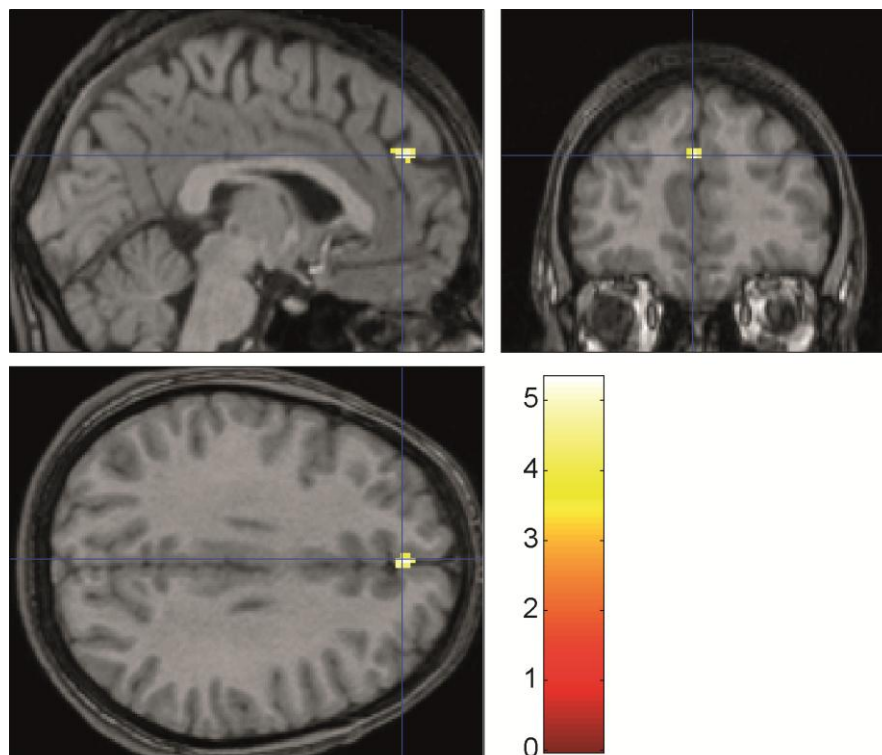


blokkonként. A kiértékelés off-line történt, Matlab (MathWorks, Natick, MA) SPM5 toolbox (Wellcome Department of Cognitive Neurology, London, UK) segítségével.

Az adatok előkészítése során a résztvevők agyáról készült felvételeket közös térbe helyezéssel normalizáltuk, majd mozgáskorrekciót végeztünk. Az eredményekre térbeli szűrést alkalmaztunk, végül az így kapott egyéni aktivációs mintázatokkal csoportanalízist végeztünk. Irodalmi adatok (Winston és mtsai., 2004) alapján feltételeztük, hogy a másodszorra bemutatott arcok az ismerősség következtében eltérő mértékű (kisebb) agyi aktivációt váltanak ki, ezért minden résztvevőnél kizárólag az először bemutatott blokkot elemeztük. Tizennégy résztvevő a *kooperáló* blokkal, míg 15 fő a *csaló* blokkal kezdett. A csaló arc > semleges arc, illetve kooperáló arc > semleges arc kontrasztok második szintű csoportanalíziséhez páros t-próbát alkalmaztunk.

## 8.2. Eredmények

A csaló arc > semleges arc kontraszt elemzése során azt találtuk, hogy a csaló arcok nagyobb aktivációt váltottak ki a bal oldali *gyrus frontalis medialis* területén (BA9-es area,  $t(1,14)=5.32$ ,  $p<.001$ ), a bal oldali cuneus-ban (BA17-es area,  $t(1,14)=4.18$ ,  $p<.001$ ), valamint a bal oldali *gyrus parahippocampalis* területén (BA19-es area,  $t(1,14)=3.46$ ,  $p<.001$ ) (15. ábra). Az összesített voxelszám-különbséget az 1. táblázat, a metszetenkénti t-tesztek eredményét a 2. sz. melléklet mutatja be.



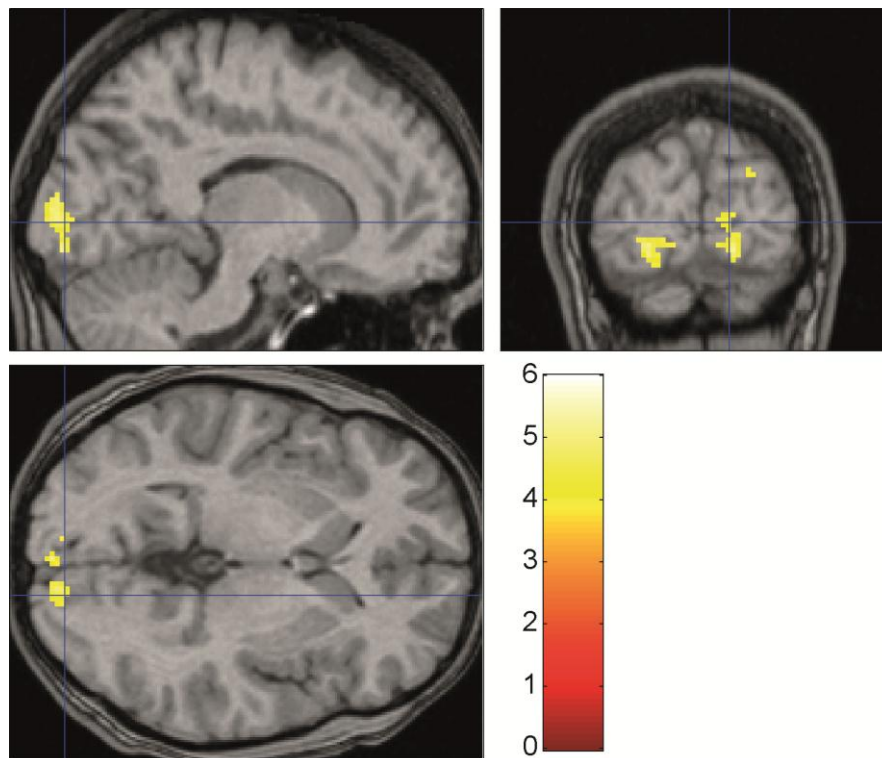
**15. ábra.** A csaló arcok látványára aktiválódott kérgi területek.

A csaló arcok a semleges arcoknál nagyobb haemodinamikai választ váltottak ki frontalisán, a BA9-es area-ban (az aktiváció mértékét a színes folt jelöli,  $p < .001$ ).

Aktivált terület	Kérgi félteke	Brodmann area	Aktív voxelek száma
<i>Csaló arc &gt; Semleges arc</i>			
Lobus Frontalis (MFG)	Bal	BA9	13
Lobus Occipitalis (Cuneus)	Bal	BA17	9
Lobus Limbicus (Gyrus Parahippocampalis)	Bal	BA19	2
<i>Kooperáló arc &gt; Semleges arc</i>			
Lobus Frontalis (MFG)	Jobb	BA8	2
Lobus Occipitalis (IOG, MOG, Cuneus)	Jobb	BA17/18/19	95
Lobus Occipitalis (IOG, MOG, Cuneus)	Bal	BA17/18/19	65
Lobus Limbicus (Gyrus Fusiformis)	Bal	BA37	2

**1. táblázat.** A csaló és kooperáló arcképek látványa által aktivált voxelek összesítése.

A kooperáló arcok a bal oldali *gyrus fusiformis*-ban (BA37-es area,  $t(1,13)=4.7$ ,  $p<.001$ ), valamint mindkét oldalon az occipitalis látókérgi területeken (BA17, 18, 19-es area-k, a metszetenkénti  $t$ -értékeket lásd a 2.sz. mellékletben) nagyobb aktivációt indukáltak a semleges arcoknál (16. ábra, 1. táblázat).



**16. ábra.** A kooperáló arcok látványára aktiválódott kérgi területek.

A kooperáló arcok a semleges arcoknál nagyobb haemodinamikai választ váltottak ki occipitalisan, a Brodmann 17, 18, 19-es area-kban (az aktiváció mértékét a színes folt jelöli,  $p < .001$ ).

### 8.3. *Diszkusszió*

Vizsgálatunk célja az volt, hogy megállapítsuk, mely kérgi struktúrák játszanak szerepet a csaló- és kooperáló arckifejezések felismerésében és feldolgozásában. Ennek kiderítésére eseménykiváltott paradigmában semleges-, kooperáló- és csaló arcokat mutattunk be önként jelentkező egyetemistáknak, miközben fMRI felvételt készítettünk az agyukról. Elemzésünk során mind a csaló-, mind a kooperáló arcok által aktivált agyi területeket összehasonlítottuk a

semleges arcok által aktivált területekkel, és azt találtuk, hogy a csaló arcok nagyobb mértékben aktiválják a dorso-lateralis PFC BA 9-es területét, a kooperáló arcok pedig nagyobb mértékű aktivációt okoznak az FFA-ban (BA 37) és az occipitalis látókérgi területeken (BA 17, 18, 19).

Irodalmi adatok bizonyítják a PFC sokrétű szerepét a szociális interakciókban. Egyrészt ezt a kérgi területet úgy tartják számon, mint egy magasabb szintű kognitív szabályozó központ, amely kiterjedt – nagyrészt reciprok - kapcsolat-rendszerének köszönhetően felel a jutalmazáshoz kapcsolódó adaptív cselekvési minták kialakításáért (Rolls, 1996, 2000; Dalgleish, 2004; Fuster, 2008), valamint a figyelmi folyamatok top-down szabályozásáért is (Desimone és Duncan, 1995; Pessoa és mtsai., 2002; Schupp és mtsai., 2003). Másrészt ez a régió fokozott aktivációt mutat a látott alapérzelmek feldolgozása, az erőteljes érzelmek átélése, illetve az érzelmi válaszok gyors és flexibilis változtatása során (Adolphs, 2009) (Heinzel és mtsai., 2005; Szily és Keri, 2008). Azonban nemcsak az alapérzelmek, de az olyan komplex, ún. „szociális érzelmek” átélésében és felismerésében is szerepet játszik, mint pl. a megbízhatatlanság (Winston és mtsai., 2002), a csalás (Singer és mtsai., 2004), vagy a hazugság (Spence és mtsai., 2001). Vizsgálatunk, melyben a semleges arcokhoz képest nagyobb PFC aktivitást találtunk csaló arckifejezések bemutatása esetén, megerősíti ezen tanulmányok eredményeit. Fenti tanulmányok tükrében értékelve eredményeinket feltételezzük, hogy a PFC kiterjedt kapcsolatrendszerének köszönhetően a csaló arckifejezés feldolgozása kiemelt útvonalon zajlik az idegrendszerben (pl. az amygdala-val való reciprok kapcsolatának köszönhetően), és ezáltal nagyobb figyelmi bevonódást indukál.

Az occipitalis látókérgi területek, különösen a *gyrus occipitalis inferior* (inferior occipital gyrus, IOG), elsődlegesen az arcvonások észleléséért, az arcok strukturális feldolgozásáért felelős, illetve az arcvonások elemzése által a nem megállapításában is kulcsfontosságú szerepet tölt be (Bruce és mtsai., 1993; Calder és mtsai., 2001; Kanwisher és Yovel, 2006;

Dzhelyova és mtsai., 2011). Az IOG fontos bemenetet ad olyan, az arcíngerek feldolgozásában kulcsfontosságú területeknek, mint az FFA, vagy az STS (Haxby és mtsai., 2000); amely utóbbi közismerten felelős a szándéktulajdonításért (Frith és Frith, 1999; Carter és mtsai., 2011), valamint a megbízhatóság megítéléséért (Winston és mtsai., 2002; Dzhelyova és mtsai., 2011; Said és mtsai., 2011). Vizsgálatunk, melyben a kooperáló arcok nagyobb aktivációt indukáltak a semleges arcokhoz képest az occipitalis látókérgi területeken, beleértve az OFA-t is, megerősíteni látszik azt az elméletet, amely szerint az OFA fontos szerepet játszik a megbízhatóság megítélésében az arcíngerek pre-processzálása által. Egy új keletű ismétléses transcranialis mágneses ingerlést (repeated transcranial magnetic stimulation, rTMS) alkalmazó tanulmány eredményei szerint a megbízhatóság megítélése szempontjából a jobb oldali OFA és mindkét oldali STS funkcionálisan elkülönült, működésileg azonban szoros kapcsolatban álló egységet alkotnak, amelyben az OFA az arcok strukturális jegyeinek (és nemének) gyors feldolgozásával hozzásegíti az STS-t a nehezen felismerhető megbízhatatlan (női) arcok azonosításához (Dzhelyova és mtsai., 2011). Az FFA kooperáló arcoknál megfigyelhető nagyobb mértékű aktivációja szintén összhangban áll a korábbi tanulmányok eredményeivel, amelyek szerint 1) ez a tekervény fontos szerepet játszik a szociálisan releváns ingerek feldolgozásában (Brothers, 1990; Adolphs, 2003); 2) nagyobb haemodinamikai válasz váltható ki olyan kooperáló arcok bemutatásával, akiket „szándékos kooperáló”-ként (nem kooperálásra utasított személyként) mutatnak be (Singer és mtsai., 2004).

## **9. A megbízhatóságot / megbízhatatlanságot tükröző arcvonások kérgi feldolgozásának vizsgálata eltérési negativitás paradigmában**

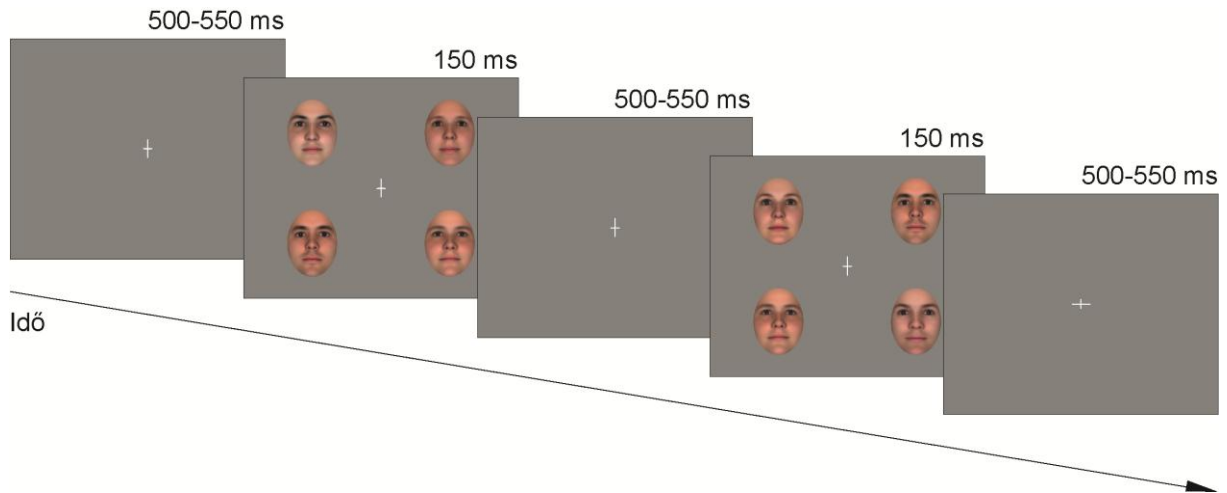
### **9.1. Módszerek**

Vizsgálatunk ezen szakaszában a megbízhatóság felismerésének automatikus mechanizmusára kerestünk bizonyítékot az EEG technika segítségével. Ehhez egy a közelmúltban elterjedt módszert, az eltérési negativitás (MMN) paradigmát alkalmaztuk. Összesen 20 fő egyetemista jelentkezett a vizsgálatunkra, akik mind jobbkezesek voltak, a látásuk ép volt (illetve korrigált). A végső elemzésből 5 fő mérési eredményét hagytuk ki 1) mert nem figyeltek oda a feladatra (a keresztelfordulások több mint 15%-át elhibázták,  $n=3$ ), vagy 2) mert nagyon gyenge volt az EEG-jük jel-zaj aránya (túl sok műtermék a pislogás és egyéb izommozgások miatt,  $n=2$ ). A végső mintánk így 15 résztvevőből állt (ebből 10 nő, átlagos életkoruk  $21.27 \pm 0.91$  év).

Vizsgálatunk során 40 számítógép által generált arcot használtunk ingeranyagként (20 megbízható- és 20 megbízhatatlan arcot, mind különböző identitással). Az arcképeket FaceGen Modeller 3.1 program segítségével készítette egy amerikai kutatócsoport (Oosterhof és Todorov, 2008; Todorov és mtsai., 2008a). A korábbi módszerrel (6.2.1.) megegyezően most is standardizáltuk az arcképeket, majd 2x2-es tablókat (a továbbiakban: inger) készítettünk belőlük. Minden inger 4 megbízható vagy 4 megbízhatatlan arcból (2 férfi és 2 női arckép, különböző pozícióban) állt. Az arcokat a látótér perifériás részén mutattuk be, a látótér négy kvadránsában,  $6^\circ$  és  $4^\circ$  alatti látószögben, középszürke háttér előtt. Az arcok bemutatásának sorrendjét randomizáltuk azzal a kitételrel, hogy két egymást követő ingeren nem szerepelhetett ugyanaz az arc. Egy-egy ingert 150 ms-ig mutattunk, közöttük pedig 500-550 ms szünetet (inter-stimulus interval, ISI) iktattunk be (Stefanics és mtsai, 2012; 17. ábra). Összesen 2000 ingert mutattunk a résztvevőknek kakukktójas paradigmában, két külön

blokkban (1000 inger/blokk). Az egyik blokkban (ritka nem megbízható arcok, RNMA) a gyakori ingert (standard inger,  $P=0.9$ ) a megbízható arcok alkották, a ritka ingert (deviáns inger,  $P=0.1$ ) a megbízhatatlan arcok alkották. A másik blokkban (ritka megbízható arcok, RMA) a megbízható és megbízhatatlan arcok bemutatási arányát megfordítottuk. A két blokk bemutatási sorrendjét randomizáltuk a résztvevők között. Hogy meggyőződhessünk arról, hogy a résztvevők a mérés során a monitorra figyelnek, a képernyő közepén egy fehér fixációs keresztet vetítettünk. A résztvevők feladata az volt, hogy amikor észreveszik a kereszt elfordulását (az ISI 10%-ában), jelezzék azt egy gomb megnyomásával. A mérés során a reakcióidőket (RI-ket) és a találati arányokat rögzítettük.

Az EEG felvétel során ugyanazt a 16 csatornás Medicor EEG készüléket használtuk, és ugyanazokat a beállításokat alkalmaztuk, amit az első vizsgálat során (7.1.). Az EEG adatokat Matlab (MathWorks, Natick, MA) programozói környezetben, EEGLAB toolbox (Delorme és Makeig, 2004) segítségével analizáltuk. Az ingerbemutatást megelőző 100, illetve a bemutatást követő 500 ms-ot elemeztük, miután a -100 – 0 ms-os időintervallumot alapul véve korrigáltuk az adatokat (baseline-olás). A kiemelt -100 – 500 ms-os időablakokat átlagoltuk, külön a standard és deviáns ingerekre, blokkonként. A keresztelfordulásokat megelőző, illetve az azt követő ingereket kivettük az elemzésből.



**17. ábra.** A vMMN vizsgálati paradigma sematikus ábrázolása.

A monitor közepén látható fixációs kereszt a képek felvillanása közötti szünetek 10%-ában elfordult, amit a résztvevőknek jeleznie kellett egy gomb megnyomásával.

A találati arányok és a reakcióidők összehasonlítására ismételt méréses ANOVA-t alkalmaztunk. A viselkedéses válaszok statisztikai összehasonlítását a két BLOKK-ra lebontva (RNMA/RMA), a BEMUTATÁSI SORREND (elsőként- / másodikként bemutatott blokk) alapján végeztük el.

Az azonos ingertípuson belül a deviáns ingerek által kiváltott agyi válaszokból kivontuk a standard ingerek által kiváltott agyi válaszokat, így két különbségi hullámot kaptunk; egyet a megbízható-, és egyet a megbízhatatlan arcokra. A nagyjátlag vMMN csúcsot az összes elektródból átlagolt EEG jel csúcsamplitúdójának értéke alapján határoztuk meg, majd a nagyjátlag csúcsamplitúdóhoz képest  $\pm 10$  ms-os időablakban vizsgáltuk az egyedi átlag amplitúdó értékeket.

Várakozásainknak megfelelően két vMMN csúcsot tudtunk azonosítani. A 115-135 és a 225-245 ms-os időablakokra kiszámolt átlag amplitúdó értékeket 6 elektródon (F3, F4, C3, C4, O1 és O2) elemeztük rANOVA segítségével, az inger GYAKORISÁG-a (standard / deviáns), az ANTERIORITÁS (anterior / centralis / posterior elektródok), és a LATERALITÁS (bal- / jobb félteke elektródjai) mentén, külön-külön a két ingertípus



(megbízható és megbízhatatlan) esetén. Hogy teszteljük az arcok feldolgozásának gyakoriság-specifikus hatásait is, rANOVA segítségével mindkét fent említett időablakban összehasonlítottuk az átlag amplitúdó értékeket az inger TÍPUS (megbízható / megbízhatatlan), az ANTERIORITÁS (anterior / centralis / posterior elektródok), és a LATERALITÁS (bal- / jobb félteke elektródjai) mentén, külön-külön az ingerek bemutatási gyakorisága (standard és deviáns) alapján. Statisztikailag jelentős különbségek, illetve interakciók esetén utótesztet (post hoc Tukey HSD) végeztünk a különbségek pontosabb definiálása érdekében. A szignifikancia szintet  $\alpha=0.05$  szint alatt állapítottuk meg. Ahol szükséges volt, a szabadsági fokokra Greenhouse-Geisser korrekciót alkalmaztunk.

## 9.2. Eredmények

A viselkedéses válaszok (a keresztelfordulásokra adott gombnyomások) vizsgálatakor sem a találati arányok, sem a RI-k elemzésekor nem találtunk statisztikailag jelentős különbséget a két blokk eredményei között (eredményeinket a 2. táblázat foglalja össze). Ez arra enged következtetni, hogy a háttérben bemutatott különböző ingertípusok nem befolyásolták a résztvevőket a feladat teljesítésében. A magas találati arány arra enged következtetni, hogy a standard és deviáns ingerek által kiváltott eltérő potenciálok nem a különböző figyelmi bevonódás következményei.

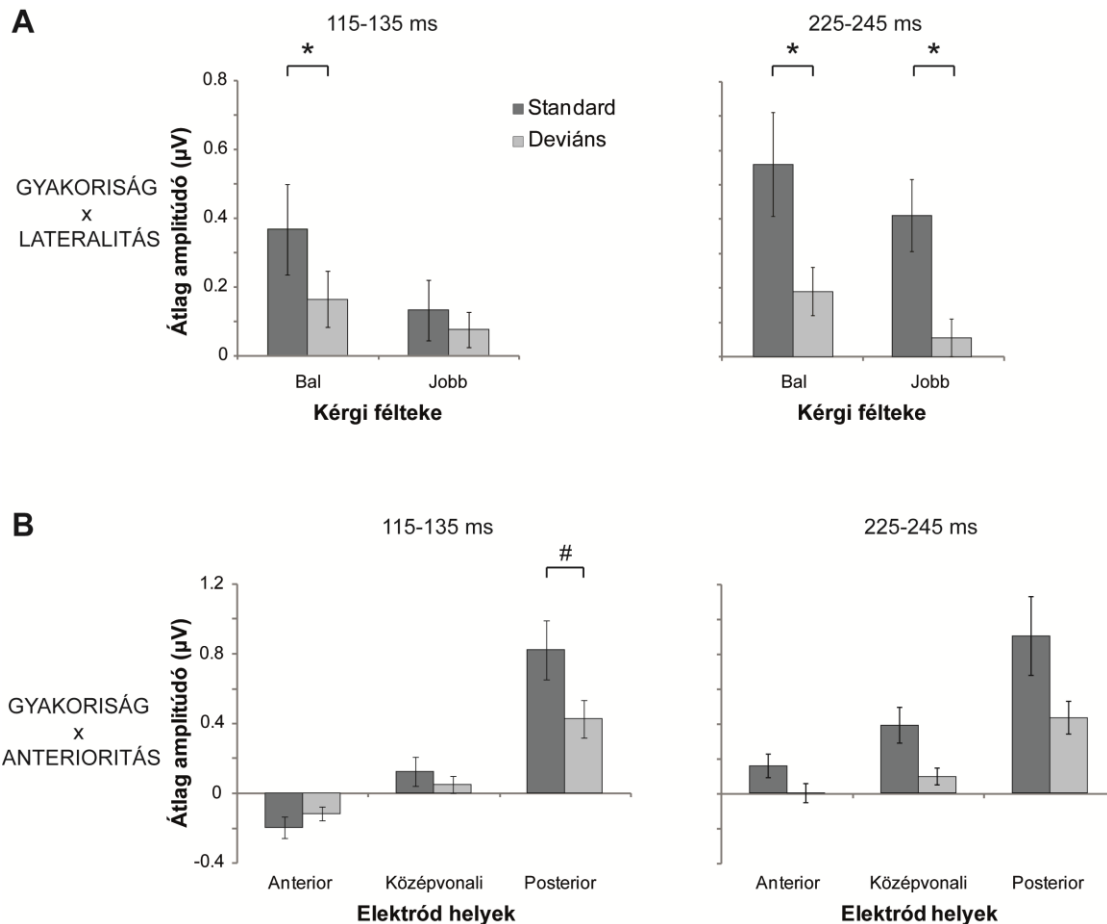
	Találati arány (%) $\pm$ SE	RI (ms) $\pm$ SE
<b>Blokk RMA</b>	95.4 $\pm$ 0.90	384.69 $\pm$ 4.62
<b>Blokk RNMA</b>	94.4 $\pm$ 0.87	386.54 $\pm$ 5.16

**2. táblázat.** Találati arány és RI eredmények a „ritka megbízható arcok” (RMA) és a „ritka nem megbízható arcok” (RNMA) blokkokra lebontva.

A korai időablakban (115-135 ms) a megbízhatatlan arcokra megjelenő MMN potenciál analízise során szignifikáns ANTERIORITÁS főhatást találtunk ( $F(2,28)=17.26$ ,  $p<.01$ ,  $\eta^2=.55$ ) a posterior elektródokon kiváltott nagyobb amplitúdók miatt; valamint szignifikáns LATERALITÁS főhatást is kimutattunk ( $F(1,14)=6.63$ ,  $p<.05$ ,  $\eta^2=.32$ ) a bal oldalon kiváltott nagyobb átlag amplitúdóknak köszönhetően. A szignifikáns GYAKORISÁG x LATERALITÁS interakció ( $F(1,14)=4.43$ ,  $p=.05$ ,  $\eta^2=.24$ ) utótesztje kimutatta, hogy a standard-deviáns eltérés a bal oldalon volt kifejezettebb (Tukey HSD:  $p<.01$ , 18/A ábra). A szignifikáns GYAKORISÁG x ANTERIORITÁS interakció ( $F(2,28)=3.24$ ,  $p=.05$ ,  $\eta^2=.19$ ) utótesztje a standard és deviáns ingerek eltérésére utalt a posterior elektródokon (Tukey HSD:  $p=.06$ , 18/B. ábra).

A megbízható arcok elemzése ugyanebben az időablakban (115-135 ms) nem mutatott GYAKORISÁG főhatást, sem ehhez kapcsolódó interakciót, így kijelenthetjük, hogy a standard és deviáns megbízható ingerek hasonló átlag amplitúdókat váltottak ki (19. ábra).

A standard megbízható és megbízhatatlan arcok által kiváltott EEG jelek nem különböztek a vizsgált korábbi időablakban (115-135 ms). A deviáns megbízható és megbízhatatlan arcok által kiváltott amplitúdó értékek azonban ugyanebben az időintervallumban (115-135 ms) szignifikáns inger TÍPUS x LATERALITÁS x ANTERIORITÁS interakciót mutattak ( $F(2,28)=3.58$ ,  $p<.05$ ,  $\eta^2=.2$ ), melynek oka a megbízhatatlan deviáns arcok által kiváltott negatívabb amplitúdó értékek az O1 és O2 elektródokon (Tukey HSD:  $p<.01$ ).

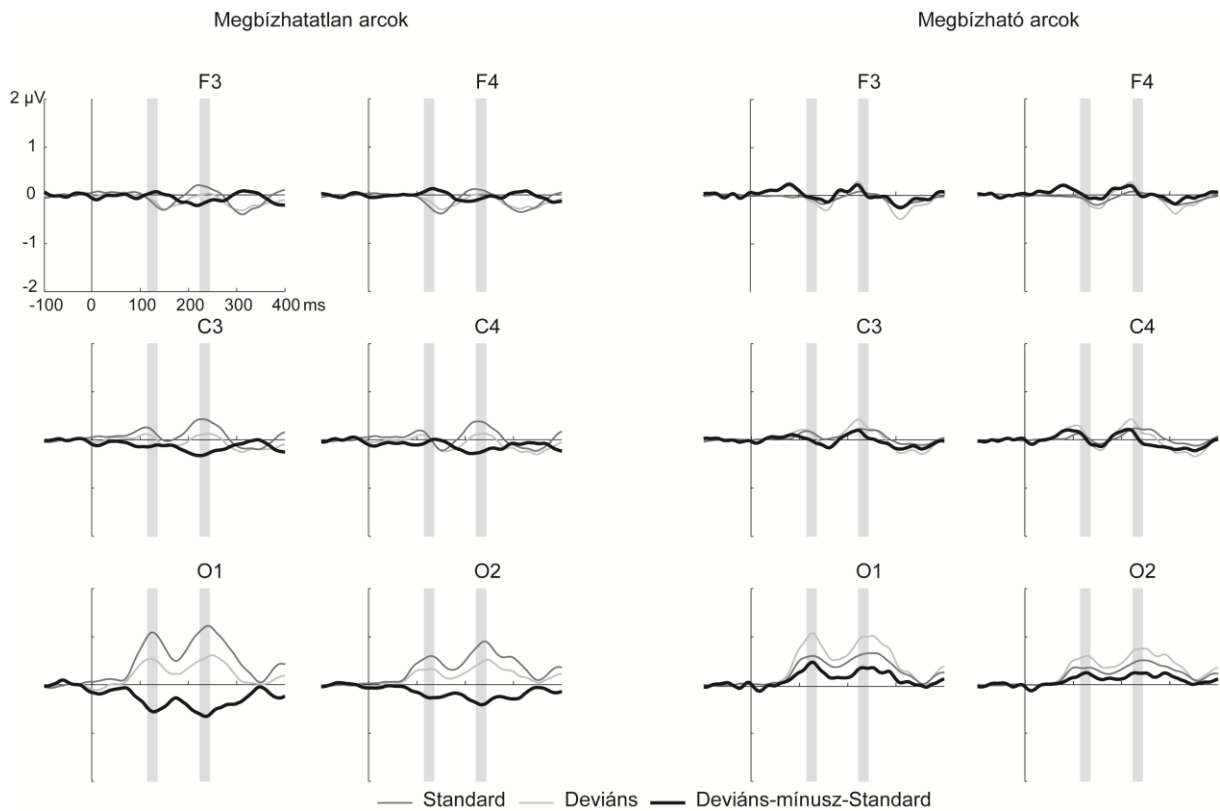


**18. ábra.** A megbízhatatlan arcok által kiváltott átlag amplitúdók statisztikai elemzése. **A:** A GYAKORISÁG x LATERALITÁS interakció kimutatta, hogy a standard és deviáns megbízhatatlan arcok a bal félteke elektródjain mindkét időablakban különböző átlag amplitúdójú EP-eket váltottak ki, míg a jobb félteke elektródjain csak a későbbi időablakban mutatkozott különbség. **B:** A GYAKORISÁG x ANTERIORITÁS interakció a deviáns ingerek tendenciózusan negatívabb EP-ire utal a hátsó elektródokon a korai időablakban. Bal oldal: 115-135 ms időablak; Jobb oldal: 225-245 ms időablak.

\*:  $p < .05$ , #:  $p = .06$

A későbbi (225-245 ms) időablak átlag amplitúdóinak elemzésekor azt találtuk, hogy a deviáns megbízhatatlan arcok tendenciózusan negatívabb MMN potenciált váltanak ki, mint a standard megbízhatatlan arcok (GYAKORISÁG főhatás:  $F(1,14)=3.81$ ,  $p=.07$ ,  $\eta^2=.21$ ). A szignifikáns ANTERIORITÁS ( $F(2,28)=7.08$ ,  $p < .01$ ,  $\eta^2=.34$ ) és LATERALITÁS ( $F(1,14)=4.95$ ,  $p < .05$ ,  $\eta^2=.26$ ) főhatások kimutatták, hogy a posterior elektródokon, illetve a

bal oldalon nagyobb átlag amplitúdókat váltottak ki a bemutatott ingerek. A marginálisan szignifikáns GYAKORISÁG x LATERALITÁS interakció ( $F(1,14)=4.28$ ,  $p=.057$ ,  $\eta^2=.23$ ) utótesztje azt mutatta, hogy standard megbízhatatlan ingerek a deviánsoknál nagyobb amplitúdó értéket váltottak ki mindkét kérgi féltekén, valamint hogy a standard megbízhatatlan ingerek pozitívabb átlag amplitúdó értékeket váltottak ki a bal félteke elektródjain, mint a jobb oldalon (Tukey HSD test:  $p<.01$ , 18/A. ábra).



**19. ábra.** A megbízható- és megbízhatatlan arcok által kiváltott EP-k.

Az egyes ábrák a megbízhatatlan (balra) és megbízható (jobbra) arcok által kiváltott EP-k nagy átlagát; valamint az MMN különbségi hullámot ábrázolják. A szürke téglalapok a statisztikailag analizált amplitúdó intervallumokat jelölik (115-135 ms és 225-245 ms).

A megbízható arcok analízise ebben az időablakban (225-245 ms) sem mutatott szignifikáns MMN különbségi potenciált; a standard és deviáns megbízható ingerek hasonló átlag amplitúdó értékeket váltottak ki (19. ábra).

A standard megbízható és megbízhatatlan arcok által kiváltott átlag amplitúdó értékek a későbbi (225-245 ms) időablakban marginálisan szignifikáns inger TÍPUS x LATERALITÁS interakciót mutattak ( $F(1,14)=4.29$ ,  $p=.057$ ,  $\eta^2=.23$ ). Az utóteszt alapján kijelenthetjük, hogy a standard megbízhatatlan arcok által kiváltott amplitúdó értékek pozitívabbak voltak a standard megbízható arcok értékeinél; valamint, hogy a standard megbízhatatlan arcok amplitúdó értékei negatívabbak voltak a bal félteke elektródjain, mint a jobboldalon (Tukey HSD:  $p<.01$ ). A deviáns ingerek összehasonlítása nem eredményezett különbséget ebben az időablakban.

### **9.3. *Diszkusszió***

Vizsgálatunk során a vMMN komponens segítségével kimutattuk, hogy az emberi agy automatikusan képes detektálni a ritka megbízhatatlan arcokat a gyakran bemutatott megbízható arcok között. Vizsgálatunk során alapérzelmet nem tükröző (semleges) arcokat mutattunk be naiv vizsgálati személyeknek (a képeket a „Trustworthiness Face Database”-ből választottuk (Todorov és mtsai., 2008a)). Az arcokat korábbi tanulmányok módszertana alapján négyesével mutattuk be a számítógép kijelzőjén 150 ms-ig, mivel ezek a kutatások bizonyították, hogy ilyen rövid időtartamú ingerbemutató is elegendő az arcok megbízhatóságának megítéléséhez (Willis és Todorov, 2006; Todorov és mtsai., 2009).

A megbízhatatlan arcok által kiváltott EP-k analízise két időablakban eredményezett szignifikáns vMMN különbséget a deviáns ingereknek köszönhetően a posterior elektródokon (115-135 ms, és 225-245 ms); ami egybevág korábbi MMN tanulmányokkal, ahol arcingereket használva szintén a fenti időtartamokban találtak különbségeket (Zhao és Li,

2006; Astikainen és Hietanen, 2009; Li és mtsai., 2012). A korai, 115-135 ms-os időablak latenciája korábbi tanulmányok alapján arra enged következtetni, hogy az arc megbízhatóságát nagyjából 100-150 ms alatt képesek vagyunk detektálni; valamint az is megerősítődni látszik, hogy az arcok szociális jellegének feldolgozása (kategorizálása) az arc strukturális feldolgozásával párhuzamosan zajlik (Yang és mtsai., 2011; Dzhelyova és mtsai., 2012; Marzi és mtsai., 2012). A későbbi, 225-245 ms-os időablakban megjelenő szignifikáns különbség jelenléte pedig azokat a kutatásokat igazolja, amelyekben kimutatták, hogy az érzelemkifejezések automatikus feldolgozásának számos aspektusát tetten érhetjük az inger bemutatását követően nagyjából 200 ms-mal (Liddell és mtsai., 2004; Li és mtsai., 2012).

Az azonos gyakorisággal bemutatott arcképek összehasonlítása az eltérés-detekció és adaptáció két különböző okára utalt. A korábbi ablakban a deviáns megbízhatatlan arcok deviáns megbízható arcokhoz viszonyított negatívabb EP-je okozott nagyobb eltérési negativitást; míg a későbbi időablakban a vMMN oka a standard megbízhatatlan arcok által kiváltott pozitívabb EP, ami arra enged következtetni, hogy a megbízhatatlan arcokhoz kevésbé adaptálódunk.

Eredményeinkben kimutattuk, hogy a megbízható arcok gyakori ismétlésével tudatlan elvárást tudunk kiépíteni a megbízhatóság kategóriájára, amit – ahogy azt a vizuális MMN komponens megjelenése mutatja – deviáns megbízhatatlan arcok bemutatásával megtörhetünk. Ezzel szemben megbízhatatlan arcok ismételt bemutatásával nem tudunk kiépíteni ilyen pre-attentív elvárást a megbízhatatlanság kategóriájára; nem jelenik meg az MMN komponens a ritka megbízható arcokra. Az eredményekből adódik a kérdés: vajon hogyan lehet a megbízhatóság perceptuálisan alapvetőbb kategória, mint a megbízhatatlanság? Egy lehetséges magyarázat erre, hogy az emberek evolúciósan arra szelektálódtak, hogy társas kapcsolataikban felismerjék a potenciálisan segítőkész („hasznos”) társakat (kooperálókat), és kapcsolatba lépjenek velük (Cosmides és Tooby, 1992; Kovács-

Bálint és mtsai., 2012). Ahogy azt láthattuk, eredményeink alapján a megbízhatatlan arcokra nem formálunk elvárást, ami tulajdonképpen olyan, mintha a megbízhatatlanságot nem különálló kategóriaként dolgoznánk fel, hanem azon arcvonások hiánya alapján, amitől egy arcot megbízhatónak gondolunk. Ezen elgondolás összhangban áll Schmidt és Cohn (2001) tanulmányával, akik kimutatták, hogy a megbízható arcvonások hiánya jelzi az esetleges csalást, valamint, hogy a csalódetektáló képességünk a normál (megbízható) arcvonásokkal kapcsolatos tudásunktól függ. Alátámasztani látszik ezt a tényt, hogy a természetes arckifejezéseink általában a becsületességet tükrözik, nem pedig a csaló szándékot (Zahavi, 1993). Az sem elképzelhetetlen, hogy a megbízhatatlan arcok nagyobb strukturális változékonyságot mutatnak a megbízhatóságot jelző arcvonásokban.

Ezzel összhangban korábbi tanulmányok bizonyították, hogy a megbízható- és megbízhatatlan arcok morfológiája jól meghatározott karakterisztikus vonások mentén leírható (Rezlescu és mtsai., 2012; Kleisner és mtsai., 2013). Mások kimutatták, hogy az emberek veleszületett preferenciával rendelkeznek a szimmetrikus arcvonások iránt (Evans és mtsai., 2012), és hogy a szimmetrikus arcok nagyobb EP adaptációhoz vezetnek nagyjából 200 ms-mal az inger bemutatását követően (Cassia és mtsai., 2006). Jelen vizsgálat eredménye a fenti tanulmányok tükrében arra enged következtetni, hogy az emberi agy úgy észleli a megbízhatóságot, mint egy természetes perceptuális kategóriát, amire képes pre-attentív elvárásokat felépíteni. Így, mint egy kvázi “alapértelmezett” arcvonás-mintázat, a megbízhatóságot tükröző arcvonások kevésbé figyelemfelkeltőek a perceptuális rendszer számára, ami inkább a szokatlan, megbízhatatlanságot tükröző arcvonások észlelésére van kiélezve.

Összefoglalva tehát, a megbízhatóság arcvonásaira felépített, automatikus elvárást az ezt megtörő, megbízhatatlan arcok által kiváltott vMMN válasz segítségével bizonyítottuk.

Evolúciósan adaptív mechanizmusként, a megbízhatósághoz kapcsolódó arcvonások észlelése és értékelése a megbízható partnerek tudatos felismerésének alapját képezheti.



## 10. Összefoglalás

Munkacsoportunkban az elmúlt négy év során számos magatartási- és neurofiziológiai (EEG és fMRI) vizsgálatot végeztünk a csalók arc kifejezésének pontos meghatározása, illetve a csaló arc kifejezések által kiváltott agykérgi válaszok megismerésére. A csalás egy olyan pillanatnyi döntés, amelyhez erős érzelmek társulnak, és ami ezáltal megjelenik az arcon, mint leplezhetetlen komplex szociális arc kifejezés. A valódi csaló arc kifejezés felismerésének neurofiziológiai vizsgálatára mindezidáig nem született tanulmány, feltehetően az ilyen típusú arc-adatbázisok hiányának, illetve nehézkes hozzáférhetőségének köszönhetően.

Első feladatunk tehát egy olyan standard adatbázis létrehozása volt, amely csaló-, és kooperáló személyek arc képeit tartalmazta, melynek használatával kiterjeszthettük a csalódetekciós képességre vonatkozó ismereteinket, és amelyet a későbbiekben más kutatócsoportok is fel tudnak használni ilyen irányú vizsgálataikhoz.

Vizsgálataink kezdetekor a korábbi irodalmi adatokkal összhangban feltételeztük a csalófelismerés képességét; azt, hogy a véletlennél nagyobb arányban felismerjük a csalókat környezetünkben. Ennek háttérében egy, a csalás/kooperálás pillanatában megjelenő arc kifejezést feltételeztünk, amelyből következtetni lehet az adott személy szándékára (csaló vagy kooperáló). Magatartás vizsgálatunk eredményei a csalódetekciós elméletet igazolva bizonyították, hogy a női megfigyelők magabiztosabban felismerik a csaló arcokat, mint a férfiak; valamint hogy a férfiak hajlamosak mind a férfi-, mind a női arcokat kooperálóként azonosítani, ezzel egyfajta pozitív irányba torzítva ítéleteiket. Továbbá, a tudományos kutatásokban gyakran használt arc kódoló rendszer (FACS) használatával kimutattuk, hogy a csaló arc kifejezésre az összezárt, összehúzott szem, és a feszített ajkak; míg a kooperáló arc kifejezésre ennek ellenkezője jellemző (tágra nyitott szemek, megemelt külső szemöldök, lazán zárt ajkak). Eredményeinkből azt is kiolvashatjuk, hogy minél inkább megfelel egy

arckifejezés a fenti kritériumoknak, a megfigyelők annál magabiztosabban felismerik/kategorizálják az adott szociális arckifejezést (6. fejezet).

Ezt követően, a csaló- és kooperáló arckifejezések látványára aktiválódott kérgi területek vizsgálatára EEG és fMRI vizsgálatot végeztünk, mindkettőt esemény-kiváltott paradigmában. EEG vizsgálatunk során kimutattuk, hogy a kooperáló arckifejezés feldolgozása az arc információ strukturális feldolgozásával párhuzamosan zajlik, nagyobb aktivitást mutatva a jobb kérgi féltekén; valamint hogy a csaló arckifejezés feldolgozása rendkívül gyorsan, körülbelül az arc bemutatását követően 200 ms-mal megtörténik, rögtön az arc strukturális kódolását követően. A csaló-semleges arckifejezések feldolgozási különbsége, amelyet a P2-es EP megjelenése bizonyított a frontális elektródokon, a csaló arcok figyelemfelkeltőbb hatására utalhat (7. fejezet).

Funkcionális MRI vizsgálatunk eredményei alapján kijelenthetjük, hogy a kooperáló arckifejezések látványára az OFA és az FFA; a csaló arckifejezések látványára pedig a PFC aktiválódik nagyobb mértékben a semleges arcokhoz viszonyítva (8. fejezet). Korábbi tanulmányokkal összhangban, eredményeink arra engednek következtetni, hogy a PFC - melynek kiemelt szerepe ismert a szociálisan releváns információk észlelésében és a figyelmi funkciók irányításában - top-down figyelmi szabályozó központként, kiterjedt efferens hálózatának köszönhetően elsődleges szereppel bírhat a csaló arckifejezések feldolgozásában. A kooperáló arcok esetében az OFA és az FFA az arcfeldolgozás központi rendszerének magasabb szintű bevonódására utalnak, melynek oka lehet az, hogy a kooperáló arcokat mint természetes perceptuális kategóriát észleljük, amely iránt nagyobb preferenciát – és így nagyobb vizuális kérgi aktivációt - mutatunk, mint a csaló arcok iránt.

Fenti eredmények tükrében az ún. „agyi altruista-detektor modul” feltételezése helyénvalónak tűnik, amelyet vMMN EEG vizsgálatunk eredményei is alátámasztanak. A vMMN paradigma segítségével kimutattuk, hogy a megbízhatóságot tükröző arcvonásokra

automatikus elvárás tudunk kialakítani (9. fejezet). A vizsgálatok eredményeiből arra következtettünk, hogy a csaló/megbízhatatlan arcok észlelése tulajdonképpen annak köszönhető, hogy a „természetesség” hiánya felébreszti a figyelmi rendszerünket.

Összességében tehát elmondhatjuk, hogy vizsgálataink eredményei elsőként bizonyították a csalás és kooperálás pillanatában az arcon megjelenő, semlegestől eltérő mikromimikai változásokat, valamint hogy a csaló és kooperáló arckifejezések, mint komplex szociális arckifejezések kérgi feldolgozása rendkívül gyorsan végbemegy többek közt az OFA, az FFA és a PFC működésének köszönhetően.

Független kutatócsoportok megbízhatósággal kapcsolatos vizsgálatai, valamint csalódetekcióval kapcsolatos jelen vizsgálataink alapján feltételezzük, hogy a megbízhatóság arcvonásainak látványa nagyon korán, néhány 100 ms-on belül egy automatikus benyomást alakít ki a megfigyelőben (feltehetően az ősbibb agyi területek, pl. amygdala, insula, cinguláris kéreg, stb. aktivációjának köszönhetően); míg a csaló arckifejezés feldolgozása valamivel lassabban, az állandó jellegű arcvonások feldolgozását követően megy végbe (nagyobb kérgi bevonódást, illetve frontális lebenyi kontrollt feltételezve). Az arcfeldolgozás kognitív modelljébe (Bruce és Young, 1986) illesztve a jelenséget körvonalazható az arcfelismerés „szocio-kognitív elmélete”, amely a szociálisan releváns arcvonások, illetve a komplex szociális arckifejezések időbeli feldolgozását írja le.

## 11. Summary

In the last four years, our research group conducted several behavioural- and neurophysiological (EEG and fMRI) experiments to determine complex social facial expressions, and to examine brain responses evoked by such facial expressions. It is presumed that deception may be associated with a momentary facial expression evoked by strong emotions appearing on the face. Brain responses evoked by such facial expressions has not been investigated until nowadays, maybe because of the limited availability of standard cooperator/defector face databases.

First, we developed a standard face database, which contains defector and co-operator facial images, with which we used to study human cheater detection ability, and which would also be useful for other research groups to conduct such investigations.

Next, according to the current literature, in agreement with the so called ‘cheater detection theory’, we hypothesized that humans can recognize defector partners in social encounters based on their momentary facial expression changes. The results of our facial expression recognition experiment indicated that female observers can recognize defector faces more confidently compared to males; and we also evidenced that males evaluated the presented images with a relative bias toward the co-operator category compared to females. Thanks to the previously established facial expression analysis method (FACS), we precisely characterized defector facial micro-expressions. Our present results revealed that defectors but not co-operators closed their upper eyelids as if they were blinking, and also depressed and tightened their (lower) lips. In addition, significant correlations between micromimic changes and recognition rates indicated that the more intense the micro-expression changes of the faces were, the more confidently the faces were identified by the lay judges (Chapter 6).

To study cortical brain processes and regions activated by defector- and co-operator facial expressions, we conducted event-related EEG and fMRI studies. Our EEG (ERP) experiment revealed that processing of co-operator facial expression occurs in parallel with structural encoding of the face, with higher activation over the right hemisphere; and that processing of defector faces occurs very fast and automatically, at approximately 200 ms after stimulus onset, immediately after the structural encoding of the face. Different processing of defector and neutral facial expressions indicated by the P2 EEG component over frontal electrode sites evidenced that defector faces may demand higher attentional involvement in face information coding (Chapter 7).

Results of the fMRI experiment revealed that the OFA and the FFA regions showed higher activation to co-operator faces; and also suggested the involvement of the PFC region while processing defector facial expressions (Chapter 8). In line with previous studies, our current results led to the conclusion that the PFC, which plays crucial role in social perception and in regulation of action planning and execution, actively participates in the allocation of greater amounts of attention to defector faces. In contrary, in case of cooperator faces, greater activation in the OFA and the FFA regions - which are parts of the core face processing system – means that co-operator faces were processed as a natural perceptual category, which is generally preferred compared to defector faces.

According to the present results, the existence of the ‘altruist-detector module’ seems to be valid, which was verified by the results of the vMMN EEG experiment. In that experiment we evidenced that trustworthy facial features induced formation of an unconscious expectation towards trustworthiness which was violated by deviant untrustworthy faces as indexed by the evoked vMMN component (Chapter 9). Based on previous studies, the present results point to the fact that the lack of trustworthy facial features may be a sign of possible

deception, and human cheater detection ability may depend on the violation of the “statistical” knowledge of the normal (co-operator) facial expression pattern.

In summary, the present study, for the first time, evidenced the difference between micromimics of defector- and co-operator facial expressions; and that the processing of defector and co-operator facial expressions is a very fast and automatic process, apparently supervised by the OFA, the FFA and the PFC cortical regions.

According to recent studies on facial trustworthiness and in accordance with our presently described studies, we suggest that trustworthy and untrustworthy facial features may induce an automatic impression formation which takes place approximately within the first 100 ms after stimulus onset (presumably due to the involvement of archicortical brain regions, such as the amygdala, insula, or the cingulate cortices, etc.); while the processing of complex social facial expressions occurs later, after the initial processing of invariant facial features (with higher cortical activity and under frontal cortical control). The present results suggest that the well-established cognitive model of face perception (Bruce and Young, 1986), can be further developed to a ‘socio-cognitive model of face perception’, which better describes the time course of the processing of the socially relevant facial features and complex social facial expressions.

## 12. Irodalomjegyzék

- Adolphs, R., Tranel, D. & Damasio, A.R. (1998). The human amygdala in social judgment. *Nature*, 393, 470-474.
- Adolphs, R. (2002). Recognizing emotion from facial expressions: psychological and neurological mechanisms. *Behav Cogn Neurosci Rev*, 1, 21-62.
- Adolphs, R. (2003). Cognitive neuroscience of human social behaviour. *Nat Rev Neurosci*, 4, 165-178.
- Adolphs, R. (2009). The social brain: neural basis of social knowledge. *Annu Rev Psychol*, 60, 693-716.
- Astikainen, P., Ruusuvirta, T., Wikgren, J. & Korhonen, T. (2004). The human brain processes visual changes that are not cued by attended auditory stimulation. *Neurosci Lett*, 368, 231-234.
- Astikainen, P. & Hietanen, J.K. (2009). Event-related potentials to task-irrelevant changes in facial expressions. *Behav Brain Funct*, 5, 30.
- Balconi, M. & Lucchiari, C. (2005). Event-related potentials related to normal and morphed emotional faces. *J Psychol*, 139, 176-192.
- Batty, M. & Taylor, M.J. (2003). Early processing of the six basic facial emotional expressions. *Cogn Brain Res*, 17, 613-620.
- Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, E. & McCarthy, G. (1996). Electrophysiological studies of face perception in humans. *J Cogn Neurosci*, 8, 551-565.
- Bentin, S., Golland, Y., Flevaris, A., Robertson, L.C. & Moscovitch, M. (2006). Processing the trees and the forest during initial stages of face perception: electrophysiological evidence. *J Cogn Neurosci*, 18, 1406-1421.
- Bereczkei, T. (2003). *Evolúciós pszichológia*. Budapest: Osiris.
- Bereczkei, T. (2009). *Az erény természete – Önzetlenség, együttműködés, nagylelkűség*. Budapest: Typotex.
- Berti, S. (2011). The attentional blink demonstrates automatic deviance processing in vision. *Neuroreport*, 22, 664-667.

- Birkás, B. & Lábadi, B. (2010). Az arcok szerepe a társas megismerési folyamatokban. In: Révész, G. (Ed.), *Az emberi arc* (pp. 76-89). Pécs: Pro Pannónia.
- Birkás, B. (2011). Arcok megbízhatóságának értékelése, mint adaptív döntésmechanizmus. Rassz-jellemzők és tekintetirány hatása az észlelt megbízhatóságra. Unpublished Doctoral thesis. Pécsi Tudományegyetem.
- Blau, V.C., Maurer, U., Tottenham, N. & McCandliss, B.D. (2007). The face-specific N170 component is modulated by emotional facial expression. *Behav Brain Funct*, 3, 7.
- Bond, C.F., Berry, D.S. & Omar, A. (1994). The kernel of truth in judgments of deceptiveness. *Basic Appl Soc Psych*, 15, 523-534.
- Borkenau, P., Mauer, N., Riemann, R., Spinath, F.M. & Angleitner, A. (2004). Thin slices of behavior as cues of personality and intelligence. *J Pers Soc Psychol*, 86, 599-614.
- Brothers, L. (1990). The social brain: A project for integrating primate behavior and neurophysiology in a new domain. *Concept Neurosci*, 1, 27-51.
- Brown, W.M. & Moore, C. (2000). Is prospective altruist-detection an evolved solution to the adaptive problem of subtle cheating in cooperative ventures? Supportive evidence using the Wason selection task. *Evol Hum Behav*, 21, 25-37.
- Brown, W.M., Palameta, B. & Moore, C. (2003). Are there nonverbal cues to commitment? An exploratory study using the zero-acquaintance video presentation paradigm. *Evol Psychol*, 1, 42-69.
- Bruce, V. & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *Brit J Psychol*, 77, 305-327.
- Bruce, V., Burton, A.M., Hanna, E., Healey, P., Mason, O., Coombes, A., Fright, R. & Linney, A. (1993). Sex discrimination: How do we tell the difference between male and female faces? *Perception*, 22, 131-152.
- Caharel, S., Courtay, N., Bernard, C., Lalonde, R. & Rebai, M. (2005). Familiarity and emotional expression influence an early stage of face processing: an electrophysiological study. *Brain Cogn*, 59, 96-100.
- Calder, A.J., Burton, A.M., Miller, P., Young, A.W. & Akamatsu, S. (2001). A principal component analysis of facial expressions. *Vision Res*, 41, 1179-1208.
- Calder, A.J. & Young, A.W. (2005). Understanding the recognition of facial identity and facial expression. *Nat Rev Neurosci*, 6, 641-651.



- Carter, E.J., Hodgins, J.K. & Rakison, D.H. (2011). Exploring the neural correlates of goal-directed action and intention understanding. *Neuroimage*, *54*, 1634-1642.
- Cassia, V.M., Kuefner, D., Westerlund, A. & Nelson, C.A. (2006). Modulation of face-sensitive event-related potentials by canonical and distorted human faces: The role of vertical symmetry and up-down featural arrangement. *J Cogn Neurosci*, *18*, 1343-1358.
- Chammat, M., Foucher, A., Nadel, J. & Dubal, S. (2010). Reading sadness beyond human faces. *Brain Res*, *1348*, 95-104.
- Chapman, H.A., Kim, D.A., Susskind, J.M. & Anderson, A.K. (2009). In bad taste: Evidence for the oral origins of moral disgust. *Science*, *323*, 1222-1226.
- Cosmides, L. (1989). The logic of social exchange: Has natural selection shaped how humans reason? Studies with the Wason selection task. *Cognition*, *31*, 187-276.
- Cosmides, L. & Tooby, J. (1992). Cognitive adaptations for social exchange. In: Barkow, J.E., Cosmides, L. & Tooby, J. (Eds.), *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture*. New York: Oxford University Press.
- Cosmides, L., Barrett, H.C. & Tooby, J. (2010). Adaptive specializations, social exchange, and the evolution of human intelligence. *P Natl Acad Sci USA*, *107*, 9007-9014.
- Czigler, I., Balazs, L. & Winkler, I. (2002). Memory-based detection of task-irrelevant visual changes. *Psychophysiology*, *39*, 869-873.
- Czigler, I. (2007). Visual mismatch negativity - Violation of nonattended environmental regularities. *J Psychophysiol*, *21*, 224-230.
- Czigler, I. (2010). Representation of regularities in visual stimulation: Event-related potentials reveal the automatic acquisition. In: Czigler, I. & Winkler, I. (Eds.), *Unconscious Memory Representation in Perception* (pp. 107-132). Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.
- Dalgleish, T. (2004). The emotional brain. *Nat Rev Neurosci*, *5*, 583-589.
- Delorme, A. & Makeig, S. (2004). EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *J Neurosci Methods*, *134*, 9-21.

- Desimone, R. & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annu Rev Neurosci*, 18, 193-222.
- Doi, H., Sawada, R. & Masataka, N. (2007). The effects of eye and face inversion on the early stages of gaze direction perception--an ERP study. *Brain Res*, 1183, 83-90.
- Dunn, B.R., Dunn, D.A., Languis, M. & Andrews, D. (1998). The relation of ERP components to complex memory processing. *Brain Cogn*, 36, 355-376.
- Dzhelyova, M., Perrett, D.I. & Jentsch, I. (2012). Temporal dynamics of trustworthiness perception. *Brain Res*, 1435, 81-90.
- Dzhelyova, M.P., Ellison, A. & Atkinson, A.P. (2011). Event-related repetitive TMS reveals distinct, critical roles for right OFA and bilateral posterior STS in judging the sex and trustworthiness of faces. *J Cogn Neurosci*, 23, 2782-2796.
- Eimer, M. (2000). Event-related brain potentials distinguish processing stages involved in face perception and recognition. *Clin Neurophysiol*, 111, 694-705.
- Eimer, M. & Holmes, A. (2002). An ERP study on the time course of emotional face processing. *Neuroreport*, 13, 427-431.
- Eimer, M., Holmes, A. & McGlone, F.P. (2003). The role of spatial attention in the processing of facial expression: an ERP study of rapid brain responses to six basic emotions. *Cogn Affect Behav Neurosci*, 3, 97-110.
- Eimer, M. & Holmes, A. (2007). Event-related brain potential correlates of emotional face processing. *Neuropsychologia*, 45, 15-31.
- Eimer, M. (2011). The face-sensitive N170 component of the event-related brain potential. In: Calder, A.J., Rhodes, G., Johnson, M.H. & Haxby, J.V. (Eds.), *The Oxford Handbook of Face Perception* (pp. 329-344). Oxford: Oxford University Press.
- Ekman, P. & Friesen, W.V. (1976). Measuring facial movement. *Environ Psychol Nonverb Behav*, 1, 56-75.
- Ekman, P. (1985). *Telling lies: Clues to deceit in the marketplace, politics, and marriage*. New York: Norton.
- Engell, A.D. & Haxby, J.V. (2007). Facial expression and gaze-direction in human superior temporal sulcus. *Neuropsychologia*, 45, 3234-3241.

- Evans, D.W., Orr, P.T., Lazar, S.M., Breton, D., Gerard, J., Ledbetter, D.H., Janosco, K., Dotts, J. & Batchelder, H. (2012). Human preferences for symmetry: subjective experience, cognitive conflict and cortical brain activity. *PLoS One*, *7*, e38966.
- Feng, W., Luo, W., Liao, Y., Wang, N., Gan, T. & Luo, Y.J. (2009). Human brain responsivity to different intensities of masked fearful eye whites: an ERP study. *Brain Res*, *1286*, 147-154.
- Fetchenhauer, D., Groothuis, T. & Pradel, J. (2010). Not only states but traits - Humans can identify permanent altruistic dispositions in 20 s. *Evol Hum Behav*, *31*, 80-86.
- Frank, M.G. & Ekman, P. (1997). The ability to detect deceit generalizes across different types of high-stake lies. *J Pers Soc Psychol*, *72*, 1429-1439.
- Freunberger, R., Klimesch, W., Doppelmayr, M. & Holler, Y. (2007). Visual P2 component is related to theta phase-locking. *Neurosci Lett*, *426*, 181-186.
- Frith, C.D. & Frith, U. (1999). Interacting minds - a biological basis. *Science*, *286*, 1692-1695.
- Fullam, R.S., McKie, S. & Dolan, M.C. (2009). Psychopathic traits and deception: functional magnetic resonance imaging study. *Brit J Psychiatry*, *194*, 229-235.
- Fuster, J.M. (2008). *The Prefrontal Cortex* (Fourth edition ed.). London: Academic Press.
- Gainotti, G. (2007). Face familiarity feelings, the right temporal lobe and the possible underlying neural mechanisms. *Brain Res Rev*, *56*, 214-235.
- Gauthier, I. & Nelson, C.A. (2001). The development of face expertise. *Curr Opin Neurobiol*, *11*, 219-224.
- Gayle, L.C., Gal, D.E. & Kieffaber, P.D. (2012). Measuring affective reactivity in individuals with autism spectrum personality traits using the visual mismatch negativity event-related brain potential. *Front Hum Neurosci*, *6*, 334.
- Goffaux, V., Gauthier, I. & Rossion, B. (2003). Spatial scale contribution to early visual differences between face and object processing. *Brain Res Cogn Brain Res*, *16*, 416-424.
- Gosling, A. & Eimer, M. (2011). An event-related brain potential study of explicit face recognition. *Neuropsychologia*, *49*, 2736-2745.

- Gronenschild, E.H., Smeets, F., Vuurman, E.F., van Boxtel, M.P. & Jolles, J. (2009). The use of faces as stimuli in neuroimaging and psychological experiments: a procedure to standardize stimulus features. *Behav Res Methods*, *41*, 1053-1060.
- Guillem, F., Bicu, M. & Debruille, J.B. (2001). Dissociating memory processes involved in direct and indirect tests with ERPs to unfamiliar faces. *Brain Res Cogn Brain Res*, *11*, 113-125.
- Gulyás, B. (2003). Funkcionális képalkotó eljárások a kognitív idegtudományban. In: Pléh, C., Kovács, G. & Gulyás, B. (Eds.), *Kognitív Idegtudomány* (pp. 97-126). Budapest: Osiris Kiadó.
- Halgren, E., Dale, A.M., Sereno, M.I., Tootell, R.B., Marinkovic, K. & Rosen, B.R. (1999). Location of human face-selective cortex with respect to retinotopic areas. *Hum Brain Mapp*, *7*, 29-37.
- Hampson, E., van Anders, S.M. & Mullin, L.I. (2006). A female advantage in the recognition of emotional facial expressions: test of an evolutionary hypothesis. *Evol Hum Behav*, *27*, 401-416.
- Haselton, M.G. & Buss, D.M. (2000). Error management theory: a new perspective on biases in cross-sex mind reading. *J Pers Soc Psychol*, *78*, 81-91.
- Haxby, J.V., Hoffman, E.A. & Gobbini, M.I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends Cogn Sci*, *4*, 223-233.
- Haxby, J.V., Hoffman, E.A. & Gobbini, M.I. (2002). Human neural systems for face recognition and social communication. *Biol Psychiatry*, *51*, 59-67.
- Heinzel, A., Bermpohl, F., Niese, R., Pfennig, A., Pascual-Leone, A., Schlaug, G. & Northoff, G. (2005). How do we modulate our emotions? Parametric fMRI reveals cortical midline structures as regions specifically involved in the processing of emotional valences. *Cogn Brain Res*, *25*, 348-358.
- Heslenfeld, D.J. (2003). Visual mismatch negativity. In: Polich, J. (Ed.), *Detection of Change: Event-Related Potential and fMRI Findings* (pp. 41-59). Boston, MA: Kluwer Academic Press.
- Hoffman, E.A. & Haxby, J.V. (2000). Distinct representations of eye gaze and identity in the distributed human neural system for face perception. *Nat Neurosci*, *3*, 80-84.

- Itier, R.J., Van Roon, P. & Alain, C. (2011). Species sensitivity of early face and eye processing. *Neuroimage*, 54, 705-713.
- Jeffreys, D.A. (1989). A face-responsive potential recorded from the human scalp. *Exp Brain Res*, 78, 193-202.
- Jemel, B., Schuller, A.M. & Goffaux, V. (2010). Characterizing the spatio-temporal dynamics of the neural events occurring prior to and up to overt recognition of famous faces. *J Cogn Neurosci*, 22, 2289-2305.
- Kanwisher, N., McDermott, J. & Chun, M.M. (1997). The fusiform face area: a module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *J Neurosci*, 17, 4302-4311.
- Kanwisher, N. & Yovel, G. (2006). The fusiform face area: a cortical region specialized for the perception of faces. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 361, 2109-2128.
- Kanwisher, N. (2010). Functional specificity in the human brain: a window into the functional architecture of the mind. *P Natl Acad Sci USA*, 107, 11163-11170.
- Kaylor-Hughes, C.J., Lankappa, S.T., Fung, R., Hope-Urwin, A.E., Wilkinson, I.D. & Spence, S.A. (2011). The functional anatomical distinction between truth telling and deception is preserved among people with schizophrenia. *Criminal Behav Mental Health*, 21, 8-20.
- Kecskés-Kovács, K., Sulykos, I. & Czigler, I. (2013). Visual mismatch negativity is sensitive to symmetry as a perceptual category. *Eur J Neurosci*, 37, 662-667.
- Kimura, M., Schroger, E., Czigler, I. & Ohira, H. (2010). Human visual system automatically encodes sequential regularities of discrete events. *J Cogn Neurosci*, 22, 1124-1139.
- Kimura, M., Schroger, E. & Czigler, I. (2011). Visual mismatch negativity and its importance in visual cognitive sciences. *Neuroreport*, 22, 669-673.
- Kimura, M., Kondo, H., Ohira, H. & Schroger, E. (2012). Unintentional temporal context-based prediction of emotional faces: an electrophysiological study. *Cereb Cortex*, 22, 1774-1785.
- Kleisner, K., Priplatova, L., Frost, P. & Flegr, J. (2013). Trustworthy-looking face meets brown eyes. *PLoS One*, 8, e53285.

- Kohler, C.G., Turner, T., Stolar, N.M., Bilker, W.B., Brensinger, C.M., Gur, R.E. & Gur, R.C. (2004). Differences in facial expressions of four universal emotions. *Psychiatry Res*, *128*, 235-244.
- Kovács-Bálint, Z., Bereczkei, T. & Hernádi, I. (2012). The telltale face: Possible mechanisms behind defector and cooperator recognition revealed by emotional facial expression metrics. *Brit J Psychol*, *21 NOV 2012*.
- Kutas, M. & Hillyard, S.A. (1980). Reading senseless sentences: brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, *207*, 203-205.
- Kutas, M. & Federmeier, K.D. (2011). Thirty years and counting: finding meaning in the N400 component of the event-related brain potential (ERP). *Annu Rev Psychol*, *62*, 621-647.
- Langleben, D.D., Schroeder, L., Maldjian, J.A., Gur, R.C., McDonald, S., Ragland, J.D., O'Brien, C.P. & Childress, A.R. (2002). Brain activity during simulated deception: an event-related functional magnetic resonance study. *Neuroimage*, *15*, 727-732.
- Langleben, D.D., Loughhead, J.W., Bilker, W.B., Ruparel, K., Childress, A.R., Busch, S.I. & Gur, R.C. (2005). Telling truth from lie in individual subjects with fast event-related fMRI. *Hum Brain Mapp*, *26*, 262-272.
- Lehmann, C., Mueller, T., Federspiel, A., Hubl, D., Schroth, G., Huber, O., Strik, W. & Dierks, T. (2004). Dissociation between overt and unconscious face processing in fusiform face area. *Neuroimage*, *21*, 75-83.
- Leleu, A., Caharel, S., Carre, J., Montalan, B., Snoussi, M., Vom Hofe, A., Charvin, H., Lalonde, R. & Rebai, M. (2010). Perceptual interactions between visual processing of facial familiarity and emotional expression: an event-related potentials study during task-switching. *Neurosci Lett*, *482*, 106-111.
- Li, X., Lu, Y., Sun, G., Gao, L. & Zhao, L. (2012). Visual mismatch negativity elicited by facial expressions: new evidence from the equiprobable paradigm. *Behav Brain Funct*, *8*, 7.
- Liddell, B.J., Williams, L.M., Rathjen, J., Shevrin, H. & Gordon, E. (2004). A temporal dissociation of subliminal versus supraliminal fear perception: an event-related potential study. *J Cogn Neurosci*, *16*, 479-486.

- Linkenkaer-Hansen, K., Palva, J.M., Sams, M., Hietanen, J.K., Aronen, H.J. & Ilmoniemi, R.J. (1998). Face-selective processing in human extrastriate cortex around 120 ms after stimulus onset revealed by magneto- and electroencephalography. *Neurosci Lett*, 253, 147-150.
- Luck, S.J. & Hillyard, S.A. (1994). Electrophysiological correlates of feature analysis during visual search. *Psychophysiology*, 31, 291-308.
- Luo, W., Feng, W., He, W., Wang, N.Y. & Luo, Y.J. (2010). Three stages of facial expression processing: ERP study with rapid serial visual presentation. *Neuroimage*, 49, 1857-1867.
- Marzi, T., Righi, S., Ottonello, S., Cincotta, M. & Viggiano, M.P. (2012). Trust at first sight: evidence from ERPs. *Soc Cogn Affect Neurosci*, e-pub: 29.09.2012.
- McPartland, J., Cheung, C.H., Perszyk, D. & Mayes, L.C. (2010). Face-related ERPs are modulated by point of gaze. *Neuropsychologia*, 48, 3657-3660.
- Mealey, L., Daood, C. & Krage, M. (1996). Enhanced memory for faces of cheaters. *Ethol Sociobiol*, 17, 119-128.
- Mercure, E., Dick, F. & Johnson, M.H. (2008). Featural and configural face processing differentially modulate ERP components. *Brain Res*, 1239, 162-170.
- Mikhailova, E.S. & Bogomolova, I.V. (2000). Evoked cerebral cortex activity in the human brain in conditions of the active and passive perception of facial expressions. *Neurosci Behav Physiol*, 30, 679-685.
- Minami, T., Goto, K., Kitazaki, M. & Nakauchi, S. (2011). Effects of color information on face processing using event-related potentials and gamma oscillations. *Neuroscience*, 176, 265-273.
- Mitsudo, T., Kamio, Y., Goto, Y., Nakashima, T. & Tobimatsu, S. (2011). Neural responses in the occipital cortex to unrecognizable faces. *Clin Neurophysiol*, 122, 708-718.
- Naatanen, R., Gaillard, A.W. & Mantysalo, S. (1978). Early selective-attention effect on evoked potential reinterpreted. *Acta Psychol (Amst.)*, 42, 313-329.
- Naatanen, R. (1990). The role of attention in auditory information-processing as revealed by event-related potentials and other brain measures of cognitive function. *Behav Brain Sci*, 13, 201-232.

- Naatanen, R. & Winkler, I. (1999). The concept of auditory stimulus representation in cognitive neuroscience. *Psychol Bull*, *125*, 826-859.
- Naatanen, R., Paavilainen, P., Rinne, T. & Alho, K. (2007). The mismatch negativity (MMN) in basic research of central auditory processing: a review. *Clin Neurophysiol*, *118*, 2544-2590.
- Nelson, C.A. (2001). The development and neural bases of face recognition. *Infant Child Dev*, *10*, 3-18.
- Oda, R., Hiraishi, K. & Matsumoto-Oda, A. (2006). Does an altruist-detection cognitive mechanism function independently of a cheater-detection cognitive mechanism? Studies using Wason selection tasks. *Evol Hum Behav*, *27*, 366-380.
- Oda, R., Yamagata, N., Yabiku, Y. & Matsumoto-Oda, A. (2009). Altruism Can Be Assessed Correctly Based on Impression. *Hum Nat*, *20*, 331-341.
- Oosterhof, N.N. & Todorov, A. (2008). The functional basis of face evaluation. *P Natl Acad Sci USA*, *105*, 11087-11092.
- Oosterhof, N.N. & Todorov, A. (2009). Shared perceptual basis of emotional expressions and trustworthiness impressions from faces. *Emotion*, *9*, 128-133.
- Paulmann, S. & Pell, M.D. (2009). Facial expression decoding as a function of emotional meaning status: ERP evidence. *Neuroreport*, *20*, 1603-1608.
- Pazo-Alvarez, P., Cadaveira, F. & Amenedo, E. (2003). MMN in the visual modality: a review. *Biol Psychol*, *63*, 199-236.
- Pazo-Alvarez, P., Amenedo, E. & Cadaveira, F. (2004a). Automatic detection of motion direction changes in the human brain. *Eur J Neurosci*, *19*, 1978-1986.
- Pazo-Alvarez, P., Amenedo, E., Lorenzo-Lopez, L. & Cadaveira, F. (2004b). Effects of stimulus location on automatic detection of changes in motion direction in the human brain. *Neurosci Lett*, *371*, 111-116.
- Pessoa, L., Kastner, S. & Ungerleider, L.G. (2002). Attentional control of the processing of neural and emotional stimuli. *Brain Res Cogn Brain Res*, *15*, 31-45.
- Pizzagalli, D.A., Lehmann, D., Hendrick, A.M., REGARD, M., Pascual-Marqui, R.D. & Davidson, R.J. (2002). Affective judgments of faces modulate early activity (approximately 160 ms) within the fusiform gyri. *Neuroimage*, *16*, 663-677.



- Proverbio, A.M., Riva, F., Paganelli, L., Cappa, S.F., Canessa, N., Perani, D. & Zani, A. (2011). Neural coding of cooperative vs. affective human interactions: 150 ms to code the action's purpose. *PLoS One*, *6*, e22026.
- Puce, A., Allison, T. & McCarthy, G. (1999). Electrophysiological studies of human face perception. III: Effects of top-down processing on face-specific potentials. *Cereb Cortex*, *9*, 445-458.
- Rezlescu, C., Duchaine, B., Olivola, C.Y. & Chater, N. (2012). Unfakeable facial configurations affect strategic choices in trust games with or without information about past behavior. *PLoS One*, *7*, e34293.
- Rolls, E.T. (1996). The orbitofrontal cortex. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, *351*, 1433-1443.
- Rolls, E.T. (2000). The orbitofrontal cortex and reward. *Cereb Cortex*, *10*, 284-294.
- Rossion, B., Delvenne, J.F., Debatisse, D., Goffaux, V., Bruyer, R., Crommelinck, M. & Guerit, J.M. (1999). Spatio-temporal localization of the face inversion effect: an event-related potentials study. *Biol Psychol*, *50*, 173-189.
- Rossion, B., Gauthier, I., Goffaux, V., Tarr, M.J. & Crommelinck, M. (2002). Expertise training with novel objects leads to left-lateralized facelike electrophysiological responses. *Psychol Sci*, *13*, 250-257.
- Rossion, B., Joyce, C.A., Cottrell, G.W. & Tarr, M.J. (2003a). Early lateralization and orientation tuning for face, word, and object processing in the visual cortex. *Neuroimage*, *20*, 1609-1624.
- Rossion, B., Schiltz, C. & Crommelinck, M. (2003b). The functionally defined right occipital and fusiform "face areas" discriminate novel from visually familiar faces. *Neuroimage*, *19*, 877-883.
- Rossion, B., Kung, C.C. & Tarr, M.J. (2004). Visual expertise with nonface objects leads to competition with the early perceptual processing of faces in the human occipitotemporal cortex. *P Natl Acad Sci USA*, *101*, 14521-14526.
- Rotter, N.G. & Rotter, G.S. (1988). Sex-differences in the encoding and decoding of negative facial emotions. *J Nonverbal Behav*, *12*, 139-148.

- Saavedra, C., Iglesias, J. & Olivares, E.I. (2010). Event-related potentials elicited by the explicit and implicit processing of familiarity in faces. *Clin EEG Neurosci*, *41*, 24-31.
- Said, C.P., Haxby, J.V. & Todorov, A. (2011). Brain systems for assessing the affective value of faces. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, *366*, 1660-1670.
- Schmidt, K.L. & Cohn, J.F. (2001). Human facial expressions as adaptations: Evolutionary questions in facial expression research. *Yearb Phys Anthropol*, *44*, 3-24.
- Schug, J., Matsumoto, D., Horita, Y., Yamagishi, T. & Bonnet, K. (2010). Emotional expressivity as a signal of cooperation. *Evol Hum Behav*, *31*, 87-94.
- Schupp, H.T., Junghofer, M., Weike, A.I. & Hamm, A.O. (2003). Attention and emotion: an ERP analysis of facilitated emotional stimulus processing. *Neuroreport*, *14*, 1107-1110.
- Schutzwohl, A. & Reisenzein, R. (2012). Facial expressions in response to a highly surprising event exceeding the field of vision: a test of Darwin's theory of surprise. *Evol Hum Behav*, *33*, 657-664.
- Shen, X.B., Wu, Q. & Fu, X.L. (2012). Effects of the duration of expressions on the recognition of microexpressions. *J Zhejiang Univ Sci B*, *13*, 221-230.
- Singer, T., Kiebel, S.J., Winston, J.S., Dolan, R.J. & Frith, C.D. (2004). Brain responses to the acquired moral status of faces. *Neuron*, *41*, 653-662.
- Spence, S.A., Farrow, T.F., Herford, A.E., Wilkinson, I.D., Zheng, Y. & Woodruff, P.W. (2001). Behavioural and functional anatomical correlates of deception in humans. *Neuroreport*, *12*, 2849-2853.
- Spence, S.A. (2004). The deceptive brain. *J R Soc Med*, *97*, 6-9.
- Spence, S.A., Hunter, M.D., Farrow, T.F., Green, R.D., Leung, D.H., Hughes, C.J. & Ganesan, V. (2004). A cognitive neurobiological account of deception: evidence from functional neuroimaging. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, *359*, 1755-1762.
- Stagg, C., Hindley, P., Tales, A. & Butler, S. (2004). Visual mismatch negativity: the detection of stimulus change. *Neuroreport*, *15*, 659-663.
- Stefanics, G., Kimura, M. & Czigler, I. (2011). Visual mismatch negativity reveals automatic detection of sequential regularity violation. *Front Hum Neurosci*, *5*, 46.

- Stefanics, G., Csukly, G., Komlosi, S., Czobor, P. & Czigler, I. (2012). Processing of unattended facial emotions: A visual mismatch negativity study. *Neuroimage*, *59*, 3042-3049.
- Susac, A., Ilmoniemi, R.J., Pihko, E. & Supek, S. (2004). Neurodynamic studies on emotional and inverted faces in an oddball paradigm. *Brain Topogr*, *16*, 265-268.
- Szily, E. & Keri, S. (2008). Emotion-related brain regions. *Clin Neurosci*, *61*, 77-86.
- Timmers, M., Fischer, A.H. & Manstead, A.S.R. (1998). Gender differences in motives for regulating emotions. *Pers Soc Psychol B*, *24*, 974-985.
- Todorov, A., Baron, S.G. & Oosterhof, N.N. (2008a). Evaluating face trustworthiness: a model based approach. *Soc Cogn Affect Neurosci*, *3*, 119-127.
- Todorov, A., Said, C.P., Engell, A.D. & Oosterhof, N.N. (2008b). Understanding evaluation of faces on social dimensions. *Trends Cogn Sci*, *12*, 455-460.
- Todorov, A., Pakrashi, M. & Oosterhof, N.N. (2009). Evaluating faces on trustworthiness after minimal time exposure. *Soc Cognition*, *27*, 813-833.
- Vanneste, S., Verplaetse, J., Van Hiel, A. & Braeckman, J. (2007). Attention bias toward noncooperative people. A dot probe classification study in cheating detection. *Evol Hum Behav*, *28*, 272-276.
- Verplaetse, J., Vanneste, S. & Braeckman, J. (2007). You can judge a book by its cover: the sequel. A kernel of truth in predictive cheating detection. *Evol Hum Behav*, *28*, 260-271.
- Willis, J. & Todorov, A. (2006). First impressions: Making up your mind after a 100-ms exposure to a face. *Psychol Sci*, *17*, 592-598.
- Winkler, I., Schroger, E. & Cowan, N. (2001). The role of large-scale memory organization in the mismatch negativity event-related brain potential. *J Cogn Neurosci*, *13*, 59-71.
- Winkler, I. & Czigler, I. (2012). Evidence from auditory and visual event-related potential (ERP) studies of deviance detection (MMN and vMMN) linking predictive coding theories and perceptual object representations. *Int J Psychophysiol*, *83*, 132-143.
- Winston, J.S., Strange, B.A., O'Doherty, J. & Dolan, R.J. (2002). Automatic and intentional brain responses during evaluation of trustworthiness of faces. *Nat Neurosci*, *5*, 277-283.

- Winston, J.S., Henson, R.N., Fine-Goulden, M.R. & Dolan, R.J. (2004). fMRI-adaptation reveals dissociable neural representations of identity and expression in face perception. *J Neurophysiol*, 92, 1830-1839.
- Yamagishi, T., Tanida, S., Mashima, R., Shimoma, E. & Kanazawa, S. (2003). You can judge a book by its cover. Evidence that cheaters may look different from cooperators. *Evol Hum Behav*, 24, 290-301.
- Yang, D., Qi, S., Ding, C. & Song, Y. (2011). An ERP study on the time course of facial trustworthiness appraisal. *Neurosci Lett*, 496, 147-151.
- Yang, H., Dong, M., Chen, S. & Zheng, X. (2012). The effect of early attention allocation on location-based attention toward a later threat: an ERP study. *Neurosci Lett*, 523, 62-66.
- Zahavi, A. (1993). The fallacy of conventional signalling. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 340, 227-230.
- Zhao, L. & Li, J. (2006). Visual mismatch negativity elicited by facial expressions under non-attentional condition. *Neurosci Lett*, 410, 126-131.

### 13. Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni a rengeteg segítséget és a kitartást (amire sokszor szüksége volt mellettem) témavezetőmnek, Dr. Hernádi Istvánnak. Mindig fordulhattam hozzá kérdéseimmel, rengeteget tanultam Tőle az elmúlt 4 év során mind szakmailag, mind emberileg. Hálás vagyok, amiért öt évvel ezelőtt felkarolt, és amiért azóta is töretlen lelkesedéssel terelget a tudományos fokozat elérése felé. Köszönetet mondok továbbá Dr. Gábiel Róbertnek, a Biológiai Doktori Iskola vezetőjének, aki lehetővé tette, hogy ezen a tanszéken folytassam PhD tanulmányaimat.

Köszönöm az EEG vizsgálatok kiértékelésénél és publikálásánál nyújtott segítséget Dr. Stefanics Gábornak, aki arra is rávezetett, hogy minden EEG kutatónak meg kell tanulnia programozni. Továbbá köszönöm a segítséget PhD hallgatótársamnak, Trunk Attilának, akire az EEG vizsgálati paradigmák programozásakor és a mérések kiértékelésekor mindig számíthattam.

Szeretnék köszönetet mondani a PTE BTK Pszichológia Intézet munkatársainak; elsősorban Dr. Bereczkei Tamásnak, aki rendkívül érdekesítő óráival felkeltette érdeklődésemet a csalódetekció témája iránt, és aki tanulmányaim során számtalanszor segített tanácsaival mind a kutatásokat, mind a publikációkat tekintve. Dr. Deák Anitának, Papp Péternek és az fMRI munkacsoportnak, hogy idejüket és energiájukat nem kímélve segítettek az fMRI vizsgálatom megtervezésében és kiértékelésében.

Köszönetet mondok továbbá a PTE-TTK Biológiai Intézet munkatársainak, tanszékünk dolgozóinak, akik mindig nyugodt, vidám légkört teremtettek a munkához; valamint hallgatóinknak, akik vizsgálatainkon való részvételükkel hozzájárultak dolgozatom elkészüléséhez.

Végül, de nem utolsó sorban köszönetet mondok családomnak, főként férjemnek és szüleimnek a bátorításért, hogy elinduljak ezen az úton; valamint az anyagi és erkölcsi támogatásért, hogy végül célhoz érhessek.

## 14. Mellékletek

### 14.1. A számítógépes PDG során használt történet

Ön és társa - akivel amúgy nem ismerik jól egymást - súlyos bűncselekményt követtek el. A rendőrség később mindkettőjüket elfogta, és most külön-külön kihallgatják Önöket. Előzőleg megegyeztek, hogy ha letartóztatják Önöket, nem tesznek egymásra nézve terhelő vallomást, azonban a nyomozás vezetője alkut ajánl Önnek. Ha megszegi társával kötött korábbi egyezségét – vagyis beismerő vallomást tesz ellene – az Ön börtönbüntetését csökkentik. Azonban ugyanezt felajánlják a társának is.

Hogyan döntene?

1. Lojális maradna társához, illetve az egyezségükhöz; nem tenne terhelő vallomást.  
Amennyiben társa is ugyanígy dönt – azaz ő sem tesz vallomást Ön ellen -, mindketten 3 év börtönbüntetést kapnak.  
Azonban, ha társa vallomást tesz Ön ellen, az ő büntetése 1 évre csökken, míg az Öné 10 évre nő.
2. Megszegné a társával kötött megállapodást, terhelő vallomást tenne ellene.  
Ha társa nem tesz vallomást Ön ellen, akkor az Ön büntetése 1 év, a társáé 10 év börtön lesz.  
Ha azonban társa is így tesz – azaz ő is elárulja Önt -, mindketten 8 év börtönbüntetésre számíthatnak.

Ha a fenti példában a játékos az első lehetőséget választja: kooperáló; ha a másodikat, akkor csaló.

#### 14.2. Az fMRI analízis során megfigyelt szignifikáns haemodinamikai válaszok

Aktivált terület	Kérgi félteke	Brodmann area	Aktív voxelek	Z-érték	t-érték	Voxel koordináták (MNI)			
						x	y	z	
<i>Csaló arc &gt; Semleges arc</i>									
Lobus Frontalis (MFG)	Bal	BA9	13	3,87	5,32	-2	44	28	
Lobus Occipitalis (Cuneus)	Bal	BA17	9	3,31	4,18	-12	-100	-4	
Lobus Limbicus (Gyrus Parahippocampalis)	Bal	BA19	2	3,46	3,46	-32	-44	-6	
<i>Kooperáló arc &gt; Semleges arc</i>									
Lobus Occipitalis (IOG, MOG)	Bal	BA17/18	40	4,07	5,98	-16	-92	-6	
Lobus Occipitalis	Bal	BA18	10	3,58	4,8	-14	-80	-14	
Lobus Occipitalis (MOG, Cuneus)	Jobb	BA17/18/19	67	4,07	5,95	14	-92	-10	
Lobus Occipitalis (Gyrus parahippocampalis)	Jobb	BA19	2	3,95	5,66	30	-60	-10	
Lobus Occipitalis (Gyrus Parahippocampalis)	Bal	BA19	7	3,53	4,7	-24	-48	-8	
Lobus Limbicus (Gyrus Fusiformis)	Bal	BA37	1	3,53	4,7	-24	-48	-8	
Lobus Occipitalis (Cuneus)	Bal	BA17/18	8	3,93	5,6	-2	-96	2	
Lobus Occipitalis (Cuneus)	Jobb	BA18/19	24	3,78	5,25	18	-96	24	
Lobus Frontalis (MFG)	Jobb	BA8	2	3,4	4,44	30	16	48	

### 14.3. Publikációs jegyzék

MTMT közlemény és idéző összefoglaló táblázat

Kovács-Bálint Zsófia adatai (2013.09.05.)

Közlemény típusok	Száma		Hivatkozások <sup>1</sup>	
	Összesen	Részletezve	Független	Összes
Teljes tudományos közlemények <sup>2</sup>				
<b>I. Tudományos folyóiratcikk</b>	4	---	---	---
nemzetközi szakfolyóiratban	---	3	3	5
hazai kiadású szakfolyóiratban idegen nyelven	---	1	0	0
hazai kiadású szakfolyóiratban magyar nyelven	---	0	0	0
<b>II. Könyvek</b>	0	---	---	---
<b>a) Könyv, szerzőként</b>	0	---	---	---
idegen nyelvű	---	0	0	0
magyar nyelvű	---	0	0	0
<b>b) Könyv, szerkesztőként</b>	0	---	---	---
idegen nyelvű	---	0	<sup>3</sup> ---	---
magyar nyelvű	---	0	---	---
<b>III. Könyvrészlet</b>	0	---	---	---
idegen nyelvű	---	0	0	0
magyar nyelvű	---	0	0	0
<b>IV. Konferenciaközlemény folyóiratban vagy konferenciakötetben</b>	0	---	---	---
Idegen nyelvű	---	0	0	0
Magyar nyelvű	---	0	0	0
<b>Tudományos közlemények összesen (I.-IV.)</b>	4	---	3	5
<b>További tudományos művek<sup>4</sup></b>	---	3	0	0
<b>Összesített impakt faktor</b>	6,5	---	---	---
<b>Idézetek száma<sup>5</sup></b>	---	---	3	5
<b>Hirsch index<sup>5</sup></b>	1	---	---	---
<b>Oktatási művek</b>				
<b>Felsőoktatási tankönyv</b>	0	---	---	---
Idegen nyelvű	---	0	0	0
Magyar nyelvű	---	0	0	0
Felsőoktatási tankönyv része idegen nyelven	---	0	0	0
Felsőoktatási tankönyv része magyar nyelven	---	0	0	0
<b>További oktatási művek</b>	0	---	0	0
<b>Olthalmi formák</b>	0	---	0	0
<b>Alkotás</b>	0	---	0	0
<b>Ismeretterjesztő művek</b>				
Könyvek	0	---	0	0
További művek	0	---	0	0
<b>Közérdekű és nem besorolt művek</b>	0	---	0	0
<b>Absztrakt</b>	14	---	0	0
<b>Egyéb szerzőség</b>	0	---	0	0
<b>Idézők disszertációban, egyéb típusban</b>	0	---	0	0



## **Az eljárás témakörében készült publikációk**

### Referált közlemények (cikkek):

1. **Kovács-Bálint, Zs.**, Bereczkei, T., Hernádi, I. 2012: The telltale face: Possible mechanisms behind defector and cooperator recognition revealed by emotional facial expression metrics. *Brit J Psychol*, e-pub: 21.11.2012, DOI: 10.1111/bjop.12007. **IF: 2,103**
2. **Kovács-Bálint, Zs.**, Stefanics, G., Trunk, A., Hernádi, I. 2014: Automatic detection of trustworthiness of the face: a visual mismatch negativity study. *Acta Biol Hun*, 65(1), In press. **IF: 0,504**
3. **Kovács-Bálint, Zs.**, Hernádi I. 2013: The time course of face perception in the human brain. From structural coding to social cognition. *Acta Neurob Exp*, Under revision.

### Nem referált konferencia előadások, absztraktok:

1. **Kovács-Bálint, Zs.**, Stefanics, G., Hernádi, I. 2009: A csalódetekció fiziológiai hátterének humán vizsgálata. Szóbeli előadás: Biológus Doktoranduszok Konferenciája, Pécs.
2. **Kovács-Bálint, Zs.**, Pachner, O., Stefanics, G., Hernádi, I. 2009: Psychophysiological background of cheater detection. Poster presentation: 73<sup>rd</sup> Meeting of the Hungarian Physiological Society. *Acta Physiol Hun*, 97(1), 118.
3. **Kovács-Bálint, Zs.**, Stefanics, G., Trunk, A., Hernádi, I. 2010: Subconscious recognition of cheater faces in a visual discrimination task. Poster presentation: IBRO International Workshop. *Front Neurosci*, Doi: 10.3389/conf.fnins.2010.10.00163
4. **Kovács-Bálint, Zs.**, Trunk, A., Stefanics, G., Hernádi, I. 2010: Behavioral correlates of cheater detection in humans. Poster presentation: 7<sup>th</sup> FENS, Amsterdam.

5. **Kovács-Bálint, Zs.**, Trunk, A., Stefanics, G., Hernádi, I. 2011: Evidence for automatic cheater detection as indexed by event related brain potentials. Poster presentation: 13<sup>th</sup> Conference of the Hungarian Neuroscience Society. Front Neurosci, Doi: 10.3389/conf.fnins.2011.84.00166
6. **Kovács-Bálint, Zs.**, Trunk, A., Stefanics, G., Hernádi, I. 2011: Who can we trust? Early visual processing of differential facial expressions related to trustworthiness: An ERP study. Poster presentation: 75<sup>th</sup> Meeting of the Hungarian Physiological Society. Acta Physiol Scand, 202(S684), 47.
7. **Kovács-Bálint, Zs.**, Trunk, A., Stefanics, G., Hernádi, I. 2012a: Early visual processing of socio-economically relevant facial expressions related to deception: An event-related brain potential study. Poster presentation: 8<sup>th</sup> FENS, Barcelona.
8. **Kovács-Bálint, Zs.**, Trunk, A., Stefanics, G., Hernádi, I. 2012b: Processing of socio-economically relevant facial expressions as revealed by event-related brain potentials. Poster presentation: IBRO International Workshop. Clin Neurosci, 65(1.suppl), 38.
9. **Kovács-Bálint, Zs.**, Deák, A., Papp, P., Perlaki G., Orsi, G., Hernádi, I., Bereczkei, T. 2013: Representation of cooperative intention in the human brain based on facial expression. Poster presentation: 14<sup>th</sup> Conference of the Hungarian Neuroscience Society. ISBN: 978-963-88224-2-0
10. **Kovács-Bálint, Zs.**, Deák, A., Papp, P., Perlaki G., Orsi, G., Hernádi, I., Bereczkei, T. 2013: Processing facial expressions of cooperation and deception activates different cortical regions: an fMRI study. Poster presentation: 18<sup>th</sup> Meeting of the European Society of Cognitive Psychology, Budapest.

## **Az eljárás témakörén kívül készült publikációk**

### Referált közlemények (cikkek):

1. **Kovács-Bálint, Zs.**, Csathó, Á., László, JF., Juhász, P., Hernádi, I. 2011: Exposure to an inhomogeneous static magnetic field increases thermal pain threshold in healthy human volunteers. *Bioelectromagnetics*, 32(2), 131-139. **IF: 1,842**
2. Trunk, A., Stefanics, G., Zentai, N., **Kovács-Bálint, Zs.**, Thuróczy, Gy., Hernádi, I. 2013: No effects of a single 3G UMTS mobile phone exposure on spontaneous EEG activity, ERP correlates, and automatic deviance detection. *Bioelectromagnetics*, 34(1), 31-42. **IF: 1,842**

### Nem referált konferencia előadások, absztraktok:

1. **Kovács-Bálint, Zs.**, Csathó, Á., Pachner, O., László, J., Hernádi, I. 2009: Effects of inhomogeneous static magnetic field on human thermal pain threshold. Poster presentation: 12<sup>th</sup> Meeting of the Hungarian Neuroscience Society. *Front Sys Neurosci*, Doi: 10.3389/conf.neuro.01.2009.04.233
2. Stefanics, G., Trunk, A., **Kovács-Bálint, Zs.**, Thuróczy, Gy., Hernádi, I. 2010: The effect of thirty-minute 3G mobile phone exposure on auditory evoked potentials and the MMN response. Poster presentation. *Int J Psychophysiol*, 77(3), 327-328.
3. Trunk, A., Stefanics, G., **Kovács-Bálint, Zs.**, Thuróczy, Gy., Hernádi, I. 2010: The effect of 3G EMF exposure on auditory evoked potentials and automatic deviance detection: an EPR study. Poster presentation: IBRO International Workshop. *Front Neurosci*, Doi: 10.3389/conf.fnins.2010.10.00171
4. Trunk, A., Stefanics, G., **Kovács-Bálint, Zs.**, Thuróczy, Gy., Hernádi, I. 2010: The effect of a single thirty-minute 3G mobile phone irradiation on auditory evoked potentials. Poster presentation: 7<sup>th</sup> FENS, Amsterdam.

5. Trunk, A., Stefanics, G., **Kovács-Bálint, Zs.**, Zentai, N., Thuróczy, Gy., Hernádi, I. 2011: The effect of single 30 minute long 3G EMF exposure on auditory evoked potentials, automatic deviance detection and spontaneous EEG. Poster presentation: 13<sup>th</sup> Conference of the Hungarian Neuroscience Society. Front Neurosci, Doi: 10.3389/conf.fnins.2011.84.00061
  
6. **Kovács-Bálint, Zs.**, Trunk, A., Stefanics, G., Hernádi, I. 2012: Kísérlettervezés a neuropszichológiában. Szóbeli előadás: “Test és Lélek” – Határterületek a Neuropszichológiában és Pszichoterápiában Konferencia, Pécs.

Egyetemi jegyzet:

1. Hernádi, I., Dénes, V., **Kovács-Bálint, Zs.** 2009: Fiziológiai gyakorlatok és mérések a pszichológiában. Egyetemi elektronikus jegyzet.