

A problémás internet- és okostelefon-használat vizsgálata funkcionális mágneses rezonancia képalkotással

PhD Tézis

Arató Ákos

Témavezető:

Dr. Darnai Gergely

Klinikai Idegtudományi Doktori Iskola (D221)

Doktori Iskola Vezetője: **Prof. Dr. Janszky József, DSc**

B-5/2014 Klinikai és humán Idegtudományok Program

Programvezető: **Prof. Dr. Janszky József, DSc**



Pécs, 2026

1. Bevezetés	3
2. Célkitűzés	4
3. Érzelmi arckifejezések felismerése PIH-ban és POH-ban.....	4
4. Módszerek	5
4.1. Mérőeszközök	5
4.2. Ingeranyag.....	6
4.3. MRI képalkotás és elemzés.....	6
5. Eredmények	7
6. Konklúzió	7
7. A feladat-indukált mentális fáradtság vizsgálata PIH-ban és POH-ban.....	7
8. Módszer	9
8.1. Mérőeszközök	9
8.2. Ingeranyag és paradigma	9
8.3. MRI képalkotás és elemzés.....	10
9. Eredmények	10
10. Konklúzió	11
11. Általános konklúzió	12
12. Publikációk	12
12.1. A tézisekhez kapcsolódó publikációk.....	12
12.2. A tézisekhez nem kapcsolódó publikációk.....	12
12.3. A tézisek témájához kapcsolódó előadások és poszterprezentációk listája	13
12.4. A tézisek témájához nem kapcsolódó előadások és poszterprezentációk listája.....	14
13. Köszönetnyilvánítás	16

1. Bevezetés

Az elmúlt két évtized folyamán zajló informatikai és infó-kommunikációs fejlődés eredményeképp, az okos eszközök (okostelefon, tablet stb.) közvetítésével, az internet életvitelünk nélkülözhetetlen részévé vált. Ezzel párhuzamosan, az okostelefonok az általuk nyújtott folyamatos online jelenlét, valamint interaktív és multimédiás természetük által napjaink egyik leggyakrabban használt technológiai eszközévé váltak (Mihajlov & Vejmelka, 2017). Az internet és az okostelefonok használatának azonban számos negatív következménye is lehet. Olyan viselkedéses függőségek elterjedéséhez vezethetnek, mint amilyen a problémás internethasználat (PIH) és a problémás okostelefon-használat (POH) (Demetrovics et al., 2008), melyek olyan negatív következményekkel járhatnak együtt, mint az éjszakai alvás minőségének és mennyiségének csökkenése, a krónikus mentális és fizikai fáradtság, a depresszió, a szorongás, az elmagányosodás, valamint más egészségügyi problémák (Young, 1998).

A jelenségeket vizsgáló kutatók kezdetben addikcióként hivatkoztak az internethasználat alapú problémás viselkedésekre. Mára már a kutatók többsége egyetért abban, hogy az internethasználattal kapcsolatos zavarokat nem szabad addikcióknak nevezni, mivel az addiktológiai szakirodalomban használt kifejezés egy személy és valamilyen inger (általában egy szer) közötti fiziológiai függőségre utal, amely egyértelműen nem áll fenn az immateriális internet és a felhasználók között (Davis, 2001). A tudományterület teoretikus keretei alapján, mind a tudományos, mind a gyakorlati munka szempontjából, a problémás internet-, illetve a problémás okostelefon-használatra olyan esernyőfogalmakként érdemes tekinteni, amik az internet és az okostelefonok tartalmának, több csatornán történő, általános problémás használatát jelentik (Montag et al., 2021). Az egyik legelterjedtebb neurokognitív elmélet a PIH és a POH meghatározására a Brandt és munkatársai által kidolgozott (2016), empirikus alapokon nyugvó I-PACE modell. A modell célja, hogy azonosítsa azokat a neurobiológiai, pszichológiai és viselkedéses komponenseket, amelyek kölcsönhatásaként értelmezhető a problémás internet- és okostelefon-használat. A modell alapján, mind a PIH, mind a POH a viselkedéses függőségek spektrumán helyezhetők el, melyek hasonló pszichológiai (pl. belső késztetések, szorongás, depresszió, elmagányosodás), valamint idegrendszeri elváltozásokat okoznak, mint más szer addikciók (Brand et al., 2019). A modell empirikus alátámasztására az elmúlt években számos mágneses rezonancia képalkotóval (MRI) végzett kutatás irányult, amelyek eredményei megerősítették a neurobiológiai átfedést az internettel kapcsolatos- és a különböző szeraddikciók között (Izd. összefoglaló: Sepede et al., 2016; Weinstein, 2022). Ezek a MRI-t használó kutatások rendszerint csökkent mértékű volument és megváltozott feladat-

alapú funkcionális aktivitást mutattak ki a jutalom feldolgozásáért felelős nucleus accumbens és orbitofrontális kéreg, a döntéshozatali és egzekutív funkciókban érintett ventrolaterális prefrontális kéreg (PFC) és anterior cinguláris gyrus (ACG), a viselkedés-, gátló- és impulzus kontrollért felelős dorsomediális PFC, az érzelem szabályozásban érintett ACG és dorsolaterális PFC, valamint a sóvárgási és elvonási tünetek súlyossága mögött álló insula és mediális PFC területein, mind PIH, mind pedig POH esetén.

2. Célkitűzés

Doktori disszertációm célja, hogy feltárjam azon kognitív és viselkedéses funkciók körét, amelyek érintettek lehetnek a PIH-ban és a POH-ban, ugyanakkor mindezekig nem kerültek részletes vizsgálat alá. A dolgozatban bemutatott kutatások célja két mindeddig alulkutatott terület feltárása volt.

Elsőként annak vizsgálata, hogy a PIH és a POH milyen hatással van a humán szociális kognitív funkciókra, különösen az érzelmi arckifejezések felismerésére és a folyamat mögött álló funkcionális idegrendszeri kapcsolatokra.

Dolgozatom második kutatásában azt vizsgáltam, hogy a PIH és a POH súlyossága miként befolyásolja egy kognitívan megterhelő feladat által kiváltott akut mentális fáradást és az ahhoz kapcsolódó funkcionális idegrendszeri korrelátumokat.

3. Érzelmi arckifejezések felismerése PIH-ban és POH-ban

Az eddigi vizsgálatokat alapul véve, mind a PIH, mind pedig a POH súlyossága hatással lehet a szociális kognitív funkciók ép működésére. A szociális kogníció fogalma olyan speciális kognitív folyamatokat foglal magába, melyek segítenek bejósolni mások viselkedését, valamint dekódolni elsődleges szociális jeleket, mint amilyenek az érzelmi arckifejezések is (Beer & Ochsner, 2006). Az érzelmi arckifejezések fontos információt hordoznak mások mentális állapotáról, ezért a pontos észlelésük elengedhetetlen a megfelelő társas funkcionáláshoz (Van Kleef, 2009). Az érzelmi arckifejezések felismerésének folyamatában kiemelkedik az amygdala, amely prefrontális funkcionális kapcsolatain keresztül központi szerepet játszik az emocionális szempontból releváns ingerek detektálásában és feldolgozásában.

Az érzelmi arckifejezések felismerésének károsodása negatív hatással van a szociális kognitív működésre számos szerfüggőség esetén. Az alkoholfüggők például csökkent képességet mutatnak az érzelmek felismerésére, melyet az érzelemszabályozásért felelős fronto-limbikus kör funkcionális működésváltozása kísér (Le Berre, 2019). Salloum és munkatársai (2007) is hasonló eredményre jutottak, mivel ugyancsak alkoholfüggők esetén

figyeltek meg funkcionális változásokat több érzelmi arckifejezés felismerésében érintett kérgi területen (pl. prefrontális struktúrák, ACG, amygdala, insula) belül. Annak ellenére, hogy az online szociális élet és kommunikáció hatással lehet a szociális kognitív funkciókra, az érzelmi arckifejezések felismerésének pszichológiai és neurális érintettségével mindezidáig kevés tanulmány foglalkozott PIH és POH esetén. Az eddigi egyetlen feladat-alapú fMRI kutatásban Chun és munkatársai (2017) deaktivációt találtak az érzelmi arckifejezések felismerésében és az érzelemfeldolgozásban érintett frontális területeken, problémás okostelefonhasználók körében. Mindezen idegtudományi eredmények alapján érdemesnek találtuk megvizsgálni a PIH és a POH esetén is az amygdala érzelmi arckifejezések felismerésében szerepet játszó feladat-indukált funkcionális kapcsolatait (FK-it). Az érzelmi arckifejezések felismerésével kapcsolatos FK-ok vizsgálatára a Hariri és munkatársai (2002) által kidolgozott Facial Emotion Recognition Paradigm (FERP) az egyik legalkalmasabb módszer. A feladat a szocio-emocionális stimulusok felismerése közben robusztusan ingerli az amygdalát, illetve aktiválja az érzelemfelismerésben érintett kortikolimbikus funkcionális hálózatokat. A FERP ezen tulajdonságait kiaknázva, vizsgálatom során a pszichofiziológiai interakció elemzést (PPI) használtam a bilaterális amygdala feladat-indukált funkcionális kapcsolatainak vizsgálatára.

Jelen kutatás célja, hogy a FERP és az fMRI kombinált alkalmazásával feltárjam, hogy a PIH és a POH súlyossága milyen hatással lehet az érzelmi arckifejezések felismeréséért felelős FK-ok működésére.

4. Módszerek

A vizsgálatban 65 (32 férfi), 18 és 30 (átlag életkor=22,5; SD=2,68 év) év közötti fiatal egyetemista hallgató vett részt. A beválogatási folyamat során csak olyan jelentkező került kiválasztásra, aki előzetesen nem számolt be pszichiátriai (pl. depresszió), vagy neurológiai zavar diagnózisáról, illetve az MRI mérés szempontjából biztonsági kockázatokról (pl. fém implantátum, várandósság).

4.1. Mérőeszközök

A résztvevők PIH-ának súlyosságát a Demetrovics féle Problémás Internethasználat Kérdőív (PIHK) magyar nyelvű változatával vizsgáltam (Demetrovics et al., 2008). A POH súlyosságának mérésére a Rövid Okostelefon Addikció Kérdőív (ROTAK) magyar nyelvű változatát használtam (Csibi et al., 2016). Az alanyok depresszív tüneteinek vizsgálatára a 21 tételes, önkitöltős Beck-féle Depresszió Skálát használtam (Beck et al., 1961).

4.2. Ingeranyag

A FERP feladatban használt érzelmi arckifejezéseket a FACES adatbázisból választottam ki (Ebner et al., 2010). A fMRI mérések alatti FERP két feladatból áll. Az érzelmi arckifejezések egyeztetése során (egy monitor felső középső részén) egy cél arckifejezést, illetve (a monitor bal és jobb alsó részén) két teszt arckifejezést mutattunk be háromszög alakú elrendezésben. A vizsgálatban résztvevőknek a két teszt arckifejezés közül kellett kiválasztania azt, amelyik ugyanazt az érzelmet fejezte ki (ijedt, dühös vagy szomorú), mint a képernyő felső részén lévő cél arckifejezés. Kontroll feladatként az érzelmi arckifejezések egyeztetését a geometriai formák egyeztetésének blokkjai váltották. A feladatok során a résztvevők érzelmileg semleges, absztrakt geometriai formákat (kör, vertikális és horizontális irányú ellipszisek) egyeztettek egymással. Ezek a feladatok a vizsgálati személyek figyelmének fenntartásáért, valamint az érzelmi arckifejezések felismerésért felelős kortikolimbikus idegrendszeri válaszok nyugalmi állapotba való visszatéréséért feleltek.

4.3. MRI képalkotás és elemzés

Minden MRI mérés (feladat-alapú és strukturális mérések) ugyanazon a 3 Tesla térerejű MRI készüléken (MAGNETOM Prismafit Siemens Healthcare, Erlangen, Germany) történt, egy 20 csatornás fej-nyak tekercs segítségével.

A statisztikai elemzések során a BOLD-jel elemzést használtam, hogy átfogó képet kapjunk a FERP érzelmi kondíciójában megfigyelhető átlagos aktivációs mintázatról. Az érzelmi arckifejezések felismeréséért felelős FK-ok vizsgálatához PPI elemzést használtam, melyben a bal és jobb oldali amygdalákat használtam külön-külön seed régióként. Az elemzés során alapvetően az a célunk, hogy megtaláljuk azokat az agyi régiókat, amelyek nagyobb korrelációt mutatnak a seed terület (amygdala) idősorával egy adott pszichológiai állapotban (érzelmi arckifejezések egyeztetése kondíció), egy másik állapothoz képest (geometriai formák egyeztetése kondíció). A PIH és a POH súlyosságával kapcsolatba hozható FK-ok vizsgálatára Region Of Interest (ROI) elemzéseket használtam, melyek során a bal és jobb oldali amygdalák, illetve az érzelmi arckifejezések felismerésében résztvevő idegrendszeri struktúrák (kétoldali ACG, kétoldali PCG, kétoldali frontális pólus-FP, kétoldali SFG, kétoldali supremarginális gyrus-SMG, kétoldali középső temporális gyrus-MTG) közti funkcionális kapcsolatokat vizsgáltam.

5. Eredmények

A viselkedéses statisztikai elemzések során nem találtam kapcsolatot a PIH és a POH súlyossága, valamint az érzelmi arckifejezések felismerésében mutatott RI-k és hibaszámok között.

A PPI és ROI elemzések eredményei alapján a bal oldali amygdala seed funkcionális kapcsolatai, valamint a PIHK és ROTAK pontok közti pozitív irányú korrelációk nem maradtak szignifikánsak a Benjamini-Hochberg korrekciókat követően. A jobb oldali amygdala és a frontális területek (FP és SFG) között lévő, kognitív kontrollért felelős FK-ok pozitívan korreláltak a kérdőívek (PIHK és ROTAK) pontértékeivel a korrekciókat követően is ($p < 0,05$). Továbbá, a jobb oldali amygdala és az érzelme felismeréséért felelős területek (MTG, ACG, PCG és SMG) közti FK-ok pozitívan korreláltak a kérdőívpontokkal (PIHK és ROTAK) a korrekciókat követően is ($p < 0,05$).

6. Konklúzió

Kutatásomban két magasabb-rendű rendszer funkcionális érintettségét mutattam ki PIH és POH esetén. A kognitív kontrollért felelős funkcionális kapcsolatok megváltozott működése alapvető jelenségnek számít a különböző addiktív rendellenességek körében, így nem meglepő, hogy ezen FK-ok működésváltozása szerepet játszik az érzelmi arckifejezések felismerésében PIH és POH esetén is. Eredmények kiemelik a szociális kognitív funkciók (mentalizáció és az érzelmi arckifejezések felismerése) lehetséges érintettségét PIH és POH esetén, mivel az amygdala, valamint a ACG, a PCG, a MTG és a SMG között lévő FK-ok alapvető fontossággal bírnak az intakt szociális kognitív működésben. Kutatási eredményeim segíthetnek megérteni a PIH és a POH esetén megváltozott szociális kognitív működés egy szeletét, valamint stabil kiindulópontként szolgálhatnak további tanulmányoknak a területen.

Mivel társas interakcióink egyre nagyobb hányada zajlik az online térben, a személyes találkozások száma fokozatosan csökken. Ez a folyamat együtt járhat a társas megismerés, a kommunikáció és tágabban a szociális kognitív funkciók átalakulásával. Mivel az online térben folytatott kiterjedt közösségi élet hosszú távú következményeit egyelőre nem ismerjük, a szociális kognitív funkciók longitudinális vizsgálata PIH és POH esetén elengedhetetlennek tűnik.

7. A feladat-indukált mentális fáradtság vizsgálata PIH-ban és POH-ban

Az elmúlt évtizedben a krónikus mentális fáradtság vizsgálata széles körben elterjedt az internet-alapú rendellenességek kutatásában (Aziz et al., 2024; Bachleda et al., 2018, Lin et al.,

2013). A kutatások többsége önbevallásos kérdőívek használatával jutott arra a következtetésre, hogy a PIH és a POH súlyossága önmagában képes megjósolni az egyének által észlelt mentális fáradtság mértékét, mind prospektív (Liang et al., 2022), mind keresztmetszeti vizsgálatokban (Aziz et al., 2024; Bachleda et al., 2018).

A mentális fáradtság azonban nem csak krónikus formában jelentkezhet, hanem rövid távon, egy kognitívan megterhelő feladat végrehajtása során is (Van der Linden, 2011). Az akut mentális fáradtság (AMF) egy átmeneti jellegű pszichobiológiai állapotként írható le, amely egy időben hosszan tartó és mentálisan megterhelő feladat teljesítése folyamán lép fel (Matuz et al., 2021). Az AMF megjelenése a feladatteljesítmény csökkenésével (Darnai et al., 2023), a szubjektív fáradtság magasabb szintjével (Hopstaken et al., 2015), valamint a feladat folytatására irányuló belső motiváció csökkenésével jár (Boksem et al., 2006). Az AMF kiváltása a time-on-task (ToT) hatáson keresztül a legegyszerűbb (Csathó et al., 2012), mivel egy megterhelő kognitív feladatra fordított idő növekedésével párhuzamosan a szubjektív fáradtság magasabb szintje és a feladathoz kapcsolódó teljesítmény fokozatos csökkenése (pl. lassabb RI) várható el.

A krónikus mentális fáradtsággal ellentétben az AMF változásait még nem vizsgálták PIH és POH esetén. A KMF és az AMF közötti kétirányú kapcsolat kutatási szempontból irányadó lehet, mivel a KMF fogékonyabbá teheti az egyéneket az AMF kialakulására (Hanzal et al., 2024; Hess & Knight, 2021), ugyanakkor tudományos eredmények állnak rendelkezésre arra vonatkozóan is, hogy a sorozatos AMF-nak való kitétel hozzájárulhat a KMF kialakulásához (Fang et al., 2008, 2013). Ezen összefüggések, valamint a problémás viselkedések súlyossága és a krónikus mentális fáradtság mértéke közti kapcsolat alapján azt feltételeztem, hogy érdemes lenne feltárni a ToT hatás által kiváltott AMF-ot PIH és POH esetén is. Kutatásom számára további alapot szolgáltatnak azok a különböző populációkon - egészséges kontroll (Matuz et al., 2023), szklerózis multiplex (DeLuca et al., 2008) krónikus fáradtság szindróma (Cook et al., 2007; Staud et al., 2018)- végzett MRI vizsgálatok is, amelyek az AMF objektív (pl. teljesítmény csökkenés) és szubjektív (szubjektív mentális fáradtság) karaktereit strukturális és funkcionális módosulásokkal hozták összefüggésbe olyan frontális és parietális régiókban, amelyekben korábban a PIH és a POH esetén is megváltozott funkcionalitást (Darnai et al., 2019; Sepede et al., 2016) és strukturális szerveződést (Weinstein, 2022) mutattak ki.

Mindezek alapján tanulmányom elsődleges célja az volt, hogy átfogó képet kapjunk a PIH és a POH esetén a ToT hatás által kiváltott akut mentális fáradtság szubjektív és objektív jellemzőinek változásairól. Vizsgálatom során feladat-alapú fMRI képalkotást használtam a

kognitívan megterhelő pszichomotoros éberségi feladat (PVT) végrehajtása alatt, amely lehetőséget biztosított a ToT hatáshoz kapcsolódó idegrendszeri működések vizsgálatára.

8. Módszer

A vizsgálatban 71 (33 férfi), 19 és 30 év közötti (átlagéletkor = $25,00 \pm 3,25$ év) fiatal egyetemista hallgató vett részt. A beválogatási folyamat során csak olyan jelentkező került kiválasztásra, aki előzetesen nem számolt be pszichiátriai (pl. depresszió), vagy neurológiai zavar diagnózisáról, illetve az MRI mérés szempontjából biztonsági kockázatokról (pl. fém implantátum, várandósság). Mivel a kutatás során használt PVT érzékeny a nappali aluszékonyagra (Thomann et al., 2014), ezért csak olyan alanyok kerültek beválogatásra, akik az MRI mérés napját megelőzően több, mint 6 órát aludtak.

8.1. Mérőeszközök

A résztvevők PIH-ának súlyosságát a Demetrovics féle Problémás Internethasználat Kérdőív (PIHK) magyar nyelvű változatával vizsgáltam (Demetrovics et al., 2008). A POH súlyosságának mérésére az Okostelefon Megvonási Tüneteskálát (OMT) magyar nyelvű változatát használtam (Csibi et al., 2019). A kutatás során a Fatigue Impact Scale (FIS) magyar nyelvű változatát (Losonczy et al., 2011) használtam a krónikus mentális fáradtság vizsgálatára. Az alanyok depresszív tüneteinek vizsgálatára a 21 tételű, önkitöltős Beck-féle Depresszió Skálát használtam (Beck et al., 1961). Az alanyok vonásszorongásának vizsgálatára Spielbergger vonásszorongás kérdőívét használtam (Spielberger, 1983).

8.2. Ingeranyag és paradigma

A vizsgálatban a PVT-ot a ToT hatáson keresztül alkalmaztam az akut mentális fáradtság indukálására, valamint a fáradtsággal kapcsolatos idegrendszeri működések kiváltására. A feladatot egy MRI-kompatibilis kijelzőn mutattuk be, egy a fejtekercshez rögzített tükör segítségével. A PVT során minden feladat egy szürke háttéren megjelenő, a képernyő közepén elhelyezkedő fehér színű fixációs kereszttel kezdődött. Minden feladat során, egy pszeudorandom, 2 és 20 másodperc között váltakozó inter stimulus interval-t követően a fixációs keresztet egy kék színű kör váltotta, amíg 2 másodperc el nem telt, vagy a vizsgálati személy választ nem adott. A vizsgálati alanyokat arra utasítottuk, hogy amint a kék kör megjelenik a képernyőn, a lehető leghamarabb adjanak választ.

A PVT három darab 5 perces blokkból (B1, B2 és B3) állt. A vizsgálati személyek az első kísérleti blokk előtt (VAS1), illetve a harmadik kísérleti blokk végeztével (VAS2) egy Vizuális

Analóg Skálán (VAS) megadták aktuális mentális fáradtságuk szubjektíve megítélt mértékét. Minden feladat során mértük a résztvevők reakcióidejét. A ToT hatás által előidézett teljesítményváltozást a B3 és B1 blokkok átlagos reakcióideje közti különbséggel ($B3 - B1$ RI) határoztuk meg. Hasonlóképpen, a ToT hatás okozta változásokat a szubjektív mentális fáradtságban a VAS pontok közti különbséggel adtuk meg úgy, hogy kivontuk a VAS1 pontokat a VAS2 pontokból (VAS2-VAS1).

8.3. MRI képképzés és elemzés

Minden MRI mérés (feladat-alapú és strukturális) egy 3 Teslás Siemens Magnetom Prisma^{fit} MRI-n (Siemens Healthcare, Erlangen, Germany) történt, 20 csatornás fejtekercs alkalmazásával.

Mivel tanulmányom elsődleges célja, hogy átfogó képet kapjunk a ToT hatás által kiváltott változásokról az AMF-ban, illetve annak idegrendszeri hátterében PIH és POH esetén; ezért BOLD-jel elemzést alkalmaztam PVT által indukált és az AMF-hoz kapcsolódó idegrendszeri változások elemzésére.

A csoportszintű BOLD-jel elemzést követően post hoc regressziós elemzéseket hajtottam végre annak megállapítására, hogy a PIH-tal és a ToT hatással is kapcsolatban álló idegrendszeri változások összefüggésben állnak-e az AMF szubjektív és objektív jellemzőivel.

9. Eredmények

A VAS pontszámok különbségére irányuló Wilcoxon- ($Z = -5,74$; $p < 0,001$), valamint a PVT alatti teljesítményváltozás vizsgálatára alkalmazott Friedman ($\chi^2(2) = 80,648$; $p < 0,001$) -tesztek eredményei alapján vizsgálatomban sikeresen idéztem elő megnövekedett mentális fáradtságot a ToT hatáson keresztül.

A többszörös lineáris regressziós eredmények alapján, a PIH (PIHK összpontszáma) súlyossága önmagában előre jelezte a szubjektív mentális fáradtság (SZMF) változását (VAS különbség) [$\beta = 0,349$, $t(70) = 2,935$; $p = 0,005$], miközben a BDI és a STAI-T pontok hatását korrigáltuk. Hasonlóképpen, a BDI és STAI-T értékek korrigálása mellett, a POH súlyossága (OMT összpontszáma) is önmagában előre jelezte a SZMF feladat alatti változását [$\beta = 0,416$, $t(70) = 3,073$; $p = 0,003$].

A BOLD-jel elemzések során nem találtam összefüggést a PVT alatti ToT hatás indukált BOLD-jel változások, valamint az OMT összpontszáma között.

Negatív irányú kapcsolatot találtam a ToT hatás által indukált BOLD-jel változások (a $B3 > B1$ kontrasztban) és a PIHK összpontszáma között a bal oldali precuneusban (PCu) (1.

Klaszter), illetve a bal oldali mediális (MeFG), középső (MFG) és superior (SFG) frontális gyirusokban (2. Klaszter); $Z > 2,3$ és $p = 0,05$ korrigált klaszter-szignifikancia értéknél.

A post hoc csoportszintű regressziós elemzések során az 1. és 2. klasztereken belüli aktivációs változások nem jelezték előre a ToT hatás által indukált RI változásokat [1. Klaszter: $n = 70$; $\beta = -0,039$, $t(69) = -0,317$; $p = 0,752$; 2. Klaszter: $n = 70$; $\beta = -0,120$, $t(69) = -0,989$; $p = 0,326$]. Azonban a ToT indukált és PIH- függő BOLD-jel változások függetlenül előre jelezték a SZMF (VAS2-VAS1) változását mindkét klaszteren belül [1. Klaszter: $n = 70$; $\beta = -0,298$, $t(69) = -2,547$; $p = 0,013$; 2. Klaszter: $n = 70$; $\beta = -0,237$, $t(69) = -2,034$; $p = 0,046$], a FIS, BDI és STAI-T értékek kontrollálása mellett.

10. Konklúzió

Mindezidáig ez az első olyan kutatás, amelyben kimutatták, hogy a PIH és a POH súlyossága önmagában megjósolja egy kognitívan megterhelő feladat végrehajtásához kapcsolódó mentális fáradtság szubjektív paraméterének változását. Kutatásom során nem találtam összefüggést a feladat alatti teljesítmény változás, valamint a PIH és a POH súlyossága között. Ezen eredmények alapján kijelenthető, hogy a PIH és a POH súlyossága nincs hatással egy megterhelő kognitív feladatban nyújtott teljesítmény változásaira; inkább azt feltételezhetjük, hogy a függőségek hatásának jobban kitett résztvevők mentálisan fáradtabbnak érzik magukat egy kognitívan és időben megterhelő feladat végrehajtását követően.

A vizsgálat során sikerült negatív irányú kapcsolatot találni a bal oldali PCu (1. Klaszter), a bal oldali MeFG, MFG és SFG (2. Klaszter) BOLD-jelének ToT hatás által indukált változása, valamint a PIHK összpontszáma között. Ezen régiók BOLD-jel változásai negatívan kapcsolódtak a SZMF feladat-indukált változásaihoz. Az eredmények alapján elképzelhető, hogy a PIH és a SZMF változása közt fennálló kapcsolat összefüggésben állhat a klasztereken belüli BOLD-jel változásokkal, ami arra enged következtetni, hogy a kutatás során sikerülhetett leírni azokat az idegrendszeri régiókat, melyek működése fontos szerepet játszhat PIH esetén a szubjektív fáradtságra való fokozott érzékenységben.

A fáradtságnak való fokozott kitettség számos kockázatot foglal magában, beleértve a pszichológiai jóllétre gyakorolt negatív hatásokat is. A fokozott mértékű mentális és fizikai fáradtság különböző társult tüneteket (pl. depresszió, szorongás, rossz alvás stb.) okozhat, ezért különösen fontos, hogy a mentális egészség és működés megőrzése érdekében hangsúlyt fektessünk a mindennapi rekreációs tevékenységekre.

11. Általános konklúzió

Doktori disszertációm célja azoknak a vizsgálatoknak a bemutatása volt, amelyekben olyan kognitív és viselkedési funkciókat érintettünk, amelyeket korábban nem vizsgáltak problémás internet- és okostelefon-használat esetén, noha ezek tudományos kutatása elengedhetetlen a zavarok patogenezisének és tünettanának alaposabb megértéséhez. A kutatások eredményei alapján az előzetesen felállított tézisek igazolást nyertek, valamint olyan új eredményeket sikerült bemutatni, amelyek mindeddig nem kerültek közlésre a téma tudományos szakirodalmában.

12. Publikációk

12.1. A tézisekhez kapcsolódó publikációk

Arató, Á., Nagy, S. A., Perlaki, G., Orsi, G., Sente, A. T., Kis-Jakab, G., ... & Darnai, G. (2023). Emotional face expression recognition in problematic internet use and excessive smartphone use: task-based fMRI study. *Scientific Reports*, 13(1), 354.

Impakt-faktor: 3,80

SJR: Q1/D1

Arató, Á., Sente, A. T., Matuz, A., Áfra, E., Alhour, H. A., Perlaki, G., ... & Darnai, G. (2025). Increased task-induced mental fatigue in problematic Internet Use: an fMRI study. *Computers in Human Behavior Reports*, 19, 100728.

Impakt-faktor: 5,80

SJR: Q1/D1

Összesített impakt-faktor: 9,60

12.2. A tézisekhez nem kapcsolódó publikációk

Darnai, G., Perlaki, G., Orsi, G., Arató, Á., Sente, A., Horváth, R., ... & Janszky, J. (2022). Language processing in Internet use disorder: Task-based fMRI study. *Plos one*, 17(6), e0269979.

Impakt-faktor: 3,70; SJR: Q1

Darnai, G., Matuz, A., Alhour, H. A., Perlaki, G., Orsi, G., Arató, Á., ... & Csathó, Á. (2023). The neural correlates of mental fatigue and reward processing: A task-based fMRI study. *Neuroimage*, 265, 119812.

Impakt-faktor: 4,70; SJR: Q1/D1

Sente, A., Alhour, H. A., Áfra, E., Arató, Á., Dudás, B., Szűcs, A., ... & Janszky, J. (2024). Frequency and categorization of presleep fantasies. *Scientific Reports*, 14(1), 31975.

Impakt-faktor: 3,90; SJR: Q1

Perlaki, G., Darnai, G., Arató, Á., Alhour, H. A., Sente, A., Áfra, E., ... & Janszky, J. (2024). Gray matter changes following mild COVID-19: An MR morphometric study in healthy Young people. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 59(6), 2152-2161.

Impakt-faktor: 3,50; SJR: Q1

Áfra, E., Janszky, J., Perlaki, G., Orsi, G., Nagy, S. A., Arató, Á., ... & Darnai, G. (2024). Altered functional brain networks in problematic smartphone and social media use: resting-state fMRI study. *Brain Imaging and Behavior*, 18(2), 292-301.

Impakt-faktor: 2,40; SJR: Q1

Perlaki, G., Dudás, B., Horváth, R., Orsi, G., Darnai, G., Arató, Á., ... & Janszky, J. (2025). Diffusion along the perivascular space influenced by handedness and language lateralisation. *Brain Communications*, 7(4), fcac252.

Impakt-faktor: 4,50; SJR: Q1/D1

12.3. A tézisek témájához kapcsolódó előadások és poszterprezentációk listája

Akos, A., Eszter, A., Anna, S., Gergely, D., & Jozsef, J. (2020). The effect of screen media activity on social cognition- an fMRI study. In *Medical Conference for PhD Students and Experts of Clinical Sciences* (pp. 50–50).

Akos, A., Anna, S., Eszter, A., Gergely, D., & Jozsef, J. (2021). Associations between Internet use disorder, social cognition and social anxiety: an fMRI study. In *Medical Conference for PhD Students and Experts of Clinical Sciences 2021* (pp. 36–36).

Arató Á., Szente, A., Nagy, S. A., Perlaki G., Orsi, G., Áfra E., ... Janszky J. (2022). Emotional Face Expression Recognition in Internet Use Disorder: task-based fMRI study. *JOURNAL OF BEHAVIORAL ADDICTIONS*, 11(Suppl. 1), 223–223.

Arató, Á., Anna, T. S., Eszter, Á., András, M., Gréta, K.-J., Árpád, C., ... József, J. (2022). The Impact of Internet Use Disorder and Smartphone Addiction on acute mental fatigue: an fMRI study. In *TeaP 2022 : Abstracts of the 64th Conference of Experimental Psychologists* (pp. 357–358).

Arató, Á., Szente, A. T., Matúz, A., Ali Alhour, H., Áfra, E., Kis-Jakab, G., ... Janszky, J. (2023). Brain Activation During Psychomotor Vigilance Test in Problematic Internet Use and Excessive Smartphone Use: an fMRI study. In *TeaP 2023: Abstracts of the 65th Conference of Experimental Psychologists*. (pp. 37–38).

Arató, Á., Tímea Szente, A., Áfra, E., Ali Alhour, H., Kis-Jakab, G., Darnai, G., & Janszky, J. (2023). Task-related Mental Fatigue in Problematic Internet- and Excessive Smartphone Use: an fMRI study. In *MedPECS - Medical Conference for PhD Students and Experts of Clinical Science* (pp. 40–40).

Arató, Á., Ali Alhour, H., Tímea Szente, A., Áfra, E., Perlaki, G., Orsi, G., ... Janszky, J. (2023). Brain activation changes during psychomotor vigilance task in problematic internet use: task-based fMRI study. In *BACN- British Association for Cognitive Neuroscience* (pp. 16-21).

Arató, Á., Szente, A. T., Darnai, G., & Janszky, J. (2024). Feladat által kiváltott mentális fáradtság problémás internethasználatban: feladatalapú fMRI-vizsgálat. *MENTÁLHIGIÉNÉ ÉS PSZICHOSZOMATIKA*, 25(Suppl. 1), 68–68.

Arato, A., Szente, A. T., Matuz, A., Afra, E., Alhour, H. A., Perlaki, G., ... Janszky, J. (2024). Task-related changes in subjective mental fatigue in Problematic Internet use: a task-based fMRI study. *JOURNAL OF BEHAVIORAL ADDICTIONS*, 13(Suppl. 1), 286–286.

Arató, Á., Tímea Szente, A., Áfra, E., Dudás, B., Ali Alhour, H., Perlaki, G., ... Janszky, J. (2024). Functional correlates of task-induced mental fatigue in Problematic Internet use: an fMRI study. In 40th Annual Scientific Meeting - The European Society for Magnetic Resonance in Medicine and Biology (ESMRMB).

12.4. A tésiék témájához nem kapcsolódó előadások és poszterprezentációk listája

Eszter, Á., **Ákos, A.**, Anna, S., Gergely, D., & József, J. (2020). The effects of a smartphone's presence on the attention. In Medical Conference for PhD Students and Experts of Clinical Sciences (p. 60).

Anna, S., **Ákos, A.**, Eszter, Á., Gergely, D., Szilvia, N., Gábor, P., ... József, J. (2020). Altered functional networks in problematic smartphone use: resting state fMRI study. In Medical Conference for PhD Students and Experts of Clinical Sciences (p. 61).

Áfra, E., **Arató, Á.**, Szente, A. T., & Darnai, G. (2022). Smartphone's effect on our attention. In TeaP 2022 : Abstracts of the 64th Conference of Experimental Psychologists (pp. 346–347).

Szente, A. T., **Arató, Á.**, Áfra, E., Nagy, S. A., Perlaki, G., Orsi, G., ... Darnai, G. (2022). Az Internethasználat agyi strukturális hatásai = Effects of Internet Use on Brain Structure. In XX. Szentágothai János Mutidiszciplináris Konferencia és Hallgatói Verseny Absztrakt kötet = XX. János Szentágothai Multidisciplinary Conference and Student Competition (pp. 16–17).

Ákos, A., Husamalddin, A. A., Anna, S., Eszter, Á., Gábor, P., Gergely, O., ... Gergely, D. (2022). Investigating the psychological and neurological consequences of nonhospitalized COVID-19 infection: an fMRI study. In XX. Szentágothai János Mutidiszciplináris Konferencia és Hallgatói Verseny Absztrakt kötet = XX. János Szentágothai Multidisciplinary Conference and Student Competition (pp. 15–15).

Szente, A. T., **Arato, A.**, Afra, E., Nagy, S. A., Orsi, G., Perlaki, G., ... Janszky, J. (2022). Effects of problematic internet use and internet-based activities on brain structure. JOURNAL OF BEHAVIORAL ADDICTIONS, 11(Suppl. 1), 274–274

Afra, E., **Arato, A.**, Szente, A., Nagy, S. A., Perlaki, G., Orsi, G., ... Janszky, J. (2022). Investigating the Neurological Consequences of General Internet Addiction Using Resting State fMRI. JOURNAL OF BEHAVIORAL ADDICTIONS, 11(Suppl. 1), 275–275.

Ali Alhour, H., Darnai, G., Orsi, G., Perlaki, G., Áfra, E., Szente, A., **Arato, A.**, ... Janszky, J. (2023b). Resting-state functional connectivity correlates of mental fatigue. In MedPECS - Medical Conference for PhD Students and Experts of Clinical Science (pp. 38–38).

Ali Alhour, H., Darnai, G., Orsi, G., Perlaki, G., Áfra, E., Szente, A., **Arato, A.**, ... Janszky, J. (2023a). Resting-state functional connectivity correlates of mental fatigue. In TeaP 2023: Abstracts of the 65th Conference of Experimental Psychologists. (pp. 34–34).

Áfra, E., Janszky, J., Perlaki, G., Orsi, G., Nagy, S. A., **Arató, Á.**, ... Darnai, G. (2023). Malfunctional brain networks in problematic Internet use. In TeaP 2023: Abstracts of the 65th Conference of Experimental Psychologists. (pp. 33–34).

Áfra, E., Darnai, G., **Arató, Á.**, & Szente, A. T. (2024). Megváltozott funkcionális agyi hálózatok problémás internethasználatkor: resting-state fMRI-vizsgálat. MENTÁLHIGIÉNÉ ÉS PSZICHOSZOMATIKA, 25(Suppl. 1), 59–59.

Dudás, B., **Arató, Á.**, Szente, A. T., Áfra, E., Szabó, G., Darnai, G., & Janszky, J. (2024). Az internethasználat, a problémás internethasználat és a velük kapcsolatos lakossági attitűdök változása Magyarországon a COVID–19-világjárvány idején reprezentatív lakossági felmérés alapján. *MENTÁLHIGIÉNÉ ÉS PSZICHOSZOMATIKA*, 25(Suppl. 1), 56–56.

Dudas, B., **Arato, A.**, Szente, A. T., Afra, E., Szabo, G., Darnai, G., & Janszky, J. (2024). Changes in Internet use, problematic use, and public attitudes toward them in Hungary during the COVID-19 pandemic: A nationwide representative study. *JOURNAL OF BEHAVIORAL ADDICTIONS*, 13(Suppl. 1), 293–293.

Perlaki, G., Dudás, B., Orsi, G., **Arató, Á.**, Darnai, G., Horváth, R., ... Janszky, J. (2024). Relationship of DTI-ALPS index with handedness and language laterality. In 40th Annual Scientific Meeting - The European Society for Magnetic Resonance in Medicine and Biology (ESMRMB).

Ákos, A., András, M., & Árpád, C. (2025). Effect of Mental Fatigue on Visuomotor Adaptation in a Visually-Guided Pointing Task. In 24th Conference of the European Society for Cognitive Psychology : Abstract Booklet (pp. 140–140).

13. Köszönetnyilvánítás

Mindenekelőtt szeretném kifejezni hálámat témavezetőmnek, Dr. Darnai Gergelynek, a PTE ÁOK Magatartástudományi Intézet és a PTE KK Neurológiai Klinika tudományos főmunkatársának, aki szakértelmével, támogatásával, türelmével és bizalmával végigkísérte doktori éveimet, segítve felkészülésemet az akadémiai pálya kihívásaira, valamint doktori disszertációm elkészítésére.

Köszönettel tartozom Prof. Dr. Komoly Sámuelnek, a Klinikai Idegtudományi Doktori Iskola egykori vezetőjének, valamint Prof. Dr. Janszky Józsefnek a Klinikai Idegtudományi Doktori Iskola, valamint a Klinikai és humán idegtudományok doktori program vezetőjének, hogy lehetővé tették számomra a Doktori Iskolához történő csatlakozást, továbbá, hogy támogatták kutatói munkámat, illetve nemzetközi konferenciákon való tapasztalatszerzésemet.

Köszönetemet szeretném kifejezni a Pécsi Diagnosztikai Központ tudományos munkatársainak, Dr. Perlaki Gábornak, Dr. Orsi Gergelynek és Hajnalné Dr. Nagy Szilvia Anettnek; továbbá a PTE ÁOK Magatartástudományi Intézet igazgatójának, Dr. Csathó Árpádnak, valamint tudományos munkatársának, Dr. Matuz Andrásnak az elmúlt évek során nyújtott támogatásukért. Hálával tartozom doktori hallgató társaimnak is – Dr. Sente Annának, Dudás Barnabásnak, Hussamalddin Ali Alhournak, Áfra Eszternek és Szabó Grétának – a közös munkáért és az elmúlt évek során kialakult baráti együttműködésért.

Hálásan köszönöm családomnak a biztatásukat és támogatásukat, valamint, hogy átsegítenek a nehéz helyzeteken. Külön köszönetemet fejezem ki menyasszonyomnak Dorinának és kutyusunknak Lonkának, mindig támogató és biztató jelenlétükért.

A disszertációs kutatások megvalósulását támogató pályázatok:

TKP-2021-EGA-16 Tématerületi Kiválóság Program

TKP-2021-EGA-13 Tématerületi Kiválóság Program

RRF-2.3.1-21-2022-00011

MTA-SYLFF ösztöndíj 2024

EKÖP-24-4-I-PTE-38

EKÖP-25-4-I-PTE-434