

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM

Biológiai és Sportbiológiai Doktori Iskola

Szabályozásbiológiai Program

A harmadik és negyedik generációs mobiltelefonok által kibocsátott rádiófrekvenciás sugárzás hatása a hőmérsékleti fájdalomküszöbre és a kognitív működésekre

PhD értekezés tézisei

Vecsei Zsuzsanna

Témavezető:

Dr. Hernádi István

habilitált egyetemi docens

PÉCS, 2019

Bevezetés

Környezetünk elektromágneses terhelése döntő részben mesterséges forrásokból ered. A telekommunikáció robbanásszerű fejlődése miatt a mobiltelefon használat szerte a világban mindennapossá vált. Egyes becslések szerint [Kenechi Okeleke, 2017] 2020-ra a világ lakosságának csaknem háromnegyede mobiltelefon felhasználó lesz. Amikor a felhasználók közvetlenül a fej közelében használják a mobiltelefonjukat, a rádiófrekvenciás (RF) energia kimeneti teljesítményének jelentős részét a fej nyeli el [Gandhi, 2002]. Ennek következtében fokozódó aggodalom merült fel a mobiltelefonok által kibocsátott RF sugárzás agyműködésre gyakorolt, potenciálisan káros hatásaival kapcsolatban. Többek között azért is, mert alig állnak rendelkezésünkre hitelesnek tekinthető vizsgálatok a közelmúltban kifejlesztett új technológiai standardok biológiai hatásairól. Mivel az erre vonatkozó irodalmi adatok zömében a régebbi (pl. Global System for Mobile Communications, GSM) technológiák hatásairól adnak számot, és az eredményeik ellentmondóak, az újabb mobiltelefon technológiák (3G, harmadik generáció; 4G, negyedik generáció) által keltett RF sugárzás lehetséges idegéletti és kognitív hatásainak felderítésére tehát egyre nagyobb szükség és igény van. Emellett, a WHO megállapítása szerint a mobiltelefonok viszonylag csekély egészségügyi kockázata is népegészségügyi következménnyel járhat az érintett populáció nagysága miatt [WHO, 2006].

A populáció kis része csakugyan ún. nem specifikus, kellemetlen tüneteket tulajdonít a különböző típusú RF sugárzásoknak [Rubin és mtsai, 2005]. A tünetekre és a jóllétre gyakorolt kedvezőtlen hatásokról szóló jelentések mindeddig azonban nem igazolódtak be, kivéve a fájdalomérzet megjelenését, amely magas sugárzási szintek esetében a megemelkedett bőrhőmérséklethez kapcsolódik [Walters és mtsai, 2000].

Az agyi elektromos tevékenységet tükröző EEG (elektroencefalográfiás) jel frekvencia összetevőit elemző tanulmányok kimutatták, hogy az ébrenléti EEG alfa sávját (8-12 Hz) már az ajánlott 2 W/kg fajlagosan elnyelt teljesítmény (specific absorption rate, SAR) szint alatt is befolyásolja bizonyos RF sugárzás, de jelenleg nincs azt alátámasztó bizonyíték, hogy a rövid idejű akut hatások károsak volnának, és általános egészségügyi kockázatot jelentenének [ICNIRP, 2018b].

Célkitűzések

A munka elsődleges célja az volt, hogy megvizsgáljuk a 3G (UMTS, Universal Mobile Telecommunications System) és a 4G (LTE, Long Term Evolution) mobiltelefon technológiák által keltett akut rádiófrekvenciás sugárzás hatásait egészséges fiatal emberek központi idegrendszeri működésére. A következő konkrét célokat határoztuk meg:

- Változtatja-e az UMTS és az LTE mobiltelefon-szerű RF sugárzás a kapszaicin kezeléssel validált protokoll alapján mért hőmérsékleti fájdalomküszöb által jelzett idegéletteni működést?
- Változtatja-e az UMTS és az LTE mobiltelefon-szerű RF sugárzás az ún. „Stroop-hatások” által jelzett kognitív folyamatokat egy go-no-go feladat során?
- Változtatja-e az UMTS és az LTE mobiltelefon-szerű RF sugárzás a nyugalmi EEG aktivitást az alfa hullám-tartományban?

Anyagok és módszerek

Besugárzó rendszerek

Az UMTS besugárzást egy már korábban kifejlesztett és ellenőrzött rendszer [Parazzini és mtsai, 2009; Stefanics és mtsai, 2008; Trunk és mtsai, 2015; Trunk és mtsai, 2013] szolgáltatta, míg az LTE besugárzó rendszert első ízben alkalmaztuk laboratóriumunkban. Az UMTS kontrollált jelforrását egy Phoenix szerviz szoftver által vezérelt Nokia 6650 (Nokia, Espoo, Finnország) mobiltelefon adta, míg az LTE jelet egy programozható Anritsu MG3700A jelgenerátor (Anritsu Co., Japán) szolgáltatta. Az UMTS besugárzás 1947 MHz-es, az LTE 1750 MHz-es vivőfrekvencián üzemelt. A kimeneti jelet mindkét rendszernél egy patch antenna közvetítette, amelyet úgy pozicionáltunk a jobb fül fölé, hogy az az általános mobiltelefon használatot utánozza. Mindkét technológia (UMTS, LTE) esetében úgy választottuk meg a besugárzási paramétereket (1,8 W/kg SAR), hogy megközelítsék az ICNIRP által ajánlott [ICNIRP, 2018a] maximális lakossági sugárzási határértéket (2 W/kg SAR).

Hőmérsékleti fájdalomküszöb mérése

A hőmérsékleti fájdalomküszöb (thermal pain threshold, TPT) mérésére egy speciális hőstimuláló eszközt alkalmaztunk (Metron Avionics, Pécs) a résztvevők ujjain. A készülék egyszerre volt képes hőt leadni, és a bőr hőmérsékletét pontosan megmérni. A készülék fűtőpadja a résztvevők mutatóujjának ujjbegyéhez csatlakozott, és addig emelte a bőr

hőmérsékletét, amíg a résztvevők nem érezték a hőmérsékletet fájdalmasnak, és meg nem mozdították a kezüket a kellemetlen hatás jelzéséhez és a stimuláció megszakításához. A stimulált ujj megmozdításának pillanatában mért hőmérsékletet tekintettük a TPT-nek. Fájdalomküszöb mérési eljárásunkat a mobiltelefonos méréseket megelőzően egy kapszaicin indukált hiperalgèzia protokoll segítségével validáltuk 20 egészséges egyetemi hallgató részvételével (14 nő, 22 ± 3 évesek). Az ingerlés során a hőmérséklet $5\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ meredekséggel emelkedett max. $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig. Az UMTS és LTE vizsgálatokban is ugyanezt a mérési beállítást használtuk. A résztvevők (egészséges egyetemi hallgatók; UMTS kísérlet: 22 felnőtt (10 nő, 22 ± 3 évesek); LTE kísérlet: 18 felnőtt (12 nő, 21 ± 2 évesek) két alkalommal vettek részt a randomizált, kettős-vak vizsgálatban. Az egyik ülésben valódi, a másik ülésben álbesugárzást kaptak. Egy ülés során öt blokkban mértük a TPT-t: a besugárzás előtt (Pre), a 30 perces RF besugárzás elején és végén (Mid), valamint utána 30 és 60 perccel (Post).

A Stroop-hatások és a nyugalmi EEG vizsgálata

A résztvevők egészséges egyetemi hallgatók voltak (UMTS vizsgálat: $n=34$ (20 nő, 20 ± 3 évesek); LTE vizsgálat: $n=26$ (13 nő, 21 ± 3 évesek). Mindkét vizsgálatban első Stroop teszt (Pre) elvégzése után 30 percen keresztül folyamatosan regisztráltuk a nem-invazív skalp EEG-t (Pre). Az első öt perces EEG felvétel (Pre) elteltével 20 perces RF besugárzást (valódi / álbesugárzás) alkalmaztunk (Mid), miközben az EEG felvétel is folytatódott (Mid). A besugárzás befejezése után további öt perces EEG-t (Post) felvételeztünk. Ezután a résztvevők elvégezték az ülésben a második Stroop tesztet (Post).

A Stroop teszt több különböző, magasabb rendű kognitív funkciót mér, úgymint a szelektív figyelem, a kognitív rugalmasság, a feldolgozási sebesség és a végrehajtó funkciók. A Stroop teszt fő mérési végpontjai az ún. Stroop-hatások, amelyek a szemantikai interferenciát (IF) és a facilitációt (FAC) mutatják. A Stroop-hatásokat az ingerekre adott gombnyomási válaszok (reakcióidő, reaction time, RT) elemzésével vizsgáltuk meg kétféle feladatban: szín meghatározás (CN) és szó meghatározás (WN). A CN feladatban a szó színére kellett reagálni, a WN feladatban a szó jelentését kellett megállapítani. A Stroop teszt ingerei a "vörös", "zöld", "kék" vagy "sárga" szavak voltak, különböző színnel írva, feladattípusonként (szó megnevezés, szín megnevezés) és kondícióként (kongruens: a szó színe és jelentése azonos, inkongruens: a szó színe és jelentése különböző, semleges: a szó színe vagy jelentése nem szerepel az ingerben) egyenlő mennyiségben megosztva. A RF besugárzás hatásainak teszteléséhez a RT-adatokat ismétléses (repeated measures) ANOVA (rANOVA) tesztnek vetettük alá. Két külön elemzést végeztünk az IF és a FAC esetében, ahol az ismétléses vagy

egyéneken belüli faktorok az *Expozíció* (=besugárzás) (Real, Sham), *Idő* (Pre, Post), *IF* (CN inkongruens, CN semleges) vagy a *FAC* (CN kongruens, CN semleges) voltak, míg az egyének közötti faktor a *RF típus* (UMTS, LTE) volt.

Az EEG-t 32 csatornán, passzív elektródos rendszerrel vettük fel, ahol a skalp elektródokat a nemzetközi 10-20-as rendszer szerint helyeztük fel. Az impedanciát 5 kOhm érték alatt tartottuk. A mintavételi frekvencia 1 kHz volt. Az EEG-adatokat MATLAB szoftverkörnyezetben (Mathworks Inc., Natick, MA, USA) az EEGLab 14.0.0b52 segítségével elemeztük. A folytonos EEG jelet három egymást követő szegmensre vágtuk: a Pre blokkra (a besugárzás előtti 5 perc), a középső (Mid) blokkra (a besugárzás ideje alatti 20 perc) és a Post blokkra (a besugárzás utáni 5 perc). A különböző szoftveres beállításokkal szűrt, műterméktől mentes, epocholt (2s) adatokon gyors Fourier-transzformációt (FFT) futtattunk le 1 Hz-es felbontással, és a spektrális teljesítményt vizsgáltuk az alfa (8-12 Hz) sávban. A besugárzás hatásait először a két különböző RF típus (UMTS és LTE) adatait egybevéve vizsgáltuk, majd külön elemzéseket végeztünk az UMTS és az LTE besugárzás tekintetében. A statisztikai elemzésekhez parametrikus hipotézis tesztet (rANOVA) alkalmaztunk.

Eredmények

A hőmérsékleti fájdalomküszöb mérések eredményei

A TPT mérési módszert sikeresen validáltuk, minthogy a felszíni kapszaicin kezelés hatására a hőmérsékleti fájdalomérzet akut szenzitizációja jelent meg (kapszaicin *Kezelés* főhatás $F_{1,18} = 8,450$, $p = 0,009$, $\eta^2_p = 0,319$). Az UMTS besugárzás alatti (Mid) blokkokat vizsgáló ANOVA tesztek eredményei arra utalnak, hogy a *Próbák* során megjelent a deszenzitizáció ($F_{1,4,28,3} = 138,25$, $p < ,001$, $\eta^2_p = 0,868$), amely UMTS esetén nagyobb volt (marg. szig. *Expozíció* \times *Próba* interakció ($F_{1,2,25,7} = 3,014$, $p = 0,088$, $\eta^2_p = 0,126$) mint az álbesugárzás esetén. Amikor a hőmérsékleti fájdalom kiváltása a besugárzással ellentétes oldalon történt, a valódi UMTS erősebb deszenzitizációt váltott ki mint az álbesugárzás (*Expozíció* \times *Próba* interakció a kontralaterális oldalon: $F_{1,2,24,6} = 4,304$, $p = 0,043$, $\eta^2_p = 0,170$). A besugárzás utáni blokkok esetében nem volt *Expozíciós* főhatás vagy interakció.

Az LTE besugárzás Mid blokkjait vizsgálva szintén megjelent a deszenzitizáció (*Próba* főhatás $F_{2,32} = 53,348$, $p < ,001$, $\eta^2_p = 0,769$), amely a kontralaterális oldalon nagyobb volt ($F_{2,32} = 2,494$, $p = 0,098$, $\eta^2_p = 0,135$), de erre a besugárzás nem volt hatással, mint ahogy a Post blokkok során megfigyelt deszenzitizációra sem.

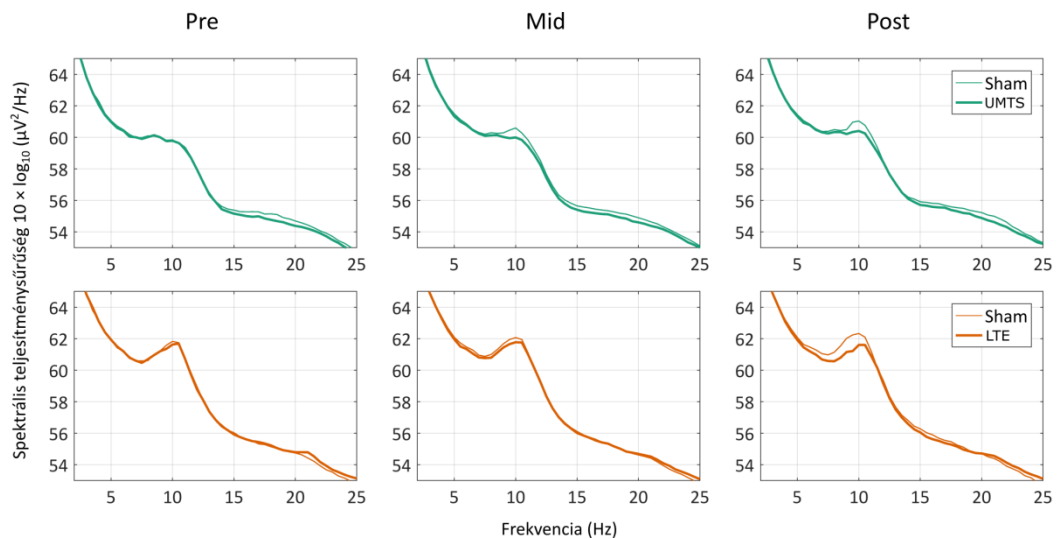
Az UMTS és LTE adatok együttes vizsgálatakor csak a *Próbák* során megjelenő deszenzitizáció ($F_{1,45,52,06} = 245,460$, $p < ,001$, $\eta^2_p = 0,872$) volt kimutatható, *Expozíciós* hatás nélkül.

A Stroop-teszt eredményei

Egyik kondícióban sem találtunk *Expozíciós* főhatást (IF esetén: $F_{1,48} = 1,038$, $p = 0,313$, $\eta^2_p = 0,021$; FAC esetén: $F_{1,48} = 0,000$, $p = 0,998$, $\eta^2_p = 0,000$), tehát a besugárzás nem volt hatással a Stroop teszt eredményeire. Emellett maguk a Stroop teszt sajátosságai (pl. az interferencia és a facilitáció megjelenése) jól kimutathatók voltak, ami tesztünk megbízhatóságát igazolja. A szín meghatározása több időt vett igénybe mint a szó meghatározása ($F_{1,48} = 41,608$, $p < ,001$, $\eta^2_p = 0,464$), valamint a résztvevők lassabb válaszokat adtak az inkongruens helyzetben (interferencia: $F_{1,48} = 132,155$, $p < ,001$, $\eta^2_p = 0,734$) és gyorsabb válaszokat a kongruens helyzetben (facilitáció: $F_{1,48} = 34,116$, $p < ,001$, $\eta^2_p = 0,415$) mint a semleges helyzetben. A szignifikáns *Idő* főhatás ($F_{1,48} = 36,289$, $p < ,001$, $\eta^2_p = 0,435$) gyakorlási hatásra utal.

A nyugalmi EEG vizsgálat eredményei

Az alfa teljesítmény szignifikánsan csökkent a valódi RF besugárzásban az álbesugárzáshoz képest (az *Expozíció* fő hatása: $F_{1,53} = 6,338$, $p = 0,015$, $\eta^2_p = 0,107$; ld. 1. ábra). Az *Expozíció* hatása erősebb volt a középső (Mid) és a besugárzás utáni (Post) időszakban, mint a besugárzás előtti időszakban (az *Expozíció* hatása a Mid és Post expozíciókban a kiindulási értékekhez viszonyítva: $F_{1,53} = 6,475$; $p = 0,014$, $\eta^2_p = 0,109$). A hatás nem különbözött a Mid és a Post besugárzási időszakok között (*Expozíció* \times *Idő* Mid vs. Post: $F_{1,53} = 2,202$, $p = 0,144$, $\eta^2_p = 0,040$). Az elemzést (alapvonal korrekcióval együtt) az UMTS és az LTE besugárzásra külön-külön is elvégeztük. Az eredmények hasonlóak voltak: az LTE besugárzás hatására szignifikánsan csökkent az alfa teljesítmény (LTE *Expozíció* Mid és Post vs. alapvonal: $F_{1,20} = 5,095$, $p = 0,035$, $\eta^2_p = 0,203$), és hasonló (de marginálisan szignifikáns) hatás mutatkozott az UMTS hatására is (UMTS *Expozíció* Mid és Post vs. alapvonal: $F_{1,33} = 3,772$, $p = 0,061$, $\eta^2_p = 0,103$). Ezzel összhangban, a RF típusok (UMTS vs. LTE) összevont adatainak analízise a *RF típusal* mint egyének közötti faktorról nem mutatott szignifikáns főhatást (*RF típus* $F_{1,53} = 0,724$, $p = 0,399$, $\eta^2_p = 0,013$), sem interakciót.



1. ábra: EEG spektrális teljesítménysűrűség valódi (UMTS és LTE) valamint álbesugárzásos (Sham) ülésekben a kezelés előtt (Pre), közben (Mid) és után (Post), a résztvevők összes EEG-elektrodájára átlagolva.

Összefoglalás

A mobil kommunikációs technológia rendkívül gyors elterjedése miatt a nem-ionizáló sugárzások területén számos egészségügyi kérdés vetődött fel. A mobiltelefonok általános használata miatt a lakosság RF személyi expozíciója is jelentősen megnőtt. Emellett a MP-t többnyire közvetlenül a fej mellett használjuk, ami a RF sugárzás jelentős részét elnyeli. Az eddigi kutatások többnyire a régebbi mobil távközlési generációk (pl. GSM) hatásait vizsgálták, ezért különösen fontos az új jelgenerációk által keltett RF-sugárzás (UMTS, LTE) központi idegrendszerre gyakorolt potenciálisan káros hatásainak vizsgálata.

Megvizsgáltuk, hogy az UMTS és LTE rendszerek által kibocsátott akut RF sugárzás okoz-e (potenciálisan káros) változást a TPT-n keresztül mérhető fájdalommal kapcsolatos válaszokban, vagy olyan kognitív agyi funkciókban, mint az ún. Stroop-hatások (interferencia, facilitáció) megjelenése, illetve az alfa oszcillációk erőssége.

A hőmérsékleti fájdalomküszöb mérési eljárásunkat sikeresen validáltuk kapszaicin indukált hiperalgémia modellben, amely egyértelműen bizonyítja, hogy a készülék érzékenyen méri a kapszaicin által kiváltott akut hiperalgéziát. A RF sugárzásos vizsgálataink során megállapítottuk, hogy míg az akut UMTS besugárzás ideje alatt rövid deszenzitizáló hatás jelentkezett a sugárzással ellenoldali kéz hőmérsékleti fájdalomküszöbében, addig az LTE besugárzás nem okozott ilyen változást. A résztvevők szubjektív beszámolója az érzett fájdalom intenzitásáról (vizuális analóg skála alapján) egybehangzott ezekkel az eredményekkel. A TPT változás származhat a RF besugárzás objektív fájdalom-diszkriminációra tett enyhítő hatásából, amely a besugárzás ellenoldalán ismétlődő ingerléssel megjelenő szenzitizációnak csökkenésében mutatkozott meg. Az, hogy a fájdalom percepciók küszöbén csak az egyik RF sugárzási típus (UMTS) okozott változást, arra enged következtetni, hogy az eltérő hatás hátterében a kétféle RF sugárzás fizikai paramétereinek (pl. moduláció) különbözősége áll.

Egyik RF típus sem okozott változást a Stroop teszttel mérhető kognitív teljesítményben. Ugyanakkor mind az UMTS, mind pedig az LTE hatására csökkent az EEG oszcillációk amplitúdója az alfa sávban. A RF besugárzás hatására megmutatkozó csökkent alfa aktivitás valószínűleg akut változást jelez az oszcillatorikus neurodinamikában, ami az információfeldolgozás időbeli koordinációjának változásán keresztül akár potenciálisan hátrányosan is befolyásolhatja a figyelmi folyamatokat. A hálózati szintű hatásokat tükröző, alfa aktivitásbeli változást azonban esetünkben nem követte a kognitív teljesítmény (feldolgozási sebesség, szelektív figyelem, stb.) változása. Ennek oka feltehetően a kis

besugárzási teljesítményben, ill. az egészséges agyban végbemenő akut kompenzatorikus folyamatokban keresendő.

Hogy teljesebb következtetést vonhassunk le az újabb RF távközlési technológiák lehetséges fiziológiás és/vagy károsnak tekinthető hatásairól, további alaposan megtervezett vizsgálatok szükségesek, amelyekkel reprodukálhatóan bizonyítható, hogy vajon az RF sugárzási energia más, eddig nem vizsgált besugárzási paraméterek (frekvencia, moduláció) és elnyelt teljesítmény mellett megváltoztatja-e az egészséges emberi agy információfeldolgozási folyamatait.

Irodalomjegyzék

- Gandhi OP. 2002. Electromagnetic fields: human safety issues. *Annual review of biomedical engineering* 4:211-34.
- ICNIRP. 2018a. Guidelines on Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz).
- ICNIRP. 2018b. Guidelines on Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz) Appendix B: Health Risk Assessment Literature.
- Kenechi Okeleke MR, Xavier Pedros. 2017. *The Mobile Economy 2017*. © GSMA Intelligence 2017.
- Parazzini M, Sibella F, Lutman ME, Mishra S, Moulin A, Sliwinska-Kowalska M, Woznicka E, Politanski P, Zmyslony M, Thuroczy G and others. 2009. Effects of UMTS cellular phones on human hearing: results of the European project EMFnEAR. *Radiation research* 172:244-51.
- Rubin GJ, Das Munshi J, Wessely S. 2005. Electromagnetic hypersensitivity: a systematic review of provocation studies. *Psychosom Med* 67:224-232.
- Stefanics G, Thuroczy G, Kellenyi L, Hernadi I. 2008. Effects of twenty-minute 3G mobile phone irradiation on event related potential components and early gamma synchronization in auditory oddball paradigm. *Neuroscience* 157:453-62.
- Trunk A, Stefanics G, Zentai N, Bacsakay I, Felinger A, Thuroczy G, Hernadi I. 2015. Effects of concurrent caffeine and mobile phone exposure on local target probability processing in the human brain. *Scientific reports* 5:14434.
- Trunk A, Stefanics G, Zentai N, Kovacs-Balint Z, Thuroczy G, Hernadi I. 2013. No effects of a single 3G UMTS mobile phone exposure on spontaneous EEG activity, ERP correlates, and automatic deviance detection. *Bioelectromagnetics* 34:31-42.
- Walters TJ, Blick DW, Johnson LR, Adair ER, Foster KR. 2000. Heating and pain sensation produced in human skin by millimeter waves: comparison to a simple thermal model. *Health physics* 78:259-67.
- WHO. 2006. WHO Fact Sheet No.304. Electromagnetic fields and public health.

Saját közlemények jegyzéke

A disszertáció témakörében készült publikációk

1. **Vecsei Z**, Csatho A, Thuroczy G, Hernadi I. 2013. Effect of a single 30 min UMTS mobile phone-like exposure on the thermal pain threshold of young healthy volunteers. *Bioelectromagnetics* 34:530-41. **IF: 1.859**
2. **Vecsei Z**, Thuroczy G, Hernadi I. 2018. The Effect of a Single 30-Min Long Term Evolution Mobile Phone-Like Exposure on Thermal Pain Threshold of Young Healthy Volunteers. *Int J Environ Res Public Health* 15. **IF: 2.145**
3. **Vecsei Z**, Knakker B, Juhász P, Trunk A, Thuróczy G, Hernádi I. 2018. Short-term radiofrequency exposure from new generation mobile phones reduces EEG alpha power with no effects on cognitive performance. *Scientific Reports* 8:18010. **IF: 4.122**

A disszertáció alapjául szolgáló előadások

1. **Vecsei Z**, Csathó Á, Thuróczy G, Hernádi I (2010). The effects of 30 min 3G mobile phone exposure on thermal pain threshold in healthy human volunteers. **IBRO International Workshop 2010**. Pécs, Hungary, January 21-23. (poszter prezentáció, absztrakt)
2. **Vecsei Z**, Csathó Á, Bakos J, Thuróczy G, Hernádi I (2011). No effects of 30 min UMTS mobile phone exposure on thermal pain threshold in young healthy human volunteers, **EBEA International Conference 2011**. Rome, Italy, February 21-24. (poszter prezentáció, absztrakt)
3. **Vecsei Z**, Juhász P, Bakos J (2012). No effect of LTE and UMTS mobile phone exposure on human resting EEG and cognitive performance assessed by the Stroop color test, **IBRO International Workshop 2012**. Szeged, Hungary, January 19-21. (poszter prezentáció, absztrakt)
4. **Vecsei Z**, Báló V, Zentai N, Juhász P, Thuróczy G, Hernádi I (2013). Investigation of putative effects induced by acute LTE mobile phone-like exposure on cognitive performance of healthy volunteers. II. **Interdisciplinary Doctoral Conference 2013**. Pécs. Hungary, May 15-17. (poszter prezentáció, absztrakt)
5. **Vecsei Z**, Zentai N, Juhász P, Thuróczy G, Hernádi I (2013). Possible effects of 20 min LTE mobile phone exposure on cognitive performance assessed by Stroop test in young healthy human volunteers. **BioEM2013 Joint Annual Meeting of the Bioelectromagnetics Society (BEMS) and European Bioelectromagnetics Association (EBEA) 2013**. Thessaloniki, Greece, June 10-14. (poszter prezentáció, absztrakt)

6. **Vecsei Z**, Zentai N, Thuróczy G, Hernádi I (2014). Twenty-Minute UMTS mobile phone exposure does not affect cognitive performance of young healthy volunteers evaluated on the basis of the Stroop color word test, IBRO Workshop 2014. Debrecen. Hungary, January 16-17. (poszter prezentáció, absztrakt)

Egyéb előadások

1. Kószegi Zs, Kállai V, Atlasz T, Babai N, Kovács P, **Vecsei Z**, Wilhelm M, Hernádi I (2007). Compound 48/80 hatása a thalamikus hízósejtekre normál ivari ciklusú, és ovariectomizált nőstény patkányokban. XI. MITT konferencia 2007. Szeged, Hungary, January 24-27. (poszter prezentáció, absztrakt)
2. Kállai V, **Vecsei Z**, Tékus E, Wilhelm M (2010). Thalamic Mast Cell Number and their Distribution in Female Rats. IBRO International Workshop 2010. Pécs, Hungary, January 21-23. (poszter prezentáció, absztrakt)

Összesített impakt faktor (IF): = 8,126
Független idézetek száma: 5