

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM

**Biológiai Doktori Iskola
Összehasonlító Neurobiológia Program**

A mobiltelefon rendszerekben alkalmazott rádiófrekvenciás elektromágneses terek központi idegrendszerre gyakorolt hatásai

PhD értekezés tézisei

dr. Thuróczy György

Témavezető:

Dr.Hernádi István, PhD

PÉCS, 2008

1. Bevezetés

A környezet elektromágneses (EM) terhelése az elmúlt évtizedekben jelentősen emelkedett, melynek köszönhetően az elektromágneses terek biológiai hatásaival kapcsolatos kutatások az érdeklődés középpontjába kerültek. A különböző személyi telekommunikációs eszközök növekedése miatt a lakosság rádiófrekvenciás (RF) és mikrohullámú személyi expozíciója is jelentősen nőtt. A mobil telekommunikáció különösen gyors elterjedése a nem-ionizáló sugárzások számos egészségügyi kérdését vetette fel. A mobiltelefonok széleskörű lakossági elterjedése miatt különösen fontossá vált a központi idegrendszerrel kapcsolatos, kvantitatív eredményekkel szolgáló kutatások végzése. A WHO állásfoglalása szerint a mobil telefonok óriási elterjedése újszerű közegészségügyi kérdéseket vet fel, ugyanis a nagy érintett populáció miatt egy viszonylag kis egészségi kockázat is komoly következményekkel járhat.

A GSM mobiltelefonok RF expozíciójának lehetséges akut hatásainak vizsgálatára humán-, és állatkísérleteket folytattunk. Állatkísérleteinkben poligráfias méréseket végeztünk több fiziológiai modalitás egyidejű regisztrálásával, modulált RF expozíció előtt, alatt és után, majd szabadon mozgó állatokon az EEG alaptervekenységet és vizuálisan kiváltott választ (VEP) vizsgáltunk. Humán kísérleteinkben agyi keringést, EEG-t és EKG-t regisztráltunk, összehasonlítva a mobiltelefonnal exponált, illetve nem exponált oldalt. További humán vizsgálatainkban, egy EU kutatási konzorcium keretében, hangingerre kiváltott agytörzsi választ (ABR) regisztráltunk és dolgoztunk fel mobiltelefon használat előtt és után.

Kutatási eredményeink a mobiltelefon használat és az RF expozíció lehetséges kockázatainak tisztázásához, az elektromágneses terek egészségvédelmi szabályozásainak kidolgozásához, illetve újraértékeléséhez nyújthatnak tudományos háttérrel.

Jelen dolgozatban az elmúlt 15 év széleskörű tudományos hazai és nemzetközi kollaborációban végzett vizsgálatok eredményeit foglaltam össze részben időrendi, illetve logikai sorrendben, beleillesztve korábbi egyetemi doktori értekezésem egyes eredményeit és téziseit is. Az összes elvégzett vizsgálat a rádiófrekvenciás sugárzások, ezen belül kiemelten a mobiltelefonok által keltett RF expozíció akut idegéletteni hatásai köré csoportosítható.

2. Célkitűzések

Alapvető célkitűzésünk az volt, hogy a rádiófrekvenciás elektromágneses expozíció hatásával kapcsolatos központi idegrendszeri funkcionális működést állatkísérletes és humán modellben kvantitatívan vizsgáljuk és azt sugáregészségügyi szempontból értékeljük. Különösen a mobiltelefonok által keltett RF sugárzások akut hatásait kívántuk vizsgálni ugyanis a telefon

használat során az embert rövid idejű RF fejet érő expozíció éri. Kiemelten a hallórendszer expozíciója jelentős, ugyanis a mobiltelefonok használatakor az RF sugárzás elsősorban a hallórendszert éri. A vizsgálatok során az állatkísérletek, illetve a humán vizsgálatok esetében is törekedtünk arra, hogy az expozíció jellege és mértéke a szokásos mobiltelefon expozíciónak megfelelő legyen mind az elektromágneses sugárzás intenzitása, mind a lokalizáltság tekintetében. Ezért külön hangsúlyt fektettünk a dozimetriai módszerek, illetve az expozíciós rendszerek kifejlesztésére, amelyet hazánkban a kísérleteinkhez elsőként dolgoztunk ki.

További célkitűzés volt, hogy a vizsgált folyamatokat megfelelő időfelbontásban folyamatosan nyomonkövessük, ezért olyan elektrofiziológiai módszereket választottunk, ahol a megfelelő időfelbontású regisztrálás lehetséges volt. A módszerek kiválasztásánál további cél volt, hogy azok állat-, illetve humán vizsgálatokban is egyaránt alkalmazhatók legyenek és szabványos, diagnosztikai eljárásokban elfogadott metodikai háttérrel rendelkezzenek. Az általánosan megfogalmazott célokon belül az alábbi célkitűzéseink voltak:

- Állatkísérletekben alkalmazható expozíciós rendszer és dozimetriai mérési módszerek kidolgozása egésztest, illetve lokálisan fejre fókuszált RF sugárzás esetében.
- Humán vizsgálatokhoz dozimetriai módszerek és expozíciós rendszer kifejlesztése.
- Az RF sugárzás dózisének és az agyszöveti hőmérséklet emelkedésének vizsgálata állatkísérletes modellben.
- Modulált, illetve folyamatos hullámú RF sugárzás központi idegrendszerre gyakorolt hatásának vizsgálata egésztestre, illetve lokálisan fejre történő expozíció esetében állatkísérletes modellben, poligráfias regisztrálással és feldolgozással. Ezen belül az agyi elektromos tevékenység és a keringés együttes vizsgálata.
- Humán vizsgálatok végzése a mobiltelefonok agyi elektromos tevékenységre és a keringésre gyakorolt akut hatásának vizsgálatára.
- Mobiltelefonok emberi hallórendszerre gyakorolt lehetséges hatásának vizsgálata akut expozíciót követően.

3. Módszerek és eszközök

3.1 Expozíció és dozimetria

Állatkísérleteinkben a besugárzások egész testre rádiófrekvenciás expozíció elektromágneses szempontból visszhangmentes kamrában történtek. A fejre lokalizált besugárzásokat esetében tranzverzális elektromos módusú, ún. TE-cellában végeztük. Az elnyelt teljesítmény (SAR) meghatározásához poliakrilamid alapú patkányfantomot használtunk.

A humán vizsgálatokhoz kereskedelemben forgalmazott telefonokat használtunk. A telefont számítógépről vezéreltük. A kísérletek során a 900 MHz-es sávban 2W, az 1800 MHz-es sávban pedig 1 W maximális kimenő teljesítményeket használtunk a szabványos GSM pulzusmodulációnak megfelelően (217 Hz, 1/8 kitöltési tényező).

3.2 Állatkísérletes poligráfias mérések

Állatkísérleteinkben F1-hibrid hím patkányokon standard elektrofiziológiai előkészítés után az alábbi poligráfias modalitásokat regisztráltuk: elektroencefalogram (EEG), rheoencefalogram (REG), agyszöveti DC impedancia, agyszöveti hőmérséklet, EKG. A poligráfias modalitásokon jelfeldolgozó ill. transzformációs eljárásokat alkalmaztunk. Az EEG esetében Fast-Fourier transzformációs (FFT) eljárással meghatároztuk a teljesítménysűrűség spektrumot (TSS), és az EEG feldolgozásban szokásos alapsávokra bontottuk. A REG pulzushullámokat átlagoltuk és meghatároztuk a pulzus amplitúdóját, felfutási idejét.

3.3 Spontán EEG és vizuális kiváltott válasz (VEP)

F1-hibrid hím patkányokon, standard elektrofiziológiai előkészítés után szabadon mozgó állatokról bipoláris és monopoláris EEG-t vezettünk el. A vizuálisan kiváltott választ (VEP) flash-lámpa villanással generáltuk. Egy mérési ciklusban 40 kiváltott választ, illetve minden kiváltott válaszhoz 10 EEG szakasz FFT spektrumát és értékeltünk.

3.4 Humán EEG és agyi keringés (REG) vizsgálata mobiltelefon használat előtt és után

A kísérletek során az alábbi poligráfias modalitásokat regisztráltuk: impedancia pulzushullám (rheoencefalogram, REG: 125 kHz-en fejen mért elektromos impedancia), elektroencefalogram (EEG), EKG. A regisztrálás során a vizsgált személy nyugalmi állapotban, behunyt szemmel, félig fekvő helyzetben volt. A regisztrátumból 1 perces szakaszokat digitalizálva tároltunk, majd jelfeldolgozást végeztünk.

A vizsgálatba, felnőtt önkéntes személyeket (n=76) vontunk be. A telefon ki és bekapcsolását számítógépről vezéreltük két egymás utáni akut expozíció során. A vizsgált személy nem érzékelte és nem tudta mikor van a telefon bekapcsolt állapotban. A vizsgálat elején és végén rövid szorongás tesztet végeztünk.

3.4 Agytörzsi kiváltott válasz (ABR) vizsgálata

Vizsgálatainkban standard ABR regisztrálást végeztünk és 2048 agytörzsi választ átlagoltunk és értékeltünk. A vizsgálatba 20 önkéntes személyt vontunk be. A cochleáris mikrofonpotenciált (CM) az ABR jelből szűréssel emeltük ki 0,5-1 ms közötti ABR szakaszból. A kísérletek megkezdése előtt szubjektív audiometriai mérést végeztünk randomizált küszöbinger meghatározással. A

regisztrálás a vizsgált személy félig fekvő helyzetében, fejtámasztással RF szempontból visszhangmentes és árnyékolt (ezért zaj szempontjából is csendes) szobában történt.

4. Eredmények megbeszélése, értékelés és következtetések

4.1 Rádiófrekvenciás sugárzás hőhatása

- a) Kísérleti állatokban az agyszöveti hőmérséklet egésztest besugárzás esetében 100 W/m^2 azaz $2,3 \text{ W/kg}$ egészesben, $8,3 \text{ W/kg}$ agyszövetben elnyelt teljesítmény (SAR) felett emelkedett.
- b) Lokálisan fejre történt besugárzásnál szignifikáns hőmérséklet emelkedés $16,8 \text{ W/kg}$ felett volt. Ennek alapján a fenti SAR értékeket meghaladó dózist termális dózisoknak, az ez alattiakat nem-termális dózisoknak tekinthetők.

4.2 Poligráfias regisztrátumok változásai termális, illetve nem-termális RF dózisoknál

- a) Kísérleti állatokban termális dózisoknál az EEG aktivitás, ezen belül a lassú frekvenciakomponensek (delta sáv teljesítményének) növekedését mértük. Ezzel egyidejűleg az agyi keringésre utaló rheoencephalogram (REG) amplitúdója növekedett, és a szívfrekvencia is gyengén emelkedett.
- b) Nem-termális dózisoknál folyamatos (CW) sugárzás esetében az EEG aktivitás és frekvenciasávok nem változtak. A REG amplitúdó a sugárzás első perceiben csökkent, majd a sugárzás későbbi szakaszaiban emelkedést mutatott. Az agyszöveti DC impedancia nem tért el a kontroll értékektől, míg a sugárzás alatti időszakban, a szívfrekvenciában enyhe csökkenést mértünk.
- c) Nem-termális 16 Hz -cel modulált sugárzás az EEG gyorsulását (alpha és beta sávok teljesítményeinek növekedését) okozta. Ez a változás SAR függő volt. A REG amplitúdó nem változott, míg az agyszöveti DC impedancia változása szignifikánsan kisebb volt a kontroll értéknél. A szívfrekvencia és a légzésfrekvencia nem változott a sugárzás alatt és után.

Értékelés és következtetések

- a) A poligráfias modalitások szignifikáns elváltozásait egésztest besugárzás esetében csak hőhatást okozó dózisoknál találtunk.
- b) Lokálisan fejre történő sugárzás esetében mérhető, egyes esetekben szignifikáns változásokat túlnyomórészt a sugárzás alatti időpontokban találtunk. Ez tranziens, akut biológiai folyamatokra utal.
- c) Az eredmények alapján megállapítható, hogy az akut termális és nem-termális szintű mikrohullámú sugárzás a dózistól és a modulációtól függően a mért poligráfias modalitásokat, illetve azok transzformáltjait

eltérő mértékben és irányban változtatta. A változások mértéke nem haladta meg a reguláció fiziológiai határait, bár néhány esetben a poligráfias modalitások szignifikánsan különböztek a nyugalmi, ill. a kontroll értékektől. A kompenzáló faktorok megjelenése a lokálisan, az agyban történő energia elnyelés esetében erőteljesebbnek mutatkoztak, mint az egésztest besugárzás hatására.

4.3 Spontán EEG és vizuális kiváltott válasz (VEP) szabadon mozgó patkány esetében besugárzást követően

- a) A vizuális kiváltott válasz (VEP) N1, P2, N3 amplitúdók, illetve N1, P2, N3 latenciáidők nem változtak 30W/m^2 (agyszöveti SAR $0,31 \pm 0,11$ W/kg), 30 perces GSM modulációjú besugárzás után szabadon mozgó patkány esetében.
- b) Az EEG spektrális komponensek legtöbbször a besugárzást követő 5. percben csökkenést majd a 20. percben a besugárzás előtti értékre történő visszatérést, illetve enyhe növekedést mértünk.

Értékelés és következtetések

- a) Akut GSM modulált RF expozíciót követően a vizuális pálya a kiváltott válaszok alapján nem volt érintett.
- b) Az EEG spektrális komponenseinek változása reverzibilis volt, ami feltételezhetően az expozíció alatt erőteljesebb volt.

4.4 Humán poligráfias vizsgálatok mobiltelefon használat alatt

- a) A férfiak esetében csekély vérnyomás csökkenést mértünk a vizsgálat után. A rövid szorongás teszt eredménye azt mutatta, hogy a vizsgálat után a szorongás szintje mindkét nem esetében kisebb volt a vizsgálat előtti értékhez képest.
- b) Az expozíció alatt a REG amplitúdó nem változott. Az EEG alpha sáv frekvencia csúcs sem tolódott el. Az EEG frekvenciacsúcs teljesítményében nem találtunk elváltozást a mobiltelefon használata alatt.
- c) A leginkább jellemző EEG alfa frekvenciasáv (behunytt szemmel történtek a vizsgálatok) teljesítménye az első expozíciós időszakot követően csökkent, míg a gyorsabb frekvenciák teljesítménye növekedett.

Értékelés és következtetések

- a) A behunytt szemmel regisztrálható EEG spektrális eloszlás jellemző értéktől való elmozdulása, a nyugalmi állapot romlásának értékelhető. Ugyanakkor a második expozíciós szakasznál ez a hatás már nem jelentkezett, amely mögött kompenzáló mechanizmust feltételezhetünk.
- b) Az EEG aktivitás növekedése alapján feltételezhető hogy a mobiltelefon expozíció esetleges hőhatásának következtében a metabolikus folyamatok aktívabbá váltak.
- c) Bár az elváltozások egyes időszakokban szignifikánsak voltak, nem mutattak egyértelmű tendenciát az expozíció hatására vonatkozóan.

- d) A változások mértéke nem haladta meg a normál fiziológiai reguláció határait, így a hatások ebben a vonatkozásban nem tekinthetők károsnak.

4.4 Agytörzsi kiváltott válasz (ABR) vizsgálata GSM mobiltelefon használat után

- a) Vizsgálataink során az V-ös potenciálban nem találtunk eltérést mobiltelefon használatát követően egyik hanginger esetében sem. Az eredmények nem mutattak eltérést sem az azonos hangingerre kiváltott álbesugárzott, sem a besugárzás előtti (saját-kontroll) értékekhez képest.
- b) A cochleáris mikrofonpotenciál (CM) késleltetési idejében szintén nem találtunk változásokat besugárzás hatására két (rarefaction, pressure) vizsgált hanginger hatására (alternating hangingerre a CM ilyen módon nem regisztrálható).

Értékelés és következtetések

- a) Az általunk végzett ABR vizsgálatok alapján, illetve más laboratóriumok otoakusztikus vizsgálati eredményei alapján megállapítható, hogy a mobiltelefon használat akut hatása a hallórendszerre nem feltételezhető.
- b) Ugyanakkor figyelemreméltó, hogy epidemiológiai vizsgálatok napjainkig csupán a hallóideg daganatra vonatkozóan találtak összefüggést a mobiltelefon használat és a daganat keletkezésének kockázata. Ezért az akut hallórendszerre, mint szenzoros rendszerre gyakorolt hatások tisztázása alapvető a további kutatások és közegészségügyi értékelés szempontjából.

5. Közegészségügyi és környezet-egészségügyi megfontolások

A mesterséges elektromágneses terek és sugárzások napjainkra jelentős “környezetszennyezőkké” léptek elő a fejlett országokban, és így mindenképpen szükséges foglalkozni ezek lehetséges környezet-egészségügyi hatásaival és jövőbeni következményeivel. Különösen fontos ez manapság, amikor a nemzetközi tudományos testületek az EM terek sugáregészségügyi szabványait az egészség védelme alapján kialakított határértékek és a tudományos kutatás eredményei alapján kívánják harmonizálni.

Ugyanakkor az elektromágneses terek élő szervezetekre gyakorolt hatásainak kutatása jelentős fejlődés alatt áll. Az Európa Tanács is, a kellő ismeretek hiányában, a kérdés elővigyázatos kezelését („*precautionary approach*”) vetette fel. A szabályozási, szabványosítási munkát nehezíti, hogy számos esetben a technikai, ipari előrehaladás megelőzte az egészségügyi, környezetvédelmi megfontolásokat. A szabványok, ajánlások kialakítását, alkalmazását az is nehezíti, hogy az elektromágneses sugárzások, a civilizált társadalomban nem küszöbölhetők ki. A lakosság expozíciója várhatóan növekedni fog, akár az eddigi trendeket, akár a jövőre vonatkozó fejlesztési terveket tekintjük.

Mindemellett a szabványok és ajánlások kialakításánál alapvető cél, hogy az elektromágneses sugárzások használatára vonatkozó szabályozásnak biztosítania kell a sokféle egyéni, csoport és gazdasági érdek összhangját, elsőbbséget adva az egészségvédelem szempontjának, de nem gátolva a korszerű technológiák nemzetgazdasági elterjedését. Biztosítani kell továbbá, hogy ezen alkalmazások egészségkárosító hatásainak kockázata és mértéke ne haladja meg a társadalom számára elfogadható és az alapvető sugárvédelmi szabályozásban rögzített szinteket.

Publikációk

A disszertáció alapjául szolgáló tudományos közlemények:

- Thuróczy Gy.**, Molnár M., Jánossy G., Nagy N., Kubinyi G., Bakos J., Szabó J. (2008): Personal RF exposimetry in urban area, *Ann. of Telecomm.*, (Published on-line, DOI: 10.1007/s12243-007-0008-z)
- [Paglialonga A.](#), [Tognola G.](#), [Parazzini M.](#), [Lutman M.E.](#), [Bell S.L.](#), **Thuróczy Gy.**, [Ravazzani P.](#) (2007): Effects of mobile phone exposure on time frequency fine structure of transiently evoked otoacoustic emissions. *J Acoust Soc Am.* 4, 2174-2182.
- Parazzini M., Tognola G., **Thuróczy Gy.**, Molnár F.B., Sacchettini A., Ardesi G., Ravazzani P., Mainardi L.T. (2007): Possible effects of electromagnetic fields produced by GSM cellular phones on heart rate variability. *Bioelectromagnetics*, 28, 122-129.
- Parazzini M., Brazzale A.R., Paglialonga A., Tognola G., Collet L., Moulin A., Lutman M.E., Bell S.L., Thomas N.A., Uloziene I., Uloza V., **Thuróczy Gy.**, Tavartkiladze G., Tsalighopoulos M., Kyriafinis G., Ravazzani P. (2007): Effects of GSM cellular phones on human hearing: The European "GUARD". *Radiation Research*, 168, 608–613.
- Stefanics G., Kellényi L., Molnár F., Kubinyi Gy., **Thuróczy Gy.**, Hernádi I. (2007): Short GSM mobile phone exposure does not alter human auditory brainstem response. *BMC Public Health*, 7, 325-331.
- Atlasz T., Kellényi L., Kovács P., Babai N., **Thuróczy Gy.**, Hejmel L., Hernádi I. (2006): The application of surface plethysmography for heart rate variability analysis after GSM radiofrequency exposure. *J. Biochem. Biophys. Meth.*, 69, 233-236.
- Parazzini M. Bell S., **Thuróczy Gy.**, Molnár F., Tognola G., Lutman M.E., Ravazzani P. (2005): Influence on the mechanisms of generation of distortion product otoacoustic emissions of mobile phone exposure. *Hearing Research*, 208, 68-78.
- Bodó M., Pearce F.J., Montgomery L., Rosenthal M., Kubinyi G., **Thuróczy Gy.**, Braisted J., Forcino D., Morrissette C., Nagy I. (2003): Measurement of brain electrical impedance: animal studies in rheoencephalography. *Aviat Space Environ Med*, 74, 506-511.
- Kellényi L., **Thuróczy Gy.**, Faludy B., Lénárd L. (1999): Effects of mobile GSM radiotelephone exposure on the auditory brainstem response (ABR). *Neurobiology*, 7, 79-81.
- Thuróczy Gy.** (1997): Biological effects of electromagnetic fields. *Hung. Telecomm. Period.*, 8, 73-80.
- Bodó M., Nagy I., Peredi J., **Thuróczy Gy.**, Ozsvald L. (1996): Process and equipment for diagnosing circulation (cerebrovascular) disorders. Hungarian patent P 92 01 1079. 1992 Mar 31; International patent PCT/HU 93/00006; PCT Pub. No: WO 93/19665. US patent, 5,584,297. 1996 Dec 17.
- Bodó M., **Thuróczy G.**, Nagy I., Peredi J., Sipos K., Harcos P., Nagy I., Vörös J., Zoltay L., Ozsvald L. (1995): A complex cerebrovascular screening system. *J. Med. Prog. Through Techn.*, 21, 53-66.
- Thuróczy Gy.**, Kubinyi G., Nagy N., Szabó L.D. (1995): Measurements of visual evoked potentials (VEP) and brain electrical activity (EEG) after GSM-type modulated microwave exposure on rats. *Adv. Comp. Appl. Electr.*, 9, 384-395.
- Thuróczy Gy.**, Kubinyi G., Bodó M., Bakos J., Szabó L.D. (1994): Simultaneous response of brain electrical activity (EEG) and cerebral circulation (REG) to microwave exposure in rats. *Rev. Environm. Health*, 10, 135-148.
- Thuróczy Gy.**, Nebella T., Bodó M.jr., Bodó M., Veér A. (1993): Cerebral arteriosclerosis in the examination of "Csengersima '92": Rheoencephalographic data. *Clin. Neurosci.*, 46, 210.

Egyéb tudományos közlemények

- Szabó J., Jánossy G., **Thuróczy Gy.** (2007): Survey of residential 50 Hz EMF exposure from transformer stations. *Bioelectromagnetics*, 28, 48-52.
- Forgács Zs., Somosy Z., Kubinyi Gy., Bakos J., Hudák A., Surján A., **Thuróczy Gy.** (2006): Effect of whole-body 1800 MHz GSM-like microwave exposure on testicular steroidogenesis and histology in mice. *Reproductive Toxicology*, 22, 111-117.
- Szabó J., Mezei K., **Thuróczy Gy.**, Mezei G. (2006): Occupational 50 Hz magnetic field exposure measurements among female sewing machine operators in Hungary. *Bioelectromagnetics*, 27, 451-457.
- Forgacs Z., Somosy Z., Kubinyi G., Sinay H., Bakos J., **Thuróczy Gy.**, Surjan A., Hudak A., Olajos F., Lazar P. (2004): Effects of whole-body 50-Hz magnetic field exposure on mouse Leydig cells. *Sci. World J.*, 4, Spl2., 83-90.
- Bakos J., Kubinyi G., Sinay H., **Thuróczy Gy.** (2003): GSM modulated radiofrequency radiation does not affect 6-sulfatoxymelatonin excretion of rats. *Bioelectromagnetics*, 8, 531-534.
- Bakos J., Nagy N., **Thuróczy Gy.** (2002): One week of exposure to 50 Hz vertical magnetic field does not reduce urinary 6-sulphatoxymelatonin excretion of male Wistar rats. *Bioelectromagnetics*, 23, 245-248.
- Somosy Z., Bognár G., **Thuróczy Gy.**, Köteles G.J. (2002): Biological responses of tight junction to ionizing and electromagnetic field exposition. *Cell. Mol. Biol*, 48, 571-575.
- Paksy K., **Thuróczy Gy.**, Forgacs Zs., Lázár P., Gáti I. (2000): Influence of sinusoidal 50-Hz magnetic field on cultured human ovarian granulosa cells. *Electro- and Magnetobiology*, 19, 91-97.
- Thuróczy Gy.** (2000): Radiation: a serious challenge for the mobile industry. *QSDG*, 12, 26-31.
- Forgács Zs., **Thuróczy Gy.**, Paksy K. Szabó L.D. (1998): Effect of sinusoidal 50 Hz magnetic field on the testosterone production of mouse primary Leyding cell culture. *Bioelectromagnetics*, 19, 429-432.
- Kubinyi Gy., **Thuróczy Gy.**, Sinay H., Szabó L.D. (1998): Magnetic field and initial phase of the protein synthesis in newborn and adult mice. *Electro- and Magnetobiology*, 17, 161-169.
- Bakos J., Nagy N., **Thuróczy Gy.**, Szabó L.D. (1997): Urinary 6-Sulphatoximelatonin excretion is increased in rats after 24 hours of exposure to vertical 50 Hz, 100 μ T magnetic field. *Bioelectromagnetics*, 18, 190-192.
- Elekes E., **Thuróczy Gy.**, Szabó L.D. (1996): Effects on the immune system of mice exposed chronically to 50 Hz amplitude modulated 2.45 GHz microwaves. *Bioelectromagnetics*, 17, 246-248.
- Kittel Á., Siklós L., **Thuróczy Gy.**, Somosy Z. (1996): Qualitative enzyme histochemistry and microanalysis reveals changes in ultrastructural distribution of calcium and calcium activated ATPases after microwave irradiation of medial habenula. *Acta Neuroph.*, 92, 362-368.
- Kubinyi G., **Thuróczy Gy.**, Bakos J., Sinay H., Szabó L.D. (1996): Effect of continuous wave and amplitude modulated 2.45 GHz microwave radiation on the liver and brain aminoacyl-tRNA synthetases of in utero exposed mice. *Bioelectromagnetics*, 17, 497-503.
- Bakos J., Nagy N., **Thuróczy Gy.**, Szabó L.D. (1995): Sinusoidal 50 Hz, 500 μ T magnetic field has no acute effect on urinary 6-sulphatoxymelatonin in wistar rats. *Bioelectromagnetics*, 16, 377-380.

- Somosy Z., **Thuróczy Gy.**, Köteles G.J, Kovács J. (1994): Effects of modulated microwave and X-Ray irradiation on the activity and distribution of Ca²⁺-ATPase in small intestine epithelial cells. Scanning Microscopy, 8, 613-620.
- Somosy Z., **Thuróczy Gy.**, Kovács J. (1993): Effects of modulated and continuous microwave irradiation on pyroantimonate precipitable calcium content in junctional complex of mouse small intestine. Scanning Microscopy, 7, 1255-1261.
- Somosy Z., **Thuróczy Gy.**, Kubasova T., Kovács J., Szabó L.D. (1991): Effects of modulated and continuous microwave irradiation on the morphology and cell surface negative charges of 3T3 fibroblast. Scanning Microscopy, 5, 1145-1155.

A disszertáció alapjául szolgáló magyar nyelvű tudományos közlemények

- Thuróczy Gy.** (2002): A rádiófrekvenciás sugárzások egészségügyi kérdései. Magyar Tudomány, 47, 1010-1025.
- Gellér L., **Thuróczy Gy.**, Merkely B. (2001): Rádiótelefonok és pacemakerek elektromágneses kompatibilitásának vizsgálata. Orvosi Hetilap, 142, 1963-1970.
- Thuróczy Gy.** (1999): Mobiltelefon bázisállomások sugáregészségügyi és szabványosítási kérdései. Szabványügyi Közlöny, 51, 31-36.
- Thuróczy Gy.** (1998): A mobil hírközlés sugáregészségügyi kérdései. Magyar Távközlés, 9, 26-32.
- Thuróczy Gy.** (1996a): Elektromágneses terek biológiai hatásai. I: Mikrohullámú és rádiófrekvenciás sugárzások. Magyar Távközlés, 7, 50-56.
- Thuróczy Gy.**, Bodó M., Bakos J., Szabó L.D. (1992): A mikrohullámú sugárzás központi idegrendszerre gyakorolt hatásának vizsgálata poligráfias méréssel. Egészségtudomány, 36, 239-248.
- Thuróczy Gy.**, Szkladányi A., Szász E., Szabó L.D. (1991): Mikrohullámú dozimetria biológiai anyagokban. Elektrotechnika, 84, 241-245.
- Thuróczy Gy.**, Szabó L.D., Szász E. (1989): Mikrohullámú sugárzások biológiai hatásai és mérése. Mérés és Automatika, 37, 125-130.

Egyéb magyar nyelvű tudományos közlemények

- Forgács Zs., Kubinyi Gy., Sinay G., Bakos J., Hudák A., Surján A., Révész Cs., **Thuróczy Gy.** (2005): 1800 MHz-es GSM-szerű sugárzás hatása hím egerek gonád működésére és hematológiai paramétereire. Magyar Onkológia, 49, 149-151.
- Köteles Gy., Bognár G., Dám A., Kerekes A., **Thuróczy Gy.** (2004): Sejtbiológia és népegészségügy. Magyar Onkológia, 48, 121-124.
- Thuróczy Gy.** (1996b): Elektromágneses terek biológiai hatásai. II: Alacsonyfrekvenciás elektromos és mágneses terek. Magyar Távközlés, 7, 21-30.
- Jánossy G., **Thuróczy Gy.** (1991): Monitorok sugárzása és a védekezés lehetőségei. Elektrotechnika, 84, 187-194.
- Jánossy G., **Thuróczy Gy.**, Szabó L.D.(1991): Mikrohullámú sütők sugárzása és a védekezés lehetőségei. Elektrotechnika, 84, 197-200.

Könyvek, könyvfejezetek

- Thuróczy Gy.**, Szabó J., Bakos J. (2004): Hálózati frekvenciájú elektromágneses terek környezetünkben. Possum kiadó (Széchenyi füzetek: 5 sz. Útmutató az egészség megőrzéséhez), Budapest, 1-56.

- Thuróczy Gy.**, Bakos J. (2002): Az elektromágneses terek és környezetünk. Környezetvédelmi Füzetek, BME-OMIKK, Budapest, 1-60.
- Thuróczy Gy.** (2002): Nem-ioizáló elektromágneses sugárzások. In: Köteles Gy. (ed) Sugáregészségtan. Medicina Könyvkiadó, Budapest, 299-323.
- Kellényi L., Hernádi I., **Thuróczy Gy.**, Faludi B., Varga Zs., Lénárd L. (2001): Rádiótelefonok elektromágneses sugárzásának hatása a hallórendszerre, a reakcióidőre, a kognitív kiváltott potenciálra, valamint a neuronális aktivitásra, in: Pléh Cs., László J., Oláh A.(eds): Tanulás, kezdeményezés, alkotás. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 214-231.
- Thuróczy Gy.**, Jánossy G., Nagy N. (2000): Radiofrequency (RF) exposure of mobile communications in Hungary and evaluation relevant to EU and national standard: Base stations and handy devices. In: Klauenberg.B.J. and Miklavcic D. (ed.): Radiofrequency Radiation Dosimetry and Its Relationship to the Biological Effects of Electromagnetic Fields, NATO-ARW Seires, Kluwer Academic Publishers, London, 531-539.
- Thuróczy G.**, Kubinyi Gy., Sinay H., Bakos J., Sipos K., Lénárt Á., Szabó L.D. (1999): Human electrophysiological studies on influence of RF exposure emitted by GSM cellular phones. In: Bersani F. (ed): Electricity and Magnetism in Biology and Medicine. Plenum Press, Oxford, 721-724.
- Bodó M, **Thuróczy Gy.**, Brockbank K.G.M., Sipos K. (1998): Cerebrovascular aging assessment by Cerberus. Anti-Aging Medical Therapeutics, Vol II., Health Quest Publ., Marina Del Rey, CA, 86-95.
- Thuróczy G.**, Bakos J., Szabó L.D. (1995): Practical considerations in bioelectromagnetic dosimetry: SAR measurements of RF and microwave exposure in animal models related to mobile phones. In: Simunic D. (ed): Methods for Exposure Assesment Related to Standards Design and Quality Control of Laboratory Experiments. COST 244 Transactions, Brussels DG XIII, 104-110.
- Thuróczy G.**, Szabó L.D., Kubinyi G., Bakos J., Bodó M. (1993): Correlation between cerebral circulation and electrical activity (EEG) in the reagulatory physiological mechanisms of CNS after microwave exposure of rats. In: Blank M. (ed): Electricity and Magnetism in Biology and Medicine, San Francisco Press, San Francisco, 743-747.
- Thuróczy G.**, Elekes E., Kubinyi G., Bakos J., Szabó D.L. (1993): Biological effects of modulated and CW microwave exposure: In-vivo experiments in the immunology, embryology and neurophysiology. In: Simunic D. (ed): Mobile Communications and Extremely Low Frequency Fields. Transactions of COST 244, Brussels DG XIII, 64-74.
- Thuróczy Gy.** (1993): Microwave dosimetry in biological objects. Proc. of 8th Int.Conf. Thermal Eng. Thermogrammetry, Budapest, pp.327-330.
- Thuróczy Gy.** (1986): An irradiation and measuring system for the study of biological effects of microwaves. URSI Int. Symp. EM Theory, Akademiai Kiadó, Budapest, 241-244.

A disszertáció alapjául szolgáló előadások és előadáskivonatok 2000 után

- Fábián T. Molnár B. F. **Thuróczy Gy.** (2007): Development of human exposure system and RF dosimetry for studies on potential hearing effects caused by UMTS cellular phones. EBEA 8th Congress, Bordeaux, Abstr., 123.
- Thuróczy Gy.**, Molnár M, Szabó J., Jánossy G., Nagy N., Kubinyi G., Bakos J. (2006): Public exposure of RF from installed sources: site measurements and personal dosimetry. in: H. Lacoste and L. Ouwehand (ed): Proceedings of the European Conference on Antennas and Propagation 'EuCap 2006', Nice, France (ESA SP-626, October 2006), ESA Publications Division
- Atlasz T., Kellényi L., Kovács P., **Thuróczy Gy.**, Ajtay Z., Hejje L., Babai N., Hernádi I. (2006): The effects of GSM mobile phones on heart rate and heart rate variability in

- young adults. IBRO Workshop. Budapest. Poster, abstract. Clin Neurosci/Ideggyógyászati Szemle, 59 (S1), 7.
- Kellényi L., Stefanics G., Hernádi I., Kovács P., **Thuróczy Gy.** (2006): The effects of GSM mobil phone irradiation on auditory brainstem response (ABR), human reaction time and single neuron activity. UNESCO-World Academy of Biomedical Technologies (WABT) Conf., Budapest. Invited lecture.
- Ravazzani P., Collet L., Lutman M. E., Tavartkiladze G., **Thuroczy G.**, Tsalighopoulos M., Uloza V., Uloziene I., Brazzale A., Bell S. L. , Moulin A., Parazzini M., Thomas N. A., Tognola G. (2005): The European project GUARD: Effect of GSM cellular phones on human. 27th Ann. Meet. Bioelectromagnetics Soc. BioEM, Dublin, June 19-24.
- Ravazzani P., Collet L., Lutman M.E., Tavartkiladze G., **Thuroczy G.**, Tsalighopoulos M., Uloza V., Uloziene I., Bell S. L., Moulin A., Parazzini M., Thomas N. A., Tognola G. (2005): Effects of GSM cellular phones on human hearing: the European Project GUARD. 28th ARO Midwinter Meeting, New Orleans, LA, February 19-24.
- Kellényi L., Kovács P., Atlasz T., **Thuróczy Gy.**, Ajtay Z., Hejmel L., Hernádi I. (2005): The effects of GSM mobile phones on the autonomic regulation of the heart in young adults. 10th MITT Konf. Pécs. Poster, abstract. Clin. Neurosci/Ideggyógyászati Szemle, 58 (S1), 49.
- Atlasz T., Kovács P., Kellényi L., **Thuróczy Gy.**, Ajtay Z., Hejmel L., Babai N., Hernádi, I. (2005): The effects of GSM mobile phones on the heart pressure, heart rate, and heart rate variability in young adults. 8th Internat. Symp. Instrumental Analysis, Graz. Austria. Poster, abstract, 81.
- Thuróczy Gy.**, Molnár B. F., Rahne E., Bakos J. (2004): Exposure system, RF dosimetry and thermal imaging for human studies on potential hearing effects of cellular phone (GUARD). In Proc. of the 5th European Congress of Oto-Rhino-Laryngology Head and Neck Surgery EUFOS, Rhodes, Hellas, September 11-16.
- Bell S.L., Parazzini M., **Thuroczy Gy.**, Lutman M.E., Ravazzani P. (2004): Effects of GSM cellular phones on human hearing: Methodological approach and pilot study. In Proc. of the 2nd Int. Conf. Biomed. Eng., February 16-18, , Innsbruck, Austria, ISBN:0-88986-379-2, 519-522.
- Bell S.L., N. Thomas, Parazzini M., **Thuroczy Gy.**, Lutman M., Ravazzani P. (2004): Effect of GSM cellular phones on human hearing: methodological approach and preliminary results. 26th Ann. Meet. Bioelectromagnetics Soc. BEMS 2004, Washington, June 20-24.
- Bell S.L., Parazzini M., **Thuroczy Gy.**, Lutman M., Ravazzani P. (2004): Methodological approach and pilot-study results for the investigation of the effects of GSM cellular phones on human hearing. Progr. Electromagnetics Res. Symp. PIERS 2004, Pisa, March 28-31.
- Molnár B.F., **Thuróczy Gy.** (2003) GUARD project: human exposure system and RF dosimetry. 6th Int. Congr. Europ. Bioelectromagnetics Assoc. EBEA 2003, Budapest, Hungary, November 13–15. Abstr., 146.
- Molnár B.F., Rahne E., Bakos J., **Thuróczy Gy.** (2003): GUARD: Temperature imaging of cellular phones and human head surface by infrared thermo camera measurement. 6th International Congress of the European Bioelectromagnetics Association EBEA 2003, Budapest, Hungary, abstract, 143.
- Ravazzani P., Aran J.M., Collet L., Lutman M., Marino C., Tavartkiladze G., **Thuroczy Gy.**, Tsaloghopoulos M., Uloziene I. (2003): Effects of GSM on the hearing and cognitive system in animals and humans: preliminary results of EC FP5 project GUARD. 5th COST 281 MCM and Workshop, Mobile Telecommunications and the Brain, Budapest.

- Kovács P., Hernádi I., Kellényi L., **Thuróczy Gy.** (2003): Pulsed 900 MHz electromagnetic irradiation alters spontaneous neural activity in the rodent prefrontal cortex. 6th Congr. Europ. Bioelectromagnetics Assoc. (EBEA), Budapest, 221.
- Kellényi L., **Thuróczy Gy.**, Kovács P., Hernádi I.: (2003): Better technical solution for elimination of 217 Hz electromagnetic artefacts generated by GSM mobile phones from EEG and MUA electrophysiological recordings. 9th MITT Konf. Balatonfüred. Poster, abstract. Clin. Neurosci/Ideggyógyászati Szemle, 56 (S2), 46.
- Kellényi L., Kovács P., Stefanics G., Hernádi I., **Thuróczy Gy.** (2003): RF GSM artifact suppressor for in situ electrophysiological recordings. 6th Congr. Europ. Bioelectromagnetics Assoc. (EBEA). Budapest. Poster, abstract. p. 220.
- Stefanics G., Zénó A., Kellényi L., Solymos A., Jakab A., Kovács P., Faludi B., **Thuróczy Gy.**, Hernádi I. (2003): Humán kognitív folyamatok vizsgálata P300 és reakcióidő elemzésével, szívműtétek során fellépő kognitív változások követésére. LXVII. MÉT Konf. Pécs. Poster, abstract.
- Hernádi I., Kellényi L., **Thuróczy Gy.**, Nagy K., Szabó B., Brázay B (2002): 900 MHz pulsed electromagnetic fields alter functioning of the prefrontal cortex of the rat. IBRO-CEER Workshop, Debrecen. Oral present. abstract. O20. Neurobiology, 9, 317-318.
- Thuróczy Gy.**, Hernádi I., Kellényi L.. (2001): The effect of GSM modulated 900 MHz RF exposure on spontaneous neural activity and learning memory task of the rat. BEMS, St. Paul, MN, p.117.
- Thuróczy Gy.**, Kellényi L., Faludy B. (2000): Effects of mobile GSM radiotelephone exposure on hearing and reaction time. (Preliminary results), BEMS P-169, p. 257.
- Hernádi I., Kellényi L., **Thuróczy Gy.**, Nagy K. (2001): Effects of GSM cellular phone irradiation on spontaneous neural firing and reaction time in the rat. 8th MITT Konf. Szeged. Poster, abstract. Neurobiology, 9, 123.
- Kellényi L., **Thuróczy Gy.**, Hernádi I., Faludi B., Lénárd L. (2000): The effects of cellular phone irradiation on the latency of short-term memory and motor reaction time. IBRO-MITT Konf. Budapest. Poster, abstract. Neurobiology, 8 (3-4), 345-346.