

# Gondolatok a mobiltelefon-használat egészségügyi aspektusairól

14

**I**DŐSZERŰ foglalkozni a mobiltelefon-használat egészségügyi kérdéseivel, mivel az elmúlt mintegy 15 év alatt robbanásszerűen terjedt el világszerte ez a technológia. Jelenleg az öt földrészen több mint egymilliárd ember használ mobiltelefont. Az előfizetők száma Magyarországon a teljes lakosság 90%-a körül van. A mobiltelefonok elterjedését meggyorsította a második generációs Global System for Mobile Communication (GSM) technológia bevezetése, amely 900 és 1800 MHz-es frekvencián működik. A GSM rendszerek – a korábbi, 450 MHz-es NMT technológiával szemben – nem analóg, hanem digitális jeleket továbbítanak. Rövid időn belül nálunk is terjedésnek indul a harmadik generációs (3G) rendszer, amely lehetővé teszi, hogy ne csak halljuk a beszélgetőpartnert, hanem mozgóképen lássuk is. A mobiltelefon-rendszerek rádióhullámokkal működnek, így lehetséges biológiai és életteni hatásaik, veszélyeik tanulmányozása a hagyományos rádióadókkal szerzett tapasztalatokból indult ki.<sup>1</sup>

## Az elektromágneses spektrum jellemzői

A rádióhullám-frekvenciák az elektromágneses spektrum nem ionizáló tartományában helyezkednek el. Az ionizáló tartományban levő röntgen- és gamma-sugárzás fotonjainak energiája nagyon nagy, ezért ezek a fotonok az élő szervezetben a nukleinsavak (DNS, RNS) molekuláinak kémiai kötéseit felhasítják,



**Dr. Szabó D. László,**  
Budapest

vagyis ionizálnak. Ez az ionizálás a DNS-szálakban törést okoz, ami mutációhoz, illetve malignus daganat kifejlődéséhez vezethet.<sup>2</sup> Az ionizáló és a nem ionizáló sugárzás határát az elektromágneses spektrumban a lágy röntgensugarak és a kemény ultraibolya sugarak (UV-C) között jelölték ki, de valójában az utóbbiak is képesek a kémiai kötések felhasítására, a molekulák ionizálására. A konvencionális határvonalat a WHO 3 PHz-nél húzta meg. Ennek a frekvenciának 100 nm-es hullámhossz felel meg, és egy foton energiája ezen a hullámhosszon 12,4 eV. A kémiai kötések azonban már az 5–10 eV energiájú fotonok is felhasíthatják.<sup>3</sup>

A nagyobb frekvenciáktól a kisebbek felé haladva a nem ionizáló sugárzás tartománya az optikai sugárzásokkal kezdődik. Az optikai tartomány frekvenciája 3 PHz-től 300 GHz-ig terjed, ebben a 100 nm és 1 mm közötti hul-

lámhossztartományban a fotonok energiája 12,4 eV és 1,24 meV között van.

Az optikai tartományt követő nagyfrekvenciás tartomány 300 GHz és 3 GHz (1 mm és 10 cm) közé esik, itt a fotonok energiája 1,24 meV–12,4  $\mu$ eV.<sup>4</sup> A nagyfrekvenciás tartomány után következik a rádiófrekvenciák tartománya, ez 3 GHz-től 300 kHz-ig tart (10 cm–1000 m, 12,4  $\mu$ eV–1,24 neV). Ebben a tartományban találjuk a rádiótelefonoknál használt 900 MHz-es és 1800 MHz-es frekvenciát, amelyeknek 31 cm-es, illetve 15,5 cm-es hullámhossz felel meg. Ezeknél a frekvenciáknál a fotonok energiája több nagyságrenddel elmarad az ionizáló sugárzások fotonjainak energiájától, így szóba sem kerülhet, hogy a kémiai kötések felhasíthatnák, ionizáló vagy DNS-károsító hatást fejtenének ki.

A rádiófrekvenciák tartományában működik nagy adóknál Solton, ahol folyamatosan 1 MW-ot, illetve 2 MW-ot sugároznak ki (540 kHz frekvencián, 555 m hullámhosszon). A rádiófrekvenciák tartományában sugároz nagyszámú városi vagy körzeti rövidhullámú adó is (ezek a 70 MHz és 110 MHz közötti frekvenciamodulációs [FM] sávban találhatóak). A kis frekvenciák tartománya 300 kHz és 1 Hz között van. Itt találjuk az 50 Hz-es hálózati áramot is.

## A GSM mobiltelefon-rendszerek komponensei

A mai GSM mobiltelefon-rendszerek (900 MHz és 1800 MHz) egyik részét a bázisállomások hálózata, másik részét az adó-vevő mobilkészülékek képezik. Jelenleg Magyarországon több ezer bázisállomás és több millió mobilkészülék üzemel. A bázisállomások veszik a mobilkészülékekből kezdeményezett hívásokat, és továbbítják a másik készülékhez. A hívás néha több bázisállomáson keresztül ér célba. A mobiltelefonok az elektromágneses jeleket hallható hangokká, a hangokat elektromágneses jelekké alakítják át.

A bázisállomások átlagos kimenő teljesítménye 10–50 W (legfeljebb 100 W). A mobilkészülékek kimenő teljesítménye 0,1–0,8 W (legfeljebb 2 W). A bázisállomásokat (antennákat) a sűrűn lakott városokban magasabb építmények tetejére emelt néhány méteres antennarúdon, vidéken pedig sokszor az erre a célra épített 30–50 m magas tornyok tetején helyezik el világszerte mindenütt, így a bázisállomások az emberektől távol működnek. A rádióhullámok intenzitása nem magával a távolsággal, hanem a távolság négyzetével fordított arányban csökken. A megfelelő magasságban elhelyezett antennák nem veszélyeztetik még a lakóépület legfelsőbb szintjén élők egészségét sem. A hazai tapasztalatok azt bizonyítják, hogy a bázisállomások közelében lakókat és a járókelőket semmilyen káros hatás nem érheti, mert a nálunk mért szintek az Európai Unió ajánlásaiban megengedett határ-

értékek századrésze körül vannak.<sup>5</sup> Az antennák megközelítése 10 m távolságig biztonságos, és teljesen veszélytelen. Lapos háztetőkön védőkerítéssel is biztosítják a 10 m betartását.

A hazai egészségügyi feladatokat 2004-ben újra áttekintették, és azokat „Európai cselekvési terv a környezetért és a gyermekek egészségéért” címmel publikálták. A szerzők az elektromágneses sugárzásnak történő kitettség (expozíció) csökkentése érdekében javasolják a gyermekek, gondviselőik, az

iskolai személyzet oktatását a mobiltelefon-használat korlátozásával kapcsolatosan. Fontosnak tartják, hogy jogszabály szülessen az International Commission of Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP, nem ionizáló sugárzással szembeni védekezés nemzetközi bizottsága) ajánlásai alapján.<sup>6</sup>

Mivel a mobiltelefonok az emberi fej közvetlen közelében működnek, és a kibocsátott rádiófrekvenciás jelek kisebb része a működő készüléket használó ember fejében nyelődik el, ezért a készülé-

1. táblázat. Elektromágneses sugárzások és terek felosztása

Típus	Frekvencia	Hullámhossz	Fotonenergia
<b>Ionizáló</b>			
Röntgen-, gamma-sugárzás	>3 PHz	<100 nm	>12,4 eV
<b>Nem-ionizáló</b>			
<i>Optikai sugárzás</i>	<3 PHz	>100 nm	<12,4 eV
Ultraibolya (UV: C, B, A)	3 PHz–300 GHz	0,1 μm–1000 μm	12,4 eV–1,24 meV
Látható fény	3–0,750 PHz	100 nm–400 nm	12,4 eV–3,1 eV
Látható fény	750–375 THz	400 nm–800 nm	3,1 eV–1,55 eV
Infravörös (IR: A, B, C)	375–0,3 THz	0,8 μm–1000 μm	1,55 eV–1,24 meV
<i>Nagyfrekvenciás sugárzások</i>	300 GHz–3 GHz	1 mm–100 mm	1,24 meV–12,4 μeV
<i>Rádiófrekvenciák</i>	3000 MHz–0,3 MHz	0,1 m–1000 m	12,4 μeV–1,24 neV
<i>Elektromos és mágneses terek</i>	300 kHz–1 Hz	1 km–300 000 km	–
<i>Statikus elektromos és mágneses terek</i>	0 Hz	∞	–

2. táblázat. Származtatott SI mértékegységek és átszámításuk

Mennyiség	Mértékegység	Jele	Átszámítása
Frekvencia (f)	Hertz	Hz	f=1/s
Teljesítmény	Watt	W	W=VA
Elektromos feszültség, elektromos potenciál, elektromos potenciálkülönbség, elektromos erő	Volt	V	V=W/A
Mágneses indukció, mágneses fluxussűrűség	Tesla	T	T=10 000 gauss
Fotonenergia	Elektronvolt	eV	1,602310–19 J

**3. táblázat.** Az SI mértékegységek nagyságrendjei és prefixumai

A decimális szorzó (10 <sup>k</sup> )	Prefixum	A prefixum jele
10 <sup>18</sup>	exa-	E
10 <sup>15</sup>	peta-	P
10 <sup>12</sup>	tera-	T
10 <sup>9</sup>	giga-	G
10 <sup>6</sup>	mega-	M
10 <sup>3</sup>	kilo-	k
10 <sup>-3</sup>	milli-	m
10 <sup>-6</sup>	mikro-	μ
10 <sup>-9</sup>	nano-	n
10 <sup>-12</sup>	piko-	p
10 <sup>-15</sup>	femto-	f
10 <sup>-18</sup>	atto-	a

kek tervezésénél és kivitelezésénél az emberi fejben elnyelt energia megengedhető értékeit messzemenően figyelembe veszik. Ezt az értéket a fajlagosan elnyelt energiarátaival (specific absorption rate, SAR) fejezik ki. Ennek határértéke 2 W/kg, amelyet a nemzetközi szervezetek (ICNIRP és WHO) ajánlásai, valamint az európai uniós szabványok rögzítenek.<sup>7,8,9,10</sup> Ezeket a határértékeket Magyarországon is betartják.

Az Európai Unió szabványa mellett az Egyesült Királyság legmagasabb szintű sugár-egészségügyi fóruma, a National Radiation Protection Board (NRPB) 2004-ben tanulmányt készített és tett közzé, amelyben felhívja a figyelmet a gyermekek mobiltelefon-használatának ésszerű korlátozására. Ebben a korlátozásban döntő szerepet játszik a gyermek életkora, azaz minél fiatalabb a gyermek, annál kevésbé tanácsos mobiltelefont használnia. A beszélgetések

egyszeri időtartamát, gyakoriságát és a kumulatív beszélgetési időtartamot is ajánlatos korlátozni, mivel a fejlődő szervezet minden fizikai ágensre érzékenyebben reagál, továbbá a gyermek feje az egész testhez viszonyítva nagyobb tömegű, mint a felnőtté. Egészséget károsító kumulatív hatásról eddig még felnőttek esetében sem számoltak be, de ebben közrejátszhat az is, hogy a mobiltelefon használata alig több mint 15 évre terjed ki. Érdeemes tehát mind a felnőtteknek, mind a gyermekeknek ésszerű korlátok között tartaniuk a mobiltelefon használatát.<sup>11</sup>

Gyakran felvetődik a rádiótelefonok és a szívritmus-szabályozó készülékek (pacemakerek) elektromágneses kompatibilitásának kérdése. Megállapították, hogy a bázisállomások környezetében – ott, ahol a lakosság tartózkodhat – a sugárzás intenzitása nem éri el azt a szintet, hogy a pacemakerek működését megzavarhatná. Számos közlemény bizonyítja, hogy telefonbeszélgetés közben a pacemaker működésében semmiféle elektromágneses zavar nem lép fel. Észleltek azonban rendellenességet olyankor, amikor a rádiótelefon-készülék a pacemaker közvetlen közelében volt (néhány centiméterre attól). A legtöbb eredmény azt mutatja, hogy a mobilkészülékek 20 cm-nél nagyobb távolságból már nem zavarják a pacemakerek működését. A pacemakerrel élők tehát ne hordják a mellényzsebükben a bekapcsolt készüléket, és kerüljék az olyan helyzeteket, amikor a mobiltelefon közvetlenül a pacemaker felett van. Tanácsos az ellenoldali fülön telefonálni.

## A bázisállomások (antennák) hatásai

A bázisállomások építése ellen korábban már számos országban volt tiltakozási akció. Ennek okai elég bonyolultak, de kevésbé indokolt a veszélyes sugárzásoktól való félelem. Sajnos a külföldi sajtóban (de nem a szaksajtóban) gyakran egy kalap alá vették az ionizáló és a nem ionizáló sugárzásokat, köztük a rádiófrekvenciás hullámokat. Elvben a sugárzás természetét jól ismerő emberek között is lehet sugárfóbiás, aki fél az ionizáló sugárzások veszélyeitől (pl. a csernobili tragédia tapasztalatai alapján, vagy éppen egy gamma-sugár-kezelés mellékhatásaira gondolva). Ezzel a témával kapcsolatosan megjelent igényes ismeretterjesztő kiadvány Magyarországon és külföldön is.<sup>12,13</sup>

Hazai tapasztalatok is bizonyítják, hogy a tiltakozásokhoz hozzájárulnak a bulvársajtóban megjelenő szenzációhajhász álinformációk, de hozzájárul egyes személyek sugárfóbiája is. Sajnos hazai bölcsészeti-akadémiai folyóiratban is jelent már meg ilyen félrevezető mondat: „a mobiltelefon kapcsán lényeges és nagy közérdeklődést kiváltó kockázati tényező a radioaktív sugárzás, ami, ha minimális intenzitású is, de létezik.”<sup>14</sup>

## A mobiltelefon-készülékek használata

A mobiltelefont használók első panaszairól már elég korán értesülhettünk. A tünetek egyénenként nagyon vál-

tozók, a legtöbben fejfájásra, emlékezet- és alvási zavarokra, fáradékony-ságra panaszkodnak, valamint fájdalom- és hőérzetre a test különböző pontjain. Ezek az elektro-hiperszenzitiv egyének a lakosság 0,001–0,01%-át teszik ki.

A mobiltelefon használatával kapcsolatos panaszokat Finnországban tudományosan megalapozott módszerek felhasználásával megvizsgálták, és cáfolták objektív létezésüket. A kutatók nagyszámú önként jelentkező személyen vizsgálószobában olyan kísérleteket végeztek, amelyekben a vizsgált személyek általuk nem ismert időpontban hang nélküli hívásokat kaptak, s azokra nem ők válaszoltak, hanem a kutatók. A beszélgetések alatt és a beszélgetések szüneteiben egyaránt regisztrálták a vizsgálati alanyok panaszait. A szerzők megállapították, hogy a panaszok egyenlő arányban jelentkeztek beszélgetés közben és a beszélgetési szünetekben.<sup>15</sup>

Amerikában agydaganatban elhunyt betegek hozzátartozói perelték be a mobiltelefont gyártó cégeket. Ezeket a pereket a felperesek nem nyerték meg. Több esetben tisztázódott, hogy az agydaganat tünetei és diagnózisa megelőzték a mobiltelefon-használat kezdetét. Más esetekben epidemiológiai vizsgálatokkal bizonyították, hogy a per tárgyát képező daganat gyakorisága az adott populációban a mobiltelefon elterjedésével nem növekedett, tehát nem vélelmezhető ok-okozati összefüggés a daganatképződés és a mobiltelefon-használat között.

### Akusztikus neurinoma: epidemiológiai vizsgálatok

Nagy figyelmet szenteltek egy, az emberi fejben, a fülkagylóhoz közel elhelyezkedő daganattípusnak, az akusztikus neurinomának, más néven a vestibuláris ideg schwanomájának. Ez a daganat jóindulatú, rákos elfajulását eddig nem észlelték.<sup>16</sup> Több kutató publikálta, hogy a mobiltelefon-használat növelheti az akusztikus neurinoma kockázatát,<sup>17,18</sup> más kutatók ezt a felvetést cáfolták.<sup>19,20</sup> A kérdéses közleményekben azonban csupán 10–169 esetet vizsgáltak, legtöbbször kezdetleges biostatistikai módszerrel.

E közlemények sorából magasan kiemelkedik egy 2005 közepén befejezett, nagy volumenű, rendkívül jól előkészített epidemiológiai munka,<sup>21</sup> amely az International Agency of Cancer Research (IARC) irányításával 1995-ben kezdődött. Ennek keretében egységes protokoll szerint, párhuzamosan végeztek populációs eset-kontroll vizsgálatokat négy skandináv országban és az Egyesült Királyságban. A vizsgálat célja annak tisztázása volt, hogy van-e összefüggés a mobiltelefon-használat és az akusztikus neurinoma kockázata között. Az öt országban 678, akusztikus neurinomában szenvedő betegről és 3553 kontrollszemélyről gyűjtöttek adatokat interjú formájában. A négy skandináv országban egy-egy, az Egyesült Királyságban pedig két, összesen tehát hat lakossági vizsgálat történt az akusztikus neurinoma etiológiájának tisztázása céljából. Az epidemiológiai vizsgálat sorozathoz azért választották ezt az öt orszá-

got, mert Európában ezekben kezdődött el leghamarabb és ma is ezekben a legelterjedtebb a mobiltelefonok használata.

A diagnózist a megfelelő régiók idegsebészeti, neuropatológiai, onkológiai, neurológiai, illetve fül-orr-gégészeti szakrendeléseinek adataival egybevetve erősítették meg. A vizsgálok a felmérés teljessége érdekében a lakossági daganatnyilvántartóktól is megkapták az esetek listáját.

Az északi központokban a népességnyilvántartásokból véletlenszerűen válogatták össze a kontrollszemélyeket régiók szerint. Az Egyesült Királyságban, ahol nincs könnyen hozzáférhető népességnyilvántartás, a kontrollszemélyeket a praktizáló orvosok listáiból, szintén véletlenszerűen választották ki. A betegek és a kontrollszemélyek életkora és lakásvizonyai hasonlóak voltak.

Az interjúkban a résztvevőket részletesen kikérdezték mobiltelefon-használati szokásaikról. Rákérdeztek az összes valaha használt készülék gyártmányára és típusára, az egyes típusok használatának átlagos időtartamára, a hívások számára, a kihangosított beszélgetések arányára, valamint arra, hogy vidéken, városban vagy mindkét helyen használták-e a mobiltelefont; hogy általában melyik oldalon tartják a telefont, és hogy jobb- vagy balkezesek-e. Mindezekon kívül összegyűjtötték a mobiltelefon-szolgáltatók adatait is. Az öt ország összesített adatainak feldolgozása a legmodernebb biostatistikai módszerekkel történt.<sup>22</sup>

A szerzők megállapították, hogy a mobiltelefont használók között az akusztikus neurinoma kialakulásának

kockázata nem növekedett. A kockázati hányados 0,9 volt (95%-os megbízhatósági tartomány: 0,7–1,1). A kockázatot nem befolyásolta sem a mobiltelefon használatának időtartama, sem a kumulatív beszélgetési idő, sem a beszélgetések száma, sem az, hogy a vizsgálati alany a korábbi évtizedben elterjedt analóg, vagy a modern, digitális GSM-készüléket használta-e. Mindemellett a szerzők azt találták, hogy azoknak a vizsgálati alanyoknak a csoportjában, akik a mobiltelefont mindig egy oldalon használták legalább 10 éven keresztül, a kockázati hányados 1,8 volt (95%-os megbízhatósági tartomány: 1,1–3,1). A tanulmány tehát, mint a szerzők megállapítják, azt bizonyítja, hogy a mobiltelefon-használat első 10 éve alatt érdemi kockázatonövekedésről nem beszélhetünk, ugyanakkor fennáll a kockázat növekedésének lehetősége több mint 10 évi rendszeres használat esetén.

## Összefoglalás

A lakosságot foglalkoztatja a kérdés, hogy a mobiltelefonok használata okozhat-e daganatot. Olyan biológiai mechanizmusok ma nem ismeretesek, amelyek révén rádiófrekvenciás elektromágneses hullámok rákos daganatot okozhatnak, hiszen – szemben az ionizáló sugárzásokkal – a rádiófrekvenciás terek nem képesek a kémiai kötések felbontani és a DNS-t károsítani.

Jelen dolgozatban annak az epidemiológiai vizsgálatnak az eredményét ismertettük, amelyet Európának abban az öt országában folytattak, ahol a legkorábban terjedtek el a mobiltelefonok. A hallóideg neurinómájának kockázatát illetően ez a Finnországban, Svédországban, Norvégiában, Dániában és az Egyesült Királyságban egyidejűleg, közös vizsgálati és értékelési rendszer szerint végzett vizsgálat minden eddigénél komolyabb bizonyító erővel bír. A mobiltelefon 10 évnél rövidebb használata az akusztikus neurinoma kialakulásának kockázatában a kontrollcsoporthoz viszonyítva érdemi változást nem okozott, de a szerzők nem zárják ki annak lehetőségét, hogy 10 évet meghaladó mobiltelefon-használat az akusztikus neurinoma kockázatának növekedéséhez vezethet.

### Irodalom:

1. Risk perception, risk communication, and its application to electromagnetic fields exposure. ICNIRP and WHO Publication, München, 1998
2. Köteles Gy, ed. Sugáregészségtan. Medicina, Budapest, 2002
3. Szabó LD, Bakos J. A nem-ionizáló sugárzások és egészségünk. Budapesti Közegészségügy, 1997;2:165–169
4. Advisory Group of Non-ionizing Radiation (AGNIR). Health effects from radiofrequency electromagnetic fields: report of an independent Advisory Group of Non-ionizing Radiation. 2003;Doc NRPB 14:1–177
5. ICNIRP. Health Issues Related to the Use of Hand-held Radiotelephones and Base Transmitters. Statement from the International Commission on Non-ionizing Radiation Protection. Health Phys 1996;70:587–593
6. Páldy A, Málnási T, Kishonti K. Európai cselekvési terv a környezetért és a gyermekek egészségéért. Egészségtudomány 2005;49:10–29
7. International Commission for Non-Ionising Radiation Protection. Guidelines for limiting expo-

sure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics 1988;74:494–522

8. Szabó LD. Standards and Guidelines on Protection Against Non-ionizing Radiation. Central European Journal of Occupational and Environmental Medicine 1995;1:266–285

9. EN 50361, Basic Standard for the Measurement of Specific Absorption Rate to Human Exposure to Electromagnetic Fields from Mobile Phones

10. EU Council Recommendations of the general public to electromagnetic fields (0Hz–300 GHz), 1999

11. National Radiological Protection Board (NRPB). Mobile Phones and Health. 2004;Doc NRPB 15:1–114

12. Thuróczy Gy, Bakos J. Az elektromágneses terek és környezetünk. Környezetvédelmi füzetek 2002 június, 1–68

13. Berz R. Krank durch Mobilfunk? Verlag Hans Huber, Bern-Göttingen-Toronto-Seattle, 2003

14. Kovács N, Németh N, Szép Sz, Hain F. Mobilhasználat: penetráció, eszközhasználat és társadalmi kontextus (kutatási összefoglaló). Világosság 2005;1:59–99

15. Hietanen, M, Hämäläinen AM, Husman T. Hypersensitivity Symptoms Associated with Exposure to Cellular Telephones: No Causal Link. Bioelectromagnetics 2002;23:264–270

16. Ribári O, ed. Fül-orr-gégészet, fej-nyak sebészet. Medicina, Budapest, 1999

17. Hardell L, Mild KH, Carlberg M. Further aspects on cellular and cordless telephones and brain tumours. Int J Oncol 2003;22:399–407

18. Lönn S, Ahlbom A, Hall P, Feychting M. Mobile phone use and the risk of acoustic neuroma. Epidemiology 2004;15:653–659

19. Warren HG, Prevatt AA, Daly KA, Antonelli PJ. Cellular telephone use and risk of intratemporal facial nerve tumor. Laryngoscope 2003;113:663–667

20. Christensen HC, Schuz J, Kosteljanetz M, Poulsen HS, Thomsen J, Johansen C. Cellular telephone use and risk of acoustic neuroma. Am J Epidemiol 2004;159:277–283

21. Schoemaker MJ, Swerdlow AJ, Ahlbom A, Auvinen A, Blaasaas KG, Cardis E, Christensen HC, Feychting M, Hepworth SJ, Johansen C, Klæboe L, Lönn S, McKinney PA, Muir K, Raitanen J, Salminen T, Thomsen J, Tynes T. Mobile phone use and risk of acoustic neuroma: results of the Interphone case-control study in five North European countries. British J of Cancer 2005;93:842–848

22. StataCorp. Stata Statistical Software: Release 8.0. Texas: Stata Corporation: College Station, 2003