

# Az elektromágneses tereknek tulajdonított idiopátiás környezeti intolerancia (IEI-EMF) jelensége a szakemberek szemszögéből

DÖMÖTÖR ZSUZSANNA\* – KÖTELES FERENC  
– SZEMERSZKY RENÁTA

ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem Pedagógiai és Pszichológiai Kar  
Egészségfejlesztési és Sporttudományi Intézet, Budapest, Magyarország

(Beérkezett: 2021. július 12.; elfogadva: 2022. január 28.)

Kétrészes narratív összefoglalónkban áttekintést nyújtunk az elektromágneses tereknek tulajdonított idiopátiás környezeti intoleranciával (IEI-EMF, más néven elektromágneses túlérzékenységgel) kapcsolatos tudományos eredményekről, a kutatások jelenlegi állásáról. Az elektromágneses túlérzékenység olyan állapotot jelent, amely során az érintett személy tüneteket tapasztal az elektromos eszközök közelében vagy azok használatakor, és tüneteit az elektromágneses expozíciónak tulajdonítja. Az Egészségügyi Világszervezet jelenlegi álláspontja szerint az IEI-EMF nem diagnosztikus kategória, megállapításához jelenleg sem orvosi teszt, sem valid protokoll nem áll rendelkezésre. Jellemző az állapotra a nagyfokú distressz, gyakran vezet szociális izolációhoz, valamint a munkaképesség elvesztéséhez. Gyakoriak a különböző komorbid mentális zavarok, mint a szorongás, depresszió, szomatizáció. Az elektromágneses túlérzékenység etiológiájával kapcsolatos elméletek két fő irányvonalat képviselnek: míg a biofizikai megközelítés szerint a tüneteket elektromágneses mezők által aktivált fiziológiai folyamatok idézik elő, addig a pszichogén elméletet propagáló szerzők a tünetképzés jelenségét pszichológiai folyamatokkal magyarázzák (például torzult figyelmi és attribúciós folyamatok, nocebohatás, asszociatív tanulás). Számos kutató hangsúlyozza azonban, hogy a jelenség teljes megértéséhez a két megközelítés integrálására és interdiszciplináris kutatócsoportok felállítására van szükség. Jelen írásunkban a jelenséggel kapcsolatos jellemzőket kutatói és orvosi szemszögből járjuk körül: az etiológiával kapcsolatos elméletek bemutatásán túl kitérünk a vizsgálati, módszertani nehézségekre, a definíciós és diagnosztikus problémákra és a terápiás lehetőségekre.

**Kulcsszavak:** elektromágneses tereknek tulajdonított idiopátiás környezeti intolerancia, IEI-EMF, elektrohiperszenzitivitás, EHS, EMF-túlérzékenység, környezeti intolerancia, orvosilag megmagyarázatlan tünetek

---

\* Levelező szerző: dr. Dömötör Zsuzsanna, ELTE PPK Egészségfejlesztési és Sporttudományi Intézet, 1117 Budapest, Bogdánfy Ödön utca 10. E-mail: domotor.zsuzsanna@ppk.elte.hu

## 1. Terminológia

Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) által megfogalmazott definíció szerint az *elektromágneses tereknek tulajdonított idiopátiás környezeti intolerancia* ('idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields'; IEI-EMF), korábbi elnevezéssel elektromágneses hiperszenzitivitás olyan, nonspecifikus tünet(ek) megjelenését jelenti, amelye(ke)t a személy az elektromos eszközök közelében vagy használatakor tapasztal, és amelye(ke)t az elektromos eszköznek tulajdonít (WHO, 2004).

A jelenséget először a skandináv országokban írták le; a középpontban kezdetben a vizuális megjelenítő egységek ('visual display unit', VDU) által kiváltott bőrtünetek álltak (Berg, 1988; Bergqvist, 1984; Lidén & Wahlberg, 1985), később jelent meg az idegrendszeri, neuraszténias tünetekkel jellemezhető, gyakran légzési és gasztrointesztinális panaszokkal is kísért általános szindróma képe (Levallois, 2002). Idővel, ahogyan a mobilkommunikációs technológia fejlődött, tovább bővült a potenciális attribúciós források száma is (Rösöli és mtsai, 2004). Az IEI-EMF a WHO jelenlegi álláspontja szerint nem diagnosztikus kategória. Mivel a tünetek és expozíció közötti kapcsolatot nem sikerült tudományos vizsgálatokkal alátámasztani, így a jelenséget az idiopátiás környezeti intoleranciák tágabb kategóriájába sorolták (Oftedal és mtsai, 2012).

Első leírását követően a jelenséget számtalan elnevezéssel illették: *elektromossággal szembeni hiperszenzitivitás* (Hillert és mtsai, 1999), *elektromos hiperszenzitivitás* (Andersson és mtsai, 1996), *elektroszenzitivitás*, *elektromágneses hiperszenzitivitás (EHS)* (Belpomme és mtsai, 2015), *EMF-nek tulajdonított környezeti probléma* (environmental annoyance attributed to EMF), *elektromágneses distressz szindróma, környezeti betegség* (Baliatsas, Kamp, Lebret, & Rubin, 2012a), *mikrohullámú betegség* (Carpenter, 2015). Az elnevezések közös jellemzője, hogy ezeket a betegséget feltételezetten előidéző ok interpretációjaként alkották meg, vagyis a tünetek vélt kiváltó forrásaként az elektromágneses tereket ('Electromagnetic Fields', EMF) jelölik meg. Mivel azonban az idővel szaporodó tudományos vizsgálatok során nem találtak bizonyítékot a feltételezett ok-okozati összefüggésre, valamint az állapotra jellemző általános tünetek gyakran más környezeti faktorhoz (pl. kémiai anyagok) kapcsolódnak, illetve egyéb nonspecifikus egészségi probléma megnyilvánulásai is lehetnek (Leitgeb, 2009; WHO, 2005), ezért a 2004-es prágai WHO munkaértekezleten indítványozták, hogy az addig használatos kifejezéseket váltsa fel a környezeti faktorokra való érzékenységre használt, etiológiai szempontból neutrálisabb „*idiopátiás környezeti intolerancia*” ('Idiopathic Environmental Intolerance', IEI) kifejezés (WHO, 2004). Legújában a „*környezeti faktorokhoz kapcsolódó tünetek*” elnevezést javasolják a szakirodalomban (Haanes és mtsai, 2020).

Habár a WHO által javasolt terminológia már több mint 15 éves, az IEI-EMF elnevezés máig nem jellemző a köztudatban, és a szakirodalmi publikációk szerzői is sokszor ragaszkodnak a régebbi elnevezésekhez. Egy 2012-es, 63 publikációt feldolgozó tanulmány eredményei szerint mindössze a vizsgált publikációk 1%-ában használták a WHO által ajánlott IEI-EMF kifejezést, és sokkal gyakoribbnak (63%) bizonyult az elektromágneses hiperszenzitivitás elnevezés (Baliatsas, Kamp, és mtsai, 2012a).

Mivel a köztudatban legerősebben az elektroszenzitivitás, elektrohiperszenzitivitás (EHS) kifejezések vannak beágyazódva, így jelen írásban az IEI-EMF elnevezés mellett ezeket is használni fogjuk.

## 2. Az elektromágneses túlérzékenység etiológiai elméletei

Az IEI-EMF etiológiájának tárgyalása során célszerű egymástól különválasztva vizsgálnunk az elektromágneses expozíció általában az emberi szervezetre gyakorolt biofizikai-egészségi hatásait és mechanizmusait, illetve a populáció kis hányadát érintő EMF-túlérzékenységgel járó panaszokat és azok feltételezett patomechanizmusát.

### 2.1. A nem ionizáló-elektromágneses terek biofizikai hatásai

A lakosság EMF kitettségének mértékét a különböző frekvenciatartományok vonatkozásában hivatalos biztonsági szabványértékek szabályozzák és korlátozzák. A lakosságra megengedett határérték rendszerint annak az EMF intenzitásnak az ötvened része, amely a tudományos vizsgálatokban már valamilyen egészségre gyakorolt hatást eredményezett.

A biztonsági határértékeknél legalább 50-szer nagyobb intenzitások esetén tehát a nem-ionizáló elektromágneses terek egyértelmű egészségi kockázatot hordoznak. A rádiófrekvenciás sugárzások magas intenzitáson a vízmolekulák polarizációját váltják ki, ennek révén termális hatással bírnak a víztartalmú anyagokra, így az élő szövetekre is. Ha ennek mértéke meghaladja az élő szervezetek termoregulációs kapacitását, akkor az a szövetek mélyén vagy felszínén égési sérülést okoz és/vagy általános hipertermiát vált ki (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, 2015). A rádiófrekvenciásnál (RF) alacsonyabb frekvenciájú elektromos és mágneses mezők nagy térerősségek esetén az élő szövetekben örvényáramokat generálnak (elektromágneses indukció). Ez az elektromosan ingerelhető szöveteket, sejteket, például a retina fotoreceptorait stimulálja, és foszfének észleléséhez (optikai csalódás, csukott szemmel látott fényjelenség) vagy paresztéziához (bőrérzékelés-zavar) vezet. Még magasabb in-

tenzitás esetében az indukált örvényáramok áramütésszerű hatást váltanak ki, mélyszöveti égési sérülést és szívkamrai fibrillációt okozva (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, 2015).

Míg a termális hatású vagy szöveti örvényáramokat keltő nagy erősségű EMF-ek egészségkárosító hatása jól ismert, addig a mindennapokban jellemző, lakosságot érő alacsony intenzitású EMF kitettséget az Egészségügyi Világszervezet biztonságosnak ítélte (WHO, 2012). Az utóbbi években ugyanakkor több olyan, jól dokumentált, kis intenzitású EMF hatás vált ismertté, amely mechanizmust kínál és szerepet játszhat a daganatképződésben, illetve más betegségek vagy fiziológiai elváltozások létrejöttében (*The Bioinitiative Report*, é. n.). Ide sorolható az oxidatív stresszt indukáló hatás (Dasdag és mtsai, 2012; Esmekaya és mtsai, 2011; Megha és mtsai, 2015), a DNS-károsodás (Blank & Goodman, 1999; Diem és mtsai, 2005; Kesari és mtsai, 2014; Lai Henry & Singh Narendra P., 2004; Mashevich és mtsai, 2003; Schwarz és mtsai, 2008; Vijayalaxmi & Prihoda, 2009a), az epigenetikus mechanizmusokon keresztül befolyásolt génexpresszió (Sage & Burgio, 2018; Vijayalaxmi & Prihoda, 2009b), a DNS-javító mechanizmusok gátlása, valamint az intracelluláris  $\text{Ca}^{2+}$  metabolizmus megváltozása (Grassi és mtsai, 2004; Spadaro & Bergstrom, 2002; Wei és mtsai, 2015; Zhang és mtsai, 2010).

A nem-ionizáló sugárzások fotonjai nem rendelkeznek akkora energiával, hogy a kémiai kötések közvetlenül felbontsák. A nem-ionizáló EMF expozíció DNS károsító hatása tehát nem ebből származik, hanem az EMF-ek által kiváltott reaktív oxigéngyök (*reactive oxygen species*, ROS) termelődés következménye, ami oxidatív stresszt eredményez. Jól ismert, hogy az oxidatív stressz központi szerepet játszik a daganatfejlődésben, az öregedési folyamatokban és szignalizációs ágens a gyulladásos válasz során (Holmström & Finkel, 2014). Az állatkísérletekben kimutatott patológiás neurológiai elváltozásokért (Odací és mtsai, 2016) a vér-agy gát működési zavarát, annak megnyílását teszi több kutató felelőssé, ami a reaktív oxigén szabadgyökök túlzott termelődésére vezethető vissza (Nordal & Wong, 2005). Másrészt felmerült az EMF-kiváltotta csökkent agyi vérátáramlásból és/vagy az EMF kiváltotta hemoglobin dezoxigenizációból eredő agyi hipoxia szerepe is (Mousavy és mtsai, 2009; Muehsam és mtsai, 2013). A hipoxia anyagcserezavart és akár sejthalált (apoptózist vagy nekrozist) indukálhat az idegsejtekben, amint az az EMF expozícióval összefüggésbe hozott Alzheimer-kór és a demencia más formái esetén jellemző (Bell & Zlokovic, 2009). Számos eredmény támogatja, hogy mind az alacsony intenzitású ELF, mind az RF EMF-ek epigenetikusán is hatással vannak a DNS-re, a stresszválasz gének expressziójának indukciója és a chaperon stresszfehérjék szintézise révén (Blank & Goodman, 2009, 2011). Bizonyító erejű eredmények állnak rendelkezésre arra nézve is, hogy a mobiltelefonok használata hatással van egyes agyi anyagcsere-folyamatokra (Volkow és mtsai, 2011).

2001-ben a WHO részét képező Nemzeti Rákkutató Ügynökség (International Agency for Research on Cancer) (IARC, 2002) az extrém alacsony-frekvenciájú tereket (ELF-EMF) a *lehetséges emberi rákkeltő (2B)* kategóriába sorolta, majd 2011-ben hasonló deklarációt adtak ki az RF-EMF-ekre vonatkozóan is (IARC, 2011, 2013). A rádiófrekvenciás sugárzások lehetséges humán karcinogénként való besorolása elsődlegesen azokon az eredményeken alapult, hogy a headsetet nem használó, a készüléket a fülüknél tartó rendszeres mobiltelefon-használóknál fokozott kockázatot mutattak ki agy-tumor (glióma, meningioma, akusztikus neuróma) kifejlődésére. Az ELF-EMF terek *potenciális humán karcinogén* kategóriába sorolását pedig az indokolta, hogy számos epidemiológiai tanulmány talált összefüggést a gyermekkori leukémia előfordulása és az otthonok elektromos távvezetékektől mért távolsága között (az összefüggés nagyon alacsony intenzitású kitettség,  $> 0,4\mu\text{T}$  esetén állt fenn) (Zhao és mtsai, 2014).

A kutatási eredmények ugyanakkor sok esetben inkonzisztensek, a vizsgálatok egy részének eredménye negatív volt az alacsony intenzitású, rövid időtartamú expozíció vonatkozásában. Számos szakember él azzal a feltételezéssel, hogy az egészségi következmények csak további évtizedek múltán, a kitettség akkumulálódásával válnak kimutathatóvá, ezért a rövid expozícióval dolgozó kutatások eredményei alapján semmilyen következtetés nem vonható le a hosszabb kitettség hatásait tekintve (Choi és mtsai, 2014). Úgy tűnik, hogy az EMF-ekre adott biológiai válasz egyaránt függvénye az expozíció időtartamának és az EMF erősségének is (Furtado-Filho és mtsai, 2015). Mindezt figyelembe véve, számos tudományos szakember szerint célszerű lenne az elővigyázatosság elvét (*precautionary principle*) alkalmazni az elektromágneses expozíció kockázatainak megítélésakor (Redmayne & Reddel, 2021).

## 2.2. Az IEI-EMF tünetek eredetének bioelektromágneses elméletei

Viszonylag kevés, kifejezetten az IEI-EMF jelenségére keretezett etiológiai elképzeléssel találkozhatunk a szakirodalomban. A szerzők általában az orvosilag megmagyarázatlan tünetekkel és a tágabb idiopátiás intoleranciákkal (pl. többszörös kémiai szenzitivitás) kapcsolatos elképzeléseket ültetik át az IEI-EMF tüneteire. Jelenleg azonban nem ismert egyetlen olyan megközelítés sem, amely önmagában kielégítő magyarázattal szolgálna az elektroszenzitivitás összetett jelenségére. Az elektroszenzitivitás etiológiájával kapcsolatos elméletek két fő irányvonala a *biofizikai* (bottom-up) és *pszichológiai* (top-down) megközelítés. Előbbi szerint a tüneteket az elektro-

mágneses mezők által indukált biológiai hatások okozzák, a *pszichológiai* elméletek pedig az EHS tünetpercepciót alapvetően pszichológiai folyamatokkal magyarázzák.

Az IEI-EMF biofizikai hátterével kapcsolatos etiológiai elméletek szerint az állapot kialakulásában szerepet játszhatnak gyulladáshoz vezető folyamatok és a megváltozott központi idegrendszeri szabályozás.

A gyulladáshoz vezető folyamatok szerepe merült fel a vizuális kijelzőegységeknek, monitoroknak tulajdonított bőrtünetek (pl. viszketés, bizsergés, melegségérzet, bőrpír, pattanás) magyarázataként. Az elmélet szerint az EMF-expozíció aktiválja a hízósejteket (és dendritikus sejteket), aminek hatására különféle gyulladáshoz vezető közvetítő mediátor anyagok (pl. hisztamin, szomatosztatin) szabadulnak fel (például a sejtek degranulációjával) (Gangi & Johansson, 2000).

Az oxidatív/nitrozatív stresszel kísért idegi gyulladáshoz vezető folyamatok szerepét hangsúlyozzák Belpomme és munkatársai (2015) is. Ők a következő patofiziológiai modellt javasolják a többszörös kémiai szenzitivitás és az elektromágneses túlérzékenység esetében is: 1. Az EMF/kémiai anyagok hatására cerebrális hipoperfúzió/hipoxia kiváltotta idegi gyulladáshoz vezető folyamatok; 2. A hisztamin és más mediátorok felszabadulásának hatására a vér-agy gát permeabilitása megnő, ami oxidatív/nitrozatív stresszt okozhat; 3. Cirkuláló, a gyulladáshoz vezető folyamatokban szerepet játszó sejtek beléphetnek az agy szövetébe, amely visszacsatolással felerősíti az idegi gyulladáshoz vezető folyamatokat; 4. Az oxidatív és nitrozatív stressz, valamint az ezt követő csökkent melatoninintermelődés és autoimmun válasz következtében romlanak a fiziológiai védekező mechanizmusok.

Az idegrendszeri működést vizsgálták Leitgeb és munkatársai (2008), akik szerint transzkraniális mágneses stimulációs vizsgálatok során az EMF-túlérzékeny személyek csökkent diszkriminációs képességéért a megváltozott központi idegrendszeri funkciók és a sérülékeny szabályozási folyamatok lehetnek felelősek (Landgrebe és mtsai, 2008). Szintén a sérült kortikális szabályozásra utalhat a Sandström és munkatársai által végzett vizsgálat (1997), amelynek eredményei szerint a vibráló fény nagyobb agykérgi válaszamplitúdót vált ki az EHS személyeknél. Az EHS résztvevők szenzoros stimulusra adott, a szimpatikus rendszer túlsúlyára utaló fokozott válaszkészsége egy további vizsgálatban is megfigyelhető volt (Sandström és mtsai, 2003). Hasonló eredmény született egy egyszerűen vak provokációs vizsgálat során, ahol – expozíciós kondíciótól, azaz az EMF jelenlététől vagy annak hiányától függetlenül – jellemző volt az EMF-túlérzékeny alanyok vegetatív idegrendszerének szimpatikus irányú dominanciája (Wilén és mtsai, 2006).

A vizsgálatok szerzői szerint ezek a szimpatikus idegrendszeri túlsúlyra mutató eredmények arra utalnak, hogy a központi idegrendszeri szabályozási folyamatok szerepet játszhatnak az IEI-EMF állapotában. Ugyanakkor ezen vizsgálati eredményekből nem következtethetünk egyértelműen a tünetek kialakulásában szerepet játszó bottom-up folyamatokra, mivel a fokozott ingerérzékenység és a szimpatikus idegrendszeri túlsúly mögött top-down mechanizmusok is szerepet játszhatnak. Fontos azt is észrevenni, hogy e kutatásokban az EHS személyek megváltozott idegrendszeri működése nem közvetlenül az elektromágneses expozíció hatása volt, attól függetlenül is jellemző volt rájuk. Ebből adódóan ok-okozati összefüggés nem állapítható meg, eltérő szabályozási folyamataikat egyéb tényezőkre is vissza lehet vezetni.

### 2.3. A pszichológiai eredetre vonatkozó elméletek

A pszichológiai elméletek két fő megközelítést alkalmaznak: míg az *attribúciós* elmélet szerint az érintett személy egyfajta megküzdési stratégia formájában a már meglévő tüneteit tulajdonítja az elektromágneses mezőknek, addig a *nocebohatáson* alapuló megközelítés szerint az EMF káros hatásaival kapcsolatos vélekedések, aggodalmak a nocebohatás révén vezetnek a tünetek kialakulásához (Dieudonné, 2020).

Egy korai elmélet (az ún. „technostressz” elmélet) szerint a munkahelyi stressz potenciális hozzájáruló faktora lehet az EMF-túlérzékenység kialakulásának. A hipotézis szerint az új munkahelyi elektromos eszközök használatával kapcsolatos stressz okozza a (szimpatikus aktivációval együtt járó) tünetek jelentkezését, a személy a tüneteit pedig a későbbiekben – kiváltképp, ha egyébként is jellemző rá a modern élet egészségi hatásaival kapcsolatos aggodalom (Petrie és mtsai, 2001), illetve negatív affektivitás (Van den Bergh és mtsai, 2002) – az adott eszköz elektromágneses mezőjének tulajdonítja (Arnetz, 1997). A stressz fiziológiai jelenlétét igazolta egy kísérletes vizsgálat, amelyben a prolaktin és tiroxin magasabb koncentrációját találták azoknál a VDU-val dolgozó személyeknél, akik az eszköznek tüneteket tulajdonítottak, azokhoz képest, akik tünetmentesek voltak. A szerzők kondicionálásos modellje szerint a fiziológiai változások *feltétlen*, a VDU-hoz kapcsolt környezet pedig *feltételes ingerként* szolgál a társításos tanulás során (Berg és mtsai, 1992). A modell szerint a folyamat kezdete egy bizonyos szenzoros ingerhez köthető, amely az érzékenység kialakulásakor jelen volt (pl. számítógép kijelzője mint vizuális inger, friss festék illata, mint olfaktorikus inger), és klasszikus kondicionálás során a tünetekhez kapcsolódott. A hosszú távú mentális túlterheltség, valamint a stresszválaszhoz kapcsolt hosszan tartó arousal növekedés és szorongás (amelyek

a túlzott munkahelyi terhelés velejárási) elősegítik kondicionálódás folyamatát (Overmier, 2002). Spontán generalizációt követően – amit a negatív affektivitás mediálhat (Devriese és mtsai, 2000) –, a triggerhelyzetek hiányához hozzákapcsolódik a megkönnyebbülés érzése, így az elkerülő viselkedés negatív megerősítéshez vezet. Ezenkívül az elkerülő viselkedés miatti expozíció hiány megakadályozza a kondicionált folyamatok kioltódását is, valamint fokozhatja a potenciális triggerekre és testi érzetekre irányuló figyelmi fókuszot (Österberg és mtsai, 2007). Környezetpszichológiai szempontból a „technostressz” kialakulásához hozzájárulhat az elektromágneses kitettség ambiens stresszor jellege: észlelhető (az elektromágneses berendezések látványa révén), állandó jelleggel jelen van, a személynek nincs kontrollja az expozíció felett és gyakran negatív kísérő jelenségekkel, frusztrációval jár (pl. munkahelyi stressz) (Szemerszky, 2015). Kutatócsoportunk egyik kísérletes vizsgálatában a technostressz folyamatának modellezésével tanulmányoztuk az oktulajdonítás folyamatát: a vizsgálati személyek egy mentálisan nagy erőfeszítést igénylő feladatot végeztek, majd azt vizsgáltuk, hogy a feladat során elkerülhetetlenül jelentkező kognitív teljesítménycsökkenésüket (és esetleges tüneteiket) milyen külső vagy belső tényezőnek tulajdonítják. Az eredmények szerint még az egészséges, fiatal résztvevők esetében is mérhető volt az oktulajdonítás jelensége, ugyanis a kognitív teljesítményük észlelt romlását az ál-mágneses mezőnek, illetve a nyugtató hatásúnak beállított placebo tablettá hatásának tulajdonították (Szemerszky, Dömötör, és mtsai, 2015).

A technostresszhez hasonló következtetésre jutott az a kérdőíves vizsgálat, amelyben azok az EHS személyek, akik mobiltelefonnak tulajdonították tüneteiket, jellemzően munkahelyi célból használták azokat. A szerzők szerint ez a technostresszhez hasonlóan distressz forrása lehet, a mobiltelefonnak köszönhetően a munkavállaló elérhetőbbnek érezheti magát, mint amennyire szeretné, csökken a munkavégzés feletti észlelt kontrollja, ami igen erős stressz forrása lehet. Habár ez a (techno)stressz részben magyarázhatja a tünetek mobilhasználat során való megjelenését, ugyanakkor sok olyan IEI-EMF személy tapasztal tüneteket, akik nem használják munkavégzésre a mobiltelefonjukat, így esetükben ez az elmélet nem lehet helytálló. Egyes szerzők szerint az attribúció okára sem ad választ az elmélet (Rubin és mtsai, 2008). Ha ugyanakkor elfogadjuk azt, hogy az attribúció mögött egyszerűen a kontrollszerzés és az események előrejelzésének motivációja áll, ami kellemetlen tünetek esetében különösen erős (Szemerszky, Dömötör, és mtsai, 2015), akkor ez kevésbé tűnik problémának. Ami az attribúciós célpont (természetesen nem tudatos) megválasztását illeti, az elektromágneses expozíció jellegénél fogva különleges fizikai tulajdonságokkal bír: pl. bizonyos mértékig áthatol a falakon, közvetlenül nem észlelhető, így mindenhol ott lehet. Holisztikus és/vagy spirituális irányultságú



egyének esetében ezek a tulajdonságok összhangban vannak a világnézettel, így konzisztensen beilleszthetők annak keretei közé (Dömötör, Szemerszky, & Köteles, 2019; Köteles, Simor, és mtsai, 2016).

Az attribúciós folyamatok mellett vagy azokkal szemben számos szerző szerint az EHS tünetei mögött a nocebo-jelenség áll (Köteles, Tarján, és mtsai, 2016; Köteles és mtsai, 2013; Oftedal és mtsai, 2007, 2012; Rubin és mtsai, 2010, 2010; Szemerszky, Gubányi, és mtsai, 2015; Szemerszky és mtsai, 2010; Van den Bergh és mtsai, 2017; Witthöft és mtsai, 2018; Witthöft & Rubin, 2013). A tünetképzésben szerepet játszó pszichológiai folyamatokra mutat például annak a franciaországi családnak az esete, akik a közelükben nemrég felállított mobiltelefon bázisállomásnak tulajdonították különböző tüneteiket (pl. fémíz a szájban, orrvérzés). A család már számos módszert kipróbált, hogy védekezzenek az expozícióval szemben (pl. az ablakokat alumíniumlemezzel fedték be, „védőszűrőket” alkalmaztak), mikor kiderült, hogy a tornyot valójában még nem is helyezték üzembe, nem volt aktív (Bansal, 2009). A potenciális veszélyekkel kapcsolatos médiatudósítások szerepe különösen fontos a nocebohatás szempontjából (Bansal, 2013). A média felerősítheti az emberek észlelt sebezhetőségét, felhívja a figyelmüket az új technológiák eddig ismeretlen, sokszor meg nem erősített egészségi hatásaira (Sivertsen & Hysing, 2008). A média meghatározó szerepét mutatja egy 2017-ben megjelent taiwani tanulmány is, amelyben 2005 és 2012 között vizsgálták az elektrohiperszenzitivitás előfordulási gyakoriságának a változását. Az eredmények szerint 2007 és 2012 között 8,7%-kal csökkent az IEI-EMF prevalenciája – ezzel párhuzamosan az EMF-kitettség esetleges negatív hatásaival kapcsolatos újságcikkek száma is hasonló mértékben csökkent (Huang és mtsai, 2017).

Szintén a nocebohatás jelentőségét mutatja az a kísérletes vizsgálat, amely során az ál-expozíciónak kitett csoportok közül azok, akik a vizsgálat előtt a WIFI-sugárzás káros hatásairól szóló filmet néztek, több tünetet tapasztaltak az expozíció hatására, és több EMF-fel kapcsolatos aggodalomról számoltak be (Witthöft & Rubin, 2013). Ugyanennek a kutatócsoportnak egy későbbi kísérletes vizsgálatában a WIFI káros mivoltáról szóló film hatására egészséges személyek erősebb intenzitásúnak tartották az elektromos taktilis stimulust, ha közben ál-WIFI-expozíciónak voltak kitéve, valamint érzékenyebbnek tartották magukat a WIFI-expozícióra és több ezzel kapcsolatos aggodalomról számoltak be (Bräscher és mtsai, 2017). Egy hasonló vizsgálatban (Verrender, Loughran, Dalecki, és mtsai, 2018) szintén azt tanulmányozták, hogy egészséges személyek esetében tünetkiváltó hatással bír-e az észlelt EMF-kitettség, amennyiben azt egy, az elektromágneses terек káros hatásaival kapcsolatos videófilm megnézése előzte meg. Az eredmények azt mutatták, hogy még azon egészséges személyek is tüneteket tapasztaltak a vélt (de nem valós) elektromágneses mező jelenlétében, akik-

nél nem volt kimutatható szorongás a vizsgálat előtt. Továbbá egy, az EMF-kitettség veszélyeivel kapcsolatos, szorongáskeltő videófilm felerősítette ezt a placebo-hatást, ugyanis hatására több tünetről, nagyobb szorongásról és észlelt kockázatról számoltak be a résztvevők (Verrender, Loughran, Dalecki, és mtsai, 2018). Kutatócsoportunk azon korábbi vizsgálatai is a placebo-hatás tünetképzésben betöltött szerepét mutatják, amelyek során egészséges vizsgálati résztvevőknél az „erősnek” beállított ál-EMF-expozíció több tünetet és erősebb vélt EMF-érzékenységet váltott ki, mint a „gyengének” beállított, szintén ál-EMF-expozíció (Dömötör és mtsai, 2016; Szemerszky és mtsai, 2010).

Más szerzők szerint azonban az IEI-EMF jelensége jóval összetettebb annál, mintsem hogy csupán egyetlen mechanizmus állna mögötte (Dieudonné, 2016, 2019, 2020; Foster & Rubin, 2014). Ez a feltételezés mindenképpen logikusnak tűnik, és jól magyarázza az empirikus eredmények inkonzisztenciáját is.

### 3. Az IEI-EMF jelenségének vizsgálati módszerei

Az IEI-EMF vizsgálata leggyakrabban randomizált, laboratóriumban generált EMF-expozícióval dolgozó kísérletes vizsgálatokkal történik. Találkozhatunk továbbá olyan tanulmányokkal is, amelyek valós környezeti tereknek való kitettségén változtattak EMF-et árnyékoló lemezekkel, vagy mobiltelefon bázisállomások random aktiválásával dolgoztak. Jellemzőek továbbá a terepvizsgálatok és az epidemiológiai tanulmányok is. Az alábbi alfejezetben sorra vesszük a különböző vizsgálati módszereket, s kitérünk az elektrohiperszenzitivitás kutatásával kapcsolatos nehézségekre, problémákra is (pl. diagnosztikai kritériumok hiánya, a vizsgálati minták heterogenitása és az alacsony ökológiai validitás).

#### 3.1. IEI-EMF állapot azonosítása

Ahogy az első fejezetben ismertett, WHO által megfogalmazott definícióból is látható, IEI-EMF esetében az elsődleges *azonosítási kritérium* a nem-specifikus *tünetek EMF-expozíciónak való tulajdonítása*. Ez a kritérium a kísérletes vizsgálatokban rendszerint kiegészül további jellemzőkkel: a kutatások egyes esetekben feltételként alkalmazzák, hogy (1) a panaszok rendszeresen jelentkezzenek vélt vagy valós EMF-expozíció hatására, és/vagy (2) a tünetek hatással legyenek az életminőségre (Szemerszky és mtsai, 2019, 2021), és/vagy (3) a tünetek a vélt vagy valós EMF expozíciót követő rövid időintervallumon belül jelentkezzenek, és/vagy (4) az egyén EMF-

(hiper)szenzitívként címkézze magát, illetve (5) az érintett személynek ne legyen a tünetekre alternatív magyarázatul szolgáló orvosi diagnózisa (Baliatsas, Kamp, és mtsai, 2012a).

A validált diagnosztikus kritérium és definíció hiánya miatt a kutatások IEI-EMF csoportjai nem homogének, a vizsgálatok módszertani és minőségi szempontból is heterogének, így eredményeik csak korlátozottan hasonlíthatók össze és nehezen integrálhatók. Továbbá az etiológiai háttérrel kapcsolatos eredmények szintézise, valamint az állapot egészségi következményeinek, jellemzőinek felderítése is komoly nehézségekbe ütközik, ami a klinikumban dolgozók számára is nehezé teszi a betegek azonosítását és kezelését (Baliatsas, Kamp, és mtsai, 2012a; Berg-Beckhoff és mtsai, 2010; Huss & Rösli, 2006; Salomon, 2010).

### 3.2. IEI-EMF alanyok szűrése, beválasztási és kizárási tényezők

Mivel nem áll rendelkezésre objektív diagnosztikus módszer az IEI-EMF azonosítására, beválogatási és szűrési kritérium jellemzőként általában kizárólag az egyének EMF-túlérzékenységgel kapcsolatos önbeszámolóját alkalmazzák, amelyet egy vagy több kérdés segítségével mérnek fel (Szemerszky és mtsai, 2019). Baliatsas és munkatársai (2012a) tanulmányukban összefoglalták az IEI-EMF azonosítására alkalmazott kritériumokat. A vizsgálatukba bekerült 63 tanulmány alapján elmondható, hogy habár a különböző szerzők változatos beválasztási és kizárási kritériumokkal dolgoztak, az EHS állapot meghatározásához túlnyomórészt egyedül az egyén EMF-(hiper)szenzitivitással kapcsolatos önbeszámolóját használták (55,5%), és kevesebb mint felüknél (44,5%) történt bármilyen objektív külső (orvosi és/vagy pszichológiai) értékelés. Gyakorinak bizonyult továbbá, hogy az IEI-EMF-mintát a panaszai miatt már egészségügyi intézménybe utalt személyek közül toborozták (a vizsgált tanulmányok 27%-a tartozik ide). A kísérletes vizsgálatokban több beválogatási kritériumot használtak, mint a leíró tanulmányokban, előbbieket esetében gyakoribb volt az IEI-EMF résztvevők orvosi kivizsgálása, interjúztatása is (Baliatsas és mtsai, 2012a, 16–17. o. nyomán ld. 1. táblázat).

Összességében úgy tűnik, hogy hiába történt számos próbálkozás az IEI-EMF fogalmának, definíciójának rendezése érdekében (Eltiti, és mtsai, 2007b; Hillert és mtsai, 1999, 2002), az állapot azonosítása még mindig validált állapotdefiníciós eszköz nélkül, elsősorban önbeszámoló alapján történik (Baliatsas, Kamp, és mtsai, 2012a; Tseng és mtsai, 2011). Ennek oka lehet egyrészt az elfogadott bioelektromágneses mechanizmus (Belpomme és mtsai, 2018; Health Canada, 2015; Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, 2015) és a specifikus biomarkerek hiánya (Andrianome és mtsai, 2017; Belpomme és mtsai, 2015), vagy a tünetek min-tázatában, gyakoriságában és súlyosságában mutatkozó nagy variancia

(Hietanen és mtsai, 2002; Hillert és mtsai, 2002). Ugyanúgy lehetséges azonban, hogy épp a validált állapotdefiníció kritérium hiánya miatt nem sikerül homogén pácienscsoportot, illetve tünetprofilot és fiziológiai háttérmechanizmust beazonosítani. A túl általános kritérium alkalmazása (pl. nemspecifikus fizikai tünetek EMF-nek tulajdonítása) hátráltathatja a „valódi” IEI-EMF személyek azonosítását, csökkentve ezzel a tanulmányok statisztikai erejét (Baliatsas, Kamp, és mtsai, 2012a).

Baliatsas és munkatársai (2012a) összefoglaló tanulmányukban az IEI-EMF tanulmányok kizárási kritériumait is megvizsgálták (ld. 2. táblázat).

1. táblázat. Az IEI-EMF témájában született kísérletes és leíró vizsgálatok során alkalmazott beválasztási kritériumok (Baliatsas és mtsai, 2012a, 16–17. o.)

IEI-EMF-azonosítási kritérium	Kísérletes vizsgálatok ( $n = 35$ )	Leíró, megfigyelő tanulmányok ( $n = 28$ )
Egyén észlelt EMF-(hiper)szenzitivitása (önbeszámoló)	14	16
Nemspecifikus testi tünetek EMF-attribúciója (legalább egy EMF forrás megjelölése)	13	12
A tünetek az expozíció észlelését követő 24 órán belül jelentkeznek	10	3
Magas pontszám az alkalmazott tünetlistán	6	NA
Mindennapos funkcionálást korlátozó állapot	2	2

Megjegyzés: NA = nem alkalmazták.

2. táblázat. Az IEI-EMF témájában született kísérletes és leíró vizsgálatok során alkalmazott kizárási kritériumok előfordulási gyakorisága (Baliatsas és mtsai, 2012a, 10–15. o.)

Kizárási kritérium	Kísérletes vizsgálatok ( $n = 35$ )	Leíró, megfigyelő tanulmányok ( $n = 28$ )
Tünetekért felelőssé tehető szomatikus vagy pszichiátriai/pszichológiai zavar diagnózisa	20	6
Folyamatban levő szomatikus vagy pszichiátriai kezelés	8	2
Várandósság	5	1
Súlyos múltbeli testi sérülés	3	NA/NJ
Dohányzás	2	NA/NJ

Megjegyzés: NA/NJ = nem alkalmazták vagy nem jelölték.

Mivel az IEI-EMF állapota gyakran jár együtt pszichológiai/pszichiátriai zavarokkal (pl. depresszió, szorongás) (Landgrebe és mtsai, 2008; Rubin és mtsai, 2008; Tseng és mtsai, 2011), így ezt kizárási kritériumként alkalmazni nem célszerű, hiszen ezáltal nagy valószínűséggel elveszítjük az általunk vizsgálni kívánt populáció egy jelentős részét – mégis az esetek nagy részében a komorbid pszichiátriai zavartól szenvedő alanyok kizárára kerülnek. Hasonlóan gyakori velejárái az IEI-EMF-nek a krónikus szomatikus megbetegedések (Eltiti, és mtsai, 2007b). Ez utóbbiak esetében szintén igen nehézkes az elméleti alapú elkülönítése annak, hogy a vizsgálati populációba mely orvosi kondíciók kerülhetnek beválogatásra vagy kizárára – ezért a komorbid krónikus betegséggel bíró személyek kizárása módszertanilag szintén nem feltétlenül jó döntés. Ugyanakkor ellehetetleníti az IEI-EMF kauzális faktorainak vizsgálatát az, ha a tünetekért felelőssé tehető egyéb patológiai folyamatok (pl. szomatoform és szorongásos zavarok) kivizsgálásának mellőzésével olyan egyének is bekerülnek az IEI-EMF mintába, akik esetében egyéb szervi vagy pszichológiai zavar szolgál magyarázatul a tünetekre (Baliatsas, Kamp, és mtsai, 2012a). Különösen fontos figyelembe venni ezt a szempontot a kémiai ágenseknek tulajdonított idiopátiás környezeti intoleranciával küzdő betegeknél, mivel egyes vizsgálatok szerint akár az esetek 39%-ában pszichiátriai zavarral, 23%-ában szomatikus állapotokkal, 19%-ában pedig a kettő keverékével megfelelően magyarázhatóak a kémiai anyagoknak tulajdonított tünetek (Bornschein és mtsai, 2002). Brand és munkatársai (2009) interdiszciplináris vizsgálatában pedig a kémiai ágenseknek tulajdonított idiopátiás környezeti intoleranciától szenvedő páciensek tüneteinek kb. 50%-a mögött állt pszichiátriai ok (Brand és mtsai, 2009).

A problémát jól illusztrálja a paranoid ideáció és az elektroszenzitivitás újabbban megerősített kapcsolata (Kjellqvist és mtsai, 2016; Szemerszky és mtsai, 2021). A legtöbb vizsgálatból a súlyosabb paranoid tendenciákat mutató személyeket kiszűrjük, hiszen a valósággal való kapcsolatuk jelentős mértékben sérül. Ugyanakkor ezzel a döntéssel a fürdővízzel együtt a gyereket is kiöntik, hiszen az IEI-EMF jelenségének egyik jellemzője éppen a külső fenyegetettség érzése, ami nagyon ellenáll az ennek ellentmondó bizonyítékokkal és racionális megfontolásokkal szemben.

### 3.3. Laboratóriumi provokációs vizsgálatok

Az IEI-EMF kauzális hátterének vizsgálatára leggyakrabban kettős vak (vagy egyes vak) provokációs laboratóriumi vizsgálatokat alkalmaznak. Ezek során a résztvevőket véletlenszerű sorrendben, alacsony erősségű, valódi elektromágneses mezőnek, illetve ál-EMF-expozíciónak teszik ki, majd

azt vizsgálják, hogy a résztvevők mekkora sikerrel képesek megkülönböztetni a valós mezőt az álmezőtől (szenzibilitási képesség) (Leitgeb, Cech, & Schröttner, 2008). A tünetek és az EMF-expozíció közötti kapcsolat (szenzitivitás) vizsgálata módszertanilag nehezebben kivitelezhető, különösen a hosszan tartó expozíciók során kialakuló vagy nagy latenciáidővel fellépő hatások vizsgálata, valamint a tünetátvitel (*carry over hatás*) kiküszöbölése jelent kihívást (Dieudonné, 2020; Ledent és mtsai, 2020; Seitz és mtsai, 2005).

### 3.3.1. A tünetek megjelenését és az EMF-expozíció érzékelését tanulmányozó provokációs vizsgálatok

Számos tanulmánnyal találkozhatunk a szakirodalomban, melyek az IEI-EMF-személyek szenzitivitását (észlelt tünetek és az EMF-expozíció közötti kauzális kapcsolat) és szenzibilitását (EMF-expozíció detektálási képesség) vizsgálják. Tekintve, hogy az elektromágneses expozíció jellegétől függően elméletileg is eltérő fiziológiai hatásokra számíthatunk a különböző frekvenciatartományú kitétségek esetén, ezért a bemutatásra kerülő provokációs vizsgálatokat az alkalmazott elektromágneses kitétség jellege szerint csoportosítottuk és vesszük sorra.

#### 3.3.1.1. Extrém alacsony frekvenciájú elektromos és mágneses terekkel dolgozó vizsgálatok (ELF-EMF expozíció, 0–300 Hz)

A vizuális megjelenítő egységekkel (visual display unit, VDU) kapcsolatos aggodalmak miatt a korai provokációs tanulmányok vizsgálati középpontjában a VDU-k álltak. 1982 és 2000 között 13 tanulmány született ezzel kapcsolatban (Rubin és mtsai, 2005), kettő esetében találtak gyenge kapcsolatot a tünetek és az expozíció között, azonban az eredményeket vagy nem sikerült megismételni (Oftedal és mtsai, 1995, 1999), vagy azok valamilyen módszertani hibára (pl. korrekció hiánya többszörös összehasonlításakor) voltak visszavezethetők (Sjöberg & Hamnerius, 1995).

Nagy figyelmet váltott ki és tovább erősítette az elektrohiperszenzitivitással kapcsolatos hiedelmeket Rea és munkatársai (1991) vizsgálata. A szerzők 16 olyan EHS és többszörös kémiai szenzitivitással rendelkező személyt azonosítottak, akik a mágneses mező jelenléte esetén konzekvensen tüneteket mutattak. Azonban vizsgálatukat számos kritika érte a résztvevők kiválasztása, az expozíció reprodukálhatósága és a vaksági kritérium sérülése miatt (Leitgeb, 2009). A pozitív eredményeket ugyanez a kutatócsoport nem tudta megismételni egy későbbi vizsgálatban (Wang és mtsai, 1994).

Kutatócsoportunk egy korábbi, szignáldetekciós módszerrel végzett vizsgálatában az IEI-EMF személyek a véletlenszerűenél jobban detektálták

az 50 Hz-es, 0,5 mT intenzitású mágneses mezőt (Köteles és mtsai, 2013). Az eredmények reprodukálása érdekében módosított protokollal megismételtük a vizsgálatot, amelynek eredményei szerint – még ha jelen is van a véletlenszerűnél kicsit magasabb detekciós képesség – az IEI-EMF személyek tüneteinek megjelenése nem a mező valós jelenlétéhez, hanem annak vélt jelenlétéhez kapcsolódik (Szemerszky, Gubányi, és mtsai, 2015).

### 3.3.1.2. Rádiófrekvenciás elektromágneses közeltér expozícióval dolgozó vizsgálatok (RF, 100 kHz–300 GHz, a sugárzás forrása egy hullámhossznál kisebb távolságra van)

Mobiltelefon-készülékekre jellemző frekvenciatartományt (többnyire GSM sávokban) használtak a közeltér expozíciókat alkalmazó vizsgálatok, maximum 2 W/kg SAR csúcértékkel (Röösli, Frei, Mohler, & Hug, 2010; Röösli & Hug, 2011). Összességében az eredmények alapján az expozíció nem volt hatással az IEI-EMF személyek tüneteire, csupán elszórtan találtak néhány tanulmánynál expozíciós hatást (Hillert és mtsai, 2008; Kim és mtsai, 2008), de ezekre módszertani sajátosságok is magyarázatul szolgálhattak (pl. az EHS és kontroll személyek összehasonlíthatóságával kapcsolatos problémák) (Rubin és mtsai, 2005, 2010). Rubin és munkatársai (2006) 60 fő elektrohiperszenzitív és 60 fő kontrollszemély közreműködésével vizsgálták az 50 percig tartó 900 MHz-es GSM jel és ál-mező tünet- és EMF-észlelésre gyakorolt hatását. Kettős vak provokációs vizsgálatuk eredménye szerint a 900 MHz GSM expozíció nem befolyásolta a tünetek megjelenését, mivel a tünetek súlyossága nemcsak a valós, hanem az ál-expozíciók során is nőtt. A szerzők szerint ez a nocebohatás szerepét mutathatja, így ők a jelenség etiológiája mögött álló pszichológiai faktorok jelentőségét hangsúlyozzák. Hasonló eredményt kapott egy japán kutatócsoport, akik mobiltelefonhoz köthető tünetekkel rendelkező résztvevőket vizsgáltak. Az érzékeny csoport a valós és ál-mező kondíciók esetében is nagyobb diszkomfort érzésről számolt be, több tünetet detektált, valamint nem érzékelte a kontrollnál megbízhatóbban a mező jelenlétét (Furubayashi és mtsai, 2009).

Rubin és munkatársai több összefoglaló tanulmányban (2005, 2010) tekintették át, hogy vak feltételek mellett az IEI-EMF személyek képesek-e jobban detektálni az elektromágneses terek jelenlétét a kontroll résztvevőknél, vagy megnövekedett tünetszámmal reagálnak-e a gyenge EMF-expozíció jelenlétére. 2005-ös szisztematikus összefoglalójukban a vizsgált 31 tanulmányból 7 esetében találtak a sugárzáshoz kapcsolható, a tünetek súlyosságában megnyilvánuló szignifikáns hatást. Ebből a hét publikációból három fontos statisztikai módszertani hiányosságok jellemeztek, 2 vizsgálat eredményét nem sikerült reprodukálni, a maradék kettő eredményei pedig ellentmondásosak voltak. 2010-ben összefoglalójukat kiegészítették

további 15 publikációval, az összegzett 46 vizsgálatban összesen 1175 fő IEI-EMF alany vett részt. A tizenöt új tanulmányból hét mutatott IEI-EMF résztvevők esetén expozícióhoz köthető hatást (Rubin és mtsai, 2010), azonban ezekre a szerzők vagy módszertani magyarázattal szolgáltak (első fajú statisztikai hiba, többszörös tesztelés (Augner és mtsai, 2009; Hillert és mtsai, 2008), a vaksági kritérium sérülése (Eltiti és mtsai, 2007a), vagy csupán az IEI-EMF alanyok fokozott EMF-jelenlét észlelési tendenciája tükröződött az eredményekben (nem pedig a detektálás pontossága) (Frick és mtsai, 2005; Kim és mtsai, 2008; Landgrebe és mtsai, 2008). A 2005-ös összefoglalóban leírtakhoz képest több új publikáció is ellentmondásos eredménnyel zárult: egy vizsgálat sikertelenül próbálta megismételni azt a pozitív eredményt, miszerint az IEI-EMF résztvevők nagyobb tünetszámmal reagáltak a mobiltelefon bázisállomás expozícióra (Zwamborn és mtsai, 2003). Valamint ellentétben Mueller és munkatársai (2000) vizsgálatával (ahol az éjszakai magasabb szintű EMF-expozíció ébredéskor szignifikánsan magasabb örömmel és arousalszinttel járt), Leitgeb és munkatársai (2008) nem találtak a szubjektív alvásparaméterekben megmutatkozó, váltakozó mezőerőségek következtében bekövetkező változást (Leitgeb, Schröttner, és mtsai, 2008).

### 3.3.1.3. Rádiófrekvenciás elektromágneses távotér expozícióval dolgozó vizsgálatok (RF, 100 kHz–300 GHz, a sugárzás forrása egy hullámhossznál nagyobb távolságra van)

Röösli és munkatársai (2010) szisztematikus összefoglalóban vizsgálták a mobiltelefon bázisállomások egészségre gyakorolt hatását. Öt randomizált laboratóriumi és tizenkét epidemiológiai tanulmányt foglaltak össze, amelyek többsége az észlelt (szubjektív) nonspecifikus tüneteket vizsgálta. A távotér expozíciókkal dolgozó provokációs vizsgálatok túlnyomórészt GSM900, GSM1800 és UMTS frekvenciatartományokat alkalmaztak (1 és 10 V/m közötti térerőségekkel).

Eredményeik szerint a laborvizsgálatok és az epidemiológiai tanulmányok többsége nem talált kapcsolatot a mobiltelefon bázisállomás sugárzás (GSM900, GSM1800 vagy UMTS frekvenciatartomány) és az expozíció során vagy röviddel azt követően jelentkező tünetek között (Röösli és mtsai, 2010). A randomizált laboratóriumi vizsgálatok során elszórtan megfigyelt kapcsolatok nem mutattak a tünetek vagy a sugárzás típusa vonatkozásában konzisztens mintázatot. Három esetben kapcsolatot találtak az expozíció és tünetpontszámok között (Eltiti és mtsai, 2007a; Riddervold és mtsai, 2008; Zwamborn és mtsai, 2003), azonban ezek az eredmények módszertani problémákkal is magyarázhatók voltak (pl. az EHS és kontrollszemélyek eltérő demográfiai jellemzői, az aktív és ál-mezők sorrendjének kiegyensúlyozatlansága, vagy a tünetpontszámok alapszintjei közötti különbségek).



A szerzők végkövetkeztetése szerint összességében elmondható, hogy minél kifinomultabb expozíciós körülményekkel dolgozott egy vizsgálat (minél pontosabb volt az expozíció mérése), annál valószínűtlenebb volt bármilyen hatás megjelenése, valamint feltételezhetően nincs összefüggés a 10 V/m-ig terjedő mobiltelefon bázisállomás expozíció és az akut tünetfejlődés között (Rösli és mtsai, 2010).

Számos provokációs vizsgálat jutott tehát arra az eredményre, hogy az IEI-EMF alanyok a valós és ál-expozíciók során is megnövekedett diszkomfort érzésről és tünetekről számolnak be (ne felejtjük el, hogy a tünetek észlelése az IEI-EMF állapotának legfontosabb jellemzője). Azonban felmerülhet a kérdés, hogy vajon okozhat-e az elektromágneses mezőnek való kitettség olyan kismértékű élettani változásokat, amelyek az IEI-EMF személyek önjellemző mérésekor nem kerülnek felszínre, ám a fiziológia szintjén detektálhatóak. Ennek vizsgálatára szintén jó néhány olyan laboratóriumi provokációs vizsgálattal találkozhatunk, amelyek az IEI-EMF személyek EMF-expozícióra megjelenő fiziológiai és kognitív reakcióit mérte, a szenzitivitásra specifikusan jellemző, konzisztens mintázatot keresve.

### *3.3.2. Az objektíven mérhető fiziológiai változókat és kognitív teljesítményt tanulmányozó provokációs vizsgálatok*

Az IEI-EMF résztvevők fényre adott pupillareflexében bekövetkező változásról tudósítottak Rea és munkatársai a már korábban említett, nagy port kavart és (pl. vak kísérleti feltétel hiánya miatt) sokat kritizált vizsgálatukban, amelynek végső fázisában már csak azok a résztvevők vettek részt, akik előzőleg reagáltak a valós mezőre (0–500 kHz közötti expozíció), de nem reagáltak az ál-mezőre (Rea és mtsai, 1991).

Elti és munkatársai (2007a) kettős vak provokációs vizsgálatában az UMTS és GSM frekvenciatartományok nem voltak hatással az elektrohiperszenzitív résztvevők szívfrekvenciájára, bőrellenállására vagy pulzus-térfogatára. Az EMF-hiperszenzitív alanyok azonban a kognitív feladatok alatt általában magasabb bőr-vezetőképességet mutattak, ami a vegetatív idegrendszer szabályozásának általános kiegyensúlyozatlanságára utalhat. Ugyanezen szerzők későbbi kettős vak provokációs kísérletükben a mobiltelefon bázisállomás (GSM, UMTS) és ál-EMF-expozíció kognitív funkciókra (figyelem és észlelési-motoros sebesség, memória, munkamemória központi végrehajtó komponense) gyakorolt hatását vizsgálták elektrohiperszenzitív és illesztett kontroll személyeknél (Elti és mtsai, 2009). Eredményeik szerint sem a GSM, sem az UMTS jel rövid távú sugárzása nem hatott a kognitív változókra. Egy japán kutatócsoport vizsgálatában nem találtak különbséget a mobiltelefonokra érzékeny és kontrollalanyok vegetatív idegrendszeri funkcióiban (testhőmérséklet, szívfrekvencia, helyi

vérátáramlás) (Furubayashi és mtsai, 2009). Különbség volt azonban a két csoport reakcióidejében (EMF-túlérzékeny személyek esetében hosszabb reakcióidő), ám ez az EMF-expozíciótól független volt. Saját kettős vak provokációs vizsgálatainkban az 50 Hz-es ELF mágneses tér expozíció sem mutatott kapcsolatot a kontroll vagy IEI-EMF résztvevők vegetatív reakcióival (szívfrekvencia, szívfrekvencia-variabilitás, légzésfrekvencia) (Köteles és mtsai, 2013; Szemerszky és mtsai, 2015). Rubin és munkatársai 2011-es szisztematikus összefoglalójukban 29, olyan 2010-ig megjelent provokációs vizsgálatot dolgoztak fel, amelyek során az EHS résztvevőket minimum kétféle alacsony intenzitású EMF expozíciónak tették ki, és amelyekben minden egyes expozíció során legalább egy objektív kimeneti változót (fiziológiai vagy kognitív) mértek. A vegetatív idegrendszeri változókat tekintve egy tanulmány mutatott ki csökkent szívfrekvencia és vérnyomás értékeket a valós, rádiófrekvenciás expozíciónál az ál-EMF-expozícióhoz képest (Hietanen és mtsai, 2002). Ez a hatás azonban valószínűleg a próbák sorrendjének kiegyensúlyozatlansága miatt jelent meg (az álexpozíció mindig az első vagy második volt, így a valódi EMF kitettség idejére csökkent a stressz, ami tükröződött az alanyok élettani mutatóinak szintjén). A többi szívfrekvenciával ( $n = 12$ ), illetve vérnyomással ( $n = 6$ ) dolgozó provokációs vizsgálatnál nem találtak EMF-hatással összefüggő fiziológiai változást, valamint a keringési pulzustérfogot, testhőmérséklet, bőrellenállás, légzésfrekvencia, artériás oxigénszaturáció tekintetében sem találtak az IEI-EMF résztvevőkre jellemző, elektromágneses mezőhöz köthető változást (Rubin és mtsai, 2011).

A kognitív funkciók tekintetében 7 tanulmányból kettő esetében számoltak be IEI-EMF résztvevőknél megjelenő hatásról. Ezek közül egyik Trimmel és Schweiger (1998) vizsgálata, ahol csökkent vizuális figyelmet és észlelést figyeltek meg 50 Hz frekvenciájú mágneses mező hatására, egy másik tanulmányban pedig a téri memória javulása történt (Wiholm és mtsai, 2009). Az alváásra jellemző mutatókkal kapcsolatban a három vizsgált tanulmányból egy – rádiófrekvenciás sugárzás árnyékolásával dolgozó – vizsgálat nem talált EMF-hatásra utaló változást (Leitgeb, Schröttner, és mtsai, 2008), a két másik vizsgálat azonban EMF-hez köthető hatást mutatott ki (Rubin és mtsai, 2011). Egyik esetben az alanyok alvás alatt úgy helyezkedtek az ágyon, hogy az 50 Hz-es elektromágneses mezőt generáló forrástól minél távolabb legyenek – azonban ez az objektíven megfigyelhető változás nem volt összhangban a szubjektív, észlelt alvásminőséggel, mert az EMF sugárzásnak kitett éjszakák után az IEI-EMF résztvevők magasabb pontszámot adtak az öröm és éberség skálán, és gyakrabban hitték, hogy nem voltak sugárzásnak kitéve (Mueller és mtsai, 2002). Egy másik tanulmányban a rádiófrekvenciás sugárzás esetén rövidebb mélyalvási szakaszokat mutattak a vizsgálati résztvevők (IEI-EMF és kontroll személyek egyaránt) az EEG-felvételek elemzése alapján (Arnetz és mtsai, 2007).

Összességében a Rubin és munkatársai által összegzett 29 vizsgált tanulmányból 5 mutatott ki az EMF-expozíció hatására létrejövő szignifikáns fiziológiai vagy kognitív változást: csökkent szívfrekvenciát és vérnyomást (Hietanen és mtsai, 2002), megváltozott pupillás fényreflexet (Rea és mtsai, 1991), csökkent vizuális figyelmet és észlelést (Trimmel & Schweiger, 1998), jobb téri memóriát (Wiholm és mtsai, 2009), alvás alatt az EMF forrástól történő távolodó mozgást (Mueller és mtsai, 2002), valamint az EEG alvás alatti megváltozását (Arnetz és mtsai, 2007). Ezek a legtöbb esetben izolált eredmények voltak, megismételni nem sikerült őket, vagy nem kötődtek specifikusan csak az IEI-EMF-hez, így a szerzők szerint nem azonosítható olyan EMF-expozíció hatására megjelenő konzisztens mintázat, amely megfelelően jellemezhetné az IEI-EMF állapotát. Ezek alapján az IEI-EMF pácienseknél kimutatható, az átlagostól eltérő fiziológiai jellemzők nem az EMF-expozíció hatására alakulnak ki, azaz megromlott egészségüknek vélhetően nem az EMF-expozíció a fő okozója (Rubin és mtsai, 2011).

### 3.3.3. A provokációs vizsgálatok minősége és korlátai

A szakirodalomban számos, a kísérletes laboratóriumi vizsgálatokkal kapcsolatos bírálattal találkozhatunk (Dieudonné, 2020; Ledent és mtsai, 2020; Schmedchen és mtsai, 2019). Kérdéses, hogy ha valóban létező jelenség az IEI-EMF, vajon egyetlen specifikus frekvenciára, vagy bizonyos frekvenciatartományokra (pl. ELF, RF), esetleg egyéb specifikus EMF jelmintázatokra érzékenyek-e az IEI-EMF személyek. Ha ezt az alapvető tényt nem ismerjük, akkor azt sem lehet meghatározni, hogy a választott provokációs sugárzási kondíció megfelelő volt-e (Leitgeb, 2009). Kérdéses, hogy a feltételezett hatás egy bizonyos küszöb feletti expozíciós szintnél következik-e be, vagy – ahogyan azt számos IEI-EMF páciens gondolja – kumulatív módon kell számolni a testet érő expozíciókkal. Utóbbi esetében nemcsak az aktuális expozíciók nagyságát kellene figyelembe venni, hanem a lehetséges latenciaidő miatt a megelőző expozíciókat is (Seitz és mtsai, 2005).

Kérdéses a provokációs vizsgálatok ökológiai validitása is. A gondosan megtervezett, a külső elektromágneses tereket leárnyékoló helyiségek ugyan növelhetik az expozícióhoz kapcsolt hatás kimutatásának esélyét, de lehetséges, hogy kizárnak valamilyen fontos (eddig ismeretlen) szinergisztikus környezeti elemet is (Rubin és mtsai, 2010). Az is elképzelhető, hogy a kísérletek során alkalmazott EMF-generáló műszerekkel létrehozott expozícióból – ellentétben például a mobiltelefonok által keltett eredeti sugárzással – hiányozhatnak a hatás szempontjából fontos komponensek, amelyek esetleg elengedhetetlenek a tünetek kiváltásához. Az ál-expozíció alatt alacsony szintű szívárgás történhet az EMF-generátorból, ami érvénytelenítheti az összehasonlításokat. A laboratóriumi környezet okozta szo-

rongás szintén befolyásolhatja az eredményeket, továbbá a résztvevők a laborban vagy már a laborba vezető út során találkozhatnak olyan környezeti stimulussal, amely kiváltja a tüneteiket (Rubin és mtsai, 2010). A laboratóriumban alkalmazott expozíciós időtartamokat is kritikával illetik. Mivel tisztázatlan, hogy mennyi a minimum expozíciós idő, ami szükséges az EMF-függő reakció vagy tünetek megjelenéséhez (latenciaidő), és az egyéni beszámolók is igen eltérőek, ezért a vizsgálatok tervezésekor önkényesen választják meg az expozíciós időtartamokat: másodpercektől kezdve, órákon át, akár több napon keresztül expozíciós időtartamokig. Ugyanígy a regenerációs időtartamokat is önkényesen választják meg, a kimosódási idők (*wash out time*) a másodpercektől az óráig változhatnak, ami miatt a próbák közötti tünetátvitel (*carry over hatás*), téves riasztások jelenléte nem zárható ki (Ledent és mtsai, 2020; Leitgeb, 2009).

Rubin és munkatársai (2011) módszertani összegzése szerint az általuk vizsgált provokációs tanulmányok többsége megbízható volt abból a szempontból, hogy kettős vak, randomizált sorrendben alkalmazott, az alanyok által problémásnak tekintett frekvenciájú EMF-próbákkal dolgozott. A vizsgálatok vezetői általában igyekeztek csökkenteni a nem EMF-hez köthető, egyéb külső hatásokat (hőmérséklet, étrend), és mérni a háttér és ál-EMF sugárzás szintjét. Azonban több publikációval szemben hiányosságként fogalmazták meg, hogy nem szolgáltatott információt a résztvevők laborba érkezése előtti EMF-kitettségenek kontrollálásáról, a résztvevők EMF-nek tulajdonított tüneteinek típusáról és súlyosságáról, a kutatást támogató szervezetekről és annak finanszírozásáról. A szerzők szerint a negatív eredmények legkézenfekvőbb magyarázata az, hogy nincs kapcsolat az EMF kitettség és a fiziológiai reakciók között, azonban nem zárható ki, hogy módszertani hiányosságok miatt nem tudtak egyes vizsgálatok szignifikáns hatást kimutatni.

A laboratóriumi kísérletes vizsgálatok elrendezésükből fakadóan csak az EMF-expozíció akut, azonnali hatásait tudják vizsgálni, a hosszú távú expozíciós következményeket nem tudják felmérni (Dieudonné, 2020). Az epidemiológiai vizsgálatokhoz képest további hátrányuk a kis elemszám, ami miatt a nehezen észlelhető vagy csak ritkán fellépő hatások kimutatása nehézkes (Röösli, 2014; Seitz és mtsai, 2005).

Az IEI-EMF laboratóriumi vizsgálatát nehezíti, hogy gyakran jellemző az érintett személyekre a megromlott pszichológiai állapot, amelynek része lehet az EMF-vel kapcsolatos félelem. Az elektrohiperszenzitív állapottal együtt járó fiziológiai és pszichológiai jellemzőkről az összefoglalónk első részében olvashatnak bővebben (Dömötör, Köteles, & Szemerszky, 2022). A kísérletes expozíció okozta félelem, illetve a vizsgálat objektivitásával kapcsolatos kétségeik miatt sokan nem egyeznek bele a számukra ismeretlen laboratóriumi környezetben végzett vizsgálatokba (Seitz és mtsai, 2005).

A toborzási nehézségek miatt az IEI-EMF személyeket vizsgáló laboratóriumi tesztek elemszáma általában igen alacsony, egy összefoglaló tanulmány szerint 46 vizsgálat elemszámainak mediánja 19 fő volt (Rubin és mtsai, 2010). Habár lehetséges, hogy az alacsony mintaszámból eredő csökkent statisztikai erő miatt nem képesek a tanulmányok valós EMF-expozícióhoz köthető hatást kimutatni, azonban – lévén, hogy a szakirodalom eredményei nagyjából konzisztensek –, valószínűleg nem ez az oka annak, hogy a provokációs vizsgálatok nem támasztják alá az IEI-EMF bioelektromágneses elméletét (Rubin és mtsai, 2010). Egy 2008-as, öt tanulmány 180 fős, mobiltelefon-sugárzásra érzékeny résztvevőkből álló mintáit feldolgozó metaanalízis szintén nem mutatott ki sugárzáshoz kapcsolódó szignifikáns hatást (Rösli, 2008). Az elemszám növelését vagy széles körű hirdetések, toborzások alkalmazásával (pl. újságcikkeken keresztül, támogatócsoportok megcélzásával vagy orvosoknak kiküldött felhívásokkal) lehetne elérni, vagy a beválasztási kritériumok enyhítésével: olyan alanyok vizsgálatba engedésével, akik egészen különböző szubjektív tüneteket tapasztalnak, és az egészségkárosodás különböző szintjein vannak. Mindkét módszerre találhatunk példát a szakirodalomból, de mindkettőt erős kritika éri a minta heterogenitásának növelése miatt (Rubin és mtsai, 2010).

Az alkalmazott minták heterogenitását illetően lehetséges, hogy csak az IEI-EMF vizsgálatok résztvevőinek egy kis hányada érzékeny valóban az EMF-re, a nagy részük más, ezzel össze nem függő kondíciótól szenved, vagyis az eddigi vizsgálatokban nem (csak) az expozícióra valóban érzékeny egyéneket vizsgáltak (Rubin és mtsai, 2011). Ez azért is valószínűsíthető, mert a legtöbb tanulmány az érzékenység önbeszámolója alapján toborozza az önkénteseket, anélkül hogy bármilyen kvantitatív vagy fél-quantitatív azonosítási kritériumot alkalmaznának (Hillert és mtsai, 1999; Leitgeb, 2009). Különösen fontos ez a szempont azoknál a résztvevőknél, akik felhívásra, pénzbeli kompenzációért cserébe jelentkeznek vizsgálatra. Az inhomogén minta erősen rontja azon tanulmányok eredményeinek validitását, amelyek az IEI-EMF bioelektromágneses elméletének igazolásához csoportátlagra vagy általános válaszgyakoriságokra támaszkodnak. Ezen provokációs tanulmányok eredménye akár kétségbe is vonható (Leitgeb, 2009). Ugyanakkor számos vizsgálatban alkalmaztak olyan elrendezést, amely során úgy próbáltak a valódi expozíciót konzisztensen felismerő IEI-EMF személyt azonosítani, hogy résztvevőket ismételt (akár több száz expozíciós próba erejéig) tették ki valós és álexpozíciós mezőknek. Rubin és munkatársai 2010-es összefoglalójukban három ilyen tanulmányról számoltak be, amelyeknél egy-egy fő esetében 6-600 expozíciót alkalmaztak, azonban a szerzők elemzése szerint az IEI-EMF résztvevők ugyanolyan – közel véletlenszerű – arányban voltak képesek az expozíciós kondíciók megkülönböztetésre, mint az egészséges kontrollszemélyek (Rubin és mtsai, 2010).

Összességében tehát általános elvárás a laboratóriumi vizsgálatok kapcsán, hogy kettős vak módon, a próbák randomizálásával dolgozzanak, valamint az eredmények értelmezéséhez minimum egy tünetmentes kontrollcsoportot is alkalmazzanak. Továbbá fontos a környezeti háttérsugárzás és zaj kontrollálása, s – mivel a tünetek akár több napig fennállhatnak (Röösli és mtsai, 2004) – a tünetátviteli hatásokat tüneterősség alpmérésekkel kell kontrollálni, és a próbák között megfelelő hosszúságú szüneteket kell tartani. A kísérletes vizsgálat okozta stressz minimalizálása érdekében habituációs szakaszt kell biztosítani. Fontos további elem lehet az EMF-hez kapcsolódó tünetmegjelenés időzítése, ezért célszerű rákérdezni a beválasztás során, hogy a tünetek tipikusan az expozíció közben vagy röviddel utána jelentkeznek. Mivel feltételezhető, hogy az EMF-re adott reakció nagyon kismértékű, ezért fontos lenne a vizsgálatok során a minél magasabb elemszám (Rubin és mtsai, 2011).

Az újabb provokációs vizsgálatok közül több már ezen módszertani szempontok figyelembevételével zajlott. Ledent és munkatársai (2020) bevonták az IEI-EMF személyeket a vizsgálati eljárás megtervezésébe és számos módszertani újítást alkalmaztak: csökkentették a kísérleti helyzet szorongáskeltő természetét, egyénre szabták a protokollt (a tünetek, viselkedés és attribúciók alapján felmérték és figyelembe vették az elektrohiperszenzitív résztvevők érzékenységének súlyosságát, egyénileg határozták meg a próba- és pihenőszakaszok hosszát), a tesztek előtt validálták a résztvevők EMF expozícióra adott válaszát, mesterségesen generált EMF forrás helyett valós EMF források keverékét alkalmazták, az értékelés során pedig lehetővé tették mind az egyéni, mind a csoportszintű adatelemzést. Más vizsgálatokban a provokációs EMF létrehozását hordozható eszközökkel valósították meg kettős vak módon, így nem a szorongáskeltő laboratóriumi helyzet során, hanem a személyek saját otthonában végezhetők a mérések (van Moorselaar és mtsai, 2017; Verrinder, Loughran, Anderson, és mtsai, 2018). Szintén egyéni tünet-latenciaidőhöz igazították a próbák hosszát és egyéni szinten is elvégezték a statisztikai elemzéseket. Az eredmények azonban a korábbi vizsgálatokkal megegyezően alakultak: az IEI-EMF személyek ugyanúgy reagáltak a valós EMF expozícióra, mint az ál-próbákra.

### 3.4. Terepintervenció (field) vizsgálatok

A laboratóriumi provokációs vizsgálatok mellett több terep-intervenció vizsgálatot is végeztek, amelyek során az expozíciós eszköz ki- és bekapcsolásával, vagy árnyékoló berendezésekkel valósították meg a kontrollált expozíciós körülményeket a résztvevők természetes, mindennapos környezetében (Flodin és mtsai, 2000; Heinrich és mtsai, 2007; Leitgeb, Schröttner, és

mtsai, 2008; Oftedal és mtsai, 1995, 1999). Eredményeik szerint a 0,43 V/m nagyságig terjedő expozíció – ez az érték a GSM 900 frekvenciatartományban valamivel a hazai határérték (41,25 V/m) századrésze felett található (63/2004. (VII. 26.) ESzCsM rendelet, é. n.) – nem eredményezi a nem-specifikus fizikai tünetek számának növekedését (Röösli és mtsai, 2010).

### 3.5. Epidemiológiai, megfigyeléses (keresztmetszeti) vizsgálatok

A megfigyeléses epidemiológiai vizsgálatok nagy elemszámú minta vizsgálatát teszik lehetővé. További előnyük, hogy eredményeikből következtethetünk a hosszú távú (heteken, hónapokon, akár éveken keresztül tartó) expozíció hatásaira, és segítséget nyújtanak a további kutatási hipotézisek megfogalmazásában (Röösli, 2014; Seitz és mtsai, 2005). Hátrányuk viszont, hogy jellegükből adódóan az expozíció és a tünetek (vagy egyéb vizsgált mutatók) közti kauzális viszonyok felderítésére nem alkalmasak. Fokozottan igaz ez, ha a kimeneti változót a személyek szubjektív panaszai jelentik. Az IEI-EMF jelenségével kapcsolatos leíró, megfigyeléses vizsgálatok értelmezését két főbb korlátozó tényező nehezíti: a valid expozícióbecslés és az objektív kimeneti változók mérésének nehézsége. Az epidemiológiai tanulmányok által alkalmazott önjellemző mérőeszközök általában olyan tünetek jelenlétére kérdeznak rá, mint a fejfájás, alvási nehézségek, szédülés, fáradtság, koncentrációs nehézségek, bőrproblémák. A tünetekkel, panaszokkal és jólléttel kapcsolatos beszámolók azonban szubjektívek, nem feltétlen járnak együtt a tényleges fizikai állapot romlásával és gyakran a hangulattól és az egyéni jellemzőktől függenek (Röösli, 2014).

A leíró epidemiológiai vizsgálatok esetében a „valódi hatás” (pl. az EMF és bizonyos daganatos megbetegedések közötti esetleges kapcsolat) detektálásához fontos a megfelelő mintaméret, hiszen a kisebb elemszámú tanulmányok nem alkalmasak a ritka események (betegségek) kimutatására. Fontos lenne továbbá az expozíció pontos és megbízható becslése, ami nem csak a releváns metrikus információk (pl. kibocsátott mező frekvenciája, erőssége, EMF forrástól való távolság) hiánya miatt nehézkes, de ismeretlen a megbetegedések kifejlődéséhez szükséges időtartam, vagy az esetleges EMF-hatásra mutatott szenzitív periódus hossza is (Blettner & Merzenich, 2014). Az expozíció utólagos becslését nehezíti, hogy az expozíciós érték időben erősen változik (Ahlbom és mtsai, 2001). Az expozíció mértékének jellemzését vagy csak a résztvevők szubjektív becslésére támaszkodva, önbeszámolók alapján végzik (Sandström és mtsai, 2001), vagy objektív módszereket alkalmaznak és az expozíció nagyságát a geokódolt helyzet és a legközelebbi bázisállomás közötti távolságból becsülik (Blettner és mtsai, 2009), illetve helyszíni (spot) térerősség mérésekkel (Berg-Beckhoff és mtsai, 2009), személyi doziméterekkel (Thomas és mtsai, 2008), vagy expozíciót

becslő modellekkel (Mohler és mtsai, 2010) dolgoznak. A pontatlan EMF-expozíció meghatározása torzított eredményekhez vezet, az önbeszámoló alapján becsült expozícióval dolgozó tanulmányok jellemzően erősebb tünetképző hatást mutatnak ki, mint az objektív mérést alkalmazók (Baliatsas, Van Kamp, és mtsai, 2012b; Rösli és mtsai, 2010).

A lakossági RF-EMF-expozíció és nonspecifikus tünetek közötti lehetséges kapcsolatot több epidemiológiai tanulmány is vizsgálta egészséges (nem IEI) mintákon (Baliatsas, Van Kamp, és mtsai, 2012b; Rösli és mtsai, 2010), amelyek egy része prospektív kohorszvizsgálat volt (Frei és mtsai, 2012; Mohler és mtsai, 2012). Az ELF-EMF lehetséges hatásaival kapcsolatban korlátozottabb eredmények állnak rendelkezésre (Li és mtsai, 2002). A szisztematikus összefoglalók és metaanalízisek alapján nem bizonyított az expozíció és az akut vagy krónikus tünetek közötti kapcsolat (Baliatsas, Van Kamp, és mtsai, 2012b; Rösli és mtsai, 2010).

Vizsgálták a(z) általában bázisállomás-eredetű) EMF-expozíció okozta egészségi hatásokat, kognitív funkciók megváltozását osztrák (Hutter és mtsai, 2006), egyiptomi (Abdel-Rassoul és mtsai, 2007) és német (Heinrich és mtsai, 2007; Thomas és mtsai, 2008) mintákon is. Egy tanulmány hasonlított össze az EHS és kontrollszemélyek jóllétét (wellbeing), ennek eredményei szerint az EMF-túlérzékeny személyek több alvási problémáról és egészségi panaszról számoltak be, de nem találtak az egészségi pontszámok mediánja között különbséget a bázisállomás-expozíciónak erőteljesebben és kevésbé kitett résztvevők között (Berg-Beckhoff és mtsai, 2009). Marc-Vergnes (2010) összefoglalója szerint ezek az epidemiológiai vizsgálatok zömmel bizonytalan és ellentmondásos eredményeket szültek, ami részben súlyos módszertani hiányosságokra vezethető vissza: a beválogatási feltételek pontatlan meghatározása, a hosszú távú EMF-expozíció mértékének megfelelő becslése (ez a hiányosság a személyes doziméterek használatával javulni látszik), vagy a nem megfelelő statisztikai elemzés.

A csoportszintű elemzésekkel dolgozó provokációs és epidemiológiai vizsgálatok mellett jellemzőek még az egyéni térerősségmérésekkel és változatos fiziológiai, pszichológiai mérésekkel kísért kutatások. Ezekkel számos, a korábban említett módszertani hiányosság (pl. az expozíció pontatlan becslése, laboratóriumi helyzet szorongáskeltő jellege, alacsony ökológiai validitás stb.) kiküszöbölhető, s lehetővé válik a jelenség multimodális vizsgálata.

### 3.6. Egyéni megfigyeléses vizsgálatok az 'Ecological Momentary Assessment' (EMA) módszerével

Az egyéni/személyes térerősségmérések során a résztvevők mindennapi életvitele közben történik az expozíciós adatok gyűjtése személyi doziméterek viselésével. Ez az eljárás sokkal pontosabb információt nyújt az expozí-



ció nagyságáról, mint ha azt tartózkodási hely, az EMF-forrástól való távolság vagy modellek alapján becsülnék. Mivel a viszonylag körülményes vizsgálat meglehetősen nagy elköteleződést igényel a vizsgálati személyek részéről, ezért általánosságban csak pár napos mérési időtartamok kivitelezhetők. További hátránya az ilyen méréseknek, hogy fennállhat annak a veszélye, hogy a résztvevők elfelejtik maguknál hordani a dozimétert, vagy azt szándékosan az expozíciós forráshoz közel helyezik, manipulálva ezzel a mérési eredményeket (Rööösl, 2014).

Lehetőség van az egyéni térerősségméréseket egész napos tünet- és hangulatnaplózással kísérrni. Az 'Ecological Momentary Assessment' („pillanatnyi környezeti mérés”) vizsgálat előnye, hogy nagy az ökológiai validitása, a megjelenő szubjektív panaszok és élettani változások az objektív elektromágneses jellemzők mentén vizsgálhatók, és nem kell számolni a visszaemlékezésből eredő pontatlanságokkal (Houtveen & Oei, 2007; Sweeney, 2013). Mindez az alanyok mindennapos környezetében, a laborkörülmények torzító hatása (pl. a kísérleti elrendezésből fakadó szorongás) nélkül történhet (Stone & Shiffman, 1994). Hátránya azonban, hogy a vizsgálat magas idő- és energiaráfordítást igényel mind a vizsgálat vezetői, mind a résztvevői részéről, ezért várhatóan nagyobb az alanyok lemorzsolódási aránya. A műszerek folyamatos viselése és a 1,5–2 óránkénti naplózás nagy kihívást jelent a résztvevőknek, így az erősen involvált alanyok nagyobb eséllyel hajlandók végigcsinálni egy ilyen viszonylag hosszadalmas vizsgálatot. További probléma lehet, hogy a vizsgálat következtében megnövekedhet az EMF-expozíció felé irányuló figyelem és tünetjelentés (Bogers és mtsai, 2013). Egy EMA vizsgálat protokollját mutatták be Bogers és munkatársai (2013), akik RF frekvenciatartományra érzékeny alanyok ötnapos nyomon követését tervezték a térerősséértékek, tünetek, vélt mágneses sugárzás és hangulat folyamatos detektálásával. Az öt évvel később megjelent tanulmányuk szerint méréseik nem vezettek konzisztens eredményekhez. A hét vizsgálati személyből négy esetben találtak szignifikáns összefüggést: a WIFI-expozíció valós és észlelt erőssége között, valamint a mobil bázisállomások általi expozíció (GSM és UMTS frekvenciatartományok) és a nemspecifikus fizikai tünetek száma/intenzitása között. Két személy esetében a kapcsolat pozitív irányú volt (tehát a magasabb térerősséértékek több tünete számmal jártak), két személy esetében azonban negatív (vagyis a nagyobb expozíciót alacsonyabb tünete számok jellemezték) (Bogers és mtsai, 2018). Bolte és munkatársai (2019) hasonló EMA protokollt alkalmazva 36 IEI-EMF résztvevőből csak egyetlen esetben mutattak ki statisztikailag szignifikáns összefüggést a WIFI-expozíciónak való kitettség és a tünetek intenzitása között. Kutatócsoportunk hasonló elrendezésű, ám átfogóbb protokollal végzett EMA vizsgálatot három súlyos életminőség-romlásról beszámoló IEI-EMF személlyel (Dömötör, Ruzsa, és mtsai, 2022; Dömötör, Szabolcs, és mtsai,

2022). A kevert kvalitatív és kvantitatív vizsgálat több lépcsőből állt, tartalmazott egy átfogó környezeti, pszichoszociális és klinikai felmérést, valamint több napon keresztül végzett térerősség- és élettani mérésekkel (szívfrekvencia és variabilitása) kísért tünet- és hangulatnaplózást. Az eredmények arra mutattak, hogy míg a háromból két vizsgálati személynél kognitív-affektív mechanizmusok állhatnak az elektrohiperszenzitív állapot mögött (paranoid tendenciákkal kísért prepszichotikus állapot, testi érzetekre irányuló figyelem megnövekedése, egészségsszorongás), addig a harmadik résztvevő esetében nem zárható ki a rádiófrekvenciás EMF-kitettség és tünetek közötti kapcsolat.

Az EMA terepvizsgálat nem új a viselkedéstudományi, epidemiológiai vizsgálatok, vagy a személyiség- és szociálpszichológia irodalmában (Moskowitz & Young, 2006; Schlicht és mtsai, 2013), az IEI-EMF jelenség vizsgálata során azonban csak pár esetben találkozhatunk hasonló vizsgálati elrendezéssel. Hasonlónak tekinthető még Persson és munkatársai (2008) tanulmánya, amelyben két héten keresztül követték nyomon a környezeti intoleranciával rendelkező pácienseket és kontrollszemélyeket a hangulat (stresszel és energizáltsággal kapcsolatos kérdőívek kitöltése napi kétszer), az alvásminőség (minden reggel), az aggodalom (minden reggel), az egészségi panaszok (minden este) és az elkerülő viselkedés (minden este) tekintetében. Továbbá meg kell említeni még egy svéd vizsgálatot, amely során IEI-EMF páciensek 24 órás EKG-monitorozása történt a mágneses mezőerősségek párhuzamos rögzítése és naplózás (tartózkodási helyszín, cselekvések) mellett (Sandström és mtsai, 2003).

Számos módszertani előnye miatt az EMA vizsgálat megfelelő lehet az IEI-EMF állapot multimodális felmérésére. Ez különösen előnyös azon kutatási eredményeket figyelembe véve, amelyek szerint az elektrohiperszenzitivitást meghatározó tényezők alapvető egyéni eltéréseket mutatnak, nincs egységesen megfigyelhető etiológia: egyes esetekben kognitív-affektív mechanizmusok állhatnak a háttérben, más esetekben azonban ezek nem mutathatók ki (Dömötör, Szabolcs, és mtsai, 2022). A jelenség pontosabb megismeréséhez, valamint a személyre szabott terápia kiválasztásához elengedhetetlen az EMA-hoz hasonló átfogó, multimodális felmérés.

#### 4. Kezelés, terápia

Azzal együtt, hogy nincs egyértelmű, vagy meggyőző bizonyíték az IEI-EMF biofizikai hátterének alátámasztására, kétségtelen tény, hogy az elektrohiperszenzitív személyek tünetei és szenvedésük valós, és nagymértékű életminőség-romlással járhat: az állandó, korlátozó tünetek mellett gyakori a munkahely elvesztése (Stenberg et al., 2002), az addigi lakóhely

feladása egy elektromosságtól mentes területért és a szociális izoláció. Az IEI-EMF prognózisa nem túl jó, az általános elektrohiperszenzitivitással küzdőknél jobb helyzetben vannak a felépülési esélyeket tekintve azok a páciensek, akik tüneteiket csupán egy attribúciós forrásnak tulajdonítják (pl. VDU-hoz kapcsolt bőrtünetek) (Stenberg és mtsai, 2002).

A WHO (2005) ajánlása szerint az EHS kezelésekor az EMF-expozíció csökkentésére helyezett fókusz helyett inkább a tünetekre és a klinikai képre kell helyezni a hangsúlyt. Szükséges a tünetekért potenciálisan felelőssé tehető bármilyen speciális kondíció (pl. pszichiátriai/pszichológiai zavarok) azonosítása, kezelése, valamint a tünetészlelésekhez kötött helyszín felmérése (munkahely és/vagy otthon) és a stressz csökkentése.

Az EMF-túlérzékeny személyek által kipróbált terápiák rendkívül változatosak. A finn Hagström és munkatársai (2013) kérdőíves felmérésére válaszoló EHS személyek által kipróbált terápiák számának átlaga 5,4-nek adódott – ezek közül számos a komplementer és alternatív orvoslás módszereiből került ki (pl. táplálkozással kapcsolatos megoldások, shiatsu, csontkovácsolás, reflexológia, homeopátia, akupunktúra stb.). Az EMF-túlérzékeny személyek szubjektív tapasztalatai alapján a leghatásosabb kezelésnek a következők bizonyultak: étrend megváltoztatása, táplálékkiegészítők használata és testmozgás növelése. Ezzel szemben a hivatalosan javasolt kezelési protokollok, mint a pszichoterápia és gyógyszeres kezelés, nem jelentettek hatékony segítséget számukra.

Az IEI-EMF kognitív viselkedésterápiával történő kezelésének elméleti célja, hogy megtörje az ördögi kört, amibe a páciens a tünetek okának felderítése és attributálása közben kerül. A jellemzően fennálló szorongás, tehetlenségérzet, maladaptív viselkedés (pl. elkerülés) és önbeteljesítő elvárások ugyanis a tünetek fennmaradásához és akár további tünetek keletkezéséhez vezetnek. A kognitív viselkedésterápia során a terapeuta segíti a klienst, hogy kétségbe vonja ezeket a fixálódott feltételezéseket, megpróbálja a tüneteire nem elektromágneses expozícióhoz kapcsolt értelmezéseket keresni, elsajátítson egy adaptívabb megküzdési módszert (Marc-Vergnes, 2010). A kognitív viselkedésterápia hatásosnak bizonyul az orvosilag megmagyarázatlan tünetek esetében, így feltételezhető, hogy az EMF-túlérzékeny személyeknél is hatékony segítség lehet alternatív megküzdési mechanizmusok elsajátításában (Rubin, Das Munshi, és mtsai, 2006; Van den Bergh és mtsai, 2021).

Rubin és munkatársai 2006-os összefoglalójukkal arra a következtetésre jutottak, hogy kevés jó minőségű, kettős vak, randomizált vizsgálat született az IEI-EMF terápiák hatásosságával kapcsolatban: kilenc tanulmányból mindössze három dolgozott kettős vak módszerrel és randomizációval (Rubin, Das Munshi, és mtsai, 2006). Az addigiak alapján az aktuálisan legjobb terápiás lehetőségnek a kognitív viselkedésterápiát találták, négyből

három tanulmány szerint szignifikáns javulást találtak a kezeletlen csoportokhoz képest. Egyes vizsgálatok szerint a kognitív viselkedésterápia azon betegeknek alkalmazható sikerrel, akik nem régóta szenvednek az IEI-EMF állapottól. Hatására fél évvel később is kisebb mértékű diszkomfort állapotról és szenzitivitásról számoltak be a kliensek (Hillert és mtsai, 1998). Ugyanezen terápiás módszer alkalmazhatóságát demonstrálták Frick és munkatársai (2002) kísérletes vizsgálatukban. Ugyanis az EMF-hez kapcsolt tünetek okozta szubjektív teher könnyen változtatható volt a magas szomatizációs hajlammal bíró egyéneknél, ha a tünetriport előtt más kognitív kontextusba helyezték őket (vignetta/címke módszerrel különböző egészségügyi kockázattal járó forgatókönyveket kellett elképzelniük a résztvevőknek, pl. súlyos közúti balesetet, atomreaktor balesetet, amiknek hatására kevesebb észlelt egészségi panaszt listáztak egy hónapra visszamenőleg).

Gyakoriak az IEI-EMF betegek körében az expozíció csökkentésére tett törekvések. Ez rövid távon jótékony hatású lehet a placebohatás mediáló szerepén keresztül, hosszú távon viszont veszélyessé válhat, mert erősíti az EMF-túlérzékenységgel kapcsolatos hiedelmeket, és elősegíti az attribúciós források generalizációját. Rubin és munkatársai (2011) szerint a kognitív viselkedésterápia alapelveit használva inkább bátorítani kell az érintetteket az alternatív, EMF-hez nem kapcsolódó tünetmagyarázatok keresésére (Rubin és mtsai, 2011). Azonban az EMF-túlérzékeny személyek szubjektív tapasztalatai ellentmondani látszanak az orvosok és kutatók szemléletének, egy kérdőíves felmérés során az EHS-es válaszadók 76%-a nyilatkozott úgy, hogy az EMF-expozíció elkerülése hozzájárult a teljes vagy részleges felépülésükhöz (Hagström és mtsai, 2013).

Szintén ellentmondás van az antioxidáns vitaminterápia és az akupunktúra tudományos vizsgálatok szerinti hatástalansága (Hillert és mtsai, 2001; Rubin, Das Munshi, és mtsai, 2006), és az EMF-túlérzékeny személyek ezen alternatív gyógymódokkal kapcsolatos személyes, pozitív tapasztalatai között (Arnetz és mtsai, 1995; Hagström és mtsai, 2013). Az akupunktúra esetében a valódi és placebokezelés is javulást okozott a környezeti megbetegedéssel bíró betegek állapotában (Arnetz és mtsai, 1995). Figyelembe véve továbbá Oftedal és munkatársai (1999) VDU-szűrővel végzett kettős vak, kontrollált vizsgálatát, amely szerint az expozíciót valójában nem csökkentő placebo-szűrő ugyanolyan hatékonynak bizonyult, mint az aktív EMF-szűrő, feltételezhető, hogy az IEI-k kezelése során az expozíció megszüntetésekor és az egyéb alternatív terápiás módszerek alkalmazásakor a nonspecifikus faktorok legalább olyan fontosak, mint maga a specifikus gyógymód (Hillert & Kolmodin-Hedman, 1997; Oftedal és mtsai, 1999). Specifikus terápiás hatás azonban sem az akupunktúra, sem az antioxidáns vitaminterápia során nem jelent meg (Rubin, Das Munshi, és mtsai, 2006).

A komplementer-alternatív gyógymódok erős nonspecifikus hatása, valamint az ezekkel járó társas támogatás és relaxáció pozitív hozadéka miatt a komplementer és alternatív orvoslás jó választás lehet azon EMF-túlérzékeny személyek számára, akik elutasítják a pszichológiai intervenció lehetőségét. Továbbá ezekkel a módszerekkel is illusztrálható számukra, hogy lehetséges a rövid távú tünetenyhülés az elektromos expozíció elkerülése nélkül is (Rubin, Das Munshi, és mtsai, 2006).

Egyes szerzők szerint a jelenség multifaktoriális etiológiája miatt a kezelés során a tünetekhez hozzájáruló összes lehetséges aspektust számításba kellene venni. Ennek érdekében szükség lenne specifikus kezelőcsoportok felállítására, ami az orvosi kivizsgálás mellett lehetővé teszi a környezet felmérését és a pszichológiai faktorok feltárását. Speciális esetet képeznek továbbá azok a betegek, akiknél hosszú idő óta fennáll az érzékenységi állapota: esetükben a régóta tartó szociális izoláció miatt a mindennapi funkcionálást segítő, szupportív terápiával érdemes kezdeni, és minden esetben fontos a személyek informálása az EMF biológiai hatásaival kapcsolatos, jelenlegi tudományos álláspontokról (Hillert & Kolmodin-Hedman, 1997).

## 5. Összegzés

Összefoglalónkban az elektromágneses tereknek tulajdonított idiopátiás környezeti intolerancia etiológiájával, vizsgálati módszereivel, kutatási nehézségeivel és terápiás lehetőségeivel kapcsolatos főbb kutatásokat összegeztük. A jelenség kialakulásával kapcsolatos etiológiai elméletek vagy az elektromágneses terek által aktivált élettani folyamatokat helyezik középpontba, vagy pszichológiai folyamatokkal (pl. nocebohatás, torzult figyelmi és attribúciós folyamatok) magyarázzák a tünetképzés jelenségét. Egyre elterjedtebb azonban az a nézet, miszerint az IEI-EMF jelenségének teljes megértéséhez a két megközelítés integrálására van szükség.

A leggyakrabban alkalmazott vizsgálati módszerek a provokációs laborvizsgálatok és az epidemiológiai felmérések, valamint egyre több az egyéni térerősségméréssel dolgozó terepvizsgálat is. A területen végzett vizsgálatok módszertani és minőségi szempontból is heterogének. A validált diagnosztikus kritérium és definíció hiánya miatt jellemző az eltérő összetételű vizsgálati minták alkalmazása, s további kritikaként felmerül a laborvizsgálatok alacsony ökológiai validitása is. A kutatási eredmények arra mutatnak, hogy az IEI-EMF személyek tünetei és fiziológiai jellemzői nem állnak kapcsolatban az elektromágneses kitettséggel. Azzal együtt azonban, hogy nincs egyértelmű vagy meggyőző bizonyíték az IEI-EMF bioelektromágneses/biofizikai hátterének alátámasztására, kétségtelen tény, hogy az érintett személyek tünetei és szenvedésük valós, az állapot nagymértékű élet-

minőség-romlással járhat. A terápiás lehetőségek közül biztató eredmények születtek a kognitív viselkedésterápia esetében, gyakori továbbá a komplementer és alternatív orvoslás módszereinek használata is.

## Köszönetnyilvánítás

A tanulmány a K 124132 sz. NKFIH pályázat és a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíja (BI/01045/16/2) támogatásával készült.

## Szerzői munkamegosztás

Dömötör Zsuzsanna készítette a kézirat első változatát. Köteles Ferenc a kézirat kiegészítését és javítását végezte. Szemerszky Renáta a kézirat kiegészítését és a végső változat kialakítását végezte.

## Nyilatkozat érdeklődésről

A szerzők ezúton kijelentik, hogy esetükben nem állnak fenn érdeklődések.

## Irodalom

- 63/2004. (VII. 26.) ESzCsM rendelet. (é. n.). 63/2004. (VII. 26.) ESzCsM rendelet – A 0 Hz-300 GHz közötti frekvenciatartományú elektromos, mágneses és elektromágneses terek lakosságra vonatkozó egészségügyi határértékeiről. Elérés: 2021. 07. 08-án: [https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=A0400063.ESC](https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0400063.ESC)
- Abdel-Rassoul, G., El-Fateh, O. A., Salem, M. A., Michael, A., Farahat, F., El-Batanouny, M., et al. (2007). Neurobehavioral effects among inhabitants around mobile phone base stations. *Neurotoxicology*, 28(2), 434–440.
- Ahlbom, A., Cardis, E., Green, A., Linet, M., Savitz, D., & Swerdlow, A. (2001). Review of the epidemiologic literature on EMF and Health. *Environmental Health Perspectives*, 109(S6), 911–933.
- Andersson, B., Berg, M., Arnetz, B. B., Melin, L., Langlet, I., & Lidén, S. (1996). A cognitive-behavioral treatment of patients suffering from "electric hypersensitivity". Subjective effects and reactions in a double-blind provocation study. *Journal of Occupational and Environmental Medicine / American College of Occupational and Environmental Medicine*, 38(8), 752–758.
- Andrianome, S., Hugueville, L., Seze, R. de, & Selmaoui, B. (2017). Increasing levels of saliva alpha amylase in electrohypersensitive (EHS) patients. *International Journal of Radiation Biology*, 93(8), 841–848.
- Arnetz, B. B. (1997). Technological stress: Psychophysiological aspects of working with modern information technology. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 23(3), 97–103.
- Arnetz, B. B., Akerstedt, T., Hillert, L., Lowden, A., Kuster, N., & Wiholm, C. (2007). EMF-Portal | The Effects of 884 MHz GSM Wireless Communication Signals on Self-reported Symptom and Sleep (EEG) – An Experimental Provocation Study. *Photonics and Electromagnetics Research Symposium Online*, 3(7), 1148–1150.

- Arnetz, B. B., Berg, M., Anderzén, I., Lundeberg, T., & Haker, E. (1995). A nonconventional approach to the treatment of “environmental illness”. *Journal of Occupational and Environmental Medicine / American College of Occupational and Environmental Medicine*, 37(7), 838–844.
- Augner, C., Florian, M., Pauser, G., Oberfeld, G., & Hacker, G. W. (2009). GSM base stations: Short-term effects on well-being. *Bioelectromagnetics*, 30(1), 73–80.
- Baliatsas, C., Van Kamp, I., Lebre, E., & Rubin, G. J. (2012a). Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF): A systematic review of identifying criteria. *BMC Public Health*, 12(1), 643. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-643>
- Baliatsas, C., Van Kamp, I., Bolte, J., Schipper, M., Yzermans, J., & Lebre, E. (2012b). Non-specific physical symptoms and electromagnetic field exposure in the general population: Can we get more specific? A systematic review. *Environment International*, 41, 15–28.
- Bansal, R. (2009). Say au revoir to cell phones? [AP-S Turnstile]. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 51(3), 152–152.
- Bansal, R. (2013). Nocebo: Reading this column may affect your health. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 55(6), 178–179.
- Bell, R. D., & Zlokovic, B. V. (2009). Neurovascular mechanisms and blood–brain barrier disorder in Alzheimer’s disease. *Acta Neuropathologica*, 118(1), 103–113.
- Belpomme, D., Campagnac, C., & Irigaray, P. (2015). Reliable disease biomarkers characterizing and identifying electrohypersensitivity and multiple chemical sensitivity as two etiopathogenic aspects of a unique pathological disorder. *Reviews on Environmental Health*, 30(4), 251–271.
- Belpomme, D., Hardell, L., Belyaev, I., Burgio, E., & Carpenter, D. O. (2018). Thermal and non-thermal health effects of low intensity non-ionizing radiation: An international perspective. *Environmental Pollution*, 242, 643–658.
- Berg, M. (1988). Skin problems in workers using visual display terminals. A study of 201 patients. *Contact Dermatitis*, 19(5), 335–341.
- Berg, M., Arnetz, B. B., Lidén, S., Eneroth, P., & Kallner, A. (1992). Techno-stress. A psychophysiological study of employees with VDU-associated skin complaints. *Journal of Occupational Medicine: Official Publication of the Industrial Medical Association*, 34(7), 698–701.
- Berg-Beckhoff, G., Blettner, M., Kowall, B., Breckenkamp, J., Schlehofer, B., Schmiedel, S., et al. (2009). Mobile phone base stations and adverse health effects: Phase 2 of a cross-sectional study with measured radio frequency electromagnetic fields. *Occupational and Environmental Medicine*, 66(2), 124–130.
- Berg-Beckhoff, G., Heyer, K., Kowall, B., Breckenkamp, J., & Razum, O. (2010). The views of primary care physicians on health risks from electromagnetic fields. *Deutsches Ärzteblatt International*, 107(46), 817–823.
- Bergqvist, U. (1984). Video display terminals and health. A technical and medical appraisal of the state of the art. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 10(2), 1–87. *The BioInitiative Report* (é. n.). [www.bioinitiative.org](http://www.bioinitiative.org). Elérés: 2021. július 8-án: <https://bioinitiative.org/>
- Blank, M., & Goodman, R. (1999). Electromagnetic fields may act directly on DNA. *Journal of Cellular Biochemistry*, 75(3), 369–374.
- Blank, M., & Goodman, R. (2009). Electromagnetic fields stress living cells. *Pathophysiology*, 16(2), 71–78.
- Blank, M., & Goodman, R. (2011). DNA is a fractal antenna in electromagnetic fields. *International Journal of Radiation Biology*, 87(4), 409–415.

- Blettner, M., & Merzenich, H. (2014). Introduction. In M. Rösli (Ed.), *Epidemiology of Electromagnetic Fields*. CRC Press.
- Blettner, M., Schlehofer, B., Breckenkamp, J., Kowall, B., Schmiedel, S., Reis, U., et al. (2009). Mobile phone base stations and adverse health effects: Phase 1 of a population-based, cross-sectional study in Germany. *Occupational and Environmental Medicine*, 66(2), 118–123.
- Bogers, R. P., Bolte, J. F. B., Houtveen, J. H., Lebet, E., Strien, R. T. van, Schipper, C. M. A., et al. (2013). Design of an ecological momentary assessment study of exposure to radiofrequency electromagnetic fields and non-specific physical symptoms. *BMJ Open*, 3(8), e002933. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2013-002933>
- Bogers, R. P., van Gils, A., Clahsen, S. C. S., Vercrujisse, W., van Kamp, I., Baliatsas, C., et al. (2018). Individual variation in temporal relationships between exposure to radiofrequency electromagnetic fields and non-specific physical symptoms: A new approach in studying „electrosensitivity”. *Environment International*, 121(1), 297–307.
- Bolte, J. F. B., Clahsen, S., Vercrujisse, W., Houtveen, J. H., Schipper, C. M. A., van Kamp, I., et al. (2019). Ecological momentary assessment study of exposure to radiofrequency electromagnetic fields and non-specific physical symptoms with self-declared electrosensitives. *Environment International*, 131, 104948. DOI: 10.1016/j.envint.2019.104948
- Bornschein, S., Hausteiner, C., Zilker, T., & Förstl, H. (2002). Psychiatric and somatic disorders and multiple chemical sensitivity (MCS) in 264 „environmental patients”. *Psychological Medicine*, 32(8), 1387–1394.
- Brand, S., Heller, P., Bircher, A. J., Braun-Fahrlander, C., Huss, A., Niederer, M., et al. (2009). Patients with environment-related disorders: Comprehensive results of interdisciplinary diagnostics. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 212(2), 157–171.
- Bräscher, A.-K., Raymaekers, K., Van den Bergh, O., & Witthöft, M. (2017). Are media reports able to cause somatic symptoms attributed to WIFI radiation? An experimental test of the negative expectation hypothesis. *Environmental Research*, 156, 265–271.
- Carpenter, D. O. (2015). The microwave syndrome or electro-hypersensitivity: Historical background. *Reviews on Environmental Health*, 30(4), 217–222.
- Choi, S. B., Kwon, M. K., Chung, J. W., Park, J. S., Chung, K., & Kim, D. W. (2014). Effects of short-term radiation emitted by WCDMA mobile phones on teenagers and adults. *BMC Public Health*, 14(1), 438. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-438>
- Dasdag, S., Akdag, M. Z., Kizil, G., Kizil, M., Cakir, D. U., & Yokus, B. (2012). Effect of 900 MHz Radio Frequency Radiation on Beta Amyloid Protein, Protein Carbonyl, and Malondialdehyde in the Brain. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 31(1), 67–74.
- Devriese, S., Winters, W., Stegen, K., Van Diest, I., Veulemans, H., Nemery, B., et al. (2000). Generalization of acquired somatic symptoms in response to odors: A pavlovian perspective on multiple chemical sensitivity. *Psychosomatic Medicine*, 62(6), 751–759.
- Diem, E., Schwarz, C., Adlkofer, F., Jahn, O., & Rüdiger, H. (2005). Non-thermal DNA breakage by mobile-phone radiation (1800MHz) in human fibroblasts and in transformed GFSH-R17 rat granulosa cells in vitro. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 583(2), 178–183.
- Dieudonné, M. (2016). Does electromagnetic hypersensitivity originate from nocebo responses? Indications from a qualitative study. *Bioelectromagnetics*, 37(1), 14–24.
- Dieudonné, M. (2019). Becoming electro-hypersensitive: A replication study. *Bioelectromagnetics*, 40(3), 188–200.
- Dieudonné, M. (2020). Electromagnetic hypersensitivity: A critical review of explanatory hypotheses. *Environmental Health*, 19(48). <https://doi.org/10.1186/s12940-020-00602-0>



- Dömötör, Z., Doering, B. K., & Köteles, F. (2016). Dispositional aspects of body focus and idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF). *Scandinavian Journal of Psychology, 57*(2), 136–143.
- Dömötör, Z., Köteles, F., & Szemerszky, R. (2022). Az elektromágneses tereknek tulajdonított idiopátiás környezeti intolerancia (IEI-EMF) jelensége az érintettek szemszögéből. *Mentálhigiéné és Pszichoszomatika, 23*(2), 158–192.
- Dömötör, Z., Ruzsa, G., Thuróczy, G., Necz, P. P., Nordin, S., Köteles, F., et al. (2022). *An idiographic approach to idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF) Part II. Ecological momentary assessment of three individuals with severe IEI-EMF. Heliyon, 8*(5), e09421. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09421>
- Dömötör, Z., Szabolcs, Z., Bérdi, M., Witthöft, M., Köteles, F., & Szemerszky, R. (2022). *An idiographic approach to idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF) part I. Environmental, psychosocial and clinical assessment of three individuals with severe IEI-EMF. Heliyon, 8*(7), e09987. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09987>
- Dömötör, Z., Szemerszky, R., & Köteles, F. (2019). Nature relatedness is connected with modern health worries and electromagnetic hypersensitivity. *Journal of Health Psychology, 24*(12), 1756–1764.
- Eltiti, S., Wallace, D., Ridgewell, A., Zougkou, K., Russo, R., Sepulveda, F., et al. (2009). Short-term exposure to mobile phone base station signals does not affect cognitive functioning or physiological measures in individuals who report sensitivity to electromagnetic fields and controls. *Bioelectromagnetics, 30*(7), 556–563.
- Eltiti, S., Wallace, D., Ridgewell, A., Zougkou, K., Russo, R., Sepulveda, F., et al. (2007a). Does short-term exposure to mobile phone base station signals increase symptoms in individuals who report sensitivity to electromagnetic fields? A double-blind randomized provocation study. *Environmental Health Perspectives, 115*(11), 1603–1608.
- Eltiti, S., Wallace, D., Zougkou, K., Russo, R., Joseph, S., Rasor, P., et al. (2007b). Development and evaluation of the electromagnetic hypersensitivity questionnaire. *Bioelectromagnetics, 28*(2), 137–151.
- Esmekaya, M. A., Ozer, C., & Seyhan, N. (2011). 900 MHz pulse-modulated radiofrequency radiation induces oxidative stress on heart, lung, testis and liver tissues. *General Physiology and Biophysics, 30*(1), 84–89.
- Flodin, U., Seneby, A., & Tegenfeldt, C. (2000). Provocation of electric hypersensitivity under everyday conditions. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 26*(2), 93–98.
- Foster, K. R., & Rubin, G. J. (2014). Allergic to technology: Ethics and the “electrically hypersensitive” individual. *Ethics in Biology, Engineering and Medicine: An International Journal, 5*(1), 39–50.
- Frei, P., Mohler, E., Braun-Fahrlander, C., Fröhlich, J., Neubauer, G., Röösli, M., et al. (2012). Cohort study on the effects of everyday life radio frequency electromagnetic field exposure on non-specific symptoms and tinnitus. *Environment International, 38*(1), 29–36.
- Frick, U., Kharraz, A., Hauser, S., Wiegand, R., Rehm, J., Kovatsits, U. von, et al. (2005). Comparison perception of singular transcranial magnetic stimuli by subjectively electrosensitive subjects and general population controls. *Bioelectromagnetics, 26*(4), 287–298.
- Frick, U., Rehm, J., & Eichhammer, P. (2002). Risk perception, somatization, and self report of complaints related to electromagnetic fields – A randomized survey study. *International Journal of Hygiene and Environmental Health, 205*(5), 353–360.
- Furtado-Filho, O. V., Borba, J. B., Maraschin, T., Souza, L. M., Henriques, J. A. P., Moreira, J. C. F., et al. (2015). Effects of chronic exposure to 950 MHz ultra-high-frequency

- electromagnetic radiation on reactive oxygen species metabolism in the right and left cerebral cortex of young rats of different ages. *International Journal of Radiation Biology*, 91(11), 891–897.
- Furubayashi, T., Ushiyama, A., Terao, Y., Mizuno, Y., Shirasawa, K., Pongpaibool, P., et al. (2009). Effects of short-term W-CDMA mobile phone base station exposure on women with or without mobile phone related symptoms. *Bioelectromagnetics*, 30(2), 100–113.
- Gangi, S., & Johansson, O. (2000). A theoretical model based upon mast cells and histamine to explain the recently proclaimed sensitivity to electric and/or magnetic fields in humans. *Medical Hypotheses*, 54(4), 663–671.
- Grassi, C., D'Ascenzo, M., Torsello, A., Martinotti, G., Wolf, F., Cittadini, A., et al. (2004). Effects of 50 Hz electromagnetic fields on voltage-gated Ca<sup>2+</sup> channels and their role in modulation of neuroendocrine cell proliferation and death. *Cell Calcium*, 35(4), 307–315.
- Haanes, J. V., Nordin, S., Hillert, L., Witthöft, M., van Kamp, I., van Thriel, C., et al. (2020). "Symptoms associated with environmental factors" (SAEF) – Towards a paradigm shift regarding "idiopathic environmental intolerance" and related phenomena. *Journal of Psychosomatic Research*, 131, 109955. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2020.109955>
- Hagström, M., Auranen, J., & Ekman, R. (2013). Electromagnetic hypersensitive Finns: Symptoms, perceived sources and treatments, a questionnaire study. *Pathophysiology: The Official Journal of the International Society for Pathophysiology / ISP*, 20(2), 117–122.
- Health Canada (2015). Safety code 6: Limits of human exposure to radiofrequency electromagnetic energy in the frequency range from 3 kHz to 300 GHz. Consumer and Clinical Radiation Protection Bureau. Elérés: 2022.01.27-én: [https://collectiveactionquebec.com/uploads/8/0/9/7/80976394/exhibit\\_r-65\\_safety\\_code\\_6\\_2015.pdf](https://collectiveactionquebec.com/uploads/8/0/9/7/80976394/exhibit_r-65_safety_code_6_2015.pdf)
- Heinrich, S., Ossig, A., Schlittmeier, S., & Hellbrück, J. (2007). Elektromagnetische Felder einer UMTS-Mobilfunkbasisstation und mögliche Auswirkungen auf die Befindlichkeit-eine experimentelle Felduntersuchung. *Umweltmedizin in Forschung und Praxis*, 12(3), 171–180.
- Hietanen, M., Hämäläinen, A.-M., & Husman, T. (2002). Hypersensitivity symptoms associated with exposure to cellular telephones: No causal link. *Bioelectromagnetics*, 23(4), 264–270.
- Hillert, L., Akerstedt, T., Lowden, A., Wiholm, C., Kuster, N., Ebert, S., et al. (2008). The effects of 884 MHz GSM wireless communication signals on headache and other symptoms: An experimental provocation study. *Bioelectromagnetics*, 29(3), 185–196.
- Hillert, L., Berglind, N., Arnetz, B. B., & Bellander, T. (2002). Prevalence of self-reported hypersensitivity to electric or magnetic fields in a population-based questionnaire survey. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 28(1), 33–41.
- Hillert, L., Hedman, B. K., Söderman, E., & Arnetz, B. B. (1999). Hypersensitivity to electricity: Working definition and additional characterization of the syndrome. *Journal of Psychosomatic Research*, 47(5), 429–438.
- Hillert, L., Kolmodin Hedman, B., Dölling, B. F., & Arnetz, B. B. (1998). Cognitive behavioural therapy for patients with electric sensitivity – A multidisciplinary approach in a controlled study. *Psychotherapy and Psychosomatics*, 67(6), 302–310.
- Hillert, L., & Kolmodin-Hedman, B. (1997). Hypersensitivity to electricity: Sense or sensibility? *Journal of Psychosomatic Research*, 42(5), 427–432.
- Hillert, L., Kolmodin-Hedman, B., Eneroth, P., & Arnetz, B. B. (2001). The effect of supplementary antioxidant therapy in patients who report hypersensitivity to electricity: A randomized controlled trial. *Medscape General Medicine*, 3(2), 11.
- Holmström, K. M., & Finkel, T. (2014). Cellular mechanisms and physiological consequences of redox-dependent signalling. *Nature Reviews. Molecular Cell Biology*, 15(6), 411–421.

- Houtveen, J. H., & Oei, N. Y. L. (2007). Recall bias in reporting medically unexplained symptoms comes from semantic memory. *Journal of Psychosomatic Research*, 62(3), 277–282.
- Huang, P.-C., Li, K.-H., & Guo, H.-R. (2017). Association between media coverage and prevalence of idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic field in Taiwan. *Environmental research*, 161, 329–335.
- Huss, A., & Rössli, M. (2006). Consultations in primary care for symptoms attributed to electromagnetic fields – A survey among general practitioners. *BMC Public Health*, 6, 267. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-6-267>
- Hutter, H.-P., Moshhammer, H., Wallner, P., & Kundi, M. (2006). Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations. *Occupational and Environmental Medicine*, 63(5), 307–313.
- IARC (2002). *IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields.* (Vol. 80.) IARC.
- IARC (2011). *Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields.* Elérés: 2022. 01. 27-én: [www.thelancet.com/oncology](http://www.thelancet.com/oncology)
- IARC (2013). *IARC Monographs. Non-ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields.* (Vol. 102.) Elérés: 2022. 01. 27-én: <https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol102/>
- Kesari, K. K., Meena, R., Nirala, J., Kumar, J., & Verma, H. N. (2014). Effect of 3G cell phone exposure with computer controlled 2-d stepper motor on non-thermal activation of the hsp27/p38MAPK stress pathway in rat brain. *Cell Biochemistry and Biophysics*, 68(2), 347–358.
- Kim, D. W., Lee, J. H., Ji, H. C., Kim, S. C., Nam, K. C., & Cha, E. J. (2008). Physiological effects of RF exposure on hypersensitive people by a cell phone. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual Conference, 2008, 2322–2325.
- Köteles, F., Simor, P., Czető, M., Sáros, N., & Szemerszky, R. (2016). Modern health worries – The dark side of spirituality? *Scandinavian Journal of Psychology*, 57(4), 313–320.
- Köteles, F., Szemerszky, R., Gubányi, M., Körmendi, J., Szekevényesi, C., Lloyd, R., et al. (2013). Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF) and electrosensitivity (ES) – Are they connected? *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 216(3), 362–370.
- Köteles, F., Tarján, E., & Berkes, T. (2016). Artificial concerns. Effects of a commercial advertisement on modern health worries and sympathetic activation. *Mentálhigiéné és Pszichoszomatika*, 17(1), 61–79.
- Lai H. & Singh Narendra P. (2004). Magnetic-field-induced DNA strand breaks in brain cells of the rat. *Environmental Health Perspectives*, 112(6), 687–694.
- Landgrebe, M., Frick, U., Hauser, S., Langguth, B., Rosner, R., Hajak, G., et al. (2008). Cognitive and neurobiological alterations in electromagnetic hypersensitive patients: Results of a case-control study. *Psychological Medicine*, 38(12), 1781–1791.
- Ledent, M., Vatoz, B., Pirard, W., Bordarie, J., Prignot, N., Oftedal, G., et al. (2020). Co-Designed Exposure Protocol in the Study of Idiopathic Environmental Intolerance Attributed to Electromagnetic Fields. *Bioelectromagnetics*, 41(6), 425–437.
- Leitgeb, N. (2009). Electromagnetic Hypersensitivity. In J. C. Lin (Ed.), *Advances in electromagnetic fields in living systems* (167–197). New York: Springer. [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-92736-7\\_5](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-92736-7_5)
- Leitgeb, N., Cech, R., & Schröttner, J. (2008). Electric emissions from electrical appliances. *Radiation Protection Dosimetry*, 129(4), 446–455.

- Leitgeb, N., Schröttner, J., Cech, R., & Kerbl, R. (2008). EMF-protection sleep study near mobile phone base stations. *Somnologie - Schlafforschung Und Schlafmedizin*, 12(3), 234–243.
- Levallois, P. (2002). Hypersensitivity of human subjects to environmental electric and magnetic field exposure: A review of the literature. *Environmental Health Perspectives*, 110(Suppl 4), 613–618.
- Li, C.-Y., Chen, P.-C., Sung, F.-C., & Lin, R.-S. (2002). Residential exposure to power frequency magnetic field and sleep disorders among women in an urban community of northern Taiwan. *Sleep*, 25(4), 428–432.
- Lidén, C., & Wahlberg, J. E. (1985). Work with video display terminals among office employees. V. Dermatologic factors. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 11(6), 489–493.
- Marc-Vergnes, J.-P. (2010). Electromagnetic hypersensitivity: The opinion of an observer neurologist. *Comptes Rendus Physique*, 11(9–10), 564–575.
- Mashevich, M., Folkman, D., Kesar, A., Barbul, A., Korenstein, R., Jerby, E., et al. (2003). Exposure of human peripheral blood lymphocytes to electromagnetic fields associated with cellular phones leads to chromosomal instability. *Bioelectromagnetics*, 24(2), 82–90.
- Megha, K., Deshmukh, P. S., Banerjee, B. D., Tripathi, A. K., Ahmed, R., & Abegaonkar, M. P. (2015). Low intensity microwave radiation induced oxidative stress, inflammatory response and DNA damage in rat brain. *NeuroToxicology*, 51, 158–165.
- Mohler, E., Frei, P., Braun-Fahrlander, C., Fröhlich, J., Neubauer, G., Rössli, M., et al. (2010). Effects of everyday radiofrequency electromagnetic-field exposure on sleep quality: A cross-sectional study. *Radiation Research*, 174(3), 347–356.
- Mohler, E., Frei, P., Fröhlich, J., Braun-Fahrlander, C., Rössli, M., & QUALIFEX-team. (2012). Exposure to radiofrequency electromagnetic fields and sleep quality: A prospective cohort study. *PLoS One*, 7(5), e37455. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0037455>
- Moskowitz, D. S., & Young, S. N. (2006). Ecological momentary assessment: What it is and why it is a method of the future in clinical psychopharmacology. *Journal of Psychiatry and Neuroscience*, 31(1), 13–20.
- Mousavy, S. J., Riaz, G. H., Kamarei, M., Aliakbarian, H., Sattarahmady, N., Sharifzadeh, A., et al. (2009). Effects of mobile phone radiofrequency on the structure and function of the normal human hemoglobin. *International Journal of Biological Macromolecules*, 44(3), 278–285.
- Muehsam, D., Lalezari, P., Lekhraj, R., Abruzzo, P., Bolotta, A., Marini, M., Bersani, F., Aicardi, G., Pilla, A., & Casper, D. (2013). Non-thermal radio frequency and static magnetic fields increase rate of hemoglobin deoxygenation in a cell-free preparation. *PLOS ONE*, 8(4), e61752. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061752>
- Mueller, C. H., Krueger, H., & Schierz, C. (2000). Project NEMESIS: double-blind study on effects of 50 Hz EMF on sleep quality and physiological parameters in people suffering from electrical hypersensitivity. The Bioelectromagnetics Society 22nd Annual Meeting, 89–90.
- Mueller, C. H., Krueger, H., & Schierz, C. (2002). Project NEMESIS: Perception of a 50 Hz electric and magnetic field at low intensities (laboratory experiment). *Bioelectromagnetics*, 23(1), 26–36.
- Nordal, R. A., & Wong, C. S. (2005). Molecular targets in radiation-induced blood-brain barrier disruption. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*, 62(1), 279–287.
- Odacı, E., Hancı, H., İkinci, A., Sönmez, O. F., Aslan, A., Şahin, A., Kaya, H., Çolakoğlu, S., & Baş, O. (2016). Maternal exposure to a continuous 900-MHz electromagnetic field provokes neuronal loss and pathological changes in cerebellum of 32-day-old female rat offspring. *Journal of Chemical Neuroanatomy*, 75, 105–110.

- Oftedal, G., Nyvang, A., & Moen, B. E. (1999). Long-term effects on symptoms by reducing electric fields from visual display units. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 25(5), 415–421.
- Oftedal, G., Rubin, G. J., Hillert, L., & Rongen, E. van. (2012). Are some people hypersensitive to electromagnetic fields. *EMF Spectrum*, 1.
- Oftedal, G., Straume, A., Johnsson, A., & Stovner, L. J. (2007). Mobile phone headache: A double blind, sham-controlled provocation study. *Cephalalgia: An International Journal of Headache*, 27(5), 447–455.
- Oftedal, G., Vistnes, A. I., & Rygge, K. (1995). Skin symptoms after the reduction of electric fields from visual display units. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 21(5), 335–344.
- Overmier, J. B. (2002). Sensitization, conditioning, and learning: Can they help us understand somatization and disability? *Scandinavian Journal of Psychology*, 43(2), 105–112.
- Österberg, K., Persson, R., Karlson, B., Eek, F. C., & Ørbæk, P. (2007). Personality, mental distress, and subjective health complaints among persons with environmental annoyance. *Human & Experimental Toxicology*, 26(3), 231–241.
- Persson, R., Eek, F. C., Österberg, K., Ørbæk, P., & Karlson, B. (2008). A two-week monitoring of self-reported arousal, worry and attribution among persons with annoyance attributed to electrical equipment and smells. *Scandinavian Journal of Psychology*, 49(4), 345–356.
- Petrie, K. J., Sivertsen, B., Hysing, M., Broadbent, E., Moss-Morris, R., Eriksen, H. R., et al. (2001). Thoroughly modern worries: The relationship of worries about modernity to reported symptoms, health and medical care utilization. *Journal of Psychosomatic Research*, 51(1), 395–401.
- Rea, W. J., Pan, Y., Fenyves, E. J., Sujisawa, I., Samadi, N., & Ross, G. H. (1991). Electromagnetic field sensitivity. *Journal of Bioelectricity*, 10(1&2), 241–256.
- Redmayne, M., & Reddel, S. (2021). Redefining electrosensitivity: A new literature-supported model. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 40(2), 227–235.
- Riddervold, I. S., Pedersen, G. F., Andersen, N. T., Pedersen, A. D., Andersen, J. B., Zachariae, R., et al. (2008). Cognitive function and symptoms in adults and adolescents in relation to rf radiation from UMTS base stations. *Bioelectromagnetics*, 29(4), 257–267.
- Röösl, M. (2008). Radiofrequency electromagnetic field exposure and non-specific symptoms of ill health: A systematic review. *Environmental Research*, 107(2), 277–287.
- Röösl, M. (2014). *Epidemiology of electromagnetic fields*. CRC Press.
- Röösl, M., Frei, P., Mohler, E., & Hug, K. (2010). Systematic review on the health effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields from mobile phone base stations. *Bulletin of the World Health Organization*, 88(12), 887–896.
- Röösl, M., & Hug, K. (2011). Wireless communication fields and non-specific symptoms of ill health: A literature review. *Wiener medizinische Wochenschrift (1946)*, 161(9–10), 240–250.
- Röösl, M., Moser, M., Baldinini, Y., Meier, M., & Braun-Fahrländer, C. (2004). Symptoms of ill health ascribed to electromagnetic field exposure – a questionnaire survey. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 207(2), 141–150.
- Rubin, G. J., Cleare, A. J., & Wessely, S. (2008). Psychological factors associated with self-reported sensitivity to mobile phones. *Journal of Psychosomatic Research*, 64(1), 1–12.
- Rubin, G. J., Das Munshi, J., & Wessely, S. (2005). Electromagnetic hypersensitivity: A systematic review of provocation studies. *Psychosomatic Medicine*, 67(2), 224–232.
- Rubin, G. J., Das Munshi, J., & Wessely, S. (2006). A systematic review of treatments for electromagnetic hypersensitivity. *Psychotherapy and Psychosomatics*, 75(1), 12–18.
- Rubin, G. J., Hahn, G., Everitt, B. S., Cleare, A. J., & Wessely, S. (2006). Are some people sensitive to mobile phone signals? Within participants double blind randomised provocation study. *BMJ*, 332(7546), 886–891.

- Rubin, G. J., Hillert, L., Nieto-Hernandez, R., van Rongen, E., & Oftedal, G. (2011). Do people with idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields display physiological effects when exposed to electromagnetic fields? A systematic review of provocation studies. *Bioelectromagnetics*, 32(8), 593–609.
- Rubin, G. J., Nieto-Hernandez, R., & Wessely, S. (2010). Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (formerly 'electromagnetic hypersensitivity'): An updated systematic review of provocation studies. *Bioelectromagnetics*, 31(1), 1–11.
- Sage, C., & Burgio, E. (2018). Electromagnetic fields, pulsed radiofrequency radiation, and epigenetics: How wireless technologies may affect childhood development. *Child Development*, 89(1), 129–136.
- Salomon, D. (2010). Medical practitioners and electromagnetic fields (EMF): Testing their concern. *Comptes Rendus Physique*, 11(9–10), 636–640.
- Sandström, M., Lyskov, E., Berglund, A., Medvedev, S., & Hansson Mild, K. (1997). Neurophysiological effects of flickering light in patients with perceived electrical hypersensitivity. *Journal of Occupational and Environmental Medicine / American College of Occupational and Environmental Medicine*, 39(1), 15–22.
- Sandström, M., Lyskov, E., Hörnsten, R., Hansson Mild, K., Wiklund, U., Rask, P., et al. (2003). Holter ECG monitoring in patients with perceived electrical hypersensitivity. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 49(3), 227–235.
- Sandström, M., Wilen, J., Oftedal, G., & Hansson Mild, K. (2001). Mobile phone use and subjective symptoms. Comparison of symptoms experienced by users of analogue and digital mobile phones. *Occupational Medicine (Oxford, England)*, 51(1), 25–35.
- Schlicht, W. M., Ebner-Priemer, U. W., & Kanning, M. (2013). Ecological momentary assessment and intervention in physical activity and well-being: Affective reactions, social-cognitive factors, and behaviors as determinants of physical activity and exercise. *Frontiers in Psychology*, 4, 916. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00916>
- Schmiedchen, K., Driessen, S., & Oftedal, G. (2019). Methodological limitations in experimental studies on symptom development in individuals with idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF) – a systematic review. *Environmental Health*, 18(1), 88. <https://doi.org/10.1186/s12940-019-0519-x>
- Schwarz, C., Kratochvil, E., Pilger, A., Kuster, N., Adlkofer, F., & Rüdiger, H. W. (2008). Radiofrequency electromagnetic fields (UMTS, 1,950 MHz) induce genotoxic effects in vitro in human fibroblasts but not in lymphocytes. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 81(6), 755–767.
- Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (2015). Opinion on potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF). Elérés: 2022. 01. 27-én: <https://data.europa.eu/doi/10.2772/75635>
- Seitz, H., Stinner, D., Eikmann, T., Herr, C., & Rösli, M. (2005). Electromagnetic hypersensitivity (EHS) and subjective health complaints associated with electromagnetic fields of mobile phone communication – A literature review published between 2000 and 2004. *The Science of the Total Environment*, 349(1–3), 45–55.
- Sivertsen, B., & Hysing, M. (2008). Psychological factors associated with self-reported sensitivity to mobile phones. *Journal of Psychosomatic Research*, 64(1), 11–12.
- Sjöberg, P., & Hamnerius, Y. (1995). Study of provoked hypersensitivity reactions from a VDU. In B. Knave & Katjalainen (Eds.), *Electromagnetic Hypersensitivity* (101–110). 2nd Copenhagen Conference.
- Spadaro, J. A., & Bergstrom, W. H. (2002). In vivo and in vitro effects of a pulsed electromagnetic field on net calcium flux in rat calvarial bone. *Calcified Tissue International*, 70(6), 496–502.

- Stenberg, B., Bergdahl, J., Edvardsson, B., Eriksson, N., Lindén, G., & Widman, L. (2002). Medical and social prognosis for patients with perceived hypersensitivity to electricity and skin symptoms related to the use of visual display terminals. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 28(5), 349–357.
- Stone, A. A., & Shiffman, S. (1994). Ecological momentary assessment (EMA) in behavioral medicine. *Annals of Behavioral Medicine*, 16(3), 199–202.
- Sweeney, D. C. R. U. (2013). Ecological Momentary Assessment. In M. D. Gellman & J. R. Turner (Eds.), *Encyclopedia of Behavioral Medicine* (647–648). New York: Springer
- Szemerszky, R. (2015). Kockázatos szuggesztíók: Az elektroszmog jelensége. In A. Dúll & K. Varga (Szerk.), *Rábeszélőtér. A szuggesztív kommunikáció környezetpszichológiája* (Köt. 4, 129–166). Budapest: L'Harmattan.
- Szemerszky, R., Dömötör, Z., Berkes, T., & Köteles, F. (2015). Attribution-based placebo effects. Perceived effects of a placebo pill and a sham magnetic field on cognitive performance and somatic symptoms. *International Journal of Behavioral Medicine*, 23(2), 204–213.
- Szemerszky, R., Dömötör, Z., & Köteles, F. (2019). One single question is not sufficient to identify individuals with electromagnetic hypersensitivity. *Clinical Psychology in Europe*, 1(4), 1–11.
- Szemerszky, R., Dömötör, Z., Witthöft, M., & Köteles, F. (2021). Modern health worries and idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields are associated with paranoid ideation. *Journal of Psychosomatic Research*, 146, 110501.
- Szemerszky, R., Gubányi, M., Árvai, D., Dömötör, Z., & Köteles, F. (2015). Is there a connection between electrosensitivity and electrosensibility? A replication study. *International Journal of Behavioral Medicine*, 22(6), 755–763.
- Szemerszky, R., Köteles, F., Lih, R., & Bárdos, G. (2010). Polluted places or polluted minds? An experimental sham-exposure study on background psychological factors of symptom formation in „Idiopathic Environmental Intolerance attributed to electromagnetic fields”. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 213(5), 387–394.
- Thomas, S., Kühnlein, A., Heinrich, S., Pram, G., Nowak, D., von Kries, R., et al. (2008). Personal exposure to mobile phone frequencies and well-being in adults: A cross-sectional study based on dosimetry. *Bioelectromagnetics*, 29(6), 463–470.
- Trimmel, M., & Schweiger, E. (1998). Effects of an ELF (50 Hz, 1 mT) electromagnetic field (EMF) on concentration in visual attention, perception and memory including effects of EMF sensitivity. *Toxicology Letters*, 96–97, 377–382.
- Tseng, M.-C. M., Lin, Y.-P., & Cheng, T.-J. (2011). Prevalence and psychiatric comorbidity of self-reported electromagnetic field sensitivity in Taiwan: A population-based study. *Journal of the Formosan Medical Association = Taiwan Yi Zhi*, 110(10), 634–641.
- Van den Bergh, O., Bräscher, A.-K., & Witthöft, M. (2021). Idiopathic Environmental Intolerance: A Treatment Model. *Cognitive and Behavioral Practice*, 28(2), 281–292.
- Van den Bergh, O., Brown, R. J., Petersen, S., & Witthöft, M. (2017). Idiopathic environmental intolerance: A comprehensive model. *Clinical Psychological Science*, 5(3), 551–567.
- Van den Bergh, O., Winters, W., Devriese, S., & Diest, I. V. (2002). Learning subjective health complaints. *Scandinavian Journal of Psychology*, 43(2), 147–152.
- van Moorselaar, I., Slottje, P., Heller, P., van Strien, R., Kromhout, H., Murbach, M., et al. (2017). Effects of personalised exposure on self-rated electromagnetic hypersensitivity and sensibility – A double-blind randomised controlled trial. *Environment International*, 99, 255–262.
- Verrender, A., Loughran, S. P., Anderson, V., Hillert, L., Rubin, G. J., Oftedal, G., et al. (2018). IEI-EMF provocation case studies: A novel approach to testing sensitive individuals. *Bioelectromagnetics*, 39(2), 132–143.

- Verrender, A., Loughran, S. P., Dalecki, A., Freudenstein, F., & Croft, R. J. (2018). Can explicit suggestions about the harmfulness of EMF exposure exacerbate a placebo response in healthy controls? *Environmental Research*, 166, 409–417.
- Vijayalaxmi, & Prihoda, T. J. (2009a). Genetic damage in mammalian somatic cells exposed to extremely low frequency electro-magnetic fields: A meta-analysis of data from 87 publications (1990–2007). *International Journal of Radiation Biology*, 85(3), 196–213.
- Vijayalaxmi, & Prihoda, T. J. (2009b). Genetic damage in mammalian somatic cells exposed to extremely low frequency electro-magnetic fields: A meta-analysis of data from 87 publications (1990–2007). *International Journal of Radiation Biology*, 85(3), 196–213.
- Volkow, N. D., Tomasi, D., Wang, G.-J., Vaska, P., Fowler, J. S., Telang, F., et al. (2011). Effects of Cell Phone Radiofrequency Signal Exposure on Brain Glucose Metabolism. *Journal of the American Medical Association*, 305(8), 808–813.
- Wang, T., Hawkings, L. H., & Rea, W. J. (1994). *Effects of ELF magnetic fields on patients with chemical sensitivities*. Proc Cost 244 Workshop EHS, Graz, 123–132.
- Wei, J., Sun, J., Xu, H., Shi, L., Sun, L., & Zhang, J. (2015). Effects of extremely low frequency electromagnetic fields on intracellular calcium transients in cardiomyocytes. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 34(1), 77–84.
- WHO. (2004). *WHO workshop on Electrical Hypersensitivity – Working Group Meeting Report*. Elérés: 2022. 01. 27-én: [https://www.who.int/peh-emf/meetings/hypersens\\_wgprep\\_oct04.pdf](https://www.who.int/peh-emf/meetings/hypersens_wgprep_oct04.pdf)
- WHO. (2005). *Fact Sheet No. 296: Electromagnetic fields and public health*. World Health Organization. Elérés: 2022. 01. 27-én: [http://www.emfandhealth.com/WHO\\_EMSSensitivity.pdf](http://www.emfandhealth.com/WHO_EMSSensitivity.pdf)
- WHO. (2012). *World Health Organization. What are electromagnetic fields?* Elérés: 2022. 01. 27-én: <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/index.html>.
- Wiholm, C., Lowden, A., Kuster, N., Hillert, L., Arnetz, B. B., Akerstedt, T., et al. (2009). Mobile phone exposure and spatial memory. *Bioelectromagnetics*, 30(1), 59–65.
- Wilén, J., Johansson, A., Kalezić, N., Lyskov, E., & Sandström, M. (2006). Psychophysiological tests and provocation of subjects with mobile phone related symptoms. *Bioelectromagnetics*, 27(3), 204–214.
- Witthöft, M., Freitag, I., Nußbaum, C., Bräscher, A.-K., Jasper, F., Bailer, J., et al. (2018). On the origin of worries about modern health hazards: Experimental evidence for a conjoint influence of media reports and personality traits. *Psychology & Health*, 33(3), 361–380.
- Witthöft, M., & Rubin, G. J. (2013). Are media warnings about the adverse health effects of modern life self-fulfilling? An experimental study on idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF). *Journal of Psychosomatic Research*, 74(3), 206–212.
- Zhang, X., Liu, X., Pan, L., & Lee, I. (2010). Magnetic fields at extremely low-frequency (50Hz, 0.8mT) can induce the uptake of intracellular calcium levels in osteoblasts. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 396(3), 662–666.
- Zhao, L., Liu, X., Wang, C., Yan, K., Lin, X., Li, S., et al. (2014). Magnetic fields exposure and childhood leukemia risk: A meta-analysis based on 11,699 cases and 13,194 controls. *Leukemia Research*, 38(3), 269–274.
- Zwamborn, A. P. M., Vossen, S., van Leersum, B., Ouwens, M., & Makel, W. (2003). *Effects of global communication system radio-frequency on well being and cognitive functions of human subjects with and without subjective symptoms*. Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO). Letöltve: 2022. 01. 27-én: [https://electrosmog.grappe.be/doc/TNO\\_rapport\\_Nederland\\_sept\\_2003.pdf](https://electrosmog.grappe.be/doc/TNO_rapport_Nederland_sept_2003.pdf)



## **Idiopathic environmental intolerance (IEI-EMF) - from the viewpoint of the specialists**

DÖMÖTÖR, ZSUZSANNA - KÖTELES, FERENC  
- SZEMERSZKY, RENÁTA

Our two-part narrative review summarizes the scientific literature about idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF, formerly named electromagnetic hypersensitivity) in two parts. Electromagnetic hypersensitivity is characterized by the report of various non-specific symptoms when an EMF source is present. Also these symptoms are attributed to the electrical appliance by the individuals. According to the WHO IEI-EMF is not a diagnostic criteria and there is no valid medical test for identifying the condition. IEI-EMF is characterized by high levels of perceived stress, social isolation and loss of work capability. It is often associated with comorbid mental disorders (somatoform disorder, anxiety disorder, depression). Etiological theories on the development and maintenance of the condition take two different approaches. According to the *biophysical* hypothesis, complaints are caused by physiological processes activated by electromagnetic fields. In contrast, the *psychogenic* approach explains symptom formation by psychological processes (distorted attention and attribution, nocebo effect, conditioning). Many researchers emphasize the importance of integrating these two approaches and support the foundation of interdisciplinary research groups. This (second) part of the review summarizes the characteristics of IEI-EMF from scientific and medical point of view: etiological theories, methodological difficulties, diagnostic problems, and potential therapeutic possibilities are discussed.

**Keywords:** idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields, IEI-EMF, electromagnetic hypersensitivity, EHS, EMF-hypersensitivity, environmental intolerance, medically unexplained symptoms

---

A cikk a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) feltételei szerint publikált Open Access közlemény, melynek szellemében a cikk bármilyen médiumban szabadon felhasználható, megosztható és újraközölhető, feltéve, hogy az eredeti szerző és a közlés helye, illetve a CC License linkje és az esetlegesen végrehajtott módosítások feltüntetésre kerülnek. (SID\_1)