

Erradiazio ezionizatzaileko eremu elektromagnetikoen eraginak osasunean: ezagutza-egoeraz egun dakiguna

Health effects of non-ionizing electromagnetic fields: current state of knowledge

Mara Gallastegi^{1,2}, *Ana Jiménez-Zabala*^{1,3*}, *Juan-José Aurrekoetxea*^{1,4,5},
Loreto Santa-Marina^{1,3,6}, *Jesús Ibarluzea*^{1,3,6}

¹ BIODONOSTIA Osasun Ikerketa Institutua,
Dr. Begiristain Pasealekua, 20014 Donostia-San Sebastian

² Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), Farmazia Fakultatea,
Unibertsitateko Ibilbidea 7, 01006 Vitoria-Gasteiz

³ Gipuzkoako Osasun Publiko eta Adikzioen Zuzendariordeztza,
Eusko Jaurlaritza, 4 Nafarroa Etorbidea, 20013 Donostia-San Sebastián

⁴ Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), Medikuntza fakultatea,
20014 Donostia-San Sebastian

⁵ Osasun Saila. Gipuzkoako Lurralde Ordezkaritza,
Eusko Jaurlaritza, Antso Jakituna 35, 20010 Donostia

⁶ Epidemiologia eta Osasun publikoaren ikerketarako kontsortzio Espainiarra
(CIBERESP),
Carlos III. Osasun Institutua,
C/Monforte de Lemos 3-5 28029, Madrid
mambien1-san@euskadi.eus

DOI: 10.1387/ekaia.16148

Jasoa: 2016-03-21

Onartua: 2016-05-12

Laburpena: Gure bizimoduan gero eta ohikoagoak dira erradiazio ezionizatzaileko eremu elektromagnetikoak (EEI-EEM) sortzen dituzten iturriak, eta bere horretan dirau eremu horiek osasunean izan ditzaketen efektuen inguruko eztabaidak. Artikulu hone-tan laburbildu egin nahi ditugu EEI-EEMen eraginaren inguruko ikerketa esperimentalen eta epidemiologikoen bidez lortu diren emaitzak. Nahiz eta ikerketa eta proiektu ugari egon gaiaren inguruan, kontu ugari daude argitzeke, batez ere metodologia-mugek sortzen dituzten arazoek ez dutelako ondorio argirik ateratzeko aukera ematen. Aurrerantzean, ahalegin handiagoak egin beharko lirateke eremu elektromagnetikoen esposizioaren estimazio egokiagoa egite aldera.

Hitz gakoak: Eremu elektromagnetikoak; erradiazio ezionizatzailea; osasun-kalteak; eremu elektromagnetikoen esposizioaren estimazioa.

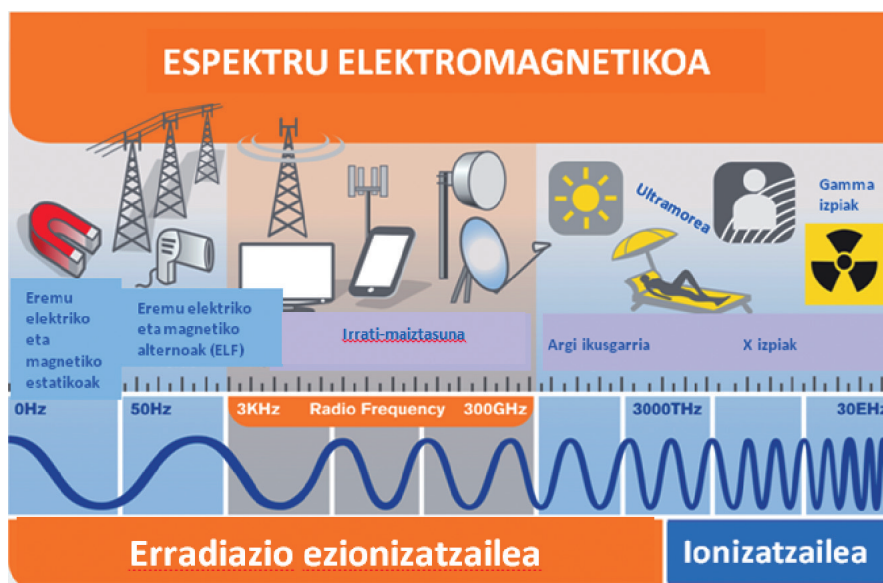
Abstract: Sources of electromagnetic fields of non-ionising radiation (EMF-NIR) are increasingly common in our life style, while discussion regards their potential health effects remains unclear. The aim of this study is to collect and summarize experimental and epidemiological studies published concerning health effects of EMF-NIR. Although there are plenty studies and projects on this subject, there are several unclear issues, especially because problems arising from methodological limitations preclude getting a clear conclusion. Greater effort should be made in the future in order to estimate better the exposure.

Keywords: Electromagnetic fields; Non-ionising radiation; Health effects; Exposure assessment.

1. SARRERA

Eremu elektromagnetikoak (EEM) uhin elektriko eta magnetikoen konbinazioak dira, eta aldi berean eta argiaren abiaduran hedatzen dira. Uhinak bi ezaugarri bereizgarri dituzte: uhin-luzera eta maiztasuna. Uhinaren ziklo oso bati dagozkion puntuen arteko distantzia da uhin-luzera, eta metrotan neurtzen da. Maiztasuna, aldiz, denbora unitateko uhinak egiten duen oszilazio kopurua da eta hertzetan (Hz) neurtzen da. Bi ezaugarriak euren artean alderantziz proportzionalak dira: maiztasun handiak dituzten uhinak uhin-luzera txikia dute.

Espektrorik elektromagnetikoak uhinen maiztasunaren arabera sailkatzen ditu EEMak (1. irudia). Bi talde handitan bereiz ditzakegu: erradiazio ionizatzaileak (EI) eta erradiazio ezionizatzaileak (EEI). Zenbat eta maiztasun handiagoa izan, hainbat eta handiagoa da daraman energia ere. EI-EEI-Mak gai dira molekula eta atomoen artean dauden loturak apurtzeko, baina EEI-EEMek ez dute horretarako gaitasunik eta zientzialarien artean ez dago adostasunik azken hauek osasunean eragin ditzaketan ondorioei buruz. Argi ultramoreko uhinak eta argi infragorriko uhinak kontuan izan gabe, EEI-EEMak hiru talde nagusitan bereiz daitezke. Oso maiztasun txikiko uhinak (ELF euren ingelesezko sigletan, *Extremely Low Frequency*), 0-300 Hz maiztasun tartean daude, eta energiaren sorkuntza, garraioa eta erabilerarekin lotuta daude. Tentsio baxuko, ertaineko edo altuko lineak, transformadoreak edota sare elektrikoaz hornitzen diren etxetresnak dira iturri nagusienak. Bitarteko maiztasunak, 300 Hz eta 10 MHz arteko maiztasun tartean daude eta segurtasun-sistemak edo ordenagailu eta telebista-pantailak dira haien iturri nagusiak. Irrati-maiztasuneko uhinak (IM) batez ere haririk gabeko komunikazioarekin loturik daude: haririk gabeko telefonoa, sakelako telefonoa, bluetootha, WiFia eta antenak (sakelako telefonia, irrati eta telebista-antena). Ikerketa gehienek ez dituzte bitarteko maiztasunak bereiz aztertzen, hots, erradiazio ezionizatzailea ELF eta IM taldeetan sailkatzen dute, bitarteko maiztasunak bi talde horien goi eta behe muturretan utzita.



1. irudia. Espektro elektromagnetikoa. Iturria: Moldatua Nazioarteko telekomunikazio elkartetik (ITU), <http://emfguide.itu.int/emfguide.html>

Gaur egun EEI-EEMen arriskua agerian uzten duten bi mekanismo baizik ez daude aho batez onartuak. ELFen kasuan, nerbio-sistema eta muskulu-ehunak estimulatuko lituzkeen eremu eta korrante elektrikoen indukzioa litzateke onartutako mekanismoa; irradiatutako energiaren absortzioa izango litzateke IMen kasuan, eta ondorio gisa gorputz-tenperaturaren gorakada gertatuko litzateke. Maiztasun txikien barneratze-sakonera handiagoa da ehunetan, maiztasun handiagokoekin alderatuz. Sakonera honek zehaztuko du osasunean kalteak eragin ditzaketen aldaketa biologikoak eragiteko duten gaitasuna. Hala ere, mekanismo hauek intentsitate altuaren ondorioz sortutako efektu akutuan oinarritzen dira, baina gaur egungo kezka, aldiz, esposizio maila baxuen pean sor daitezkeen efektu kronikoak dira.

2. ZER IKERTU DA ETA ZER DAKIGU ORAIN ARTE?

Efektuei buruzko ikerketa hiru alorretan egiten da:

1. Ikerketa batzuek *in vitro* aztertzen dituzte material biologikoetan eta batez ere zelula prokariota zein eukariotetan gertatzen diren kalteak.

2. Ikerketa batzuek *in vivo* aztertzen dituzte bizidunetan eta batez ere karraskarrietan gertatutakoak.
3. Ikerketa epidemiologikoez, populazio jakin bat hartzen dute aztergai.

Ikerketa mota oro eduki behar dira kontuan arriskuen balorazio bat egi-terako orduan [1].

2.1. *In vitro* ikerketak

In vitro ikerketak funtsezkoak dira. Izan ere, ezinbestekoak dira osasunean eragindako efektu baten mekanismo biologikoak ezagutzeko. Korronte elektrikoaren indukzioaz eta efektu termikoaz gain, orain arte ez da deskribatu komunitate zientifiko osoak onarturiko efektuen eragile izan daitekeen beste mekanismorik.

2.1.1. *Efektu neoplasikoak*

Genotoxizitatea aztertzen duten ikerketek EEI-EEMek kalte genetikoak sortzeko duten gaitasuna aztertzen dute. Material genetikoa eragindako aldaketak, potentzial kartzinogenoaren edota herentziazko gaixotasunen adierazgarriak dira egonkorak direnean eta belaualdi batetik bestera igaro daitezkeenean. ELFen kasuan, eremu magnetikoaren intentsitatea 1 mT-tik, eta kasu batzuetan 100 μ T-tik gorakoa izan denean, efektu genotoxikoak aurkitu dira *Osasunerako Arrisku Emergenteen Zientzia Batzordeak* (SCENIHR) egindako azterketa bibliografikoaren eta Vijalaxmi eta Prihodak egindako meta-analisiaren arabera [2,3]. *Munduko Osasun Erakundearen* (MOE) monografikoaren esanetan, ELFen efektu genotoxikoak ikusi ahal izan dira hainbat ikerketatan 50 mT-etatik gorako egonaldietan, DNAREN zatitzea, kromosomen ezegonkortasuna eta gene-adierazpenaren aldaketak kasu [4]. Beste ikertzaile batzuek iradokitzen dute zeharkako efektu genotoxikoa gerta litekeela seinale-transdukzioaren modulazioaren bidez. Ondorioz, aldaketak eragingo lirakeke zelula barneko kaltzio mailaren, proteinen fosforilazioaren edo entzima-aktibazioan [5]. Orain arte, ordea, ez da aurkitu ebidentzia nahikorik eta trinkorik IMen genotoxizitateari dagokionean. Efektuak aurkitu direnean DNA kateen apurketarekin edo ardatz akromatikoaren asaldurekin loturik egon dira. Badirudi efektuak aztertutako zelularen eta EEM-en peko eraginaren ezaugarrien arabera gertatzen direla [6-8]. Jadanik proposatuta daude IMen genotoxizitateko mekanismoak hala nola, efektu termikoak, erradikal askeak eta DNAREN konponketa prozesuen aldaketak [9]. *SCENIHR*ek 2015ean aztertu zituen genotoxizitatearen inguruko 31 artikulua, eta haien artean 13 ikerketak (% 42) efektuaren bat aurkitu zuten [2]. Dena den, askotan gertatu izan dira genotoxizitate efektu hauek errepikatze arazoak [10], batez ere artikuluetan esposizioan

eragin dezaketen hainbat aldagaien informazio osatua ez ematearekin zerikusia dutenak. Funtsezko aldagaiak dira esposizioaren intentsitatea, denbora eta konbinazio desberdinak, frekuentzien inguruko informazioa eta esposizioa sortzen duen sistemaren baldintzak eta artikuluetan argitaratu beharko lirateke [11]. Genotoxizitateaz gain, kartzinogenesisia eragin dezaketen beste prozesu batzuk ikertu dira. Adibidez, apoptosia, oxidazio-estresa, eta zelula-proliferazioa, zelula-zikloa eta gene-adierazpenaren aldaketak. ELFen kasuan $100 \mu\text{T}$ intentsitateko gora zelulen proliferazioaren gorakada ikusi da [12]. IMei dagokienean, mota honetako asaldura batzuk ikusi dira [13-15] baina ikerketa gehienek ez dute efekturik aurkitu. Abian jarri da era berean beste ikerketa-lerro bat, IMek beste agente genotoxiko batzuen eragina handitu ote dezaketen finkatzeko; era guztietako efektuak lortu dira, bai onuragarria [16], bai kontrako efektua bai eta efektu eza [17].

2.1.2. *Efektuak nerbio-sisteman*

ELFen kasuan ez dago efektu posibleen inguruko inolako ondorio-rik ateratzeko euskarririk. Hala ere, zelulen diferentziazioan efektu positiboak ikusi dira [18,19]. Nerbio-sistemaren gaineko efektuak aztertzen dituzten ikerketek esposizio akutura mugatzen dute saioa, eta zelula mota bakarra erabiltzen dute. Gainera, ez dute modelo egokirik batez ere ELFekin zerikusia duten neuroendakatzeko-efektuak aztertzeke. Horrek guztiak eragozpenak eragiten dizkio metodologia honi. IMen kasuan, neurotoxikotasuna aztergai duen *in vitro* ikerketa gutxi daude. Mikroglia edota astrozitoen aktibazioa aztertzea da ikerketa hauen helburu nagusia. Izan ere, homeostasi-erradikalean aldaketak eta ondorioz zelulen estresa dakar aktibazio horrek. Egile batzuek mikrogliaen aktibazioa ikusi ahal izan dute [20,21], baina hala ere ebidentziak ez dira oraingoz behar bezain zorrotzak.

2.2. *In vivo ikerketak*

In vitro ikerketekin alderatuz, *in vivo* ikerketek abantaila garrantzitsua daukate aintzat hartzen baitute toxikozinetika eta toxikodinamika prozesuak. Prozesu hauek, organismoa osatzen duten osagai guztien eta kutsatzaile edota agente kaltegarrien arteko interakzioa behatzen dute. Hala ere, *in vivo* ikerketen bidez lortzen diren emaitzak ezin dira zuzenean gizakietara estrapolatu eta ikerketa epidemiologikoekin berretsi behar dira.

2.2.1. *Efektu neoplasikoak*

Karraskarrietan eginiko ikerketa gehienek ez dute arrazoirik eman EEL-EEMek eragin minbizi-sortzailea dutela pentsatzeko. IARC minbiziaren

ikerkuntzarako nazioarteko agentziaren esanetan, ebidentzia mugatua da. Izan ere, asko dago hobetzeko efektu batzuk ikusi dituzten ikerketa batzuen diseinuaren eta datu-interpretazioaren aldetik. Halaber, ez dago modelo egokirik ELFei dagokienean haurren leuzemia eta, batez ere, leuzemia linfoblastiko akutua ikertzeko animala modelo egokien gabezia dago. IMei dagokienean gehienek emaitza negatiboak lortzen dituzte, salbuespenak salbuespen [22]. Esaterako, Bartsch et al.-ek (2010) epe-luzeko eta intentsitate baxuko GSM pean ez zuten aldaketarik antzeman hainbat tumoretan, baina bai bizialdiaren luzeran, murriztapena gertatu zelako azken horretan [23].

2.2.2. *Efektuak nerbio-sisteman*

Ikerketa batzuek arazoak ikusi dituzte nerbio-sisteman. Besteak beste, oroimenean eta ikaskuntzan behatu dira aldaketak [24-26], bai ELF eta bai IMren peko egonaldietan. ELFein kasuan antsietatea eragin duela ikusi da [27]. Dena den, emaitzek ez dute beharrezko sendotasunik eta ezin daiteke gizakiengan efekturik ondorioztatu. Neurogenexia, zitotoxizitea eta garunaren endekapena bezalako efektuak ikusi dira, beti ere intentsitate maila gomendagarrietatik oso gora [2].

2.2.3. *Efektuak ugalketan*

Ugalketa aztertu duten ikerketek efektuak antzeman dituzte bai ugalkortasunean, bai eta ondorengoen garapenean.

ELFei dagokienean, batez ere ikerketa epidemiologikoak egin dira, baina badaude *in vivo* ikerketak egin dituzten egileak. Esaterako, saguen organo genitalan, bereziki testikuluetan asaldurak [28] eta itsas trikuen ondorengoen garapenean arazoak, zehazki mitosi prozesuko ziklo-zelularren lehenengo fasean asaldurak eraginez [29], behatu dituzte.

IMen ustezko efektuak era askotarikoak dira: besteak beste, folikuluen murrizketa eta obozitoen DNAn kalteak, apoptosiaren eta endometrioko oxidazio-estresaren areagotzea, testosteronaren murrizketa, espermatogenezia asaldurak, espermako kalte genetikoak, oxigeno espezie erreaktiboak, erradikal askeak, peroxidazio lipidikoa eta glutation peroxidasa eta superoxidodismutasa entzimen murrizketa barrabiletan [30,31].

Ikerketa ugarran ikusi ahal izan dira IMeko uhinek eragiten dituzten efektu teratogenikoak, baina beti ere esposizio maila tenperaturaren gorakada nabarmena eragiteko gai denean (gradu zentigradu bat baino gehiagoko gorakada). Haatik, ez da efektu hau egiaztatu legislatutakoa baino intentsitate maila baxuagoetan [2]. Honetaz gain, emaitza positiboak dituzten ikerketa askok lagin tamaina txikia edota metodologia-mugak dituzte.

2.3. Ikerketa epidemiologikoak

Ikerketa epidemiologikoak funtsezko tresna dira toxiko izan daitekeen edozein agente eta osasunean gerta daitezkeen ondorioen artean harreman bat ikusteko, interpretatzeko eta arriskuen ebaluazioa egiteko.

2.3.1. Efektu neoplasikoak

IARC minbiziaren ikerkuntzarako nazioarteko agentziak, 2B kategorian sartu zituen ELFak 2002an, umeengan leuzemia kasuen areagotzearekin behatu zituzten erlazioen ondorioz. Wertheimer eta Leeperrena izan zen umeengan gertatutako leuzemia kasuak eta ELF uztartu zituen lehenengo ikerketa 1979an [32]. Tentsio altuko lineetatik hurbil bizi ziren umeek leuzemia garatzeko arrisku bikoitza zutela behatu zuten. Esposizioa estimatzeko era, ordea, metodo ez-zuzenetan oinarritu zen, tentsio altuetatik dagoen distantzia eta sare elektrikoaren konfigurazioa kontuan hartuz eta neurketa zuzenik egin gabe. Ondorengo ikerketetan, batez ere, 0.3 eta 0.4 μ T-ko intentsitatekoak dira umeen leuzemia linfoblastiko akutuekin behin eta berriro [33-35] erlazionatu diren esposizio mailak. MOEaren prentsa-ohar batean, kalitatezko ikerketetan etxeetan dagoen maiztasun industrialeko (50 Hz) 0.4 μ T-lik gorako eremu magnetikoa eta umeen leuzemiaren arteko asoziazio estatistikoa behatu zela adierazi zen [36]. Ikuspegi epidemiologikotik, ondorioztatu da minbizi-eragile izan litezkeela, harremana nahiko sendoa dela baitirudi. Hala ere, ezezagunak dira parte hartzen duten mekanismoak, eta animalia-ereduek ez diote efektu neoplastikoari eusten. Talde honen baitan egoteak leuzemia kasuek gora egitea gerta daitekeela esan nahi du eta beraz, azpimarratzen da sakonago aztertu behar direla bai esposizioa, bai eta efektuak ere.

IARCEk IMak ere 2B kategoriaren baitan sartu zituen 2011n, gizakia-erentzat minbizi-eragile izan daitekeela ondorioztatu ostean. Erabakia hartzeko, sakelako telefonoaren erabilerarekin lotutako glioma kasuen hazkundean oinarritu ziren. Gizakietan frogak mugatuak direlako eta ikerketarako animalietan froga eskasak daudelako sartu zen kategoria horretan. Kontrolkasurako egin den INTERPHONE izenekoak da ikerketa epidemiologiko ezagunena. Ondorio gisa, sakelako telefonoaren erabileran ordu gehien pilatuta zituztenen artean (1640 ordu baino gehiago) soilik ikusi zen gliomaren arriskuaren handitzea, baina ez zen dosi-efektu gisako erantzunik aurkitu [37]. Hardell et al.-ek (2011) buruko minbizi kaltegarrien kasuen gorakada ikusi zuten hari gabeko telefonoa eta sakelako telefonoa hitz egiteko gehien erabiltzen zutenen artean. Izan ere, ikusi zuten arriskua goraka zihoala latentzia-denbora eta erabilera handitu ahala [38]. Schuz et al.-ek (2006), aldiz, ez zuten tumore arriskurik aurkitu, sakelako telefonoen erabiltzaileak 7 eta 10 urte bitartean jarraitu ostean [39]. Dena den, Bann et al.-ek IARCen izenean, sakelako telefonoen erabiltzaileen sailkapen desegokia egin zutela

esan zuten, mugikorren harpidedun guztiak erabiltzaile gisa kontsideratu baitzituzten, benetako erabilera kontuan izan gabe [40].

Nagusiki, bi ikerketak aztertu dituzte umeen eta nerabeen garuneko minbiziak. Kasu kontrolekoa den CEFALO ikerketak ez zuen harremanik aurkitu garuneko tumorea zuten 7 eta 19 arteko gazteen eta sakelako telefonoaren erabileraren artean (galdetegi bidez eta ahal zenean operadoreen bidez jasotako informazioa). Bestalde, abian da kasu kontroleko MOBIKIDS ikerketa eta bertan kontuan hartu dira garuneko tumorea duten 10 eta 24 urte arteko 1.000 gazte, eta kontrol gisa jardungo duten beste horrenbeste gazte [41].

Era berean ikergai izan dira sakelako telefono, irrati eta telebista-antenek gorputz osoan eragiten duten esposizioak dituen efektuak ere. Esposizio maila estimatzeko, ikertzaile askok iturrira dagoen distantzia hartu dute aintzat. Dode et al.-ek (2011) [42] korrelazioa ikusi zuten minbiziaren ondoriozko hilkortasuna eta telefono-antenen arteko distantziaren artean. Gainera, hilkortasun tasa handiagoak ikusi ziren 500 metroko distantzietan. Beste egile batzuek antzeko emaitzak behatu zituzten [43,44]. Hala ere, ikerketa guztiek ez dute erlaziorik aurkitzen [45]. Askok gainera esposizioa estimatzeko, erradiazioaren iturrira dagoen distantzia erabiltzea kritikatzin dute, distantzia eta intentsitate-mailen arteko asoziazio baxua edo negatiboa erakutsiz. Distantziaz gain, aldagai ugari hartu beharko lirake kontuan, emisio-iturriaren altuera, kokapena, orientazioa, frekuentziak eta lekuko geometria espaziala kasu [46].

2.3.2. Nerbio-sisteman eta jokabidean efektuak

Populazio helduari dagokionez, industria-maiztasunen (50 Hz) egonaldia pairatzen duten langileetan ikusi da gora egin duela neuroendekapen gaixotasun batzuk jasateko arriskuak. Alboko esklerosi amiotrofikoa (hots, neurona motorearen gaixotasuna) da gaixotasun horietako adibide bat [47,48]. Ikerketa suitzar bat izan zen tentsio altuko lineek eragindako ELFen peko eta neuroendekapen gaixotasunen arteko lotura antzeman zuen lehenengoa. Horrela, Huss et al.-ek (2009) ikusi zuten Alzheimerra eta zahartzaroko dementzia garatzeko arriskua handiagotzen zela denbora luzez tentsio altuko lineetatik 50 metro baino gutxiagotara bizi izan zirenen gan [49]. Hala ere, Danimarkako populazioa ikertu zuen kontrol-kasuko ikerketa batek ez zuen harremanik aurkitu tentsio altuko lineetatik 50 metro baino gutxiagotara bizitzea eta Alzheimerra, dementzia, Parkinsona, esklerosi anizkoitza edo alboko esklerosi amiotrofikoa bezalako gaixotasunak garatzearen artean [50].

IMEi dagokienean esposizio akutua eragin zaien boluntarioetan, begiratu da nerbio-sistemaren funtzio espezifikotan aldaketak gertatu ote diren. Esate baterako, gertutik aztertu dira kognizio-funtzio batzuk, hala

nola loaldiko burmuin-jarduera, psikomotrizitatearen arazoak, entzumen-ahalmenak eta oroimena, atentzio eta kontzentrazioa. Ikusi da IMek gaitasuna dutela entzefalogramaren patroï normala [51], loaldiaren estadioak eta funtzio kognitiboaren aldaketak eragiteko, baina hala ere, beste ikerketa batzuek ez dute hori egiaztatu eta kasu batzuetan egile berberak baldintza berdinetan ikerketa errepikatuz ezin izan dituzte emaitzak egiaztatatu [52].

Urriak dira IMek ume eta nerabeen kognizio-funtzioetan sortzen dituzten arazoei buruzko ikerketak. Umeen garuna guztiz osatu gabe dago eta batzuen ustez efektu neurofisiologikoei dagokienean sentikorragoak izan daitezke garapen-fase honetako garunak [53], baina kontua eztabaidagai da oraindik ere [54]. Batez ere hiritarrek erabiltzen dituzten sakelako telefonoek sorturiko esposizioa izaten da soilik aintzat hartutako IM iturria. Ikerketa batzuek jaio aurretiko esposizioa baizik ez dute kontuan hartzen. Alegia, amak haurdunaldian egindako sakelako telefonoaren erabilerearen arabera egin dute azterketa, eta beste batzuek aldiz, umeak berak jaio ostean egindako erabilera hartzen dute esposizio iturri gisa. Guxens et al. (2013) [55] eta Vrihjeid et al.-ek (2010) [56] egindako lanak dira lehenengokoen artean ezagunenak. Ez zuten efekturik aurkitu baina esposizioaren estimazioaren kalitate baxua salatu izan da. Lehenengo lanaren kasuan amei atzera begira galdetegi bidez galdetu zitzairen umeek 5 urte zituzten garaiari buruz, eta bigarren kasuan, haurdunaldian egindako deien maiztasuna galdetu zitzairen, erabilera-denbora kontuan hartu gabe. Esposizioaren estimaziorako umeek edo nerabeek egindako mugikorren erabilera kontsideratu duten ikerketek, prozesu kognitiboen ebaluazioan efektu laguntzailea [57,58] edo efektu gabezia [59-61] ikusi zuten batzuek. Ikerketa batzuek umeek edo nerabeek egindako telefono-erabilera aztertu dute estimazio bat egiteko. Horrelakoetan, efektu onuragarria edo efekturik eza ikusi dute. Bestalde, ikertzaile talde berak birritan ikusi zituen portara-arazoak lagin handia erabili zuen ikerketa batean [62,63]. Australiako zeharkako MoRPhEUS ikerketak, aldiz, efektu onuragarria behatu zuen, sakelako telefonoa gehien erabiltzen zuten nerabeek erantzun-denbora motzagoa baitzuten, nahiz eta zehaztasun okerragoa izan [64]. IMen kognizio-efektuen inguruan egin diren ikerketek orokorrean esposizio akutua eta epe motzera neurtzen dituzte efektuak eta, beraz, epe luzera eragiten duten efektuetan sakondu egin beharko litzateke.

2.3.3. Efektuak ugalketan

Ugalketan, antzutasunean, berezko abortuetan eta sortzetiko gaixotasunetan ELFek eragin ditzaketen efektuak aztertu izan dira, batez ere lan jardueraren ondorioz esposizioa jasan duten gizakiengan. Orokorrean, emaitzek ez dute ugalketan arriskurik behatzen normalean gertatzen diren esposizio mailetan, bai ingurumen jatorriko bai lan jardueraren jatorriko

ohiko intentsitateetan. Esposizio altua pairatzen dutenengan, ordea, arriskuaren handitze bat ikusi da [65].

Esperma IMekiko kaltebera izan daitekeelako hipotesia ere jorratu izan da. Gutschi et al.-en (2011) ikerketan, antzutasun-klinika bateko 2.100 pazienteren semena analizatu zen 1993 eta 2007 urteen artean [66]. Ikertzaileek, ikusi zuten semenaren mugikortasun eta morfologia-kalitate okerragoa zutela sakelako telefonoa erabiltzen zutela zioten gizonezkoek. Hala ere, ikerketa honek ez zituen kontuan hartu IMen iturri izan zitezkeen beste batzuk, ez eta antzutasunean eragin zezaketen beste aldagai batzuk. SCENIHRen arabera, ez dago ebidentzia nahikorik IMek gizonezkoen ugalkortasunean eragiten dutela esateko [2].

2.3.4. *Sintoma ez-espezifikokoak*

Ondoeza orokorra, buruko mina edo lo egiteko arazoak bezalako sintomak behatu izan dira EEMekin harremanetan [67,68]. Dena den, ikerketa gehienek antenetatiko edota tentsio altuko lineetatiko distantzia erabili dute esposizioa estimatzeko erreferentzia modura. Gainera, pazienteen subjektibotasuna arazo izan daiteke, sintomak neurtzeko zailtasuna dela eta. Horrela, parte-hartzaileek eurek esandakoaz fidatzea besterik ez da geratzen. Porsius et al.-ek (2015), aurkitu zuten tentsio altuko lineetatik gertu (300 metrora) bizi ziren biztanleek sintoma gehiago erakusten zituztela, nahiz eta linea horiek oraindik funtzionamenduan ez egon [69]. Bortkiewicz et al.-ek (2012) IMen kasurako ere hurbiltasuna eta aitortutako sintomen arteko harremana ikusi zuten [68].

Azken urteotan, osasun publikoaren baitan sonatua egin da EEMekiko hipersentikortasuna deritzona. Sintoma ezberdin eta ez-espezifikokoak edukitzean datza hipersentikortasun hori: buruko minak, letargia, loaldian asaldurak, antsietatea...

Hainbat ikerketatan argi ikusi da ez dagoela benetako loturatik benetako esposizioa, hots, neurtutakoa eta parte-hartzaileek esandako sintomen artean [2,70].

3. **EEMen EFEKTUEN INGURUKO EZTABAIDA**

Ikerketa ugari egin dira, baina hala ere, kontu honetan zalantza ugari daude, batez ere metodologiak dituen mugengatik. Gehienetan ikerketen emaitzak ez dira errepikatuak, ez dira sendoak edota ez dute dosi-erantzun gisako ondorioz izaten.

Ugariak izan daitezke ikerketetan gertatutako sendotasun ezaren arrazoiak: besteak beste, metodologia-mugak, diseinu experimental desberdi-

nen aniztasuna, esposizio-denbora laburra, lagin txikiaren ondorioz duten esangura estatistiko baxua, efektuak neurtzeko erabilitako test desberdinen aniztasuna, beharrezko latentzia-denbora aintzat ez hartzea, kontuan hartu gabeko aldagai nahasgarriak eta sintomen berri emateko unean egon daitezkeen subjektibotasun arazoak izan daitezke [2,71].

EEI-EEMen efektuak oraindik eztabaidagai daude besteak beste egonaldiaren estimazio desegokia edo osagatugabea egin omen delako. Izan ere, normalean, ikerketek ez dituzte EEI-EEMak sortzen dituzten iturri guztiak kontuan hartzen eta metodo zuzenak posible ez direnean halamoduzko estimazioa egiten duten metodo ez-zuzenak erabiltzen dituzte [72].

4. ZIENTZIA-IKERKETAREN ORAINGO EGOERA

Estatu(en) arteko mailan MOEak CEM proiektua (<http://www.who.int/peh-emf/project>) abiarazi zuen 1996an eremu elektriko eta magnetikoek ingurumenean eta osasunean eragiten dituzten efektuak aztertzeko. Europako hainbat egitasmok diru-laguntzak jaso dituzte, EEI-EEM efektu eta ekin-tza-mekanismoak aztertzeko. Batez ere, *in vitro* eta *in vivo* saioak egin dituzte esaterako REFLEX edo CEMFEC bezalako proiektu sonatuek (http://ec.europa.eu/health/ph_determinants/environment/EMF/brochure_en.pdf). Ikerketa hauek guztiek ez dute emaitza argirik eman.

EEI-EEMen iturri diren teknologien erabilerak gora egin du eta emaitza kontraesankorrak lortu dira. Beraz, jarraitu egin beharko genuke epe luzera batez ere umeetan gerta daitezkeen efektuak ikertzen. Hori dela eta, Bruselan izan zen EEI-EEMei buruzko estatu arteko batzarrean kohorte-ikerketa epidemiologikoak eta protokolo zehatzak gauzatzeko beharra nabarmendu zuten gaian adituak direnek. Une honetan, abian daude IMen efektuak aztertzen dituzten hainbat ikerketa epidemiologiko; lehenik kontrol-kasuko MOBI-Kids ikerketa [41], bigarrenik, 250000 heldu baino gehiago 25 urtetan zehar jarraituko dituen COSMOS (Cohort Study of Mobile phone use and health) [73] ikerketa, minbiziak, tumore onberak, buruko minak, loaren kalitatea eta ongizate orokorra aztertuz. Hirugarrenik, HERMES (Health effects related to mobile phone use in adolescents) kohortea [74] eta azkenik GERoNiMO proiektua (Generalised EMF Research using Novel Methods- an integrated approach: from research to risk assessment and support to risk management) (<http://www.crealradiation.com>) EEI-EEMek dituzten efektuak era ezberdinetan (*in vitro*, *in vivo* eta ikerketa epidemiologikoein) baloratzen dituen.

Gipuzkoan, INMA (*Infancia y Medio Ambiente- Ingurumena eta Haurtzaroa*; www.proyectoinma.org) proiektuak kohorte bat du eta parte hartzen du GERoNiMO proiektu Europarraren ikerketa lerro batean. Zehazki, IMek umeen neurogarapenean duten eragina epidemiologiaren aldetik az-

tertzen da [72]. INMA proiektuaren barruan nagusiki zehaztu nahi dute zein efektu eragiten dituen umeen garapenean, haurdunaldian eta bizialdiko lehenengo urteetan ingurumen kutsatzaileen peko egonaldiak. Egun, Espainia mailan 6 kohortek dira eta Gipuzkoakoa da berriena, aztergai diren 450 inguru umeek 8 urte dituztelarik. Neurogarapenari dagokionean, berriki abian jarri da gazteak aztergai dituen SCAMP izeneko proiektua [75]. ELFei dagokienean aldiz, orain arte metodo ez-zuzenen bidez eta iturri guztiak kontuan izan gabe egin da esposizioaren karakterizazioa, baina azkenaldian, ohikoagoak dira iturri guztiak aintzat hartzen dituzten ikerketak, eta esposizioa neurketa zuzenen bidez [76] edota neurgailu pertsonalen bidez estimatzen da.

5. ONDORIOAK

Organismo ofizialek, estatu mailakoek zein estatu artekoek, uste dute egungo ebidentzia mugatua dela eta ezin ondoriozta daitekeela EEI-EEMen eta efektuen arteko kausa/efektu harremana dagoenik, beti ere esposizio mailak gomendio eta araudien azpitik daudenean [2,77-79]. Dena den, azpimarratu dute metodologiako arazoei aurre egiten dieten ikerketa sendoak egiteko beharra dagoela. Eginbidean dauden proiektuek gaia argitzen lagundu bitartean, funtsezkoa da herritarren ardurei erantzuteko nazio arteko erantzun koordinatu bat.

6. ESKER ONAK

MGk eskerrak eman nahi dizkio Hezkuntza, Hizkuntza politika eta Kultura sailari, doktore tesia egiteko jaso duen diru-laguntzagatik.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] BROWNSON R.C., PETITTI D.B. 1998. *Applied Epidemiology*. Oxford University Press, New York.
- [2] Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR). Final opinion on potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF). 2015.
- [3] VIJAYALAXMI, PRIHODA T.J. 2009. «Genetic damage in mammalian somatic cells exposed to extremely low frequency electro-magnetic fields: a meta-analysis of data from 87 publications (1990-2007)». *Int J Radiat Biol*, **85**, 196-213.
- [4] World Health Organization. International Agency for Research on Cancer (IARC): IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to hu-

- mans. Non-Ionizing Radiation, Part I: Static and Extremely Low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. 80 edition 2007.
- [5] SIMKO M., MATTSSON M.O. 2004. «Extremely low frequency electromagnetic fields as effectors of cellular responses in vitro: possible immune cell activation». *J Cell Biochem*, **93**, 83-92.
- [6] HEYNICK L.N., JOHNSTON SA FAU - MASON P., MASON P.A. «Radio frequency electromagnetic fields: cancer, mutagenesis, and genotoxicity». *Bioelectromagnetics Suppl 6*, S74-100.
- [7] VERSCHAEVE L., JUUTILAINEN J.F., LAGROYE I.F., MIYAKOSHI J.F., SAUNDERS R.F., DE SEZE R.F., TENFORDE T.F., VAN RONGEN E FAU - VEYRET, VEYRET B.F., XU Z. «In vitro and in vivo genotoxicity of radiofrequency fields». *Mutat Res* **705**, 252-268.
- [8] ZHIJIAN C., XIAOXUE L.F., YEZHEN L.F., DEQIANG L.F., SHIJIE C.F., LIFEN J.F., JIANLIN L.F., JILIANG H. «Influence of 1.8-GHz (GSM) radiofrequency radiation (RFR) on DNA damage and repair induced by X-rays in human leukocytes in vitro». *Mutat Res* **677**, 100-104.
- [9] RUEDIGER H.W. «Genotoxic effects of radiofrequency electromagnetic fields». *Pathophysiology* **16**, 89-102.
- [10] SPEIT G., GMINSKI R.F., TAUBER R. «Genotoxic effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF) in HL-60 cells are not reproducible». *Mutat Res* **755**, 163-166.
- [11] ZENI, O. eta SCARFI, M.R. 2012. *Experimental Requirements for in vitro Studies Aimed to Evaluate the Biological Effects of Radiofrequency Radiation*. InTech.
- [12] ZHANG M., LI X., BAI L., UCHIDA K., BAI W., WU B., XU W., ZHU H., HUANG H. 2013. «Effects of low frequency electromagnetic field on proliferation of human epidermal stem cells: An in vitro study». *Bioelectromagnetics*, **34**, 74-80.
- [13] JOUBERT V., BOURTHOUMIEU S FAU - LEVEQUE P., LEVEQUE P.F., YARDIN C. 2008. «Apoptosis is induced by radiofrequency fields through the caspase-independent mitochondrial pathway in cortical neurons». *Radiat Res*, **169**, 38-45.
- [14] KAHYA M.C., NAZIROGLU M.F., CIG B. 2014. «Selenium reduces mobile phone (900 MHz)-induced oxidative stress, mitochondrial function, and apoptosis in breast cancer cells». *Biol Trace Elem Res*, **160**, 285-293.
- [15] LIU Y.X., TAI J.L., LI G.Q., ZHANG Z.W., XUE J.H., LIU H.S., ZHU H., CHENG J.D., LIU Y.L., LI A.M., ZHANG Y. 2012. «Exposure to 1950-MHz TD-SCDMA electromagnetic fields affects the apoptosis of astrocytes via caspase-3-dependent pathway». *PLoS One*, **7**.
- [16] MANTI L., BRASELMANN H., CALABRESE M.L., MASSA R., PUGLIESE M., SCAMPOLI P., SICIGNANO G., GROSSI G. 2008. «Effects of modulated microwave radiation at cellular telephone frequency (1.95 GHz) on X-ray-induced chromosome aberrations in human lymphocytes in vitro». *Radiat Res*, **169**, 575-583.

- [17] SANNINO A., DI C.G., BRESCIA F., SARTI M., ZENI O., JUUTILAINEN J., SCARFI M.R. 2009. «Human fibroblasts and 900 MHz radiofrequency radiation: evaluation of DNA damage after exposure and co-exposure to 3-chloro-4-(dichloromethyl)-5-hydroxy-2(5h)-furanone (MX)». *Radiat Res*, **171**, 743-751.
- [18] SEONG Y., MOON J., KIM J. 2014. «Egr1 mediated the neuronal differentiation induced by extremely low-frequency electromagnetic fields». *Life Sci*, **102**, 16-27.
- [19] BAI W.F., XU W.C., FENG Y., HUANG H., LI X.P., DENG C.Y., ZHANG M.S. 2013. «Fifty-Hertz electromagnetic fields facilitate the induction of rat bone mesenchymal stromal cells to differentiate into functional neurons». *Cytotherapy*, **15**, 961-970.
- [20] HAO Y., YANG X., CHEN C., YUAN W., WANG X., LI M., YU Z. 2010. «STAT3 signalling pathway is involved in the activation of microglia induced by 2.45 GHz electromagnetic fields». *Int J Radiat Biol*, **86**, 27-36.
- [21] YANG X., HE G., HAO Y., CHEN C., LI M., WANG Y., ZHANG G., YU Z. 2010. «The role of the JAK2-STAT3 pathway in pro-inflammatory responses of EMF-stimulated N9 microglial cells». *J Neuroinflammation*, **7**, 54.
- [22] REPACHOLI M.H., BASTEN A.F., GEBSKI V.F., NOONAN D.F., FINNIE J.F., HARRIS A.W. 1997. «Lymphomas in E mu-Pim1 transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic fields». *Radiation Research*, **147**, 631-640.
- [23] KUPPER H., SCHEURLLEN U., DEERBERG F., SEEBALD E., DIETZ K., MECKE D., PROBST H., STEHLE T., BARTSCH C. 2010. «Effect of chronic exposure to a GSM-like signal (mobile phone) on survival of female Sprague-Dawley rats: modulatory effects by month of birth and possibly stage of the solar cycle». *Neuro endocrinology letters*, **31**, 457-473.
- [24] JADIDI M., FIROOZABADI S.M., RASHIDY-POUR A., SAJADI A.A., SADEGHI H., TAHERIAN A.A. 2007. «Acute exposure to a 50 Hz magnetic field impairs consolidation of spatial memory in rats». *Neurobiol Learn Mem*, **88**, 387-392.
- [25] CUI Y., GE Z., RIZAK J.D., ZHAI C., ZHOU Z., GONG S., CHE Y. 2012. «Deficits in water maze performance and oxidative stress in the hippocampus and striatum induced by extremely low frequency magnetic field exposure». *PLoS One*, **7**, e32196.
- [26] HAO D., YANG L., CHEN S., TONG J., TIAN Y., SU B., WU S., ZENG Y. 2013. «Effects of long-term electromagnetic field exposure on spatial learning and memory in rats». *Neurol Sci*, **34**, 157-164.
- [27] KITAOKA K., KITAMURA M., AOI S., SHIMIZU N., YOSHIZAKI K. 2013. «Chronic exposure to an extremely low-frequency magnetic field induces depression-like behavior and corticosterone secretion without enhancement of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in mice». *Bioelectromagnetics*, **34**, 43-51.

- [28] TENORIO B.M., JIMENEZ G.C., MORAIS R.N., TORRES S.M., ALBUQUERQUE N.R., SILVA JUNIOR V.A. 2011. «Testicular development evaluation in rats exposed to 60 Hz and 1 mT electromagnetic field». *J Appl Toxicol*, **31**, 223-230.
- [29] RAVERA S., FALUGI C., CALZIA D., PEPE I.M., PANFOLI I., MORELLI A. 2006. «First cell cycles of sea urchin *Paracentrotus lividus* are dramatically impaired by exposure to extremely low-frequency electromagnetic field». *Biol Reprod*, **75**, 948-953.
- [30] MERHI Z.O. 2012. «Challenging cell phone impact on reproduction: a review». *J Assist Reprod Genet*, **29**, 293-297.
- [31] LA V.S., CONDORELLI R.A., VICARI E., D'AGATA R., CALOGERO A.E. 2012. «Effects of the exposure to mobile phones on male reproduction: a review of the literature». *J Androl*, **33**, 350-356.
- [32] WERTHEIMER N., LEEPER E. 1979. «Electrical wiring configurations and childhood cancer». *Am J Epidemiol*, **109**, 273-284.
- [33] CALVENTE I., FERNANDEZ M.F., VILLALBA J., OLEA N., NUNEZ M.I. 2010. «Exposure to electromagnetic fields (non-ionizing radiation) and its relationship with childhood leukemia: a systematic review». *Sci Total Environ*, **408**, 3062-3069.
- [34] AHLBOM A., DAY N., FEYCHTING M., ROMAN E., SKINNER J., DOCKERTY J., LINET M., MCBRIDE M., MICHAELIS J., OLSEN J.H., TYNES T., VERKASALO P.K. 2000. «A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia». *Br J Cancer*, **83**, 692-698.
- [35] GREENLAND S., SHEPPARD AR F.A.U., KAUNE WT F.A.U., POOLE C.F., KELSH M.A. 2000. «A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. Childhood Leukemia-EMF Study Group». *Epidemiology*, **11**, 624-634.
- [36] BAILEY W.H., WAGNER M.E. 2008. «IARC evaluation of ELF magnetic fields: public understanding of the 0.4-microT exposure metric». *J Expo Sci Environ Epidemiol*, **18**, 233-235.
- [37] CARDIS E., RICHARDSON L., DELTOUR I., ARMSTRONG B., FEYCHTING M., JOHANSEN C., KILKENNY M., MCKINNEY P., MODAN B., SADETZKI S., SCHUZ J., SWERDLOW A., VRIJHEID M., AUVINEN A., BERG G., BLETTNER M., BOWMAN J., BROWN J., CHETRIT A., CHRISTENSEN H.C., COOK A., HEPWORTH S., GILES G., HOURS M., IAVARONE I., JARUS-HAKAK A., KLAEBOE L., KREWSKI D., LAGORIO S., LONN S., MANN S., MCBRIDE M., MUIR K., NADON L., PARENT M.E., PEARCE N., SALMINEN T., SCHOE-MAKER M., SCHLEHOFER B., SIEMIATYCKI J., TAKI M., TAKEBAYASHI T., TYNES T., VAN TONGEREN M., VECCHIA P., WIART J., WOODWARD A., YAMAGUCHI N. 2007. «The INTERPHONE study: design, epidemiological methods, and description of the study population». *Eur J Epidemiol*, **22**, 647-664.

- [38] HARDELL L., CARLBERG M., HANSSON M.K. 2011. «Pooled analysis of case-control studies on malignant brain tumours and the use of mobile and cordless phones including living and deceased subjects». *Int J Oncol*, **38**, 1465-1474.
- [39] SCHUZ J., JACOBSEN R., OLSEN J.H., BOICE J.D., JR., MCLAUGHLIN J.K., JOHANSEN C. 2006. «Cellular telephone use and cancer risk: update of a nationwide Danish cohort». *J Natl Cancer Inst*, **98**, 1707-1713.
- [40] BAAN R., GROSSE Y., LAUBY-SECRETAN B., EL G.F., BOUVARD V., BENBRAHIM-TALLAA L., GUHA N., ISLAMI F., GALICHET L., STRAIF K. 2011. «Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields». *Lancet Oncol*, **12**, 624-626.
- [41] SADETZKI S., LANGER C.E., BRUCHIM R., KUNDI M., MERLETTI F., VERMEULEN R., KROMHOUT H., LEE A.K., MASLANYJ M., SIM M.R., TAKI M., WIART J., ARMSTRONG B., MILNE E., BENKE G., SCHATNER R., HUTTER H.P., WOEHRER A., KREWSKI D., MOHIP C., MOMOLI F., RITVO P., SPINELLI J., LACOUR B., DELMAS D., REMEN T., RADON K., WEINMANN T., KLOSTERMANN S., HEINRICH S., PETRIDOU E., BOUKA E., PANAGOPOULOU P., DIKSHIT R., NAGRANI R., EVEN-NIR H., CHETRIT A., MAULE M., MIGLIORE E., FILIPPINI G., MILIGI L., MATTIOLI S., YAMAGUCHI N., KOJIMAHARA N., HA M., CHO K.H., MANNETJE A., ENG A., WOODWARD A., CARRETERO G., ALGUACIL J., ARAGONES N., SUARE-VARELA M.M., GOEDHART G., SCHOUTEN-VAN MEETEREN A.A., REEDIJK A.A., CARDIS E. 2014. «The MOBI-Kids Study Protocol: Challenges in Assessing Childhood and Adolescent Exposure to Electromagnetic Fields from Wireless Telecommunication Technologies and Possible Association with Brain Tumor Risk». *Front Public Health*, **2**, 124.
- [42] DODE A.C., LEO M.M., TEJO F.A., GOMES A.C., DODE D.C., DODE M.C., MOREIRA C.W., CONDESSA V.A., ALBINATTI C., CAIAFFA W.T. 2011. «Mortality by neoplasia and cellular telephone base stations in the Belo Horizonte municipality, Minas Gerais state, Brazil». *Sci Total Environ*, **409**, 3649-3665.
- [43] WOLF R. eta WOLF D. 2004. «Increased incidence of cancer near a cell-phone transmitter station». *Int J Cancer Prevention*, **1**, 123-128.
- [44] EGER H., HAGEN KU., LUCAS B., VOGEL P., VOIT H. 2004. «Einfluss der räumlichen Nähe von Mobilfunksendeanlagen auf die Krebsinzidenz». *Umwelt-Medizin-Gesellschaft*, **17**, 326-332.
- [45] ELLIOTT P., TOLEDANO M.B., BENNETT J., BEALE L., DE H.K., BEST N., BRIGGS D.J. 2010. «Mobile phone base stations and early childhood cancers: case-control study». *BMJ*, **340**, c3077.
- [46] GALLASTEGI M, TAMAYO-URIA I, JIMENEZ A, AURREKOETXEA J, SANTA-MARINA L, IBARLUZEA J 2014. «Mobile telephony antennas: localization and proximity to sensitive areas in the Inma-Gipuzkoa study area». *Rev salud ambient*, **14**, 98-106.

- [47] LI C.Y. eta SUNG F.C. 2003. «Association between occupational exposure to power frequency electromagnetic fields and amyotrophic lateral sclerosis: a review». *Am J Ind Med*, **43**, 212-220.
- [48] ZHOU H., CHEN G., CHEN C., YU Y., XU Z. 2012. «Association between extremely low-frequency electromagnetic fields occupations and amyotrophic lateral sclerosis: a meta-analysis». *PLoS One*, **7**, e48354.
- [49] HUSS A., SPOERRI A., EGGER M., ROOSLI M. 2009. »Residence near power lines and mortality from neurodegenerative diseases: longitudinal study of the Swiss population». *Am J Epidemiol*, **169**, 167-175.
- [50] FREI P., POULSEN A.H., MEZEI G., PEDERSEN C., CRONBERG S.L., JOHANSEN C., ROOSLI M., SCHUZ J. 2013. «Residential distance to high-voltage power lines and risk of neurodegenerative diseases: a Danish population-based case-control study». *Am J Epidemiol*, **177**, 970-978.
- [51] LUSTENBERGER C., MURBACH M., DURR R., SCHMID M.R., KUSTER N., ACHERMANN P., HUBER R. 2013. «Stimulation of the brain with radiofrequency electromagnetic field pulses affects sleep-dependent performance improvement». *Brain Stimul*, **6**, 805-811.
- [52] KRAUSE C.M., PESONEN M., HAARALA B.C., HAMALAINEN H. 2007. «Effects of pulsed and continuous wave 902 MHz mobile phone exposure on brain oscillatory activity during cognitive processing». *Bioelectromagnetics*, **28**, 296-308.
- [53] Independent Expert Group on Mobile Phones (IEGMP). «Mobile phones and health». Chilton: Independent Expert Group on Mobile Phones. 2000. <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20101011032547/http://www.iegmp.org.uk/report/text.htm>. 2015eko apirilaren 21ean ikusia.
- [54] VAN R.E., ROUBOS E.W., VAN AERNSBERGEN L.M., BRUSSAARD G., HAVENAAR J., KOOPS F.B., VAN LEEUWEN F.E., LEONHARD H.K., VAN RHOON G.C., SWAEN G.M., VAN DE WEERDT R.H., ZWAMBORN A.P. 2004. «Mobile phones and children: is precaution warranted?». *Bioelectromagnetics*, **25**, 142-144.
- [55] GUXENS M., VAN E.M., VERMEULEN R., LOOMANS E., VRIJKOTTE T.G., KOMHOUT H., VAN STRIEN R.T., HUSS A. 2013. «Maternal cell phone and cordless phone use during pregnancy and behaviour problems in 5-year-old children». *J Epidemiol Community Health*, **67**, 432-438.
- [56] VRIJHEID M., MARTINEZ D., FORNS J., GUXENS M., JULVEZ J., FERRER M., SUNYER J. 2010. «Prenatal exposure to cell phone use and neurodevelopment at 14 months». *Epidemiology*, **21**, 259-262.
- [57] LEE T.M., HO S.M., TSANG L.Y., YANG S.H., LI L.S., CHAN C.C., YANG S.Y. 2001. «Effect on human attention of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones». *Neuroreport*, **12**, 729-731.
- [58] PREECE A.W., GOODFELLOW S., WRIGHT M.G., BUTLER S.R., DUNN E.J., JOHNSON Y., MANKTELOW T.C., WESNES K. 2005. «Effect of 902 MHz mobile phone transmission on cognitive function in children». *Bioelectromagnetics*, **Suppl 7**, S138-S143.

- [59] KWON M.S., HUOTILAINEN M., SHESTAKOVA A., KUJALA T., NAA-TANEN R., HAMALAINEN H. 2010. «No effects of mobile phone use on cortical auditory change-detection in children: an ERP study». *Bioelectromagnetics*, **31**, 191-199.
- [60] DIVAN H.A., KHEIFETS L., OLSEN J. 2011. «Prenatal cell phone use and developmental milestone delays among infants». *Scand J Work Environ Health*, **37**, 341-348.
- [61] HAARALA C., BERGMAN M., LAINE M., REVONSUO A., KOIVISTO M., HAMALAINEN H. 2005. «Electromagnetic field emitted by 902 MHz mobile phones shows no effects on children's cognitive function». *Bioelectromagnetics*, **Suppl 7**, S144-S150.
- [62] DIVAN H.A., KHEIFETS L., OBEL C., OLSEN J. 2008. «Prenatal and postnatal exposure to cell phone use and behavioral problems in children». *Epidemiology*, **19**, 523-529.
- [63] DIVAN H.A., KHEIFETS L., OBEL C., OLSEN J. 2012. «Cell phone use and behavioural problems in young children». *J Epidemiol Community Health*, **66**, 524-529.
- [64] ABRAMSON M.J., BENKE G.P., DIMITRIADIS C., INYANG I.O., SIM M.R., WOLFE R.S., CROFT R.J. 2009. «Mobile telephone use is associated with changes in cognitive function in young adolescents». *Bioelectromagnetics*, **30**, 678-686.
- [65] RAMAZZINI INSTITUTE 2010. «An ICEMS Monographs. Non-thermal effects and mechanism of action between electromagnetic fields and living matter». *European Journal of Oncology*, **5**.
- [66] GUTSCHI T., MOHAMAD AL-ALI B., SHAMLOUL R., PUMMER K., TRUMMER H. 2011. «Impact of cell phone use on men's semen parameters». *Andrologia*, **43**, 312-316.
- [67] SANTINI R., SANTINI P., LE RUZ P., DANZE J.M., SEIGNE M. 2003. «Survey Study of People Living in the Vicinity of Cellular Phone Base Stations». *Electromagnetic Biology and Medicine*, **22**, 41-49.
- [68] BORTKIEWICZ A., GADZICKA E., SZYJKOWSKA A., POLITANSKI P., MAMROT P., SZYMCZAK W., ZMYSLONY M. 2012. «Subjective complaints of people living near mobile phone base stations in Poland». *Int J Occup Med Environ Health*, **25**, 31-40.
- [69] PORSIUS J.T., CLAASSEN L., SMID T., WOUDEBERG F., PETRIE K.J., TIMMERMANS D.R. 2015. «Symptom reporting after the introduction of a new high-voltage power line: A prospective field study». *Environ Res*, **138C**, 112-117.
- [70] BALIATSAS C., VAN K., I, KELFKENS G., SCHIPPER M., BOLTE J., YZERMANS J., LEBRET E. 2011. «Non-specific physical symptoms in relation to actual and perceived proximity to mobile phone base stations and powerlines». *BMC Public Health*, **11**, 421.

- [71] REGEL S.J., ACHERMANN P. 2011. «Cognitive performance measures in bioelectromagnetic research--critical evaluation and recommendations». *Environ Health*, **10**, 10.
- [72] GALLASTEGI M., GUXENS M., JIMENEZ-ZABALA A., CALVENTE I., FERNANDEZ M., BIRKS L., STRUCHEN B., VRIJHEID M., ESTARLICH M., FERNANDEZ M.F., TORRENT M., BALLESTER F., AURREKOETXEA J.J., IBARLUZEA J., GUERRA D., GONZALEZ J., ROOSLI M., SANTA-MARINA L. 2016. «Characterisation of exposure to non-ionising electromagnetic fields in the Spanish INMA birth cohort: study protocol». *BMC Public Health*, **16**, 167.
- [73] SCHUZ J., ELLIOTT P., AUVINEN A., KROMHOUT H., POULSEN A.H., JOHANSEN C., OLSEN J.H., HILLERT L., FEYCHTING M., FREMLING K., TOLEDANO M., HEINAVAARA S., SLOTTJE P., VERMEULEN R., AHLBOM A. 2011. «An international prospective cohort study of mobile phone users and health (Cosmos): design considerations and enrolment». *Cancer Epidemiol*, **35**, 37-43.
- [74] ROSER K., SCHOENI A., BURGI A., ROOSLI M. 2015. «Development of an RF-EMF Exposure Surrogate for Epidemiologic Research». *Int J Environ Res Public Health*, **12**, 5634-5656.
- [75] HAWKES N. 2014. «Study will look at effect of mobile phones on children's cognitive development». *BMJ*, **348**, g3407.
- [76] CALVENTE I., DAVILA-ARIAS C., OCON-HERNANDEZ O., PEREZ-LOBATO R., RAMOS R., ARTACHO-CORDON F., OLEA N., NUNEZ M.I., FERNANDEZ M.F. 2014. «Characterization of indoor extremely low frequency and low frequency electromagnetic fields in the INMA-Granada cohort». *PLoS One*, **9**, e106666.
- [77] World Health Organization (WHO). Base stations and wireless networks. 304. 2006.
- [78] World Health Organization (WHO). Exposure to extremely low frequency fields. 238. 2007.
- [79] Subdirección de Salud Pública de Bizkaia, Alonso E, García R, Onaindia C. Campos electromagnéticos y efectos en salud. 2011. http://www.osakidetza.euskadi.eus/contenidos/informacion/cem_salud/es_cem/adjuntos/cem.pdf. 2014ko urtarrilaren 10ean ikusia.