Review of the scientific evidence on the individual sensitivity to electromagnetic fields (EHS) - tutkimus suomeksi. Tutkimus on julkaistu *Reviews on Environmental Health* -julkaisussa 6.7.2021. Suomennos Timo Luhtanen.

Yksilöllistä sähköherkkyyttä koskevan tieteellisen näytön arviointi

Dariusz Leszczynski

Tiivistelmä

Osa väestöstä katsoo herkistyneensä ihmisen aiheuttamalle sähkömagneettiselle säteilylle (electromagnetic radiation, EMF), jota välittyy voimajohdoista, sähköjohdoista, kodinkoneista sekä langattoman viestinnän laitteista ja verkoista. Sähköherkkyydelle (electromagnetic hypersensitivity, EHS) ovat ominaisia monenlaiset epämääräiset oireet, joita sähköherkät väittävät kokevansa altistuessaan sähkömagneettiselle säteilylle. Koettuja oireita pidetään elämää rajoittavina, mutta niiden aiheuttajaa ei tiedetä. Tutkijat eivät ole toistaiseksi löytäneet syy-yhteyttä sähköherkkien kokemien oireiden ja sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen välillä. Kuten tässä katsauksessa esitetään, tähän mennessä toteutetut sähköherkkyyden tieteelliset tutkimukset ovat kuitenkin huonolaatuisia. Siksi on loogista ajatella, että sähköherkkyys on olemassa oleva ilmiö mutta sen todentamiseen käytetyt menetelmät eivät ole riittävän laadukkaita. On aika luopua psykologisista provokaatiotutkimuksista, joissa vapaaehtoisilta kysytään tunneperäisistä epämääräisistä oireista, joita he kokevat altistuessaan sähkömagneettiselle säteilylle. Tällainen tutkimusmenetelmä tuottaa vain subjektiivista ja siten erittäin epäluotettavaa tietoa, jonka avulla ei voida todistaa tai kumota sähköherkkyyden ja sähkömagneettisen säteilyn välistä syy-yhteyttä. Sähköherkkyyden tutkimisessa on otettava uusi suunta perustana yksilöllinen herkkyys, yleisesti tunnettu ilmiö, jonka mukaan yksilöiden reaktiot sähkömagneettiseen säteilyyn riippuvat yksilön geneettisistä ja epigeneettisistä ominaisuuksista. Tässä katsauksessa ehdotetaan, että uusissa tutkimuksissa provokaatiomenetelmä, jossa vapaaehtoiset altistetaan sähkömagneettiselle säteilylle, yhdistetään tehokkaisiin transkriptomiikan ja proteomiikan teknologioihin. Niin voidaan tuottaa objektiivista tietoa havainnoimalla ihmiskehon molekyylitason biokemiallisia reaktioita sähkömagneettiseen säteilyyn.

Avainsanat: sähköherkkyys, ELF-EMF (erittäin matalataajuinen sähkömagneettinen säteily), RF-EMF (radiotaajuinen sähkömagneettinen säteily), kyselytutkimukset, provokaatiotutkimukset

Johdanto

Ilmiö herkistymisestä sähkömagneettiselle säteilylle, jota tuottavat esimerkiksi sähköjohdot, sähkölaitteet, voimajohdot sekä langattoman viestinnän laitteet ja verkot, tunnetaan yleisesti ja historiallisesti sähkö(yli)herkkyytenä (*electromagnetic hypersensitivity*, EHS). Uudempi tieteellinen termi on sähkömagneettisten kenttien aiheuttama idiopaattinen ympäristöllinen yliherkkyys (*idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields*, IEI-EMF) [1]. Sähköherkiksi itsensä luokittelevat ihmiset ovat yleensä tavallista enemmän huolissaan altistumisesta tukiasemien ja langattomien laitteiden aiheuttamalle säteilylle, koska altistuminen ei ole vapaaehtoista eikä tahattomasti altistuneen säädeltävissä. Lisäksi altistuminen on jatkuvaa.

Sähköherkät ovat usein virheellisesti vähemmän huolissaan altistumisesta matkapuhelimien aiheuttamalle säteilylle, koska käyttäjä voi päättää, miten ja milloin hän käyttää matkapuhelintaan. Usein jätetään huomiotta se tieteellisesti paikkansa pitävä väite, että suurin osa säteilylle altistumisesta aiheutuu matkapuhelimesta [2]. Sähköherkkyyden tutkimus koostuu kolmesta tutkimustyypistä:

- Kyselytutkimukset, joissa tutkittavia ei altisteta kokeellisesti sähkömagneettiselle säteilylle. Kyselyissä tutkitaan itsensä sähköherkiksi diagnosoimien henkilöiden osuutta koko väestöstä ja yritetään määrittää, onko sähköherkkyyden oireiden ja ympäristöllisen tai henkilökohtaisen sähkömagneettisen säteilyn lähteille altistumisten välillä minkäänlaista yhteyttä.

- Provokaatiotutkimukset, joissa itsensä sähköherkiksi diagnosoineet henkilöt tai vertailuryhmän vapaaehtoiset altistetaan kokeellisesti tietyntyyppiselle sähkömagneettiselle säteilylle, jonka määrä tiedetään tarkasti ja sitä seurataan. Tutkittavilta kysytään altistuksen aikana tai pian sen jälkeen, tuntevatko he sähköherkkyyden oireita kokeellisen altistuksen tai valealtistuksen aikana ja pystyvätkö he tunnistamaan, milloin säteilylähde välittää sähkömagneettista säteilyä ja milloin ei.

- Biokemialliset ja fysiologiset tutkimukset, joissa etsitään sähköherkkyyden biokemiallisia merkkiaineita itsensä sähköherkiksi diagnosoineista henkilöistä. Tutkittaviksi valituilla merkkiaineilla tiedetään todennäköisesti olevan yhteys itsensä sähköherkiksi diagnosoineiden henkilöiden oireisiin. Itsensä sähköherkiksi diagnosoineita henkilöitä ei tämänhetkisissä biokemiallisissa tutkimuksissa altisteta kokeellisesti sähkömagneettiselle säteilylle. Sen sijaan he kertovat tutkijoille yksityiskohtaisesti, millaisten sähkömagneettisen säteilyn lähteiden he uskovat aiheuttavan oireensa ja millaisia fysiologisia oireita he kokevat. Tutkijat yrittävät tällaisissa tutkimuksissa määrittää, esiintyykö tutkittavissa jotain tiettyä biokemiallista merkkiainetta tavallista enemmän tai vähemmän.

Näissä kolmessa tutkimustyypissä on yhteinen ongelma, jota ei ole otettu lainkaan huomioon sähköherkkyyden tutkimuksessa. Ongelmana on, että tutkijat analysoivat vain sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen vaikutuksia eivätkä ota huomioon samanaikaista altistumista muille ympäristön epäpuhtauksille, kuten kemikaaleille, hiukkasille tai muulle säteilylle kuin sähkömagneettiselle. Ympäristön epäpuhtaudet voivat vaikuttaa yhdessä sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen kanssa ja johtaa joissakin tapauksissa lisävaikutuksiin tai jopa synergiavaikutuksiin.

Tässä katsauksessa esitetään yhteenveto tähänastisesta sähköherkkyyden tutkimuksesta, analysoidaan saatuja tietoja kriittisesti ja ehdotetaan uusia suuntia tulevalle tutkimukselle.

Kirjallisuushaku

Hakuja tehtiin seuraavissa tieteellisissä tietokannoissa: PubMed (www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed), EMF-Portal (https://www.emf-portal.org/) ja ORSAA (https://www.orsaa.org/orsaa-database.html).

Hauissa käytettiin seuraavia termejä: sähkö(yli)herkkyys (EHS), sähkömagneettisten kenttien aiheuttama idiopaattinen ympäristöllinen yliherkkyys (IEI-EMF), provokaatiotutkimukset, ELF-EMF, RF-EMF.

Huomioon otettiin vain englanninkieliset vertaisarvioidut alkuperäiset kokeelliset tutkimukset maaliskuuhun 2021 saakka.

Kyselytutkimukset

Ensimmäinen menetelmä sähköherkkyyden yleisyyden selvittämiseksi oli väestön kyselytutkimukset. Tähän menetelmään liittyy merkittäviä ongelmia. Ensimmäinen on, että kaikki kyselyn saaneet eivät vastaa kyselyyn ja palauta sitä. Vaikka tutkijat valitsisivat väestöstä edustavimman osajoukon, tulokset vääristyvät, koska tutkijoiden kyselyihin vastaavat vain ne henkilöt, joita tutkimuksen aihe eniten kiinnostaa. Vähemmän kiinnostuneet ja ne, joihin sähkömagneettiselle säteilylle altistuminen ei vaikuta henkilökohtaisesti, eivät välttämättä vastaa kiinnostuksen puutteen tai ajanpuutteen vuoksi. Tämä puolestaan vääristää tuloksia, koska lopullinen otos väestöstä voi poiketa merkittävästi alun perin valitusta ryhmästä ja sähköherkät voivat olla yliedustettuina tutkitussa väestössä. Näin arviot sähköherkkyyden yleisyydestä tai sähkömagneettisen säteilyn mahdollisesta vaikutuksesta sähköherkkyyden yleisyyteen muuttuvat vähemmän väestöä edustaviksi.

Toinen kyselyjen ongelma on, että aiemmin niitä oli helpompaa toteuttaa. Nykyään niiden toteuttaminen on vaikeampaa, koska kaikkialla elinympäristössä on laitteita, joista välittyy ihmisen aiheuttamaa erittäin matalataajuista ja radiotaajuista sähkömagneettista säteilyä (ELF-EMF ja RF-EMF). Sähkömagneettista säteilyä aiheuttavien laitteiden yleisyyden vuoksi on vaikea löytää sopivia ryhmiä, joita voitaisiin verrata altistuneisiin ryhmiin sekä ryhmiin, joiden jäsenet ovat diagnosoineet itsensä sähköherkiksi.

Kyselytutkimuksia arvioitaessa on pidettävä mielessä, että kaikki kyselyt, joiden väitetään tutkivan tietyntyyppisen altistumisen aiheuttaman sähköherkkyyden yleisyyttä, ovat harhaanjohtavia, koska erittäin matalataajuista ja radiotaajuista sähkömagneettista säteilyä on kaikkialla elinympäristössä. Kyselyissä kaikki tutkittavat altistetaan tietyntyyppiselle sähkömagneettiselle säteilylle, mutta he altistuvat myös monille muille säteilylähteille, jotka saattavat aiheuttaa synergia- tai lisävaikutuksia sähköherkkyyden oireisiin.

Yleisväestön ja sähköherkkien ELF-EMF-kyselytutkimukset

Taulukossa 1 (ks. lisäaineistot) on esitetty erittäin matalataajuista sähkömagneettista säteilyä (ELF-EMF) koskevat kyselytutkimukset [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [34] ja [35]. Niiden julkaisuajankohdat vaihtelevat vuodesta 1985 nykyhetkeen. 1980-luvulla julkaistuissa tutkimuksissa selvitetään näyttöpäätteille altistumisen vaikutuksia sekä näyttöpäätteiden käyttäjien oireita, kuten päänsärkyä, näköongelmia, lihasvaivoja tai ihottumaa. Monissa näyttöpäätteitä koskevissa tutkimuksissa ei havaittu eroa oireissa näyttöpäätteiden käyttäjien ja

vertailuryhmien välillä [26, 30, 32, 33], mutta joissakin tutkimuksissa havaittiin jonkin verran korrelaatiota näyttöpäätteen edessä vietetyn työajan ja oireiden lukumäärän välillä [29, 34]. Joissakin tutkimuksissa havaittiin eroja iho-oireiden esiintymisessä näyttöpäätteiden käyttäjillä, mutta tutkimuksen tekijöiden mukaan erot eivät liittyneet näyttöpäätteen aiheuttamaan säteilyyn vaan pikemminkin psykologisiin eroihin yksilöiden välillä [24, 25, 27]. Kaiken kaikkiaan jäi epäselväksi, johtuivatko näyttöpäätteiden käyttäjien terveysongelmat näyttöpäätteen aiheuttamasta säteilystä vai pitkistä työpäivistä ergonomisesti epämukavassa asennossa.

Yhdessä näyttöpäätteitä koskevassa tutkimuksessa oli hypoteesina, että antioksidantit (C- ja E-vitamiini ja seleeni) voivat lievittää sähköherkkyyden oireita henkilöillä, jotka altistuvat työssään näyttöpäätteiden aiheuttamalle säteilylle [21]. Tutkimuksessa selvitettiin paitsi subjektiivisia itseilmoitettuja oireita myös objektiivisia oireita: virtsahapon ja 2,2-difenyyli-1-pikryylihydratsyylin (DPPH) seerumitasoja. Näiden kahden biokemiallisen merkkiaineen seerumitasoissa ei havaittu korrelaatiota itseilmoitettuihin sähköherkkyyden oireisiin. Tutkimuksen johtopäätöksenä oli, että antioksidanttihoito ei lievittänyt sähköherkkyyden oireita.

Useissa tutkimuksissa selvitettiin asuinalueen voimajohtojen syöpään liittymättömiä vaikutuksia [28, 31] sekä sähkövoimaloiden ja sähköasemien työntekijöiden ammatillista altistumista [3, 7, 8, 23, 28].

Kyselytutkimuksessa, jossa oli mukana 120 voimajohtojen läheisyydessä sijaitsevaa kotitaloutta ja 120 taloudesta koostuva vertailuryhmä, kyselyllä selvitettiin oireita, kuten päänsärkyä, migreeniä, masennusta ja sairauspoissaolopäivien määrää verrattuna etäisyyteen voimajohdosta. Tutkijat havaitsivat, että terveysongelmat olivat yleisempiä niillä, jotka asuivat lähempänä voimajohtoja. Tutkijoilla ei kuitenkaan ollut muita objektiivisia mittareita kuin sairauspoissaolopäivien määrä [31].

Tutkimuksessa, jossa oli mukana 152 voimansiirtolinjojen läheisyydessä asuvaa naista, selvitettiin voimansiirtolinjan läheisyyden vaikutusta yleisiin terveysongelmiin ja läheisyyden aiheuttamaan huoleen. Tutkittavista 45 prosenttia oli huolissaan voimansiirtolinjan läheisyydestä ja 55 prosenttia ei ollut huolissaan. Tutkittavilla, jotka asuivat kauempana voimansiirtolinjoista, oli vähemmän terveysongelmia kuin voimansiirtolinjojen läheisyydessä asuvilla. Tutkijat kuitenkin totesivat, että tutkimuksen arvoa rajoitti usea tekijä, kuten muistiharha, sosiaalinen toivottavuus tai sairauden pelko, jota ei tutkittu lainkaan [28].

Voimalaitosten ja sähköasemien työntekijöiden ammatillista altistumista koskevissa tutkimuksissa käytettiin kyselyjä, joilla selvitettiin itseilmoitettujen oireiden (esim. uniongelmien, stressin, masennuksen, ahdistuneisuuden ja yleisen terveydentilan) määrää. Tutkimuksessa, johon osallistui 287 sähköasemien ja jakoasemien työntekijää, ei havaittu merkittävää korrelaatiota sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen ja terveyden välillä [35]. Iranissa tehdyssä tutkimuksessa, johon osallistui 40 muuntoaseman työntekijää, sähkömagneettiselle säteilylle altistuneilla työntekijöillä oli enemmän uniongelmia ja yleiseen terveydentilaan liittyviä ongelmia kuin vertailuryhmällä, joka ei altistunut sähkömagneettiselle säteilylle [12]. Kiinassa tutkimuksen kohteena oli 854 voimalaitoksen työntekijää. Tutkimuksessa havaittiin, että sähkömagneettiselle säteilylle altistuminen korreloi unen huonon laadun ja keston kanssa. Yhteyttä ei kuitenkaan havaittu ammatillisen altistumisen keston tai matkapuhelimen käytön kanssa [7]. Tutkimuksessa, jonka kohteena oli 275 voimalaitoksen työntekijää, havaittiin, että pitkäaikainen ammatillinen

altistuminen ELF-säteilylle voi johtaa masennukseen, ahdistuneisuuteen ja huonoon unen laatuun [3].

Ranskalaisessa tutkimuksessa selvitettiin ammatillisen muuntajien aiheuttamalle sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen [23] vaikutuksia veren ja verisolujen ominaisuuksiin. Tutkimuksessa havaittiin, että ammatillinen altistuminen 50 hertsin säteilylle 8 tuntia päivässä 1–5 vuoden ajan oli johtanut imusolujen määrän yleiseen laskuun veressä sekä erityisesti CD4-, CD3- ja CD2-imusolujen määrän laskuun. Samalla luonnollisten tappajasolujen määrä oli noussut. Tutkimuksessa kävi myös ilmi, että fyysiset muutokset poistuivat, kun altistuminen päättyi, ja ilmaantuivat uudelleen, kun altistuminen jatkui. Valitettavasti tämä tutkimus on niin suppea (13 altistunutta + 13 vertailuryhmän jäsentä), että sen perusteella ei voi tehdä yleisempiä johtopäätöksiä.

Joissakin tutkimuksissa käytettiin kyselyjä, joilla selvitettiin asuinympäristön aiheuttamaa ja henkilökohtaista altistumista monenlaiselle sähkömagneettiselle säteilylle (ELF ja RF), jota esiintyy nykyisin elinympäristössä [4, 5, 9], [10], [11, 13], [14], [15], [16], [17]. Kuten odotettua, itsensä sähköherkiksi diagnosoineilla henkilöillä oli huomattavasti enemmän terveyteen ja elämänlaatuun liittyviä ongelmia kuin niillä, jotka eivät mielestään olleet sähköherkkiä. Naiset olivat diagnosoineet itsensä sähköherkiksi miehiä useammin, ja heillä oli enemmän sähköherkkyyteen liittyviä epämääräisiä terveysoireita. Objektiivisten mittareiden puuttuminen ja kyselyn perustuminen vain itse diagnosoituun sähköherkkyyteen teki oireiden yhdistämisen sähkömagneettiselle säteilylle altistumiseen ongelmalliseksi.

Taiwanissa on tehty kaksi mahdollisesti merkityksellistä sähköherkkyyttä koskevaa kyselytutkimusta. Tutkimusten tiedonkeruun välillä oli viisi vuotta. Ensimmäinen tutkimus julkaistiin vuonna 2011 [14]. Siinä määritettiin sähköherkkyyden yleisyydeksi Taiwanissa 13,3 prosenttia. Viisi vuotta myöhemmin tehty tutkimus julkaistiin vuonna 2018 [4]. Sen mukaan sähköherkkyyden yleisyys oli laskenut 4,6 prosenttiin tutkitusta väestöstä. Molemmissa tutkimuksissa oli mukana sekä miehiä että naisia. Havaittu sähköherkkyyden yleisyyden laskeminen 13,3 prosentista 4,6 prosenttiin Taiwanin väestössä tulisi vahvistaa toisella tutkimuksella, jotta voidaan saada vahvistusta käsitykselle, että sähköherkkyyden yleisyys on tosiasiallisesti laskenut.

Sähköherkkyyttä koskevissa kyselytutkimuksissa on yleensä käytetty suhteellisen pientä otosta, mikä vähentää niiden tieteellistä arvoa. Poikkeuksellisen suuri tutkittavien joukko koostui 10 605 henkilöstä [20]. Vain muutamassa kyselytutkimuksessa oli tuhansia osallistujia [4, 5, 9, 14, 16, 19, 30]. Suurimmassa osassa tutkimuksia oli vain muutamia kymmeniä tai satoja osallistujia.

Suurimmassa osassa kyselyjä oli tutkimuksen kohteena epämääräisiä ja subjektiivisia oireita. Joissakin kyselyissä oireiden luettelo oli pitkä, peräti 43 [13] tai jopa 68 [11] oiretta. Huolimatta siitä, kuinka monta epämääräistä oiretta oli tutkimuksen kohteena, ongelmana oli, että oireet olivat riippuvaisia tutkittavien henkilökohtaisista tunteista ja ajattelusta. Tällaisten sähköherkkyyttä koskevien kyselytutkimusten tuloksia on vaikea arvioida ja vertailla, koska kunkin tutkimuksen tiedot tulevat eri joukosta eivätkä ole objektiivisia vaan subjektiivisia. Tiedot voivat liittyä erityiseen osallistujajoukkoon etenkin pienissä tutkimuksissa, mikä voi vaikuttaa tutkimuksen johtopäätöksiin. Myös tutkimusten luotettavuutta on vaikea arvioida, koska tiedot

(jotka on saatu joko suoraan tutkittavilta tai koulutettujen haastattelijoiden kokoamina) ovat subjektiivisia ja riippuvat tutkittavan henkilökohtaisista tunteista ja asenteista tutkimushetkellä.

Vain kahdessa tutkimuksessa (ks. taulukko 1) on kerätty myös fysiologisia näytteitä biokemiallista arviointia varten [21, 23] subjektiivisten epämääräisten oireiden lisäksi. Tämä on todellinen ongelma, koska valtaosassa tutkimuksia, jotka koskevat sähkömagneettisen säteilyn vaikutuksia ihmisen fysiologiaan, ei käytetä objektiivisia vaikutusten mittareita, vaan ne perustuvat lähes yksinomaan subjektiivisiin itseilmoitettuihin terveysongelmiin.

On myös sellaisia julkaistuja tutkimuksia, joissa tutkittavien määrä on valitettavasti niin pieni, että se estää luotettavan tilastollisen analyysin silloinkin, kun korrelaatio ELF-säteilyn ja epämääräisten oireiden välillä on jossain määrin todennäköinen [6, 8].

Yleisväestön RF-EMF-kyselytutkimukset

Taulukossa 2 (ks. lisäaineistot) on esitetty kyselytyyppiset tutkimukset [4, 5, 9, 14, 16, 17, 36], [37], [38], [39], [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46], [47], [48], [49], [50, 51], [52], [53], [54], [55], [56], [57], [58], [59], [60], [61], [62], [63], [64], [65], [66], [67], [68], [69], [70, 71], [72], [73], [74], [75], [76], [77], [78], [79], [80], [81], [82], [83], [84], [85], [86], [87], [88], [89], [90], [91], [92], [93], [94], [95], [96], [97, 102], [103], [104], [105], [106], [107], [108], [109], [110], [111], [112], [113], [114], [115], [116] ja [117], joiden julkaisuajankohdat vaihtelevat vuodesta 1996 nykyhetkeen. Niissä selvitetään mahdollista syy-yhteyttä radiotaajuiselle sähkömagneettiselle säteilylle (RF-EMF) altistumisen ja yleisväestön kokemien epämääräisten terveysoireiden välillä. Kyselytutkimuksissa on tutkittu eri-ikäisiä henkilöitä alle 1-vuotiaista yli 80-vuotiaisiin, mutta lasten, nuorten ja aikuisten määritelmät vaihtelevat. Tässä katsauksessa käytetään Yhdistyneiden kansakuntien ikämääritelmää: lapset 0–10 vuotta, nuoret 10–19 vuotta ja aikuiset yli 19 vuotta.

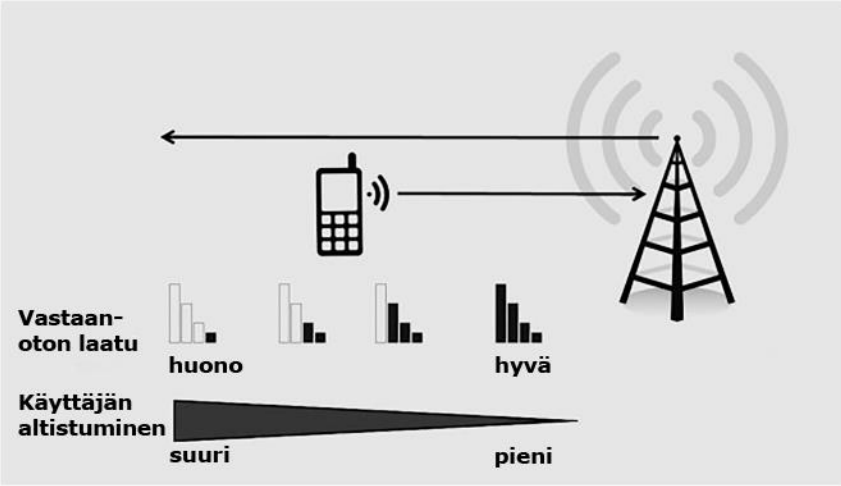
Yksi RF-EMF-kyselyillä saatujen tietojen arvioinnin ongelmista on tutkittujen epämääräisten oireiden suuri määrä. Oireet voivat johtua monista ärsykkeistä eivätkä vain RF-EMF-säteilystä. Suurimmassa osassa RF-EMF-kyselytutkimuksia on tarkasteltavana ollut yhteensä yli 70 oiretta:

> allergia, rytmihäiriö, selkäkipu, turvotuksen tunne vatsassa, näön hämärtyminen, ruumiillinen kipu, rintakipu, pakko-oireinen käyttäytyminen, keskittymiskyky, keskittymisvaikeudet, käyttäytymisongelmat, dementia, masennusoireet, epämiellyttävä tunne puhelujen aikana, huimaus, kurkun kuivuus, korvaoireet, tunnehäiriöt, tunneongelmat, tunneroolissa toimiminen, pyörtyminen, uupumus, punastuminen, hajamielisyys, yleiseen terveydentilaan liittyvät havainnot, päänsärky, kuulovaikeudet, sydämentykytys, vihamielisyys, yliaktiivisuus, kohonnut verenpaine, tarkkaamattomuus, herkkyys ihmissuhteissa, ärtyneisyys, energian puute, ruokahaluttomuus, muistihäiriöt, mielenterveys, migreeni, lihaskipu, pahoinvointi, niska- tai hartiaoireet, niskakipu, hermostuneisuus, pään tai kasvojen tunnottomuus, vatsakipu, tykytys, vainoharhaiset ajatukset, vertaissuhteiden ongelmat, ahdistavat pelkotilat, fyysinen toimintakyky, fyysinen pahoinvointi, korvien pistely, prososiaalinen käyttäytyminen, psykososiaalinen hyvinvointi, psykoottisuus, syljenerityksen häiriöt, ääniherkkyys, hengenahdistus, iho-oireet, unettomuus, unen riittävyys, unihäiriöt, nukahtamisvaikeudet, sosiaalisessa roolissa toimiminen, hikoilu, kiristävä tunne rinnassa, sormien pistely, tinnitus, väsymys, vapina, näköhäiriöt, vireystila(n lasku), korvan kuumeneminen.

Kaikilta mainituilta oireilta puuttuu tarkka määritelmä, ja ne ovat alttiita tutkittavien yksilöllisille tulkinnoille. Näitä oireita on tutkittu eri yhdistelminä eri tutkimuksissa. Oireiden pitkä luettelo osoittaa, kuinka epämääräisiä kyselyt olivat ja kuinka subjektiivisia ovat tiedot, joita on kerätty tähän mennessä toteutetuissa tutkimuksissa RF-EMF-säteilyn vaikutuksista terveisiin tai itsensä sähköherkiksi diagnosoineisiin henkilöihin.

RF-EMF-säteilyn vaikutuksia terveyteen on selvitetty useissa kohorttitutkimuksissa. Mahdollisesti laajin kohorttitutkimus, jossa selvitettiin hermostosairauden riskiä tanskalaisten matkapuhelinliittymien omistajien keskuudessa, perustui tanskalaisen kohortin tietoihin [97]. Tutkimuksessa havaittiin pieni mutta merkittävä lisäys sairaalahoitoa vaatineissa migreeni- ja huimaustapauksissa. Johtopäätöksenä oli, että kyseistä havaintoa tulisi tutkia tarkemmin. Matkapuhelinten käyttöä koskevien tanskalaisten kohorttitutkimusten ongelmina ovat säteilylle altistumista koskevien tietojen puute ja matkapuhelinliittymien tilaustietojen käyttö niiden korvikkeena. RF-EMF-altistusta korvaavat tanskalaisen kohortin tiedot ovat laadultaan heikompia kuin puheluminuutteja koskevat tiedot, joita on käytetty säteilylle altistumisen korvikkeena tutkimuksissa [98, 99]. COSMOS-kohortti on julkaissut tähän mennessä kaksi tutkimusta, jotka perustuvat kohortin Ruotsia ja Suomea koskeviin osiin. Nämä osat koostuivat yhteensä 24 169 osallistujasta, joista 21 049 oli Suomesta ja 3 120 Ruotsista. Ensimmäisessä tutkimuksessa tarkasteltiin päänsärkyä, kuulo-ongelmia ja tinnitusta [37] ja toisessa unta ja uniongelmia [36]. Molemmissa tutkimuksissa havaittiin korrelaation puute operaattorin rekisteröimien matkapuhelinten käyttötietojen ja tutkimuskohteiden välillä. Voi kuitenkin olla, että näiden jo julkaistujen COSMOS-kohorttitutkimusten [36, 37] tulokset ja COSMOS-kohortin tulevat julkaisut eivät ole täysin luotettavia. Tämä johtuu siitä, että oikeelliset tiedot RF-EMF-säteilylle altistumisesta ovat ensiarvoisen tärkeitä tietojen oikeellisen arvioinnin kannalta. Vaikka altistumista koskevien tietojen laatu on parantunut jonkin verran COSMOS-kohorttitutkimuksessa verrattuna esimerkiksi tanskalaiseen kohorttitutkimukseen [101] tai INTERPHONE-tapaus-verrokkitutkimukseen, se ei edelleenkään riitä varmistamaan lopullisten johtopäätösten luotettavuutta, koska säteilylle altistumista koskevien tietojen korvikkeena käytetyt tiedot eivät ole riittävän laadukkaita. INTERPHONE-tutkimuksessa käytettiin RF-EMF-säteilylle altistumista koskevien tietojen korvikkeena puheluminuutteja, jotka tutkittavat vahvistivat muistinvaraisesti. Tämä aiheutti muistiharhan, ja etenkin aivosyöpään sairastuneet henkilöt saattoivat muistaa käyttäneensä puhelinta enemmän kuin olivat todellisuudessa käyttäneet. Muistiharhan välttämiseksi COSMOS-kohortissa käytetään verkko-operaattoreiden antamia tietoja osallistujien puheluminuuteista. Tämä poistaa osan INTERPHONE-tutkimuksen [102] muistiharhasta. Se ei kuitenkaan paranna tietojen analysoinnin luotettavuutta merkittävästi. Sekä INTERPHONE- että COSMOS-tutkimuksessa käytetään säteilylle altistumista koskevien tietojen korvikkeena osallistujien puheluminuutteja. Nämä tiedot eivät ole riittäviä henkilön todellisen säteilyaltistuksen arvioimiseksi. Matkapuhelimet on suunniteltu tuottamaan säteilyä sen mukaan, kuinka kaukana puhelin on lähimmästä tukiasemasta. Matkapuhelin tuottaa vähemmän säteilyä tukiaseman läheisyydessä kuin kaukana tukiasemasta (kuva 1). Tämä tarkoittaa, että kaksi henkilöä, jotka käyttävät matkapuhelinta yhtä kauan, altistuvat eri määrälle säteilyä sen mukaan, kuinka lähellä he ovat tukiasemaa. Sekä INTERPHONE- että COSMOS-tutkimuksessa eri säteilymäärille altistuneet henkilöt kuitenkin sijoitetaan samaan ryhmään tilastollista analyysiä varten, koska he käyttivät matkapuhelinta yhtä monta minuuttia. Tämä todennäköisesti johtaa säteilylle altistumisen vaikutusten aliarviointiin (laimentumiseen) INTERPHONE- ja COSMOS-tutkimuksissa. Suhteellisen pienessä 3 396 opiskelijan kohorttitutkimuksessa Kiinassa on selvitetty

matkapuhelimen käytön (yli 4 tuntia päivässä) vaikutuksia uneen [39]. Tutkimuksen johtopäätöksenä oli, että matkapuhelimen käyttö yli 4 tuntia päivässä aiheuttaa unihäiriöitä ja että matkapuhelimen käytön vähentäminen lievittää uniongelmia. Hollantilaisen AMIGO-kohortin avulla analysoitiin, vaikuttaako koettu matkapuhelimen RF-EMF-säteilylle, melulle ja ilmansaasteille altistuminen epämääräisten oireiden ilmaantumiseen. Kohortti oli suuri (14 829 henkeä), ja se on osoittanut, että koettu altistuminen liittyi epämääräisten oireiden suurempaan määrään [43]. Eteläkorealaisessa tutkimuksessa selvitettiin matkapuhelinkeskustelujen (minuuteissa, itseilmoitettu) ja epämääräisten oireiden esiintymisen välistä korrelaatiota [48]. Puhelun keskimääräisen pituuden kasvu/lasku korreloi suoraan naisten päänsärkyjen lisääntymisen/vähenemisen kanssa. Puhelun kesto ei vaikuttanut esimerkiksi stressiin, uneen, kognitioon tai masennukseen. Hyvin samanlaisia tuloksia saatiin saman tutkimusryhmän aiemmassa tutkimuksessa Etelä-Koreassa [52]. Päänsärkyä ja selkäkipua tutkittiin pienellä ryhmällä (1 270) ihmisiä, jotka kuuluivat hollantilaiseen AMIGO-kohorttiin. Kävi ilmi, että henkilöillä, jotka kokivat altistuneensa matkapuhelinverkon tukiasemalle, oli suurempi koettu riski ja enemmän terveysongelmia tukiasemien aiheuttamien epämääräisten oireiden analyysissä. Lisäksi kävi ilmi, että naiset, nuoret ja korkeasti koulutetut olivat enemmän huolissaan tukiasemien turvallisuudesta [41]. Hollantilaisen AMIGO-kohortin avulla tutkittiin myös matkapuhelinverkon tukiaseman vaikutuksia erilaisiin epämääräisiin terveysoireisiin. On mielenkiintoista, että 222 osallistujan seuranta-analyysissa oli tuloksena, että altistumisen lisääntyminen ei korreloinut huonon terveyden kanssa. Koetun altistumisen kasvun havaittiin kuitenkin liittyvän raportoitujen oireiden lisääntymiseen, mikä viittaa siihen, että tukiaseman aiheuttama säteily ei ollut oireiden syy [47].



Kuva 1*: Korrelaatio matkapuhelimen käyttäjän ja tukiaseman välisen etäisyyden sekä vastaanoton laadun ja matkapuhelimen säteilyn tason välillä. Mitä kauempana käyttäjä on tukiasemasta, sitä enemmän säteilyä matkapuhelin lähettää ja käyttäjän altistuminen RF-EMF-säteilylle kasvaa. Tukiaseman läheisyydessä olevat käyttäjät altistuvat vähemmän kuin kaukana olevat käyttäjät.*

Useissa tutkimuksissa tarkasteltiin lähimmän tukiaseman etäisyyden ja epämääräisten terveysoireiden välistä yhteyttä [55, 58, 63]. Näihin tutkimuksiin osallistui vain hyvin pieni määrä matkapuhelinverkkojen tukiasemien läheisyydessä asuvia ihmisiä. Saadut tulokset viittasivat siihen, että etäisyys tukiasemasta saattaa korreloida epämääräisten terveysoireiden yleisyyden kanssa. Tuloksissa oli kuitenkin merkittäviä eroja siinä, kuinka pitkä etäisyys tukiaseman ja

asuinpaikan välillä näyttäisi korreloivan pienemmän oiremäärän kanssa: yli 50 metriä [63], yli 300 metriä [58] ja yli 1 kilometri [55].

Puolassa on julkaistu kiinnostava mutta pieni tutkimus matkapuhelimen käytön ja tukiasemille altistumisen vaikutuksista [40]. Saadut tiedot viittasivat siihen, että tukiasemille altistuminen vaikutti masennuksen ilmenemiseen ja että matkapuhelimella käydyt keskustelut vähensivät masennuksen tunnetta. Tämä mielenkiintoinen havainto voi viitata siihen, että masennus ja sen lieventyminen matkapuhelimella käytyjen keskustelujen seurauksena eivät todennäköisesti johdu säteilylle altistumisesta.

Aikuisten osallistujien määrä oli suhteellisen pieni (alle 1 000) tai hyvin pieni (alle 500) monissa kyselytutkimuksissa, joissa selvitettiin matkapuhelinten ja tukiasemien vaikutusta epämääräisiin oireisiin terveillä henkilöillä. Osallistujien pienen määrän, epämääräisten oireiden laajan kirjon ja säteilylle altistumista koskevan todellisen tiedon täydellisen puuttumisen vuoksi on vaikea tehdä johtopäätöksiä laajemmasta väestöstä [17, 40, 42, 44, 48, 52, 56, 58, 62], [63], [64, 66], [67], [68, 73, 75, 78, 79, 84, 85, 89, 95, 96, 102], [103], [104], [105], [106], [107], [108], [109], [110], [111], [112], [113, 116].

Osallistujien riittämätön määrä käy ilmi meta-analyysitutkimuksessa, jossa yhdistettiin 17 tutkimuksen tulokset [74]. Näiden 17 tutkimuksen osallistujien yhdistäminen johti yhteensä 1 174 tapauksen analyysiin, mikä tarkoittaa keskimäärin vain 69:ää tapausta tutkimusta kohden [118], [119], [120], [121], [122], [123], [124], [125], [126], [127], [128], [129], [130], [131], [132], [133], [134]. Tutkimusten pieni koko käytännössä estää luotettavien väestöön liittyvien johtopäätösten tekemisen vaikutuksista tai niiden puuttumisesta. On myös epävarmaa, johtaako 17 tutkimuksen tilastollisesti merkityksettömien tietojen yhdistäminen yhdeksi meta-analyysiksi tilastollisesti luotettavampaan tulokseen.

Intiassa on tehty mielenkiintoinen tutkimus, mutta otos on valitettavasti niin pieni (178 aikuista), että tulosten merkittävyyden arviointi on vaikeaa [50]. Yleensä tutkimuksiin valittujen henkilöiden terveydentila on hyvä. Intiassa tehtyyn tutkimukseen valittiin kuitenkin epilepsiaa sairastavia henkilöitä, ja tutkimuksessa selvitettiin, vaikuttaako matkapuhelimen käyttö kohtausten esiintymistiheyteen. Tulokset osoittivat, että matkapuhelimen käytöllä ei ollut merkittävää vaikutusta kohtausten esiintymistiheyteen yli vuoden seurantajaksolla. Epilepsiaa sairastavien henkilöiden matkapuhelimen käyttö oli kuitenkin hyvin vähäistä, mikä saattoi vaikuttaa lopputulokseen säteilylle altistumisen sijaan. On kuitenkin suositeltavaa, että tutkimuksissa käytettäisiin sekä terveitä vapaaehtoisia että henkilöitä, joilla on merkittäviä terveysongelmia. Tällaiset tutkimukset antaisivat näyttöä siitä, suojaavatko nykyiset turvallisuusrajat käyttäjiä, joilla on terveysongelmia.

Lapsia ja nuoria tutkittiin useissa kyselytutkimuksissa, joissa selvitettiin matkapuhelimien ja tukiasemien aiheuttaman säteilyn vaikutuksia [38, 46, 49, 53], [54], [55, 59], [60], [61, 65, 70], [71], [72, 77, 81, 83, 88, 94]. Näissä tutkimuksissa oli yleisenä johtopäätöksenä, että erilaiset unen, käyttäytymisen ja oppimisen ongelmat korreloivat hyvin matkapuhelimen käyttövuosien ja päivittäisen käytön kanssa mutta eivät välttämättä laitteiden aiheuttaman RF-EMF-säteilylle altistumisen kanssa.

On myös tutkimuksia, joissa odotukset eivät ole täyttyneet mahdollisesti suunnittelun tai toteutuksen ongelmien vuoksi. Laajassa tutkimuksessa (18 935 lasta, ikä enintään 7 vuotta) selvitettiin mahdollista kuulonmenetystä. Tutkijoiden mukaan tulokset eivät olleet vakuuttavia, koska monia tutkimusharhoja ei ollut otettu huomioon [70]. Eteläkorealaisessa tutkimuksessa selvitettiin aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriön (ADHD), matkapuhelimen käytön ja lyijylle altistumisen korrelaatiota. Tulokset eivät olleet vakuuttavia, koska ei ollut mahdollista määrittää, johtuiko ADHD matkapuhelimen käytöstä vai samanaikaisesta lyijylle altistumisesta [71]. Vakuuttaviin tuloksiin ei päästy myöskään tanskalaisessa tutkimuksessa, jossa selvitettiin matkapuhelimen käytön ja päänsäryn/migreenin korrelaatiota lapsilla. Valitettavasti tutkimatta jääneet samanaikaiset tekijät (kuten television katselu, videopelien pelaaminen ja tietokoneen käyttö) estivät tutkijoita tekemästä luotettavia johtopäätöksiä [72]. Saksassa tehdyissä tutkimuksissa on korostettu, että RF-EMF-altistukset olivat ICNIRP-ohjeita pienempiä ja että havaitut oireet (kuten väsymys) olivat sattumanvaraisia pikemmin kuin säteilylle altistumisen aiheuttamia [81, 83, 88]. Ruotsalaisessa tutkimuksessa [95] havaittiin, että tytöt käyttävät langattomia DECT-puhelimia huomattavasti enemmän kuin pojat ja että astmaoireet, keskittymisvaikeudet ja päänsärky ovat yleisimmät matkapuhelimen käytön kanssa korreloivat oireet. Tuloksista ei kuitenkaan ole juurikaan hyötyä, koska tutkimus oli puhtaasti kokeiluluonteinen ja siinä jätettiin tekijöiden mukaan huomiotta monia tutkimusharhoja ja samanaikaisesti vaikuttavia tekijöitä. Iranilaisessa lapsia koskeneessa tutkimuksessa ilmaistiin tärkeä mielipide. Tuloksista kävi ilmi korrelaatio matkapuhelimen käytön ja muun muassa seuraavien epämääräisten oireiden välillä: päänsärky, lihaskipu, sydämentykytys, väsymys, tinnitus, keskittymisvaikeudet, huomiokyvyn ongelmat ja hermostuneisuus. Tutkijat kuitenkin kirjoittivat: ”Oireiden epätarkat määritelmät ovat voineet vaikuttaa vastauksiin” [77]. Epämääräisten oireiden tarkkojen määritelmien puute on laaja ongelma, koska sekä tutkittavat että tutkijat ovat saattaneet kerätä tietoja, jotka ovat hyvin subjektiivisia ja alttiita väärintulkinnoille, koska ei ole täsmällisiä ja yleisesti hyväksyttyjä määritelmiä sille, mitä oireet tarkoittavat ja miten ne tulisi tunnistaa. Lisäksi ongelmana on oireen voimakkuuden mittaaminen. Esimerkiksi kipu on yleinen osa epämääräisiä oireita, mutta ei ole menetelmää, jolla sen voimakkuutta voitaisiin mitata objektiivisesti. Jokaisella ihmisellä on todennäköisesti subjektiivinen ja erilainen kynnys sille, mitä he pitävät voimakkaana tai lievänä kipuna.

Sähköherkkien RF-EMF-kyselytutkimukset

Taulukossa 3 (ks. lisäaineistot) on esitetty lyhyesti kyselytutkimukset [10, 11, 13, 15, 74, 135], [136], [137], [138], [139], [140], [141], [142], [143], [144], [145], [146], joissa tarkastellaan syy-yhteyttä radiotaajuiselle sähkömagneettiselle säteilylle (RF-EMF) altistumisen ja sähköherkkien epämääräisten oireiden välillä. Näissä tutkimuksissa yritettiin selvittää, mitkä RF-EMF-säteilyn lähteet (matkapuhelin, matkapuhelinverkon tukiasema, langattomat verkot) aiheuttavat oireita itsensä sähköherkiksi kokevissa henkilöissä, millaisia oireita ne aiheuttavat ja missä syy-seuraussuhteen tärkeysjärjestyksessä. Yksi ongelma oireiden yhdistämisessä tiettyihin altistuksiin on se, että kaikki tutkimuksiin osallistujat asuivat ympäristöissä, joissa he altistuivat monenlaisille ihmisen aiheuttaman sähkömagneettisen säteilyn lähteille. Tietyn säteilylähteen yksilöinti ilman yksityiskohtaisia mittauksia sen ja muiden lähteiden aiheuttamasta säteilystä estää luotettavien johtopäätösten tekemisen siitä, miten kyseinen RF-EMF-säteilyn lähde vaikuttaa tiettyyn sähköherkkään henkilöön. Toinen altistumiseen liittyvä ongelma on se, että vaikka tietyn lähteen aiheuttama säteily mitattaisiin, ei ole tiedossa, miten muut samanaikaiset sähkömagneettiselle

säteilylle altistumiset vaikuttavat tai eivät vaikuta tutkittavien kokemiin oireisiin etenkin tutkittavilla, jotka kokevat olevansa erityisen sähköherkkiä.

On ollut tiedossa ja äskettäin on tutkimuksessa [2] vahvistettu, että valtaosa RF-EMF-altistuksesta aiheutuu käyttäjän omasta matkapuhelimesta. Altistumiset matkapuhelinverkkojen tukiasemien ja langattomien verkkojen säteilylle ovat siihen verrattuna hyvin pieniä. Siksi tutkimukset matkapuhelinverkkojen tukiasemien vaikutuksista tutkittaviin ovat todennäköisesti yksipuolisia tai niitä tulkitaan väärin, koska tutkittavat altistuvat samanaikaisesti matkapuhelimien säteilylle. Kun tutkijat yrittävät arvioida matkapuhelinverkkojen tukiasemien säteilytasoa, he keräävät tietoja, joiden mukaan matkapuhelimen säteily on vaikuttanut epämääräisten oireiden ilmentymiseen eri määrin eri ihmisillä.

Sähköherkkyyden diagnosointiin ei ole työkaluja. Lisäksi sähköherkille aiheuttaa ongelmia se, että terveydenhuollon ammattilaiset eivät ymmärrä, mistä sähköherkkyydessä on kysymys. Hollantilaisessa tutkimuksessa selvitettiin, kuinka moni sähköherkkä henkilö on päätynyt hakemaan neuvoa terveydenhuollon ammattilaisilta [51]. Tutkimuksissa on havaittu, että valtaosalla terveydenhuollon ammattilaisista ei ole riittävästi tietoa sähköherkkyydestä ja yleensäkin sähkömagneettisen säteilyn terveysvaikutuksista. Tämä voi olla yksi syy siihen, että vain kolmasosa työterveyshuollon ammattilaisista on saanut yhteydenottoja sähköherkiltä henkilöiltä.

Äskettäin on julkistettu uusi menetelmä itsensä sähköherkiksi diagnosoimien henkilöiden RF-EMF-altistusten seurantaan arjessa [137, 138]. Tutkimuksessa vapaaehtoisille sähköherkille henkilöille annettiin käyttöön altistusmittarit ja sähköiset päiväkirjat. Altistusmittareilla seurattiin jatkuvasti altistumista monenlaiselle sähkömagneettiselle säteilylle kaupunkiympäristössä, ja tutkittavat kirjasivat oireet sähköiseen päiväkirjaan heti niiden ilmaannuttua. Näin voitiin seurata mahdollista altistumisen ja oireiden välistä aikakorrelaatiota. Ensimmäinen tutkimus oli hyvin suppea (7 osallistujaa). Siinä havaittiin jonkin verran korrelaatioita koetun ja mitatun altistumisen välillä oireiden voimakkuuden osalta [138]. Toisessa tutkimuksessa oli 57 osallistujaa, eikä siinä havaittu korrelaatiota ryhmätasolla altistumisten ja oireiden välillä. Altistumisen ja oireiden välinen korrelaatio havaittiin vain yhdellä osallistujalla [137]. Tämä pilottimenetelmä saattaa olla paras tapa edetä oireiden ja altistusten välisen korrelaation arvioinnissa. Tällä hetkellä tämän menetelmän käyttöä kuitenkin rajoittavat altistusmittarin koko (selkäreppu) ja hinta. Olisi erittäin hyödyllistä, jos laitteen kokoa saataisiin kehitettyä pienemmäksi nopeasti ja siten joudutettaisiin tulevia tutkimuksia, joissa oireita ja altistumista mitattaisiin samanaikaisesti ja jokaisen sähköherkän henkilön reaktioita tiettyihin altistuksiin arvioitaisiin yksilöllisesti.

Eroista internetin ja kansalaisjärjestön kautta kokeisiin pyydettyjen sähköherkkien henkilöiden (itse diagnosoitu sähköherkkyys) välillä on tehty mielenkiintoinen havainto [10]. Kävi ilmi, että kansalaisjärjestön kautta rekrytoiduilla henkilöillä oli paljon voimakkaampia sähköherkkyyden oireita kuin internetin kautta kutsutuilla. Tämä voi vaikuttaa tuloksiin tutkimuksissa, joissa tutkijat käyttävät erilaisia tapoja rekrytoida vapaaehtoisia sähköherkkiä henkilöitä.

Suomessa tehdyssä tutkimuksessa oli tarkastelun kohteena 68 oiretta ja 194 vapaaehtoisen sähköherkän henkilön otos. Tutkimuksessa havaittiin, että allergiat olivat olleet yleisin terveysongelma ennen sähköherkkyyden alkamista [11]. Sähköherkkyyden alkamisen jälkeen pääasialliset terveysongelmat liittyivät kuitenkin hermostoon. Eniten terveysongelmia todettiin matkapuhelinten ja näyttöpäätteiden osalta. Näiden laitteiden käytön välttäminen lievitti

sähköherkkyyden oireita tehokkaimmin. Muita tapoja lievittää oireita olivat ruokavalion muutokset, lisäravinteet ja liikunta. Psykoterapia ja lääkkeet eivät lievittäneet terveysoireita. Voimakkaampiin terveysongelmiin liittyvä mahdollinen tutkimusharha saattoi johtua osallistujien sukupuolijakaumasta (37 miestä ja 157 naista), koska naisten tiedetään myöntävän terveysongelmansa helpommin kuin miesten.

Toisessa itsensä sähköherkiksi diagnosoimien henkilöiden tutkimuksessa päädyttiin siihen, että laadukas tutkimus edellyttää monipuolista ja monitieteistä tutkijaryhmää [146]. Tutkijat mittasivat vapaaehtoisten altistumista näiden kodeissa ja havaitsivat, että vaikka säteilytasot olivat nykyisten turvallisuusstandardien rajoissa, joillakuilla osallistujilla (8 vapaaehtoisella 25:stä) osa raportoiduista terveysoireista korreloi sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen kanssa. Tutkimuksen luotettavuuden varmistamiseksi tutkimusryhmään kuului psykologian ja psykiatrian asiantuntijoita mittaamisen asiantuntijoiden lisäksi. Valitettavasti suurimmassa osassa julkaistuja sähköherkkyyttä koskevia tutkimuksia ei ole käytetty tällaista tutkimusryhmän kokoonpanoa.

Monitieteisen menetelmän puuttumisen lisäksi ongelmana on tutkittavien pieni määrä. Taulukossa 3 esitetyissä tutkimuksissa oli mukana enimmilläänkin alle 100 vapaaehtoista, jotka olivat diagnosoineet itsensä sähköherkiksi. Tämä aiheutti ongelmia tilastollisen merkitsevyyden saavuttamisessa, minkä monet tutkijat myönsivätkin. Äskettäin ehdotettu menetelmä, jossa tarkastellaan yksittäistapauksia, näyttää olevan paras tapa ratkaista ongelma, joka aiheutuu osallistumishaluisten vapaaehtoisten pienestä määrästä tutkimuksissa.

Sähköherkkien provokaatiotutkimukset

Provokaatiotutkimuksia hallitsevat psykologiaan liittyvät lähestymistavat ja psykologian menetelmät. Tällaisissa tutkimuksissa vapaaehtoiset (joko terveet vertailuhenkilöt tai itsensä sähköherkiksi diagnosoineet henkilöt) altistetaan kontrolloidussa ympäristössä tietyntyyppiselle sähkömagneettiselle säteilylle. Heiltä kysytään, millaisia oireita he kokivat altistuksen aikana ja pian sen jälkeen ja tuntevatko he, milloin altistus on päällä ja milloin se on poissa päältä.

Valtaosa tähänastisesta tutkimuksesta, joka muodostaa perustan WHO:n ja ICNIRP:n näkemyksille sähköherkkyydestä, koostuu provokaatiotutkimuksista. Tietojen subjektiivisuus heikentää näiden tutkimusten luotettavuutta samalla tavalla kuin kyselytutkimuksissa. Sekä kyselyt että provokaatiotutkimukset perustuvat siihen, mitä tutkittavat/vapaaehtoiset kertoivat tuntevansa altistuessaan sähkömagneettiselle säteilylle tai valealtistukselle. Ennalta muodostuneilla henkilökohtaisilla mielipiteillä sekä tutkittavien subjektiivisilla tunteilla sähköherkkyyttä ja tutkimuksen suorittavaa tutkimusryhmää kohtaan voi olla suora vaikutus tutkijoille annettuihin subjektiivisiin vastauksiin. Tämä on vakava subjektiivisten tietojen luotettavuutta koskeva ongelma, jota ei oteta riittävästi huomioon määritettäessä sähköherkkyyden olemassaoloa ja yleisyyttä.

Ihmiset ovat kymmenien vuosien ajan kertoneet terveysoireista, joita he kokevat altistuessaan sähkömagneettiselle säteilylle. Ensin oireita aiheuttivat voimajohdot ja kodin ja työpaikan sähköjohdot, sitten tietokoneiden näytöt ja viimeisimpänä matkapuhelimet, matkapuhelinverkkojen tukiasemat ja langattomat verkot. Kuten Dieudonne on hyvin osoittanut [140], sähköherkkyyden oireet ovat ilmaantuneet ennen kuin tutkittavat ovat alkaneet pohtia

sähkömagneettisen säteilyn vaikutuksia terveyteensä. Dieudonne luettelee seitsemän vaihetta, joiden kautta sellaisia epämääräisiä oireita, joiden alkuperää lääkärit eivät ole pystyneet määrittämään eivätkä hoitamaan, kokevat ihmiset päätyvät diagnosoimaan itsensä sähköherkiksi: 1) oireet ilmaantuvat, 2) ratkaisua ei löydy, 3) sähköherkkyyden olemassaolon tiedostaminen, 4) tietojen kerääminen sähköherkkyydestä, 5) kasvava epäily siitä, että oireet johtuvat sähkömagneettisesta säteilystä, 6) omat kokeilut ja 7) vakuuttuneisuus siitä, että koetut oireet johtuvat altistumisesta sähkömagneettiselle säteilylle [140].

ELF-EMF-provokaatiotutkimukset

Taulukossa 4 (ks. lisäaineistot) on esitetty erittäin matalataajuista sähkömagneettista säteilyä (ELF-EMF) koskevat provokaatiotutkimukset [147], [148], [149], [150], [151], [152], [153], [154], [155], [156], [157], [158], [159], [160], [161], [162], [163], [164], [165], [166], [167], [168], [169], [170], [171]. Näiden tutkimusten näytöt ovat liian pieniä luotettavien tilastotietojen kannalta. Tutkimuksissa on tarkasteltu itsensä sähköherkiksi diagnosoimien henkilöiden ryhmiä tai terveiden vapaaehtoisten ryhmiä, joita on käytetty itsenäisinä kokeiluryhminä tai vertailuryhminä sähköherkille vapaaehtoisille. Tutkimusten koko vaihtelee yksittäisistä tapauksista hieman yli 100 hengen ryhmiin. Koska tapauksia on vähän, tutkimuksissa saadut tiedot ovat riittämättömiä luotettavaan tilastolliseen analyysiin. Joissakin tapauksissa tutkijat ovat itse myöntäneet, että pienet määrät vaikuttivat kokeiden herkkyyteen [159].

Kuten taulukosta 4 käy ilmi, altistuksen olosuhteet olivat kaikissa tutkimuksissa hyvin erilaiset altistumista aiheuttavien laitteiden, altistuksen laadun ja määrän sekä altistuksen keston (pituus, jatkuva vai ajoittainen) osalta. Myös oireita ja altistuksen aistimista koskevien kyselyjen ajoitukset altistuksen jälkeen poikkesivat toisistaan merkittävästi. Tämä koeolosuhteiden suuri vaihtelu tekee tutkimusten välisen vertailun ja meta-analyysit erittäin vaikeiksi tai jopa mahdottomiksi.

Tutkimuksen kohteena olivat pääasiassa vapaaehtoisten itsensä kuvailemat subjektiiviset tuntemukset ja terveysoireet. Vain muutamassa tutkimuksessa arvioinnit sisälsivät myös vaikutusten objektiivisia mittauksia (esim. EKG, EEG, histopatologia tai biokemialliset merkkiaineet). Sekä objektiiviset että subjektiiviset tutkimuksen kohteet eivät useimmissa tapauksissa korreloineet lainkaan ELF-altistusten kanssa. Lisäksi kaikille tutkimuksille näyttää olevan yhteistä yksi tulos: tutkittavat eivät pystyneet tunnistamaan, milloin altistus oli päällä ja milloin ei, riippumatta siitä, olivatko tutkittavat itsensä sähköherkiksi diagnosoineita henkilöitä vai terveitä vertailuhenkilöitä.

ELF-provokaatiotutkimukset eivät suurelta osin osoittaneet lainkaan korrelaatiota tutkittujen oireiden ja ELF-altistusten välillä, mikä voi johtua siitä, että tutkimukset eivät olleet kaikilta osin riittävän herkkiä ja tarkkoja havaitsemaan ELF-altistuksen vaikutuksia. On mahdollista, että tapausryhmää tutkittaessa vaikutus ei näy tilastollisessa analyysissa, mutta ELF-altistus voi näkyä yksittäisissä tapauksissa. Joissakin tapaustutkimuksissa on havaittu mahdollisuus, että jotkut ihmiset saattavat reagoida ELF-altistukseen.

Andrew A. Marinon tutkimusryhmä Yhdysvalloissa [155] tarkasteli 60 hertsin sähkökentän vaikutusta itsensä sähköherkäksi diagnosoineeseen naislääkäriin. Kaksoissokkotutkimuksessa tutkittava koki ohimokipua, päänsärkyä ja lihasten nykimistä ja hänen sydämensä jätti lyöntejä

väliin. Oireet eivät johtuneet altistumisesta vaan kentän muutoksista (poissa-päällä, päällä-poissa). Kuten muissakin provokaatiotutkimuksissa, tutkittava ei pystynyt tuntemaan ELF-kenttää tietoisesti vaan vain koettujen oireiden kautta.

Koettua ELF-altistuksen vaikutusta ei kuitenkaan välttämättä pystytä osoittamaan sokkokokeissa. Ruotsissa tutkittiin provokaatiotutkimuksessa sokkokokeissa putkiasentajaa, joka valitti vakavia sähköherkkyyden oireita [169]. Koko kehon altistuminen sähkömagneettiselle kelalle (sattumanvarainen yhdistelmä: valealtistus, 34 µT tai 100 µT) ei aiheuttanut tutkittavassa sähköherkkyyden oireita, eikä tutkittava tunnistanut, milloin kenttä oli päällä ja milloin ei. Mielenkiintoinen ja tärkeä havainto oli, että putkiasentaja pystyi palaamaan työhönsä sen jälkeen, kun hänelle kerrottiin kokeen tuloksesta. Tutkimuksen tekijän mukaan tällaiset tutkimukset voivat auttaa sähköherkkiä henkilöitä ymmärtämään, että joskus EMF-altistukset eivät välttämättä ole heidän terveysongelmansa syy.

Tapaustutkimuksessa, jonka kohteena oli kaksi henkilöä, jotka arvelivat saaneensa iho-oireita videopäätelaitteen aiheuttaman ammatillisen altistuksen seurauksena, tutkijat tarkastelivat syöttösolujen esiintymistä ihonäytteissä [170]. Somatostatiinia sisältävien syöttösolujen katoamisen ja videopäätelaitteelle altistumisen päättymisen välillä oli mahdollista nähdä korrelaatio. Tutkijat päättelivät, että on todennäköistä, että syöttösolujen määrän lasku ihonäytteissä johtuu somatostatiinia sisältävien syöttösolujen katoamisesta. Tämä saattaa selittää kliinisten iho-oireiden (kuten kutinan, kivun, turvotuksen ja punoituksen) vähenemisen videopäätelaitteelle altistuksen päätyttyä. Näyttää siltä, että näissä kahdessa sähköherkkyystapauksessa oli havaittavissa korrelaatio ihon histologisen ja fysiologisen tarkastelun ja videopäätelaitteelle altistumisen välillä.

Kaksoissokkotutkimuksena tehdyssä videopäätelaitteelle altistumisen provokaatiotutkimuksessa, jossa oli mukana 12 sähköherkkää henkilöä ja 12 vertailuryhmän jäsentä, ei kuitenkaan havaittu vaikutusta syöttösoluihin ja tulehdusvälittäjiin [163]. Verinäytteistä analysoitiin stressin biomerkkiaineiden (esim. melatoniinin, prolaktiinin, adrenokortikotropiinin, neuropeptidi Y:n ja kasvuhormonin) määrää sekä eri peptidien, solumerkkiaineiden ja sytokiinien (somatostatiinin, CD1:n, tekijä IIIa:n ja tuumorinekroositekijä alfan) esiintymistä. Lisäksi ihonäytteitä analysoitiin syöttösolujen esiintymisen osalta. Tutkimuksen tulos oli negatiivinen. Tutkittavat eivät pystyneet tunnistamaan, milloin altistus oli päällä ja milloin ei. Tutkituissa stressin biomerkkiaineissa ei myöskään ollut merkittäviä eroja. Samanlainen ELF-altistuksen vaikutuksen puute veren stressimerkkiaineisiin havaittiin kaksoissokkotutkimuksena toteutetussa provokaatiotutkimuksessa, jossa oli mukana 17 sähköherkkää henkilöä [168]. Prolaktiinin, kortisolin, dehydroepiandrosteronin ja kolesterolitasojen esiintymisen verianalyysissa ei havaittu ELF-altistuksen vaikutusta.

Päinvastaiset tulokset tutkimuksissa, joissa tarkasteltiin samaa stressin merkkiainetta – syöttösolujen esiintymistä ihonäytteissä videopäätelaitteelle altistumisen jälkeen – viittaavat siihen, että yksittäistapausten arviointi voi olla parempi tapa löytää sähköherkkiä henkilöitä. Suurempien sähköherkkien henkilöiden ryhmien analysointi voi peittää yksittäisen sähköherkän henkilön ryhmässä [163, 168, 170].

Osa vanhoista tutkimuksista ja jotkin uudemmat tutkimukset, joissa tarkasteltiin stressin biokemiallisia merkkiaineita, ovat päätyneet lopputulokseen, että vaikutusta ei ole.

Tutkimuksessa, jossa tarkasteltiin videopäätelaitteiden vaikutusta stressin merkkiaineisiin ryhmässä, johon kuului 36 naista ja yksi mies (opiskelijoita), ei havaittu altistuksella olevan vaikutusta biokemiallisten merkkiaineiden (8-hydroksi-2'-deoksiguanosiinin ja kromograniini A:n) tasoihin. Tutkimuksessa todettiin, että vaikka työ näyttöpäätteen äärellä johtaa henkiseen väsymykseen, se ei sinänsä ole terveysvaikutus [158]. Voimajohtotyötä tekeviä miehiä koskevassa tutkimuksessa tarkasteltiin verihormoneja (kilpirauhasta stimuloivaa hormonia, luteinisoivaa hormonia, follikkelia stimuloivaa hormonia, prolaktiinia, kortisolia, neopteriinia ja testosteronia). Altistumisella ei havaittu olevan vaikutusta [171].

Eräässä ELF-provokaatiotutkimuksessa tarkasteltiin nosebon eli lumehaitan vaikutusta sähköherkkyyden esiintymiseen ja kokemiseen. Kokeisiin osallistui 40 yliopisto-opiskelijaa, ja niiden tulokset osoittivat, että psykososiaalisilla tekijöillä voi olla hallitseva rooli sähköherkkyydessä. Tähän ovat syynä korostunut riskin kokeminen ja odotukset, itsetarkkailu, somatisaatio ja somatosensorinen amplifikaatio [156].

Valtaosassa ELF-EMF-provokaatiotutkimuksia ei ole havaittu korrelaatiota altistumisen vaikutusten ja tarkasteltujen subjektiivisten tutkimuskohteiden välillä. Objektiivisten tutkimuskohteiden (kuten verinäytteiden erilaisten stressin biomerkkiaineiden) tarkastelu tuotti kahtalaisia todisteita vaikutuksista. Voi olla järkevää jatkaa tutkimusta etsimällä yksittäistapauksia, joissa reaktiot ovat selviä subjektiivisten ja objektiivisten tutkimuskohteiden osalta. Sähköherkkien henkilöiden ryhmien analyyseissa voi jäädä huomaamatta yksittäistapauksia riippumatta siitä, kuinka hyvin analyysit on järjestetty.

RF-EMF-provokaatiotutkimukset

Taulukossa 5 (ks. lisäaineistot) on esitetty provokaatiotutkimuksia, joissa vapaaehtoiset altistettiin radiotaajuiselle sähkömagneettiselle säteilylle, jonka taso vastasi matkapuhelimen, matkapuhelinverkon, langattoman verkon tai TETRA-puheradioverkon aiheuttamaa säteilyä [122, 124], [125], [126], [127], [128], [129, 131, 132, 134, 150, 170, 172], [173], [174], [175], [176], [177], [178], [179], [180], [181], [182], [183], [184], [185], [186], [187], [188], [189], [190, 191], [192], [193], [194], [195], [196], [197], [198], [199], [200], [201], [202], [203], [204], [205], [206], [207], [208], [209], [210, 211], [212], [213], [214], [215], [216], [217], [218], [219], [220], [221], [222], [223], [224], [225], [226], [227], [228], [229], [230], [231]. Lisäksi tutkimuksissa on viime vuosina tarkasteltu, voisiko nosebovaikutus eli lumehaitta olla syynä sähköherkkyyden oireiden puhkeamiseen.

Provokaatiotutkimuksissa tarkasteltiin RF-EMF-altistuksen ja sähköherkkyyden oireiden välistä syy-yhteyttä altistamalla vapaaehtoiset RF-EMF-säteilylle kontrolloiduissa olosuhteissa. Säteilyaltistukset kestivät muutamasta sekunnista tai minuutista muutamaan tuntiin ja olivat muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta kansainvälisten turvallisuusohjeiden tasolla. Tutkittavia pyydettiin kertomaan tuntemuksistaan ja oireistaan. Lisäksi heiltä kysyttiin, pystyivätkö he kertomaan, milloin säteily oli päällä ja poissa päältä. Suurimmassa osassa tällaisia provokaatiotutkimuksia ei ole löydetty syy-yhteyttä sähköherkkyyden oireiden ja RF-EMF-altistusten välillä. Lisäksi oli yleistä, että tutkittavat eivät pystyneet tunnistamaan, milloin säteilyaltistus oli päällä ja milloin ei.

Suurin osa provokaatiotutkimuksista tehtiin tutkimuslaboratoriossa. Joissakin tutkimuksissa yritettiin kuitenkin parantaa säteilyaltistuksen olosuhteita tekemällä kokeet tutkittavien kodeissa. Vain muutamassa tutkimuksessa on mitattu biokemiallisia tutkimuskohteita objektiivisten tietojen saamiseksi kokeista.

Vapaaehtoisten kodeissa tehdyissä tutkimuksissa yritettiin jäljitellä vapaaehtoisten arjen altistuksia mahdollisimman tarkasti. Leitgebin työryhmän [209] tutkimukseen osallistui 43 tutkittavaa, jotka olivat varmoja siitä, että RF-EMF-altistukset aiheuttavat heidän uniongelmansa. Kokeita tehtiin tutkittavien kodeissa aidoissa olosuhteissa. Tutkimuksessa ei havaittu EMF:n aiheuttavan unihäiriöitä, eikä vapaaehtoisten henkilökohtaisten tietojen analyysi osoittanut merkittäviä altistumisen vaikutuksia. Samaa menetelmää käytettiin australialaisessa tutkimuksessa, jonka teki kansainvälinen sähköherkkyyden asiantuntijoiden ryhmä [179]. Tutkimukseen oli vaikea löytää vapaaehtoisia, joten mukana oli vain kolme tutkittavaa. Tutkittavien kokemien oireiden voimakkuutta arvioitiin visuaalisella analogisella asteikolla. Lisäksi tutkittavilta kysyttiin RF-EMF-kentän havaitsemisesta. Saadut tiedot eivät osoittaneet merkittävää eroa altistuksen ja valeolosuhteiden välillä. Tutkittavat eivät myöskään pystyneet tunnistamaan, milloin altistus oli päällä ja milloin ei. Lisäksi uskomus siitä, että altistus oli päällä, korreloi oireiden vakavuuden pisteytyksen kanssa analogisella asteikolla.

Sama australialainen työryhmä yritti havainnollistaa mekanismia säätelemällä RF-EMF-säteilylle altistuneiden henkilöiden aivosähkökäyriä (EEG) alfa-aaltojen osalta [176]. EEG-mittausten lisäksi tutkijat mittasivat ihon lämpötilaa kahdeksassa eri kohdassa. Stimulaation ominaisabsorptionopeus (SAR) oli 1 ja 2 W/kg. Sormen ihon lämpötila nousi hieman molemmissa altistusolosuhteissa. Tämän perusteella tutkijat esittivät, että RF-EMF-altistuksen aiheuttama aivosähkökäyrän muutos on lämpövaikutus. Lisäksi esitettiin, että tätä pientä lämpövaikutusta lieventävät säteilyturvallisuusohjeet, joiden tulisi suojata altistumisen lämpövaikutuksilta. Valitettavasti tämä selitys voi olla ennenaikainen. Ensinnäkin kokeissa käytetyt SAR-tasot saattavat aiheuttaa pieniä lämpötilan nousuja (0,1–0,3 °C). Siksi pieni lämpötilan nousu sormen iholla ei ole yllättävää. Turvallisuusohjeet suojaavat lämpövaikutuksilta, mutta ne liittyvät huomattavasti voimakkaampaan lämpötilan nousuun (yli 1 °C). Australialaisen työryhmän havaitsema lämpötilan nousu oli luokkaa 0,1 °C. Nykyiset kansainväliset turvallisuusohjeet eivät lievennä näin pientä nousua.

Toisaalta RF-EMF-altistuksen vaikutuksen puute aivosähkökäyrässä havaittiin tutkittaessa terveitä vapaaehtoisia, joita altistettiin erilaisille säteilylähteille 1 800 megahertsin taajuudella [221]. Tutkijat eivät havainneet vaikutuksia aivosähkökäyrässä, eivätkä tutkittavat ilmoittaneet merkittävistä tuntemuksista altistuksen aikana. Lisäksi tutkimuksessa tultiin siihen tulokseen, että altistumisen atermisista vaikutuksista ei ollut näyttöä.

Toisessa tutkimuksessa tarkasteltiin ihon lämpötilan muutoksia TETRA-kentän sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen seurauksena [188]. Tässä terveiden vapaaehtoisten sokkotutkimuksessa altistukset (SAR 1,5 W/kg) eivät vaikuttaneet ihon lämpötilaan. Voimakkaat altistukset (SAR 6 W/kg) nostivat ihon lämpötilaa 0,8 °C, mutta tutkittavat eivät tunnistaneet tai tunteneet tätä lämpötilan nousua.

Vain muutamassa tutkimuksessa on tarkasteltu objektiivisia tutkimuskohteita RF-EMF-altistusten vaikutusten osalta mittaamalla biokemiallisia merkkiaineita. Hillertin työryhmä [125] teki

biokemiallisia verianalyyseja ja määritti seuraavat arvot: punasolujen sedimentaationopeus, valkosolujen määrä, elektrolyytit, glukoosi, maksan toiminnan entsyymit, kilpirauhasta stimuloiva hormoni, kreatiniini, kortisoli, prolaktiini ja hemoglobiini. Altistuneiden ja altistumattomien ryhmien välillä ei ollut merkittävää eroa tutkituissa biokemiallisissa merkkiaineissa. Lisäksi havaittiin, että tutkittavat kokivat iho-oireita silloin, kun he olettivat, että RF-EMF-altistus oli päällä. Toisessa tutkimuksessa [213] havaittiin ero altistumattomien tapausten ja vertailuhenkilöiden välillä joidenkin biokemiallisten merkkiaineiden esiintymisessä (esim. substanssi P, TNFR1 ja aivoperäinen neurotrofinen tekijä BDNF). RF-EMF-altistuksella ei kuitenkaan ollut vaikutusta tutkittuihin biomerkkiaineisiin.

Australialaisessa tapaustutkimuksessa [228] osoitettiin, että oikein määritetty yksittäisen henkilön tapauksen analyysi voi tuottaa luotettavaa näyttöä, joka tukee käsitystä sähköherkkyyden olemassaolosta. Tässä yksittäisen tapauksen tutkimuksessa tarkasteltiin 34-vuotiasta naistoimittajaa, joka kertoi dysestesiasta, epämiellyttävästä oudosta tuntemuksesta ihokosketuksessa. Dysestesia johtuu ääreishermoston vaurioitumisesta. Kokeen aikana tutkittava käytti puhelinta, joka oli kääritty ohueen polystyreenikerrokseen lämpövaikutusten estämiseksi. Dysestesian oireet ilmenivät, kun tutkittava oli käyttänyt matkapuhelinta noin seitsemän minuutin ajan. Tutkijat tulivat siihen tulokseen, että dysestesialla voi joissakin tapauksissa olla neurologinen perusta, mutta joissakin tapauksissa se voi liittyä matkapuhelimen käyttöön. Dysestesian syy ei näyttänyt johtuvan lämmöstä. Hockingin ja Westermanin tutkimus [228] viittaa siihen, että terveiden tai sähköherkkien vapaaehtoisten ryhmien arviointi saattaa piilottaa yksittäisten henkilöiden kokemat vaikutukset. Tällaisten sähkömagneettiseen säteilyyn johdonmukaisesti reagoivien yksittäistapausten löytäminen ja tutkiminen voi auttaa löytämään näyttöä sähköherkkyyden olemassaolosta sekä sähköherkkyyden ja sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen välisestä syy-yhteydestä.

Koska provokaatiotutkimuksissa ei pystytty löytämään syy-yhteyttä sähköherkkyyden oireiden ja sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen välillä, tutkijat alkoivat hakea muita, säteilyyn liittymättömiä selityksiä itsensä sähköherkiksi diagnosoineiden henkilöiden oireille. Monessa tutkimuksessa on tarkasteltu nosebon eli lumehaitan ja sähköherkkyyden oireiden välisen yhteyden mahdollisuutta [172, 174, 175, 178, 181, 192]. Näissä tutkimuksissa terveille vapaaehtoisille näytettiin joko sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen vaaroista kertovia elokuvia tai neutraaleja elokuvia. Myöhemmin valealtistuksen yhteydessä henkilöt, jotka olivat nähneet elokuvan sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen vaaroista, kokivat useammin samanlaisia epämääräisiä oireita kuin itsensä sähköherkiksi diagnosoineet henkilöt. Tätä tulosta on käytetty argumenttina, jonka mukaan sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen ja sähköherkkyyden oireiden välillä ei ole yhteyttä, vaan sähköherkkyyden epämääräiset oireet voivat johtua tiedotusvälineiden maalaamista kauhukuvista.

Sähköherkkien henkilöiden biokemialliset ja fysiologiset tutkimukset

Muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta valtaosa sähköherkkyyttä koskevista tutkimuksista on tarkastellut erilaisia subjektiivisia tutkimuskohteita niiden tuntemusten perusteella, joita tutkittavat ovat kokeneet altistuksen aikana tai sen jälkeen. Tällaisissa tutkimuksissa kerättyihin tietoihin liittyy todennäköisesti tutkimusharha, koska tutkittavien antamat vastaukset ovat vahvasti henkilökohtaisia. Pelkästään tällaisiin subjektiivisiin vaikutuksia koskeviin tietoihin

tukeutuminen voi aiheuttaa harhan tulosten arvioinnissa ja johtaa sähköherkkyyden sivuuttamiseen, koska tuntemuksiin perustuvat tiedot ovat liian monimuotoisia ja niiden sisäinen vaihtelu on liian suurta tilastollisen merkitsevyyden kannalta.

Jotta tutkittavien tarkastelusta voidaan saada objektiivisia tietoja, tuntemuksiin perustuvia epämääräisiä ja subjektiivisia tietoja on täydennettävä objektiivisilla tiedoilla, joita saadaan tarkastelemalla sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen aiheuttamia biokemiallisia muutoksia.

Kuten taulukoista 1–5 käy ilmi, vain muutamassa sähköherkkyyttä koskevassa tutkimuksessa on tarkasteltu biokemiallisia merkkiaineita [21, 23, 125, 163, 168, 170, 204, 213]. Näistä tiedoista puuttuu järjestelmällinen lähestymistapa, ja niitä on niin vähän, että ne eivät riitä antamaan luotettavia tietoja sähköherkkyyden biokemiasta tai fysiologiasta.

Ruotsalaisessa tutkimuksessa tarkasteltiin, vaikuttaako RF-EMF-altistus ihmisen veri-aivoesteeseen ja veri-selkäydinesteeseen. Vuotamisen merkkiaineina mitattiin transtyretiinin ja S100B-proteiinin tasoja veressä [232]. Saadut tulokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä lukuun ottamatta transtyretiininäytettä, joka analysoitiin tunti altistuksen päättymisen jälkeen. Tutkijat eivät pystyneet selittämään, oliko havainnolla kliinistä tai diagnostista merkitystä.

Andrianome työryhmineen tutki syljen ja virtsan merkkiaineita 30 sähköherkällä tutkittavalla ja 25 vertailuhenkilöllä [233]. Mittauksen kohteina olivat kortisoli syljessä ja virtsassa, alfa-amylaasi, immunoglobuliini A ja C-reaktiivisen proteiinin tasot syljessä sekä neopteriini virtsassa. Vain syljen alfa-amylaasin havaittiin olevan huomattavasti suurempi ($p<0,005$) sähköherkkien ryhmässä, mikä viittaa siihen, että sympaattinen lisämunuaisen medullaarijärjestelmä on saattanut aktivoitua. Balakrishnan työryhmineen [234] tutki matkapuhelimien suurkäyttäjien verinäytteitä ja tuli siihen tulokseen, että C-reaktiivisen proteiinin ja Hsp70-proteiinin seerumitasot sekä Hsp70:n geeniekspressio olivat kasvaneet merkittävästi vertailuhenkilöihin nähden. Dahmen työryhmineen analysoi sähköherkkien potilaiden verinäytteitä ja havaitsi, että TSH-arvot olivat merkittävästi alhaisempia mutta alaniinitransaminaasi- ja aspartaattiaminotransferaasimäärät olivat suurempia. Lisäksi joidenkuiden sähköherkkien henkilöiden C-reaktiivisen proteiinin tasot olivat koholla. Tutkijat päättelivät, että sähköherkkyys ei välttämättä ole yksittäinen häiriö vaan pikemminkin monimutkainen yhdistelmä erilaisia aiheuttajia [235]. Markova työryhmineen tarkasteli matkapuhelimen säteilyn vaikutuksia sähköherkkien henkilöiden valkosoluihin koeputkessa. RF-EMF-altistus näytti vaikuttavan kromatiinin konformaatioon ja 53BP1/gamma-H2AX-pesäkkeisiin samalla tavalla kuin lämpösokki. Valkosolujen vasteissa ei kuitenkaan ollut eroa vertailuhenkilöiden ja sähköherkkien potilaiden välillä [236]. Näiden biokemiallisten havaintojen kliinistä ja/tai diagnostista merkitystä ei vielä tunneta.

Merkittävimmän yrityksen sähköherkkien henkilöiden biokemiallisten muutosten määrittämiseksi on tehnyt Belpomme työryhmineen [237], [238], [239]. Ranskalainen tutkimusryhmä ei kuitenkaan tarkastellut sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen vaikutuksia sinänsä, koska tutkittavia ei altistettu säteilylle kokeellisesti. Oletus siitä, että sähkömagneettinen säteily oli sähköherkkyyden epämääräisten oireiden aiheuttaja, perustui ainoastaan sähköherkkien henkilöiden omiin diagnoosikertomuksiin, jotka toimitettiin tutkimusryhmälle. Biokemiallista/fysiologista lähestymistapaa käyttänyt ranskalainen ryhmä väitti, että sähköherkkyyden on todistettu aiheutuvan sähkömagneettiselle säteilylle altistumisesta. Ryhmä väitti myös tunnistaneensa

sähköherkkyyden biokemiallisia merkkiaineita, joita voitaisiin käyttää sähköherkkyyden kliinisessä diagnosoinnissa.

Ranskalaisen ryhmän ensimmäinen kokeellinen tutkimus julkaistiin vuonna 2015 [237]. Tutkijat ilmoittivat, että fysiologisten näytteiden kerääminen ja itsensä sähköherkiksi diagnosoineiden henkilöiden haastattelut olivat alkaneet vuonna 2009. Kohortti koostui 1 216 henkilöstä, joista vain 727 analysoitiin tutkimuksessa. Syitä sille, miksi henkilöitä jätettiin analysoimatta, ei kuvailtu tarkemmin; mainittiin tutkimukseen ilmoittautumisen jälkeen havaitut määrittelemättömät muutokset elimistössä. Tutkijoiden mukaan kohortti koostui henkilöistä eri Euroopan maista (maita ei määritelty tarkemmin) sekä Yhdysvalloista, Kanadasta, Australiasta, Venäjältä, Kiinasta, Lähi-idästä ja Afrikasta. Tutkijoiden ilmoituksen mukaan sähköherkkien henkilöiden valinta tutkimukseen perustui henkilökohtaisiin haastatteluihin, joissa käytettiin ennalta vahvistettua kyselylomaketta. Kyselylomaketta tai sen validointimenetelmää ei kuitenkaan esitetty artikkelissa. Ranskalainen ryhmä käytti useita kriteerejä, joiden perusteella tapauksia jätettiin pois tai sisällytettiin tutkimukseen. Näitä kriteerejä on esitetty ja kommentoitu taulukossa 6. Kohortin laajasta maantieteellisestä hajonnasta huolimatta tutkijat eivät selittäneet, miten biologiset näytteet kerättiin, säilytettiin ja analysoitiin siten, että voitiin estää herkän biologisen aineiston mahdollinen pilaantuminen. Tutkijat eivät myöskään selittäneet, ottivatko kohortin jäsenet itse yhteyttä tutkijoihin vai valitsiko tutkimusryhmä heidät tasapuolisella tavalla käyttämällä tiettyjä kriteerejä, joita ei määritelty artikkelissa. Kohortin kokoamistapa on tärkeä. Tutkijat väittivät, että naiset ovat alttiimpia kehittämään sähköherkkyyden kuin miehet. He totesivat, että kohortissa oli tästä syystä enemmän naisia (495) kuin miehiä (232). Tässä tutkimuksessa väite naisten suuremmasta alttiudesta voi olla kyseenalainen, koska naisten suurempi määrä tutkittavien joukossa saattaa olla vain valintaharha: se saattaa johtua siitä, että kohorttiin on ilmoittautunut oma-aloitteisesti enemmän naisia kuin miehiä.

Taulukko 6:
Ranskalaisen työryhmän [237] käyttämät kriteerit ja tämän katsauksen kirjoittajan kommentit kriteerien pätevyydestä ja sovellettavuudesta sähköherkkien henkilöiden valintaan tutkimusta varten.

Ranskalaisen työryhmän kriteerit	**Kommentti**
Ei tiedossa patologiaa, joka selittäisi havaitut kliiniset oireet.	Mahdollinen valintaharhan syy. Jotkin sairaudet ja vaivat saattavat altistaa potilaita suuremmalle (tai pienemmälle) herkkyydelle sähkömagneettiselle säteilylle altistumista kohtaan
Oireiden toistettavuus sähkömagneettisen säteilyn ja/tai useiden kemikaalien altistuksen alaisena riippumatta niiden lähteestä.	Väite oireiden toistettavuudesta altistuksen aikana perustuu yksinomaan vapaaehtoisen mielipiteeseen. Subjektiivinen väite, jota tutkijat eivät ole vahvistaneet.
Oireiden lieveneminen tai häviäminen sähkömagneettista säteilyä ja/tai kemikaaleja vältettäessä.	Väite oireiden lievenemisestä ja häviämisestä perustuu yksinomaan vapaaehtoisen mielipiteeseen. Subjektiivinen väite, jota tutkijat eivät ole vahvistaneet.
Krooninen kehitys.	Väite oireiden kroonisesta kehityksestä altistumisen yhteydessä perustuu yksinomaan vapaaehtoisen mielipiteeseen. Subjektiivinen väite, jota tutkijat eivät ole vahvistaneet.
Oireet, kuten päänsärky, pinnalliset ja/tai syvät herkkyyden poikkeavuudet, ihovauriot, sympaattisen hermoston toimintahäiriöt, kognitiivisen kyvyn heikentyminen (myös lähimuistin ja huomiokyvyn heikentyminen ja/tai keskittymishäiriöt), unettomuus, krooninen väsymys ja masennustaipumus, kaikki olennaiset kliiniset oireet, jotka on raportoitu epämääräisinä oireina tieteellisessä kirjallisuudessa, mutta jotka voivat yhteen ryhmiteltyinä kliinisesti aiheuttaa sähköherkkyyden diagnoosin (tietoja ei esitetty).	Erilaisia oireita lueteltu, mutta niiden tueksi ei ole esitetty minkäänlaisia tietoja. Tutkijat nimenomaisesti mainitsivat, että "tietoja ei esitetty".
Ei vakavaa olemassa olevaa patologiaa (kuten ateroskleroosi, diabetes, syöpä) ja/tai neurodegeneratiivisia tai psykiatrisia sairauksia, jotka ovat liittyneet sähköherkkyyteen ja/tai monikemikaaliyliherkkyyteen aiemmin tai sisällyttämisen ajankohtana, mutta jotka vaikeuttaisivat kliinisten oireiden ja biomerkkiaineiden tietojen tulkintaa (ks. "EHS/MCS as a possible sentinel pathological disorder")	Mahdollinen valintaharha. Jotkin patologiat saattavat altistaa henkilön sähköherkkyydelle. Tällaisia vapaaehtoisia tulisi käyttää tutkimuksissa, mutta heidät olisi analysoitava erillään muista sähköherkistä vapaaehtoisista.
Tietoon perustuva kirjallinen suostumus jokaiselta potilaalta. Näin suuren potilaskohortin tutkimus ei ollut tapaus-verrokkitutkimus eikä satunnaistettu tutkimus, joten erityistä verrokkiryhmää ei ollut.	Verrokkien puute johtaa siihen, että sähköherkissä henkilöissä havaituilla vaikutuksilla ei ole lähtötilannetta eikä havaittujen vaikutusten suuruutta voida todentaa.

Ranskalaisen tutkimusryhmän työhypoteesina oli, että ympäristötekijät (kuten sähkömagneettinen säteily ja/tai kemikaalit) aiheuttavat neuroinflammaatiota ja oksidatiivista stressiä aivoissa, mikä johtaa veri-aivoesteen häiriöihin. Vaikka kokeelliset tutkimukset eläimillä [240], [241], [242] ja koeputkessa [243] viittaavat siihen, että sähkömagneettiselle säteilylle altistuminen voi vaikuttaa veri-aivoesteeseen, mikään tutkimuksista ei osoittanut niin tapahtuvan ihmisillä. Työhypoteesin mukaisesti osallistujien terveydentilaa analysoitiin fysiologisilla testeillä, joista ei ole riittävästi tietoa otosten valinnan ja analysoinnin luotettavuuden varmistamiseksi, etenkään kohortin maantieteellisen jakautumisen osalta. Biokemiallisissa testeissä analysoitiin seuraavia tutkimuskohteita, joiden katsottiin sopivan hyvin edellä esitettyyn työhypoteesiin: herkkä C-reaktiivinen proteiini (hs-CRP), D2- ja D3-vitamiini, histamiini, immunoglobuliini E (IgE), S100B-proteiini, nitrotyrosiini (NTT), lämpösokkiproteiini 70 (Hsp70), lämpösokkiproteiini 27 (Hsp27), O-myeliinin vasta-aineet, hydroksimelatoniinisulfaatti (omega-6) ja omega-6/kreatiniini. Biokemiallisten kokeiden lisäksi tutkijat analysoivat verenkiertoa ohimolohkoissa ja määrittivät pulsometrisen indeksin (PI) käyttämällä ultraääneen perustuvaa tomosfygmografiaa, joka on kajoamaton menetelmä.

Tutkittujen biokemiallisten merkkiaineiden muutoksia havaittiin vain suhteellisen pienellä osalla henkilöitä, joilla oli itsediagnosoitu sähköherkkyys, monikemikaaliyliherkkyys tai molemmat. Tutkimuksen tekijät ovat käyttäneet niiden tutkittavien osuutta, joilla biokemiallisten merkkiaineiden esiintyminen lisääntyi, todisteena väitteelle, että tutkittujen biokemiallisten merkkiaineiden muutoksen tilastollinen merkitsevyys on mahdollinen kliininen osoitus sähköherkkyydestä. Tutkijat esimerkiksi esittivät, että histamiini on sähköherkkyyden keskeisin molekulaarinen merkkiaine. Histamiinitaso kuitenkin nousi vain 40 prosentilla itsensä

sähköherkiksi diagnosoineista henkilöistä. Mitään muista stressitekijöistä ei merkittävästi esiintynyt sähköherkillä henkilöillä: hs-CRP lisääntyi 15 prosentilla sähköherkistä; D2- ja D3-vitamiini väheni 23,2 prosentilla sähköherkistä; histamiini lisääntyi 40 prosentilla sähköherkistä; IgE lisääntyi 22 prosentilla sähköherkistä; S100B-proteiini lisääntyi 15,5 prosentilla sähköherkistä; nitrotyrosiini (NTT) lisääntyi 29 prosentilla sähköherkistä; Hsp27:tä ja Hsp70:tä havaittiin 7–19 prosentilla sähköherkistä; O-myeliinin vasta-ainetta havaittiin 17–29 prosentilla sähköherkistä; melatoniinin ja kreatiniinin suhde pieneni sähköherkillä, mutta vaihtelu oli liian suurta suhteen määrittämiseksi; ja pulsatiliteetti väheni 50,5 prosentilla sähköherkistä, mutta tekijät eivät esittäneet sitä koskevia tietoja julkaistussa tutkimuksessa. Tekijät eivät myöskään täsmentäneet, oliko merkkiaineiden esiintymisen muutoksissa päällekkäisyyksiä ja oliko tutkittavien joukossa sähköherkkiä henkilöitä, joilla havaittiin suurin osa tai jopa kaikki tutkituista biokemiallisista merkkiaineista. Merkittävintä oli, että tekijät eivät esittäneet näyttöä siitä, että sähkömagneettiselle säteilylle altistuminen olisi aiheuttanut merkkiaineiden esiintymisen tai vaikuttanut niiden esiintymiseen.

Ranskalainen työryhmä päättelivät biokemiallisten tekijöiden analyysien perusteella, että sähköherkkyys ja monikemikaaliyliherkkyys liittyivät samoihin poikkeavuuksiin. Lisäksi työryhmä esitti, että sähköherkkyydellä ja monikemikaaliyliherkkyydellä on yhteinen patofysiologinen mekanismi. Se voi olla mahdollista, mutta esitetty näyttö ei todista sitä. On myös mahdollista, että itsensä sähköherkiksi diagnosoineiden henkilöiden ja itsensä monikemikaaliyliherkiksi diagnosoineiden potilaiden välillä on ristikontaminaatiota, koska itse tehdyt diagnoosit voivat olla virheellisiä. Siten väite yhteisestä patofysiologisesta mekanismista on parhaimmillaankin epävarma ja vaatii tuekseen parempaa näyttöä.

Ranskalainen työryhmä on ehdottanut sähköherkkyyden kehittymisen patofysiologista mallia (esitetty ja kommentoitu taulukossa 7). Mallia ei kuitenkaan ole todistettu oikeaksi, koska sähköherkkyyden ilmentymiksi väitetyistä sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen sekä epämääräisten oireiden ja biokemiallisten merkkiaineiden välisestä yhteydestä ei ole näyttöä.

Taulukko 7:
Ehdotettu sähköherkkyyden kehittymisen patofysiologinen malli [237] ja tämän katsauksen tekijän kommentit.

Ehdotetun sähköherkkyyden mekanismin vaiheet	Kommentti
Sähkömagneettisen säteilyn altistuksen alaisena voi esiintyä aivojen hypoperfuusioon/hypoksiaan liittyvää neuroinflammaatiota.	Tekijät eivät osoittaneet, että sähkömagneettiselle säteilylle altistuminen johtaisi aivojen hypoperfuusioon tai neuroinflammaatioon. Väite tästä yhteydestä perustuu ainoastaan sähköherkkien henkilöiden omiin diagnooseihin. Jos itsediagnoosi on virheellinen, koko mekanismi romahtaa.
Histamiinin ja muiden välittäjäaineiden vapautumisen vuoksi veri-aivoesteen toiminta häiriintyy ja läpäisevyys voi lisääntyä oksidatiivisen ja/tai nitrosatiivisen stressin seurauksena.	Tekijät eivät tutkineet vaikutusta veri-aivoesteeseen. Veren histamiinitaso oli noussut vain 40 prosentilla itsensä sähköherkiksi diagnosoineista henkilöistä. Lopuilla 60 prosentilla histamiinitasot eivät olleet nousseet. Se mahdollisuus, että heillä saattaa vapautua histamiinia paikallisesti, on vain spekulaatiota, jota tiedot eivät tue.
Kiertävät tulehdussolut voivat päästä veri-aivoesteen läpi aivoihin ja käynnistää noidankehän, joka voi voimistaa merkittävästi neuroinflammaatiota.	Ei esitetty näyttöä.
Oksidatiivista ja nitrosatiivista stressiä seuraavan melatoniinin biosaatavuuden vähenemisen ja autoimmuunivasteen vuoksi fysiologiset puolustusmekanismit heikkenevät, jolloin sähköherkkyydestä ja/tai monikemikaaliyliherkkyydestä kärsivillä potilailla voi olla riski sairastua kroonisiin neurodegeneratiivisiin sairauksiin tai syöpään.	Ei esitetty näyttöä.

Ranskalaisen työryhmän toinen kokeellinen tutkimus julkaistiin vuonna 2018 [238]. Tutkimuksessa esitettiin näyttöä, joka tukee diagnostisten kriteerien laatimista sähköherkkien henkilöiden erottamiseksi ei-sähköherkistä. Työryhmä tarkasteli 23:a oiretta, jotka saattavat erottaa sähköherkän henkilön ei-sähköherkästä henkilöstä. Tiedot esitettiin vain prosenttiosuutena henkilöistä, joilla oli tutkimuksen kohteena olleita sähköherkkyyden oireita. Suurinta osaa oireista (14/23) ei havaittu lainkaan ei-sähköherkillä henkilöillä (0 %). Tekijöiden mukaan jokaiselle oireelle laskettiin p-arvo. Esitetyistä tiedoista ei valitettavasti ole mahdollista määrittää esitettyjen p-arvojen luotettavuutta, koska oireiden ilmeneminen esitettiin vain yksittäisenä prosenttilukuna. Esimerkiksi päänsärkyoireen osalta sähköherkkien henkilöiden arvo oli 88 %, mutta ei-sähköherkkien vertailuhenkilöiden arvo oli 0 %, ikään kuin ei-sähköherkillä ei olisi koskaan päänsärkyä. On hämmentävää, että päänsäryn p-arvo on kuitenkin esitetty tilastollisesti erittäin merkitsevänä ($p<0,0001$), vaikka väitettä ei voida todentaa tietojen puutteen vuoksi. Sama koskee väitettä, jonka mukaan aivojen etulohkojen pulsatiliteetti-indeksi laskee sähköherkillä henkilöillä. Ranskalainen työryhmä ei esittänyt minkäänlaista näyttöä pulsatiliteetin muutosten ja aiempien sähkömagneettiselle säteilylle altistumisten välillä. Väitettä, jonka mukaan pulsatiliteetti-indeksin lasku tarkoittaa sähköherkkyyttä, ei ole todistettu oikeaksi.

Sähköherkkyyden diagnosoinnissa ranskalainen työryhmä luotti yksinomaan itsensä sähköherkiksi diagnosoineiden henkilöiden omiin lausuntoihin [238]. On mielenkiintoista, että tutkittavat väittivät saavansa sähköherkkyyden oireita sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen aikana ja että oireet helpottivat, kun altistumista vältettiin. Tämän väitteen hyväksyminen sellaisenaan ilman objektiivista näyttöä tarkoittaisi, että ranskalainen työryhmä on löytänyt satoja ihmisiä, jotka pystyvät aistimaan sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen. Työryhmä ei kuitenkaan esittänyt kokeellista näyttöä tämän väitteen vahvistamiseksi. Lisäksi väite on selvästi ristiriidassa useimpien psykologisten provokaatiotutkimusten tulosten kanssa, joiden mukaan sähköherkät henkilöt eivät pystyneet tunnistamaan aktiivista sähkömagneettiselle säteilylle altistumista.

Ranskalaisen työryhmän kolmas kokeellinen tutkimus julkaistiin vuonna 2018 [239]. Tässä tutkimuksessa tutkittavien valintakriteereinä olivat itsediagnosoitu sähköherkkyys yhdistettynä pulsatiliteetti-indeksiin ja oksidatiivisen stressin neljään merkkiaineeseen: plasman histamiini, S100B-proteiini seerumista, Hsp70 seerumista ja Hsp27 seerumista. Tutkittavia ei altistettu sähkömagneettiselle säteilylle, vaan sähköherkkyyden ja sähkömagneettisen säteilyn välinen syy-yhteys perustui yksinomaan sähköherkkyyden itsediagnoosiin. Tutkimuksessa esitettiin pitkä pohdiskelu siitä, miten oksidatiivinen stressi voi vaikuttaa normaaliin fysiologiaan. Tutkimuksessa ei kuitenkaan esitetty näyttöä siitä, että itsensä sähköherkiksi diagnosoimien henkilöiden oksidatiivinen stressi aiheutuisi aiemmista altistumisista sähkömagneettiselle säteilylle tai että altistumisten aiheuttama oksidatiivinen stressi vaikuttaisi sähköherkkien henkilöiden yleiseen fysiologiaan. Sama koskee pulsatiliteetti-indeksiä: ei ole osoitettu, että sähkömagneettiselle säteilylle altistumiset vaikuttaisivat/liittyisivät millään tavalla pulsatiliteetti-indeksiin. Vielä ei tiedetä, mikä aiheutti itsensä sähköherkiksi diagnosoineilla henkilöillä havaitun pulsatiliteetti-indeksin laskun.

Äskettäin julkaistu katsausartikkeli ultraääneen perustuvan tomosfygmografian käytöstä sähköherkkyyden havaitsemisessa ei esitä minkäänlaista näyttöä sen väitteen tueksi, että sähköherkkyys voidaan määrittää ultraääneen perustuvan tomosfygmografian aivojen etulohkojen pulsatiliteetissa havaitsemien muutosten perusteella [244]. Katsauksen kirjoittaja viittaa yksinomaan ranskalaisen työryhmän artikkeleissa esitettyihin mielipiteisiin [237], [238], [239], joiden mukaan pulsatiliteetti ja oksidatiivinen stressi osoittautuivat sähköherkkyyden merkkiaineiksi. Sitä ne eivät kuitenkaan olleet.

Yhteenvetona voidaan todeta, että sähköherkillä henkilöillä esiintyviä biomerkkiaineita tarkastelevien tutkimusten ongelmana on näytön puuttuminen sähkömagneettiselle säteilylle altistumisten ja sähköherkkyyden osoituksena pidettyjen biomerkkiaineiden välisestä korrelaatiosta. Tutkittavien valinnassa on luotettu yksinomaan itsensä sähköherkiksi diagnosoineiden henkilöiden esittämiin mielipiteisiin. Tutkijoilla ei ole tietoa siitä, ovat sähköherkkyyden itsediagnoosit oikeita vai eivät. Tutkijat eivät myöskään tiedä, onko itsensä sähköherkiksi diagnosoineiden henkilöiden ryhmässä virheellisiä itsediagnooseja ja missä määrin. Kuten Dahmen työryhmineen esitti, sähköherkkyys ei välttämättä ole yksittäinen häiriö vaan pikemminkin monimutkainen yhdistelmä erilaisia aiheuttajia [235]. Siksi on tärkeää määrittää, korreloiko mikään tutkituista biomerkkiaineista millään tavalla aiempien tai nykyisten sähkömagneettiselle säteilylle altistumisten kanssa. Ilman tätä tietoa voi olla hyvin vaikeaa tutkia sähköherkkyyden biomerkkiaineita, kun tutkijat tarkastelevat samanaikaisesti useita erilaisia aiheuttajia.

Onko sähköherkkyyttä olemassa?

Tähän mennessä tehdyissä tutkimuksissa ei ole pystytty osoittamaan syy-yhteyttä sähköherkkyyden ja sähkömagneettisen säteilyn välillä. On kuitenkin useita indikaattoreita, jotka viittaavat siihen, että yksilöllistä herkkyyttä sähkömagneettiselle säteilylle voi olla olemassa. Yksilöllinen herkkyys on tunnettu ja tieteellisesti vakiintunut ilmiö [245]. Yksilöllinen herkkyys tarkoittaa sitä, että ihmisten välisten geneettisten ja epigeneettisten erojen vuoksi eri henkilöillä voi olla erilainen herkkyys samalle aineelle (luonnolliselle tai keinotekoiselle aineelle, säteilylle tai

kemikaalille). Yksilöllinen herkkyys säteilylle tunnetaan hyvin ionisoivan säteilyn [246, 247], ionisoimattoman ultraviolettisäteilyn [248, 249] ja ultraäänen [250] osalta.

Sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen osalta useat tutkimukset ovat osoittaneet, että yksilölliset erot voivat johtaa yksilölliseen herkkyyteen sähkömagneettiselle säteilylle. Epidemiologinen Interphone-tapaus-verrokkitutkimus on osoittanut, että vain osalle matkapuhelimen säteilylle eniten altistuneen ryhmän henkilöistä on kehittynyt aivosyöpä. Yhdysvaltain kansallisen toksikologiaohjelman (National Toxicology Program, NTP) tuore tutkimus on osoittanut, että suurimman altistuksen ryhmässä, jossa eläinten (rottien) saama säteilyannos oli erittäin suuri, vain muutamalle rotalle on kehittynyt syöpä. Laboratoriotutkimukset, joissa soluja on altistettu koeputkessa, osoittavat, että erityyppisillä soluilla voi olla erilainen herkkyys sähkömagneettiselle säteilylle [251], [252], [253]. Siksi on tieteellisesti perusteltua epäillä (olettaa), että yksilöllistä herkkyyttä voi esiintyä myös sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen osalta. Seuraaviin olennaisiin kysymyksiin ei kuitenkaan ole vielä saatu vastausta:
- Mitkä ovat sähkömagneettisen säteilyn tasot, joita suurin osa väestöstä sietää ilman haitallisia terveysvaikutuksia?
- Mitkä ovat fysiologiset edellytykset (esim. terveydentila) suuremmalle herkkyydelle sähkömagneettista säteilyä kohtaan?
- Mitä vastatoimia on harkittava niiden suojelemiseksi, jotka ovat tavallista herkempiä ja alttiimpia sähkömagneettiselle säteilylle?

Niin ollen sähköherkkyyden olemassaolon todennäköisyyden ja sähköherkkyyttä koskevien tutkimusten tulosten välillä on ristiriita. Jos sähköherkkyyden olemassaoloa tukeva looginen argumentti on oikea, sähköherkkyyttä koskevien tutkimusten suunnittelun laadussa saattaa olla ongelmia.

Sähköherkkyyttä koskevan tutkimuksen laatu

Kuten edellä on esitetty, tähän mennessä tehdyissä sähköherkkyyttä koskevissa tutkimuksissa on useita yleisiä ongelmia:
- valtaosa tutkimusaineistosta on subjektiivista ja kuvaa epämääräisiä oireita
- sähkömagneettisen säteilyn vaikutusten objektiivisia merkkiaineita ei ole
- tutkimuksiin osallistuneiden vapaaehtoisten sähköherkkien henkilöiden pieni määrä voi aiheuttaa valintaharhan
- sähkömagneettisen säteilyn altistusprotokollien valikoima on erittäin laaja
- tietojen hankkiminen altistuksen aikana tai pian sen jälkeen sulkee pois myöhempien tai kroonisten vaikutusten tarkastelun.

Vuonna 2019 tehdyssä katsaustutkimuksessa analysoitiin tähän mennessä tehtyjen psykologisten provokaatiotutkimusten metodologisia rajoituksia [254]. Siinä esitettiin psykologisten provokaatiotutkimusten 13 mahdollista harhaa ja virhettä. Katsauksen tekijät eivät kuitenkaan ottaneet huomioon joitakin merkittäviä mahdollisia harhoja.

Schmiedchen työryhmineen [254] esitti seuraavanlaisen harhojen luettelon:

1. Olivatko sähkömagneettisen säteilyn altistustaso ja sokkouttamisen menetelmä asianmukaisia?

2. Suljettiinko pois henkilöt, joiden oireet voivat selittyä somaattisilla sairauksilla tai mielenterveyden häiriöillä?

3. Todennettiinko ero oireiden vakavuudessa niiden tilanteiden välillä, joissa oli ja joissa ei ollut altistusta?

4. Käytettiinkö sellaisia sähkömagneettiselle säteilylle altistumisia (altistuksen lähde, esiintymistiheys ja taso), joita henkilöt yhdistävät oireisiinsa?

5. Käytettiinkö altistumisen kestoja ja arviointiaikoja, jotka vastasivat oireiden ilmenemisaikoja?

6. Vastasivatko kokeissa havaitut oireet arjen altistustilanteissa koettuja oireita?

7. Oliko tausta-altistuksen taso hallittu ja minimoitu?

8. Oliko altistustaso hallittu?

9. Olivatko altistusjaksojen välit riittävän pitkiä toipumiseen ja viiveellä koettujen vaikutusten välttämiseen?

10. Minimoitiinko altistusolosuhteiden järjestykseen ja ajanjaksoon liittyvät harhat (ristikkäistutkimuksissa)?

11. Minimoitiinko sekoittavat tekijät ja lisätekijät (tutkimuksissa, joissa verrattiin IEI-EMF-osallistujien rinnakkaisia ryhmiä erilaisissa altistusolosuhteissa)?

12. Minimoitiinko harhat, jotka liittyvät aineiston hiertymiseen ja puutteellisiin tietoihin analyysissa?

13. Minimoitiinko tulosten valikoivaan raportointiin liittyvä harha?

Katsauksen tekijöiden mielestä vain 28 tähän mennessä julkaistuista sähköherkkyyttä koskevista psykologisista provokaatiotutkimuksista oli riittävän laadukkaita katsausta varten. Näitä 28:aa tutkimusta pidettiin metodologisesti hyvin perusteltuina. Tekijöiden mukaan nämä tutkimukset osoittivat, että altistumisen vaikutus on epätodennäköinen. Tekijät esittivät, että jos fyysinen vaikutus on olemassa, se on joko hyvin heikko tai vaikuttaa vain harvoihin ihmisiin.

Katsaus [254] osoittaa, kuinka epätäydellistä sähköherkkyyden tutkimus on, sillä yksilöidyistä 845 tutkimuksesta vain 28 oli riittävän laadukkaita eli täytti 13 laatukriteeriä. Katsauksen tekijöiden mukaan nämä 28 tutkimusta eivät kuitenkaan olleet hyvälaatuisia:

Seitsemän (25 %) katsaukseen sisällytettyä tutkimusta ilmoitti kohonneista tai alentuneista oiretasoista sähkömagneettiselle säteilylle altistuksen yhteydessä, mutta valtaosa tutkimuksista (21 tutkimusta, 75 %) ei löytänyt näyttöä altistukseen liittyvistä vaikutuksista IEI-EMF-henkilöillä. Tutkimustulokset (positiiviset tai negatiiviset) eivät rajoittuneet tiettyihin altistuksen tyyppeihin tai esiintymistiheyksiin.

Se tarkoittaa, että vain seitsemässä tutkimuksessa havaittiin positiivinen tai negatiivinen vaikutus. Tällainen erittäin rajallinen näyttö ei riitä väittämään, että sähköherkkyyttä on olemassa eikä että sähköherkkyyttä ei ole olemassa. Tietoja on myös aivan liian vähän, jotta voitaisiin pohtia rajoitusten puuttumista tiettyjen esiintymistiheyksien osalta. Katsauksen lopullinen suositus oli, että uusia kokeellisia tutkimuksia tulisi tehdä mieluiten yksilötasolla eikä samalla tavalla kuin aiemmin, koska pienet vaikutukset ovat saattaneet jäädä piiloon tutkittaessa suurempia sähköherkkien ryhmiä yhdessä. Suositus vahvistaa käsitystä siitä, että on hyvin todennäköistä, että itsensä sähköherkiksi diagnosoineiden vapaaehtoisten ryhmissä on tuntemattomassa määrin itsensä väärin diagnosoineita henkilöitä, joiden epämääräiset oireet johtuvat muista syistä kuin sähkömagneettiselle säteilylle altistumisesta.

Suurimmat laatu- ja luotettavuusongelmat niissä tähän mennessä tehdyissä sähköherkkyyden tutkimuksissa (kyselyt, provokaatiotutkimukset ja biokemialliset tutkimukset), joita Schmiedchen työryhmineen ei sisällyttänyt katsaukseensa [254], liittyivät siihen, että saadut kokeelliset tiedot ovat pääosin subjektiivisia eivätkä objektiivisia tietoja.

Äskettäisessä sähköherkkyyden esiintymistä selittävien hypoteesien katsauksessa tarkasteltiin kolmenlaisia hypoteeseja sähköherkkyyden tutkimuksissa [255]:

1. Sähkömagneettinen hypoteesi: sähköherkkyyttä aiheuttavat altistumiset sähkömagneettiselle säteilylle ja etenkin sähkömagneettisen säteilyn ei-termiset vaikutukset.

2. Kognitiivinen hypoteesi: nosebovaikutus vahvistaa väärää oletusta, että sähkömagneettinen säteily aiheuttaa sähköherkkyyden oireita.

3. Attribuutiohypoteesi: oireet selitetään sähköherkkyydellä, koska se helpottaa elämää alkuperältään tuntemattomien ja selittämättömien oireiden kanssa.

Katsauksessa esitettiin, että kaikki kolme hypoteesia voivat olla oikeita ja että sähköherkät voidaan ehkä jakaa seuraaviin alaryhmiin:
- Henkilöt, jotka reagoivat altistumiseen joillekin sähkömagneettista säteilyä aiheuttaville laitteille ja joilla on sähkömagneettisen säteilyn aiheuttamia terveysongelmia.
- Henkilöt, jotka uskovat, että sähkömagneettista säteilyä aiheuttavat laitteet ovat haitallisia, ja tämä uskomus aiheuttaa heidän terveysoireensa.
- Henkilöt, joilla on terveysongelmia, joiden alkuperää lääkärit eivät pysty määrittämään, ja jotka katsovat oireiden johtuvan sähkömagneettisesta säteilystä, koska näkemys auttaa heitä tulemaan toimeen ongelman kanssa (ja saa heidät välttämään sähkömagneettista säteilyä).

Mitään hypoteesia ei kuitenkaan voitu pitää tyydyttävänä. Kaikki hypoteesit ja niitä tarkastelevat tutkimukset perustuvat yksinomaan tutkittavien omiin diagnooseihin sähköherkkyydestä. Moni itsediagnoosi tai jopa suurin osa itsediagnooseista voi olla vääriä. Tämä johtaa koeryhmän kontaminaatioon ja mahdollisten havaittujen sähköherkkyyden vaikutusten laimenemiseen.

Ledent työryhmineen [255] on esittänyt, että provokaatiotutkimukset soveltuvat parhaiten sähköherkkyyden vaikutusten erittelyyn, mutta protokollia tulisi uudistaa esimerkiksi ottamalla protokollan suunnitteluun mukaan sähköherkkiä henkilöitä, lieventämällä kokeiden ahdistavuutta,

yksilöllistämällä protokollaa, vahvistamalla neutraali tai normaali reaktiotila ennen koetta sekä käyttämällä oikeiden pikemmin kuin keinotekoisesti luotujen lähteiden yhdistelmää.

Valitettavasti on huolestuttavaa luottaa rajattomasti provokaatiotutkimuksiin parhaana tapana löytää selitys sähköherkkyyden syylle tai syille, koska se voi johtaa uusiin viivästyksiin sähköherkkyyden syitä koskevien vastausten löytämisessä. Sähköherkkien henkilöiden osallistuminen paremman altistusprotokollan kehittämiseen eli yhteiskehittämiseen on kiitettävää, mutta vastaavaa lähestymistapaa on kokeiltu aiemmin, eikä se edistänyt tutkimustuloksia millään tavalla.

Useita ongelmia on jäljellä riippumatta siitä, miten kokeet valmisteltiin:

1. Lievensikö kokeiden suunnittelu läheisessä yhteistyössä tutkijoiden ja sähköherkkien vapaaehtoisten kanssa vapaaehtoisten epäluottamusta millään merkittävällä tavalla?

2. Ovatko sähköherkkyyden itsediagnoosit oikeita, kun ne tehdään yhteistyössä tutkimusryhmän kanssa?

3. Ovatko altistukset riittäviä aiheuttamaan oireita?

4. Ovatko altistuksen jälkeiset viiveet riittävän pitkiä jälkeen päin kehittyvien oireiden toteamiseen?

5. Vapaaehtoisten vastaukset ovat edelleen subjektiivisia.

6. Ei ole objektiivista tapaa varmistaa, että altistusprotokollan ja oireiden välillä on syy-yhteys.

Kaikkien tähän mennessä toteutettujen sähköherkkyyttä koskevien tutkimusten suunnittelussa on epäkohtia, joita ei ole mainittu mutta jotka estävät kauaskantoisten päätelmien tekemisen sähköherkkyydestä ja sen syistä. Epäkohdat tämän katsauksen kirjoittajan Dariusz Leszczynskin ehdotuksen mukaan ovat seuraavat:

1. Ei ole tiedossa, kärsivätkö vapaaehtoiset todella sähköherkkyydestä. Se tarkoittaa, että itsensä sähköherkiksi diagnosoineiden sähköherkkien henkilöiden koeryhmissä voi olla väärin diagnosoituja tapauksia. Äärimmäisissä tapauksissa voi käydä niin, että yksikään itsensä sähköherkäksi diagnosoineista vapaaehtoisista ei oikeasti ole sähköherkkä. Heillä voi olla epämääräisiä oireita, jotka johtuvat altistumisesta muille ympäristötekijöille kuin sähkömagneettiselle säteilylle.

2. Tähän mennessä toteutetuissa sähköherkkyyttä koskevissa tutkimuksissa on kahdenlaista valintaharhaa. Ensimmäisen aiheuttavat tutkijat, jotka sulkevat pois henkilöt, joilla ei ole ennestään terveysongelmia. Tutkijat eivät tiedä, voivatko olemassa olevat terveysongelmat altistaa henkilön sähköherkkyyden kehittymiselle. Henkilöiden sulkeminen pois olemassa olevien terveysongelmien perusteella on virheellistä tässä tutkimusvaiheessa. Henkilöt, joilla on ennestään terveysongelmia, tulisi ottaa mukaan, mutta heidät voitaisiin/pitäisi analysoida erikseen. Toisen valintaharhan aiheuttavat vapaaehtoiset, jotka eivät lopulta osallistu tutkimukseen tai jotka alun perin suostuvat osallistumaan mutta peruvat suostumuksensa

myöhemmin, koska pelkäävät altistusten mahdollista terveysriskiä tai eivät luota tutkimusryhmään.

3. Psykologisissa provokaatiotutkimuksissa käytettyjä psykologisia kyselymenetelmiä ei tarkasteltu eikä niiden soveltuvuutta sähköherkkyyden havaitsemiseen osoitettu. Jos oletetaan, että sähköherkkyyttä on olemassa, yhdenkään tähänastisissa psykologisissa provokaatiotutkimuksissa käytetyn psykologian koemenetelmän ei ole osoitettu pystyvän havaitsemaan sähkömagneettiselle säteilylle altistumisesta johtuvia sähköherkkyyden fysiologisia seurauksia. Lisäksi kaikki psykologiset provokaatiotutkimukset oli suunniteltu tarkastelemaan sähköherkkyyden oireiden akuuttia ilmenemistä. Siksi ne eivät välttämättä sovellu viivästyneiden tai kroonisten sähköherkkyyden oireiden havaitsemiseen.

4. Plasebo- ja noseboilmiöiden olemassaolo voi vaikuttaa psykologian menetelmillä toteutettujen provokaatiotutkimusten johtopäätöksiin ja/tai jopa mitätöidä ne. Plasebo ja nosebo ilmentävät ihmismielen kykyä vaikuttaa ihmisen fysiologiaan [256, 257]. ”Lääketieteen opiskelijan syndrooma” on tunnettu ilmiö lääketieteen opiskelijoiden keskuudessa. Lääketieteen opiskelijat tuntevat usein kokevansa sen sairauden oireita, jota heidän opinnoissaan sillä hetkellä käsitellään. Syndrooma liittyy sairastumisen pelkoon. Sama todennäköisesti tapahtuu, kun tutkijat näyttävät tutkittaville elokuvia sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen vaaroista. On ilmeistä ja odotettavissa, että osa tutkittavista ”kokee” jälkeen päin joitakin elokuvassa esitettyjä oireita. Lisäksi tutkimuksiin osallistuvilla vapaaehtoisilla on ennakkokäsityksiä sähkömagneettisesta säteilystä ja terveydestä. Siten väitteet siitä, että tiedotusvälineiden raportit kasvattavat sähköherkkyyden esiintymistä, ovat virheellisiä. Lisäksi itsensä sähköherkäksi diagnosoineiden henkilöiden vastauksiin provokaatiokokeiden aikana vaikuttavat todennäköisesti heidän ennakkokäsityksensä sähköherkkyydestä. Siten psykologisissa provokaatiotutkimuksissa kerätyt tiedot eivät ole objektiivisia, vaan ennakkokäsitykset vaikuttavat niihin.

Dieudonné [140] on kuvannut hyvin, miten ihmiset päätyvät diagnosoimaan itsensä sähköherkiksi, ja kuvaus vastaa Leszczynskin 4. epäkohtaa. Väite siitä, että tähänastisten provokaatiotutkimusten subjektiiviset tiedot ovat tieteellisesti luotettavia, on virheellinen. Toisin kuin jotkut väittävät, psykologisten provokaatiotutkimusten subjektiiviset tiedot eivät todista, että sähköherkkyys johtuu vain huolestuneisuudesta eikä sähkömagneettiselle säteilylle altistumisesta. Edellä mainitut epäkohdat viittaavat siihen/osoittavat, että tähänastisissa kyselytutkimuksissa, psykologisissa provokaatiotutkimuksissa ja biokemiallisissa sähköherkkyyden tutkimuksissa saadut tieteelliset tiedot ovat epäluotettavia eivätkä riitä todistamaan tai osoittamaan vääräksi sähköherkkyyden olemassaoloa.

Sähköherkkyyttä koskevan tutkimuksen tulevaisuus

Kysely- ja provokaatiotutkimusten psykologista lähestymistapaa on täydennettävä fysiologisilla ja biokemiallisilla mittauksilla, joilla tarkastellaan yksilön molekyylitason reaktioita sähkömagneettiselle säteilylle altistumiseen [258]. Tulevien tutkimusten tulisi olla osittain provokaatiotutkimuksia, joissa yksilöiltä – ei ryhmiltä – kysytään, mitä ja milloin he tuntevat altistuksen aikana. Tutkimuksen toisena osana tulisi olla näytteiden kerääminen biokemiallista analyysia varten, jotta voidaan selvittää, aiheuttaako altistuminen muutoksia biokemiallisten merkkiaineiden esiintymisessä ja onko mahdollista löytää biokemiallisia merkkiaineita, joita

altistukset muuttavat yleisesti. Tutkimuksissa tulisi olla kaksoissokkoutus, ja terveitä ja sähköherkkiä henkilöitä olisi analysoitava yhdessä. Vapaaehtoisten terveydentila tulisi paljastaa vastaa analyysin valmistuttua. Lisäksi altistuksen ja oireiden ilmaantumisen välinen viive on merkittävä ongelma, jota ei ole helppo ratkaista. Subjektiivisen psykologisen tiedon täydentäminen objektiivisella biokemiallisella tiedolla auttaa selvittämään, esiintyykö tutkittavilla akuutteja sähköherkkyyden reaktioita. Kun akuutit reaktiot on selvitetty, voidaan harkita viiveongelman korjaamista. Se tulee todennäköisesti erittäin kalliiksi, koska se voi edellyttää vapaaehtoisten eristämistä joksikin aikaa (päiviksi tai viikoiksi), jotta he eivät altistu ympäristön sähkömagneettiselle säteilylle. Tällöin voidaan tehdä psykologisia kyselyjä ja ottaa biokemiallisia näytteitä eri aikoina tutkittavalle sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen jälkeen.

Nykyinen vähäinen kiinnostus sähköherkkyyden tutkimiseen johtuu osittain harhaluulosta, jonka mukaan provokaatiotutkimukset, joissa käytetään psykologian lähestymistapaa ja kysytään tuntemuksista, riittävät todistamaan, että sähkömagneettiselle säteilylle altistuminen ei aiheuta sähköherkkyyttä. Tämä on täysin virheellinen käsitys. Sähköherkkyyden arvoitus voidaan ratkaista vain provokaatiotutkimuksen ja biokemiallisen tutkimuksen yhdistelmällä. Monet biosähkömagnetiikan tutkijat kuitenkin vastustavat ajatusta sähkömagneettiselle säteilylle altistuneiden henkilöiden biokemian tutkimisesta. Siksi on vertailun vuoksi hyvä hakea vastausta muualta – sieltä, missä transkriptomiikan ja proteomiikan lähestymistapoja käytetään terveysongelmien ratkaisemiseen ja selittämiseen.

Kipu on yksi monista sähköherkkien henkilöiden kokemista epämääräisistä oireista. Kivun tunne on hyvin yksilöllinen, eikä kivun mittaamiseen ole objektiivista asteikkoa. Kipua pidetään moniulotteisena ja mukautuvana. Yksilölliset odotukset, mielialat ja huomio vaikuttavat siihen, miten aivot käsittelevät kipua ja miten yksilö lopulta kokee kivun. Joissakin tapauksissa kipua on lievitettävä kirurgisilla tai kemiallisilla toimenpiteillä. Monissa tapauksissa kipua voidaan kuitenkin lievittää fysiologisesti ilman kirurgiaa tai lääkkeitä [259, 260]. Kivun ymmärtämisessä ja sen hallinnan tutkimisessa on tärkeää tietää, mistä kipu johtuu. Krooninen kipu jaetaan kolmeen luokkaan, jotka ovat kudosvaurion aiheuttama nosiseptinen kipu, hermovaurion aiheuttama neuropaattinen kipu ja tuntemattomasta syystä johtuva idiopaattinen kipu. Esimerkiksi stressi ja uniongelmat häiritsevät mekanismeja, jotka säätelevät kivun tunnetta. Odotuksen siitä, että lääke auttaa lievittämään kipua, on osoitettu lisäävän lääkkeen tehoa [261]. Lisäksi magneettikuvat ovat osoittaneet, että aivojen eri alueet reagoivat eri tavoin samaan lääkkeeseen riippuen siitä, liittyykö lääkkeeseen positiivisia vai negatiivisia odotuksia. Menetelmät kivun lievittämiseksi voivat epäonnistua, jos kivun syytä ei tiedetä. Krooninen kipu kehittyy noin 20 prosentille kipua kokevista ihmisistä. Naiset ovat miehiä alttiimpia krooniselle kivulle. Muita kroonisen kivun kehittymistä edistäviä tekijöitä ovat ikä, stressaavat kokemukset ja potilaan taipumus katastrofiajatteluun.

Tutkijat etsivät nyt objektiivisia kivun mittaustapoja, koska kaikki nykyiset kivunlievityksen menetelmät perustuvat potilaalta saatuun subjektiiviseen tietoon. Tämä ei riitä. Ongelmana on, että tällä hetkellä ei ole olemassa menetelmiä kivun ja sen voimakkuuden havaitsemiseen esimerkiksi verinäytteestä. Biomerkkiaineita, genetiikkaa ja epigenetiikkaa käyttäviä menetelmiä pidetään kuitenkin ensiarvoisen tärkeinä objektiivisten kiputestien kehittämisessä tulevaisuudessa [262].

Potilaiden subjektiivisten oirekuvausten ja biomerkkiaineiden objektiivisen tiedon yhdistämistä pidetään kivunhallinnan kehittämisen tulevaisuutena. Samaa lähestymistapaa tulisi soveltaa

sähkömagneettiselle säteilylle herkistymisen ongelmaan. Sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen aiheuttamien reaktioiden fysiologiset tutkimukset tuottavat hyödyllistä tietoa, jonka avulla voidaan kehittää diagnostiikan työkaluja sähköherkkyyden havaitsemiseen sekä menetelmiä sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen fysiologisten vaikutusten lieventämiseen siten, että altistumista ei tarvitse välttää. Tämän biokemiallisen lähestymistavan on osoitettu pystyvän tuottamaan kokeellisesti tietoa proteiineista tai geeneistä, joihin sähkömagneettiselle säteilylle altistuminen vaikuttaa [263]. Tulevalla 5G-teknologian aikakaudella ja jo kehitteillä olevan 6G-teknologian aikakaudella sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen välttäminen tulee olemaan käytännössä mahdotonta kaikille, jotka haluavat säilyttää toimintakykynsä ja menestyä yhteiskunnassa.

Loppupäätelmät

- Sähköherkkyyden tutkimuksen ongelmista ja niiden ratkaisuista on yhteenveto kuvassa 2.

- Erittäin monissa tutkimuksissa on tarkasteltu sähkömagneettiselle säteilylle altistumisen ja sähköherkkyyden oireiden välistä syy-yhteyttä 30 viime vuoden aikana.

- Suurin osa tutkimuksista ei löytänyt yhteyttä sähkömagneettisen säteilyn ja sähköherkkyyden välillä.

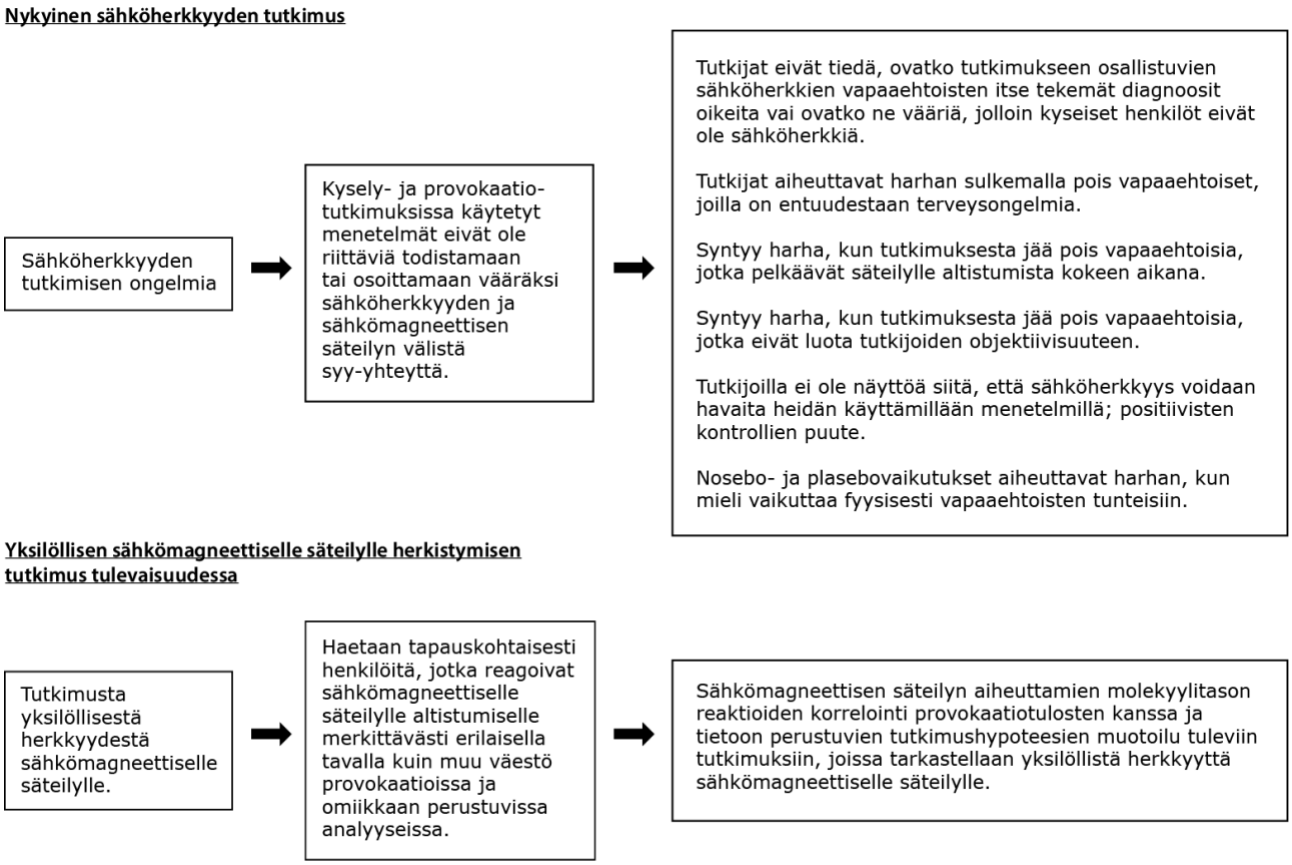
- Tutkimuksissa tarkasteltiin akuutteja vaikutuksia, mutta niissä ei pystytty tarkastelemaan viivästyneitä reaktioita sähkömagneettiseen säteilyyn.

- Suurin ongelma on, että tutkijat eivät tiedä, ovatko vapaaehtoisten sähköherkkyysitsediagnoosit oikeita vai onko koeryhmissä tuntemattomassa määrin henkilöitä, jotka eivät ole sähköherkkiä. Äärimmäisessä tilanteessa tutkimuksessa käytetyssä pienessä vapaaehtoisten ryhmässä ei välttämättä ole lainkaan sähköherkkiä henkilöitä.

- Viime aikoina sähköherkkyyden tutkimus on ajautunut suuntaan, jossa noseboa pidetään sähköherkkyyden syynä, mikä ei pidä paikkaansa.

- Sen sijaan, että tutkitaan ilmeisiä nosebovaikutuksia tai lääketieteen opiskelijan syndrooman kaltaisia ilmiöitä, tutkimuksessa olisi keskityttävä löytämään sopivia biokemiallisia ja biofyysisiä merkkiaineita, joita voitaisiin käyttää yhdessä yksilöihin keskittyvien provokaatiotutkimusten kanssa määrittämään sähköherkkyyden oireiden lähteet.

- Käsitystä siitä, että sähköherkkyyden ja sähkömagneettisen säteilyn välillä ei ole syy-yhteyttä, ei ole todistettu oikeaksi. Käsityksen ovat esittäneet Maailman terveysjärjestön EMF-hanke, Kansainvälinen ionisoimatonta säteilyä käsittelevä suojelutoimikunta (ICNIRP), Kansainvälinen sähkömagneettisen turvallisuuden komitea (ICES) ja lukuisat valtiolliset organisaatiot. Käsitys tulisi oikaista, koska tieteelliset tutkimustiedot eivät ole riittävän laadukkaita, jotta niitä voitaisiin käyttää todisteena syy-yhteyden puutteesta.



***Kuva 2**: Nykyisten sähköherkkyyttä koskevien tutkimusten ongelmat sekä tarve ottaa käyttöön provokaatiot ja "omiikat" yhdistävä lähestymistapa sähköherkkyyden tutkimiseen.*

Kirjoittaja: Dariusz Leszczynski, PhD, DSc, biokemian dosentti, Helsingin yliopisto, sähköposti: blogBRHP@gmail.com

Tutkimuksen rahoitus: Sähköherkkyyssäätiö sr, Suomi

Muut tekijät: Ei muita tekijöitä (yksi kirjoittaja)

Kilpailevat edut: Tekijällä ei eturistiriitoja

Eettinen hyväksyntä: Ei sovellettavissa

Tietoon perustuva suostumus: Ei sovellettavissa

Lähdeluettelo alkuperäisen tutkimuksen yhteydessä (englanniksi):
https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/reveh-2021-0038/html