

Hypersensibilité électromagnétique ou syndrome des micro-ondes : examen des mécanismes

26 mai, 2023

Par : **André Fauteux**

Anesthésiste et chercheuse israélienne, Dre Yael Stein a connu plusieurs civils et anciens militaires devenu électrohypersensibles aux ondes après avoir été surexposés à des champs électromagnétiques de radiofréquences.

Dans cette [entrevue Youtube](#) qu'elle m'a accordée cette semaine, elle explique que son ancien professeur et associé de recherche, le Dr Elihu Richter, a été formé par l'épidémiologiste américain John Goldsmith, qui a analysé les résultats du projet Pandora visant à étudier les effets biologiques de faibles niveaux de rayonnements micro-ondes après que l'ambassadeurs américains à Moscou



Dre Yael Stein

sont morts de leucémie. Selon [Louis Slesin de Microwave News](#), « le projet a été lancé après que le gouvernement américain a découvert que les Soviétiques irradiait son ambassade à Moscou avec des micro-ondes ». [Lire ici tous les détails de cette guerre électronique qui ont été déclassifiés.](#)

La Dre Stein explique que si vous utilisez des connexions Internet par câble Ethernet et des téléphones filaires à la maison, il est plus difficile pour l'exposition provenant des tours de téléphonie cellulaire et d'autres sources extérieures de vous atteindre parce que l'antenne doit être en contact avec les téléphones cellulaires à l'intérieur de votre maison. « Mais dans tous les cas, il vaut mieux ne pas avoir d'antenne qui vous irradie en permanence à l'extérieur de votre fenêtre, comme nous l'a appris l'expérience du projet Pandora », dit-elle.

Ancien chercheur sur la douleur et les effets des champs électromagnétiques, le Dr Stein a vu plus de 100 patients souffrant d'électrohypersensibilité. Beaucoup d'entre eux se sont sentis mieux lorsqu'ils ont réduit leur

exposition aux champs électromagnétiques, notamment ceux des appareils sans fil.

Mais n'attendez pas d'être handicapé, dit-elle : « Réduisez votre exposition dès que vous avez des maux de tête ou des sensations de chaleur après avoir utilisé ou porté votre téléphone portable sur vous - ou même avant. Plus tard, certains symptômes pourraient devenir irréversibles. »

Voici la traduction d'un article qu'elle a signé en 2020 avec une collègue médecin, experte des maladies causées par l'effondrement des tours du World Trade Center qu'elle a rencontré lors d'une conférence sur les effets biologiques des champs électromagnétiques. [Téléchargez l'article original en anglais ici.](#)

[Hypersensibilité électromagnétique ou syndrome des micro-ondes : examen des mécanismes](#)

[EnvironmentalResearch186\(2 020\)109445](#)

Yael Stein (MD)^{a,b,*} Iris G. Udasin (MD)^c

^a *Clinique de la douleur, Département d'anesthésiologie et de médecine des soins intensifs, Centre médical de l'Université hébraïque-Hadassah, Jérusalem, Israël*

^b *Clinique des rayonnements électromagnétiques, Centre médical de l'Université hébraïque-Hadassah, Jérusalem, Israël*

^c *Centre clinique EOHSI, Université Rutgers - École de santé publique, NJ, États-Unis*

* Auteur correspondant. Clinique de la douleur, Département d'anesthésiologie et de médecine des soins intensifs, Centre médical de l'Université hébraïque-

Hadassah, Jérusalem, Israël. *Adresse électronique* : yael.stein1@mail.huji.ac.il (Y. Stein).

<https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109445> Reçu le 2 août 2018 ; Accepté le 25 mars 2020

Disponible en ligne le 30 mars 2020 0013-9351/©2020 Publié par Elsevier Inc.

Contexte et introduction

L'hypersensibilité électromagnétique (HSEM), connue dans le passé sous le nom de "syndrome des micro-ondes", est un état clinique caractérisé par un large spectre de systèmes organiques multiples non spécifiques qui se manifestent typiquement dans les domaines suivants après l'exposition d'une personne à des champs électromagnétiques (CEM) provenant de l'environnement.

De nombreuses études ont montré les effets biologiques au niveau cellulaire des champs électromagnétiques (CEM) aux fréquences magnétiques (ELF) et radiofréquences (RF) à des intensités extrêmement faibles. La sensibilité aux CEM, une réponse systémique de l'homme à une exposition chronique aux radiofréquences (RF) de faible intensité, a été signalée pour la première fois par des chercheurs médicaux soviétiques dans les années 1950, qui l'a baptisée "syndrome névrotique" (Johnson Liakouris, 1998 ; Silverman, 1973). Les

symptômes sont similaires à ceux rapportés par les patients souffrant de polysensibilité chimique (PC ou MCS en anglais) et comprennent ceux du système nerveux central, notamment les maux de tête, la fatigue, le stress, les troubles du sommeil, le "brouillard cérébral", les troubles de la mémoire à court terme, l'irritabilité, la labilité émotionnelle et l'anxiété. D'autres symptômes souvent ressentis par les patients sont les nausées, les douleurs thoraciques, les palpitations, l'essoufflement, les douleurs musculaires, la baisse de la libido, la diminution de l'appétit et les réactions cutanées (Pollack et Healer, 1967 ; Dodge, 1969 ; Glaser, 1972 ; Irvine, 2005 ; Mild et al., 2004 ; Eltiti et al., 2007 ; McCarty et al., 2011 ; Baliatsas et al., 2012 ; Havas, 2013). Le syndrome clinique a été baptisé « intolérance environnementale idiopathique aux champs électromagnétiques » par l'Organisation mondiale de la santé lors de son atelier de Prague en 2004. En Suède, l'hypersensibilité électromagnétique est une déficience fonctionnelle reconnue par l'État (Johansson, 2006).

Dans les années 1970 et 1980, le gouvernement américain a publié des rapports sur l'exposition professionnelle aux CEM. Les travailleurs dont la durée d'exposition aux CEM était élevée souffraient de maux de tête, de troubles du sommeil, d'humeur, de dépression, de troubles de la mémoire, d'une augmentation de la perspiration et d'une diminution de la libido (Dwyer et Leeper, 1978). Lerner (1980) a suivi une cohorte de 1300 travailleurs. Ceux qui étaient exposés à des niveaux relativement faibles de CEM ont vu leurs symptômes neuropsychiatriques doubler. Les travailleurs exposés à des niveaux plus élevés de CEM ont vu leurs symptômes neuropsychiatriques tripler (Pall, 2016). Les travailleurs qui ont installé des compteurs intelligents sans fil à l'extérieur des maisons signalent une augmentation de l'insomnie, d'acouphènes, une pression dans la tête et la difficulté à se concentrer qui augmentaient avec l'exposition (Conrad, 2013).

Bergqvist et al. (1997) ont décrit trois stades de développement de la HSEM : au premier stade, des symptômes transitoires apparaissent et diminuent; au deuxième stade, les symptômes persistent ou augmentent avec une durée ou une intensité d'exposition accrue; dans le troisième stade, des symptômes neurologiques invalidants sont déclenchés après une exposition aux CEM, même à de faibles niveaux. L'Association médicale autrichienne (2012) reconnaît que les problèmes de sommeil ainsi que musculaires et articulaires, les maux de tête, les difficultés de concentration, les problèmes de mémoire, ainsi que les acouphènes et une sensation de pression dans les oreilles.

Hutter et al. (2010) ont constaté des acouphènes dans un sous-groupe d'utilisateurs de téléphones portables qui utilisaient leur téléphone du même côté de la tête (ipsilatéral) depuis 4 ans et plus (rapport de cote ou RC 1,95 ; intervalle de confiance ou IC 1,00-3,8). L'utilisation de téléphones portables pendant plus de 60 minutes par jour pendant au moins quatre ans a été associée à des symptômes subjectifs de chaleur de l'oreille et d'acouphènes, qui seraient liés à des lésions de l'oreille (Panda et al., 2010).

La plainte la plus fréquente des personnes exposées aux CEM des téléphones portables est le mal de tête (Yakymenko et al., 2011, 2015). L'étude de Szykowska et al. a montré une augmentation de la prévalence des maux de tête et des maux d'oreille (63,6 %) chez les utilisateurs de téléphones portables qui parlent plus de 3 heures par jour, par rapport à 20 % chez les sujets qui parlent au téléphone portable moins de 15 minutes par jour. Szykowska et al. (2014) ont fait état de résultats similaires : 62 % des utilisateurs adultes de téléphones portables ont signalé des maux de tête lorsqu'ils parlaient au téléphone portable.

Une étude menée auprès d'étudiants en médecine a révélé que 22 % des utilisateurs de téléphones portables faisaient état de maux de tête et 91 % de maux d'oreille s'ils parlaient au téléphone portable plus de 2 heures

par jour. Cette cohorte souffrait également de maux de tête et d'oreilles lorsqu'elle utilisait son téléphone portable pour les médias sociaux, les jeux et la vidéo (Datta et al., 2016). Une étude d'intervention réalisée en Égypte a montré que la prévalence des maux de tête, de la baisse de concentration et de l'insomnie chez les étudiants s'est améliorée après la diminution de l'utilisation des téléphones portables (Mohamed et al., 2014). Une étude menée en Chine a montré que les enfants âgés de 9 à 12 ans possédant un téléphone portable depuis plus d'un an doublaient la prévalence des maux de tête et des troubles du sommeil (Zheng et al., 2015).

Belpomme et Irigaray ont compilé une base de données de plus de 2000 cas autodéclarés de patients atteints de HSEM et/ou de polysensibilité chimique (PC). Les auteurs énumèrent les symptômes rapportés par leurs patients : « *maux de tête, acouphènes, hyperacousie, vertiges, troubles de l'équilibre, anomalies de la sensibilité superficielle et profonde, fibromyalgie, dysfonctionnement des nerfs végétatifs et capacité cognitive réduite, y compris perte de mémoire immédiate, déficience de l'attention et de la concentration, et finalement confusion tempo-spatiale. Ces symptômes étaient associés à une insomnie chronique, une fatigue et une tendance dépressive, en plus d'une labilité émotionnelle et parfois d'une irritabilité* ».

Le profil symptomatique spécifique de chaque patient a été rapporté de façon répétée et consistante après l'exposition à des sources de CEM, même de faible intensité, et régressent ou disparaissent progressivement après avoir quitté ces sources présumées.

Les symptômes décrits ci-dessus sont en grande partie autodéclarés, mais ils sont à l'origine d'un malaise important et d'un handicap potentiel à la fois chez les adultes et les enfants. La présente étude aborde les sources et mesures d'exposition ainsi que les mesures objectives et de tests cliniques pour expliquer les symptômes et les effets sur la santé ressentis par les patients exposés aux CEM.

2. Exposition

L'exposition aux CEM a été décrite en 2008-2009 comme étant entre 10 et 15 fois supérieure au champ magnétique naturel de la Terre (Rössli, 2008 ; Nittby et al., 2009). Toutefois dans la bande de fréquences de 1 GHz, l'exposition a augmenté d'environ 10^{18} fois les niveaux naturels (Bandara et Carpenter, 2018). En 2010, on estimait que plus de 2 milliards de personnes utilisaient des téléphones portables dans le monde (Soffritti, 2010). Les champs électromagnétiques auxquels les personnes sont potentiellement exposés sont générés par une variété d'appareils présents dans l'environnement ou dans la nature. Parmi les exemples de CEM artificiels dans la gamme des radiofréquences (RF) dans l'environnement, on peut citer les téléphones mobiles, les antennes et les stations de base (technologie 2G, 3G, 4G), ainsi que des systèmes et dispositifs de télécommunications spécifiques, notamment le Global system for mobile (GSM), les systèmes de télécommunications mobiles universels, l'évolution à long terme, les liens radio à micro-ondes, les téléphones sans fil standard et digitaux, les ordinateurs portables, les tablettes, les liseuses électroniques, les réseaux internet sans fil (Wi-Fi), les réseaux locaux sans fil (LAN), les écrans vidéo, la radio, la télévision, les consoles de jeux vidéo sans fil et les compteurs sans fil de consommation d'électricité, d'eau et de gaz. La technologie cellulaire 5G est actuellement en cours de développement et pourrait accroître l'exposition. Les sources d'exposition aux champs électromagnétiques de basse fréquence comprennent les lignes à haute tension, les installations électriques, les lampes fluorescentes et les photocopieuses (Kaszuba-Zwoińska et al., 2015 ; De Luca et al., 2014 ; Belyaev et al., 2016).

3. Preuve physiologique des effets sur la santé

Plusieurs études font état d'anomalies dans les tests neuropsychiatriques chez les patients qui signalent des symptômes neuropsychiatriques après l'exposition. Reeves (2000) a rapporté le cas de 34 membres de l'US Air Force qui ont été exposés à des radiofréquences à des intensités supérieures aux limites d'exposition autorisées. Les jeunes hommes ont signalé des symptômes

neurologiques aigus après l'exposition et des tests neuropsychiatriques standardisés ont indiqué que deux tiers des sujets présentaient des résultats compatibles avec une personnalité antisociale, un syndrome cérébral organique léger, de l'anxiété et une tendance à la somatisation (Carpenter, 2015).

D'autres études indiquent des changements dans le flux sanguin cérébral et le métabolisme du glucose dans le cerveau qui peuvent être démontrés par l'imagerie par tomographie par émission de positrons (TEP) (Volkow et al., 2011). Volkow a pu démontrer chez des volontaires humains sains qu'une conversation de 50 minutes au téléphone portable était associée à une augmentation du métabolisme cérébral dans la région cérébrale la plus proche de l'antenne du téléphone portable, par rapport à l'absence d'une telle conversation. Plusieurs études (Haarala et al., 2003 ; Huber et al., 2002, 2005) ont montré des changements dans les résultats de l'imagerie TEP du cerveau. Huber et al. (2005) ont pu montrer que si le téléphone portable est éloigné de l'oreille, il y a moins de changements dans le flux sanguin cérébral.

Belpomme et al. (2015) ont recherché des pathologies cérébrales spécifiques chez 727 patients atteints d'HSEM et de PC. Des IRM cérébrales régulières et des ultrasons carotidiens étaient généralement normaux chez les patients examinés. Les auteurs ont ensuite mesuré le débit sanguin cérébral dans les lobes temporaux des deux hémisphères cérébraux des patients. Pour ce faire, ils ont utilisé écho doppler et la mesure des pulsations dans le cerveau. L'auteur a constaté que, par rapport aux sujets normaux, la pulsatilité cérébrale était réduite chez les patients souffrant de PC et d'HSEM, et que la pulsatilité était presque éliminée dans les lobes temporaux. Bien que ces mesures puissent être non spécifiques, elles représentent des changements potentiels dans la fonction cérébrale de ces patients. Dans leur article actualisé, Belpomme et Irigaray ont reproduit leurs résultats en utilisant la tomosphygmographie cérébrale ultrasonique et l'échographie Doppler transcrânienne dans une base de données beaucoup plus importante de plus de 2000 patients (Belpomme et Irigaray, 2020). Ils ont résumé que beaucoup de patients ont un défaut dans l'hémodynamique de l'artère cérébrale moyenne et ont localisé un *déficit de l'indice pulsométrique tissulaire* dans la zone capsulothalamique des lobes temporaux. Les auteurs suggèrent que cette découverte localisée est une preuve objective de l'existence d'une implication biologique du système limbique et du thalamus.

Belpomme et Irigaray ont mis en évidence une inflammation de bas grade chez les patients HSEM. La protéine C réactive (hs-CRP) était augmentée chez 12-15% des patients, l'histamine chez 30-40%, l'immunoglobuline E (IgE) dans 20-25 % des patients sans allergie démontrée, et la protéine de choc thermique 27 (HSP 27) ainsi que la HSP-70 ont été détectées chez 12 à 30 % des patients. Des auto-anticorps contre la protéine O-myéline ont été détectés dans le sang périphérique chez environ 20 % des patients. Une augmentation de la protéine S100B (un marqueur de dommage neuronal) a été observée chez 15 à 20 % des patients, ainsi qu'une augmentation du taux de nitrotyrosine (NTT, un marqueur de stress oxydant) dans 8 à 30 % des cas. Les auteurs ont conclu que les résultats suggèrent une *réponse auto-immune contre la substance blanche du système nerveux* chez ces patients. 79% des patients HSEM présentaient une augmentation d'au moins un des biomarqueurs étudiés liés au stress oxydatif/nitrosatif dans leur sang

périphérique : les substances réactives à l'acide thiobarbiturique (TBARS), le glutathion oxydé (GSSG), et/ou les biomarqueurs du stress oxydatif NTT. 15 % des patients présentaient les trois biomarqueurs, 21 % en présentaient deux et 43 % n'en présentaient qu'un seul. Les niveaux de 6-hydroxymélatonine urinaire de 24 heures (6-OHMS, un méta-mélatonine) était normaux ou significativement diminué dans 88% des cas, et significativement augmentés chez 12% des patients. Les auteurs ont suggéré que les faibles niveaux pourraient résulter de l'utilisation de la mélatonine comme piègeur de radicaux libres.

Il existe des preuves de changements cardiovasculaires objectifs après une exposition aux CEM. Havas (2013) et Tuengler et von Klitzing (2013) ont passé en revue la littérature et cité des études professionnelles portant sur des travailleurs ayant subi une exposition excessive aux CEM. Ils présentaient une fréquence plus élevée d'anomalies de l'électrocardiogramme au repos et sur 24 heures, ainsi qu'un excès de battements ventriculaires prématurés.

4. Mécanismes

Bon nombre des mécanismes décrits pour la sensibilité chimique multiple (s'appliquent, avec des modifications, à la HSEM. Des expositions répétées entraînent une sensibilisation et une augmentation conséquente de la réponse. (Overstreet, 2001 ; Latremoliere et Woolf, 2009 ; Molot, 2013 ; Sage, 2015). De nombreux patients hypersensibles semblent avoir des systèmes de détoxication déficients qui sont surchargés par un stress oxydatif excessif

(Korkina, 2009 ; De Luca et al., 2014). Les patients peuvent présenter des troubles neurologiques, des symptômes neurohormonaux et neuropsychiatriques à la suite d'une exposition aux CEM, en raison de lésions neurales et de réponses neurales trop sensibles (Dwyer et Leeper, 1978 ; Pall, 2016). Les CEM peuvent induire des changements dans les cascades de signalisation calcique (Liboff, 1984 ; Blackman et al., 1985 ; Smith et al., 1987 ; Pall, 2013, 2015), une activation importante des processus de radicaux libres et une surproduction d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) dans des cellules vivantes (Irmak et al., 2002 ; Zmyslony et al., 2004 ; Friedman et al., 2007 ; Blank et Goodman, 2009 ; De luliis et al., 2009 ; Georgiou, 2010 ; Avci et al., 2012 ; Jing et al., 2012 ; Bilgici et al., 2013 ; Burlaka et al., 2013) ainsi qu'une altération des fonctions neurologiques et cognitives (Frey, 1961 ; Thomas et al., 1986 ; Carrubba et al., 2007 ; Nittby et al., 2009 ; Xu et al., 2010 ; Molot, 2013 ; Yakymenko et al., 2016 ; Pall, 2016 ; Kim et al., 2017) et une perturbation de la barrière hémato-encéphalique (Salford et al., 2008 ; Nittby et al., 2009). Les cristaux de magnétite absorbés par la pollution atmosphérique due à la combustion pourraient jouer un rôle important dans les effets cérébraux des CEM (Maher et al., 2016).

5. Conclusion

Dans le monde moderne, l'exposition aux rayonnements électromagnétiques est devenue incontournable. De nombreuses personnes développent des effets néfastes sur leur santé à la suite d'une exposition aux CEM. Cette revue de la littérature comprenait de nombreuses données neurologiques et neurologiques autodéclarées. D'autres études suggèrent que l'exposition aux CEM peut être associée à des changements dans le flux sanguin cérébral qui correspondent à des anomalies visibles sur un PET scan du cerveau. Certains chercheurs ont même localisé les anomalies cérébrales au niveau du lobe temporal, considéré comme le site le plus proche de l'exposition aux téléphones portables. En raison de l'utilisation généralisée de la technologie des CEM, il est difficile d'éviter l'exposition.

Il est clair que de nombreuses personnes sont sensibles aux CEM, ce qui diminue leur qualité de vie et conduit souvent à un handicap. Des recherches supplémentaires doivent être menées sur la sécurité des téléphones portables et sur l'utilisation d'un accès plus sûr à l'internet, en particulier dans les écoles où les enfants sont exposés pendant de nombreuses heures. Des tests diagnostiques plus pertinents pour la HSEM devraient être mis au point. Les limites d'exposition devraient être abaissées pour protéger des effets biologiques des CEM. La diffusion des réseaux sans fil locaux et mondiaux devrait être réduite, et les réseaux câblés plus sûrs devraient être utilisés au lieu des réseaux sans fil, afin de protéger les membres sensibles du public. Les lieux publics devraient être rendus accessibles aux personnes électrohypersensibles.

Déclaration d'intérêts concurrents

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt.

Remerciements

La recherche sur la HSEM a été partiellement soutenue par l'Environmental Health Trust, aux États-Unis, et par le Yael Pitun Fund for Environmental Research, en Israël. Les auteurs remercient la Dre Devra Davis pour son soutien et son encouragement. Nous remercions le professeur Charles Greenblatt pour ses discussions persistantes sur les effets de la magnétite. Nous remercions Amir Bornstein, Dafna Tachover et d'autres personnes souffrant d'EHS de nous avoir poussés à en savoir plus sur l'électrohypersensibilité.

Références

- Austrian Medical Association, 2012. Guideline of the Austrian Medical Association for the Diagnosis and Treatment of EMF Related Health Problems and Illnesses (EMF Syndrome). Consensus Paper of the Austrian Medical Association's EMF Working Group (AG-EMF). pp. 17. <http://www.magdahavas.com/wordpress/wp-content/uploads/2012/06/Austrian-EMF-Guidelines-2012.pdf>.
- Avci, B., Akar, A., Bilgici, B., Tuncel, O.K., 2012. Oxidative stress induced by 1.8 GHz radio frequency electromagnetic radiation and effects of garlic extract in rats. *Int. J. Radiat. Biol.* 88, 799–805.
- Baliatsas, C., Van Kamp, I., Lebret, E., Rubin, G.J., 2012. Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF): a systematic review of identifying criteria. *BMC Publ. Health* 12, 643–646.
- Bandara, P., Carpenter, D.O., 2018. Planetary electromagnetic pollution: it is time to assess its impact. *Lancet. Planet. Health* 2 (12). [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30221-3](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30221-3).
- Belpomme, D., Irigaray, P., 2020. Electrohypersensitivity as a newly identified and characterized neurologic pathological disorder: how to diagnose, treat, and prevent it. *Int. J. Mol. Sci.* 21, 1915. <https://doi.org/10.3390/ijms21061915>.
- Belyaev, I., Dean, A., Eger, H., Hubmann, G., Jandrisovits, R., Kern, M., Kundi, M., Moshhammer, H., Lercher, P., Müller, K., Oberfeld, G., Ohnsorge, P., Pelzmann, P., Scheingraber, C., Thill, R., 2016. EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses. *Rev. Environ. Health* 31 (3), 363–397.
- Belpomme, D., Campagnac, C., Irigaray, P., 2015. Reliable disease biomarkers characterizing and identifying

electrohypersensitivity and multiple chemical sensitivity as two etiopathogenic aspects of a unique pathological disorder. *Rev. Environ. Health* 30 (4), 251–271.

Bergqvist, U., Vogel, E., Solna, D.G.V., 1997. Possible Health Implications of Subjective Symptoms and Electromagnetic Fields: a Report by a European Group of Experts for the European Commission. European Commission DG V, Sweden Report No. 19.

Bilgici, B., Akar, A., Avci, B., Tuncel, O.K., 2013. Effect of 900 MHz radiofrequency radiation on oxidative stress in rat brain and serum. *Electromagn. Biol. Med.* 32, 9–20. Blackman, C.F., Benane, S.G., Rabinowitz, J.R., House, D.E., Joines, W.T., 1985. A role for the magnetic field in the radiation-induced efflux of calcium ions from brain tissue in

vitro. *Bioelectromagnetics* 6 (4), 327–337.

Burlaka, A., Tsybulin, O., Sidorik, E., Lukin, S., Polishuk, V., Tsehmistrenko, S., Yakymenko, I., 2013. Overproduction of free radical species in embryonal cells exposed to low intensity radiofrequency radiation. *Exp. Oncol.* 35 (3), 219–225. Blank, M., Goodman, R., 2009. Electromagnetic fields stress living cells. *Pathophysiology* 16 (2/3), 8–71.

Carpenter, D.O., 2015. The microwave syndrome or electro-hypersensitivity: historical background. *Rev. Environ. Health* 30 (4), 217–222.

Carrubba, S., Frilot, I.I.C., Chesson Jr., A.L., Marino, A.A., 2007. Evidence of a nonlinear human magnetic sense. *Neuroscience* 144 (1), 356–367.

Conrad, R.H., 2013. Smart Meter Health Effects Survey and Report. .
[http://www.mainecoalitiontostopsmartmeters.org/wp-content/uploads/2013/02/Exhibit-D-](http://www.mainecoalitiontostopsmartmeters.org/wp-content/uploads/2013/02/Exhibit-D-SmartMeter-Health-Effects-Report-w-AppendicesV3-1-9Reduced-Appendices.pdf)

[SmartMeter-Health-Effects-Report-w-AppendicesV3-1-9Reduced-Appendices.pdf](http://www.mainecoalitiontostopsmartmeters.org/wp-content/uploads/2013/02/Exhibit-D-SmartMeter-Health-Effects-Report-w-AppendicesV3-1-9Reduced-Appendices.pdf). Datta, S., Nelson, V., Simon, S., 2016. Mobile phone use pattern and self-reported health problems among medical students. *J. Evol. Med. Dent. Sci.* 5 (21), 1116–1119.

De Iuliis, G.N., Newey, R.J., King, B.V., Aitken, R.J., 2009. Mobile phone radiation induces reactive oxygen species production and DNA damage in human spermatozoa in vitro. *PLoS One* 4, e6446.

De Luca, C., Thai, J.C.S., Raskovic, D., Cesareo, E., Caccamo, D., Trukhanov, A., Korkina, L., 2014. Metabolic and genetic screening of electromagnetic hypersensitive subjects as a feasible tool for diagnostics and intervention. *Mediat. Inflamm.* 14 Article ID 924184.

Dodge, C.H., 1969. Clinical and hygienic aspects of exposure to electromagnetic fields. Biological effects and health implications of microwave radiation. A review of the Soviet and Eastern European literature. In: *Symposium Proceedings*, pp. 17–19 Richmond, VA, September.

Dwyer, M.J., Leeper, D.B., 1978. A Current Literature Report on the Carcinogenic Properties of Ionizing and Nonionizing Radiation. DHEW Publication (NIOSH), pp. 78–134.

Eltiti, S., Wallace, D., Zougkou, K., Russo, R., Joseph, S., Rasor, P., Fox, E., 2007. Development and evaluation of the electromagnetic hypersensitivity questionnaire. *Bioelectromagnetics* 28, 137–151.

Frey, A.H., 1961. Auditory system response to modulated electromagnetic energy. *J. Appl. Phys.* 17, 689–692.

Friedman, J., Kraus, S., Hauptman, Y., Schiff, Y., Seger, R., 2007. Mechanism of short-term ERK activation by electromagnetic fields at mobile phone frequencies. *Biochem. J.* 405 559–68.

Glaser, Z., 1972. Bibliography of Reported Biological Phenomena ('effects') and Clinical Manifestations Attributed to Microwave and Radio-Frequency Radiation. Research Report No. 2, Revised, AD750275. Naval Medical Research Institute, National Naval Medical Center, Bethesda, MD.

Georgiou, C.D., 2010. Oxidative stress-induced biological damage by low-level EMFs: mechanism of free radical pair electron spin-polarization and biochemical amplification. In: Giuliani, L., Soffritti, M. (Eds.), *Nonthermal Effects and Mechanisms of Interaction between Electromagnetic Fields and Living Matter*, vol. 5. Ramazzini institute, Bologna (IT), pp. 63–113 *European Journal of Oncology – Library*.

Haarala, C., Aalto, S., Hautzel, H., et al., 2003. Effects of a 902 MHz mobile phone on cerebral blood flow in humans. *Neuroreport* 14 (16), 2019–2023.

Havas, M., 2013. Radiation from wireless technology affects the blood, the heart, and the autonomic nervous system. *Rev. Environ. Health* 28 (2–3), 75–84.

Huber, R., Treyer, V., Borbely, A.A., Schuderer, J., Gottselig, J.M., Landolt, H.P., Werth, E., Berthold, T., Kuster, N., Buck, A., Achermann, P., 2002. Electromagnetic fields, such as those from mobile phones, alter regional cerebral blood flow and sleep and waking EEG. *J. Sleep Res.* 11, 289–295.

Huber, R., Treyer, V., Schuderer, J., Berthold, T., Buck, A., Kuster, N., Landolt, H.P., Achermann, P., 2005. Exposure to pulse-modulated radio frequency electromagnetic fields affects regional cerebral blood flow. *Eur. J. Neurosci.* 21, 1000–1006.

Hutter, H.P., Moshammer, H., Wallner, P., Cartellieri, M., Denk-Linnert, D.M., Katzinger, M., Ehrenberger, K., Kundi, M., 2010. Tinnitus and mobile phone use. *Occup. Environ. Med.* 67 (12), 804–808.

Irmak, M.K., Fadillioglu, E., Gulec, M., Erdogan, H., Yagmurca, M., Akyol, O., 2002. Effects of electromagnetic radiation from a cellular telephone on the oxidant and antioxidant levels in rabbits. *Cell Biochem. Funct.* 20, 279–283.

Irvine, N., 2005. Definition, Epidemiology and Management of Electrical Sensitivity: Report for the Radiation Protection Division of the Health Protection Agency. Oxfordshire, UK Report No. 10.

Jing, J., Yuhua, Z., Xiao-Qian, Y., et al., 2012. The influence of microwave radiation from cellular phone on fetal rat brain. *Electromagn. Biol. Med.* 31, 57–66.

Johansson, O., 2006. Electrohypersensitivity: state-of-the-art of a functional impairment. *Electromagn. Biol. Med.* 25, 245–258.

Johnson Liakouris, A.G., 1998. Radiofrequency (RF) sickness in the Lilienfeld study: an effect of modulated microwaves? *Arch. Environ. Health* 53, 226–228.

Kaszuba-Zwoińska, J., Gremba, J., Gałdźnińska-Calik, B., Wojcik-Iotrowicz, K., Thor, P.J., 2015. Electromagnetic

field induced biological effects in humans. *Przegl. Lek.* 72 (11), 636–641.

Kim, J.H., Yu, D.H., Huh, Y.H., Lee, E.H., Kim, H.G., Kim, H.R., 2017. Long-term exposure to 835 MHz RF-EMF induces hyperactivity, autophagy and demyelination in the cortical neurons of mice. *Sci. Rep.* 7, 41129.

Korkina, L., 2009. The chemical defensive system in the pathobiology of idiopathic environment-associated diseases. *Curr. Drug Metabol.* 10 (8), 914–931.

Latremoliere, A., Woolf, C.J., 2009. Central sensitization: a generator of pain hypersensitivity by central neural plasticity. *J. pain.* 10 (9), 895–926.

Lerner, E.J., 1980. 1980 RF radiation: biological effects. *IEEE Spectrum* 17, 51–59. Liboff, A.R., 1984. Cyclotron resonance in membrane transport. In: Chiabrera, A., Nicolini, C., Schwan, H.P. (Eds.), *Interaction between Electromagnetic Fields and Cells*. Erice, Italy. NATO ASI Series A97, Plenum, New York, pp. 281–296.

Maher, B.A., Ahmed, I.A.M., Karloukovski, V., MacLaren, D.A., Foulds, P.G., Allsop, D., Mann, D.M.A., Torres-Jardoń, R., Calderon-Garciduenas, L., 2016. Magnetite pollution nanoparticles in the human brain. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 113 (39), 10797–10801. <https://doi.org/10.1073/pnas.1605941113>.

McCarty, D.E., Carrubba, S., Chesson, A.L., Frilot, C., Gonzalez-Toledo, E., Marino, A.A., 2011. Electromagnetic hypersensitivity: evidence for a novel neurological syndrome. *Int. J. Neurosci.* 121, 670–676.

Mild, K.H., Repacholi, M., van Deventer, E., Ravazzani, P., 2004. *Electromagnetic Hypersensitivity: Proceedings, International Workshop on EMF Hypersensitivity*. WHO Press, World Health Organization, Prague, Czech Republic 9789241594127 2006.

Mohamed, H., Satar, M., Talaat, A., 2014. Effect of instructional guidelines on students, practices regarding safe use of cell phone. *Life Sci. J.* 11, 486–494.

Molot, J., 2013. *12,000 Canaries Can't Be Wrong. Establishing the New Era of Environmental Medicine*. EnviroHealth Publications, Canada.

Nittby, H., Brun, A., Eberhardt, J., Malmgren, L., Persson, B.R., Salford, L.G., 2009. Increased blood-brain barrier permeability in mammalian brain 7 days after exposure to the radiation from a GSM-900 mobile phone. *Pathophysiology* 16 (2–3), 103–112.

Overstreet, D.H., 2001. A genetic rat model of cholinergic hypersensitivity: implications for chemical intolerance, chronic fatigue, and asthma. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 933, 92–102.

Pall, M.L., 2013. Electromagnetic fields act via activation of voltage-gated calcium channels to produce beneficial or adverse effects. *J. Cell Mol. Med.* 17 (8), 958–965.

Pall, M.L., 2015. Review: scientific evidence contradicts findings and assumptions of Canadian safety panel 6: microwaves act through voltage gated calcium channel activation to induce biological impacts at nonthermal levels, supporting a paradigm shift for microwave/lower frequency electromagnetic field action. *Rev. Environ. Health* 30, 99–116.

Pall, M.L., 2016. Microwave frequency electromagnetic fields (EMFs) produce widespread neuropsychiatric

- effects including depression. *J. Chem. Neuroanat.* 75, 43–51. Panda, N.K., Jain, R., Bakshi, J., Munjal, S., 2010. Audiologic disturbances in long-term mobile phone users. *J Otolaryngol Head Neck Surg* 39 (1), 5–11.
- Pollack, H., Healer, J., 1967. Review of Information on Hazards to Personnel from High-Frequency Electromagnetic Radiation. Internal Note N-451. Institute for Defense Analysis, Research and Engineering Support Division, Arlington, VA IDA/HQ 67- 6211, series B.
- Reeves, G.I., 2000. Review of extensive workups of 34 patients overexposed to radio- frequency radiation. *Aviat Space Environ. Med.* 71, 206–215.
- Röösl, M., 2008. Radiofrequency electromagnetic field exposure and non-specific symptoms of ill health: a systematic review. *Environ. Res.* 107, 277–287.
- Sage, C., 2015. The implications of non-linear biological oscillations on human electro- physiology forelectrohypersensitivity (EHS) and multiple chemical sensitivity (MCS). *Rev. Environ. Health* 30 (4), 293–303.
- Salford, L.G., Nittby, H., Brun, A., Grafstrom, G., Malmgren, L., Sommarin, M., Eberhardt, J., Widegren, B., Persson, B.R.R., 2008. The mammalian brain in the electromagnetic fields designed by man with special reference to Blood-Brain Barrier function, neuronal damage and possible physical mechanisms. *Prog. Theor. Phys. Suppl.* (173), 283–309.
- Silverman, C., 1973. Nervous and behavioral effects of microwave radiation in humans. *Am. J. Epidemiol.* 97, 219–224.
- Smith, S.D., McLeod, B.R., Liboff, A.R., Cooksey, K., 1987. Calcium cyclotron resonance and diatom mobility. *Bioelectromagnetics* 8 (3), 215–227.
- Soffritti, M., 2010. Preface to. In: In: Giuliani, L., Soffritti, M. (Eds.), *Non-thermal Effects and Mechanisms of Interaction between Electromagnetic Fields and Living Matter*, vol. 5. Ramazzini institute, Bologna (IT), pp. 63–113. *European Journal of Oncology – Library*. <http://www.icems.eu/papers.htm?f=/c/a/2009/12/15/MNHJ1B49KH>. DTL.
- Szykowska, A., Gadzicka, E., Szymczak, W., Bortkiewicz, A., 2014. The risk of subjective symptoms in mobile phone users in Poland—an epidemiological study. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health* 27 (2), 293–303.
- Thomas, J.R., Schrot, J., Liboff, A.R., 1986. Low-intensity magnetic fields alter operant behavior in rats. *Bioelectromagnetics* 7 (4), 349–357.
- Tuengler, A., von Klitzing, L., 2013. Hypothesis on how to measure electromagnetic hypersensitivity. *Electromagn. Biol. Med.* 32 (3), 281–290.
- Volkow, N.D., Tomasi, D., Wang, G.J., Vaska, P., Fowler, J.S., Telang, F., Alexoff, D., Logan, J., Wong, C., 2011. Effects of cell phone radiofrequency signal exposure on brain glucose metabolism. *J. Am. Med. Assoc.* 305 (8), 808–813.
- Xu, S., et al., 2010. Exposure to 1800 MHz radiofrequency radiation induces oxidative damage to mitochondrial DNA in primary cultured neurons. *Brain Res.* 1311, 189–196.

Yakymenko, I., Sidorik, E., Tsybulin, O., Chekhun, V., 2011. Potential risks of microwaves from mobile phones for youth health. *Environ. Health* 56 (1), 48–51.

Yakymenko, I., Mor, O., Tsybulin, O., et al., 2015. Subjective symptoms in young cell phone users in Ukraine. *Environ. Health (Nagpur)* (2), 40–43.

Yakymenko, I., Tsybulin, O., Sidorik, E., Henshel, D., Kyrylenko, O., Kyrylenko, S., 2016. Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation. *Electromagn. Biol. Med.* 35 (2), 186–202.

Zheng, F., Gao, P., He, M., 2015. Association between mobile phone use and self-reported well-being in children: a questionnaire-based cross-sectional study in Chongqing, China. *BMJ open* 5 (5), e007302.

Zmyslony, M., Politanski, P., Rajkowska, E., et al., 2004. Acute exposure to 930MHz CW electromagnetic radiation in vitro affects reactive oxygen species level in rat lymphocytes treated by iron ions. *Bioelectromagnetics* 25, 324–328.