

- JA, Pollack IF, Rorke-Adams LB. Parental heat exposure and risk of childhood brain tumor: a Children's Oncology Group study. *Am J Epidemiol.* 2006 Aug 1;164(3):222-31.
11. Roosli M, Lortscher M, Egger M, Pflugler D, Schreier N, Lortscher E, et al. Mortality from neurodegenerative disease and exposure to extremely low-frequency magnetic fields: 31 years of observations on Swiss railway employees. *Neuroepidemiology.* 2007;28(4):197-206.
12. McElroy JA, Egan KM, Titus-Ernstoff L, Anderson HA, Trentham-Dietz A, Hampton JM, et al. Occupational exposure to electromagnetic field and breast cancer risk in a large, population-based, case-control study in the United States. *J Occup Environ Med.* 2007 Mar;49(3):266-74.
13. Peplonska B, Stewart P, Szeszenia-Dabrowska N, Rusiecki J, Garcia-Closas M, Lissowska J, et al. Occupation and breast cancer risk in Polish women: a population-based case-control study. *Am J Ind Med.* 2007 Feb;50(2):97-111.
14. Lope V, Perez-Gomez B, Aragonés N, Lopez-Abente G, Gustavsson P, Floderus B, et al. Occupational exposure to ionizing radiation and electromagnetic fields in relation to the risk of thyroid cancer in Sweden. *Scand J Work Environ Health.* 2006 Aug;32(4):276-84.
15. Karipidis K, Benke G, Sim M, Fritschi L, Yost M, Armstrong B, et al. Occupational exposure to power frequency magnetic fields and risk of non-Hodgkin lymphoma. *Occup Environ Med.* 2007 Jan;64(1):25-9.
16. Mester B, Nieters A, Deeg E, Elsner G, Becker N, Seidler A. Occupation and malignant lymphoma: a population based case control study in Germany. *Occup Environ Med.* 2006 Jan;63(1):17-26.
17. Abel EL, Hendrix SL, McNeeley GS, O'Leary ES, Mossavar-Rahmani Y, Johnson SR, et al. Use of electric blankets and association with prevalence of endometrial cancer. *Eur J Cancer Prev.* 2007 Jun;16(3):243-50.
18. Eriksson NM, Stenberg BG. Baseline prevalence of symptoms related to indoor environment. *Scand J Public Health.* 2006;34(4):387-96.

19. Fadel RA, Salem AH, Ali MH, Abu-Saif AN. Growth assessment of children exposed to low frequency electromagnetic fields at the Abu Sultan area in Ismailia (Egypt). *Anthropol Anz.* 2006 Jun;64(2):211-26.
20. Schrottner J, Leitgeb N, Hillert L. Investigation of electric current perception thresholds of different EHS groups. *Bioelectromagnetics.* 2007 Apr;28(3):208-13.
21. Berg G, Spallek J, Schuz J, Schlehofer B, Bohler E, Schlaefer K, et al. Occupational exposure to radio frequency/microwave radiation and the risk of brain tumors: Interphone Study Group, Germany. *Am J Epidemiol.* 2006 Sep 15;164(6):538-48.
22. Schuz J, Bohler E, Berg G, Schlehofer B, Hettinger I, Schlaefer K, et al. Cellular phones, cordless phones, and the risks of glioma and meningioma (Interphone Study Group, Germany). *Am J Epidemiol.* 2006 Mar 15;163(6):512-20.
23. Ha M, Im H, Lee M, Kim HJ, Kim BC, Gimm YM, et al. Radio-frequency radiation exposure from AM radio transmitters and childhood leukemia and brain cancer. *Am J Epidemiol.* 2007 Aug 1;166(3):270-9.
24. Mollerlokken OJ, Moen BE. Is fertility reduced among men exposed to radiofrequency fields in the Norwegian Navy? *Bioelectromagnetics.* 2008 Jul;29(5):345-52.
25. Preece AW, Georgiou AG, Dunn EJ, Farrow SC. Health response of two communities to military antennae in Cyprus. *Occup Environ Med.* 2007 Jun;64(6):402-8.
26. Mjoen G, Saetre DO, Lie RT, Tynes T, Blaasaas KG, Hannevik M, et al. Paternal occupational exposure to radiofrequency electromagnetic fields and risk of adverse pregnancy outcome. *Eur J Epidemiol.* 2006;21(7):529-35.
27. Stankiewicz W, Dabrowski MP, Kubacki R, Sobiczewska E, Szmigielski S. Immunotropic influence of 900 MHz microwave GSM signal on human blood immune cells activated in vitro. *Electromagn Biol Med.* 2006;25(1):45-51.
28. Vangelova K, Deyanov C, Israel M. Cardiovascular risk in operators under radiofrequency

- electromagnetic radiation. *Int J Hyg Environ Health*. 2006 Mar;209(2):133-8.
29. Foliart DE, Mezei G, Iriye R, Silva JM, Ebi KL, Kheifets L, et al. Magnetic field exposure and prognostic factors in childhood leukemia. *Bioelectromagnetics*. 2007 Jan;28(1):69-71.
30. Mezei G, Spinelli JJ, Wong P, Borugian M, McBride ML. Assessment of selection bias in the Canadian case-control study of residential magnetic field exposure and childhood leukemia. *Am J Epidemiol*. 2008 Jun 15;167(12):1504-10.
31. Johansen C, Raaschou Nielsen O, Olsen JH, Schuz J. Risk for leukaemia and brain and breast cancer among Danish utility workers: a second follow-up. *Occup Environ Med*. 2007 Nov;64(11):782-4.
32. Hoffmann W, Terschueren C, Heimpel H, Feller A, Butte W, Hostrup O, et al. Population-based research on occupational and environmental factors for leukemia and non-Hodgkin's lymphoma: the Northern Germany Leukemia and Lymphoma Study (NLL). *Am J Ind Med*. 2008 Apr;51(4):246-57.
33. de Vocht F, Liket L, De Vocht A, Mistry T, Glover P, Gowland P, et al. Exposure to alternating electromagnetic fields and effects on the visual and visuomotor systems. *Br J Radiol*. 2007 Oct;80(958):822-8.
34. Karipidis KK, Benke G, Sim MR, Kauppinen T, Giles G. Occupational exposure to ionizing and non-ionizing radiation and risk of glioma. *Occup Med (Lond)*. 2007 Oct;57(7):518-24.
35. Davis S, Mirick DK. Residential magnetic fields, medication use, and the risk of breast cancer. *Epidemiology*. 2007 Mar;18(2):266-9.
36. O'Leary ES, Schoenfeld ER, Stevens RG, Kabat GC, Henderson K, Grimson R, et al. Shift work, light at night, and breast cancer on Long Island, New York. *Am J Epidemiol*. 2006 Aug 15;164(4):358-66.
37. Seidler A, Geller P, Nienhaus A, Bernhardt T, Ruppe I, Eggert S, et al. Occupational exposure to low frequency magnetic fields and dementia: a case-control study. *Occup Environ Med*. 2007 Feb;64(2):108-14.
38. Yamazaki S, Sokejima S,

- Mizoue T, Eboshida A, Kabuto M, Yamaguchi N, et al. Association between high voltage overhead transmission lines and mental health: a cross-sectional study. *Bioelectromagnetics*. 2006 Sep;27(6):473-8.
39. Lin IF, Li CY, Wang JD. Analysis of individual- and school-level clustering of power frequency magnetic fields. *Bioelectromagnetics*. 2008 Oct;29(7):564-70.
40. Evci ED, Bilgin MD, Akgor S, Zencirci SG, Ergin F, Beser E. Measurement of selected indoor physical environmental factors in hairdresser salons in a Turkish City. *Environ Monit Assess*. 2007 Nov;134(1-3):471-7.
41. Szabo J, Mezei K, Thuroczy G, Mezei G. Occupational 50 Hz magnetic field exposure measurements among female sewing machine operators in Hungary. *Bioelectromagnetics*. 2006 Sep;27(6):451-7.
42. Schuz J, Petters C, Egle UT, Jansen B, Kimbel R, Letzel S, et al. The "Mainzer EMF-Wachhund": results from a watchdog project on self-reported health complaints attributed to exposure to electromagnetic fields. *Bioelectromagnetics*. 2006 May;27(4):280-7.
43. Savitz DA, Herring AH, Mezei G, Evenson KR, Terry JW, Jr., Kavet R. Physical activity and magnetic field exposure in pregnancy. *Epidemiology*. 2006 Mar;17(2):222-5.
44. Mezei G, Bracken TD, Senior R, Kavet R. Analyses of magnetic-field peak-exposure summary measures. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2006 Nov;16(6):477-85.
45. Merzenich H, Schmiedel S, Bennack S, Bruggemeyer H, Philipp J, Blettner M, et al. Childhood leukemia in relation to radio frequency electromagnetic fields in the vicinity of TV and radio broadcast transmitters. *Am J Epidemiol*. 2008 Nov 15;168(10):1169-78.
46. Kleinlogel H, Dierks T, Koenig T, Lehmann H, Minder A, Berz R. Effects of weak mobile phone - electromagnetic fields (GSM, UMTS) on well-being and resting EEG. *Bioelectromagnetics*. 2008 Sep;29(6):479-87.

47. Kleinlogel H, Dierks T, Koenig T, Lehmann H, Minder A, Berz R. Effects of weak mobile phone - electromagnetic fields (GSM, UMTS) on event related potentials and cognitive functions. *Bioelectromagnetics*. 2008 Sep;29(6):488-97.
48. Thomas S, Kuhnlein A, Heinrich S, Praml G, Nowak D, von Kries R, et al. Personal exposure to mobile phone frequencies and well-being in adults: a cross-sectional study based on dosimetry. *Bioelectromagnetics*. 2008 Sep;29(6):463-70.
49. Takebayashi T, Varsier N, Kikuchi Y, Wake K, Taki M, Watanabe S, et al. Mobile phone use, exposure to radiofrequency electromagnetic field, and brain tumour: a case-control study. *Br J Cancer*. 2008 Feb 12;98(3):652-9.
50. Hepworth SJ, Schoemaker MJ, Muir KR, Swerdlow AJ, van Tongeren MJ, McKinney PA. Mobile phone use and risk of glioma in adults: case-control study. *BMJ*. 2006 Apr 15;332(7546):883-7.
51. Klaeboe L, Blaasaas KG, Tynes T. Use of mobile phones in Norway and risk of intracranial tumours. *Eur J Cancer Prev*. 2007 Apr;16(2):158-64.
52. Blettner M, Schlehofer B, Samkange-Zeeb F, Berg G, Schlaefer K, Schuz J. Medical exposure to ionising radiation and the risk of brain tumours: Interphone study group, Germany. *Eur J Cancer*. 2007 Sep;43(13):1990-8.
53. Schlehofer B, Schlaefer K, Blettner M, Berg G, Bohler E, Hettinger I, et al. Environmental risk factors for sporadic acoustic neuroma (Interphone Study Group, Germany). *Eur J Cancer*. 2007 Jul;43(11):1741-7.
54. Davidson HC, Lutman ME. Survey of mobile phone use and their chronic effects on the hearing of a student population. *Int J Audiol*. 2007 Mar;46(3):113-8.
55. Lonn S, Ahlbom A, Christensen HC, Johansen C, Schuz J, Edstrom S, et al. Mobile phone use and risk of parotid gland tumor. *Am J Epidemiol*. 2006 Oct 1;164(7):637-43.
56. Johansson A, Forsgren S, Stenberg B, Wilen J, Kalezic N, Sandstrom M. No effect of mobile

- phone-like RF exposure on patients with atopic dermatitis. *Bioelectromagnetics*. 2008 Jul;29(5):353-62.
57. Furubayashi T, Ushiyama A, Terao Y, Mizuno Y, Shirasawa K, Pongpaibool P, et al. Effects of short-term W-CDMA mobile phone base station exposure on women with or without mobile phone related symptoms. *Bioelectromagnetics*. 2009 Feb;30(2):100-13.
58. Eltiti S, Wallace D, Ridgewell A, Zougkou K, Russo R, Sepulveda F, et al. Does short-term exposure to mobile phone base station signals increase symptoms in individuals who report sensitivity to electromagnetic fields? A double-blind randomized provocation study. *Environ Health Perspect*. 2007 Nov;115(11):1603-8.
59. Oftedal G, Straume A, Johnsson A, Stovner LJ. Mobile phone headache: a double blind, sham-controlled provocation study. *Cephalalgia*. 2007 May;27(5):447-55.
60. Nam KC, Kim SW, Kim SC, Kim DW. Effects of RF exposure of teenagers and adults by CDMA cellular phones. *Bioelectromagnetics*. 2006 Oct;27(7):509-14.
61. Wilen J, Johansson A, Kalezic N, Lyskov E, Sandstrom M. Psychophysiological tests and provocation of subjects with mobile phone related symptoms. *Bioelectromagnetics*. 2006 Apr;27(3):204-14.
62. Nieto-Hernandez R, Rubin GJ, Cleare AJ, Weinman JA, Wessely S. Can evidence change belief? Reported mobile phone sensitivity following individual feedback of an inability to discriminate active from sham signals. *J Psychosom Res*. 2008 Nov;65(5):453-60.
63. Miyakoshi J, Horiuchi E, Nakahara T, Sakurai T. Magnetic fields generated by an induction heating (IH) cook top do not cause genotoxicity in vitro. *Bioelectromagnetics*. 2007 Oct;28(7):529-37.
64. Fujita A, Hirota I, Kawahara Y, Omori H. Development and evaluation of intermediate frequency magnetic field exposure system for studies of in vitro biological effects. *Bioelectromagnetics*. 2007

Oct;28(7):538-45.

65. Kim SH, Song JE, Kim SR, Oh H, Gimm YM, Yoo DS, et al. Teratological studies of prenatal exposure of mice to a 20 kHz sawtooth magnetic field. *Bioelectromagnetics*. 2004 Feb;25(2):114-7.

66. Kim SH, Lee HJ, Choi SY, Gimm YM, Pack JK, Choi HD, et al. Toxicity bioassay in Sprague-Dawley rats exposed to 20 kHz triangular magnetic field for 90 days. *Bioelectromagnetics*. 2006 Feb;27(2):105-11.

67. Lee HJ, Kim SH, Choi SY, Gimm YM, Pack JK, Choi HD, et al. Long-term exposure of Sprague Dawley rats to 20 kHz triangular magnetic fields. *Int J Radiat Biol*. 2006 Apr;82(4):285-91.

68. Lee HJ, Choi SY, Jang JJ, Gimm YM, Pack JK, Choi HD, et al. Lack of promotion of mammary, lung and skin tumorigenesis by 20 kHz triangular magnetic fields. *Bioelectromagnetics*. 2007 Sep;28(6):446-53.

69. Nakasono S, Ikehata M, Dateki M, Yoshie S, Shigemitsu T and Negishi T, "Intermediate frequency magnetic fields do not have mutagenic,

co-mutagenic or gene conversion potentials in microbial genotoxicity tests", *Mutation Research*, 649, 187-200 (2008)

70. 中園聡 他. 中間周波磁界の生物影響評価 -哺乳類細胞を用いた小核試験による遺伝毒性評価-, 電力中央研究所報告、報告書番号 V06007、2007年5月

71. 中園聡 他. 中間周波磁界の生物影響評価 -マウスリンフォーマ試験による遺伝毒性評価-, 電力中央研究所報告、報告書番号 V07005、2008年5月

72. T, Yamazaki K, Kawahara Y, Haga A, Kobayashi K, Muramatsu K. A newly designed and constructed 20 kHz magnetic field exposure facility for in vivo study. *Bioelectromagnetics*. 2009 Jan;30(1):36-44.

73. 西村泉、根岸正. 中間周波磁界の生物影響評価 -発生初期から器官成長期の鶏胚による 60 kHz 磁界の発生毒性評価-, 電力中央研究所報告、報告書番号 V08002、2008年7月

74. 西村泉、根岸正. 中間周波磁界の生物影響評価 -ラットを用いた 20 kHz および 60 kHz 磁界の急性毒性評価-, 電力中央研究所報告、報告書番号 V08003、2008年7月

文献調査 2 の参考文献

1. Bas O, Odaci E, Kaplan S, Acer N, Ucok K, Colakoglu S. 900 MHz electromagnetic field exposure affects qualitative and quantitative features of hippocampal pyramidal cells in the adult female rat. *Brain Res.* 2009 Feb 20.
2. Odaci E, Bas O, Kaplan S. Effects of prenatal exposure to a 900 MHz electromagnetic field on the dentate gyrus of rats: a stereological and histopathological study. *Brain Res.* 2008 Oct 31;1238:224-9.
3. Ammari M, Lecomte A, Sakly M, Abdelmelek H, de-Seze R. Exposure to GSM 900 MHz electromagnetic fields affects cerebral cytochrome c oxidase activity. *Toxicology.* 2008 Aug 19;250(1):70-4.
4. Ahmed Z, Wieraszko A. The mechanism of magnetic field-induced increase of excitability in hippocampal neurons. *Brain Res.* 2008 Jul 24;1221:30-40. Epub 2008 May 15.
5. St-Pierre LS, Mazzuchin A, Persinger MA. Altered blood chemistry and hippocampal histomorphology in adult rats following prenatal exposure to physiologically-patterned, weak (50-500 nanoTesla range) magnetic fields. *Int J Radiat Biol.* 2008 Apr;84(4):325-35.
6. Wang X, Liu Y, Lei Y, Zhou D, Fu Y, Che Y, Xu R, Yu H, Hu X, Ma Y. Extremely low-frequency electromagnetic field exposure during chronic morphine treatment strengthens downregulation of dopamine D2 receptors in rat dorsal hippocampus after morphine withdrawal. *Neurosci Lett.* 2008 Mar 15;433(3):178-82.
7. Jadidi M, Firoozabadi SM, Rashidy-Pour A, Sajadi AA, Sadeghi H, Taherian AA. Acute exposure to a 50 Hz magnetic field impairs consolidation of spatial memory in rats. *Neurobiol Learn Mem.* 2007 Nov;88(4):387-92.
8. Brillaud E, Piotrowski A, de Seze R. Effect of an acute 900MHz GSM exposure on glia in the rat brain: a time-dependent study. *Toxicology.* 2007 Aug 16;238(1):23-33.
9. Deans JK, Powell AD, Jefferys JG. Sensitivity of coherent oscillations in rat hippocampus to AC electric fields. *J Physiol.* 2007 Sep 1;583(Pt 2):555-65.
10. Li MQ, Wang YY, Zhang GB, Yu ZP. Effects of electromagnetic irradiation on glucocorticoid in serum and its receptor expression in rat hippocampus *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi.* 2007 Apr;25(4):215-9.
11. Manikonda PK, Rajendra P, Devendranath D, Gunasekaran B, Channakeshava, Aradhya RS, Sashidhar RB, Subramanyam C. Influence of extremely low frequency magnetic fields on Ca²⁺ signaling and NMDA receptor functions in

rat hippocampus. *Neurosci Lett.* 2007 Feb 14;413(2):145-9.

12. Platano D, Mesirca P, Paffi A, Pellegrino M, Liberti M, Apollonio F, Bersani F, Aicardi G. Acute exposure to low-level CW and GSM-modulated 900 MHz radiofrequency does not affect Ba²⁺ currents through voltage-gated calcium channels in rat cortical neurons. *Bioelectromagnetics.* 2007 Dec;28(8):599-607.

13. Inomata-Terada S, Okabe S, Arai N, Hanajima R, Terao Y, Frubayashi T, Ugawa Y. Effects of high frequency electromagnetic field (EMF) emitted by mobile phones on the human motor cortex. *Bioelectromagnetics.* 2007 Oct;28(7):553-61.

14. Joubert V, Leveque P, Cueille M, Bourthoumieu S, Yardin C. No apoptosis is induced in rat cortical neurons exposed to GSM phone fields. *Bioelectromagnetics.* 2007 Feb;28(2):115-21.

15. Vargas JP, Siegel JJ, Bingman VP. The effects of a changing ambient magnetic field on single-unit activity in the homing pigeon hippocampus. *Brain Res Bull.* 2006 Jun 30;70(2):158-64.

16. Ferreira AR, Bonatto F, de Bittencourt Pasquali MA, Polydoro M, Dal-Pizzol F, Fernández C, de Salles AA, Moreira JC. Oxidative stress effects on the central nervous system of rats after acute exposure

to ultra high frequency electromagnetic fields.

Bioelectromagnetics. 2006 Sep;27(6):487-93.

17. Goto Y, Taniura H, Yamada K, Hirai T, Sanada N, Nakamichi N, Yoneda Y. The magnetism responsive gene Ntan1 in mouse brain. *Neurochem Int.* 2006 Sep;49(4):334-41.

18. Hirai T, Taniura H, Goto Y, Ogura M, Sng JC, Yoneda Y. Stimulation of ubiquitin-proteasome pathway through the expression of amidohydrolase for N-terminal asparagine (Ntan1) in cultured rat hippocampal neurons exposed to static magnetism. *J Neurochem.* 2006 Mar;96(6):1519-30.

19. Jelenković A, Janać B, Pesić V, Jovanović DM, Vasiljević I, Prolić Z. Effects of extremely low-frequency magnetic field in the brain of rats. *Brain Res Bull.* 2006 Jan 30;68(5):355-60.

20. Aalto S, Haarala C, Brück A, Sipilä H, Hämäläinen H, Rinne JO. Mobile phone affects cerebral blood flow in humans. *J Cereb Blood Flow Metab.* 2006 Jul;26(7):885-90.

21. Prina-Mello A, Farrell E, Prendergast PJ, Campbell V, Coey JM. Influence of strong static magnetic fields on primary cortical neurons. *Bioelectromagnetics.* 2006 Jan;27(1):35-42.

22. Tsai MT, Li WJ, Tuan RS, Chang WH. Modulation of osteogenesis in human mesenchymal stem cells by specific pulsed electromagnetic field stimulation. *J Orthop Res.* 2009 Mar 9.
23. Gaetani R, Ledda M, Barile L, Chimenti I, De Carlo F, Forte E, Ionta V, Giuliani L, D'Emilia E, Frati G, Miraldi F, Pozzi D, Messina E, Grimaldi S, Giacomello A, Lisi A. Differentiation of human adult cardiac stem cells exposed to Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields. *Cardiovasc Res.* 2009 Feb 19.
24. Sun LY, Hsieh DK, Yu TC, Chiu HT, Lu SF, Luo GH, Kuo TK, Lee OK, Chiou TW. Effect of pulsed electromagnetic field on the proliferation and differentiation potential of human bone marrow mesenchymal stem cells. *Bioelectromagnetics.* 2009 Feb 9.
25. Schwartz Z, Fisher M, Lohmann CH, Simon BJ, Boyan BD. Osteoprotegerin (OPG) production by cells in the osteoblast lineage is regulated by pulsed electromagnetic fields in cultures grown on calcium phosphate substrates. *Ann Biomed Eng.* 2009 Mar;37(3):437-44.
26. Schwartz Z, Simon BJ, Duran MA, Barabino G, Chaudhri R, Boyan BD. Pulsed electromagnetic fields enhance BMP-2 dependent osteoblastic differentiation of human mesenchymal stem cells. *J Orthop Res.* 2008 Sep;26(9):1250-5.
27. Rao VS, Titushkin IA, Moros EG, Pickard WF, Thatte HS, Cho MR. Nonthermal effects of radiofrequency-field exposure on calcium dynamics in stem cell-derived neuronal cells: elucidation of calcium pathways. *Radiat Res.* 2008 Mar;169(3):319-29.
28. Walther M, Mayer F, Kafka W, Schütze N. Effects of weak, low-frequency pulsed electromagnetic fields (BEMER type) on gene expression of human mesenchymal stem cells and chondrocytes: an in vitro study. *Electromagn Biol Med.* 2007;26(3):179-90.
29. Park SH, Sim WY, Park SW, Yang SS, Choi BH, Park SR, Park K, Min BH. An electromagnetic compressive force by cell exciter stimulates chondrogenic differentiation of bone marrow-derived mesenchymal stem cells. *Tissue Eng.* 2006 Nov;12(11):3107-17.
30. Ahuja YR, Vijayalakshmi V, Polasa K. Stem cell test: a practical tool in toxicogenomics. *Toxicology.* 2007 Feb 28;231(1):1-10.
31. Schwenzer NF, Bantleon R, Maurer B, Kehlbach R, Herberts T, Claussen CD, Rodegerdts E. In vitro evaluation of magnetic resonance imaging at 3.0 tesla on clonogenic ability, proliferation, and cell cycle in human embryonic lung fibroblasts. *Invest Radiol.* 2007 Apr;42(4):212-7.

32. Panagopoulos DJ, Chavdoula ED, Nezis IP, Margaritis LH Cell death induced by GSM 900-MHz and DCS 1800-MHz mobile telephony radiation. *Mutat Res.* 2007 Jan 10;626(1-2):69-78.
33. Ruediger HW Genotoxic effects of radiofrequency electromagnetic fields. *Pathophysiology.* 2009 Mar 12.
34. Phillips JL, Singh NP, Lai H. Electromagnetic fields and DNA damage. *Pathophysiology.* 2009 Mar 3.
35. Blank M. Protein and DNA reactions stimulated by electromagnetic fields. *Electromagn Biol Med.* 2008; 27(1):3-23.
36. Simkó M. Cell type specific redox status is responsible for diverse electromagnetic field effects. *Curr Med Chem.* 2007; 14(10):1141-52.
37. Blank M, Goodman R. A mechanism for stimulation of biosynthesis by electromagnetic fields: charge transfer in DNA and base pair separation. *J Cell Physiol.* 2008 Jan;214(1):20-6.
38. Schwenzer NF, Bantleon R, Maurer B, Kehlbach R, Schraml C, Claussen CD, Rodegerdts E. Do static or time-varying magnetic fields in magnetic resonance imaging (3.0 T) alter protein-gene expression?—A study on human embryonic lung fibroblasts. *J Magn Reson Imaging.* 2007 Nov;26(5):1210-5.
39. Qutob SS, Chauhan V, Bellier PV, Yauk CL, Douglas GR, Berndt L, Williams A, Gajda GB, Lemay E, Thansandote A, McNamee JP. Microarray gene expression profiling of a human glioblastoma cell line exposed in vitro to a 1.9 GHz pulse-modulated radiofrequency field. *Radiat Res.* 2006 Jun;165(6):636-44.
40. Wang LL, Chen GD, Lu DQ, Chiang H, Xu ZP. Global gene response to GSM 1800 MHz radiofrequency electromagnetic field in MCF-7 cells *Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi.* 2006 May;40(3):159-63.
41. Blank M. Do electromagnetic fields interact with electrons in the Na,K-ATPase? *Bioelectromagnetics.* 2005 Dec;26(8):677-83.

42. Simkó M, Mattsson MO. Extremely low frequency electromagnetic fields as effectors of cellular responses in vitro: possible immune cell activation. *J Cell Biochem.* 2004 Sep 1;93(1):83-92.

43. Blank M, Goodman R. Initial interactions in electromagnetic field-induced biosynthesis. *J Cell Physiol.* 2004 Jun;199(3):359-63.

細胞レベルの実験文献

1. Kheifets L, Repacholi M, Saunders R, van Deventer E. The sensitivity of children to electromagnetic fields. *Pediatrics.* 2005 Aug;116(2): 303-13.

2. Christensen HC, Schüz J, Kosteljanetz M, Poulsen HS, Thomsen J, Johansen C.. Cellular Telephone Use and Risk of Acoustic Neuroma. *Am. J. Epidemiol.* 2004 159: 277-283.

3. Kundi M. Mobile phone use and risk of glioma in adults: conclusions are questionable. *BMJ.* 2006 Apr 29; 332 (7548):1035-6.

4. Maier M. Brains and mobile phones. *BMJ.* 2006 Apr 15;332(7546):864-5.

5. Rubin GJ, Hahn G, Everitt BS, Cleare AJ, Wessely S. Are some people sensitive to mobile phone signals? Within

participants double blind randomised provocation study. *BMJ.* 2006 Apr 15;332(7546):886-91.

6. Hepworth SJ, Schoemaker MJ, Muir KR, Swerdlow AJ, van Tongeren MJ, McKinney PA. Mobile phone use and risk of glioma in adults: case-control study. *BMJ.* 2006 Apr 15;332(7546):883-7. Epub 2006 Jan 20.

7. WHO. Extremely Low Frequency Fields. Geneva, Switzerland: World Health Organization 2007.

8. Kim YW, Kim HS, Lee JS, Kim YJ, Lee SK, Seo JN, Jung KC, Kim N, Gimm YM. Effects of 60 Hz 14 microT magnetic field on the apoptosis of testicular germ cell in mice. *Bioelectromagnetics.* 2009 Jan;30(1):66-72.

9. Gottwald E, Sontag W, Lahni B,

Weibezahn KF. Expression of HSP72 after ELF-EMF exposure in three cell lines. *Bioelectromagnetics*. 2007 28(7):509-18.

10. Jian W, Wei Z, Zhiqiang C, Zheng F. X-ray-induced apoptosis of BEL-7402 cell line enhanced by extremely low frequency electromagnetic field in vitro. *Bioelectromagnetics*. 2009 30(2):163-5.

11. Bernard N, Alberdi AJ, Tanguy ML, Brugere H, Helissey P, Hubert C, Gendrey N, Guillosson JJ, Nafziger J. Assessing the potential leukemogenic effects of 50 Hz magnetic fields and their harmonics using an animal leukemia model. *J Radiat Res (Tokyo)*. 2008 Nov;49(6):565-77. Epub 2008 Oct 4.

動物レベルの実験文献

- (1) Wilson et al. Neuroendocrine mediated effects of electromagnetic field exposure; possible role of the pineal gland. *Life Sci*. 45; 1319-1332, 1989
- (2) Reiter R. J. Melatonin suppression by static and extremely low frequency electromagnetic fields: relationship to thereported increase d incidence of cancer. *Rev Env Health*, 10; 171-186, 1994
- (3) Kroeker G. et al. Neurochemical effects of static magnetic field exposure. *Surg Neurol*, 45; 62-66, 1996
- (4) De Bruyon et al. The influence of long term exposure of mice to randomly varied power frequency magnetic fields

on their nocturnal melatonin secretion patterns. *Env Res Sec A*, 85; 115-121, 2001

- (5) Federowitz M. et al. Magnetic field exposure increases cell proliferation but does not affect melatonin levels in the mammary gland of female Sprague Dawley rats. *Cancer Res*. 62;1356-1363, 2002
- (6) Fujinoki, M. Melatonin-enhanced hyperactivation of hamster sperm. *Reprod*, 136; 533-541, 2008
- (7) Mukai C and Okuno, M. Glycolysis Plays a Major Role for Adenosine Triphosphate Supplementation in Mouse Sperm Flagellar Movement. *Biol Reprod*, 71; 540-547, 2004

F. 健康危険情報 なし

会議で発表

G. 研究発表 平成21年1月6日班

H. 知的財産権 なし

中間周波電磁界の健康影響・生体影響に関する文献調査

分担研究者 牛山 明

国立保健医療科学院生活環境部快適性評価室長

研究要旨

電磁界（電磁波）の発生源は多種多様であり、発生する電磁界の物理的特徴も異なる。WHO は 2007 年に低周波電磁界の環境保健クライテリア（Environmental Health Criteria: EHC）を発刊し、低周波電磁界の健康影響に対する現時点での見解を明らかにしている。また、今後、携帯電話で利用している高周波電磁界についても 2010 年を目処に EHC の発刊が予定されている。これらの状況を鑑み、引き続き最新の情報を収集整理していくことは重要である。そのため本分担研究では、2006 年以降に発表された査読付き論文をその研究に用いた電磁界の周波数を限定せずに網羅的に文献の収集をおこなった。集めた文献を、疫学的研究、ヒトを対象にした実験研究に分類し、その研究動向に関してレビューをおこなった。その結果「影響あり」と結論している文献でも、実際は統計的な有意差を確認できない場合や、電磁界の被ばく露の推定方法や分類に疑問のあるものが多く、信頼性に乏しいものが多かった。以上より、現時点では居住（生活）空間の電磁界強度が健康リスクを発生するという明確な根拠はみられないと考えられる。また、本研究では、中間周波電磁界の研究動向について細胞実験、動物実験に関して調査するとともに、ヒトが調理器に触った際に流れる接触電流の生体影響についても検討をおこなった。

A. 研究目的

公衆衛生の充実や医療の進歩、あるいは様々な環境汚染物質の規制によって我が国の国民の平均余命は特筆すべき伸びを見せてきた。このような衛生面での進歩による健康指標の改善は、先進国のみならず、多くの国々でみられている現象でもあり、これは社会からの健康リスクの低減が少なからず寄与していると考えられる。

しかしながら、一方でテクノロジーの進歩によってあらたなリスクの問題が起こっており、それがもたらす懸念されるリスクがあるとすれば、公正かつ妥当な方法でそのリス

クを評価し必要に応じてマネージメントを行っていくことが必要である。

1990 年代以降、我が国において、高圧送電線からの低周波電磁界の健康影響の問題が話題となり、それは現在携帯電話を中心とする高周波電磁界の健康影響にも関心が及んでいる。このように電磁界の健康影響に対する国民の関心は高く、WHO においても国際電磁界プロジェクトが進行している。同プロジェクトでは 2007 年 6 月に低周波電磁界へのばく露による健康リスクを中心とする環境保健クライテリア 238（EHC238）⁽¹⁾ を発刊した。この EHC238 において、評価の対象に

なった文献の多くは、商用周波（50 または 60Hz）磁界に関する研究である。この EHC では、工学、医学、生物学、心理学など多くの学問分野にまたがる文献を総括的に評価している。携帯電話を中心とする高周波に関しては、環境保健クライテリアの発刊に向けての作業が進んでいる。本稿においては、周波数を特定せずに EHC238 の発刊以降新たに報告された文献を網羅的に収集し、その研究動向を検討するとともに、将来的にメタアナリシスが可能か否か、各論文の質を検討することとした。本年度は、疫学・ヒトを対象とした実験研究に関する論文をまとめた。

また、近年では、IH 調理器の普及により、いわゆる中間周波電磁界からのばく露の影響も話題になることから、中間周波電磁界（特に IH 調理器から発せられる 20kHz 前後の周波数）の影響については最近の細胞実験ならびに動物実験の報告をまとめた。さらに、IH 調理器にヒトが触った際に発生する接触電流についても、その生体への影響という視点からまとめた。

B. 研究方法

○低周波および高周波電磁界に関する文献のレビュー

PubMed データベースから、**【electromagnetic* or ELF or RF】 & 【epidemiology or provocation】 & 【2006-2008（発行年）】**という条件で合致した文献を抽出した。

各論文のタイトル、ならびに利用可能なアブストラクトから、生体影響または健康影響に直接関係している一次文献を抽出し、内容に関して精査をおこなった。

○中間周波電磁界による文献のレビュー

PubMed データベースあるいは、CiNii データベースより、関連する文献を抽出した。

C. 研究結果および考察

○低周波ならびに高周波領域の疫学・ヒト実験に関する文献調査

検索の結果、ヒットした論文数は 138 論文であった。それらをスクリーニングすると以下の通りとなった。①超低周波領域の研究 38 論文、②高周波（RF）領域の研究 29 論文、③レビュー 18 論文、④メタ解析・プール解析 5 論文、⑤その他（コメント、関係なし、他の周波数など） 48 論文

本研究では、①と②を対象に解析を進めた。まず、各文献を研究タイプ別にまとめた（表 1 および表 2）。これによると、ELF 領域では、ケースコントロール研究が多く、追って後ろ向きコホート研究、ボランティア研究と続いた。一方、RF 領域に関しては、ボランティア研究が最も多く、ついでケースコントロール研究であった。なおケースコントロール研究計 9 報のうち、8 報はインターフォン研究に關係する論文であった。

また、対象論文を周波数・あるいはばく露発生源別に分けてみると、ELF 領域の文献については、ほとんど（35 論文）がいわゆる商用周波（50Hz、60Hz）を対象とした研究であった。またスイスの研究者の論文で、鉄道周波（16.7Hz）の磁界に関する論文が 3 報あった。一方、RF 領域の文献を周波数別に見ると、表 3 のようになり、携帯電話の端末を対象とした研究が一番多かったが、発生源に関しては多岐にわたっていた。

表には示さないが、研究の国別に見ると ELF 領域ではアメリカの研究が非常に多い（14 論文）のに対して、RF 領域では、ドイツ、ノルウェーからの報告（各 5 論文）が多く、次いで日本、スウェーデンが各 3 論文となっており、アメリカからの報告がみられないことが特徴的であった。

各論文で指標としている項目について表 4、

表5にまとめた。文献で観察している指標別に見た場合は、ELF 領域では、小児白血病が多かったのに対して、RF 領域では、神経膠腫、髄膜腫、聴神経腫が多いことが特徴的であった。これらが RF 領域で多いのは、インターフォン研究によるものであり、これらの研究は一定のプロトコールで行われているため信頼性は高いと考えられた。

表6～表9に今回レビューした論文の要旨をまとめた。表6は低周波領域、表7は高周波領域で論文の筆者が「影響あり」と述べている論文をまとめ、備考欄にはレビューの結果のコメントを付した。コメントに述べたとおり、多くの研究は研究デザインの不備あるいは例数が少ないなど信頼性が低い物であると考えられた。

また表8、表9はそれぞれ、低周波、高周波領域で「影響なし」あるいは健康リスクの記載のない（測定のみを含む）論文を一覧にした。

表1 ELF 領域研究論文の研究デザイン別論文数

ケースコントロール	15
後向きコホート	10
ボランティア研究	4
断面研究	3
ケースオンリー研究	2
前向きコホート	1
その他（実測など）	1

表2 RF 領域研究論文の研究デザイン別論文数

ボランティア研究	10
ケースコントロール	9
（うち インターフォン研究 8）	
断面研究	7
コホート研究	1
その他（実測など）	1

表3 RF 領域研究論文の中の電磁界発生源別による論文数

携帯電話端末	16
携帯電話基地局	4
テレビ・ラジオ塔電波	3
軍用設備（レーダー等）	3
W-LAN	2
職業性RF	2
コードレス電話	1

表4 ELF 領域の研究論文の評価指標と論文数

小児白血病	10
乳がん	6
成人白血病・リンパ腫	5
成人脳腫瘍	3
神経疾患 痴呆 心疾患	
甲状腺がん 子宮内膜腫	
小児脳腫瘍 聴神経腫	
がん一般 視覚運動野	
脳波 EHS 愁訴	
メンタルヘルス	各1

表5 RF 領域の研究論文の評価指標と論文数

神経膠腫 髄膜腫	
聴神経腫	各5
生理指標（BP, HR, HRV）	各5
EHS 症状 Well-Being	各3
男性不妊 耳下腺がん	各2
子の性比 出産リスク	
小児白血病 聴力・耳鳴	
脳波 頭痛 感知	各1

表6 低周波 (ELF) 領域の論文で、論文筆者が影響ありとしている文献 (備考欄には、論文の限界や問題点などを記してある)

著者	研究分類	指標	RR、OR	備考
Svendsen et al. ⁽²⁾	Cohort	小児白血病診 断後の生存	ベットルームの磁界が高いほど生存 に影響を与える	参加率が6割 調査の限界が多く、難しい
Foliart et al. ⁽³⁾	Case-Control	小児白血病の 生存	環境中MF >0.3uT	1.9(0.8-4.9) 症例19名中の4例の死亡にての計算 誤差が大きい。
Feizi et al. ⁽⁴⁾	Case-Control	小児白血病	磁界>0.45uT	3.6(1.11-12.39) 送電線近傍居住者(対遠隔地) 症例数少ない(60例のみ) 磁界は計算値を使用
Mejia-Arangure et al. ⁽⁵⁾	Case-Control	小児白血病	寝室内で>0.6uT	3.7(1.05-13) ダウン症の子どもに限定(対照群も) 実測しているが、例数がケースで42例と少ない 信頼区間が大きい。
Pearce et al. ⁽⁶⁾	Case-Control	小児白血病	父がEMFが放射線を受ける仕事 1.31(1.01-1.69) 6歳以下男児限定	1.81(1.19-2.75) 父親の職業の関連をみている。 職種で推定
Kabuto et al. ⁽⁷⁾	Case-Control	小児白血病	寝室の磁界 >0.4uT ALL 4.67(1.15-19.0)	例数が少ない 誤差が大きい
Kheifets et al. ⁽⁸⁾	エコロジカル	小児白血病	小児白血病の罹患率のトレンドと 磁界ばく露のトレンドが同傾向	必ずしも直接の関係を示唆していない 交絡因子を考慮せず
Roosli et al. ⁽⁹⁾	Cohort	白血病	白血病トータル 1.43(0.74-2.77) MLL 4.74(1.04-21.6) Hodgkin disease 3.29(0.69-15.6)	列車運転手のリスク(対駅員) 誤差範囲が大きい→人数が不明 職業のみで分類
Bunin et al. ⁽¹⁰⁾	Case-Control	子の脳腫瘍	親の電気毛布の利用 2.0(0.9-4.3) その他のEMFばく露 2.5(1.4-4.6)	自己申告 バイアスの混入の可能性あり その他のばく露の具体的な記述がない
Roosli et al. ⁽¹¹⁾	Cohort	神経疾患	鉄道運転手 (vs 駅員) 認知症 1.96(0.98-3.92) アルツハイマー 3.15(0.90-11.04)	有意差なし 職業分類のみの比較で実測していない

表6 つづき

著者	研究分類	指標	RR、OR	備考
McElroy et al. ⁽¹²⁾	Case-Control	乳がん	High群で 1.16(0.90-1.50)	有意差なし
Peplonska et al. ⁽¹³⁾	Case-Control	乳がん	High群で 1.5(1.1-2.0)	職業分類のみの比較で実測していない 職種のみで比較 Jobマトリクスを利用 人数が不明
Lope et al. ⁽¹⁴⁾	Cohort	甲状腺がん		RIばく露のみで有意, ELFは無関係
Karipidis et al. ⁽¹⁵⁾	Case-Control	非ホジキンス型 リンパ腫	高ばく露群 1.48(1.02-2.16)	職業分類のみで比較
Mester et al. ⁽¹⁶⁾	Case-Control	リンパ腫	連胞性リンパ腫では電気工事者の リスクが高い 10年以上 9.3(2.7-32.4)	対象の症例数が少ない。
Abel et al. ⁽¹⁷⁾	Cohort	子宮内膜筋腫	電気毛布利用者 1.15(1.03-1.27) 20年以上利用限定 1.36(1.16-1.59)	上昇は僅か。統計上境界域である 思いつくバイアスの影響を言及
Eriksson et al. ⁽¹⁸⁾	Cross sectional	EHS症状	VDT作業者に症状が多い	比較対象が不明
Fadel et al. ⁽¹⁹⁾	Cohort	児の成長	送電線の近くの子どもは出生児体 重が低い 頭困、胸困、身長が低い 手根骨の骨化が遅れている	
Schrottner et al. ⁽²⁰⁾	ポランテニア	電流感知	電流感知能力に差がある(p <0.001)	実験条件が不明

表7 高周波 (RF) 領域の論文で、論文筆者が影響ありとしている文献 (備考欄には、論文の限界や問題点などを記してある)

著者	研究分類	指標	RR、OR	備考
Berg et al. ⁽²¹⁾	Case-Control	脳腫瘍	高ばく露の職業群 (vs 低ばく露) Glioma 1.21(0.69-2.13) Meningioma 1.34(0.64-2.81)	有意差なし 職業分類のみの比較で実測していない
Schuz et al. ⁽²²⁾	Case-Control	脳腫瘍	MP use more than 10 years Glioma 2.20(0.94-5.11) Meningioma 1.09(0.35-3.37)	10年以上に限定しない場合、増加傾向を認めない。 10年以上にした場合例数が極端に少ない。 統計的には有意ではない。
Ha et al. ⁽²³⁾	Case-Control	小児白血病	leukemia 2.15(1.00-4.67)	AMラジオ塔から2km以内に居住した場合。 ただし電界の測定値(推測値)では相関なし。 電界強度を横軸にとってトレンドをみると、 $p=0.06$ タワーからの距離を横軸にとると $p=0.10$
Mollerlokken et al. ⁽²⁴⁾	Cross sectional	男性不妊	不妊 通信業務 1.72(1.04-2.85) レーダー/ソナー業務 2.28(1.27-4.09)	ノルウェーの現役軍人への調査 職業分類のみで実測していない。 交絡要因の検討が不十分
Preece et al. ⁽²⁵⁾	Cross sectional	愁訴	偏頭痛 OR 2.7 $p<0.001$ 頭痛 OR 3.7 $p<0.001$ めまい OR 2.7 $p<0.001$	軍用アンテナのある村とない村の比較。 軍用アンテナがあっても電磁界レベルは高くない。 航空機の騒音の影響等の可能性。
Mjoen et al. ⁽²⁶⁾	Cross sectional	妊娠出産異常	早産 1.08(1.03-1.15) OTHER DEFECT 2.40(1.22-4.70)	父親の職業によって分類しているが、ばく露量は 実測していない。項目によってはリスクが減少し ているものもある。
Stankiewicz et al. ⁽²⁷⁾	ボランティア	リンパ球単球の 分裂	分裂が促進される	実験条件が不明瞭
Vangelovia et al. ⁽²⁸⁾	Cross sectional	心疾患リスク	コレステロール値、血圧値が有意 に高い	ラジオ局の職員が高い。交絡などの調整は一切し ていない。ばく露量も測定していない。