

Wirkungsweise von EMF (elektromagnetische Felder) auf biologische Systeme und daraus resultierende Krankheiten

von Univ.-Doz.Dr.Ferdinand Ruzicka

Habilitiert für „Medizinische Physik mit besonderer Berücksichtigung der Zytophysik“
(cytophysics) an der Medizinischen Universität Wien

Die physikalische Möglichkeit eines EMF (Elektromagnetisches Feld) biologische Effekte („Bioeffekte“) in lebenden Zellen oder Geweben auszulösen ist auf drei verschiedene Komponenten zurückzuführen, die **Energie**, die **Intensität** und die **Struktur** des Feldes. Falls eine dieser Eigenschaften Änderungen im zellulären System bewirkt, wird das Feld als bioeffektiv angesehen.

Die vierte Komponente, die **Expositionsdauer** oder die gesamte Exposition über einen Zeitraum, entscheidet ob die biologischen Effekte vorteilhaft, neutral oder schädigend für das biologische System sind. Es ist eine Frage der Dosis.

Studien haben gezeigt, dass kurze Expositionszeiten oder wenige Expositionen von EMF (bis zu einer halben Stunde an einigen Tagen) Zellen stimulieren. Es wurde z.B. in hunderten Doppelblindstudien (Peer reviewed) gezeigt, dass gepulste EMF das Knochenzellwachstum fördern und dies bei Knochenbrüchen eingesetzt werden kann die nicht heilen wollen.

Auf der anderen Seite kann eine Langzeitexposition oder eine sich wiederholende Exposition (was hauptsächlich bei der Benutzung elektrischer Geräte und Handys der Fall ist) das Umschlagen eines vorteilhaften biologischen Effektes, über einen neutralen in einen schädlichen biologischen Effekt bewirken.

Daher ist der Schlüssel dazu ob eine der drei Komponenten: Energie, Intensität und Struktur biologische Effekte auslöst oder nicht, die Expositionsdauer. Sie ist also der entscheidende Faktor ob ein Effekt schädlich ist oder nicht.

1. **Energie:** Das ist jene Komponente eines EMF, die als biologischen Effekt eine direkte Zellschädigung auslösen kann.
Besitzt ein EMF eine hohe Energie (Frequenz ist größer als 750 THz, energiereiche Photonen fähig Elektronen aus ihren Bahnen zu werfen) verursacht es biologische Effekte durch Aufbrechen chemischer Bindungen und Zellzerstörung. Ein solches Feld wird als ionisierend bezeichnet. Unterhalb des sichtbaren Lichtes tragen die EMF eine geringere Photonenanzahl und besitzen nicht genügend Energie zu biologischen Schäden. Diese Felder nennt man nicht-ionisierend.
2. **Intensität:** Das ist jene Komponente eines EMF, die als biologischen Effekt eine thermische Zerstörung bewirken kann. EMF die eine hohe Intensität besitzen (Anzahl der Wellen die die Flächeneinheit pro Sekunde durchdringen) über 10 Watt/kg SAR (Spezifische Absorptionsrate) erwärmen und zerstören letztlich die Zellen direkt durch den Temperaturanstieg. EMF mit einer Frequenz von mehr als 1 MHz bewirken vor allem Wärmebildung durch die Bewegung von Ionen und Wassermolekülen verursacht durch die Kraftwirkung hauptsächlich der elektrischen Komponente des externen EMF auf die in den Atomen gebundenen Elektronen. Das ist der Fall beim Mikrowellenofen beim Kochen von Speisen. Jene EMF die eine Intensität unter 10 Watt/kg SAR besitzen und nicht in der Lage sind ein Gewebe zu erhitzen nennt man athermisch.

3. **Struktur (Information – deshalb kann EMF zur Kommunikation benutzt werden!):** Das ist jene Komponente des EMF, die alle anderen biologischen Effekte auslösen kann, außer der direkten Schädigung durch die Energie und die Erhitzung durch die Intensität. EMF die mit einer konstanten Frequenz, Amplitude und Wellenform strukturiert sind (EMF mit konstanten Charakteristika) können biologische Effekte bewirken auch wenn die Intensität geringer als 10 Watt/ kg SAR beträgt und auch dann wenn die Intensität nicht ausreicht um einen Temperaturanstieg von weniger als 10^{-6} ° C im exponierten Gewebe zu bewirken. Diese **athermischen** Felder werden durch ihre Struktur biologisch aktiv und nicht durch einen Temperaturanstieg im Gewebe. Es ist bekannt, dass erst ab einer Erwärmung von 5,5° C die Produktion von Hitzeschockproteinen in Zellen einsetzt. Die notwendige Energie dazu beträgt etwa 23 000 000 J/m³. Ein ELF-Feld von bloß 8mG ist die Schwelle, um bei einem ELF-EMF dieselbe Antwort an Hitzeschockproteinen auszulösen wie bei Erwärmung um 5,5° C. Die dafür notwendige Energie liegt aber bei 0, 000 000 26 J/m³, ein Faktor der 10^{-14} niedriger liegt als die Schwelle bei Erwärmung wie **Lin et al.** 1997 gezeigt haben.

Natürliche EMF

Das Gehirn und Nervensystem besitzen eine ständige Aktivität schwacher elektrischer Ströme, die mit einem Elektroenzephalogramm (EEG) aufgezeichnet werden. Das Magnetenzephalogramm (MEG) misst die im Kopf und Körper der Testperson erzeugten Magnetfelder - und nicht die elektrischen Potenziale. Ein Magnetenzephalograph registriert jene Magnetfelder, die durch die Bewegung elektrischer Ladungen bei der Erregung von Nervenzellen entstehen. Diese Magnetfelder sind extrem schwach - das Erdmagnetfeld beispielsweise ist eine Million mal stärker. Nur hochempfindliche elektronische Detektoren, so genannte SQUIDS (für supra conducting quantum interference device) können die Signale aufspüren. Derlei Sensitivität macht anfällig für Störungen. Den Herzschlag bewirkt ein elektrischer Impuls der mit dem Elektrokardiogramm (EKG) aufgezeichnet wird. Die DNS-Replikation und Zellteilung wird ebenfalls von einem elektrischen Impuls ausgelöst. Es gibt eine ultraschwache Photonenemission (ultraschwache EMF, die sogenannten „Biophotonen“) aus biologischen Systemen, die für die intra-und interzelluläre Kommunikation verantwortlich sind, sie sind kohärente EMF.

Wirkmodell

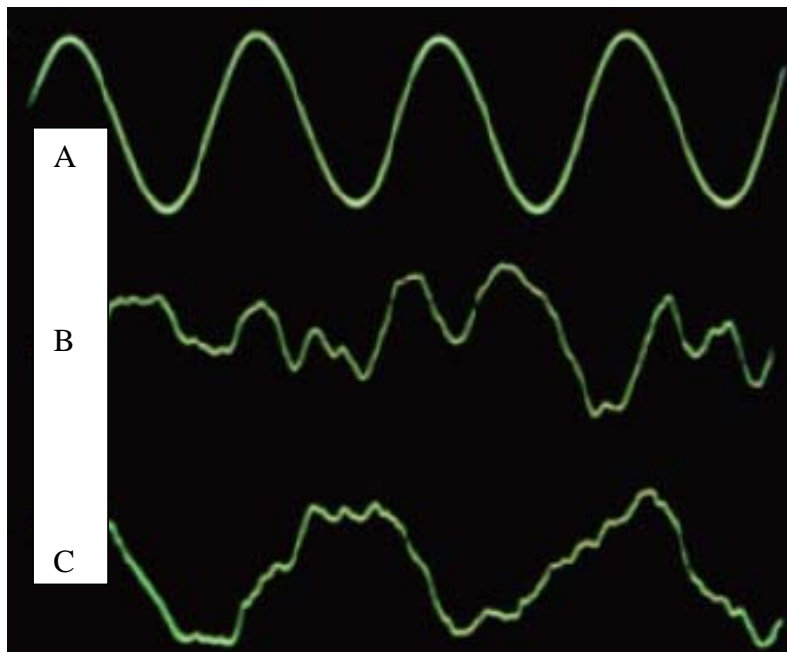
Nicht-ionisierende, athermische EMF's sind wegen ihrer zu geringen Energie und Intensität nicht in der Lage ein Zellsystem direkt zu schädigen. Entsprechend den physikalischen und biologischen Gesetzen muss dazu die Struktur des EMF zeitlich und räumlich kohärent sein und wie weitere Studien gezeigt haben, ist eine Mindestexpositionszeit der konstanten EMF's von einer Sekunde notwendig, um eine feststellbare Antwort des Zellkernes zu erhalten. **Litovitz et al.**, 1993, haben nämlich gefunden, dass die Kohärenzzeit größer als eine Sekunde sein muss um eine feststellbare ODC – Aktivitätssteigerung bei L929 Fibroblasten zu erhalten und mehr als 10 Sekunden betragen muss um die maximale Steigerung von etwa einer Verdoppelung der ODC – Aktivität zu erhalten. Die Kohärenz erlaubt es Zellen zwischen externen Feldern und thermischen Störfeldern zu unterscheiden, sogar wenn die exogenen Felder Größenordnungen schwächer als endogene thermische Störfelder sind. Die Chemotaxis bei Bakterien ist ein bekanntes Beispiel für zeitliches und räumliches Empfinden von Zellen.

Das wurde in einer Reihe von wissenschaftlichen Arbeiten gezeigt wie etwa **Litovitz TA, Krause D, Mullins JM.: Effect of coherence time of the applied magnetic field on ornithine decarboxylase activity.** Biochem Biophys Res Commun. 1991 Aug 15;178(3):862-5.

Eine weitere wichtige Publikation die beweist, dass ein nicht-ionisierendes, athermisches, kohärentes EMF biologische Effekte bewirkt, stammt von **Lin H, Opler M, Head M, Blank M, Goodman R.:** **Electromagnetic field exposure induces rapid, transitory heat shock factor activation in human cells .** J Cell Biochem. 1997 Sep 15;66(4):482-8.

Es konnte in weiteren Studien gefunden werden, dass diese Effekte in allen EMF - Frequenzbereichen bis in den Terahertz-Bereich (Infrarot / sichtbares Licht) auftreten. Durch ELF – EMF induzierte Bioeffekte sind identisch zu Bioeffekten die von Mikrowellen ausgelöst werden!

Ist ein ELF/RF - EMF zeitlich inkohärent (stochastisch) dann ist es nicht bioeffektiv; nur ein zeitlich und räumlich kohärentes (konstantes) ELF/RF - EMF ist in der Lage biologische Effekte in Zellen auszulösen. Es kommt auch bei Superposition eines zeitlich und räumlich kohärenten ELF/RF - EMF, mit einem zeitlich inkohärenten aber räumlich kohärenten ELF – EMF zu keinen Bioeffekten.



- A = Wellenform eines 50 Hz konstanten Magnetfeldes **bewirkt Bioeffekte!;**
- B = Wellenform eines stochastischen Magnetfeldes **bewirkt keine Bioeffekte;**
- C = Wellenform nach Superposition der Felder A und B **bewirkt keine Bioeffekte.**



A = konstante 216,7 Hz bei einem eingeschalteten Handy **bewirkt Bioeffekte !**

B = Handysignal nach Superposition mit einem stochastischen EMF, die Frequenzen liegen zwischen 30–100 Hz **bewirkt keine Bioeffekte!**

Das wurde bis 2006 in zahlreichen wissenschaftlichen Publikationen nachgewiesen, u.a.: **Litovitz, T.A., Montrose, C.J., Doinov, P., Brown, K.M., and Barber, M., “Superimposing spatially coherent electromagnetic noise inhibits field-induced abnormalities in developing chick embryos.” Bioelectromagnetics 15: 105-113 (1994).**

[J.M. Farrell, M. Barber, D. Krause, T.A. Litovitz: “The superposition of a temporally incoherent magnetic field inhibits 60 Hz-induced changes in the ODC activity of developing chick embryos”](#)

Diese Untersuchungen wurden an folgenden Universitäten wiederholt und bestätigten diesen Wirkmechanismus von EMF auf Zellen und Organismen: **R. Goodman et al.**, Columbia University, New York, USA ; **H.Lai et al.**, University of Washington, USA; **A.H. Martin et al.**, University of Western Ontario, Canada; **S.Kwee et al.**, University of Aarhus, Dänemark; **P.Raskmark et al.**, University of Aalborg, Dänemark; **H.Chang et al.**, Zhejiang University, China.

In einer Reihe von Arbeiten wurde gezeigt, dass ein nicht ionisierendes, athermisches EMF-Feld das kohärent ist, fähig ist ein Signal in Zellen von Tieren und Menschen zu übertragen. Dieses Signal ist eine Warnung an das zelluläre System über eine EMF Exposition, gerade wie es bei einer realen Bedrohung etwa einer Zerstörung durch ionisierende Strahlung, Röntgenstrahlen, Überhitzung, toxische Chemikalien, bakterielle Angriffe, etc. stattfindet. Ungeachtet der Tatsache, dass dem athermischen EMF Feld die Energie und Intensität fehlt das Zellsystem direkt zu schädigen, wird durch dieses Signal eine Antwort auf der

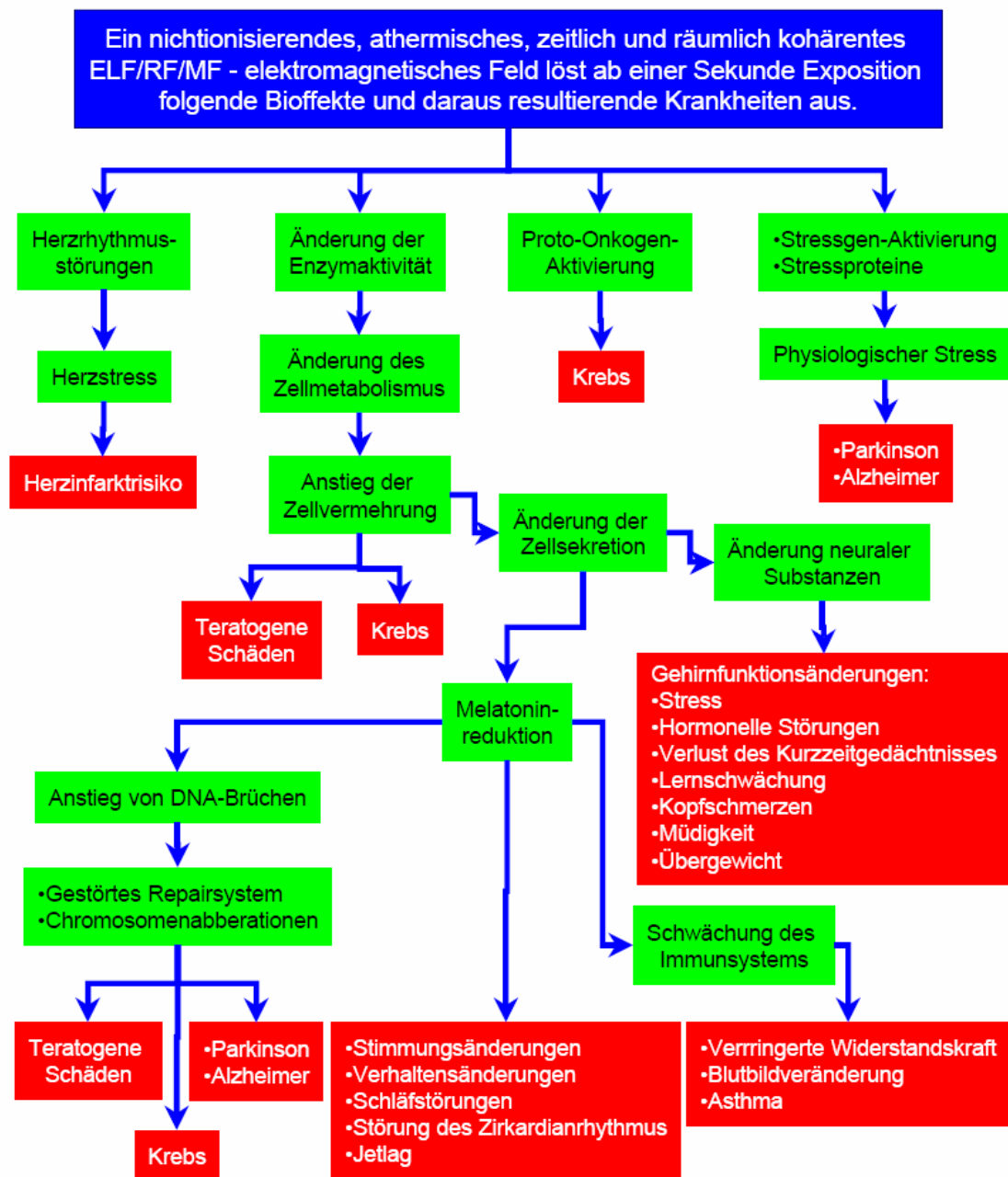
biologischen Ebene ausgelöst, welche in unerwünschter Weise das zelluläre Abwehrsystem erschöpft und es für reale Angriffe verwundbar macht.

Litovitz et al. haben 1993 gezeigt, dass eine Bedingung zur Auslösung einer Zellantwort die Mindestdauer der Konstanz des EMF Feldes von einer Sekunde ist, da das Zellsystem bei Menschen und Tieren diese Zeit benötigt um auf die Exposition zu antworten.. Wo die Konstanz des EMF Feldes eine Sekunde überschreitet, ist das EMF Signal in der Lage über eine Clusterbildung von Zellmembran - Rezeptoren (**Sun et al.** 2003) das Signal an Zellen zu übertragen und eine Kaskade von Ereignissen im zellulären biologischen System zu aktivieren. Für diese Abfolge von Ereignissen wurden in wenigstens 50 Studien Beweise geliefert. Diese Studien wurden in einer Publikation von **Professor W.R.Adey**, 1996 zusammengestellt: "A growing scientific consensus on the cell and molecular biology mediating interactions with environmental electromagnetic fields". Eine Reihe von Forschungsergebnissen in verschiedenen wissenschaftlichen Arbeiten publiziert, stützen die Feststellung, dass EMF Felder Zellmembranrezeptoren veranlassen Botenenzyme wie Tyrosinkinase zu aktivieren. Die wichtigsten sind die drei Studien von **Loscher et al.** 1998, **Harvey et al.** 1999 und **Dibirdik et al.** 1998.

In weiteren Studien wurde gezeigt, dass die reagierenden Rezeptoren das Signal mittels Botenenzymen an den Zellkern übertragen, der danach in Selbstverteidigung eine Vielzahl biologischer Effekte im Zellstoffwechsel aktiviert. Diese schließen eine Änderung der Aktivitäten von Genen, Hormonen, Enzymen und Proteinen ein, die alle die Zelle in eine Stresssituation führen, um sie gegen Umgebungseinflüsse zu schützen. Studien die das bestätigen sind von: **Lin et al.** 1995, 1997, **Goodman et al.** 1998 und **Trosko et al.** 2000. Dieser Notfallmechanismus ist für den Fall einer kurzen Exposition gut und schützend. Gibt es aber eine chronische Exposition, was im allgemeinen bei EMF der Fall ist, kommt es zu einer dauerhaften Alarmsituation. Das führt zu einer Erschöpfung des zellulären Repairsystems, eine Situation die am Ende die Produktion einiger der wichtigsten Repairenzyme und Stressproteine unterdrückt. Dieses Defizit des zellulären Repairsystems ist ein ernster Zustand. Die Zellen brauchen ständig eine effiziente Reparatur ihrer verschiedenen Biomoleküle (unter ihnen das DNA-Molekül) gegen den ständigen Angriff und die Zerstörung (Entfaltung) durch freie Radikale und andere reaktive Moleküle. Sind die Repairenzyme unter Stress und unfähig eine Reparatur (Faltung) durchzuführen wird der ultimative Mechanismus in Gang gesetzt, Stressproteine werden aktiviert um die Enzymfunktionen wieder herzustellen. Ist aber die Stressproteinproduktion durch die wiederholte Exposition durch ein EMF Feld zu stark erschöpft wird dieser Prozess nicht aktiviert und die Moleküle bleiben unrepariert. Im Fall unreparierter DNA-Moleküle kann das fehlerhafte Molekül entweder absterben oder sich in ein abnormales Molekül umwandeln, mit aberranten Chromosomen und sogenannten Mikronuklei. Das kann in beiden Fällen zu einer Krankheit wie Krebs, Alzheimer oder Parkinson führen. Falls diese Schäden z. B. im Gehirn passieren, kann es in Regionen wo sich Zellen vermehren zu Krebs kommen, in Arealen wo sich Zellen nicht vermehren ist Alzheimer eine mögliche Folge.

Verschiedene Arbeiten, besonders zwei von der Katholischen Universität von Amerika zeigten dies als Folge wiederholter EMF Exposition: **Di Carlo et al.** Myocardial protections conferred by electromagnetic fields. *Bioelectromagnetic Circulations* 99: 813-816, 1999 und **Di Carlo et al.** Electromagnetic fields-induced protection of chick embryos against hypoxia exhibits characteristics of temporal sensing. *Bioelectrochemistry*, 52(1): 17-20, 2000.

Bioeffekte von Elektromog und daraus resultierende Krankheiten



Zwei wichtige Effekte konnten in das Flussdiagramm noch nicht aufgenommen werden, die Öffnung der Blut-Hirn-Schranke und die Unfruchtbarkeit, da hier die molekularbiologischen Zusammenhänge meines Wissens noch nicht geklärt sind. **Eine der wichtigsten Auswirkungen ergibt sich aber aus den Forschungsergebnissen der Epigenetik, d.h. Schädigungen wie z.B. Stress, Alzheimer, Krebs können sich auch auf die folgenden Generationen vererben.**

Literatur

- "A Review of the Potential Health Risks of Radiofrequency Fields from Wireless Communication Devices", An Expert Panel Report prepared for the Royal Society of Canada for Health Canada, March 1999, ISBN 9200064-68-X.
- Adey, W.R., "A growing scientific consensus on the cell and molecular biology mediating interactions with environmental electromagnetic fields", *Biological Effects of Magnetic and Electromagnetic Fields*, Ed. S. Ueno, Plenum Press, New York, 1996.
- Ahuja et al., "Comet assay to evaluate DNA damage caused by magnetic fields", *Proceedings International Conference on Electromagnetic Interference & Compatibility* (December 1997), Hyderabad, India.
- Albertini, A., Zucchini, P., Noera, G., Cadossi, R., Napoleone, C.P., Pierangelli, A., "Protective effect of low frequency low energy pulsing electromagnetic fields on acute experimental myocardial infarcts in rats", *Bioelectromagnetics* 20: 372-377 (1999).
- Burch, J.B., Reif, J.S., Yost, M.G., Keefe, T.J., and Pitrat, C.A., "Nocturnal excretion of a urinary melatonin metabolite among electric utility workers." *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 24: 183-189 (1998).
- Carlo, G., and Schramm, M., "CELL PHONES – Invisible Hazards in the Wireless Age", Carroll & Graf Publishers, Inc., New York, ISBN 0-7867-0812-2.
- Chow, K., and Tung, W.L., "Magnetic field exposure enhances DNA repair through the induction of DnaK/J synthesis", *FEBS Letters* 478 (2000) 133-136.
- Chow, K., and Tung, W.L., "Magnetic field exposure stimulates transposition through the induction of DnaK/J synthesis", *Biochemical and Biophysical Research Communications* 270: 745-748 (2000).
- Chow, K., and Tung, W.L., "Magnetic field exposure induces DNA degradation", *Biochemical and Biophysical Research Communications* 270: 1385-1388 (2001).
- Daniells, C., Duce, I., Thomas, D., Sewell, P., Tattersall, J., de Pomerai, D., "Transgenic nematodes as biomonitors of microwave-induced stress", *Mutation Research* 399: 55-64 (1998).
- Dibirdik, I., Kristupaitis, D., Kurosaki, T., Tuel-Ahlgren, L., Chu, A., Pond, D., Tuong, D., Luben, R., Uckun, F.M., "Stimulation of src family protein-tyrosine kinases as a proximal and mandatory step for syk kinase-dependent phospholipase C γ 2 activation in lymphoma B cells exposed to low energy electromagnetic fields", *The Journal of Biological Chemistry* 273 (7): 4035- 4039 (1998).
- Di Carlo, A.L., Litovitz, T.A., "Myocardial protections conferred by electromagnetic fields." *Bioelectromagnetics Circulation* 99: 813-816, (1999).
- Di Carlo A L & T A Litovitz: Is Genetics the Unrecognized Confounding Factor in Bioelectromagnetics? Flock Field-Induced Anoxia Protection in Chick Embryos. *Bioelectrochem. and Bioenergetics* 48, 209-215, (1999)
- Di Carlo A L et al.: Thresholds for Electromagnetic Field-Induced Hypoxia Protection: Evidence for a Primary Electric Field Effect. *Bioelectrochem.* 52, 9-16, (2000)
- Di Carlo, A. L. et al.: Electromagnetic Field-Induced Protection of Chick Embryos Against Hypoxia Exhibits Characteristics of Temporal Sensing. *Bioelectrochem.* 52, 17-21, (2000)
- Di Carlo, A, L, et al. : Chronic Electromagnetic Field Exposure Decreases HSP70 Levels and Lowers Cytoprotection, *J.Cellul.Biochem.* 84, 447-454, (2002)
- Di Carlo, A. L. et al.: Short-Term Magnetic Field Exposures(60Hz) Induce Protection Against Ultraviolet Damage. *Int J Radiat Biol.* 75, 1541-1549, 1999
- Di Carlo, A. L. et al.: A Simple Experiment to Study Electromagnetic Field Effects: Protection Induced by Short-Term Exposures to 60Hz Magnetic Fields. *Bioelectromagnetics* 19, 498-500, 1998
- Farrell, J.M., Barber, M., Krause, D., and Litovitz, T.A., "The superposition of a temporally incoherent magnetic field inhibits 60 Hz-induced changes in the ODC activity of developing chick embryos." *Bioelectromagnetics* 19: 53-56 (1998).
- Farrell JM et al.: Effects of Low-Frequency Electromagnetic Fields on the Activity of Ornithine Decarboxylase in Developing Chicken Embryos, *Bioelectrochemistry and Bioenergetics* 43, 91-96, 1996
- Gao XW, Xu ZP, Huo YN, Jiang H, Fu YT, Lu DQ, Zeng QL: Noise magnetic fields block co-suppression effect induced by power frequency magnetic field and phorbol ester] *Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi* 2004; 38 (1): 11 – 13
- Garaj-Vrhovac et al., "The correlation between the frequency of micronuclei and specific chromosome aberrations in human lymphocytes exposed to microwaves", *Mutation Research* 281: 181-186 (1992).
- Goldsmith, J.R., "Epidemiological Evidence Relevant to Radar (Microwave) Effects", *Environmental Health Perspectives* 105, Supplement 6 (December 1997).
- Goodman, R., and Blank, M., "Magnetic field stress induces expression of hsp70", *Cell Stress & Chaperones* 3 (2): 79-88 (1998).
- Greene J J et al.:Delineation of Electric & Magnetic Field Effects of Extremely Low Frequency Electromagnetic Radiation on Transcription, *Biochem. Biophys. Res. Com.*, 174, 742-749,1991
- Han, L., Lin, H., Head, M., Jin, M., Blank, M., Goodman, R., "Application of magnetic field-induced heat shock protein 70 for presurgical cytoprotection", *Journal of Cellular Biochemistry* 71: 577-583 (1998).
- Harvey, C., and French, P.W., "Effects on protein kinase C and gene expression in a human mast cell line, HMC-1, following microwave exposure", *Cell Biology International* 23 (11): 739-748 (1999).
- Hu GL, Chiang H, Zeng QL, Fu YD : ELF magnetic field inhibits gap junctional intercellular communication and induces hyperphosphorylation of connexin43 in NIH3T3 cells. *Bioelectromagnetics* 2001; 22 (8): 568 - 573
- Junkersdorf, B., Bauer, H., Gutzeit, H.O., "Electromagnetic fields enhance the stress response at elevated temperatures in the nematode *Caenorhabditis elegans*", *Bioelectromagnetics* 21: 100-106 (2000).
- Klintestam und Flosgaard Bak : The EMF Biochip™ Technology – Neutralizing the Effects of EMF Field. *Proceedings of the International Conference on Non-Ionizing Radiation at UNITEN (ICNIR 2003), Electromagnetic Fields and Our Health, 20th – 22th October 2003*
- Krause D et al.:Selective Enhancement of Gene Expression by 60Hz Electromagnetic Radiation, In: Brighton C T & S R Pollak: *Electromagnetics in Biology and Medicine*, San Francisco 1991
- Krause, D. et al.: Microwave Exposure Alters the Expression of 2-5A-Dependent RNase, *Radiation Res.* 127, 164-170, 1991
- Lai H.: Responses to Jauchem and Cassel. *Bioelectromagnetics* 2005; 26 (7): 528
- Lai H., Singh NP: Interaction of Microwaves and a Temporally Incoherent Magnetic Field on Single and Double DNA Strand Breaks in Rat Brain Cells. *Electromagn Biol Med* 2005; 24 (1): 23 – 29
- Lai H.: Comment on "Radial arm maze performance of rats following repeated low level microwave radiation exposure". *Bioelectromagnetics* 2005; 26 (2): 81

- Lai H.: Interaction of microwaves and a temporally incoherent magnetic field on spatial learning in the rat. *Physiol Behav* 2004; 82 (5): 785 – 789
- Lai H.: Correspondence: Electromagnetic Fields: Lai's Response. *Environ Health Perspect* 2004; 112 (13): A726
- Lai H., Singh NP: Magnetic-field-induced DNA strand breaks in brain cells of the rat. *Environ Health Perspect* 2004; 112 (6): 687 - 694
- Lai H , Carino M : 60 Hz magnetic fields and central cholinergic activity: effects of exposure intensity and duration. *Bioelectromagnetics* 1999; 20 (5): 284 - 289
- Lai H , Carino M :Intracerebroventricular injection of mu- and delta-opiate receptor antagonists block 60 Hz magnetic field-induced decreases in cholinergic activity in the frontal cortex and hippocampus of the rat. *Bioelectromagnetics* 1998; 19 (7): 432 – 437
- Lai H , Carino M, Ushijima I: Acute exposure to a 60 Hz magnetic field affects rats' water-maze performance. *Bioelectromagnetics* 1998; 19 (2): 117 – 122
- Lai H , Carino M, Singh NP: Naltrexone blocks RFR-induced DNA double strand breaks in rat brain cells. *Wireless Networks* 1997; 3 (6): 471 – 476
- Lai H., Singh NP: Acute exposure to a 60 Hz magnetic field increases DNA strand breaks in rat brain cells. *Bioelectromagnetics* 1997; 18 (2): 156 – 165
- Lai H., Singh NP: Melatonin and N-tert-butyl-alpha-phenylnitronone block 60-Hz magnetic field-induced DNA single and double strand breaks in rat brain cells. *J Pineal Res* 1997; 22 (3): 152 – 162
- Lai H., Singh NP: Melatonin and a spin-trap compound block radiofrequency electromagnetic radiation-induced DNA strand breaks in rat brain cells. *Bioelectromagnetics* 1997; 18 (6): 446 - 454
- Lai H., Carino MA, Horita A, Guy AW : Intraseptal microinjection of beta-funaltrexamine blocked a microwave-induced decrease of hippocampal cholinergic activity in the rat. *Pharmacol Biochem Behav* 1996; 53 (3): 613 – 616
- Lai H., Singh NP: Single- and double-strand DNA breaks in rat brain cells after acute exposure to radiofrequency electromagnetic radiation. *Int J Radiat Biol* 1996; 69 (4): 513 – 521
- Lai H : Spatial learning deficit in the rat after exposure to a 60 Hz magnetic field. *Bioelectromagnetics* 1996; 17 (6): 494 - 496
- Lai H., Singh NP: Acute low-intensity microwave exposure increases DNA single-strand breaks in rat brain cells. *Bioelectromagnetics* 1995; 16 (3): 207 - 210
- Lai, H., and N.P. Singh, N.P. : Interaction of Microwaves and a Temporally Incoherent Magnetic Field on Single and Double DNA Strand Breaks in Rat Brain Cells, *Electromagnetic Biology and Medicine* (in press)
- Lai, H. and Singh, N.P. :Effects of Microwaves and a Temporarily Incoherent Magnetic Field on Single and Double DNA Strand Breaks in Rat Brain Cells, *Electromagnetic Biology and Medicine*, (in press) 2001
- Lin, H., and Goodman, R., “Electric and magnetic noise block the 60 Hz magnetic field enhancement of steady-state c-myc transcripts levels in human leukemia cells.” *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*, 36: 33-37 (1995).
- Lin, H., Opler, M., Head, M., Blank, M., and Goodman, R., “Electromagnetic field exposure induces rapid, transitory heat shock factor activation in human cells.” *J. Cell Biochem.*, 66: 482-488 (1997).
- Lin, H., Head, M., Blank, M., Han, L., Jin, M., Goodman, R., “Myc-mediated transactivation of hsp70 expression following exposure to magnetic fields”, *Journal of Cellular Biochemistry*, 69: 181-188 (1998).
- Litovitz, T.A., and Penafiel, M., “How do transmission protocols determine potential bioeffects of cellular phone radiation?”, *Proceedings of the International Workshop on Possible Biological and Health Effects of RF Electromagnetic fields*, 25-28 October 1998, University of Vienna.
- Litovitz, T.A., Penafiel, L.M., Farrell, J.M., Krause, D., Meister, R., Mullins, J.M., “Bioeffects induced by exposure to microwaves are mitigated by superposition on ELF noise.” *Bioelectromagnetics* 18: 422-430 (1997).
- Litovitz, T.A., Krause, D., Montrose, C.J., and Mullins, J.M., “Temporally incoherent magnetic fields mitigate the response of biological systems to temporally coherent electromagnetic fields.” *Bioelectromagnetics* 15: 399-409 (1994).
- Litovitz, T.A., Montrose, C.J., Doinov, P., Brown, K.M., and Barber, M., “Superimposing spatially coherent electromagnetic noise inhibits field-induced abnormalities in developing chick embryos.” *Bioelectromagnetics* 15: 105-113 (1994).
- Litovitz T A et al.:Mechanisms of Microwave Induced Damage in Biologic Materials, Annual Report, Contract Nr. DAMD17-86-C-6260, 1991
- Loscher, W. et al., “Animal and cellular studies on carcinogenic effects of low frequency (50/60 Hz) magnetic fields”, *Mutation Research* 410: 185-220 (1998).
- Maes et al., “In vitro cytogenetic effects of 2450 MHz microwaves on human peripheral blood lymphocytes”, *Bioelectromagnetics* 14: 495-501 (1993).
- Magnussen Th.: Key to understanding the EMF issue: Piecing together the EMF puzzle to view the total picture. EMX-Corporation, March 2006 - overview
- Martin, A.H., and Moses, G.C., “Effectiveness of noise in blocking electromagnetic effects on enzyme activity in the chick embryo.” *Biochem. Mol. Biol. Int.* 36: 87-94 (1995).
- Mullins, J.M. et al.: Dose-Response of Electromagnetic Field-Enhanced Ornithine Decarboxylase Activity *Bioelectrochem. and Bioenergetics* 48, 193 –199, 1998
- Nordenson et al., “Chromosomal aberrations in human amniotic cells after intermittent exposure to 50 Hz magnetic fields”, *Bioelectromagnetics* 15: 293-301 (1994).
- Nordenson et al., “Chromosomal aberrations in lymphocytes of engine drivers”, *Bioelectromagnetics Society Meeting*, Victoria, Canada, 1996. Poster P-64-B.
- Opler, M., Cote, L., and Goodman, R., “Electromagnetic noise fields block bioeffects caused by 60 Hz fields in human leukemia cells and rat pheochromocytoma cells.” *Annual Review of Research on Bioeffects on Electric and Magnetic Fields* 12 (1994).
- Penafiel, L.M., Litovitz, T.A., Krause, D., Mullins, J.M., “Role of modulation on the effect of microwaves on ornithine decarboxylase activity in L929 cells.” *Bioelectromagnetics* 18: 132-141 (1997).
- Phillips et al., “DNA damage in Molt-4 T-lymphoblastoid cells exposed to cellular telephone Radiofrequency fields in vitro”, *Bioelectrochemistry and Bioenergetics* 40: 193-196 (1998).
- Pipkin, J.L., Hinson, W.G., Young, J.F., Rowland, K.L., Shaddock, J.G., Tolleson, W.H., Duffy, P.H., Casciano, D.A.,” Induction of stress proteins by electromagnetic fields in cultured HL-60 cells”, *Bioelectromagnetics* 20: 347-357 (1999).
- Popp, F.A.: *Elektromagnetische Wirkungen auf Menschen*, in: Curriculum oncologicum, 03, Jg.1. 118 –119 (1997)
- Popp, F.A., Gu, Q , Li, K.H.: Biophoton emission: Experimental background and theoretical approaches. *Modern Physics Letters B*, Vol.8, Nos.21 & 22 (1994), pp.1269-1296.
- Popp, F.A., Chang, J.J.: The physical background and informational character of biophoton emission. In: Chang, Jii-Ju / Fisch, Joachim / Popp, Fritz-Albert (eds.): *Biophotons*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 1998.

- Popp, F.A. and L. Belousov (eds.): Integrative Biophysics, Biophotonics. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/The Netherlands, 2003
- Raskmark, P., and Kwee, S., "The minimizing effect of electromagnetic noise on the changes in cell proliferation caused by ELF magnetic fields." *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*, 40: 193-196 (1996).
- Rapacholi, M.H., Basten, A., Gebiski, V., Noonan, D., Finnie, J., and Harris, A.W., "Lymphomas m-Pim1 Transgenic Mice Exposed to Pulsed 900 Hz Electromagnetic Fields", *Radiation Research* 147: 631-640 (1997).
- Shallom, J.M. et al.: Microwave Exposure Induces HSP70 and Confers Protection Against Hypoxia, *J.Cell. Biochem.*86: 490-496,2002
- Singh NP , Lai H : 60 Hz magnetic field exposure induces DNA crosslinks in rat brain cells. *Mutat Res* 1998; 400 (1 - 2): 313 - 320
- Sun, W. J. et al.: The Clustering of Growth Factor and Cytokine Factor Receptors was Induced by Magnetic Field and Blocked by Noise Magnetic Field, 2003
- Sun W J et al.: Noise Magnetic Fields Block the Enhancement of SAPK Phosphorylation Induced by 50 Hz Magnetic Fields (Abstract)
- Trosko, J., et al., *Environmental Health Perspectives*, October 2000.
- Tsurita, G., et al., "Effects of exposure to repetitive pulsed magnetic stimulation on cell proliferation and expression of heat shock protein 70 in normal and malignant cells", *Biochemical and Biophysical Research Communications* 261: 689-694 (1999).
- Wang B, Lai H.: Acute exposure to pulsed 2450 MHz microwaves affects water-maze performance of rats. *Bioelectromagnetics* 2000; 21 (1): 52 – 56
- Zeng, Q. L. et al.: Noise Magnetic Fields Abolish the Gap Junction Intercellular Communication Suppression Induced by 50Hz Magnetic Fields, *Bioelectromagnetics* 27: 1-6, 2006
- Zeng, Q. L. et al.: Electromagnetic noise blocks the gap-junctional intercellular communication suppression induced by 50 Hz magnetic field. *Bioelectromagnetics* 27, 1-6, 2006