

تأثیر میدان الکترومغناطیسی پالس دار با فرکانس بسیار پایین بر لیپیدهای سرمی خرگوش های نر با و بدون تغذیه پرچرب

احسان حسینی^۱، سعید نفیسی^۱، صمد زارع^۲

^۱دکتری فیزیولوژی دامپزشکی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

^۲دکتری جانورشناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: افزایش میزان چربی های خون، یکی از عوامل مرگ و میر در جوامع بشری محسوب می شود. در این مطالعه اثر تابش دهی میدان الکترومغناطیسی با فرکانس بسیار پایین بر روی پروفایل چربی (تری گلیسیرید، کلسترول، HDL، LDL) در خرگوش های نر با رژیم های غذایی طبیعی و پرچرب بررسی گردید.

روش بررسی: این مطالعه به صورت تجربی بر روی تعداد ۴۸ خرگوش نر نژاد نیوزلندی انجام شد. خرگوش های نر گروه های کنترل حقیقی شامل C1 (تغذیه طبیعی) و C3 (تغذیه پرچرب)، دست نخورده باقی ماندند. گروه های کنترل کاذب، C2 (تغذیه طبیعی) و C4 (تغذیه پرچرب) به مدت ۵ روز، روزانه ۲ ساعت در معرض میدان خاموش (کاذب) قرار گرفتند. گروه های درمانی، T1 (تغذیه طبیعی) و T2 (تغذیه پرچرب) با همان دوره زمانی مذکور با میدان الکترومغناطیسی طرح مثلثی و فرکانس پایین (۱۰Hz) تیمار شدند. بعد از سپری شدن این مدت، بلافاصله نمونه خونی از ورید گوش حیوان گرفته شد، و سنجش فاکتورهای مذکور صورت گرفت. داده های به دست آمده به وسیله روش آماری واریانس یک طرفه مقایسه گردید ($p < 0.05$).

یافته ها: در گروه های تحت تابش، میزان کلسترول تام، تری گلیسیرید و LDL در مقایسه با گروه های کنترل به طور معنی داری کاهش و میزان HDL به طور قابل توجهی افزایش نشان داد ($p < 0.05$).

نتیجه گیری: طبق نتایج این مطالعه، میدان الکترومغناطیسی مثلثی با فرکانس بسیار پایین می تواند چربی های خون را با رژیم غذایی نرمال و رژیم غذایی پرچرب به طور مثبت تغییر دهد.

کلید واژه ها: میدان های الکترومغناطیسی؛ لیپیدها - خون؛ خرگوش ها؛ رژیم غذایی.

نویسنده مسئول مکاتبات: دانشکده دامپزشکی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران؛

آدرس پست الکترونیکی: ehsan_hosseini52@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۲/۲۱

تاریخ دریافت: ۸۹/۹/۲۰

مقدمه

مشخص شده است بین قرارگیری در میدان های پر قدرت و افزایش به خطر افتادن سلامتی، ارتباط مستقیمی وجود دارد (۴، ۵)، ولی بعضی تحقیقات، وجود چنین ارتباطی را رد کرده اند (۶). با این حال محققین بر این عقیده اند که میدان های الکترومغناطیسی با فرکانس فوق العاده پایین به علت انرژی پایین نمی توانند خطر قابل توجهی برای سلامتی انسان داشته باشند؛ مگر اینکه بزرگی میدان به حدی بالا باشد که فرآیندهای متابولیکی

در محیط زندگی انسان امروزی، میدان های الکترومغناطیسی با فرکانس فوق العاده پایین به فراوانی پخش هستند. برخی از مطالعات اخیر نشان داده اند قرار گرفتن در معرض تابش این میدان ها می تواند سلامت انسان را به خطر بیندازد. همچنین این نوع میدان ها می توانند انواع مشخصی از سرطان ها، افسردگی و سقط جنین را در افراد افزایش دهند (۱-۳). در بعضی از مطالعات

(پلت) دسترسی آزاد داشتند. تمامی مراحل این مطالعه با اصول بین‌المللی مراقبت و نگهداری از حیوانات، تطابق کامل داشت. (دستگاه مولد میدان، ساخت کارخانه Phywe کشور آلمان می‌باشد و از دو قسمت Function Generator و Signal Generator تشکیل شده است. جعبه از جنس فیبر نازک به ابعاد ۲۰ در ۲۵ در ۳۰ cm بوده و به علت اجتناب از انحراف میدان الکترومغناطیسی در ساختن آن از میخ فلزی استفاده نشده است) (۱۷). بعد از نصب و راه‌اندازی این سیستم، شدت میدان با استفاده از دستگاه تسلا متر دیجیتالی اندازه‌گیری شد. شدت میدان تولید شده 20 ± 70 میلی‌گوس تعیین گردید. بعد از خوگیری حیوان به محیط، گروه‌های C1، C2 و T1 به مدت ۵ روز از غذای استاندارد پلت خالص و گروه‌های C3، C4 و T2 با غذای پرچرب (حاوی ۹۵٪ پلت و ۵٪ دانه‌های کلسترول خریداری شده از شرکت بارنارد) تغذیه شدند (۱۸). حیوانات گروه C2 (تغذیه طبیعی) و C4 (تغذیه پرچرب) در مدت ۵ روز، هر روز به مدت ۲ ساعت در میدان کاذب (میدان خاموش) و حیوانات T1 (تغذیه طبیعی) و T2 (تغذیه پرچرب) هر روز به مدت ۲ ساعت در میدان حقیقی (میدان روشن) قرار داده شدند (۱۸). گروه C1 و C3 در این مدت تحت هیچ نوع تابشی قرار نداشتند. در روز ششم، ساعت ۶ صبح به صورت ناشتا از ورید مارژینال حیوانات به میزان ۳ ml خونگیری به عمل آمد (۱۸). قبل از خونگیری، حیوانات با تزریق زایلازین (Xylazine) و کتامین بیهوش شده و بعد از خونگیری بلافاصله نمونه خونی در لوله‌های استریل حاوی EDTA ریخته شد. در ادامه، پلاسمای نمونه‌ها در دمای 4°C با استفاده از سانتریفوژ ۳۰۰۰ دور در هر دقیقه جدا گردید. سپس در دمای 70°C زیر صفر عمل انجماد صورت گرفت. غلظت لیپیدهای سرمی در نمونه‌ها به وسیله کیت آنزیمی (پارس آزمون) در دستگاه اتوآنالایزر با نام تجاری Chemistry Analyzer Photometer DANA-4500 اندازه‌گیری شد.

داده‌ها به وسیله روش آماری آنالیز واریانس یک طرفه و با کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۳ بررسی گردید. اختلاف بین گروه‌ها به کمک آزمون آماری دانکن ارزیابی شد، و مقادیر p کمتر از ۰/۰۵ از لحاظ آماری به صورت معنی‌دار در نظر گرفته شد.

بدن را تحت تأثیر قرار دهد (۸،۷،۳). ولی تعداد زیادی از مطالعات نشان داده‌اند این نوع از میدان‌های الکترومغناطیسی قادرند اثرات زیادی بر بدن انسان و محیط‌های کشت سلولی بگذارند (۹-۱۲). بیماری‌های قلبی که به طور عمده در نتیجه مشکلات انسدادی عروق کرونری به وجود می‌آید؛ به علت بعضی از معایب زندگی صنعتی و مدرن، رو به افزایش است (۱۳). از سوی دیگر، میدان الکترومغناطیسی با فرکانس فوق‌العاده پایین می‌تواند اثرات سودمندی در کاهش کلسترول و تری‌گلیسیرید در خرگوش‌های تحت رژیم با کلسترول بالا، داشته باشد (۱۴). نتایج مشابهی نیز در موش رت (۱۵) و موش سوری (۱۶) با رژیم طبیعی، گزارش شده است. در ایران نیز یکی از مهم‌ترین عوامل مرگ و میر، انسداد عروق قلبی و حملات قلبی ناشی از آن می‌باشد. در این مطالعه، اثر میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس فوق‌العاده پایین (۱۰ Hz) بر لیپیدهای سرمی خرگوش‌های سفید نژاد نیوزلندی تغذیه شده با رژیم غذایی طبیعی و پرچرب بررسی گردید.

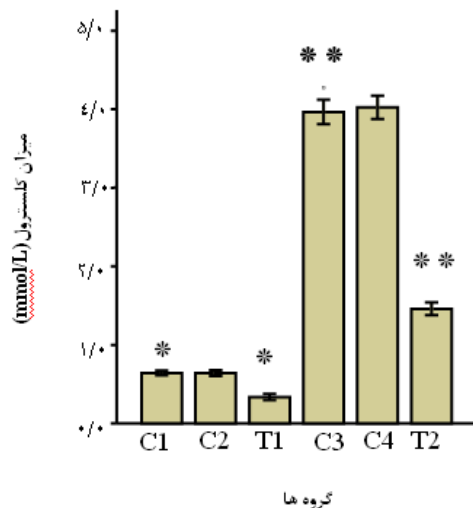
روش بررسی

در این مطالعه از ۴۸ خرگوش سفید نر بالغ نژاد نیوزلندی با وزن تقریبی $2/00 \pm 0/01 \text{ kg}$ استفاده شد. حیوانات از مرکز نگهداری و پرورش حیوانات آزمایشگاهی مؤسسه پاستور تهیه و پس از انتقال به آزمایشگاه، به طور تصادفی به شش گروه ۸ تایی به ترتیب با اسمی: C1 (گروه کنترل حقیقی با رژیم غذایی طبیعی، بدون قرار گرفتن در میدان الکترومغناطیسی)، C2 (گروه کنترل کاذب با رژیم غذایی طبیعی، قرار گرفته در معرض میدان خاموش)، C3 (گروه کنترل حقیقی با رژیم غذایی پرچرب، بدون قرار گرفتن در میدان الکترومغناطیسی)، T4 (گروه کنترل کاذب با رژیم غذایی پرچرب، قرار گرفته در معرض میدان خاموش)، T1 (گروه درمانی با رژیم غذایی طبیعی، قرار گرفته در معرض میدان روشن) و T2 (گروه درمانی با رژیم غذایی پرچرب، قرار گرفته در معرض میدان خاموش) تقسیم‌بندی شدند. حیوانات به مدت یک هفته قبل از شروع آزمایش در شرایط دمایی 25°C و شرایط نوری ۱۲ ساعت نور و ۱۲ ساعت تاریکی به منظور خوگیری به محیط آزمایشگاه نگهداری شدند، در این مدت حیوانات به آب و غذا

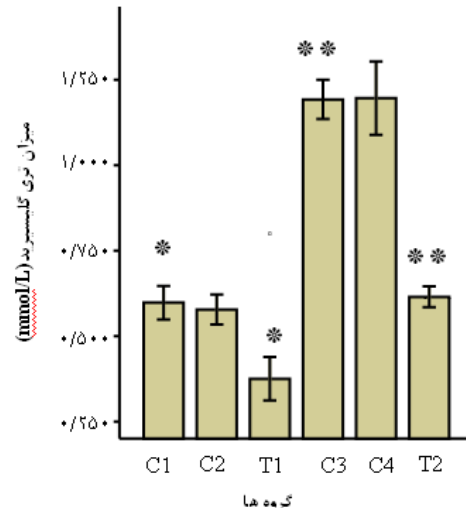
یافته‌ها

همان‌طور که در نمودارهای شماره ۱ و ۲ مشخص شده است، مقایسه میانگین غلظت کلسترول و تری‌گلیسیرید سرم حیوانات گروه T1 (رژیم طبیعی، میدان حقیقی) با حیوانات گروه C1 (رژیم غذایی طبیعی، بدون میدان) و C2 (رژیم غذایی طبیعی، میدان کاذب) کاهش معنی‌داری را به لحاظ آماری نشان می‌دهد

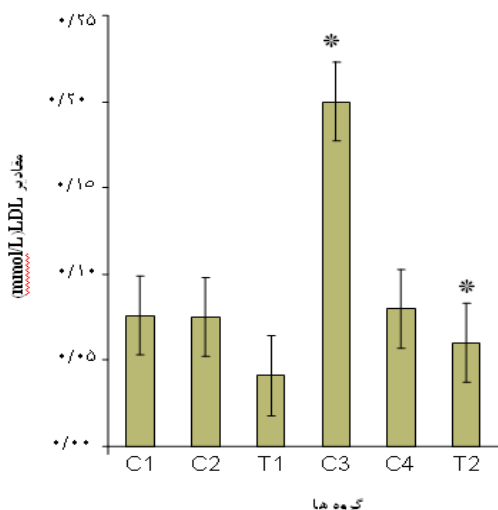
($p < 0.05$). همچنین با وجود اینکه رژیم پرچرب باعث افزایش شدید و قابل توجهی در میزان کلسترول گروه‌های C3 و C4 شده است، ولی میزان کلسترول و تری‌گلیسیرید سرم گروه T2 (رژیم غذایی پرچرب، میدان حقیقی)، در مقایسه با دو گروه C3 (رژیم غذایی پرچرب، بدون میدان) و C4 (رژیم غذایی پرچرب، میدان کاذب)، کاهش قابل توجهی داشته است ($p < 0.001$).



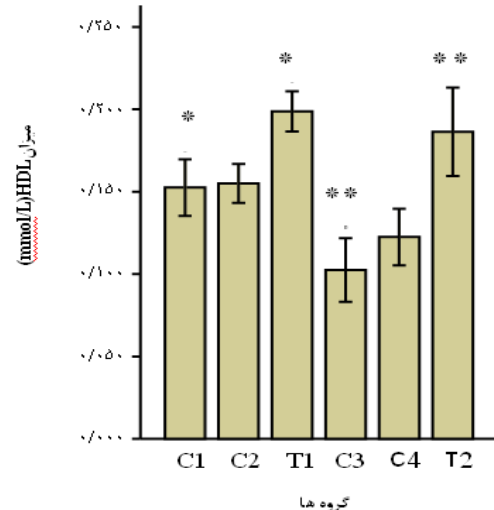
نمودار شماره ۲: مقادیر مربوط به میزان کلسترول (mmol/L) سرم در گروه‌های کنترل و درمانی. گروه‌هایی که دارای علامت مشابه می‌باشند (* و یا **) دارای اختلاف معنی نسبت به یکدیگر هستند. (گروه C1 با T1 و C3 با T2) ($p < 0.05$)



نمودار شماره ۱: مقادیر مربوط به میزان تری‌گلیسیرید (mmol/L) سرم در گروه‌های کنترل و درمانی. گروه‌هایی که دارای علامت مشابه می‌باشند (* و یا **) دارای اختلاف معنی نسبت به یکدیگر هستند. (گروه C1 با T1 و C3 با T2) ($p < 0.05$)



نمودار شماره ۴: مقادیر مربوط به میزان LDL در گروه‌های کنترل و درمانی. گروه‌هایی که دارای علامت مشابه می‌باشند (* و یا **) دارای اختلاف معنی نسبت به یکدیگر هستند ($p < 0.05$). (گروه C1 با T1 و C3 با T2)



نمودار شماره ۳: مقادیر مربوط به میزان HDL در گروه‌های کنترل و درمانی. گروه‌هایی که دارای علامت مشابه می‌باشند (* و یا **) دارای اختلاف معنی داری نسبت به یکدیگر هستند ($p < 0.05$). (گروه C1 با T1 و C3 با T2)

و T2 مشاهده گردید. احتمالاً همان‌طور که در بالا اشاره شد، به علت کاهش لیپوژنز در اثر میدان‌های الکترومغناطیسی، میزانی از VLDL که در کبد سنتز و به داخل جریان خون ترشح می‌شود، کاهش می‌یابد و هر چقدر میزان VLDL در خون کمتر باشد، میزان سنتز LDL از VLDL نیز کمتر خواهد بود، که این خود می‌تواند یکی از دلایل کاهش میزان LDL مشاهده شده در این پژوهش باشد (۲۶). در این تحقیق افزایش قابل توجهی در میزان HDL در هر دو گروه T1 و T2 (حیوانات گروه T2 دچار هیپرلیپیدمیای تغذیه‌ای بودند) دیده شد. براساس نتایج یک مطالعه، میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس فوق العاده پایین می‌توانند باعث تغییرات قابل توجهی در ساختار بافت‌شناسی جزایر β در لوزالمعده و افزایش شدیدی در سنتز و ترشح انسولین از جزایر مذکور شوند (۲۷). از آنجایی که انسولین باعث افزایش گیرنده‌های LDL در دیواره عروق گردش خون عمومی می‌شود، لذا کاهش LDL و افزایش HDL که در این مطالعه مشاهده گردید می‌تواند در اثر افزایش مقدار انسولین خون نیز باشد. در تحقیقی که توسط Patricia و همکارانش انجام گرفت، مشخص گردید تابش کوتاه مدت میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس ۶۰ Hz در رت می‌تواند افزایش قابل توجهی در میزان غلظت لیوپروتئین‌های با دانسیته بالا (HDL) ایجاد کند (۲۸). در گزارشی که به وسیله Cherry در سال ۲۰۰۰ ارائه شد، آمده است که میدان‌های الکترومغناطیسی می‌توانند با سرکوب آنزیم N-استیل ترانسفراز، افزایش معنی داری در مقدار سروتونین در سیستم عصبی مرکزی و بافت‌های محیطی ایجاد کنند (۲۹). نتایج حاصل از مطالعه‌ای دیگر نیز نشان داد افزایش سروتونین در دیواره عروق باعث افزایش جذب TG از جریان خون توسط عروق می‌شود (۳۰)، که این خود می‌تواند یکی از دلایل احتمالی کاهش میزان تری گلیسیرید خون مشاهده شده در این مطالعه باشد.

نتیجه گیری

طبق نتایج این مطالعه، میدان‌های الکترومغناطیسی مثلی با فرکانس بسیار پایین می‌توانند اثرات سودمند قابل توجهی در جلوگیری از هیپرلیپیدمیای تغذیه‌ای داشته باشند.

همان‌طور که در نمودارهای شماره ۳ و ۴ مشخص شده است. غلظت سرمی HDL در گروه T1 (رژیم غذایی طبیعی، میدان حقیقی) نسبت به گروه‌های C1 و C2، افزایش معنی داری را از لحاظ آماری نشان می‌دهد ($p < 0/0001$)، نمودار شماره ۳. اعمال رژیم غذایی پرچرب باعث کاهش قابل توجهی در غلظت HDL در گروه‌های C3 و C4 شده و با اعمال میدان الکترومغناطیسی مثلی با فرکانس ۱۰ Hz، در گروه T2 (رژیم پرچرب، میدان حقیقی) افزایش معنی داری از لحاظ آماری در غلظت HDL سرم نسبت به گروه‌های C3 و C4 مشاهده می‌شود ($p < 0/0001$)، نمودار شماره ۳. میزان HDL در گروه T2 که تحت رژیم پرکلسترول و در معرض میدان قرار دارد هیچ نوع اختلاف معنی داری را از لحاظ آماری نسبت به گروه T1 (رژیم طبیعی، میدان حقیقی) نشان نمی‌دهد. همچنین غلظت LDL سرم در گروه T2 و C4 نسبت به گروه C3، کاهش معنی داری را به لحاظ آماری نشان می‌دهد ($p < 0/0001$)، نمودار شماره ۴.

بحث

در این مطالعه، کاهش شدیدی در میزان تری گلیسیرید دو گروه T1 و T2 قرار گرفته در معرض میدان الکترومغناطیسی، مشاهده گردید. بیشتر تحقیقاتی که در مورد اثرات میدان‌های الکترومغناطیسی بر روی موجودات زنده انجام گرفته، نشان می‌دهد این نوع میدان‌ها از طرق مختلف، فرآیندهای بیوشیمیایی کلیدی را تحت تأثیر قرار داده‌اند (۲۰-۱۹). یکی از این فرآیندها ساخته شدن استیل کوآنزیم A می‌باشد، که بدین ترتیب، سرکوب سنتز استیل کوآنزیم به وسیله این نوع میدان‌ها موجب کاهش ساخته شدن چربی‌ها به ویژه تری گلیسیریدها در کبد خواهد شد (۲۵-۲۱). براساس گزارش Beischer و همکارانش، غلظت تری گلیسیرید سرم در افرادی که در معرض میدان‌های کم قدرت مغناطیسی قرار می‌گیرند، کاهش می‌یابد (۲۴). در صورتی که Smialowicz و همکارانش دریافتند غلظت تری گلیسیرید خون در رت‌هایی که در معرض میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۹۷۰ mHz قرار دارند، افزایش می‌یابد (۲۵). همچنین در مطالعه حاضر، کاهش معنی داری در میزان LDL در گروه‌های T1

References:

1. Lacy-Hubert A, Metcalfe J, Hesketh R. Biological Responses to Electromagnetic Fields. *FASEB Journal* 1998;12:395-420.
2. Ahlbom A, Feychting M. Electromagnetic Radiation: Environmental Pollution and Health. *British Medical Bulletin* 2003;68(1):157-165.
3. Feychting M, Ahlbom A, Kheifets L. EMF and Health. *Annual Review of Public Health* 2005;26(1):165-189.
4. Valberg P, Kavet R, Rafferty C. Can Low-level 50/60 Hz Electric and Magnetic Fields Cause Biological Effects? *Radiation Research* 1997;148:2-21.
5. Wertheimer N, Savitz D, Leeper E. Childhood Cancer in Relation to Indicators of Magnetic Fields from Ground Current Sources. *Bioelectromagnetics* 1995;16(2):86-96.
6. Preece AW, Hand JW, Clarke RN, Stewart A. Power Frequency Electromagnetic Fields and Health. Where's the Evidence? *Physics in Medicine and Biology* 2000;45(9):139-154.
7. Adey W. Tissue Interactions with Nonionizing Electromagnetic Fields. *Physiol Rev* 1981;61(2):435-514.
8. Habash R, Brodsky L, Leiss W, Krewski D, Repacholi M. Health Risks of Electromagnetic Fields. Evaluation and Assessment of Electric and Magnetic Fields. *Crit Rev Biomed Eng* 2003;31(3):141-195.
9. Litovitz T, Montrose C, Wang W. Dose-Response Implications of the Transient Nature of Electromagnetic-Field-Induced Bioeffects. *Bioelectromagnetics* 1992;(Suppl 1): 237-246.
10. Repacholi M, Greenebaum B. Interaction of Static and Extremely Low Frequency Electric and Magnetic Fields with Living Systems. *Bioelectromagnetics* 1999;20(3):133-160.
11. Foster K. Mechanisms of Interaction of Extremely Low Frequency Electric Fields and Biological Systems. *Radiat Prot Dosimetry* 2003;106(4):301-310.
12. Juutilainen J. Developmental Effects of Extremely Low Frequency Electric and Magnetic Fields. *Radiat Prot Dosimetry* 2003;106(4):385-390.
13. Sadrbafighi M. Review on Cholesterol Metabolism, LDL and Their Roles on the Cardio and Blood Vessels Incidents. *The Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences* 1996;1(5):51-58. [Full Text in Persian]
14. Luo E, Jiao L, Shen G, Wu XM, Cao YX. Effects of Exposing Rabbits to Low-Intensity Pulsed Electromagnetic Fields on Levels of Blood Lipid and Properties of Hemorheology. *Chinese J of Clin Rehab* 2004;8(18):3670-3671.
15. Bellossi A, Pouvreaux-Quillien V, Rocher C, Ruelloux M. Effect of Pulsed Magnetic Fields on Triglyceride and Cholesterol Levels in Plasma of Rats. *Panminerva Med* 1998;40(4):276-279.
16. Kumosani TA, Qari MH. The Effect of Magnetic Field on the Biochemical Parameters of Mice Blood. *Pakistan Journal of Medicine Science* 2003;19(1):36-40.
17. Nafisi S, Athari S, Kazami R, Hosseini E. Effect of Low and Moderate Frequency Electromagnetic Fields on Stress Behavior in Rat. *Journal of Ardabil University of Medical Sciences* 2010;9(4):347-352. [Full Text in Persian]
18. Luo E, Shen G, Xie K, Wu X, Xu Q, Lu L, et al. Alimentary Hyperlipemia of Rabbits is Affected by Exposure to Low-Intensity Pulsed Magnetic Fields. *Bioelectromagnetics* 2007;28(8):608-614.
19. Kula B, Dozed M. A Study of Magnetic Field Effects on Fibroblasts Cultures. The Evaluation of Effects of Static and Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Fields on Vital Functions of Fibroblasts. *Bioelectrochemistry and Bioenergetics* 1996;39(1):21-26.
20. Kula B. A Study of Magnetic Field Effects on Fibroblasts Cultures Part 3. The Evaluation of Effects of Static and Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Fields on Glycoaminoglycan Metabolism in Fibroblasts, Cell Coat and Culture Medium. *Bioelectrochemistry Bioenergetics* 1996;39(1):31-37.
21. Szapary PO, Rader DJ. The Triglyceride-High-Density Lipoprotein Axis: An Important Target of Therapy? *American Heart Journal* 2004;148(2):211-21.
22. Ginsberg HN, Zhang YL, Hernandez-Ono A. Regulation of Plasma Triglycerides in Insulin Resistance and Diabetes. *Arch Med Res* 2005;36(3):232-240.

23. Davidson MH, Yannicelli HD. New Concepts in Dyslipidemia in the Metabolic Syndrome and Diabetes. *Metab Syndr Relat Disord* 2006;4(4):299-314.
24. Beischer D, Grissett J, Mitchell R. Exposure of Man to Magnetic Fields Alternating at Extremely Low Frequency NAMRL1180. Naval Aerospace Medical Research Laboratory Pensacola 1973;1:22-26.
25. Smialowicz RJ, Weil CM, Marsh P, Riddle MM, Rogers RR, Rehnberg BF. Biological Effects of Long-Term Exposure of Rats to 970-MHz Radiofrequency Radiation. *Bioelectromagnetics* 1981;2(3):279-284.
26. Brewer HB. Hypertriglyceridemia: Changes in the Plasma Lipoproteins Associated with an Increased Risk of Cardiovascular Disease. *Am J Cardiol* 1999;83(9B):3F-12F.
27. Aitl A, Cieslar G, Sieron A, Grzybek H. Influence of Alternating Extremely Low Frequency ELF Magnetic Field on Structure and Function of Pancreas in Rats. *Bioelectromagnetics* 2002;23(1):49-58.
28. Patricia V, Aldo F, Marco A, David E, Leticia V. Effects of Whole Body Exposure to Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields (ELF-EMF) on Serum and Liver Lipid Levels in the Rat. *Lipids Health Disease* 2007;6:31-37.
29. Cherry N. EMR Reduces Melatonin in Animals and People. Environmental Management and Design Division 2000;36:53-59.
30. Clerk LH, Smith ME, Rattigan S, Clark MG. Increased Chylomicron Triglyceride Hydrolysis by Connective Tissue Flow in Perfused Rat Hindlimb: Implications for Lipid Storage. *J Lipid Res* 2000;41(3):329-335.