کومش- جلد ۱۵، شماره ۱ (پیاپی ۴۹)، پائیز ۱۳۹۲

مقاله مروری

اثرات میدان الکترومغناطیسی با فرکانس بسیار کم بر تکثیر سلولی

مجید جدیدی [۱*](Ph.D)، منوچهر صفری [۲](PhD)، عاطفه باقیان [۱](M.Sc)

۱ - دانشگاه علوم پزشکی سمنان، دانشکده پزشکی، مرکز تحقیقات فیزیولوژی و گروه فیزیک پزشکی

۲ - دانشگاه علوم پزشکی سمنان، مرکز تحقیقات سلول های بنیادی عصبی، گروه علوم تشریح

چکیده

فرکانس میدان‌های الکترومغناطیسی که به‌طور طبیعی در بدن انسان توسط پتانسل عمل بافت‌های عصبی, عضلانی و قلب ایجاد می‌شوند, در محدوده طیف الکترومغناطیسی با فرکانس بسیار کم طبقه‌بندی شده‌اند. با گسترش وسایل و ابزارهای پیش‌رفته‌ای که میدان‌های الکترومغناطیسی را تولید و یا القا می‌کنند, نگرانی مردم از تاثیر این میدان‌ها بر تکثیر سلول‌های طبیعی یا غیر طبیعی بدن افزایش یافته است. مطالعاتی که بر روی بافت‌ها و سلول‌ها انجام شده, بیانگر آن است که میدان‌های الکترومغناطیسی در شدت‌ها و فرکانس‌های گوناگون، دارای نتایج متفاوتی بر تکثیر و تمایز سلولی است. به همین دلیل این مقاله مروری با بررسی مطالعات مختلف, به اثر میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس بسیار کم بر تکثیر سلولی پرداخته است. بررسی یافته‌ها نشان داد که میدان الکترو مغناطیسی پالسی با فرکانس بسیار کم و در محدوده بین ۱۵ تا ۶۰ هرتز بیش‌تر بر تکثیر سلولی اثر نموده و اثر بر تمایز سلولی اندک است. این اثر ناشی از چند جلسه تابش‌گیری یا تابش‌دهی سلول‌ها برای ساعت‌های طولانی بوده است. میدان الکترومغناطیسی با فرکانس بسیار کم می‌تواند به عنوان یک عامل محرک بی‌خطر, موجب تکثیر سلولی شده و برای درمان ضایعات بافتی استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: میدان الکترومغناطیسی, فرکانس بسیار کم, تکثیر سلولی

مقدمه

میدان الکترومغناطیسی به‌عنوان یک اصطلاح عمومی در بر گیرنده میدان‌های الکتریکی, مغناطیسی و الکترومغناطیسی است که توسط بسیاری از دستگاه‌های موجود در زندگی روزانه انسان تولید می‌شوند. امروزه با کاربرد گسترده از وسایل و ابزار پیش‌رفته‌ای که با تولید و القای میدان‌های الکترومغناطیسی در ارتباط هستند، ضرورت بررسی تاثیر این میدان‌ها بر روی سلامت انسان احساس می‌شود. هم‌چنین بررسی جزئیات تاثیر آن در روند رشد و نمو، آسیب‌رسانی و یا اثرات مثبت آن در زندگی و سلامت افراد مورد ابهام است.

تحقیقات انجام گرفته در این زمینه بیانگر این مطلب می‌باشد که تقریباً تمام افراد جامعه تحت تابش میدان‌های مغناطیسی با شدت‌های مختلفی قرار می‌گیرند.

نتایج مطالعاتی که در بافت‌ها، اندام‌ها و میکروارگانیسم‌ها در مواجهه با میدان‌های الکترومغناطیسی با شدت‌ها و فرکانس گوناگون صورت گرفته، بر افزایش فعالیت تکثیر سلول‌های استروسیتی [۱], افزایش چشم‌گیر در سلول طحال موش صحرایی [۲], تکثیر باکتری‌ها [۴،۳], افزایش سرعت ترمیم بافت موش صحرایی [۵], تمایز مونوسیت‌های میلوئیدی [۶], تمایز بافت جنینی موش به غضروف [۷], تاثیر بر گیرنده‌های

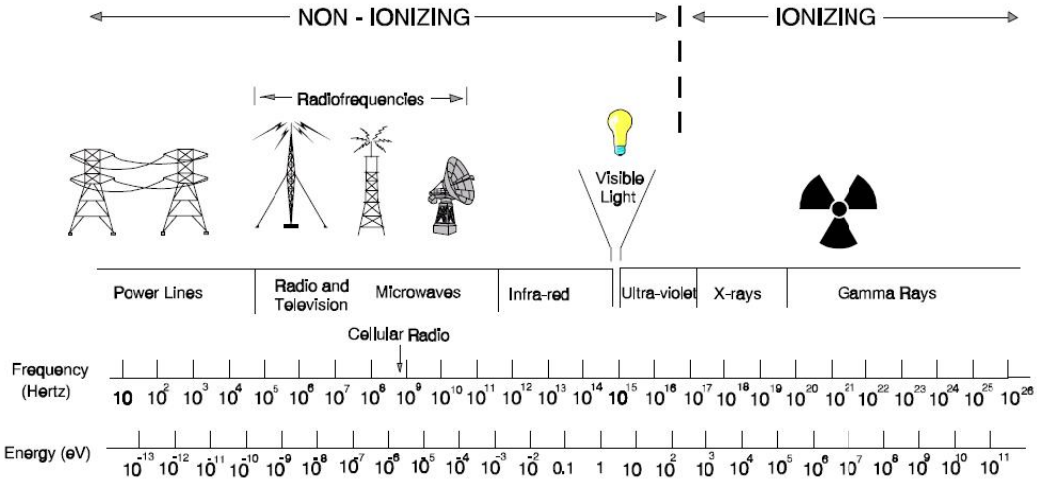
* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۲۳۱-۴۴۴۸۹۹۸ نمابر: ۰۲۳۱-۴۴۴۸۹۹۹ Email: Jadidim@sem-ums.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۳/۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۵/۲۸

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-08-04]

نوری [۸] و تمایز سلول‌های بنیادی جنینی موش به سلول‌های عضله قلب [۹] دلالت دارد.

طیف الکترومغناطیسی محدوده وسیعی از امواج و میدان‌ها را شامل می‌شود (شکل ۱) لاکن فرکانس میدان‌های الکترومغناطیسی که به‌طور طبیعی در بدن انسان ایجاد می‌شود در بخش فرکانس بسیار کم (ELF) و بین ۳۰۰ – ۰ هرتز قرار می‌گیرد و شامل پتانسل عمل بافت‌های عصبی و قلبی، حرکت عضلات اسکلتی و فرکانس ناشی از حرکات منظم سایر بافت‌ها می‌باشد. به همین دلیل در این مقاله مروری سعی شده تا مطالعات انجام شده با میدان‌های الکترومغناطیسی در محدوده فرکانسی ELF مورد بررسی قرار گرفته و تاثیر آن بر تکثیر و تمایز سلول‌های مختلف, روشن گردد.



شکل ۱. طیف میدان های الکترومغناطیسی

مروری بر مطالعات

مطالعات آزمایش‌گاهی فراوانی نشان داده‌اند که مواجهه با میدان‌های الکترومغناطیسی حوزه وسیعی از پاسخ‌ها را در سیستم‌های زنده در بر می‌گیرد. اثراتی از تاثیر میدان‌های الکترومغناطیسی بر تکثیر, تمایز سلولی، ترمیم و.... توسط دانشمندان مختلف گزارش شده است که بر اساس نوع سلول‌های مورد مطالعه, می‌توان آن‌ها را به گروه‌های استخوان و دندان، اندام‌ها (تیروئید، قلب، کلیه، کبد، معده، چشم، اندام تناسلی و...)، سلول‌های عصبی و بافت مغزی، بافت جنین، پوست، سلول‌های سرطانی، رده‌های سلولی مختلف و سلول‌های خونی طبقه‌بندی نمود.

• **بافت استخوان و دندان.** اندازه سیستم اسکلتی در پستانداران موجب می‌شود تا میدان‌های الکترومغناطیسی برای نفوذ به اعماق بدن ناچار به مواجهه با استخوان‌ها باشند. در مطالعه‌ای که بدین منظور صورت گرفت, میدان الکترومغناطیسی پالسی ۱۵ هرتز با شدت ۰/۱ میلی‌تسلا برای مدت ۱۴ روز موجب تکثیر سلول‌های اوستئوبلاست نوزاد موش گردید, لاکن تمایز سلولی ایجاد نشد [۱۰]. در حالی‌که میدان ۱۵ هرتز با شدت ۱.۳ میلی‌تسلا برای مدت ۳ روز, موجب کاهش تکثیر و افزایش تمایز سلول‌های اوستئوبلاست گردید [۱۱]. به منظور بررسی تاثیر میدان‌های مغناطیسی بر ساختار هیستوپاتولوژیکی و آناتومیکی بافت لثه موش صحرایی از میدانی با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۸۰ گوس استفاده شد. آسیب به بافت لثه موجب کاهش ضخامت آن و بروز بیماری‌های لثه شد و آسیب دندانی را به دنبال داشت [۱۲]. لاکن تابش میدان مغناطیسی با شدت ۱۰ میلی‌تسلا به مدت ۱۲ساعت، در اندازه و شکل سلول‌های لیگامان ضریع دندانی تغییری ایجاد نکرد [۱۳]. مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۰، بر عدم تاثیر میدان‌های مغناطیسی پایدار ۲۹۰ میلی‌تسلا بر تمایز

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-08-04]

اوستئوژنیک و استخوانی شدن سلول‌های پالپ دندان اشاره داشت [۱۴]. هم‌چنین میدان مغناطیسی پالسی با فرکانس ۴ هرتز به مدت ۴۵ دقیقه، بر تعداد سلول‌های استخوان، سنتزپروتئین یا ساختارهای هسته‌ای سلول‌ها موثر نبود [۱۵]، اما میدان الکترومغناطیسی ۵۰ هرتز با شدتی بین ۰/۹ تا ۴/۸ میلی‌تسلا در مدت ۱۵ روز در سلول‌های اوستئوبلاست موجب افزایش تمایز سلولی شد و تاثیری بر تکثیر سلولی نداشت [۱۶].

• **اندام‌ها** (تیروئید، قلب، کلیه، کبد، معده، چشم، اندام تناسلی و...).

در مطالعه‌ای تجربی، قلب جنین موش تحت اثر میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۷۸ گوس به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفت. یافته‌ها بیانگر اثر منفی میدان بر رشد و نمو قلب و اثر مثبت آن بر افزایش تعداد گلبول‌های قرمز خون و ضربان قلب بود [۱۷]. هم‌چنین عضله قلب جنین موش صحرایی، روزانه به مدت ۸ ساعت در معرض میدان الکترومغناطیسی با شدت ثابت ۱۲۰گوس و فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز قرار گرفت. نتایج نشان‌دهنده کاهش رشد سلولی و تراکم هسته سلولی بود [۱۸]. تابش میدان مغناطیسی با فرکانس پایین ۶۰ هرتز و شدت ۰/۱ میلی‌تسلا فعالیت سلول‌های نوروآندوکرین در معده موش صحرایی را تحت تاثیر قرار داد [۱۹].

در سال ۱۳۸۳ موش‌های صحرایی به مدت چهار ماه و روزانه چهار ساعت در معرض میدان الکترومغناطیسی با شدت ۳ میلی‌تسلا قرار گرفتند. میدان بر روند تکامل طبیعی اووژنز تأثیر گذاشت [۲۰]. در سال ۱۳۸۷ موش‌ها به مدت دو هفته، در معرض میدانی با شدت ۰/۵ میلی‌تسلا و فرکانس ۵۰ هرتز قرارگرفتند اما مطالعات بافت‌شناسی تغییری در بافت تخمدان نشان نداد [۲۱]. در مطالعه‌ای دیگر، موش‌های صحرایی در معرض میدان مغناطیسی ۳ میلی‌تسلا و به مدت ۴ ماه قرار گرفتند. نتایج بر تغییرات غشایی و القاء آپوپتوز در اپی‌تلیوم لوله رحم دلالت داشت [۲۲].

در آزمونی میدان مغناطیسی با شدت یک میکروتسلا، سبب آسیب به روند اسپرماتوژنز موش صحرایی شد [۲۳]، هم‌چنین امواج الکترومغناطیسی با شدت ۰/۵ میلی‌تسلا و فرکانس ۵۰ هرتز در مدت ۸ هفته باعث تغییرات مورفومتریک سلول‌های اپیتلیوم اپیدیدیم و مجرای دفران موش شد [۲۴]. به منظور تاثیر امواج الکترومغناطیسی بر اسپرماتوژنز، موش‌های صحرایی در معرض میدان مغناطیسی ۱/۱۵ میکروتسلا قرار گرفتند. قابلیت تحرک اسپرم‌ها در موش صحرایی با افزایش شدت میدان مغناطیسی به صورت معنی‌داری کاهش پیدا نمود [۲۵].

میدان مغناطیسی ۵ هرتز با شدت‌های کم در بافت کلیه خوکچه هندی باعث تورم سلول‌های اپیتیال توبول‌های کلیه و در نهایت نکروز سلولی و کاهش لومن داخل توبول‌ها و هم‌چنین باعث اتساع گلومرول‌ها و چسبیدن گلومرول‌ها به کپسول بومن شد [۲۶]، در حالی‌که آزاد شدن کاته کولامین از سلول‌های کرومافین مدولای غده فوق کلیه کشت داده شده گاوی، به میدان‌های مغناطیسی (۶ هرتز، شدت ۰/۱ تا ۲ میلی‌تسلا) حساس نبود [۲۷].

نتایج بررسی اثرات میدان مغناطیسی با فرکانس پایین (۴۰هرتز، شدت ۱۰میلی‌تسلا) بر سلول‌های پوششی تیروئید موش‌های صحرایی ماده بیانگر تغییرات مورفولوژی سلول‌های پوششی تیروئیدی و افزایش متابولیسم سلولی بود [۲۸]. در مطالعه دیگر شبکیه موش صحرایی نر در مواجهه با میدان مغناطیسی (فرکانس ۵۰ تا ۶۰ هرتز، شدت ۳ میلی‌تسلا) قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها بر افزایش فعالیت تکثیری سلول‌های گیرنده نور دلالت داشت [۲۹]، هم‌چنین تابش میدان مغناطیسی با فرکانس پایین ۵۰ هرتز (۷ روز به مدت ۴ ساعت) بر سلول‌های ملتحمه چشم، منجر به تغییرات مورفولوژیکی ملتحمه و کاهش تعداد سلول‌ها شد و علائم خشکی چشم را به‌دنبال داشت [۳۰].

• **بافت جنین.** میدان مغناطیسی سینوسی ۱۰۰ هرتز با شدت ۰/۷ میلی‌تسلا در مدت ۲۴ ساعت موجب تکثیر

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-08-04]

سلول‌های فیبروبلاست جنین جوجه گردید [۳۱]، اما در موش‌های بارداری که در میدان الکترومغناطیسی ضعیف ۵ میلی‌تسلا و فرکانس ۵۰ هرتز قرار گرفتند، تغییر قابل توجهی در حجم کبد و تعداد مگاکاریوسیت‌های جنین‌ها ایجاد نشد [۱۷].

مواجهه با میدان‌های مغناطیسی (شدت ۰/۱ و ۳ میلی‌تسلا) به تضعیف دانسیته نورونی هسته‌های پری‌اپتیک میانی موش مذکر در دوره پری‌ناتال منجر شد [۳۲]. با اعمال میدان مغناطیسی ۵۰ هرتز با شدت ۰/۱ و ۱ و ۲/۳ میلی‌تسلا، تنها شدت ۲/۳ میلی‌تسلا توانست تغییر چشم‌گیری در سطوح نسخه‌برداری ژن‌های تنظیمی ایجاد کند [۳۳]. تاثیر میدان مغناطیسی پایدار بر سلول اندوتلیال عروق جنینی انسان به شدت میدان بستگی داشت [۳۴]، هم‌چنین اثرات تشدیدکننده مهاری را پامایسین تحت میدان الکترومغناطیسی با فرکانس پایین و شدت ۴۰۰ گوس بر آنزیوژنز جوجه مشاهده شد [۳۵].

اما میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۲۰۰ گاؤس دارای اثر مهاری بر آنزیوژنز در جوجه بود و تعداد و طول انشعابات عروقی را کاهش داد [۳۶].

قرار دادن موش‌های باردار در امواج الکترومغناطیسی ضعیف ۰/۵ میلی‌تسلا و ۵۰ هرتز به مدت ۸ ساعت در روز، سبب افزایش تعداد مگاکاریوسیت‌ها و کاهش وزن نوزادان زنده گردید [۳۷]. مواجهه با میدان الکترومغناطیسی ۵۰ هرتز، ۸۰ گوس در مدت ۸۰ روز تمایز بافت جنینی موش به غضروف را به‌دنبال داشت [۷]. میدان مغناطیسی پایدار با شدت یک میلی‌تسلا باعث افزایش تمایز سلول‌های FLK-1+ سلول‌های بنیادی جنینی موش به سلول‌های عضله قلب با ورود کلسیم شد [۹].

• **سلول‌های پوست.** به منظور بررسی تاثیر میدان بر پوست، فیبروبلاست‌های موش به مدت یک ساعت تحت تابش میدان مغناطیسی ۵۰ هرتز با شدت ۲ میلی‌تسلا قرار گرفت. یافته‌ها بر کاهش تکثیر دلالت داشت [۳۸]. هم‌چنین قرارگیری پوست در معرض میدان مغناطیسی پایدار ۰/۲ تسلا به مدت یک ساعت به تغییرات در فیبروبلاست اشاره داشت [۳۹] در حالی‌که تابش میدان الکترومغناطیسی پالسی ۵۰ هرتز با شدت ۵ میلی‌تسلا برای مدت ۳ تا ۷ روز به سلول‌های بنیادی پوست موجب تمایز سلولی شد [۴۰].

• **سلول‌های سرطانی.** نگرانی‌هایی در رابطه با پیدایش سرطان و امواج الکترومغناطیس وجود دارد که تحقیقات در این زمینه را می‌طلبد. بدین منظور مطالعاتی در این زمینه صورت گرفته است. اعمال میدان مغناطیسی یک‌نواخت ۷ تسلا در مدت ۳ و ۲۴ ساعت بر سلول‌های سرطان خون موش و فیبروبلاست همستر چینی تاثیرگذار نبود [۴۱]، هم‌چنین تغییر معنی‌داری در تابش میدان الکترومغناطیسی پالسی ۱/۵ میلی‌تسلا و فرکانس ۲۵ هرتز بر سلول‌های سرطانی سینه MCF-7 مشاهده نشد [۴۲]، در حالی‌که تابش میدان مغناطیسی پالسی ۲۰۰ میکروتسلا و فرکانس ۲۱۷ هرتز باعث افزایش رشد سلول‌های سرطانی فیبروسارکوما در موش‌ها شد [۴۳]. هفت روز تابش‌گیری ممتد سلول‌های نوروبلاستوما با میدان مغناطیسی یک میلی‌تسلا ۵۰ هرتز موجب افزایش اندکی در تکثیر سلول‌ها گردید [۴۴]. هم‌چنین میدان مغناطیسی ۵۰ هرتز با شدت یک میلی‌تسلا برای مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت به سلول‌های نوروبلاستوما موجب کاهش تکثیر سلولی شد [۴۵].

• **رده‌های سلولی مختلف و سلول‌های خونی.** در مطالعه‌ای از ترکیب میدان‌های مغناطیسی پایدار و متناوب برای بررسی تغییر هدایت کلسیم در لنفوسیت استفاده شد. وقوع اثرات بیولوژیکی با میدان‌های مغناطیسی پایدار در فرکانس پایین ۱۶هرتز به دو عامل فرکانس و شدت میدان مغناطیسی بستگی داشت [۴۶]. هم‌چنین در آزمایش دیگری سلول‌های موش تحت تابش میدان مغناطیسی پایدار ۲۵۰ تا ۱۵۰۰ گوس قرار گرفتند. تابش میدان با افزایش کلسیم درون سلولی در ماکروفاژها، کاهش واکنش‌های میتوژنیک در لنفوسیت‌ها و افزایش آپوپتوز همراه بود [۴۷].

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-08-04]

در سال ۲۰۰۱ مطالعه‌ای برای بررسی تغییرات پارامترهای خونی در تابش شدید (۵ میلی‌تسلا) میدان مغناطیسی پایدار در موش‌ها صورت گرفت. نتایج به‌دست آمده بر افزایش چشم‌گیری در سلول طحال موش صحرایی دلالت داشت [۲]، لاکن میدان مغناطیسی با فرکانس ۳ هرتز تکثیر سلول‌های SPD8/V79 همستر چینی را به طور چشم‌گیری کاهش داد [۴۸]. میدان مغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۶۰ میکروتسلا میزان آپوپتوز در لنفوسیت‌های طبیعی و سلول‌های لنفوبلاست انسان را افزایش داد [۴۹]. هم‌چنین تابش‌گیری ۷۲ ساعته با میدان مغناطیسی پایدار به شدت یک تسلا، فعالیت متابولیکی سلول‌های خونی HL-60 انسانی را تا ۸۱ درصد کاهش داد [۵۰].

مطالعات نشان داد که اثرات القایی در ترازهای سلولی به چگالی شار مغناطیسی پایدار و زمان تابش (دقیقه یا ماه) بستگی دارد [۵۱]. در مواجهه طولانی‌مدت کارگران با میدان‌های الکترومغناطیسی، همه اندیکس‌های خونی در محدوده نرمال بود و یافته‌های غیر طبیعی دال بر بیماری‌های هماتولوژیک به‌دست نیامد [۵۲] اما میدان مغناطیسی پایدار ۶ میلی‌تسلا بر تمایز مونوسیت‌های میلوئیدی سلول‌های U937 تحریک شده با غلظت پایین گلوتامین تاثیرگذار بود [۶].

مطالعه سال ۲۰۰۷، به اثرات حاد ژنوتوکسیک وسیتوتوکسیک میدان مغناطیسی یک‌نواخت یک میلی‌تسلا، فرکانس ۵۰ هرتز بر سلول‌های مغز استخوان موش صحرایی اشاره داشت [۵۳] هم‌چنین میدان مغناطیسی ۵۰ هرتز (شدت ۸/۸-۸۴ میکروتسلا) به مدت ۴۰ ساعت در هفته بر گلبول‌های قرمز جوش‌کاران تاثیرگذار بود [۵۴]. میدان مغناطیسی پایدار ۶ میلی‌تسلا بر کاهش بیان hsp70, bcl-2 و افزایش بیان bax در لنفوسیت‌های سال‌خورده دلالت داشت [۵۵]، هم‌چنین بیست و هشت روز تابش‌گیری ممتد موش در میدان مغناطیسی پایدار با شدت ۱۶ میلی‌تسلا موجب افزایش تعداد سلول‌های لنفوسیت طحال گردید [۵۶]، اما اعمال میدان مغناطیسی پایدار (۱۵ میلی‌تسلا، ۴۰ مگاهرتز) در مدت ۵ ساعت بر سلول‌های بنیادی مغز استخوان موش صحرایی هیچ اثر قابل مشاهده‌ای بر توالی چرخه سلولی نداشت [۵۷].

• **سلول‌های عصبی و بافت مغز.** برخی مطالعات انجام شده با میدان الکترومغناطیسی پالسی به درمان جراحت در اعصاب موش‌های صحرایی دلالت دارد. تابش ۱۵ دقیقه‌ای میدان الکترومغناطیسی پالسی ولتاژ بالا، ترمیم عضوهای مجروح و احیای میلین آکسون‌ها را تسریع بخشید [۵۸]. در حالی‌که که میدان مغناطیسی متناوب ۵۰ هرتز با شدت‌های ۱۰-۱۵۰ گوس نتوانست فعالیت سیناپسی را بهبود دهد [۵۹]. در مطالعه‌ای دیگر مورفولوژی سلول‌های عصبی تابش‌دیده با میدان مغناطیسی ۰/۲ تسلا در مدت ۱۵ دقیقه به طور چشم‌گیری تغییر یافت [۶۰]. در سال ۲۰۰۰ مطالعه‌ای برای بررسی تاثیر میدان مغناطیسی ۶۰ هرتز با شدت ۰/۱ میلی‌تسلا بر سلول‌های استروسیتی انجام شد. یافته‌ها افزایش تکثیر سلول‌های استروسیتی را گزارش داد [۱]، لاکن تابش‌گیری شدید سلول‌های استروگلیال در میدان مغناطیسی پایدار (با شدت یک میلی‌تسلا) هیچ تغییری در تکثیر سلول‌ها ایجاد نکرد [۶۱]. میدان الکترومغناطیسی با فرکانس پایین (۰/۵ میلی‌تسلا و فرکانس ۵۰ هرتز) در مدت زمان طولانی باعث تغییرات مورفولوژیکی در نورون‌های کورتکس فرونتال موش صحرایی شد [۶۲]. در حالی‌که میدان مغناطیسی پایدار ۸/۰۸ میلی‌تسلا موجب افزایش انتقال نوروترانسمیتر در سیستم عصبی خرچنگ گردید [۶۳]، هم‌چنین میدان ۶۰ هرتزی با شدت ۲/۵ گوس باعث افزایش فعالیت مغزی در ثبت EEG شد [۶۴]. در همین رابطه بیان شده که میدان‌های مغناطیسی کم‌فرکانس حتی در شدت‌های کم (mT، ۶۰ Hz ۰/۱) نیز می‌تواند توسط مغز انسان ثبت شده و بر EEG اثر نماید [۶۵].

بدیهی است که در صورت ایجاد اختلال در عمل‌کرد سلول پس از تابش میدان مغناطیسی، باید تغییرات رفتاری یا اختلال در حافظه ظاهر گردد. برخی معتقدند که در شدت‌های بالاتر از ۷۵ μT تغییر رفتاری با افزایش شدت میدان افزایش می‌یابد

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-08-04]

و تابش‌گیری حاد در میدان مغناطیسی می‌تواند موجب کاهش یادگیری فضایی و اختلال عمل‌کرد حافظه موش شود [۶۶]. هم‌چنین مشخص شده که در تابش‌گیری با میدان مغناطیسی ۰/۱ mT با فرکانس‌های ۳۰ و ۴۰ هرتز، فرایند یادگیری بهبود یافته است [۶۷].

در مطالعه‌ای دیگر به بررسی اثر میدان الکترومغناطیسی ۰/۱ mT، ۵۰ Hz بر انسان پرداخت شده است. نتایج نشان داد که میدان مغناطیسی بر میزان دقت افراد اثر دارد اما نمی‌توان پارامترهای مشخصی را بدین منظور تعیین نمود [۶۸]. آزمایشات انجام شده بر انسان بیانگر آن است که تابش میدان یک میلی‌تسلا، ۵۰ هرتز موجب بروز آثار تاخیری در رفتار انسان شده [۶۹]، حتی تابش‌گیری یک ساعته با شدت‌های یک میلی‌تسلا موجب کاهش فوری ادراک، شناخت و حافظه می‌شود که می‌تواند ناشی از حساسیت افراد به میدان الکترومغناطیسی باشد [۷۰].

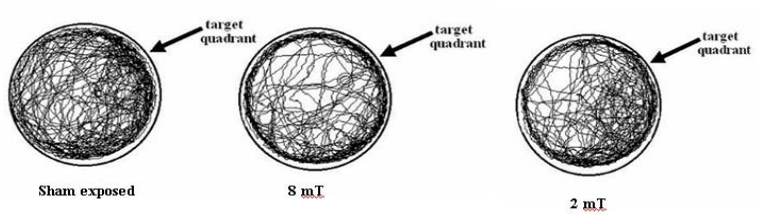
هم‌چنین مطالعات نشان داده که به‌کارگیری میدان مغناطیسی (۵۰ یا ۶۰ هرتز) پیش از یادگیری می‌تواند بر عمل‌کرد حیوانات موثر باشد. از این‌رو تابش یک میلی‌تسلا در فرکانس‌های ۵۰ و ۶۰ هرتز باعث تغییر در سرعت شنا و اختلال در یادگیری فضایی موش صحرایی در ماز آبی شده است [۷۳،۷۲،۷۱]. اما نکته با اهمیت این است که بلافاصله پس از اعمال میدان مغناطیسی ۲ mT کاهش فعالیت قشر ناحیه فرونتال و هیپوکامپ ایجاد شده و می‌تواند بر حافظه حیوانات اثر نماید [۷۴]، هم‌چنین تابش‌گیری طولانی‌مدت با شدت ۳ میلی‌تسلا موجب افزایش ترشح کورتیکوسترون و بروز رفتارهای شبه اضطرابی در موش گردید [۷۵].

به بیان کلی شدت میدان مغناطیسی و مدت تابش, از عوامل مهم اثربخشی میدان‌ها است. به عنوان مثال تابش‌گیری در میدان‌های ۷/۵ μT تا ۷/۵ mT حتی به مدت ۴۵ دقیقه، در روزهای اول آزمایش موجب کاهش مهارت حیوانات می‌شود [۷۶]. اما مطالعات انجام شده توسط نویسنده این مقاله بیانگر آن بوده که ۱۰ دقیقه تابش‌گیری موش با شدت ۷/۵ میلی‌تسلا، تاثیری بر فرایند به خاطرآوری حافظه در ماز T شکل نداشته [۷۷] که می‌تواند ناشی از دقت کم ماز T شکل در ارزیابی حافظه حیوانات باشد. اما با تغییر شیوه آزمایشات حیوانی، هر چند ۲۰ دقیقه تابش‌گیری با شدت ۲ میلی‌تسلا تاثیری بر حافظه فضایی نداشت، لاکن میدان مغناطیسی با شدت ۸ میلی‌تسلا, فرایند تثبت حافظه موش صحرایی را در ماز آبی مختل نموده و همان‌طور که در تصویر ۲ مشخص است باعث تغییر الگوی شنای حیوانات شد [۷۸].

به نظر می‌رسد که بروز اثرات تابش‌گیری علاوه بر این‌که دارای یک آستانه شدت میدان مغناطیسی است، به نوع مطالعه، گونه‌های تحت آزمایش و روش‌های آزمون نیز بستگی دارد [۶۶]. اما در صورتی‌که زمان تابش‌گیری حیوانات تا ۳ ساعت افزایش یابد، حتی در شدت‌های کم‌تر از ۰/۱ میلی‌تسلا نیز می‌توان تغییرات ایجاد شده در فعالیت هیپوکمپ و بخش فرونتال قشر مغز را ثبت کرد. از این‌رو نتایج آزمون‌ها به شدت میدان مغناطیسی و مدت تابش‌گیری بستگی دارد و با افزایش مدت تابش‌دهی، اثرات میدان‌ها حتی در شدت‌های کم نیز ظاهر خواهد شد [۷۹].

نکته دیگری که باید در مطالعات حافظه به آن توجه شود، اثر متفاوت میدان مغناطیسی بر مراحل مختلف حافظه (اکتساب، تثبیت و به خاطرآوری) است. اغلب مطالعات انجام شده بر مرحله اکتساب, دارای چند جلسه تابش‌گیری قبل از یادگیری می‌باشند در حالی‌که برای بررسی فاز تثبیت معمولاً فقط یک جلسه تابش‌گیری وجود دارد که بلافاصله پس از یادگیری اعمال شده تا اثر میدان بر فرایندهای پروتئین‌سازی حافظه مشخص گردد. از این‌رو نمی‌توان نتایج حاصل از آزمایشات مختلف را به یک‌دیگر تعمیم داد.

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-08-04]



تصویر ۲: تفاوت الگوی شنای موش صحرایی در ماز آبی پس از تابش گیری [۷۸].

بحث و نتیجه‌گیری

طیف امواج الکترومغناطیسی دارای محدوده وسیعی است که امواجی با کم‌ترین فرکانس تا امواج تراهرتز را شامل شده و در زندگی انسان کنونی کاربری‌های بسیار زیادی دارد. هر چند مکانیسم اثر امواج الکترومغناطیسی پرفرکانس (مانند امواج تلفن همراه) بر سلول و ساختارهای مولکولی و بیولوژیکی دارای ابهام است, لاکن تئوری وجود پنجره فرکانسی و اثر مدولاسیون امواج بر سلول در این محدوده فرکانسی مطرح گردیده است [۸۰]. بر خلاف امواج پرفرکانس, در محدوده فرکانس بسیار کم (ELF), آستانه انرژی مورد نیاز برای ایجاد تغییرات سلولی کم‌تر از آن است که بتواند اثر حرارتی در بافت‌ها ایجاد نماید. از این‌رو برای مقاصد درمانی (مانند ترمیم شکستگی استخوان، بهبود زخم و ...) میدان‌های الکترومغناطیسی ELF با فرکانس‌ها و مدولاسیون گوناگون تحت عنوان میدان‌های مغناطیسی پالسی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۸۰]. از این‌رو بررسی تاثیر میدان‌های ELF بر سلول‌ها می‌تواند راهنمای مناسبی برای ارائه روش‌های بی‌خطر و نوین‌درمانی باشد. مهم‌ترین یافته‌های حاصل از ۷۰ مقاله چاپ شده در ژورنال‌های مختلف را که در این مطالعه مروری مورد بررسی قرار گرفته است می‌توان در دو بخش تکثیر و تمایز سلولی مطابق جدول ۱ طبقه‌بندی نمود. جمع‌بندی داده‌ها بیانگر آن است که:

۱- پاسخ فیزیولوژیکی سلول در میدان الکترومغناطیسی بستگی به تاریخچه رشد سلولی (سن سلول و تمایز سلولی) دارد [۸۱].

۲- به کارگیری میدان الکترومغناطیسی با فرکانس بسیار کم پایدار (Static) تنها در موارد اندکی باعث تکثیر یا تمایز سلولی گردیده است [۵۶], در حالی‌که تاثیر میدان‌های الکترومغناطیسی پالسی ۶۶ درصد مطالعات جدول یک را شامل می‌شود.

۳- با بررسی نتایج به‌دست آمده با میدان‌های الکترومغناطیسی پالسی مشخص شد که بیش‌ترین تاثیر میدان ELF بر تکثیر سلولی است و در موارد اندکی تمایز سلولی مشاهده می‌شود [۱۶,۱۱,۷].

۴- هر چند بیش‌ترین میزان تکثیر سلولی در مطالعات فرکانسی بین ۱۵ تا ۶۰ هرتز مطرح شده لاکن فرکانس ۵۰ هرتز بیش از دیگر فرکانس‌ها موثر بوده است. از این‌رو احتمالاً وجود پنجره فرکانسی, مهم‌ترین عامل تاثیر میدان الکترومغناطیسی با فرکانس بسیار کم بر فرایند تکثیر سلولی است.

۵- تکثیر سلولی زمانی مشاهده می‌شود که چند جلسه تابش‌گیری وجود داشته یا تابش‌دهی سلول‌ها برای ساعت‌های طولانی (به‌صورت مزمن) انجام گیرد. هر چند در موارد نادر تابش‌دهی در یک جلسه هم موجب تکثیر سلولی گردیده است [۴۸،۷].

۶- برای القای تکثیر سلولی, اثر میدان الکترومغناطیسی پالسی در شدت‌های بیش از ۰/۱ میلی‌تسلا با شدت‌های کم‌تر از آن برابر است. در حالی‌که تمایز سلولی در شدت‌های بیش از یک میلی‌تسلا گزارش شده است [۱۶,۱۱,۷] اما برای ایجاد تمایز سلولی با میدان الکترومغناطیسی پایدار (Static) نیاز به میدان‌های قوی‌تری است [۵۶،۵].

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-08-04]

جدول ۱. مشخصات مطالعاتی که نتایج آن‌ها بیان‌گر اثر میدان های الکترومغناطیسی با فرکانس بسیار کم بر تکثیر و تمایز سلولی است

Katsir	1998	فیبروبلاست	100 Hz, 0.7 mT , 24 h	تکثیر+
Wei	2000	آستروسیتوم	60 Hz, 30-120 uT, 3-72 h	تکثیر+
Olsson	2001	SPD8	8 Hz , 21 uT- 15 h	تکثیر+
Pirozzoli	2003	نوروبلاستوم	50 Hz , 1 mT, 7 d	تکثیر+
Chang	2004	اوستیوبلاست	15 Hz, 0.1 mT, 14 d	تمایز−، تکثیر+
Hannay	2005	اوستیوسارکوم	15 Hz , 1.3 mT, 3 d	تمایز+، تکثیر−
Bertolino	2006	بافت	Static MF, 160 mT, 15 d	ترمیم +
Sun	2009	سلول بنیادی مغز استخوان	15 Hz, 0-1.8 mT, 24 h	تکثیر+
Khaki	2010	شبکیه	50- 60 Hz, 3 mT, 4 w	تکثیر+
Anissian	2010	سلول مزانشیم	50 Hz, 8 mT, 8h	تمایز+
Zhou	2011	اوستیوبلاست	50 Hz, 0.9- 4.8 mT, 15 d	تمایز+، تکثیر−
Hong	2011	سلول غدد درون ریز	60 Hz, 0.1 mT, 2 w	تکثیر+
Djordjevich	2012	لنفوسیت	Static MF, 16 mT, 28 d	تکثیر+
Zhang	2013	سلول بنیادی پوست	50 Hz, 5 mT, 3-7 d	تکثیر+

با جمع‌بندی مقالات منتشر شده که مربوط به بررسی اثر میدان الکترومغناطیسی بر یادگیری و حافظه هستند، می‌توان به نکته کلیدی زیر دست یافت:

- در صورت استفاده از تست‌های ارزیابی که دارای دقت کافی باشند، نتیجه مطالعات انجام شده بر آزمون‌های یادگیری و حافظه، به شدت میدان الکترومغناطیسی و مدت تابش بستگی داشته و با افزایش زمان تابش‌گیری، اثرات میدان‌ها حتی در شدت‌های کم نیز ظاهر خواهد شد [۷۹].

از آن‌جا که سلول‌های بنیادی یکی از مهم‌ترین جمعیت‌های سلولی هستند که قابلیت تکثیر بالایی داشته و توانایی تبدیل و تمایز به سلول‌های دیگر از جمله سلول‌های خونی، استخوانی، ماهیچه‌ای، قلبی، عصبی و غضروفی و... را دارا می‌باشند، استفاده از میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس بسیار کم می‌تواند به‌عنوان یک عامل محرک بی‌خطر به کار گرفته شده تا در شرایط خاص موجب تکثیر و تمایز سلول‌ها گردیده و راهی برای درمان ضایعات بافت‌های گوناگون باشد. از این‌رو ضرورت مطالعه بیش‌تر در این راستا احساس می‌شود.

منابع

[1] Wei M, Guizzetti M, Yost M, Costa LG. Exposure to 60-Hz magnetic fields and proliferation of human astrocytoma cells in vitro. Toxicol Appl Pharmacol 2000; 162: 166-176.

[2] Ding GR, Nakahara T, Tian FR, Guo Y, Miyakoshi J. Transient suppression of X-Ray-Induced apoptosis by exposure to power frequency magnetic fields in MCF-7 cells. Biochem Biophys Res Commun 2001; 286: 953-957.

[3] Potenza L, Ubaldi L, De Sanctis R, De Bellis R, Cucchiarini L, Dachà M. Effects of a static magnetic field on cell growth and gene expression in Escherichia coli. Mutat Res 2004; 561: 53-62.

[4] Rodríguez-De la Fuente AO, Heredia-Rojas JA, Mata-Cárdenas BD, Vargas-Villarreal J, Rodríguez-Flores LE, Balderas-Candanosa I, Alcocer-González JM. Entamoeba invadens: influence of 60Hz magnetic fields on growth and differentiation. Exp Parasitol 2008; 119: 202-206.

[5] Bertolino G, de Freitas Braga A, de Oliveira Lima do Couto Rosa K, de Brito Junior LC, de Araujo JE. Macroscopic and histological effects of magnetic field exposition in the process of tissue reparation in Wistar rats. Arch Dermatol Res 2006; 298: 121-126.

[6] Tenuzzo B, Dwikat M, Dini L. Static magnetic field selects undifferentiated myelomonocytes from low-glutamine concentration stimulated U937 cells. Tissue Cell 2008; 40: 177-184.

[7] Anissian A, Valiollahi S. Effects of electromagnetic field (50 Hz) on mouse embryonic tissue differentiation. J Kashan Uni Med Sci 2010; 14: 223-228. (Persian).

[8] Khaki AA, Sedghi M, Eftekhari Milani AA, Roshangar L, Soleymani Rad J, Mohammadnejad D. Ultrastructural and morphometric study of rat retinal EMF. J Tabriz Uni Med Sci 2011; 33: 18-24. (Persian).

[9] Bekhite MM, Figulla HR, Sauer H, Wartenberg M. Static magnetic fields increase cardiomyocyte differentiation of Flk-1+ cells derived from mouse embryonic stem cells via Ca2+ influx and ROS production. Int J Cardiol 2013; 167: 798-808.

[10] Chang WH, Chen LT, Sun JS, Lin FH. Effects of pulsed-burst electromagnetic field stimulation on osteoblast cell activities. Bioelectromagnetics 2004; 25: 457-465.

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-08-04]

[11] Hannay G, Leavesley D, Pearcy M. Timing of pulsed electromagnetic field stimulation does not affect the promotion of bone cell development. Bioelectromagnetics 2005; 26: 670-676.

[12] Anissian A, Khaki A, Gharachulo S, Khaki A, Sahizadeh R, Javadi L. The effects of an electromagnetic field on the gingival tissue apoptosis in rat. Ofogh-e-Danesh (J Gonabad Uni Med Sci) 2008; 14: 32-38. (Persian).

[13] Xu C, Fan Z, Chao YL, Du L, Zhang FQ. Magnetic fields of 10 mT and 120 mT change cell shape and structure of F-actins of periodontal ligament cells. Bioelectrochemistry 2008; 72: 41-46.

[14] Hsu SH, Chang JC. The static magnetic field accelerates the osteogenic differentiation and mineralization of dental pulp cells. Cytotechnology 2010; 62: 143-155.

[15] Noriega-Luna B, Sabanero M, Sosa M, Avila-Rodriguez M. Influence of pulsed magnetic fields on the morphology of bone cells in early stages of growth. Micron 2011; 42: 600-607.

[16] Zhou J, Ming LG, Ge BF, Wang JQ, Zhu RQ, Wei Z, et al. Effects of 50 Hz sinusoidal electromagnetic fields of different intensities on proliferation, differentiation potentials of rat osteoblast. Bone 2011; 49: 753-761.

[17] Babai s, Bayat P, Rafiei M. Effect of low electromagnetic fields on fetal death and bone marrow megakaryocytes in NMRI mouse neonates. J Hamedan Univ Med Sci 2007; 14: 5-11. (Persian).

[18] Bayburdi A, Soleymanirad M. Evaluating of the effects of uniform Electromagnetic field on Cardic muscle development in rats. Tabriz Univ Med Sci 2000; 4: 9-14 (Persian).

[19] Hong ME, Yoon KH, Jung YY, Lee TJ, Park ES, Sohn UD, Jeong JH. Influence of exposure to extremely low frequency magnetic field on neuroendocrine cells and hormones in stomach of rats. Korean J Physiol Pharmacol 2011; 15: 137-142.

[20] Roshangar L, Soleimanirad J. Electron microscopic study of folliculogenesis after exposure to electromagnetic field. Barvari & Nabarvari 2004; 5: 299-307. (Persian).

[21] Zyarany Sabbagh F, Borhani N, Rajai F, Esmaeili MH. Effect of low frequency electromagnetic field on fertility and ovarian tissue in mice Pyshlanhgzyny stage. Iran J Endocrinol Metab 2008; 10: 644-647. (Persian).

[22] Mohseni KH, Parivar K, Mashhadi M, Golbostan E. Long-term culture of mouse embryo heart Balb / C, and the impact of electromagnetic fields and L-Arginine on the growth and differentiation. Med Sci J Islamic Azad Univ Tehran Med Branch 2009; 19: 1-10. (Persian).

[23] Roshangar L, Soleimanirad J. Electromagnetic field effects on the ultrastructure of fallopian tube epithelium and occurrence of apoptosis with or without the influence of gonadotropin hormone menopausal. Med J Tabriz Univ Med Sci 2008; 30: 47-53. (Persian)

[24] Rajaei F, Farokhi M, Ghasemi N, Sarreshtedari M, Gheybi N, Saraee M. Effect of electromagnetic field on mice epididymis and vas deferen - A morphometric study. J Gorgan Uni Med Sci 2009; 11: 1-7. (Persian).

[25] Mortazavi SMJ, Tavassoli A, Ranjbari F, Moammaiee P. Effects of laptop computers' electromagnetic field on sperm quality. Barvari & Nabarvari 2010; 11: 251-258. (Persian).

[26] Alivandi farkhadi S, Zare S, Hayat Geiby H. Effects of electromagnetic fields on kidney tissue in guinea pigs. Urmia Med J 2008; 19: 1-5. (Persian).

[27] Craviso GL, Chatterjee I, Publicover NG. Catecholamine release from cultured bovine adrenal medullary chromaffin cells in the presence of 60-Hz magnetic fields. Bioelectrochemistry 2003; 59: 57-64.

[28] Ogłodek E, Danuta M, Araszkiewicz A. Does exposure to extremely low frequency magnetic fields produce morphological changes in rat thyrocytes? New Medic 2009; 12: 40-42.

[29] Keklikci U, Akpolat V, Ozekinci S, Unlu K, Celik MS. The effect of extremely low frequency magnetic field on the conjunctiva and goblet cells. Curr Eye Res 2008; 33: 441-446.

[30] Jasemi M, Kheradmand A, Saki G, Zeinali M. The effect of the electromagnetic field and the protective effect of zinc on the number and motility of rats. J Hamadan Univ Med Sci 2009; 16: 11-15. (Persian).

[31] Katsir G, Parola AH. Enhanced proliferation caused by a low frequency weak magnetic field in chick embryo fibroblasts is suppressed by radical scavengers. Biochem Biophys Res Commun 1998; 252: 753-756.

[32] Mulligan S, Persinger MA. Perinatal exposures to rotating magnetic fields `demasculinize' neuronal density in the medial preoptic nucleus of male rats. Neurosci Lett 1998; 253: 29-32.

[33] Czyz J, Nikolova T, Schuderer J, Kuster N, Wobus AM. Non-thermal effects of power-line magnetic fields (50 Hz) on gene expression levels of pluripotent embryonic stem cells—the role of tumour suppressor p53. Mutat Res 2004; 557: 63-74.

[34] Li F, Xu KW, Wang HC, Guo WY, Han Y, Liu B, Zhang RQ. Effects of static magnetic field on human umbilical vessel endothelial cell. J Med Colleges PLA 2007; 22: 106-110.

[35] Zafarnejad S, Kazem P, Baharara J, Kochsfahani M, et al. The synergic effects of rapamycin and extremely low frequency electromagnetic field on angiogenesis. J Shahrekord Univ Med Sci 2009; 11: 70-76. (Persian).

[36] Baharara J, Saboori M. Effects of low frequency electromagnetic fields on chondrogenesis and osteogenesis of embryonic chick limb bud. Koomesh (J Semnan Univ Med Sci) 2010; 12: 66-71. (Persian).

[37] Bayat P, Darabi M. Effect of low electromagnetic fields on fetal death and bone marrow megakaryocytes in NMRI mouse neonates. J Gorgan Univ Med Sci 2009; 11: 8-12. (Persian).

[38] Schimmelpfeng J, Dertinger H. The action of 50 Hz magnetic and electric fields upon cell proliferation and cyclic AMP content of cultured mammalian cells. Bioelectroch Bioener 1993; 30: 143-150.

[39] Pacini S, Gulisano M, Peruzzi B, Sgambati E, Gheri G, Gheri Bryk S, et al. Effects of 0.2 T static magnetic field on human skin fibroblasts. Cancer Detect Prev 2003; 27: 327-332.

[40] Zhang M, Li X, Bai L, Uchida K, Wenfang B, Wu B, et al. Effects of low frequency electromagnetic field on proliferation of human epidermal stem cells: an in vitro study. Bioelectromagnetics 2013; 34: 74-80.

[41] Sakurai H, Okuno K, Kubo A, Nakamura K, Shoda M. Effect of a 7-tesla homogeneous magnetic field on mammalian cells. Bioelectrochem Bioenerg 1999; 49: 57-63.

[42] Laqué-Rupérez E, Ruiz-Gómez MJ, de la Peña L, Gil L, Martınez-Morillo M. Methotrexate cytotoxicity on MCF-7 breast cancer cells is not altered by exposure to 25 Hz, 1.5 mT magnetic field and iron (III) chloride hexahydrate. Bioelectrochemistry 2003; 60: 81-86.

[43] Allah Veisi F, Boloori B, Shooshtarizadeh T. Investigating the effects of pulsed 217Hz magnetic field on the growth and development of a transplanted fibrosarcoma tumor in Balb/c mice. Iran J Med Sci 2009; 16: 7-16. (Persian).

[44] Pirozzoli MC, Marino C, Lovisolo GA, Laconi C, Mosiello L, Negroni A. Effects of 50 Hz electromagnetic field exposure on apoptosis and differentiation in a neuroblastoma cell line. Bioelectromagnetics 2003; 24: 510-516.

[45] Marcantonio P, Del Re B, Franceschini A, Capri M, Lukas S, Bersani F, Giorgi G. Synergic effect of retinoic acid and extremely low frequency magnetic field exposure on human neuroblastoma cell line BE(2)C. Bioelectromagnetics 2010; 31: 425-433.

[46] Yost MG, Liburdy RP. Time-varying and static magnetic fields act in combination to alter calcium signal transduction in the lymphocyte. FEBS Lett 1992; 296: 117-122.

[47] Flipo D, Fournier M, Benquet C, Roux P, Le Boulaire C, Pinsky C, et al. Increased apoptosis, changes in intracellular Ca2+ and functional alterations in lymphocytes and macrophages after in vitro exposure to static magnetic field. J Toxicol Environ Health A 1998; 54: 63-76.

[48] Olsson G, Belyaev IY, Helleday T, Harms-Ringdahl M. ELF magnetic field affects proliferation of SPD8/V79 Chinese hamster cells but. Mutat Res 2001; 493: 55-66.

[49] Mangiacasale R, Tritarelli A, Scziamanna I, Cannone M, Lavia P, Barberis MC, et al. Normal and cancer-prone human cells respond differently to extremely low frequency magnetic fields. FEBS Lett 2001; 487: 397-403.

[50] Sabo J, Mirossay L, Horovcak L, Sarissky M, Mirossay A, Mojzis J. Effects of static magnetic field on human leukemic cell line HL-60. Bioelectrochemistry 2002; 56: 227-231.

[51] Miyakoshi J. Effects of static magnetic fields at the cellular level. Prog Biophy Mol Biol 2005; 87: 213-223.

[52] Fani A, Moieni A, Heidari Bateni M, Fani I, Chehrehi A, Fani P. The long term effects of occupational electromagnetic

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-08-04]

[53] Erdal N, Gürgül S, Çelik A. Cytogenetic effects of extremely low frequency magnetic field on Wistar rat bone marrow. Mutat Res 2007; 630: 69-77.

[54] Sharifian A, Gharavi M, Pasalar P, Aminian O. Effect of extremely low frequency magnetic field on antioxidant activity inspot welders. Int Arch Occup Environ Health 2009; 82: 259-266.

[55] Tenuzzo B, Vergallo C, Dini L. Effect of 60 mT static magnetic field on the bcl-2, bax, p53 and hsp70 expression in freshly isolated and in vitro aged human lymphocytes. Tissue Cell 2009; 41: 169-179.

[56] Djorjevich DM, De Luka SR, Milovanovich ID, Jankovic S, Stefanovic S, Veskovic-Moracanin S, et al. Hematological parameters changes in mice subchronically exposed to static magnetic field of different orientations. Ecotoxicol Environ Saf 2012; 81: 98-105.

[57] Sarvestani AS, Abdolmaleki P, Mowla SJ, Ghanati F, Heshmati E, Tavasoli Z, Jahromi AM. Static magnetic fields aggravate the effects of ionizing radiation on cell cycle progression in bone marrow stem cells. Micron 2010; 41: 101-104.

[58] Raji AR, Bowden RE. Effects of high-peak pulsed electromagnetic field on the degeneration and regeneration of the common peroneal nerve in rats. J Bone Joint Surg Br 1983; 65: 478-492.

[60] Calvo AC, Azanza MJ. Synaptic neurone activity under applied 50 Hz alternating magnetic fields. Compa Biochem Physiol C Pharmacol Toxicol Endocrin 1999; 124: 99-107.

[61] Pacini S, Vannelli GB, Barni T, Ruggiero M, Sardi I, Pacini P, Gulisano M. Effect of 0.2 T static magnetic field on human neurons: remodeling and inhibition of signal transduction without genome instability. Neurosci Lett 1999; 267: 185-188.

[62] Bodega G, Forcada I, Suárez I, Fernández B. Acute and chronic effects of exposure to a 1-mT magnetic field on the cytoskeleton, stress proteins, and proliferation of astroglial cells in culture. Environ Res 2005; 98: 355-362.

[63] Jelenković A, Janać B, Pešić V, Jovanović DM, Vasiljević I, Prolić Z. Effects of extremely low-frequency magnetic field in the brain of rats. Brain Res Bull 2006; 68: 355-360.

[64] Yeh SR, Yang JW, Lee YT, Tsai LY. Static magnetic field expose enhances neurotransmission in crayfish nervous system. Int J Radiat Biol 2008; 84: 561-567.

[65] Marino AA, Nilsen E, Frilot C. Consistent magnetic field induced dynamical changes in rabbit brain activity detected by recurrence quantification analysis. Brain Res 2003; 964: 317-326.

[66] Marino AA, Nilsen E, Chesson AL Jr, Frilot C. Effect of low-frequency magnetic fields on brain electrical activity in human subjects. Clin Neurophysiol 2004; 115: 1195-1201.

[67] Sienkiewicz ZJ, Haylock RG, Bartrum R, Saunders RD. 50 Hz magnetic field effects on the performance of a spatial learning task by mice. Bioelectromagnetics 1998; 19: 486-493.

[68] Lopuch S. A magnetic field effect on learning in male golden hamsters. Bahav processes 2009; 81: 133-135.

[69] Podd J, Abbott J, Kazantzis N, Rowland A. Brief exposure to a 50 Hz, 100 microT magnetic field: effects on reaction time, accuracy, and recognition memory. Bioelectromagnetics 2002; 23: 189-195.

[70] Legros A, Beuter A. Effect of a low intensity magnetic field on human motor behavior. Bioelectromagnetics 2005; 26: 657-669.

[71] Trimmel M, Schweiger E. Effects of an (50 Hz, 1 mT) electromagnetic field (EMF) on concentration in visual attention, perception and memory including effects of EMF sensitivity. Toxicol Lett 1998; 97: 377-382.

[72] Lai H. Spatial learning deficit in the rat after exposure to a 60 Hz magnetic field. Bioelectromagnetics 1996; 17: 494-496.

[73] Lai H, Carino MA, Ushijima I. Acute exposure to a 60 Hz magnetic field affects rats water-maze performance. Bioelectromagnetics 1998; 19: 117-122.

[74] Cui Y, Ge Z, Rizak JD, Zhai C, Zhou Z, Gong S, Che Y. Deficits in water maze performance and oxidative stress in the hippocampus and striatum induced by extremely low frequency magnetic exposure. PLoS One 2012; 7: 1-5.

[75] Lai H, Carino M. 60 Hz magnetic fields and central cholinergic activity: effects of exposure intensity and duration. Bioelectromagnetics 1999; 20: 284-289.

[76] Kitaoka K, Kitamura M, Aoi S, Shimizu N, Yoshizaki K. Chronic exposure to an extremely low-frequency magnetic field induces depression-like behavior and corticosterone secretion without enhancement of the hypothalamic pituitary adrenal axis in mice. Bioelectromagnetics 2013; 34: 43-51.

[77] Sienkiewicz ZJ, Bartram R, Haylock RG, Saunders RD. Single, brief exposure to a 50 Hz magnetic field does not affect the performance of an object recognition task in adult mice. Bioelectromagnetics 2001; 22: 19-26.

[78] Jadidi M, Firoozabadi SMP, Vafaei AA. The effect of short time 7.5 mT magnetic field on spatial learning in mice. J Iran Univ Med Sci 2006; 13: 67-76. (Persian).

[79] 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; 88: 387-392.

[80] Lai H, Carino M. 60 Hz magnetic fields and centra cholinergic activity: Effects of exposure intensity and duration. Bioelectromagnetics 1999; 20: 284-289.

[81] Funk RH, Monsees T, Ozkucur N. Electromagnetic effects – From cell biology to medicine. Prog Histochem Cytochem 2009; 43: 177- 264.

[82] Dini L, Abbro L. Bioeffects of moderate- intensity static magnetic fields on cell cultures. Micron 2005; 36: 195-217.

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-08-04]

Review article

Effects of extremely low frequency electromagnetic fields on cell proliferation

Majid Jadidi (PhD) [*1], Manouchehr Safari (PhD)[2], Atefeh Baghian (M.Sc)[1]

1 - Research Center of Physiology and Dept. of Medical Physics, Faculty of Medicine, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran

2 - Neural Stem Cell Research Center and Dept. of Anatomy, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran

(Received: 14 Jun 2013; Accepted: 19 Aug 2013)

The electromagnetic frequencies that induced normally in human body, comprise from the action potentials of nerves, heart tissue and skeletal muscles, were categorized in the range of extremely low frequencies. With increase in developed devices that produced or induced electromagnetic fields, human anxiety about effects of these fields on normal or abnormal body cell proliferation was increased. Experiments provided on cells and tissues indicated that electromagnetic fields at different strengths and frequencies had altered effects on cell proliferation and differentiation. Thus, this systematic review analyzed different findings and focused on extremely low frequency electromagnetic field effects on cell proliferation. The observations reinforced pulsed extremely low frequency electromagnetic fields in frequencies between 15-60 Hz had more effects on cell proliferation and less effect on cell differentiation. This effect was related to multi-session irradiation or cells long term exposure. Extremely low frequency electromagnetic fields can use as a safe stimulator for cell proliferation and repair of tissue damages.

Keywords: Electromagnetic fields, Extremely low frequency, Cell Proliferation

* Corresponding author: Fax: +98 231 4448999; Tel +98 231 4448998

Jadidim@sem-ums.ac.ir

How to cite this article:

Jadidi M, Safari M, Baghian A. Effects of extremely low frequency electromagnetic fields on cell proliferation. koomesh. 2013; 15 (1) :1-10

URL http://www.koomeshjournal.ir/browse.php?a_code=A-10-408-2&slc_lang=fa&sid=1

نحوه ارجاع به این مقاله:

جدیدی مجید، صفري منوچهر، باقیان عاطفه. اثرات میدان الکترومغناطیسی با فرکانس بسیار کم بر تکثیر سلولی. کومش . ۱۳۹۲; ۱۵ (۱) :۱-۱۰

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-08-04]