

The Histopathologic Effects of Mobile Phone Microwave in Rabbit Inner Pyramidal Cells

Rajaei F. *, Ph.D., Mardani M., M.Sc.

** Department of Anatomical Sciences, Molecular and Cellular Sciences Research Centre, Faculty of Medicine, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran*

Abstract

Purpose: To determine the effects of mobile phones waves on the inner layer of pyramidal cells in rabbit

Materials and Methods: 18 male rabbits were selected and were randomly divided into 3 groups. These group are control group (G₁) and experimental group (G₂ & G₃). 6 rabbits were placed in each group. The animals in experimental group were exposed to microwave (915 MHz and intensity of 3 watt) for 17 days (4 hours in G₂ & 8 hours in G₃ every day). After one week rest, the animals were exposed to microwave for 2 weeks again. Finally, following one week rest, the samples of frontal lobe of cerebral cortex in all groups were taken and were processed for light and electron microscopic studies. The numbers and diameter of inner pyramidal cells nuclei (Betz) were compared using statistical methods. Qualitative (based on heterochromatin) and quantitative (based on diameter and number of pyramidal cells nuclei) studies were carried out on the micrographs using Image tool soft ware. The data have been compared using statistical methods (SPSS, Kruskal Wallis, Danet and P<0.05).

Results: The analysis of the diameter of pyramidal cells nuclei in microwave exposed groups (G₂, G₃) showed significant decrease in comparison to control group (P<0.05). In the G₂ and G₃ group, the number of pyramidal cells show significant decrease in comparison to the control group (P<0.024). However, the number of pyramidal cells in G₂ and G₃ didn't show a significant decrease (P>0.74). The micrographs also confirmed increase in heterochromatin of pyramidal cells nucleus in experimental groups.

Conclusion: The light and electron microscopy findings show that the microwave have negative effects on rabbit cerebellum cortex by decreasing the nuclear activity, number and the diameter of pyramidal cells nuclei but further studies is needed to prove this data.

Key words: Heterochromatin, Mobile phone, Rabbit, Cerebrum, Pyramidal cells

آثار هیستوپاتولوژیک امواج شبیه سازی شده تلفن های همراه بر سلول های لایه هرمی داخلی مغز خرگوش

✍ فرزاد رجایی Ph.D.*، مرضیه مردانی M.Sc.*

* گروه علوم تشریح و مرکز تحقیقات علوم سلولی و ملکولی دانشگاه علوم پزشکی قزوین، ایران

تاریخ وصول: آبان ماه ۸۷، تاریخ پذیرش: بهمن ماه ۸۷

چکیده

هدف: بررسی آثار تابش امواج شبیه سازی شده تلفن های همراه بر سلول های هرمی لایه داخلی مغز خرگوش
مواد و روش ها: برای انجام این مطالعه از ۱۸ سر خرگوش نر نژاد نیوزیلندی سفید استفاده شد. خرگوش ها به طور تصادفی به یک گروه کنترل و دو گروه تجربی اول و دوم تقسیم شدند. هر گروه شامل ۶ سر خرگوش بود. حیوانات گروه تجربی به مدت ۱۷ روز متوالی در مواجهه با امواج مایکروویو با فرکانس ۹۱۵ مگاهرتز، شدت ۳ وات و مدولاسیون ۲۰۰ کیلو هرتز و پالس ۲۱۷ قرار داشتند. سپس یک هفته استراحت و دوباره دو هفته در معرض امواج مایکروویو قرار گرفتند. حیوانات در گروه تجربی اول روزانه به مدت ۴ ساعت و گروه تجربی دوم ۸ ساعت در معرض امواج مایکروویو قرار گرفتند. پس از اتمام این مدت یک هفته به حیوانات استراحت داده شد. سپس، حیوانات گروه تجربی و کنترل کشته شدند و نمونه هایی از لب فرونتال مغز آن ها برای مطالعه با میکروسکوپ نوری و الکترونی آماده شدند. بررسی های کیفی از نظر میزان هتروکروماتین هسته و کمی از نظر تعداد و اندازه سلول های هرمی در لایه هرمی داخلی در گروه های کنترل و تجربی با استفاده از برنامه کامپیوتری Image tool صورت گرفت و داده ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS و آزمون Kruskal Wallis و آزمون تعقیبی دانت در سطح معنی داری $p < 0.05$ آنالیز شد.

یافته ها: مطالعه حاضر نشان داد که میانگین قطر سلول های هرمی در گروه های تجربی کاهش معنی داری در مقایسه با گروه کنترل یافته است ($p < 0.05$). مقایسه میانگین تعداد سلول های هرمی نیز کاهش معنی داری را در گروه های تجربی نسبت به گروه کنترل نشان داد ($p < 0.034$). ولی این تفاوت بین گروه های تجربی اول و دوم معنی داری نبود ($p < 0.074$). بررسی میکروگراف های الکترونی نیز افزایش میزان هتروکروماتین هسته سلول های هرمی را در گروه های تجربی نسبت به گروه کنترل تأیید نموده است.
نتیجه گیری: یافته های مطالعه حاضر نشان می دهد که امواج مایکروویو با کاهش اندازه، تعداد و فعالیت هسته سلول های هرمی، می تواند باعث آسیب بر قشر مغز خرگوش شود ولی برای اثبات نتایج فوق به مطالعات بیشتری نیازمند است.

کلید واژه ها: تلفن همراه، خرگوش، مغز، هتروکروماتین

✉ آدرس مکاتبه: قزوین، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، گروه علوم تشریح

E-mail: frajaei@qums.ac.ir

مقدمه

زندگی روی کره زمین غوطه‌ور شدن در دریایی از میدان‌های الکترومغناطیس طبیعی است. طیف الکترومغناطیس دارای محدوده فرکانسی بسیار گسترده‌ای است که شامل فرکانس‌های بسیار پایین (نور مرئی)، رادیوفرکانس‌ها، مایکروویوها، تشعشعات مادون قرمز، تشعشعات فرابنفش، اشعه ایکس و اشعه گاما است [۱]. امواج مایکروویو شامل طیفی از امواج الکترومغناطیس در محدوده فرکانس ۳۰۰ مگا هرتز تا ۳۰۰ گیگا هرتز هستند و طول موج آن‌ها از ۱ میلی‌متر تا ۱ متر متغیر است [۲]. امواج ساطع شده از تلفن‌های همراه با فرکانس متوسط حدود ۹۰۰ مگا هرتز تا ۱ گیگا هرتز در این محدوده فرکانسی قرار دارند [۳].

گسترش روزافزون تعداد کاربران تلفن‌های همراه که مولد امواج مایکروویو (شامل طیفی از امواج الکترومغناطیس) هستند و گزارش‌های متعدد سال‌های اخیر در مورد آثار سوء این امواج بر فرایندهای مختلف رشد و نمو و ارگان‌های مختلف بدن انسان، باعث ایجاد نگرانی‌های بسیاری شده است. با وجود ضمانت هیأت‌های صنعتی و اداری مختلف از جمله هیأت مدیره حفاظت رادیولوژیک انگلستان (National Radiological Protection Board)، هنوز شک و تردیدهای بسیاری در این رابطه وجود دارد [۳]. این امر باعث توجه پژوهشگران بسیاری در سطح جهانی به مطالعه آثار زیستی این امواج بر سلامت زیستی انسان شده است و گزارش‌های متعددی نیز تا کنون در این رابطه انتشار یافته است. بر این اساس در بررسی حاضر، آثار هیستوپاتولوژیک امواج مایکروویو در محدوده امواج تلفن‌های همراه بر قشر مغز در خرگوش مطالعه شده است. اگر چه نتایج حاصل از بررسی‌های *in vivo* و *in vitro* ضد و نقیض هستند [۴]؛ اما بسیاری از مطالعات بیانگر آثار سوء این میدان بر موجود زنده است. از جمله آثار سوء میدان‌های الکترومغناطیس تأثیر بر شاخص‌های باروری در فرکانس‌های پایین [۵] و آسیب به

DNA سلول‌های مغزی [۶] است. با بررسی روی دانش آموزانی که در نزدیکی ایستگاه‌های رادیویی زندگی می‌کردند، به این نتیجه رسیدند که حافظه و تمرکز در آن‌ها رشد کمتری نشان داده، زمان واکنش کوتاه‌تر و قدرت دستگاه عصبی-عضلانی کاهش یافته است [۷]. همچنین با بررسی روی افراد نظامی شاغل در ایستگاه‌های رادیویی مشاهده کردند مردانی که با میدان‌های غیر یونیزه در تماس هستند بیشتر در معرض تومورهای مغزی قرار دارند [۸]. محققان نشان داده‌اند که مواجهه با امواج مایکروویو با توان پایین با اثر بر نفوذپذیری سد خونی - مغزی و سیستم ایلات-دوپامین مغزی در بروز سردرد تأثیر گذار است [۹]. از طرفی با تأثیر امواج تلفن‌های همراه بر مغز رت به این نتیجه رسیدند که این امواج در القای پروتئین‌های استرسی hsp_{80} (Heat Shock Proteins) نقش دارند. این پروتئین در شرایط هایپوکسی و استرس موجب حفظ ساختار پروتئین‌های سلولی می‌شود [۱۰ و ۱۱]. امواج تلفن‌های همراه بر وضعیت عملکرد سیستم عصبی مرکزی و قلب و عروق در تابش‌های با فرکانس بالا، تغییراتی را به صورت گرمای بسیار شدید در نواحی در معرض تابش ایجاد می‌کنند [۱۲]. میدان مغناطیسی پالسی منتشر شده توسط تلفن همراه در فرکانس بالا به مجموعه نفوذ کرده، می‌تواند پاسخ‌های الکتریکی مغز نسبت به محرکات شنوایی و فعالیت نورونی را تغییر دهد [۱۳]. میدان‌های الکترومغناطیس نیز می‌تواند سبب کاهش حافظه و یادگیری شوند [۱۴]. در مطالعه قبلی نشان داده شده است که امواج ساطع شده از تلفن‌های همراه باعث کاهش ارتفاع سلول‌های پورکنز مخچه خرگوش در گروه‌های تجربی نسبت به گروه کنترل می‌شود. به طوری که میانگین قطر سلول‌های پورکنز در گروه‌های تجربی که به مدت ۴ و ۸ ساعت در معرض امواج مایکروویو بوده‌اند کاهش معنی‌داری را نشان دادند [۱۵].

آثار امواج مایکروویو بر سیستم‌های بیولوژیک به‌طور نسبتاً گسترده‌ای مورد بررسی قرار گرفته است؛ ولی به‌علت قطعی نبودن نتایج حاصل و مشخص نبودن مکانیسم اثر این میدان‌ها



شکل ۱. در این تصویر اطاقک محدود کننده امواج به همراه دستگاه مولد امواج مایکروویو دیده می شود.

به صورت گروه‌های ۶ تایی نگهداری شدند. از ظروف پلاستیکی به عنوان ظروف آب استفاده شد. روزانه به آنها غذا داده شد که رژیم غذایی آنها از غذایی فشرده، آماده شده از انستیتو رازی بود. شرایط فیزیکی و بهداشتی محل نگهداری به طور مطلوب در نظر گرفته می‌شد. شرایط نوری اتاق نگهداری ۱۰ ساعت روشنایی (۷ صبح تا ۵ بعد از ظهر) و ۱۴ ساعت تاریکی بود. تهویه اتاق به طور مداوم انجام می‌شد. قفس‌ها هر روز تمیز می‌شد.

گروه تجربی: یک گروه از خرگوش‌ها روزانه ۸ ساعت و گروه دیگر روزانه ۴ ساعت به مدت ۱۷ روز تحت امواج مایکروویو با فرکانس مگاهرتز ۹۱۵، توان ۳W، مدولاسیون ۲۰۰ KHz و پالس ۲۱۷ سپس یک هفته استراحت، دوباره دو هفته تابش و بعد از یک هفته استراحت، با استفاده از بیهوشی کشته شدند و از قشر مغز آنها نمونه برداری شد.

گروه کنترل: شرایط زیست و تغذیه در این گروه کاملاً مشابه با گروه تجربی بود و فقط تحت تأثیر میدان امواج قرار نمی‌گرفتند، در این گروه نیز همانند گروه تجربی پس از اتمام دوره، از قشر مغز آنها نمونه برداری شد. در ابتدا خرگوش‌ها با تزریق ۶۰ mg/kg کتامین (Sigma, Germany) و ۶ mg/kg زایلازین (Sigma, Germany) بیهوش شدند. سپس حیوانات به پشت روی میز تشریح خوابانده شد و دست‌ها و پاهای آنها ثابت شد. به وسیله قیچی و پنس پوست

مطالعات در این زمینه هنوز به‌طور فعال ادامه دارد. با توجه به اینکه در سال‌های اخیر تعداد کاربران تلفن‌های همراه افزایش یافته است، بررسی آثار احتمالی آن بر بدن انسان مورد توجه محققین قرار گرفته است. در این تحقیق نیز سعی شده است بررسی‌های کیفی از نظر میزان هتروکروماتین هسته و کمی از نظر تعداد و اندازه سلول‌های هرمی در لایه هرمی داخلی قشر مغز در گروه‌های کنترل و تجربی بررسی شود. در واقع هدف مطالعه حاضر پاسخ به این سؤال است که آیا تلفن‌های همراه می‌توانند به‌عنوان عاملی مخرب در بافت‌های انسان مطرح باشند یا نه؟ لازم به ذکر است مشخصات امواج مورد استفاده نزدیک به مشخصات اصلی هستند که افراد جامعه به صورت معمول از طریق تلفن‌های همراه و آنتن‌های ایستگاه‌های اصلی تلفن همراه در معرض آن قرار دارند.

مواد و روش‌ها

این بررسی در سال ۱۳۸۶ در دانشگاه علوم پزشکی قزوین با استفاده از دستگاه مولد امواج مایکروویو (ریز موج) که توسط دانشگاه تربیت مدرس ساخته شده بود، انجام شد. این دستگاه دارای یک مانیتور کوچک برای نمایش داده‌های مورد نظر و دکمه‌هایی برای انتخاب فرکانس (۹۱۵ مگاهرتز)، توان (۳ وات)، پالس (۲۱۷) و مدولاسیون (۲۰۰ کیلو هرتز) است. این دستگاه از جریان برق متناوب شهری (۲۲۰ ولت) تغذیه می‌شد. همچنین دارای یک آنتن به طول تقریبی ۲۰ سانتی‌متر برای انتشار امواج مایکروویو بود. در انتهای تحتانی آنتن یک صفحه آلومینیومی به اضلاع ۲۰ سانتی‌متر برای یکنواخت سازی امواج استفاده می‌شد. همچنین از یک اطاقک پرتودهی که سطوح آن به وسیله جاذب‌های امواج پوشانده شده بود، برای ایجاد شرایط میدان آزاد استفاده شد (شکل ۱). جمعیت مورد مطالعه در این بررسی ۱۸ سر خرگوش‌های بالغ و سفید نیوزیلندی بود که از انستیتو رازی کرج تهیه شد. خرگوش‌های مورد استفاده در این تحقیق در قفس‌های آلومینیومی به‌صورت

آزمون Kruskal Wallis مورد آنالیز آماری قرار گرفتند و $p < 0.05$ سطح معنی دار در نظر گرفته شد. نمونه‌های قرار گرفته در محلول فیکساتیو گلو تار آلدئید نیز پس از فیکساسیون ثانویه با تتراکسید اسمیوم ۱ درصد (Sigma, Germany) بمدت دو ساعت در زیر هود، در بافر فسفات ۰/۱ مولار قرار داده شد و نمونه‌ها جهت تهیه میکروگراف‌های الکترونی به دانشگاه علوم پزشکی تبریز منتقل و پس از قالب‌گیری و برش‌گیری با میکروسکوپ الکترونی (Leo, Germany)، میکروگراف‌های الکترونی جهت بررسی‌های کیفی تهیه شد.

یافته‌ها

مطالعه حاضر نشان داد که میانگین اندازه سلول‌های هرمی در گروه‌های تجربی کاهش معنی‌داری در مقایسه با گروه کنترل یافته است. بطوری که میانگین اندازه سلول‌های هرمی در قشر مغز در گروه کنترل 49.09 ± 1.3 ، در گروه تجربی که روزانه به مدت ۴ ساعت تحت تاثیر امواج مایکروویو بودند 45.17 ± 0.6 و در گروهی که به مدت ۸ ساعت تحت تاثیر امواج مایکروویو بودند 43.07 ± 0.9 بود (شکل ۲). همانطوری که در جدول ۱ نیز مشاهده می‌شود تفاوت بین میانگین اندازه سلول‌های هرمی در گروه‌های تجربی و کنترل معنی‌دار است ($p < 0.05$). مقایسه میانگین تعداد سلول‌های هرمی نیز کاهش معنی‌داری را در گروه‌های تجربی نسبت به گروه کنترل نشان داد ($p < 0.034$). ولی این تفاوت بین گروه تجربی اول که روزانه به مدت ۴ ساعت تحت تاثیر امواج مایکروویو بودند و گروه تجربی دوم که به مدت ۸ ساعت تحت تاثیر امواج مایکروویو بودند معنی‌داری نبود ($p < 0.074$). بررسی‌های کیفی میکروگراف‌های الکترونی که از ۵ نمونه از هر یک از گروه‌های مورد مطالعه تهیه شد نیز نشان داد که در گروه کنترل هسته سلول‌های هرمی قشر مخ دارای شکل طبیعی با نواحی هتروکروماتین (H) و نواحی یوکروماتین (E) است (شکل ۳-الف) در حالی که در گروه تجربی اول و گروه

ناحیه دنده‌ها و قفسه سینه را در امتداد خط بدن تا قاعده گردن برش داده و ابتدا سرم رینگر هپارینه (۵۰۰۰ واحد هپارین در یک لیتر سرم رینگر) به داخل بطن چپ حیوان به روش پرفیوژن تزریق شد. سپس سوراخی در بطن راست جهت تخلیه خون و شستشوی عروق ایجاد شد. بعد از آن محلول فیکساتیو (۶٪ از محلول گلو تار آلدئید ۰/۵٪ و ۹۹۴ محلول پارافرمالددئید ۰/۴٪) به داخل بطن چپ حیوان تزریق شد. این محلول باعث فیکساسیون بهتر بافت‌ها می‌شود. پس از متوقف شدن ضربانات قلب، سر حیوان جدا شد. جهت مطالعات میکروسکوپ نوری، نمونه‌های کوچکی از شکنج پیش مرکزی لب فرونتال مغز به مدت ۷۲ ساعت در داخل محلول فرمالین ۱۰٪ (Sigma, Germany) بعنوان فیکساتیو قرار داده شد و جهت مطالعات میکروسکوپ الکترون، نمونه‌های بسیار کوچکی از لب فرونتال مغز در داخل محلول گلو تار آلدئید ۲/۵ درصد (Sigma, Germany) قرار داده شد. سپس مراحل پاساژ بافتی توسط دستگاه Tissue Processor (Shandon-citadel 1000) شامل فیکساسیون، آبگیری، شفاف سازی و آغشتگی انجام شد. سپس از نمونه‌ها توسط دستگاه میکروتوم دوار (Shandon - UK) به ضخامت ۵ میکرون مقطع گیری شد. در نهایت از هر نمونه ۵ برش (برش‌های ۵ و ۸ و ۱۱ و ۱۷ و ۱۴) انتخاب و آنگاه با انجام رنگ آمیزی هماتوکسیلین-ائوزین و تهیه لام‌های میکروسکوپی، بطور تصادفی با دوربین دیجیتال (Coolpix-4500, Japan)، دو میدان دید از هر لام در زیر میکروسکوپ (Olympus, AH2) عکس تهیه شد، و عکس‌ها به کامپیوتر منتقل و بررسی‌های مورفومتریک بر روی عکس‌ها انجام شد. برای تعیین میانگین اندازه سلول‌های هرمی (d) با اندازه‌گیری ارتفاع (a) و قاعده (b) سلول‌ها در لایه هرمی داخلی، توسط نرم افزار Image tool و با استفاده از رابطه $d = \sqrt{a.b}$ که قبلاً توسط TIPOE و همکاران گزارش گردید [۱۶] و با احتساب حداقل ۲۰ مورد در هر نمونه گروه کنترل و تجربی استفاده شد. پس از تعیین میانگین، پارامترهای فوق با استفاده نرم افزار آماری SPSS و

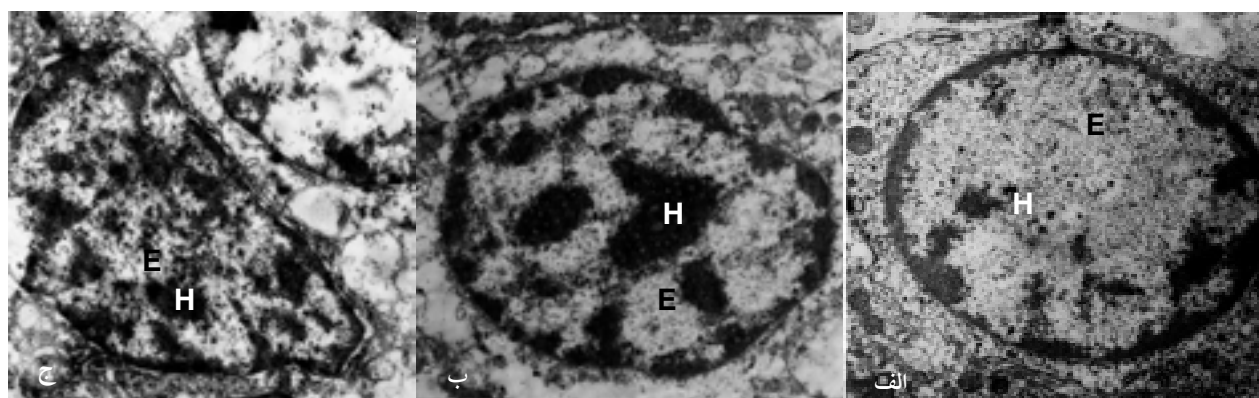


شکل ۲. تصویر میکروسکوپ نوری از سلول‌های هرمی در لایه هرمی داخلی قشر مخ در گروه کنترل (الف)، گروه تجربی ۴ ساعته (ب)، گروه تجربی ۸ ساعته (ج). بزرگنمایی ۱۰ برابر. اندازه طبیعی سلول‌ها در گروه کنترل و کاهش اندازه سلول‌ها در گروه‌های تجربی دیده می‌شود. اندازه سلول‌ها در تصویر دیده می‌شود (بزرگنمایی: ۱۰۰۰×).

جدول ۱. مقایسه میانگین اندازه و تعداد سلول‌های هرمی بین گروه‌های تجربی و کنترل

گروه‌ها	کنترل	تجربی اول	تجربی دوم	P value (گروه‌های تجربی نسبت به کنترل)	P value (بین گروه‌های تجربی)
میانگین اندازه سلول‌های هرمی ($\pm$ SE میانگین)	$49/09 \pm 1/31$	$45/17 \pm 0/66$	$43/07 \pm 0/94$	۰/۰۰۳	NS
میانگین تعداد سلول‌های هرمی ($\pm$ SE میانگین)	$42/25 \pm 1/7$	$37/11 \pm 1/1$	$35/29 \pm 2/2$	۰/۰۳۴	NS

NS = معنی دار نیست.



شکل ۳. تصویر میکروسکوپ الکترونی هسته سلول هرمی قشر مخ. الف: شکل طبیعی هسته سلول با نواحی هتروکروماتین (H) و نواحی یوکروماتین (E) در گروه کنترل دیده می‌شود. ب و ج: کاهش اندازه هسته، افزایش هتروکروماتین و بی‌نظمی پوشش هسته در گروه تجربی اول و گروه اول و دوم دیده می‌شود (بزرگنمایی: ۱۲۹۳۰×).

بحث

تجربی دوم کاهش اندازه هسته، افزایش هتروکروماتین و بی‌نظمی پوشش هسته دیده می‌شود (شکل ۳- ب و ج).

یافته‌های بررسی حاضر نشان داد که امواج مایکروویو منجر

شکست‌های یگانه و دوگانه DNA در سلول‌های مغزی رت می‌شود [۱۹]. میدان‌های الکترومغناطیس با اثر بر غشاء سلول و گلیکوپروتئین‌ها بر فرآیندهای داخل سلولی از جمله عملکرد آنزیم‌های داخل سلولی، اسکلت سلولی و هسته سلول می‌تواند اثر بگذارد [۲۰]. گزارش شده است؛ در رت‌هایی که تحت تأثیر میدان با قدرت 30 mw/cm^2 بوده‌اند؛ آسیب به میتوکندری‌های کورتکس مغز باعث تغییر در فاکتور A نسخه‌برداری میتوکندریایی (mtTFA) mRNA می‌شود. فاکتور A نسخه‌برداری میتوکندریایی، متابولیسم انرژی میتوکندریایی را تنظیم می‌کند [۲۱]. آثار غیر قابل برگشت بر فرآیندهای مهاجرت سلولی و تمایز در قشر مخچه در حال تکامل [۲۲]، رشد تومورهای مغزی [۲۳] و ایسکمی در مغز [۲۴]، تغییر میزان نوروترانسمیترها از جمله GABA در نواحی مختلف مغزی [۲۵]، اختلال در روند تکامل طبیعی نورون‌ها در سلول‌های مغزی کشت شده [۲۵] نیز از جمله آثار میدان‌های الکترومغناطیس هستند.

همچنین یافته‌های بررسی حاضر نشان داد که امواج مایکروویو منجر به کاهش معنی‌دار تعداد سلول‌های هرمی در قشر مغز حیوانات گروه‌های تجربی نسبت به گروه کنترل شده است. در حمایت از این یافته بررسی‌های متعدد نشان داده‌اند که امواج مایکروویو می‌تواند با تأثیر بر ژنوم سلول باعث تغییر در کروموزوم‌ها [۱۷] و کاهش ترمیم DNA و آپوپتوز [۱۸] شود و لذا کاهش تعداد سلول‌ها در مطالعه حاضر می‌تواند به دلیل القای آپوپتوز و مرگ سلولی بدنال مواجهه با امواج مایکروویو باشد. از طرفی یافته‌ها در مطالعه حاضر نشان داده‌اند که کاهش تعداد سلول‌ها بین گروه‌های تجربی اول و دوم که به ترتیب بمدت ۴ و ۸ ساعت در معرض امواج مایکروویو بوده‌اند تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($p < 0.05$). از آنجایی که بروز آپوپتوز و بدنال آن مرگ سلولی نیاز به یک آستانه تحریک دارد، شاید به این دلیل افزایش زمان مواجهه با امواج مایکروویو نمی‌تواند تاثیری در میزان مرگ سلولی داشته باشد.

به کاهش اندازه سلول‌های هرمی در قشر مغز حیوانات گروه‌های تجربی نسبت به گروه کنترل شده است. کاهش اندازه سلول‌های هرمی می‌تواند ناشی از کاهش فعالیت هسته و در نتیجه کاهش فعالیت‌های متابولیکی سلول باشد که بررسی میکروگراف‌های الکترونی نیز در مطالعه حاضر نشان داد که میزان هتروکروماتین هسته سلول‌های هرمی در گروه‌های تجربی نسبت به گروه کنترل بیشتر است و این یافته، کاهش فعالیت هسته سلول‌های هرمی و در نتیجه کاهش اندازه سلول‌های هرمی در قشر مغز بدنال تاثیر امواج مایکروویو در گروه‌های تجربی را تایید می‌کند. در حمایت از این یافته بررسی‌های متعدد نشان داده‌اند که امواج مایکروویو می‌تواند با تأثیر بر ژنوم سلول باعث تغییر در کروموزوم‌ها [۱۷] و کاهش ترمیم DNA و آپوپتوز [۱۸] شوند. از طرفی یافته‌ها در مطالعه حاضر نشان داده‌اند که کاهش اندازه سلول‌ها بین گروه‌های تجربی اول و دوم که به ترتیب بمدت ۴ و ۸ ساعت در معرض امواج مایکروویو بوده‌اند تفاوت معنی‌داری دارد که نشان دهنده این است که زمان مواجهه با امواج مایکروویو می‌تواند در میزان هتروکروماتین هسته سلول و بدنال آن فعالیت‌های متابولیکی سلول و اندازه سلول موثر باشد.

بطور مشابهی نشان داده شده است که امواج ساطع شده از تلفن‌های همراه باعث کاهش ارتفاع سلول‌های پورکنژ مخچه در گروه‌های تجربی نسبت به گروه کنترل می‌شود. به طوری که میانگین قطر سلول‌های پورکنژ در گروه‌های تجربی که بمدت ۴ و ۸ ساعت در معرض امواج مایکروویو بوده‌اند کاهش معنی‌داری را نشان دادند [۱۵]. بررسی میکروگراف‌های الکترونی نیز افزایش میزان هتروکروماتین هسته سلول‌های پورکنژ را در گروه‌های تجربی نسبت به گروه کنترل تایید نموده است. همانطوریکه در شکل ۳ مشاهده می‌شود، بررسی میکروگراف‌های الکترونی نیز نشان داد که میزان هتروکروماتین هسته سلول‌های هرمی در گروه تجربی دوم نسبت به گروه تجربی اول بیشتر است.

مطالعات نشان داده‌اند میدان‌های الکترومغناطیس باعث

به طور کلی مطالعه حاضر نشان داد، امواج مایکروویو ساطع شده از تلفن‌های همراه با کاهش اندازه، تعداد سلول‌های هرمی، می‌تواند باعث آسیب قشر مغز خرگوش شود ولی برای اثبات نتایج فوق به مطالعات بیشتری نیازمند است.

تقدیر و تشکر

از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی قزوین برای تامین هزینه انجام این مطالعه و مسئول محترم بخش میکروسکوپ الکترونی دانشگاه تبریز به دلیل همکاری در تهیه مقاطع و میکروگراف‌های الکترونی، تقدیر و تشکر می‌شود.

محققین معتقدند که بیشترین اثر امواج مایکروویو از طریق افزایش موضعی درجه حرارت یا پیدایش رادیکال‌های آزاد در بدن موجود زنده اتفاق می‌افتد؛ این امواج با تشکیل رادیکال‌های آزاد باعث شکستن پیوندهای هیدروژنی و آسیب به DNA سلول می‌شوند [۲۷]. مقایسه اندازه سلول‌ها در دو گروه تجربی در این بررسی یعنی مدت زمان قرار گیری ۴ ساعته و ۸ ساعته در معرض امواج مایکروویو کاهش معنی‌داری را نشان نداد. علت تفاوت مطالعات محققین قبلی با مطالعه حاضر را می‌توان بدلیل تفاوت در فرکانس یا شدت موج بکار رفته توجیه نمود. در تأیید این یافته نشان داده‌اند که با تغییر شدت و فرکانس امواج مایکروویو بر لنفوسیت‌های خون انسان نتایج متفاوتی را می‌توان به دست آورد [۲۸].

References

1. **Belgian Bioelectromagnetic Group-Electricity.** <http://139.165.92.135/english/pgspectrum.htm>
2. **Banik S, Bandyopadhyay S.** Bioeffects of microwave. A brief review. Bioresource Technology 2003; 87:155-15
3. **Hyland G.** Physics and biology of mobile telephony. Lancet 2000; 356:25.
4. **Loscher W, Liburdy RP.** Animal and cellular studies on carcinogen effects of low frequency (50/60 Hz) magnetic fields. Mut Res 1998; 410:185-220.
5. **Hjollund NH, Skotte JH.** Extremely low frequency magnetic fields and fertility a follow up study of couples planning first pregnancies. Occup Environ Med 1999; 56(4):253-5.
6. **Lai H, Singh NP.** Acute low intensity microwave exposure increases DNA single-strand breaks in rat brain cells, Bioelectromagnetics, 1995, 207-210.
7. **Kolodynski AA, Kolodynska VV.** Motor and psychological functions of school children living in the area of the Skrunda Radio Location Station in Latvia. Sci Total nvironment 1996; 180(1): 87-93.
8. **Grayson JK.** Radiation exposure, Socioeconomic Status, and brain tumour risk in the US Air force: anest Case-AMJ Epidemiol 1996; 143(5): 480-86.
9. **Freud G, Ullsperger P, Eggert S, Ruppe I.** Microwaves emitted by cellular telephones effect human slow brain potentials. Eur J Apply Physiol 2000; 81(1-2): 18-27.
10. **Fritze K, Wiessner C, Kuster N.** Effect of global system for mobile communication microwave exposure on the genomic response of the rat brain. Neuroscience 1997; 81(3):627-93.
11. **Dicarlo A, White N, Guo F, Carrett p, Litovitz T.** Chronic electromagnetic field exposure decrease HSP 70 levels and lowers cytoprotection. J cell Biochem 2002; 84(3):445-54.
12. **Khudnitskii, SS, Moshkarev EA, Fomenko TV.** (on the evaluation of the influence of cellular phones on their users). (Article in Russian) Med Tr prom EKO 1999; 9: 20 - 24.
13. **Hamblin DL, Wood AW.** Effects of mobile phone

- emission on human brain activity and sleep variables. *Int J Radiat Biol* 2002; 78(8):659-69.
14. **Wang BM, Lai H.** Acute exposure to pulsed 2450 MHz microwave effect water maze learning in the rat. *Bioelectromagnetics* 2000, 21: 52-6.
 ۱۵. آثار هیستولوژیک امواج شبیه سازی شده تلفن های همراه بر قشر منچه خرگوش. رجایی ف، مردانی م، جهانی هاشمی ح، شمس ع، محمودی م، صفری ع. فصلنامه علوم مغز و اعصاب ایران، سال ششم (شماره ۱۹ و ۲۰): صفحات ۸۳-۷۵
 16. **Tipoe GL, White FH, Pritchett CJ.** A morphometric study of histological variations during cellular differentiation of normal human colorectal epithelium. *J Anal* 1992; 181: 189-97.
 17. **Mase A, Collier M, Vangrop V, Vandoninck S, Verschave L.** Cytogenetic effects of 932 MHz (GSM) microwave alone and in combination with mitomycin C. *Mut Res* 1997; 393: 151-6.
 18. **Bellavite P.** Signorini A: Biological effects of electromagnetic fields, in: fundamental research in ultra-high dilution and homeopathy (Schulte J and En dler, P.C. eds). Kluwer Acad. Publ, dordrech. The Nether lands, 2003, pp 127-42.
 19. **Lai H, Singh NP.** Single and double strand DNA breaks in rat brain cells after acute exposure to radiofrequency electromagnetic radiation. *Int J Radiat* 1996; 69: 513-21.
 20. **Adey WR.** Physiology signaling across cell membranes and cooperative influences of extremely frequency EMF, Biological coherence and response to external stimuli. Spring-Verloag 1998, pp 148-70.
 21. **Xie Y, Jiang HH, Zhang GB, Yu JH.** Effect of microwave irradiation on neurocyte mitochondrial ultrastructure and mtTFA mRNA expression in rats cerebral cortex and hippocampus. *China* 2004; 22(2): 104-7.
 22. **Wu Y, Jia Y, Guo Y, Zheng Z.** Influence of EMF on the nervous system of rats. *ACTA Biophysica Sinica* 1999; 15: 152-7.
 23. **Hardell L, Reizenstein J, Johansson B, Gertzen H, Mild KH.** Angiosarcoma of the scalp and use of a cordless (portable) telephon. *Epidemiology* 1999; 10(6): 785-6.
 24. **Ohmoto Y.** Sequentional changes in cerebral blood flow, early neuropathological concequences and blood-brain barrier disruption flowing radiofrequency-induced localized hyperthermia in the rat. *Int J Hhyperthermia. Official Erop Soc Hyper Oncol* 1996; 12(3): 321-34.
 25. **Mausset A, Deseze R, Motpeyroux F, Privat A.** Effect of radiofrequency exposure on the GABA-ergic system in the rat cerebellum: Clues from semi-quantitative immunohistochemistry. *Brain Res* 2001; 912(1): 33-46.
 26. **Mcmillian M.** EMF effect on brain cultures. Retrived Jun, 2003, 26. from [http://www. Niehs. nih. gov/emfrapid/intrmurabs/Mcmillian.html](http://www.Niehs.nih.gov/emfrapid/intrmurabs/Mcmillian.html).
 27. **Lai H.** Genetic effect of nonionizing electromagnetic filds, international workshop on biological effect of ionizing radiation, Electromagnetic fieldsand chemical toxic agent, insinaia, Romania, October 2-6, 2001.
 28. **Martelli L, Peccatori M, Scarpato R, Migliore L.** Induction of micronuclei in human lymphocytes exposed invitro to microwave radiation. *Mut Res* 2000; 427: 51-8.