

اثر امواج تلفن همراه بر مهاجرت سلول های گرانولار مخچه نوزاد موش صحرائی

ایوب رستم زاده^۱، هیوا محمدی بلبان آباد^۲، داریوش فاتحی^{۳*}

^۱ گروه علوم تشریح، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران؛ ^۲ گروه علوم تشریح، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ایلام، ایران؛

^۳ گروه فیزیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۲/۷/۳ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۳

چکیده:

زمینه و هدف: استفاده روز افزون از تلفن های همراه باعث افزایش نگرانی ها در مورد آثار بیولوژیک امواج این دستگاه بر بافت های بدن، بخصوص سیستم عصبی مرکزی شده است. این مطالعه با هدف بررسی اثر امواج تلفن همراه بر مهاجرت سلول های گرانولار مخچه در رت انجام شده است.

روش بررسی: در این مطالعه تجربی ۴۰ سر نوزاد رت به طور تصادفی به ۴ گروه ده تایی تقسیم شدند. یک گروه شاهد و سه گروه آزمایشی I، II و III که در روزهای ۷ تا ۱۳ بعد از تولدشان روزانه به ترتیب ۰/۵، ۲ و ۸ ساعت از فاصله ۱۰cm مورد تابش امواج تلفن همراه قرار گرفتند. در روز چهاردهم، پس از کشتن رت ها و تهیه مقاطع بافتی، با استفاده از نرم افزار موتیک سلول های گرانولار مخچه شمارش شدند؛ همچنین ضخامت لایه گرانولار با نرم افزار Nikon اندازه گیری شد.

یافته ها: جمعیت سلولی ناحیه گرانولار داخلی مخچه در گروه آزمایشی III نسبت به گروه شاهد، به طور معنی داری کاهش یافت ($P < 0/05$). همچنین در گروه آزمایشی III نسبت وزن مخچه به وزن بدن ($P < 0/05$) و ضخامت لایه گرانولار خارجی ($P < 0/05$) نسبت به گروه شاهد، به طور معنی داری کمتر بود.

نتیجه گیری: امواج تلفن همراه با افزایش مهاجرت سلول های گرانولی، باعث تغییر آناتومیکی و در نتیجه جلوگیری از تکامل آن می شوند که این تغییرات می توانند باعث اختلال در فعالیت متابولیکی مخچه شوند.

واژه های کلیدی: امواج الکترومغناطیس، تلفن همراه، سلول های گرانولار، مخچه، موش صحرائی.

مقدمه:

گوشی های تلفن همراه امروزه یکی از رایج ترین وسایل ساطع کننده امواج الکترومغناطیسی هستند که تقریباً در دسترس نیمی از رده های مختلف سنی مردم جهان می باشد. گسترش شبکه های تلفن همراه و تنوع خدمات ارائه شده توسط سرویس دهندگان این شبکه ها، نظیر دسترسی به اینترنت، سرویس های پیام کوتاه، ارسال آسان تصاویر و فیلم ها، انجام امور بانکی به شکل ساده، سریع و موارد مشابه؛ موجب افزایش استقبال عموم مردم به استفاده هر چه بیشتر از این وسیله شده است؛ به طوری که امروزه تلفن همراه نه تنها یک وسیله تجملی نبوده، بلکه یکی از ابزارهای لازم و ضروری برای بیشتر مردم محسوب می شود (۲).

امروزه زندگی بر روی کره زمین به مثابه غوطه ور شدن در دریایی از امواج الکترومغناطیس است. طیف امواج الکترومغناطیس دارای محدوده فرکانسی بسیار گسترده ای است که شامل امواج رادیویی و تلویزیونی، ریز موج ها، پرتوهای فرسرخ، نور مرئی، فرابنفش، ایکس و گاما می باشد. تلفن های همراه در بعضی از مناطق دنیا بر روی فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز (طول موج حدود ۱ میلی متر) و در بعضی دیگر بر روی فرکانس ۱/۸ گیگاهرتز (طول موج حدود ۱ متر) تنظیم می شوند؛ بنابراین امواج ساطع شده از تلفن همراه نیز جزئی از طیف امواج الکترومغناطیس می باشند (۱).

* نویسنده مسئول: شهرکرد- رحمتیه- دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد- گروه فیزیک پزشکی- تلفن: ۰۹۱۳۱۸۴۰۸۹۶ E-mail: d.fatehi@yahoo.com

گریا (Pachygrgia)، اختلالات هوشی و حرکتی، و نقص در تفسیر اطلاعات شود (۲۱).

سلول های گرانولی مخچه پر تعدادترین سلول ها در مخچه هستند. مهاجرت این سلول ها برای تکامل، به صورت پویا و با سرعت و جهت خاصی صورت می گیرد که مکانیسم آن ها تا حد زیادی ناشناخته مانده است؛ اما ثابت شده است که عواملی مانند الکل با تأثیر بر روی کلسیم داخل سلولی مهاجرت این سلول ها را کاهش می دهند (۲۲، ۲۳). علی رغم اینکه گزارش هایی در مورد آثار امواج الکترومغناطیس در کاهش تعداد سلول های پورکینز مخچه، ایجاد تغییرات مورفولوژیکی در ارگانل های سلولی و اختلال در فعالیت الکتروفیزیولوژیک آن ها وجود دارد (۲۴، ۲۵)؛ اما در مورد آثار این امواج بر روی بافت شناسی و فراساختار سلول های گرانولار در طی تکامل مخچه اطلاعات زیادی در دسترس نمی باشد؛ بنابراین در مطالعه حاضر اثر امواج الکترومغناطیس تابش شده از تلفن همراه، بر روی مخچه طی دوران تکامل آن در نوزاد موش صحرایی مورد تحقیق قرار گرفت که هدف آن بررسی اثر این امواج بر روی مهاجرت سلول های گرانولار مخچه در این حیوان بوده است.

روش بررسی:

در این مطالعه تجربی، تعداد ۶ سر رت نر بالغ و ۱۲ سر رت ماده بالغ (نژاد ویستار، با سن ۸-۶ هفته و وزن 20.0 ± 3.5 گرم) از انستیتو پاستور تهران تهیه گردید. رت ها به مدت یک هفته در آزمایشگاه حیوانات در شرایط استاندارد، یعنی درجه حرارت ۲۳ تا ۲۵ درجه سانتی گراد، رطوبت ۵۰ تا ۵۵ درصد و سیکل نوری ۱۲ ساعته، در داخل قفس های پلاستیکی (به منظور جلوگیری از تابش هر گونه امواج الکترومغناطیس مزاحم) قرار گرفتند. سپس رت ها را جهت جفت گیری شبانه در ۶ قفس جداگانه قرار دادیم (هر قفس ۲ رت ماده و ۱ رت نر). بعد از مشاهده پلاک واژن، آن ها را جدا کرده و هر

همزمان با افزایش تعداد کاربران تلفن های همراه در جهان، گزارش های متعدد سال های اخیر در مورد آثار زیانبار این امواج بر فرآیندهای مختلف رشد و نمو ارگان های مختلف بدن انسان، نگرانی های جدی را ایجاد نموده است (۳-۶). علی رغم ضمانت هیئت های صنعتی و اداری مختلف از جمله هیئت مدیره حفاظت رادیولوژیک انگلستان در زمینه ایمن بودن امواج تلفن همراه، هنوز تردیدهای بسیاری در این زمینه وجود دارد (۷).

آثار امواج الکترومغناطیس بر روی سیستم های بیولوژیک از چندین سال پیش مورد بررسی قرار گرفته است؛ ولی به علت گستردگی کار، قطعی نبودن نتایج و مشخص نبودن مکانیسم اثر این امواج، تحقیقات در این زمینه همچنان ادامه دارد (۸). تأثیر بر شاخص های باروری (۳)، آسیب به DNA سلول های مغزی (۴)، القای آپوپتوز در بافت مغز (۹-۱۱)، کاهش تعداد نورون های پیرامیدال و افزایش تعداد نورون های ایسکمیک کورتکس مغز (۱۲)، اختلال در فعالیت های مغزی و رفتاری (۱۳، ۱۴)، افزایش نفوذپذیری سد خونی-مغزی (۱۵)، القای استرس اکسیداتیو از طریق افزایش رادیکال های آزاد (افزایش پراکسیداسیون لیپید) و تغییر سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی بافت ها (۱۶، ۱۷)، کاهش قدرت یادگیری و حافظه (۵، ۶)، القای تومورهای مغزی، سردرد، افسردگی، داغی پنهان یا آشکار اطراف گوش و اختلال در تمرکز (۱۸، ۱۹)، برخی از آثار سوء امواج الکترومغناطیس هستند.

مهاجرت سلولی یک فرآیند حیاتی برای سازماندهی سیستم عصبی در حال تکامل می باشد. علاوه بر این، اگرچه ساختمان مغز به هنگام تولد کامل است؛ اما درجه ای از پلاستیسیته در طول زندگی ادامه می یابد که شامل این موارد است: قالب گیری مجدد (Remodeling) وضعیت آکسونی، سیناپتوژنز، تولید نورون جدید و مهاجرت سلولی (نورونی) (۲۰). این تغییرات برای مخچه نیز صادق بوده و هر گونه اختلال در مهاجرت نورونی می تواند باعث ناهنجاری های ساختاری از جمله لیزنسفال (Lissencephaly)، پاکی

کدام از رت‌های ماده در یک قفس جداگانه و در شرایط یکسان تا زمان زایمان نگهداری شدند.

پس از زایمان ۴۰ سر از نوزادان رت‌ها به صورت تصادفی به چهار گروه ده تایی تقسیم شدند. ده سر رت به عنوان گروه شاهد در یک قفس، و سی سر دیگر در سه گروه آزمایشی I، II و III در سه قفس جداگانه (در هر قفس ۱۰ نوزاد) قرار داده شدند.

رت‌های گروه آزمایشی I روزانه به مدت ۳۰ دقیقه، رت‌های گروه آزمایشی II روزانه به مدت ۲ ساعت و رت‌های گروه آزمایشی III روزانه به مدت ۸ ساعت مورد تابش امواج تلفن همراه قرار گرفتند. تابش در روزهای ۷ تا ۱۳ پس از تولد رت‌ها در طی سیکل تاریکی (از ساعت ۲۲ به بعد) انجام شد. لازم به یادآوری است که مهاجرت سلول‌های مخچه در نوزاد موش صحرایی در روزهای ۷ تا ۱۳ پس از تولد انجام می‌شود.

جهت تابش امواج الکترومغناطیس به هر گروه از رت‌ها، از یک عدد تلفن همراه نوکیا (Nokia 1200b, Type: RH-100, Finland) با SAR=0.81 W/Kg که در حالت مکالمه قرار داده شده بود؛ استفاده شد (Specific Absorption Rate=SAR).

با توجه به اینکه در مطالعات قبلی حداکثر تأثیر امواج الکترومغناطیس موقعی مشاهده شده که سر حیوان نزدیکترین قسمت بدن به تلفن همراه بوده است (۲۶)؛ در مطالعه حاضر نیز تلفن همراه بر روی سطح تحتانی درپوش کارتنی قفس رت قرار داده شد. در روز چهاردهم بعد از تولد، رت‌ها توسط کلروفورم بیهوش شدند. در تمام گروه‌ها، قبل از کالبدگشایی، وزن بدن رت‌ها با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. صحت و دقت اندازه‌گیری ترازو به ترتیب $0.1 \pm$ گرم بود. پس از کشتن رت‌ها، با استفاده از تیغه اسکالپل و قیچی، یک شکاف طولی در امتداد درز سازه‌یال و همچنین یک شکاف عرضی در امتداد درز کروئال در قاعده جمجمه آن‌ها ایجاد شد. بعد از برداشتن دیواره جمجمه و ایجاد یک برش عرضی در ناحیه بصل النخاع، جمجمه از نخاع جدا شد و با دقت فراوان مخچه به طور یکپارچه و کامل

از حفره جمجمه خارج گردید. سپس وزن مخچه با همان ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد و نسبت وزن مخچه به وزن بدن رت‌ها، بر حسب درصد، محاسبه و برای تجزیه و تحلیل آماری ثبت شدند. در مرحله بعد مخچه‌های رت‌ها در فرمالین ۱۰ درصد فیکس شده و طبق روش‌های معمول بافت‌شناسی مورد آماده‌سازی بافتی قرار گرفتند. جهت بررسی و شمارش سلول‌های گرانولی، برش‌های ۶ میکرونی سریالی در جهت سازه‌یال از ناحیه ورمیس مخچه تهیه شد، به طوری که از بین مقاطع فقط برش‌هایی که نزدیک خط وسط ورمیس بودند و در آن‌ها هسته‌های مخچه قابل رویت نبودند، انتخاب شدند؛ سپس مقاطع انتخاب شده توسط هماتوکسیلین و اتوزین (Hematoxylin and Eosin) و کرزیل ویولت رنگ‌آمیزی شدند.

سرانجام با استفاده از میکروسکوپ نوری (Zeiss Axiovert 200M Cell Observer System,) (Göttingen, Germany) از مقاطع مورد نظر عکسبرداری شد؛ سپس برای اندازه‌گیری ضخامت لایه گرانولار، عکس‌های گرفته شده به کامپیوتر منتقل شده و با استفاده از نرم افزار Nikon مدل (Digital Sight-DS-L2) اندازه‌گیری‌های لازم انجام شد؛ همچنین با استفاده از یک عدسی چشمی مدرج با بزرگنمایی ده (Model G22, Walton and Beckett Company, USA) ضخامت لایه گرانولار خارجی مخچه در گروه‌های مختلف بررسی شد. برای شمارش سلول‌های لایه گرانولار داخلی هم از نرم افزار موتیک (Motic Images Software 2000, Version 1.2) و گراتیکول شطرنجی استفاده شد. بدین صورت که از هر مقطع بافتی ده ناحیه به طور تصادفی مشخص و میانگین سلول‌ها در هر میلی متر مربع محاسبه گردید و شمارش سلولی در هر نمونه از هر گروه بر روی ده مقطع بافتی انجام شد. جهت تجزیه و تحلیل آماری اطلاعات، از آزمون‌های توکی، کروسکال-والیس (Kruskal-Wallis) و آنالیز واریانس استفاده شد و $P < 0.05$ به عنوان سطح معنی دار در نظر گرفته شد.

یافته ها:

آزمایشی دیگر تفاوت معنی دار نشان داد ($P=0/0468$). بررسی ها همچنین نشان داد درصد نسبت میانگین وزن مخچه به میانگین وزن بدن در رت های گروه آزمایشی III در مقایسه با گروه شاهد و همچنین با گروه های آزمایشی I و II به طور معنی داری کاهش داشت ($P=0/0492$). علاوه بر این، میانگین ضخامت لایه گرانولار خارجی در گروه آزمایشی III نسبت به گروه شاهد و همچنین دو گروه آزمایشی دیگر تفاوت معنی دار نشان داد ($P=0/0474$ ، جدول شماره ۱).

میانگین تعداد سلول های ناحیه گرانولار داخلی مخچه در گروه آزمایشی III نسبت به گروه شاهد و گروه های آزمایشی I و II اختلاف معنی داری داشت ($P=0/0486$). میانگین وزن بدن رت ها در گروه آزمایشی III نسبت به گروه شاهد و همچنین دو گروه آزمایشی دیگر تفاوت معنی دار داشت ($P=0/0482$). به طور مشابه میانگین وزن مخچه رت ها در گروه آزمایشی III نسبت به گروه شاهد و همچنین دو گروه

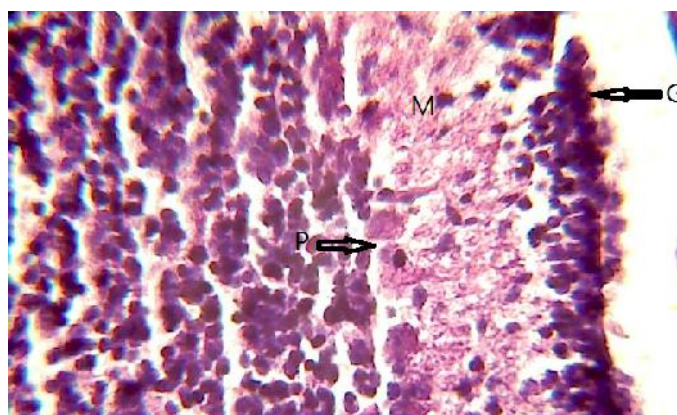
جدول شماره ۱: مقایسه اثر امواج تلفن همراه بر میانگین متغیرهای مورد بررسی در نوزاد موش صحرایی نژاد ویستار

متغیرها	گروه ها	شاهد	گروه آزمایشی I	گروه آزمایشی II	گروه آزمایشی III
میانگین تعداد سلول های لایه گرانولار داخلی (در هر mm^2)		195±4/1	194±8/4	193/2±9/5	182/29±2/6*
میانگین وزن بدن (gr)		15/13±0/25	15/14±0/86	15/19±0/41	19/84±0/43*
میانگین وزن مخچه (gr)		0/98±0/73	0/97±0/68	0/95±0/33	0/79±0/15*
نسبت میانگین وزن مخچه به میانگین وزن بدن (%)		6/5	6/4	6/25	3/98*
میانگین ضخامت لایه گرانولار خارجی (μm)		50±54/6	50±52/5	49±17/2	40±0/48*

گروه های آزمایشی I، II و III در روزهای ۷ تا ۱۳ بعد از تولد، روزانه به ترتیب ۰/۵، ۲ و ۸ ساعت از فاصله ۱۰ سانتیمتری مورد تابش امواج تلفن همراه قرار گرفته اند. * $P<0/05$ نسبت به گروه شاهد و گروه های آزمایشی I و II.

گروه آزمایشی III با گروه شاهد و همچنین دو گروه آزمایشی دیگر را نشان داد ($P<0/05$ ، تصویر شماره ۱).

بررسی های میکروسکوپی نیز اختلاف معنی دار بین میانگین ضخامت لایه گرانولار خارجی مخچه در



تصویر شماره ۱: تصویر میکروسکوپی اثر تابش امواج تلفن همراه در روزهای ۷ تا ۱۳ پس از تولد روزانه به مدت ۸

ساعت بر کورتکس مخچه نوزاد موش صحرایی نژاد ویستار

G: لایه سلول های گرانولار خارجی؛ M: لایه سلول های مولکولار؛ P: لایه سلول های پورکنر.

بحث:

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تابش امواج تلفن همراه به مدت ۸ ساعت در دوره پست ناتال (Postnatal) باعث کاهش تعداد سلول‌های لایه گرانولار داخلی و سلول‌های گرانولار موجود در لایه مولکولار، کاهش ضخامت لایه گرانولار خارجی مخچه و کاهش نسبت وزن مخچه به وزن بدن موش صحرایی نژاد ویستار می‌شود. به عقیده نویسندگان به طور کلی کاهش تعداد سلول می‌تواند ناشی از کاهش فعالیت هسته باشد. در مطالعه حاضر نیز تابش امواج الکترومغناطیس تلفن همراه باعث کاهش فعالیت هسته سلول‌ها شده و در نتیجه باعث کاهش تعداد سلول‌ها شده است. به طور مشابه Lai و همکارانش در سال ۲۰۰۴ نشان دادند که امواج الکترومغناطیس می‌تواند آثار تخریبی را بر روی ژنوم سلول القاء کنند و باعث کاهش توانایی ترمیم DNA و افزایش میزان نکروزیس و آپوپتوزیس بخصوص در سلول‌های مغزی شوند (۲۷). مطالعه Azmy و همکارانش هم نشان دادند، تابش امواج تلفن همراه باعث ایجاد تغییرات دژنراتیو در کورتکس مخچه رت می‌شود (۲۶). در یک مطالعه دیگر نشان داده شد داروی سیسپلاتین باعث مهاجرت سلول‌های گرانولار و کاهش ضخامت ناحیه گرانولار خارجی مخچه رت‌ها می‌شود (۲۸). این نتایج با نتیجه مطالعه حاضر همخوانی دارند. محققین همچنین معتقدند امواج الکترومغناطیس تلفن همراه بر روی غشای سلول اثر می‌گذارند و با تأثیر بر روی گلیکوپروتئین‌ها، بر فرآیندهای داخل سلولی از جمله عملکرد آنزیم‌های داخل سلول، اسکلت سلولی و هسته سلول، عملکرد و بقای سلول را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۲۹). به عقیده مؤلفین با توجه به اینکه سلول‌های گرانولار بیشترین سلول‌های کورتکس مخچه هستند؛ بنابراین، این موضوع می‌تواند دلیلی بر کاهش تعداد سلول‌های گرانولار و کاهش وزن مخچه باشد.

از آنجائی که محرک‌های آسیب رسان مانند گرما و تشعشع موجب آسیب غیر قابل ترمیم DNA سلول می‌شوند و مسیر خودکشی سلول را شروع

می‌کنند، در مورد مکانیسم عمل امواج الکترومغناطیس نیز عقیده بر این است که این امواج به علت دارا بودن انرژی موجب افزایش موضعی درجه حرارت شده و یا همانند پرتوهای یونیزان از طریق ایجاد رادیکال‌های آزاد آثار تخریبی خود را ایجاد می‌کنند (۱). رادیکال‌های آزاد نیز با حمله به لیپیدها و تغییر دادن ماهیت آن‌ها و شکستن اتصالات پروتئینی باعث آسیب غشای سلولی می‌شوند. این رادیکال‌ها با پراکسیداسیون لیپیدها سبب پیدایش مشتقات اسید چرب با زنجیره کوتاه و محصول فرعی مالون دی آلدئید می‌شوند (۱۶). این ماده نیز می‌تواند منجر به اکسیداسیون اسیدهای آمینه، ایجاد اتصالات پروتئین- پروتئین و شکست پیوندهای هیدروژنی ساختمان مولکول DNA گردد (۴)؛ بنابراین احتمالاً تغییرات مشاهده شده در تعداد سلول‌های عصبی مخچه ناشی از تغییرات ایجاد شده در ساختمان DNA می‌باشد (۱۲). از طرف دیگر، برخی مطالعات نشان داده‌اند که امواج الکترومغناطیس باعث تغییر خصوصیات بیوفیزیکی غشای سلول‌های مغزی از جمله افزایش میزان نفوذپذیری نسبت به آنیدراز کربونیک (۳۰)، تحریک فعالیت کانال‌های پتاسیمی وابسته به یون از طریق افزایش غلظت یون Ca^{2+} (۳۱) و همچنین فعال شدن کانال‌های سدیمی سلول‌های گرانولار مخچه از طریق افزایش غلظت اسید آراشیدونیک (Arachidonic acid) می‌شوند (۳۲)؛ بنابراین چنین استنباط می‌شود که تغییرات در اختلاف پتانسیل سلول می‌تواند یکی از عوامل پیشبرد سلول‌های مخچه، به خصوص سلول‌های گرانولار، به سمت نکروز و آپوپتوز باشد که در مطالعه حاضر این تغییرات بصورت کاهش تعداد سلول‌ها و همچنین کاهش وزن مخچه مشاهده شد.

نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که تابش امواج تلفن همراه به مدت ۸ ساعت در شبانه روز به صورت معنی داری باعث افزایش وزن رت‌ها می‌شود.

اینکه آیا امواج الکترومغناطیس تابش شده از این دستگاه بر فرآیندهای زیستی، رشد و نمو و به طور کلی سلامت انسان تاثیر منفی دارند یا خیر؟ از آنجا که شدت، مدت زمان و نحوه استفاده از تلفن همراه بسته به مکان و فرهنگ جوامع مختلف فرق می کند (۳۴) پاسخ به این سوال تاکنون با جواب های ضد و نقیض همراه بوده است.

نتیجه گیری:

امواج تلفن همراه با افزایش مهاجرت سلول های گرانولی، که فراوان ترین سلول های مخچه هستند و در تکامل این عضو حیاتی نقش مهمی دارند؛ باعث تغییر آناتومیکی و در نتیجه جلوگیری از تکامل آن می شوند. روشن است که این تغییرات می توانند باعث اختلال در فعالیت متابولیکی مخچه شوند. از آنجا که مخچه مرکز تعادل و هماهنگی کننده حرکات بدن می باشد، این تغییرات می توانند در تعادل و هماهنگی حرکات بدن اختلال ایجاد کنند.

تشکر و قدردانی:

بدینوسیله از معاونت محترم تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، بخاطر حمایت های مالی و فراهم نمودن شرایط انجام این طرح (کد: ۹۲۲۰۸۳) تشکر می شود. همچنین از زحمات آقای دکتر منصور رضایی برای مشاوره آماری قدردانی می شود.

دلیل این موضوع می تواند تحریک گیرنده های هیپوتالاموسی و ترشح هورمون رشد از غده هیپوفیز و یا کاهش ترشح هورمون آزاد کننده تیروتروپین از هیپوتالاموس باشد که این حالت خود منجر به کاهش ترشح هورمون های تیروئید و در نتیجه کاهش متابولیسم و افزایش وزن بدن می شود (۳۳).

از آنجایی که مخچه نقش قابل توجهی را در زمان بندی فعالیت های حرکتی، تغییر سریع یک حرکت به حرکت بعدی و همچنین کنترل واکنش های متقابل لحظه ای بین عضلات آگونیست و آنتاگونیست ایفا می کند؛ بنابراین آسیب به ساختارها و سلول های این ناحیه بخصوص سلول های گرانولار که بیشترین تعداد سلول های مخچه را به خود اختصاص می دهند، احتمالاً می تواند موجب ایجاد طیف وسیعی از ناهنجاری های حرکتی و عضلانی گردد.

امروزه به دلیل پیشرفت علوم مختلف از جمله الکترونیک، کامپیوتر، مخابرات و فناوری اطلاعات، استفاده از امواج الکترومغناطیس به شکل های گوناگون و با سرعت زیاد در حال افزایش است. نمونه بارز آن افزایش دستگاه های تلفن همراه است. برخلاف پرتوهای یونیزان مانند اشعه ایکس و گاما که آثار بیولوژیکی آن ها به صورت قطعی به اثبات رسیده است؛ آثار پرتوهای غیر یونیزان مانند امواج تلفن همراه هنوز در مرحله آزمایش می باشند؛ بنابراین استفاده از این دستگاه ها یک سوال اساسی را مطرح می نماید و آن

منابع:

1. Michaelson SM. Biological effects of radiofrequency radiation: concepts and criteria. Health Phys. 1991; 61(1): 3-14.
2. Khadrawy Y, Ahmed NA, Ezz HSA, Radwan N. Effect of electromagnetic radiation from mobile phone on the levels of cortical amino acid neurotransmitters in adult and young rats. Rom J Biophys. 2009; 19(4): 295-305.
3. Baste V, Riise T, Moen BE. Radiofrequency electromagnetic fields; male infertility and sex ratio of offspring. Eur J Epidemiol. 2008; 23(5): 369-77.
4. Phillips JL, Singh NP, Lai H. Electromagnetic fields and DNA damage. Pathophysiology. 2009; 16(2-3): 79-88.

5. Narayanan SN, Kumar RS, Potu BK, Nayak S, Mailankot M. Spatial memory performance of Wistar rats exposed to mobile phone. *Clinics (Sao Paulo)*. 2009; 64(3): 231-4.
6. Fragopoulou AF, Miltiadous P, Stamatakis A, Stylianopoulou F, Koussoulakos SL, Margaritis LH. Whole body exposure with GSM 900MHz affects spatial memory in mice. *Pathophysiology*. 2010; 17(3): 179-87.
7. Hyland GJ. Physics and biology of mobile telephony. *Lancet*. 2000; 356(9244): 1833-6.
8. Banik S, Bandyopadhyay S, Ganguly S. Bioeffects of microwave--a brief review. *Bioresour Technol*. 2003; 87(2): 155-9.
9. Yilmaz A, Yilmaz N, Serarslan Y, Aras M, Altas M, Ozgur T, et al. The effects of mobile phones on apoptosis in cerebral tissue: an experimental study on rats. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2014; 18(7): 992-1000.
10. Zhu Y, Gao F, Yang X, Shen H, Liu W, Chen H, et al. The effect of microwave emission from mobile phones on neuron survival in rat central nervous system. *Prog Electromagn Res*. 2008; 82: 287-98.
11. Zuo H, Lin T, Wang D, Peng R, Wang S, Gao Y, et al. Neural cell apoptosis induced by microwave exposure through mitochondria-dependent caspase-3 pathway. *Int J Med Sci*. 2014; 11(5): 426-35.
12. Celikozlu SD, Ozyurt MS, Cimbiz A, Yardimoglu MY, Cayci MK, Ozay Y. The effects of long-term exposure of magnetic field via 900-MHz GSM radiation on some biochemical parameters and brain histology in rats. *Electromagn Biol Med*. 2012; 31(4): 344-55.
13. Hamblin DL, Wood AW. Effects of mobile phone emissions on human brain activity and sleep variables. *Int J Radiat Biol*. 2002; 78(8): 659-69.
14. Sienkiewicz Z, Jones N, Bottomley A. Neurobehavioural effects of electromagnetic fields. *Bioelectromagnetics*. 2005; 14(Suppl 7): 116-26.
15. Nittby H, Brun A, Eberhardt J, Malmgren L, Persson BR, Salford LG. Increased blood-brain barrier permeability in mammalian brain 7 days after exposure to the radiation from a GSM-900 mobile phone. *Pathophysiology*. 2009; 16(2-3): 103-12.
16. Meral I, Mert H, Mert N, Deger Y, Yoruk I, Yetkin A, et al. Effects of 900-MHz electromagnetic field emitted from cellular phone on brain oxidative stress and some vitamin levels of guinea pigs. *Brain Res*. 2007; 1169: 120-4.
17. Ilhan A, Gurel A, Armutcu F, Kamisli S, Iraz M, Akyol O, et al. Ginkgo biloba prevents mobile phone-induced oxidative stress in rat brain. *Clin Chim Acta*. 2004; 340(1-2): 153-62.
18. Edelstyn N, Oldershaw A. The acute effects of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones on human attention. *Neuroreport*. 2002; 13(1): 119-21.
19. Khurana VG, Teo C, Kundi M, Hardell L, Carlberg M. Cell phones and brain tumors: a review including the long-term epidemiologic data. *Surg Neurol*. 2009; 72(3): 205-14.
20. Cayre M, Canoll P, Goldman JE. Cell migration in the normal and pathological postnatal mammalian brain. *Prog Neurobiol*. 2009; 88(1): 41-63.
21. Liu JS. Molecular genetics of neuronal migration disorders. *Curr Neurol Neurosci Rep*. 2011; 11(2): 171-8.
22. Komuro H, Kumada T. Ca²⁺ transients control CNS neuronal migration. *Cell Calcium*. 2005; 37(5): 387-93.
23. Panicker AK, Buhusi M, Thelen K, Maness PF. Cellular signalling mechanisms of neural cell adhesion molecules. *Front Biosci*. 2003; 8(5): 900-11.
24. Ozra A, Jafar S, Moradi L, Saki G. Ultrastructural change of cerebellum in exposed rats to 3mT electromagnetic field. *J Biolo Sci*. 2010; 10(6): 526-30.

25. Haghani M, Shabani M, Moazzami K. Maternal mobile phone exposure adversely affects the electrophysiological properties of Purkinje neurons in rat offspring. *Neuroscience*. 2013; 250: 588-98.
26. Azmy AM, Allah MAA. Histological study of prolonged exposure to mobile phone radiations on young male albino rats cerebellar cortex and the role of ginkgo biloba supplementation. *J American Sci*. 2013; 9(11): 156-66.
27. Lai H, Singh NP. Magnetic-field-induced DNA strand breaks in brain cells of the rat. *Environ Health Perspect*. 2004; 112(6): 687-94.
28. Pisu MB, Roda E, Guioli S, Avella D, Bottone MG, Bernocchi G. Proliferation and migration of granule cells in the developing rat cerebellum: cisplatin effects. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol*. 2005; 287(2): 1226-35.
29. Adey W. Physiological signalling across cell membranes and cooperative influences of extremely low frequency electromagnetic fields. *Biological coherence and response to external stimuli*. New York: Springer; 1988.
30. Ramundo-Orlando A, Morbiducci U, Mossa G, D'Inzeo G. Effect of low frequency, low amplitude magnetic fields on the permeability of cationic liposomes entrapping carbonic anhydrase: I. Evidence for charged lipid involvement. *Bioelectromagnetics*. 2000; 21(7): 491-8.
31. Pall ML. Electromagnetic fields act via activation of voltage-gated calcium channels to produce beneficial or adverse effects. *J Cell Mol Med*. 2013; 17(8): 958-65.
32. He YL, Liu DD, Fang YJ, Zhan XQ, Yao JJ, Mei YA. Exposure to extremely low-frequency electromagnetic fields modulates Na⁺ currents in rat cerebellar granule cells through increase of AA/PGE2 and EP receptor-mediated cAMP/PKA pathway. *PLoS One*. 2013; 8(1): e54376.
33. Hajioun B, Jowhari H, Mokhtari M. Effects of cell phone radiation on the levels of T3, T4 and TSH, and histological changes in thyroid gland in rats treated with *Allium sativum* extract. *Afr J Biotechnol*. 2014; 13(1): 163-9.
34. Soderqvist F, Carlberg M, Hardell L. Use of wireless telephones and self-reported health symptoms: a population-based study among Swedish adolescents aged 15-19 years. *Environ Health*. 2008; 7: 18.

Effects of cell phone waves on granular cells migration of cerebellum in neonatal rat

Rostamzadeh A¹, Mohammadi-Bolbanabad H², Fatehi D^{3*}

¹Anatomical Sciences Dept., Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, I.R. Iran;

²Anatomical Sciences Dept., Ilam University of Medical Sciences, Ilam, I.R. Iran; ³Medical Physics Dept., Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, I.R. Iran.

Received: 25/Sep/2013 Accepted: 25/Sep/2014

Background and aims: Increasing use of mobile phones is caused an increase of concerns about biological effects of cell phone waves (CPWs) on the body tissues, especially on the central nervous system. The aim of this study was to investigate the effect of CPWs on migration of cerebellum granular cells in neonatal rat.

Methods: In this experimental study, 40 neonatal rats were randomly divided in 4 groups (n=10), one control group and three case-groups (I, II, III). In the days 7-13 of post-born, the case-groups I, II, and III were irradiated to the CPWs from 10cm for 0.5, 2, and 8 hrs; respectively. After killing the rats in day 14, tissue sections were prepared and the granular cells of the internal layer of the cerebellum were counted using Motic software. Furthermore, thickness of the external granular layer was measured using Nikon software.

Results: Comparing group III to control group, the cell numbers of internal granular were decreased significantly ($P<0.05$). Moreover, in group III, the ratio of the cerebellum-weight to the body-weight decreased significantly ($P<0.05$) as well as the external layer thickness decreased significantly compared to control group ($P<0.05$).

Conclusion: CPWs with increasing migration of granular cells leads to anatomic changes. Finally, it prevents from cerebellum development and can lead to disorder in its metabolic activities.

Keywords: Electromagnetic waves, Cell phone, Granular cells, Cerebellum, Rat.

Cite this article as: Rostamzadeh A, Mohammadi-Bolbanabad H, Fatehi D. Effects of cell phone waves on granular cells migration of cerebellum in neonatal rat. J Shahrekord Univ Med Sci. 2015; 17(2): 26-34.

***Corresponding author:**

Medical Physics Dept., Shahrekord University of Medical Sciences, Rahmatiye, Shahrekord, Iran;
Tel: 00983833335652; E-mail: d.fatehi@yahoo.com.