

Effects of Mobile Electromagnetic Radiation on the Function of Tissues and Organs of Organisms

YeganeDust A^{1,2,3}, Zarepur M^{1,2,3}, Zarepur A^{1,2,3}, Karavan jahromi Kh^{1,2,3}, Fardid R^{4,5}

Abstract

Purpose: The importance and place of mobile phones in today's human life is not hidden from anyone. Concerns about the increasing use of them in different ages from children to adults and the increase in the duration of exposure of these groups to electromagnetic waves (mobile phone radiation) caused by them, which is mainly in the range of 900-1800 MHz, concerns much has been made about their side effects in recent years. Due to the importance of the subject of this review study, the effects of mobile phone radiation on different parts of the body such as the brain, heart and other tissues.

Methods: The present review study was performed by selecting appropriate keywords and searching for experimental and applied studies from Pubmed and Google scholar databases. In this paper, the effects of mobile phone radiation emitted from a mobile phone on brain function, cardiac evaluation parameters, their effects on testicular and prostate tissue in male rats, effects on movement, bioavailability and DNA integrity of human sperm and changes Pulmonary uptake of MIBI - TC^{99M} was investigated in male rats.

Results: Eleven articles were selected based on inclusion criteria from 2011 to 2021. These studies were mainly experimental studies that examined the effects of mobile electromagnetic radiation on the function of tissues and organs of organisms.

Conclusion: Studies show that cell phone-induced electromagnetic waves affect brain tissue temperature, neuron density, and nucleus diameter in mouse hippocampal neurons, gene expression levels in the rat brain and some brain-related activities such as cumulative response, dependence, and extent. Noise in irradiated chickens, cardiac parameters, sinus arrhythmia, testicular and prostate tissue structure in male rats as well as movement, survival and DNA integrity of human sperm, pulmonary absorption of MIBI - TC^{99M} in rats affects males and blood factors of mice.

Keywords: Electromagnetic waves, Cell phone, Brain, Heart, Testis, Prostate, Sperm, Lungs

Received: 2022.04.07 Accepted: 2022.05.15

اثرات تابش امواج الکترومغناطیسی تلفن همراه بر عملکرد بافت‌ها و اندام‌های موجودات زنده: یک مقاله مروری

امین یگانه‌دوست^{۱,۲,۳}، محمدرضا زارعیپور^{۱,۲,۳}، علیرضا زارعیپور^{۱,۲,۳}، خورشید کاروان‌جهرمی^{۱,۲,۳}، رضا فریدید^{۴,۵}

هدف: اهمیت و جایگاه تلفن‌های همراه در زندگی امروز بشر، بر کسی پوشیده نیست. با توجه به گسترش روزافزون استفاده از آن‌ها در سنین مختلف از خردسال تا بزرگسال و افزایش مدت زمان قرارگیری گروه‌های مذکور در معرض امواج الکترومغناطیسی ناشی از آن‌ها که عمدتاً در محدوده ۹۰۰-۱۸۰۰ مگاهرتز می‌باشد، نگرانی‌های عمده‌ای در رابطه با اثرات سوء آن‌ها در سال‌های اخیر ایجاد شده است. با توجه به اهمیت موضوع هدف از این مطالعه مروری، بررسی اثرات ناشی از این امواج بر قسمت‌های مختلف بدن از قبیل مغز، قلب و سایر بافت‌ها می‌باشد.

روش بررسی: مطالعه مروری حاضر با انتخاب کلیدواژه‌های مناسب و جستجوی مطالعات تجربی و کاربردی از پایگاه‌های اطلاعاتی Pubmed و Google scholar انجام شد. در این مقاله اثرات امواج الکترومغناطیسی ساطع شده از تلفن همراه بر عملکرد مغزی، پارامترهای ارزیابی قلبی، اثرات آن‌ها بر بافت بیضه و پروستات در موش صحرایی نر، اثر بر جنبش، توان زیستی و یکپارچگی DNA اسپرم انسان و تغییرات جذب ریوی MIBI - TC^{99M} در موش صحرایی نر مورد بررسی قرار گرفته است.

یافته ها: تعداد ۱۱ مقاله براساس معیارهای ورود به مطالعه از سال های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱ انتخاب شدند این مطالعات به طور عمده مطالعات تجربی بودند که به بررسی اثرات ناشی از امواج تلفن همراه بر عملکرد بافت ها و اندام های موجودات زنده می پرداختند.

نتیجه گیری: مطالعات بررسی شده بیانگر این موضوع است که امواج الکترومغناطیسی ناشی از تلفن همراه بر مواردی چون دمای بافت مغزی، تراکم نورون و قطر هسته در سلول های عصبی هیپوکامپ موش، سطح بیان ژن در مغز موش، برخی فعالیت های مرتبط با مغز از قبیل پاسخ تجمعی، وابستگی و تعلق و میزان صدا در جوجه های در معرض تابش، پارامترهای قلبی، آریتمی سینوسی، ساختار بافت بیضه و پروستات در موش صحرائی نر و همچنین جنبش، توان بقا و یکپارچگی DNA اسپرم انسان و جذب ریوی MIBI - ^{99M}TC در موش های نر و فاکتورهای خونی موش ها تاثیر می گذارد.

کلمات کلیدی: امواج الکترومغناطیسی، تلفن همراه، مغز، قلب، بیضه، پروستات، اسپرم، ریه

نویسنده مسئول: رضا فردید، rfardid@sums.ac.ir ORCID: 0000-0002-4089-4745

آدرس: شیراز، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، دانشکده پیراپزشکی، گروه رادیولوژی

۱- کارشناس پرتوشناسی تشخیصی، گروه رادیولوژی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

۲- باشگاه پژوهشی، کمیته تحقیقات دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

۳- انجمن علمی رادیولوژی شیراز، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

۴- دانشیار، گروه رادیولوژی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

۵- مرکز تحقیقات حفاظت در برابر پرتوهای یون ساز و غیر یون ساز، گروه رادیولوژی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

مقدمه

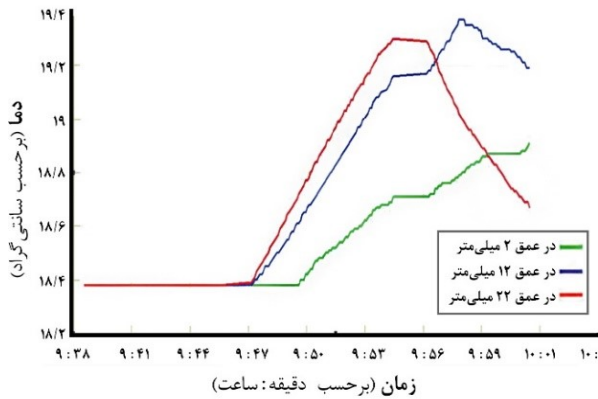
تحولات سریع در فناوری تلفن همراه، ارتباطات را سریع تر و آسان تر کرده است. افراد در هر سنی، پیر و جوان از تلفن های همراه استفاده می کنند. مدت زمانی که شخص از تلفن همراه استفاده می کند نیز فراتر از حد مجاز افزایش یافته است. گسترش و معرفی تلفن های همراه نسل جدید، نگرانی گسترده ای را در مورد ایمنی عمومی ایجاد کرده است. تلفن همراه به عنوان دستگاه ساطع کننده امواج الکترومغناطیسی (Radiofrequency) شناخته می شود و نسل دوم تلفن های همراه (2G) با دامنه فرکانس ۹۰۰-۱۸۰۰ مگاهرتز کار می کنند. امواج ساطع شده از تلفن های همراه این امکان را دارد که بافت انسان را در محلی که تلفن به آن فشار وارد می کند گرم کند. این اثرات می تواند باعث گرما در گوش، خستگی، سردرد، کاهش تمرکز، سرگیجه، از دست دادن حافظه، سوزن سوزن شدن، بی حسی و تغییرات رفتاری همچون اضطراب شود (۱-۴).

در سال های اخیر، توجه فزاینده ای به تاثیرات سوء پرتوهای ناشی از تلفن همراه بر سلامت انسان، مانند تاثیر آن بر افزایش شیوع تومورهای مغزی، اختلال خواب و مشکلات روانی داده شده است (۵). تابش الکترومغناطیسی نوعی از انرژی است که هنگام حرکت در فضا رفتاری موج

مانند نشان می دهد. تابش الکترومغناطیسی دارای اجزای میدان الکتریکی و مغناطیسی است که در فاز عمود بر یکدیگر و عمود بر جهت انتشار انرژی نوسان می کنند (۶). این امواج به بدن انسان تابش شده و در بدن نفوذ می کنند و باعث ایجاد یک میدان الکتریکی در داخل بدن انسان می شوند که با افزایش عمق نفوذ اشعه، به طور تصاعدی کاهش می یابد زیرا پس از ورود به بدن انرژی توسط بافت های مختلف بدن جذب می شود (۷). علاوه بر آن در برخی مطالعات انجام شده مشاهده شده است که میزان نفوذ میدان الکترومغناطیسی، در مغز خردسال بیشتر از بزرگسال است و لذا استفاده از موبایل برای کودکان، ضرر به مراتب بیشتری نسبت به بزرگسالان دارد (۸). بنابراین از استفاده زیاد از تلفن همراه و نزدیک نگه داشتن آن به بدن تا حد امکان باید اجتناب شود.

روش بررسی

در این مطالعه، جهت بررسی آثار امواج الکترومغناطیسی تلفن همراه بر مغز، قلب و بافت ها مقالاتی از پایگاه داده های Pubmed و Google Scholar انتخاب شد. مقالات از سال های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱ انتخاب شدند و سعی بر آن شد که بیشتر از مقالات حاصل از نتایج آزمایش های



نمودار ۱: تغییرات دمای مغز بر حسب زمان در اعماق مختلف ناشی از قرار گرفتن در معرض امواج RF (۹)

موسسه سلامت و رفاه استرالیا (AIHW) به دست آمد و میزان استفاده از تلفن همراه به کمک اطلاعات موجود در حساب های تلفن همراه و اطلاعات حاصل از نظرسنجی درباره استفاده از تلفن همراه تخمین زده شد. بنابراین آن چه انجام شد می توان نتیجه گرفت میزان کلی تومور مغزی در هر سه دوره ثابت مانده است. در طی سال های ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۲ افزایش تومورهای بدخیم گلیوبلاستوما (Glioblastoma Multiform) وجود داشت که احتمالاً به دلیل پیشرفت استفاده از تصویربرداری MRI (Magnetic Resonance Imaging) در آن دوره بوده است. در دوره استفاده قابل توجه از تلفن همراه از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳ هیچ افزایشی در انواع تومور مغزی، از جمله گلیوما (Glioma) و گلیوبلاستوما مشاهده نشد. در طی آن دوره، هیچ افزایشی در گلیومای لوب تمپورال (که مکانی است که هنگام استفاده از تلفن همراه بیشتر در معرض امواج RF (Radiofrequency) قرار دارد)، وجود نداشت و در استرالیا هیچ نوع افزایش تومور مغزی یا محل گلیوم که بتوان آن را به تلفن های همراه نسبت داد، مشاهده نشد؛ بنابراین این نتایج ارتباط بین استفاده از تلفن همراه و تومور مغزی را پشتیبانی نمی کنند، اگر چه احتمال خطر را نمی توان کنار گذاشت (۱۴-۱۱). به عبارت دیگر شواهد کافی، مبنی بر اینکه بتوان گفت استفاده از تلفن همراه با ریسک افزایش تومور مغزی بی ارتباط است وجود ندارد (۱۵).

اثرات تابش طولانی مدت تلفن همراه 2G روی هیپوکامپ موش: در این آزمون نوزادان موش به طور

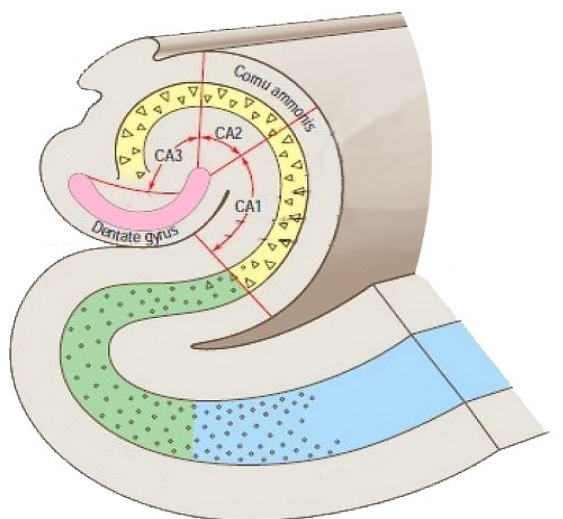
تجربی استفاده گردد. در هر یک از مقالات موجود از قسمت های کلیدی همچون نحوه آزمون و نتایج حاصل از آن استفاده گردید و سعی بر آن شد که با توجه به اهداف مقاله حاضر و در جهت تفهیم بهتر، تا حد امکان از بیان مطالب غیرضروری صرف نظر شود. یافته های حاصل به صورت منظم و طبقه بندی شده ارائه می گردد.

یافته ها

ارزیابی تغییرات دمایی بافت مغز به دلیل گرم شدن ناشی از امواج تلفن همراه: در این مطالعه تجربی برای بررسی اثرات حرارتی امواج تلفن های همراه بر مغز، بافت مغز یک گاو (با توجه به شباهت به بافت مغز انسان) در ضخامت های مختلف ۲ میلی متر، ۱۲ میلی متر و ۲۲ میلی متر، هنگام تماس با تلفن همراه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. پس از تماس بین بافت و تلفن همراه در طی ۱۵ دقیقه، دماهای اندازه گیری شده به وسیله دماسنج، در ضخامت های ۲ میلی متر (ماده خاکستری مغز)، ۱۲ میلی متر و ۲۲ میلی متر، در مقایسه با قبل از مواجهه با تلفن همراه، افزایش دمای بافت را نشان می داد (نمودار ۱). با توجه به نمودار ۱، در ضخامت ۲ میلی متر، شیب منحنی روند افزایشی ملایم را نشان می دهد در حالی که در ضخامت های بالاتر (۱۲ میلی متر و ۲۲ میلی متر (ماده سفید مغز))، شیب منحنی با آهنگ بیشتری افزایش می یابد؛ به عبارت دیگر ماده سفید مغز افزایش دمای سریع تری نسبت به ماده خاکستری دارد. پس از توقف مواجهه با تلفن همراه، دمای بافت مغز در هر سه ضخامت نسبت به زمان در معرض قرارگرفتن کاهش یافت؛ با این حال، در مقایسه با دمای پایه (دمای بافت قبل از قرارگرفتن در معرض تلفن همراه)، بالاتر بود (۹). از آن جایی که مغز حتی نسبت به کمترین تغییرات دمایی نیز حساس است نمی توان این اثر دمایی مشاهده شده را نادیده گرفت (۱۰).

استفاده از تلفن همراه و بروز تومور مغزی: در طی یک مطالعه مبتنی بر جمعیت روند بروز تومور مغزی برای سه دوره زمانی سال های ۱۹۸۲-۱۹۹۲، ۱۹۹۳-۲۰۰۲ و ۲۰۰۳-۲۰۱۳ تجزیه و تحلیل شد. اطلاعات مربوط به سرطان های مغز و سیستم عصبی مرکزی که بین سال های ۱۹۸۲ و ۲۰۱۳ تشخیص داده شده بود، از

جمر (Jammer) یا پارازیت‌انداز را بر روی بیان ژن های P53 و P21 درون هیپوکامپ موش ها بررسی می کرد این نتیجه حاصل شد که تابش RF ساطع شده، منجر به تغییرات نسبی در بیان ژن های P53 و P21 می شود. با این حال از آنجایی که احتمال عدم تعادل سطح بیان ژن های p53 و p21 در بین گروه های نمونه مشاهده نشد، به احتمال زیاد آپوپتوز (Apoptosis) یا مرگ سلولی برنامه‌ریزی شده در هیپوکامپ مغز موش‌ها رخ نمی‌دهد (۱۶). افزون بر آن، برخی مطالعات دیگر نشان می‌دهد قرارگرفتن طولانی مدت در معرض تابش تلفن همراه باعث تغییرات قابل توجه در تعادل بیان mRNA ژن‌های Bax/Bcl2 در هیپوکامپ موش‌ها می شود (۱۷).



Dentate gyrus (DG) شکتج دندانهدار
Hippocampus (CA 1,2,3) هیپوکامپ

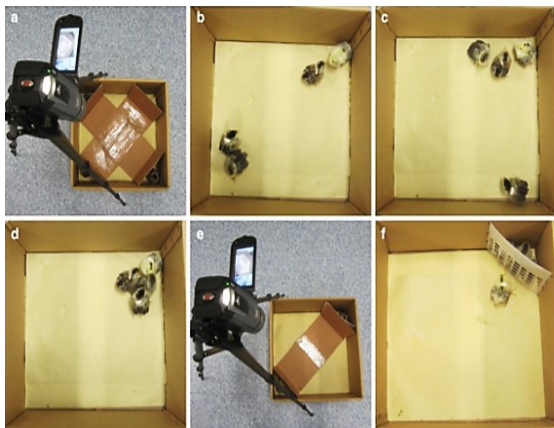
شکل ۱: نواحی CA1، CA2، CA3 هیپوکامپ و DG (۱) لایه هرمی شامل CA1، CA2، CA3 (Cornu Ammonis) لایه گرانولار DGDB (Dentate Gyrus Dorsal Blade) و DGVB (Dentate Gyrus Ventral Blade)

آزمایش رفتار اجتماعی و MRI مغز در جوجه‌های در معرض تابش تلفن همراه: در مطالعه حاضر، هدف بررسی تأثیر تابش تلفن همراه (با RF ۹۰۰ مگاهرتز) بر رفتارهای اجتماعی پس از تولد در جوجه‌ها و همچنین تأثیر بر اندازه ی مغز و بلوغ ساختاری مغز با استفاده از MRI است. ۷۶ جنین جوجه در حال رشد به دو گروه کنترل (۳۹ نفر) و گروه تشعشع (۳۷ نفر) تقسیم شدند. تخم‌های موجود در گروه تشعشع هر روز به مدت ۱۰ ساعت در معرض تابش

تصادفی به ۲ گروه مستقل تقسیم شدند. سی و شش موش در معرض تابش با فرکانس ۹۰۰-۱۸۰۰ مگاهرتز ساطع- شده از تلفن همراه 2G قرار گرفتند و سی و شش موش دیگر در گروه کنترل، بدون تماس با تلفن همراه 2G بودند. حیوانات ۴۸ دقیقه در روز و برای مدت ۱۸۰-۳۰ روز در معرض تلفن همراه 2G قرار گرفتند. با تشریح دقیق، مغز از حفره جمجمه خارج شد. هیپوکامپ شناسایی (شکل ۱) و از سایر قسمت‌های مغز جدا و رنگ آمیزی شد. بخش‌های رنگ‌آمیزی شده با استفاده از میکروسکوپ چشمی سه بعدی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در منطقه هیپوکامپ مغز، لایه هرمی (Pyramidal) CA1، CA2، CA3 (Cornu Ammonis) و لایه گرانولار DGDB (Dentate Gyrus Dorsal Blade) و DGVB (Dentate Gyrus Ventral Blade) مورد بررسی قرار گرفت. دو کار مهم انجام شد: الف) محاسبه تراکم عصبی: تراکم نورونی CA1، CA2، CA3، DGDB و DGVB با استفاده از شبکه مربع نصب شده روی عدسی چشمی تخمین زده شد. ب) اندازه‌گیری قطر هسته عصبی: قطر هسته سلول‌های عصبی CA1، CA2، CA3 و DGDB و DGVB با استفاده از میکرومتر چشمی کالیبره شده اندازه‌گیری شد. مشاهده شد که: الف) میانگین تراکم نورون‌ها در ناحیه هیپوکامپ: میانگین تراکم نورون‌ها در مناطق CA1، CA2 و DGDB از هیپوکامپ از ماه اول تا ششم در گروه در معرض 2G به طور قابل توجهی پایین تر بود. با این حال، در CA3 (به جز در ماه ۲) و DGVB در موش‌های در معرض 2G تراکم نورون‌ها به طور قابل توجهی بالاتر از گروه کنترل بود. ب) میانگین قطر هسته‌ای سلول‌های عصبی در مناطق هیپوکامپ: میانگین قطر هسته‌ای سلول‌های عصبی در مناطق CA1، CA2، CA3، DGDB و DGVB از هیپوکامپ از ماه اول تا ششم (به جز منطقه CA3 در ماه ۲، منطقه DGDB در ماه ۴ و ۶ و منطقه DGVB در ماه ۳) قطر هسته‌ای پایین تری را در گروه 2G نسبت به گروه کنترل نشان می‌داد. بنابراین قرارگرفتن در معرض طولانی مدت در برابر اشعه ۹۰۰-۱۸۰۰ مگاهرتز ساطع- شده از تلفن همراه 2G می‌تواند باعث کاهش قابل توجه تراکم نورون و کاهش قطر هسته در سلول‌های عصبی هیپوکامپ موش شود (۱).

در آزمایش دیگری که اثر تابش RF ناشی از دستگاه

ب- آزمون آوازخواندن جوجه‌ها: وسیله آزمون آواز با آزمون وابستگی یکسان بود. برای این آزمایش از یک اتاق ساکت استفاده شد. چهار جوجه در گروه آزمایش یا شاهد به مدت ۲ دقیقه در یک فضای باز قرار گرفتند. سپس، یکی از آن‌ها به گوشه وسیله که توسط حصار مقوا جدا شده بود منتقل شد. صدای جوجه‌ها با استفاده از یک دستگاه سنجش صدا ضبط شد و میانگین سطح صدا در دسی‌بل محاسبه شد. نتیجه این شد که شدت صدای جوجه‌ها در گروه تابش به طور قابل توجهی ضعیف‌تر از گروه کنترل بود.



شکل ۲: نحوه اجرای آزمون

a تا d: دستگاه طراحی شده برای آزمون رفتار تجمعی.
e و f: دستگاه طراحی شده برای آزمون وابستگی و آزمون آواز (۵).

ت- تصویربرداری MRI برای بررسی اندازه مغز و بلوغ ساختاری: پس از انجام آزمایش‌های رفتاری، قبل از تصویربرداری، کلیه‌ی جوجه‌ها با تزریق کلرال هیدرات (Chloral hydrate) ۵٪ بیهوش شدند. اسکن MRI انجام شد. تصویربرداری تشریحی از برش‌های سائیتال (Sagittal) مغز نیز صورت گرفت. اندازه زیرمجموعه‌های مختلف مغز، مانند تلنسفالون، لوب بینایی، مخچه و ساقه مغز، مطابق جدول ۱ بود. به جز تاثیر بر اندازه مخچه که در گروه تابش اندازه مخچه کوچک‌تر از گروه کنترل بود، اثر قابل توجهی از تاثیر اشعه تلفن همراه بر سایر بخش‌ها، پیدا نشد.

ث- میزان جوجه‌ریزی و هتروپلازی (Heteroplasia): نوعی اختلال که منجر به ناتوانی در ایستادن می‌شود؛ میزان جوجه‌ریزی و همچنین میزان هتروپلازی بین گروه‌های تابش و کنترل تفاوت معناداری نداشت.

تلفن همراه قرار گرفتند و آزمایش‌های رفتاری ۴ روز پس از جوجه‌ریزی (منظور از جوجه‌ریزی شکستن تخم و بیرون آمدن جوجه‌ها از تخم است) انجام شد.

الف- آزمون رفتار تجمعی: همان طور که در شکل ۲-a نشان داده شده است، از یک جعبه مقوایی $45 \times 45 \times 24$ سانتی متر استفاده شد و چهار حصار مقوایی در چهار گوشه آن قرار داده شد تا فضاهای مثلثی ایجاد شود. یک دوربین فیلمبرداری برای ضبط در بالای جعبه قرار گرفت. چهار جوجه در گروه آزمایش یا کنترل به طور تصادفی انتخاب شدند و در چهار گوشه جدا شده قرار گرفتند که حصارها آن‌ها را جدا می‌کرد. پس از برداشته شدن حصارها به طور هم‌زمان، رفتار تجمعی این چهار جوجه با استفاده از دوربین ثبت شد. زمان مورد نیاز برای جمع‌آوری دو، سه و چهار جوجه ذکر شد. سه آزمایش از این دست در هر یک از گروه‌های آزمایش و کنترل انجام شد (شکل ۲-b, c, d) و میانگین زمان تجمع محاسبه شد. مدت زمان جمع شدن سه و چهار جوجه، در گروه تشعشع به طور قابل توجهی طولانی‌تر از گروه کنترل بود. زمان تجمع دو جوجه در گروه تابش و کنترل تفاوت معناداری نداشت.

ب- آزمون وابستگی: وسیله این آزمون در شکل ۲-e نشان داده شده است. این وسیله شامل یک جعبه مقوایی با ابعادی مشابه وسیله مورد استفاده در آزمون رفتار تجمعی بود. یک حصار مقوایی را در گوشه‌ای قرار دادند تا فضای مثلثی ایجاد شود. یک حصار مشبک پلاستیکی در گوشه مقابل قرار داده شد تا فضایی به همان اندازه ایجاد شود. یک دوربین فیلمبرداری برای ضبط در بالای جعبه قرار داده شد. یک جعبه مقوایی دیگر در همان اندازه اما بدون حصار مشبک پلاستیکی به عنوان یک منطقه میدان باز مورد استفاده قرار گرفت تا قبل از انجام آزمایش برای سازگاری استفاده شود. چهار جوجه در گروه آزمایش یا شاهد به مدت ۱ دقیقه در میدان باز قرار گرفتند. سپس سه تا از آن‌ها به گوشه دستگاهی که توسط حصار مشبک جدا شده منتقل شدند. جوجه باقی‌مانده را در گوشه مقابل، پشت حصار مقوا قرار دادند. پس از ۳۰ ثانیه، حصار مقوا برداشته شد و جوجه‌ی جدا شده می‌توانست آزادانه حرکت کند. زمان رسیدن به حصار مشبک در گوشه مقابل ثبت شد و میانگین زمان رسیدن محاسبه شد (شکل ۲-f). نتیجه این شد که زمان لازم برای رسیدن به هدف از گوشه جدا شده در گروه تابش به طور قابل توجهی طولانی‌تر از گروه کنترل بود.

جدول ۱: اندازه‌گیری نواحی مختلف مغز از هر دو گروه (۵).

مساحت (سانتی مترمربع)		نواحی مغز
گروه کنترل (میانگین ± انحراف معیار)	گروه تابش (میانگین ± انحراف معیار)	
۳۷/۲۹ ± ۱/۷۵	۳۶/۶۷ ± ۱/۷۵	تلنسفالون یا مغز پیشین
۱۶/۳۴ ± ۱/۰۹	۱۵/۶۸ ± ۱/۰۷	لوب بینایی
۲۹/۹۵ ± ۱/۴۱	۲۸/۴۰ ± ۱/۹۵	مخچه (تفاوت معنادار نشان داد)
۱۶/۸۹ ± ۰/۹۹	۱۶/۷۵ ± ۱/۱۳	ساقه مغز

علوم پزشکی زاهدان صورت گرفت: به این صورت که ۴۰ دانشجوی، ۲۰ پسر و ۲۰ دختر، انتخاب شدند. در ابتدا یک الکتروکاردیوگرام طبیعی به مدت ۲۰ ثانیه برای هر یک از افراد ثبت شد. سپس یک تلفن همراه نزدیک بدن آن‌ها قرار گرفت؛ یک حالت، درحالی که تلفن همراه زنگ می‌خورد و حالت دیگر وقتی با تلفن صحبت می‌کردند دو الکتروکاردیوگرام به مدت ۲۰ ثانیه ضبط شد. کاهش قابل توجهی در زمان بخش TP (فاصله بین موج T تا موج P از سیکل بعد) در حال استراحت در مقایسه با بخش TP در هنگام زنگ زدن و صحبت در مردان وجود داشت همچنین در زنان نیز بخش TP تفاوت معناداری را در هر سه شرایط نشان می‌داد. در مردان هنگام مکالمه در مقایسه با استراحت و زنگ، افزایش قابل توجهی در زمان موج T وجود داشت. با این حال در هیچ یک از سه شرایط ذکر شده تفاوت معناداری در زنان از لحاظ موج T وجود نداشت. این مطالعه نشان داد که اختلاف معناداری در فاصله PR (فاصله بین موج P تا موج R)، زمان موج QRS (کمپلکس QRS الکتروکاردیوگرام) و ولتاژ موج R (موج R الکتروکاردیوگرام) وجود ندارد. علاوه بر این، مبدل نبض به انگشت اشاره افراد متصل شد تا ضربان قلب آن‌ها را در تمام مراحل ثبت کند؛ مشاهده شد که صحبت از طریق تلفن همراه باعث افزایش قابل توجه ضربان قلب در هر دو جنس در مقایسه با حالت استراحت و زنگ تلفن می‌شود، این افزایش به عنوان آریتمی سینوسی در نظر گرفته شد. بنابراین تلفن‌های همراه می‌توانند بر بخش TP، زمان موج T و ضربان قلب تأثیر بگذارند (۲۰، ۱۹).

آزمایش دیگری بر روی دانشجویان دانشگاه علوم پزشکی کردستان انجام شد: ۶۰ داوطلب سالم به صورت تصادفی در دو گروه ۳۰ تایی کنترل و مواجهه قرار گرفتند. این آزمایش در ۵ مرحله با شرایط متغیر انجام شد؛ داوطلب با

بنابراین در مقایسه با گروه شاهد، جوجه‌های گروه تشعشع به طور معناداری پاسخ تجمعی آهسته‌تر، وابستگی و تعلق کمتر و صدای ضعیف‌تری را نشان دادند. از نظر اندازه مغز و بلوغ ساختاری، تفاوت معناداری بین گروه تابش و کنترل مشاهده نشد، به جز اندازه مخچه، که در گروه تابش به طور قابل توجهی کوچک‌تر بود. میزان جوجه‌ریزی و هتروپلازی نیز محاسبه شد و تفاوت معناداری بین دو گروه مشاهده نشد. در نتیجه قرارگرفتن در معرض اشعه تلفن همراه در حین جنین‌زایی جوجه‌ها، رفتارهای اجتماعی پس از جوجه‌ریزی را مختل و احتمالاً عقب ماندگی مخچه را تحریک می‌کند (۵).

تأثیر انرژی الکترومغناطیسی تابش‌شده از تلفن همراه بر پارامترهای ارزیابی قلبی: این مطالعه برای بررسی تأثیر فرکانس امواج تلفن همراه بر پارامترهای الکتروکاردیوگرافی در بیماران با سابقه بیماری ایسکمیک قلبی (Ischemic Heart Disease)، با در نظر گرفتن فاکتور جنسیت انجام شد در واقع این مطالعه تأثیر امواج تلفن همراه در قلب را در سه سطح بررسی می‌کرد: مکان تلفن همراه، وجود بیماری ایسکمیک قلب و جنسیت. نتایج گزارش شده از این مطالعه در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به این نتایج، فرکانس رادیویی تلفن همراه با هدایت قلبی تداخل می‌کند. می‌توان نتیجه گرفت که فرکانس رادیویی تلفن همراه فاصله QT (الکتروکاردیوگرام یک فرد طبیعی به ترتیب دارای امواج P، کمپلکس QRS و T می‌باشد و منظور از QT فاصله بین موج Q تا موج T می‌باشد) را در انسان با یا بدون بیماری ایسکمیک قلبی طولانی می‌کند در حالی که بیماران زن از این اثرات مصون هستند (۱۸).

همچنین آزمایشی مشابه بر روی دانشجویان دانشگاه

جدول ۲: اثرات امواج تلفن همراه بر اساس وجود بیماری ایسکمیک، مکان تلفن و جنیست

گروه هدف	تعداد افراد	مکان تلفن: سطح کمربند	مکان تلفن: جیب قفسه سینه
مرد سالم	۵۰	کوتاه شدن RR، افزایش QT _m ، افزایش QT _c	افزایش QT _c
زن سالم	۹۲	افزایش QT _m ، افزایش QT _c ، افزایش ضربان قلب	افزایش QT _m ، افزایش QT _c
مرد ایسکمیک	۳۶	افزایش QRS، افزایش QT _c	افزایش QRS، افزایش QT _c ، افزایش دامنه موج R
زن ایسکمیک	۶۸	تغییرات دامنه موج R مشاهده نشد	تغییرات دامنه موج R مشاهده نشد

QT_c = The Corrected QT Interval (QT اصلاح شده فواصل QT), QT_m = The Maximum Of QT Interval (حالت QT = حالت یک سیکل تا موج R از سیکل بعد RR=، موج R الکتروکاردیوگرام R=، کمپلکس QRS الکتروکاردیوگرام QRS=، حداکثری فواصل فاصله بین موج R

موش صحرائی نر: این پژوهش در مرکز تحقیقات باروری و ناباروری دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه به روش تجربی بر روی ۲۱ موش صحرائی نر انجام شد بدین صورت که این موش‌ها به طور تصادفی به سه گروه ۷ تایی تقسیم شدند و هر روز ۸ ساعت به مدت دو هفته تحت آزمایش قرار گرفتند؛ گروه شاهد در شرایط بدون تماس با امواج الکترومغناطیسی قرار داشت، گروه دوم در معرض امواج شبیه‌سازی شده تلفن همراه با فرکانس ۹۵۰ مگاهرتز و گروه سوم در معرض همین امواج با فرکانس ۹۱۵ مگاهرتز قرار گرفت. حیوانات هر سه گروه، بعد از پایان دوره ی آزمایش وزن شدند و بیضه و پروستات آن‌ها خارج گردیده و مطابق روش‌های معمول بافت‌شناسی مورد آماده‌سازی قرار گرفتند و برای بررسی میکروسکوپی رنگ آمیزی شدند. در همه ی گروه‌ها قطر خارجی و داخلی (لومن) لوله‌های سمینفر و ضخامت اپیتلیوم و ضخامت تونیکا آلبوژینه اندازه‌گیری شد. میانگین مقادیر قطر لوله‌های خارجی و داخلی (لومن) سمینفر، میانگین ضخامت اپیتلیوم لوله‌های منی‌ساز و میانگین ضخامت تونیکا آلبوژینه در گروه‌های آزمایش در مقایسه با گروه شاهد کاهش معناداری داشتند. بررسی آناتومیکی بیضه‌ها و پروستات نشان داد که تفاوت محسوسی ایجاد نشده و همه گروه‌ها به حالت نرمال باقی مانده‌اند. مقایسه مورفولوژیکی برش‌های میکروسکوپی نشان داد که در گروه‌های دوم و سوم که در معرض امواج قرار گرفته بودند، نظم و ترتیب لوله‌های منی‌ساز از بین رفته و اتصالات بین سلولی و غشای سلول‌ها تخریب شده است؛ بنابراین ضخامت لوله‌ها کاهش یافته است و همچنین تجمع نسبی اسپرم‌ها در بخش میانی لوله منی‌ساز هم نسبت به گروه شاهد کم‌تر شده است. نتایج حاصل از اندازه‌گیری میانگین وزن بدن و وزن

حفظ آرامش کامل و بدون هیچ‌گونه هیجان و آشفتگی در وضعیت خوابیده به پشت قرار گرفت. بعد از ۵ دقیقه فشارخون سیستولیک و دیاستولیک و ضربان قلب اندازه‌گیری و ECG گرفته می‌شد (مرحله یک). سپس در گروه مواجهه، یک تلفن همراه روشن در حالت بی‌صدا (Silent) در مجاور قلب داوطلب قرار داده شد. در افراد گروه کنترل، از تلفن همراه خاموش استفاده شد. در هر کدام از گروه‌ها بعد از ۵ دقیقه در همان حالت فشارخون سیستولیک (Systolic) و دیاستولیک (Diastolic)، ضربان قلب و Long-Lead2 اندازه‌گیری شد (مرحله دو). سپس با تلفن همراهی که در حالت بی‌صدا قرار گرفته بود، ۶ بار تماس ۳۰ ثانیه‌ای بدون فاصله و بدون پاسخ برقرار می‌شد و در حین تماس ششم اقدام به گرفتن فشارخون سیستولیک و دیاستولیک، ضربان قلب و Long-Lead2 می‌شد (مرحله سه). بلافاصله گوشه بعد از تماس ششم در حالت برقراری تماس برای مدت ۳۵ دقیقه در همان وضعیت و موقعیت قرار داده شد و در دقایق ۱۷ و ۳۴ اقدام به اندازه‌گیری متغیرهای طرح و Long-Lead2 شد (مرحله چهار و پنج). تغییرات فشارخون سیستولیک، دیاستولیک و ضربان قلب در هیچ یک از مراحل طرح، تفاوت آماری معناداری نداشت. در مراحل ۱، ۲ و ۳ میزان آریتمی سینوسی در دو گروه تفاوت آماری معناداری نداشت. میزان آریتمی سینوسی در مراحل ۴ و ۵ در گروه مواجهه بیشتر بود؛ اما فقط در مرحله ۴ تفاوت آماری معناداری با گروه کنترل داشت بنابراین نتیجه می‌گیریم که امواج الکترومغناطیس تلفن همراه در مکالمات ۱۷ دقیقه‌ای باعث آریتمی سینوسی می‌شود (۲۲، ۲۱).

اثر امواج تلفن همراه بر بافت بیضه و پروستات در

عوامل مرگ و میر در مردان زیر ۶۵ سال در اروپا می باشد (۲۸). رادیوداروی متداول در اسکن قلب MIBI - ^{99m}Tc می باشد. اگرچه رادیوداروی MIBI - ^{99m}Tc به طور اختصاصی در قلب جذب می شود و برای تهیه اسکن قلب به کار می رود؛ اما مقادیری از آن توسط جریان خون به اندام های دیگر رفته و در ارگان هایی به جز قلب نیز جذب می گردد. میزان جذب ریوی رادیوداروی MIBI - ^{99m}Tc به حدی قابل توجه است که برخی بررسی ها نشان دادند می توان از این رادیودارو جهت تشخیص عقده های ریوی استفاده کرد (۲۹). از طرفی، امروزه کاربرد دستگاه های تلفن همراه در جهان گسترش روزافزونی داشته است؛ چنانچه تابش امواج موبایل از طریق تغییر ضربان قلب یا به هر نحوی باعث تغییر در جذب ریوی MIBI - ^{99m}Tc شود می تواند بر کیفیت اسکن تاثیرگذار باشد و از آنجایی که فاصله تزریق رادیودارو به بیمار تا انجام اسکن قلب ۶۰ دقیقه می باشد، احتمال اینکه فرد در این فاصله زمانی از تلفن همراه خویش تماس تلفنی برقرار کند و به طور متمرکز تحت تابش امواج قرار بگیرد بسیار زیاد است، لذا این مطالعه به بررسی تغییرات جذب ریوی MIBI - ^{99m}Tc در اثر تابش امواج ۲۱۰۰ مگاهرتز تلفن همراه می پردازد. این مطالعه بر روی ۸۴ موش صحرائی نر بالغ انجام شد که به گروه های شاهد و آزمون تقسیم شدند؛ برای گروه شاهد، تلفن در حالت بدون مکالمه (Stand bay) قرار داشت ولی برای گروه آزمون، تماس تلفنی برقرار بود. بعد از اینکه تابش دهی گروه ها به پایان رسید طبق زمان بندی، موش ها توسط اتر بیهوش شده و با گیوتین سر آن ها جدا شد. پس از خون گیری و شکافتن قفسه سینه، ریه ها از بدن حیوان خارج شد و میزان اکتیویته ریه ها برای هر حیوان به طور دقیق اندازه گیری شد. در اثر تابش امواج ۲۱۰۰ مگاهرتز گسیل شده از تلفن همراه به مدت ۱۵ دقیقه، میزان اکتیویته ویژه ریه نسبت به گروه شاهد افزایش یافت و نیز اکتیویته ریه با گذشت زمان روند کاهشی معناداری پیدا کرد و این برخلاف تغییرات تقریباً ثابت در گروه شاهد بود. در مورد ۳۰ دقیقه تابش امواج ۲۱۰۰ مگاهرتز نیز در میزان اکتیویته ویژه بین گروه شاهد و آزمون اختلاف معنادار وجود داشت و مشاهده شد که میزان اکتیویته ویژه در گروه آزمون بیشتر از شاهد بوده است و در واقع نفوذ MIBI - ^{99m}Tc به بافت ریه در اثر تابش امواج افزایش یافت.

بیضه ها از لحاظ آماری هیچ گونه اختلاف معناداری بین گروه ها نشان نداد؛ اما میانگین وزن پروستات گروه های در معرض امواج (دوم و سوم) نسبت به گروه شاهد کاهش داشت (۲۳).

در یک مطالعه تجربی مرتبط تاثیر تابش تلفن همراه بر جنبش، توان زیستی و یکپارچگی DNA اسپرم انسان مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه تجربی، نمونه های مایع منی از مردان مراجعه کننده به یک مرکز درمان ناباروری گردآوری شد. نمونه ها به شرح زیر تقسیم شدند: تعداد اسپرم های دارای حرکت پیش رونده سریع و رو به جلو (گرید IV)، حرکت آهسته پیش رونده و رو به جلو (گرید III)، حرکت درجا یا چرخشی (گرید II) و اسپرم فاقد تحرک (گرید I) شمارش شده و سپس، درصد اسپرم های متحرک و غیرمتحرک (برای هر نمونه) ثبت شد. توان تحرک اسپرم ها در گروه تحت تاثیر میدان الکترومغناطیسی تلفن همراه، ۶۴/۴۶ میلیون در میلی لیتر بود که در مقایسه با گروه کنترل (۷۳/۹۴ میلیون در میلی لیتر) کاهش معنادار نشان داد. همچنین نتایج، کاهش معنادار در تعداد اسپرم های دارای حرکت رو به جلو گرید III و IV در مقایسه با گروه کنترل را نشان دادند. در ارتباط با توان زیستی (میزان بقا) اسپرم ها، فراوانی نسبی اسپرم های زنده در گروه آزمایش (۶۸/۷±۵۱/۸۴) در مقایسه با گروه کنترل (۸۵/۹±۴۶/۴۸) کاهش معناداری را نشان داد. تمامیت DNA انسانی یکی از متغیرهای مهم کیفیت اسپرم در پیش بینی ناباروری محسوب می شود (۲۴). با توجه به این موضوع یافته های مطالعه، کاهش بقا و افزایش تخریب تمامیت DNA را در گروه آزمایش نشان داد. این رخداد نشانگر این نکته است که آسیب ناشی از امواج الکترومغناطیسی تلفن همراه می تواند موجب تخریب DNA و به دنبال آن از بین رفتن توان زیستی اسپرم شود (۲۷-۲۵).

اثر امواج تلفن همراه بر جذب ریوی MIBI - ^{99m}Tc در ریه موش صحرائی نر: هدف از این مطالعه
بررسی میزان تجمع ریوی رادیوداروی MIBI - ^{99m}Tc در اثر تابش امواج ۲۱۰۰ مگاهرتز گسیل شده از نسل سوم تلفن های همراه می باشد. بیماری های شریان های کرونر قلب، دومین عامل مرگ و میر در زنان و یکی از شایع ترین

نگرانی های مطرح شده بهتر است که مسائل ایمنی تا زمان روشن شدن قطعی آثار سوء ناشی از این امواج بیشتر لحاظ گردد و از استفاده زیاد از تلفن های همراه و نزدیک نگه داشتن آن به بدن تا حد امکان اجتناب شود. امید است که با انجام مطالعات گسترده تر در این زمینه و توجه بیشتر به این موضوع، در جهت تولید تلفن های همراه با حداقل اثرات زیست شناختی زیان آور اقدام شود.

سپاسگزاری

با تشکر فراوان از حمایت های مادی و معنوی معاونت پژوهشی دانشکده پیراپزشکی دانشگاه علوم پزشکی شیراز و راهنمایی های دلسوزانه و بی شائبه ایشان و همچنین قدردانی از باشگاه پژوهشی دانشکده پیراپزشکی جهت آموزش ها و امکانات آموزشی و پژوهشی که در اختیار نویسندگان این مقاله گذاردند.

منابع

1. Mugunthan N, Shanmugasamy K, Anbalagan J, Rajanarayanan S, Meenachi S. Effects of long term exposure of 900-1800 MHz radiation emitted from 2G mobile phone on mice hippocampus-a Histomorphometric study. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR* 2016; 10(8): AF01-AF06.
2. Hasan I, Jahan MR, Islam MN, Islam MR. Effect of 2400 MHz mobile phone radiation exposure on the behavior and hippocampus morphology in Swiss mouse model. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2021; 29(1): 102-110.
3. Isa R, Pasya I, Taib M, Jahidin A, et al. Classification of brainwave asymmetry influenced by mobile phone radiofrequency emission. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 2013; 97: 538-545.
4. Sandström M, Wilen J, Hansson Mild K, Oftedal G. Mobile phone use and subjective symptoms. Comparison of symptoms experienced by users of analogue and digital mobile phones. *Occupational Medicine* 2001; 51(1): 25-35.
5. Zhou Z, Shan J, Zu J, Chen Z, et al. Social behavioral testing and brain magnetic resonance imaging in chicks exposed to mobile phone radiation during development. *BMC neuroscience* 2016; 17(1): 1-8.

بنابراین می توان از نتایج این مطالعه چنین استنباط کرد که اگر فردی جهت انجام اسکن قلب، MIBI - ^{99m}Tc دریافت کند (تزریق وریدی) و این فرد در فاصله ی زمانی بین تزریق رادیودارو و تهیه اسکن از تلفن همراه خود در محدوده فرکانسی ۲۱۰۰ مگاهرتز استفاده نماید، جذب ریوی رادیودارو افزایش می یابد و با توجه به اینکه ریه در مجاورت قلب قرار دارد می تواند باعث ایجاد آرتیفکت در اسکن شده و از مطلوبیت تصویر بکاهد و در نهایت تشخیص بیماری را دچار اختلال نماید (۳۰).

برای بررسی اثرات امواج تلفن همراه بر روی بافت های بدن علاوه بر موارد بالا تحقیقات گوناگونی صورت گرفته است و نتایج جالبی نیز حاصل شده است برای مثال در آزمایشی جهت بررسی اثرات تابش تلفن همراه بر روی فاکتورهای خونی موش ها، مشاهده شد که امواج تلفن همراه اثرات قابل توجهی بر روی فاکتورهای خونی موش ها (فاکتورهای MCH و MCHC) می گذارند (۳۱).

بحث و نتیجه گیری

با گسترش استفاده از تلفن های همراه در جامعه در مطالعات بسیاری آثار ناشی از امواج آن ها بر موجودات زنده بررسی شده است که تمرکز بیشتر مطالعات بر روی آثار زیان بار ناشی از این امواج بوده است و مواردی که بررسی کردیم گواه بر این موضوع است علاوه بر آن برای مثال می توان به مطالعاتی که بیان می کنند امواج RF بر کیفیت اسپرم انسان و در نتیجه توان باروری وی اثر می گذارند (۳۲) و نیز برخی مطالعات که آثاری چون آسیب های ژنتیکی، از دست دادن حافظه، تضعیف سیستم ایمنی، افزایش فشار خون (۳۳) و افزایش قند خون (۳۴) را به این امواج نسبت می دهند اشاره نمود.

با توجه به موارد بالا و نیز مطالعاتی که بررسی کردیم و نتایج آن ها، علی رغم مزایای غیرقابل انکار صنعت تلفن های همراه در تسهیل ارتباطات و تسریع انجام بسیاری از فعالیت های بشری، نمی توان از اثرات احتمالی آن ها چشم پوشی کرد چنان که مشاهده کردیم تلفن های همراه می توانند بخش های مختلفی از بدن همچون مغز، قلب، بیضه، پروستات و یا حتی ساختار و فعالیت اسپرم را تحت تاثیر قرار دهند. هرچند نتیجه گیری و اظهار نظر قطعی نیازمند انجام مطالعات گسترده تری است اما نباید از مسئله سلامت جامعه غافل شد و با توجه به مطالعات انجام شده و

6. Tyagi A, Duhan M, Bhatia D. Effect of mobile phone radiation on brain activity GSM vs CDMA. *IJSTM* 2011; 2(2): 1-5.
7. Kumar V, Ahmad M, Sharma A. Harmful effects of mobile phone waves on blood tissues of the human body. *Eastern Journal of Medicine* 2010; 15(3): 80-89.
8. Jafari N, Heydari M, Asgari M, Simulation of Mobile Radiations in Vicinity of Adult and Child Head. *Paramedical Sciences and Military Health* 2018; 13(1): 1-7.
9. Forouharmajd F, Pourabdian S, Ebrahimi H. Evaluating temperature changes of brain tissue due to induced heating of cell phone waves. *International journal of preventive medicine* 2018; 9.
10. Cai A, Cho Y, Nguyen M, Polamraju P. Effects of Cell Phone Radiation on the Head 2014
11. Karipidis K, Elwood M, Benke G, Sanagou M, et al. Mobile phone use and incidence of brain tumour histological types, grading or anatomical location: a population-based ecological study. *BMJ open* 2018; 8(12): e024489.
12. J-H Kim S, Ioannides SJ, Elwood JM. Trends in incidence of primary brain cancer in New Zealand, 1995 to 2010. *Australian and New Zealand journal of public health* 2015; 39(2): 148-152.
13. Coureau G, Bouvier G, Lebailly P, Fabbro-Peray P, et al. Mobile phone use and brain tumours in the CERENAT case-control study. *Occupational and environmental medicine* 2014; 71(7): 514-522.
14. Choi KH, Ha J, Bae S, Lee AK, et al. Mobile Phone Use and Time Trend of Brain Cancer Incidence Rate in Korea. *Bioelectromagnetics* 2021; 42(8): 629-648.
15. Ye M. Cellphone Usage and the Risk of Cancer. 2018.
16. Tohidi F, Bahrayni TM, Azimian H, Khademi S. The gene expression level of p53 and p21 in mouse brain exposed to radiofrequency field. 2015.
17. Tohidi F-Z, Sadr-Nabavi A, Haghiri H, Fardid R, et al. Long-term exposure to electromagnetic radiation from mobile phones can cause considerable changes in the balance of Bax/Bcl2 mRNA expression in the hippocampus of mice. *Electromagnetic Biology and Medicine* 2021; 40(1): 131-137.
18. Alhusseiny A, Al-Nimer M, Majeed A. Electromagnetic energy radiated from mobile phone alters electrocardiographic records of patients with ischemic heart disease. *Annals of medical and health sciences research* 2012; 2(2): 146-151.
19. Komeili G, Sarabandi SN. Studying the effects of mobile phone waves on electro cardiogram parameters of students in zahedan university of medical sciences. *International journal of high risk behaviors & addiction* 2012; 1(2): 75.
20. Repacholi MH. Health risks from the use of mobile phones. *Toxicology letters* 2001; 120(1-3): 323-331.
21. Andrzejak R, Poreba R, Poreba M, Derkacz A, et al. The influence of the call with a mobile phone on heart rate variability parameters in healthy volunteers. *Industrial health* 2008; 46(4): 409-417.
22. Kavyannejad R, Hadizade N, MohammadTaghi R, Gharibi F. Effect of electromagnetic field of mobile phones on blood pressure, heart rate and arrhythmia. *Journal of Gorgan University of Medical Sciences*. 2009; 11(3): 22-26.
23. Amjadi T, Farokhi F, Ghanbari M, Khazaei M. The Effects of Cell Phone Waves (950 MHz-915MHz) on Histology of Testis and Prostate in male Rat. *Journal of Animal Environment* 2016; 8(1): 23-34.
24. Rezvanfar M, Sadrkhanlou R, Ahmadi A, Shojaei-Sadee H, et al. Protection of cyclophosphamide-induced toxicity in reproductive tract histology, sperm characteristics, and DNA damage by an herbal source; evidence for role of free-radical toxic stress. *Human & experimental toxicology* 2008; 27(12): 901-910.
25. Farahani A, Marefatpour E, Hamidi Madani A, Faraji R, et al. The Effects of Cellular Phone Electromagnetic Exposure on Human Sperm Viability, Motility and DNA Integrity (in Vitro

- Study). Journal of guilan university of medical sciences 2015; 24(94): 29-35.
26. Agarwal A, Deepinder F, Sharma RK, Ranga G, Li J. Effect of cell phone usage on semen analysis in men attending infertility clinic: an observational study. *Fertility and sterility* 2008; 89(1): 124-128.
27. La Vignera S, Condorelli RA, Vicari E, D'Agata R, Calogero AE. Effects of the exposure to mobile phones on male reproduction: a review of the literature. *Journal of andrology* 2012; 33(3): 350-356.
28. Hansson GK. Inflammation, atherosclerosis, and coronary artery disease. *New England Journal of Medicine* 2005; 352(16): 1685-1695.
29. Minai OA, Raja S, Mehta AC, Sullivan EJ, et al. Role of Tc-99m MIBI in the evaluation of single pulmonary nodules: a preliminary report. *Thorax* 2000; 55(1): 60-62.
30. Bokharaeian M, Jadidi M, Hasanzadeh H, Rahmati M. Evaluation of 2100MHz Waves Effect Emitted from Third Generation of Mobile Cell Phones On Oxidative Stress Inducing and Lung Adsorption of Tc-Mibi in Male Wistar Rats. *Journal of Knowledge & Health* 2016; 11(3): 63-68.
31. Tohidi F-Z, Fardid R, Arian Rad S, Tohidi M, et al. The effect of cellphone radiation on hematological blood cell factors in BALB/C mice. *Iranian Journal of Medical Physics* 2016; 13(1): 58-64.
32. Falzone N, Huyser C, Becker P, Leszczynski D, Franken DR. The effect of pulsed 900-MHz GSM mobile phone radiation on the acrosome reaction, head morphometry and zona binding of human spermatozoa. *International journal of andrology*. 2011; 34(1): 20-26.
33. Tyagi A, Duhan M, Bhatia D. Effect of mobile phone radiation on brain activity GSM vs CDMA. *IJSTM* 2011; 2(2): 1-5.
34. Meo SA, Ruberaan KA. Effects of exposure to electromagnetic field radiation (EMFR) generated by activated mobile phones on fasting blood glucose. *International journal of occupational medicine and environmental health* 2013; 26(2): 235-241.