The effect of microwave radiation on rabbit's hearing

A Khavanin* P Najafi** AA Pilehvarian*** H Asilian* M Akbary**** Sh Ghods*****

*Assistant professor of occupational health, School of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
** Department of physiology, Payam Nore University, Esfahan, Iran
***Assistant professor of physiology Payam Nore University, Esfahan, Iran
****Department of Audiology, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
*****School of Medical Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

✸Abstract

Background: Regarding the rapid development in technology of mobile communication and increasing growth in number of users, the radiation of these waves has become as one of the concerns of today's society.

Objective: The aim of this study was to assess the potential changes in auditory system of rabbit following exposure to microwave.

Methods: This was an experimental study carried out at two auditory centers of Tarbiat Modaress University and Iran University of Medical Sciences in Tehran (Iran) in 2005. White Newsealand male rabbits were the experimental animals used in our study and the Auditory Brainstem Response (ABR) as the method to evaluate the possible changes following exposure to radiation. The latency time of the fifth wave of ABR was measured and recorded pre- and post-exposure using two stimuli (Click and Tone burst) at different frequencies and two intensities of 70 and 100 dB.

Findings: The latency time of wave V was increased for different frequencies used in our experiment. An increase of more than 0.2 ms was noticed especially at two frequencies of 2000 & 8000 Hz. Statistical analysis of results was indicative of no significant change between latency times of wave V (ms) pre- and post-exposure.

Conclusion: The results of audiometry provided evidences regarding the effect of microwave radiation at the levels produced by mobile phones on rabbit's auditory system. Our data suggest the prudent use of mobile phones

Keywords: Microwave Radiation, Mobile phone waves, Brain Stem, Auditory Evoked Potentials

Corresponding Address: Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
Email: Khavanin@modares.ac.ir
Tel: +98 21- 88011001
Received: 2007/06/13
Accepted: 2008/01/15

بررسی اثر تشعشع میکروویو بر شنوایی خرگوش

دکتر علی خوانین* پروین نجفی** دکتر علی اصغر پیله وریان*** دکتر حسن اصیلیان* مهدی اکبری**** شیوا قدس*****

* استادیار بهداشت حرفه‌ای دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس
** دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی دانشگاه پیام نور مرکز اصفهان
*** استادیار فیزیولوژی دانشکده علوم پایه دانشگاه پیام نور مرکز اصفهان
**** مربی گروه شنوایی سنجی دانشگاه علوم پزشکی ایران
***** دانشجوی پزشکی دانشگاه علوم پزشکی ایران

آدرس مکاتبه: تهران، تقاطع بزرگراه جلال آل احمد و چمران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پزشکی، گروه بهداشت حرفه‌ای و محیط تلفن: ۸۸۰۱۱۰۰۱
E-mail: Khavanin@modares.ac.ir

تاریخ دریافت: ۸۶/۳/۲۳ تاریخ پذیرش : ۸۶/۱۰/۲۵

چکیده

زمینه: به واسطه پیشرفت سریع فن‌آوری مخابرات سیار و رشد فزاینده تعداد کاربران آن، تابش دهی این دسته از پرتوها یکی از نگرانی‌های بهداشتی جوامع امروز است.

هدف: مطالعه به منظور تعیین اثر پرتوهای میکروویو بر شنوایی خرگوش انجام شد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه تجربی در سال۱۳۸۴ در آزمایشگاه بهداشت حرفه‌ای دانشگاه تربیت مدرس و آزمایشگاه شنوایی سنجی دانشگاه علوم پزشکی ایران بر روی خرگوش نر، نژاد سفید نیوزیلند انجام شد. برای ارزیابی تغییرات از روش پاسخ شنیداری ساقه مغز (ABR) استفاده شد. قبل و بعد از تابش گیری، زمان تأخیر موج پنج (میلی ثانیه)، برانگیخته با محرک‌های کلیک و تون برست در دو شدت ۷۰ و ۱۰۰ دسی بل اندازه‌گیری و ثبت شد.

یافته‌ها: زمان تأخیر موج پنج بعد از مواجهه بیش از ۰/۲ میلی ثانیه افزایش یافت و این تغییرات در بسامدهای ۲۰۰۰ و ۸۰۰۰ هرتز بیش از سایر بسامدها بود، ولی تفاوت بین زمان تأخیر موج پنج (میلی ثانیه) در قبل و بعد از پرتودهی از نظر آماری معنی‌دار نبود.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این مطالعه ما را به استفاده درست و محتاطانه از تلفن همراه هدایت می‌کند.

کلیدواژه‌ها: میکروویو، تشعشع امواج تلفن همراه، ساقه مغز شنوایی سنجی با پتانسیل‌های فراخوانده، شنوایی خرگوش

مقدمه:

پرتوهای میکروویو به بخشی از امواج الکترو مغناطیس در محدوده ۳۰۰ مگا هرتز تا ۳۰۰ گیگا هرتز اطلاق می‌شود که در دستگاه‌های رادار، مخابراتی و انتقال اطلاعات، ایستگاه‌های رادیویی، تلویزیون، ماهواره‌ها، اجاق های خانگی و صنعتی، تلفن‌های سیار و غیره کاربردهای فراوان دارد و به واسطه پیشرفت سریع در زمینه علوم مختلف همه روزه بر میزان کاربرد آن افزوده می‌شود.

استفاده بسیار زیاد از پرتوهای میکروویو، نگرانی‌هایی در مورد آثار سوء زیستی و امکان آسیب‌های شغلی و عمومی در اثر پرتوگیری از این امواج به وجود آورده است. به ویژه به دلیل رشد فزاینده تعداد کاربران تلفن همراه، گروه های تحقیقاتی و سازمان جهانی بهداشت معتقدند که هر اثر سوء بر سلامتی انسان، یک پدیده فراگیر و جهانی خواهد شد.[۱]

سیستم تلفن همراه (GSM-900) پرتوهای میکروویو را در محدوده بسامد ۸۹۰ تا ۹۶۰ مگا هرتز ارسال و دریافت می‌کند. حداکثر توان آنتن ۲ وات و حداقل آن ۰/۲۵وات است. پرتوهای آنتن در همه جهت‌ها به طور مساوی وجود دارد.[۲-۵] هنگام استفاده از تلفن همراه

مقداری انرژی الکترومغناطیس به مغز، دست، صورت و بدن کاربر جذب می‌شود که پرتوگیری ناخواسته محسوب می‌شود.

از آنجا که گوشی تلفن همراه هنگام استفاده در مجاورت گوش و لوب گیجگاهی قرار می‌گیرد و فاصله آنتن تا گوش داخلی و عصب شنوایی فقط چند سانتی‌متر است، سیستم شنوایی می‌تواند به سهولت تحت تأثیر تشعشع و میدان الکترو مغناطیسی حاصل از تلفن همراه قرار گیرد. در این رابطه برخی محققین اثرات تابش گیری کوتاه مدت از تلفن همراه را بر سیستم شنوایی و راه شنیداری با روش‌های متفاوت شنوایی سنجی ارزیابی کرده‌اند، ولی تاکنون تحقیقات اندکی در مورد اثرات مواجهه بلند مدت آن در تجارب آزمایشگاهی انجام شده‌است. [۶-۸]

پاسخ شنیداری ساقه مغز (ABR) روش مناسبی برای تشخیص تغییرهای حلزونی است. با این روش فعالیت و عملکرد سیستم شنوایی شامل عصب شنوایی و مراکز تحت قشری بررسی می‌شوند. دراین روش، پتانسیل‌های ایجاد شده در عصب شنوایی و ساختمان‌های ساقه مغز، ۱ تا ۱۰ میلی‌ثانیه پس از تحریک صوتی به صورت امواج(I-VII) ظاهر می‌شوند. با ارزیابی متغیرهای قابل اندازه‌گیری در ABR مانند زمان تأخیر مطلق، فواصل بین امواج، دامنه و شکل امواج می توان اطلاعاتی در مورد نوع و میزان تغییرات ایجاد شده به دست آورد. هدف از مطالعه حاضر تعیین اثر امواج تلفن همراه بر شنوایی اثر پرتوهای میکروویو بر شنوایی خرگوش است. [۹و۱۰]

*مواد و روش ها:

این مطالعه تجربی در سال۱۳۸۴ در آزمایشگاه بهداشت حرفه‌ای دانشگاه تربیت مدرس و آزمایشگاه شنوایی سنجی دانشگاه علوم پزشکی ایران انجام شد. به منظور کنترل دقیق شرایط پرتودهی و کاهش عوامل مداخله کننده از خرگوش‌های نر، نژاد سفید نیوزیلندی، سه ماهه و سالم استفاده شد. براساس نتایج آزمایش‌های پایلوت و مطالعه‌های دیگران، تعداد ۶ سر خرگوش انتخاب شدند که بادر نظر گرفتن احتمال فقدان شنوایی یا مرگ و میر به ۸ سر افزایش یافتند. [۱۱]

پس از تأیید سلامت شنوایی، خرگوش‌ها با استفاده از کتامین و زایلازین بی‌هوش شدند. برای این منظور ابتدا مخلوطی از ۶۰ درصد کتامین و ۴۰ درصد زایلازین تهیه و سپس ۰/۶ میلی لیتر به ازای هرکیلوگرم وزن خرگوش در ناحیه ران حیوان تزریق شد. [۱۲] پس از بی‌هوشی، الکترود مثبت سوزنی به زیر پوست فرق سر، الکترود منفی به گوش راست (گوش آزمایش شونده) و الکترود زمین به گوش چپ (گوش غیر آزمایش شونده) نصب شد و زمان تأخیر موج پنج(موجی که برای ردیابی و کاهش شنوایی مطرح است) برانگیخته با محرک کلیک در طیف وسیع بسامد (۴۰۰۰- ۱۰۰۰ هرتز) و محرک تون برست در بسامد های مختلف (۵۰۰-۱۰۰۰-۲۰۰۰-۴۰۰۰ و۸۰۰۰ هرتز) با تراز فشار صوت ۷۰ و۱۰۰ دسی بل اندازه گیری و ثبت شد.

محرک متداول در آزمایش ABR کلیک است. این محرک به طور مؤثر باعث تخلیه عصبی نورون های شنوایی متعدد می‌شود. مجموع فعالیت این نورون ها به آشکار شدن امواج ABR منجر می‌شود هر چه همزمانی تخلیه عصبی بیش‌تر باشد، پاسخ های واضح تری به دست می‌آید. عیب این گونه محرک ها، محدوده بسامد وسیع آنهاست؛ به این معنی که کلیک نماینده بسامد خاصی نیست. [۹و۱۰] بنابراین امواج ABR حاصل از کلیک را نمی توان برای تخمین شنوایی در یک بسامد خاص مورد استفاده قرار داد. به این دلیل برای تحریک سیستم شنوایی به وسیله محرکی با بسامد خاص از محرک تون برست استفاده شد.

در مرحله بعد، روزانه ۸ ساعت تابش‌دهی به حیوان‌ها در محفظه تابش با استفاده از دستگاه شبیه ساز امواج تلفن همراه (GSM-900) در بسامد ۹۱۵ مگاهرتز، پهنای باند ۲۰۰ کیلو هرتز، سوییچ کاریر ۲۱۷ هرتز با

توان ۳ وات، به مدت یک هفته (در مجموع ۴۰ ساعت) انجام شد. حیوان‌ها در هنگام تابش‌گیری درون محفظه رها بودند تا آزادانه حرکت نمایند. این امر برای به حداقل رساندن هرگونه تنش خارجی و کنترل نشده بر حیوان و تأثیر احتمالی آن بر متغیرهای مورد اندازه گیری بود. بنابراین، محفظه تابش درون اتاقک جاذب الکترو مغناطیس قرار داشت و محیط تابش همواره در معرض میدان یکنواخت لحظه‌ای بود.

پس از خاتمه تابش‌گیری و به منظور حذف اثرات کوتاه مدت، به حیوان‌ها ۱۶ تا ۱۹ ساعت استراحت داده شد. بعد از اتمام زمان استراحت حیوان‌ها بی‌هوش شدند و با تکرار آزمایش ABR، زمان تأخیر موج پنج (میلی‌ثانیه) به طور مجدد اندازه گیری و به همراه تغییرات شکل موج پنج ثبت شد.

پس از ورود داده‌ها به نرم افزار SPSS ، میانگین و انحراف معیار شاخص مورد نظر محاسبه و توسط آزمون آماری تی تجزیه و تحلیل شدند.

***یافته‌ها:**

یک هفته تابش‌گیری با دستگاه شبیه ساز امواج تلفن همراه بر راه شنیداری ساقه مغز اثر گذاشت و موجب افزایش زمان تأخیر موج پنج برانگیخته با محرک تون برست در بسامدهای مختلف و محرک کلیک در دو شدت ۷۰ و ۱۰۰ دسی بل نسبت به مقادیر ثبت شده در قبل از پرتودهی شد.

بیش‌ترین میزان افزایش میانگین زمان تأخیر موج پنج در شدت ۷۰ دسی‌بل، در بسامد ۲۰۰۰ هرتز بود. بیش‌ترین میانگین میزان افزایش زمان تأخیر موج پنج در شدت ۱۰۰ دسی‌بل در بسامد ۸۰۰۰ هرتز بود. تفاوت میانگین عملکرد پاسخ‌های بسامدی خرگوش‌ها به ترتیب قبل و بعد از یک هفته پرتودهی در دو شدت ۷۰ و ۱۰۰ دسی بل و در هر یک از بسامدهای مورد آزمایش از نظر آماری معنی‌دار نبود(جدول شماره ۱).

جدول ۱- میانگین زمان تأخیر موج پنج (میلی ثانیه) برانگیخته با محرک تون برست و کلیک در شدت ۷۰ و۱۰۰ دسی بل قبل و بعد از مواجهه

شدت (دسی بل)	نوع محرک	بسامد (هرتز)	میانگین زمان تأخیرموج پنج (میلی ثانیه) قبل از مواجهه	میانگین زمان تأخیرموج پنج (میلی ثانیه) بعد از مواجهه	میزان افزایش میانگین زمان تأخیرموج پنج (میلی ثانیه) بعد از مواجهه
۷۰	تون برست	۵۰۰	۵/۴۰۶۷±۰/۱۵۸۸	۵/۵۶۰۰±۰/۴۰۴۰(N=۲)*	۰/۱۵۳۳
		۱۰۰۰	۵/۲۸۰۰±۰/۲۸۷۶	۵/۵۵۲۰±۰/۲۳۵۶(N=۱)*	۰/۲۷۲۰
		۲۰۰۰	۵/۲۸۰۰±۰/۲۴۵۳	۵/۷۴۶۷±۰/۶۰۴۳	۰/۴۶۶۷
		۴۰۰۰	۵/۲۳۳۳±۰/۲۲۹۷	۵/۵۲۶۷±۰/۴۵۱۴	۰/۲۹۳۴
		۸۰۰۰	۵/۱۴۶۷±۰/۲۲۸۶	۵/۵۸۶۷±۰/۶۳۹۳	۰/۴۴۰۰
	کلیک		۴/۹۲۰۰±۰/۲۲۰۵	۵/۲۴۶۷±۰/۴۲۲۹	۰/۳۲۶۷
۱۰۰	تون برست	۵۰۰	۵/۱۰۰۰±۰/۱۸۰۲	۵/۲۳۳۳±۰/۱۸۳۲	۰/۱۳۳۳
		۱۰۰۰	۴/۸۹۳۳±۰/۱۷۲۸	۵/۰۶۶۷±۰/۲۶۷۳	۰/۱۷۳۴
		۲۰۰۰	۴/۸۹۳۳±۰/۲۱۴۲	۵/۲۵۳۳±۰/۵۲۱۹	۰/۳۶۰۰
		۴۰۰۰	۴/۸۶۰۰±۰/۲۱۵۸	۵/۰۷۳۳±۰/۳۷۲۲	۰/۲۱۳۳
		۸۰۰۰	۴/۸۰۰۰±۰/۲۴۱۳	۵/۲۶۶۷±۰/۸۳۳۹	۰/۴۶۶۷
	کلیک		۴/۶۳۳۳±۰/۱۱۴۳	۴/۹۱۳۳±۰/۳۱۶۴	۰/۲۸۰۰

❋ بحث و نتیجه گیری:

این مطالعه نشان داد که زمان تأخیر موج پنج بعد از یک هفته تابش‌گیری در تمام بسامد های مورد آزمایش افزایش می یابد. این افزایش در بسامدهای ۲۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۸۰۰۰ هرتز بیش‌تر از ۰/۲ میلی‌ثانیه و در شدت ۷۰ نسبت به ۱۰۰ دسی‌بل کمی بیش تر بود.

درک و احساس صوت دارای مراحل پیچیده‌ای است که به شدت صوت و بسامد آن بستگی دارد. تغییرات زمان تأخیر موج پنج با شدت صوت رابطه عکس دارد. به نحوی که میانگین افزایش زمان تأخیر موج پنج (میلی ثانیه) برانگیخته با محرک کلیک و تون برست در بسامدهای مختلف (۵۰۰-۱۰۰۰-۲۰۰۰-۴۰۰۰ و ۸۰۰۰ هرتز) در شدت ۷۰ دسی‌بل کمی بیش از زمان‌های تشکیل همین موج در شدت تحریک ۱۰۰ دسی بل است. همچنین هر چه از سمت بسامدهای پایین‌تر (۵۰۰ هرتز) به سمت بسامدهای بالاتر (۸۰۰۰ هرتز) می‌رویم این حساسیت بیش‌تر شده و میزان کاهش زمان تأخیر موج پنج (میلی ثانیه) بیش تر می‌شود.

محرک‌های صوتی با بسامد بالا باعث جابه‌جایی در قاعده حلزون و محرک‌های با بسامد پایین حداکثر ارتعاش را در قسمت نوک حلزون به وجود می‌آورند. پرتوهای میکروویو در محدودهٔ امواج تلفن همراه بر فیبرهای کوتاه و سخت که در قاعده حلزون و در فاصله نزدیک‌تری قرار دارند، بیش‌تر از فیبرهای دراز و شل‌تر در نزدیکی نوک حلزون تأثیر می‌گذارند که می‌تواند دلیل تغییرات شدیدتر در بسامد های بالای شنوایی باشد. کلنی و همکاران در سال ۱۹۹۹ برای مطالعه اثر پرتودهی کوتاه مدت (۱۵ دقیقه) در قسمت حلزون و عصب هشتم، زمان تأخیر موج پنج ABR را قبل و بعد از پرتودهی بررسی و ثبت کردند. زمان تأخیر موج پنج در سمت پرتودیده نسبت به قبل از پرتوگیری ۰/۲۰۷ میلی‌ثانیه و در سمت پرتو ندیده ۰/۰۲۹ میلی‌ثانیه افزایش نشان داد. این محققین علت این تغییر را به شکل و عملکرد حلزون نسبت داده و ابراز داشتند که سلول‌های مویی خارجی با مایع احاطه شده‌اند و در غلافی از سلول‌های Dieters قرار دارند، بنابراین قادرند انرژی را جذب کنند که این امر موجب افزایش درجه حرارت موضعی و جابه‌جایی یون از غشای سلول‌ها می‌شود.[۱۴] گالامبوس و همکاران معتقدند که این مقدار افزایش در زمان تأخیر موج پنج، می‌تواند موجب کاهش شنوایی ۱۵ تا ۱۸ دسی بل در بسامدهای بالاتر از ۲ کیلوهرتز شود.[۱۵]

از طرف دیگر پرتوهای با بسامد ۱۰ مگا هرتز تا ۱۰ گیگا هرتز به بافت نفوذ و حرارت تولید می‌کنند. عمق این نفوذ به بسامد پرتو بستگی دارد. افزایش درجه حرارت سر هنگام پرتودهی تلفن همراه حداکثر ۰/۱ درجه سانتی‌گراد ذکر شده است.[۱۶] بنابراین اثری که در این تحقیق دیده شده است را نمی‌توان فقط ناشی از افزایش درجه حرارت دانست و مطالعه‌های بعدی می‌تواند مکانیسم و علت وقوع آن را تعیین نمایند.

کیزیلی و همکاران برای بررسی اثرات زیان‌آور ناشی از مواجهه با میدان الکترومغناطیسی تلفن همراه ۹۰۰ مگا هرتز برروی گوش داخلی موش‌های نر بالغ و نوزاد از روش DPOAE (Acoustic Distortion Product Oto Emission) استفاده و مشاهده کردند که میدان الکترو مغناطیس حاصل از یک تلفن همراه ۹۰۰ مگا هرتز بعد از ۳۰ روز پرتودهی به مدت ۱ ساعت در روز، هیچ اثر زیان‌آوری بر روی شنوایی موش‌های بالغ و تکامل سیستم شنوایی نوزادان آنها نداشت.[۶]

گالونی و همکاران در تحقیقی، اثرات میدان الکترومغناطیس حاصل از تلفن همراه GSM (در بسامدهای ۹۰۰ و ۱۸۰۰ مگا هرتز) را بر سیستم شنوایی موش‌ها، روش DPOAE با بررسی استفاده کردند. آنها پرتودهی را به مدت ۲ ساعت در روز، ۵ روز در هفته و ۴ هفته انجام دادند. آزمون DPOAE قبل، در طی (پایان هر هفته) و بعد از پایان مدت پرتودهی انجام

گرفت و تحلیل آماری داده‌ها هیچ تفاوت معنی‌داری را در گروه‌های متفاوت نشان نداد.[۸]

آران و همکاران در سال ۲۰۰۴ اثرات بلندمدت تابش‌گیری از امواج تلفن همراه را به روش ABR بر روی سه گروه هشت تایی خوکچه هندی بررسی کردند. نرخ جذب ویژه (Specific Absorption Rate :SAR)، ۴ وات بر کیلوگرم به مدت یک ساعت در روز، ۵ روز در هفته و به مدت ۲ ماه بود که هیچ تفاوت معنی‌داری بین نتایج به دست آمده برای دو گروه آزمایش و شاهد گزارش نشد. تنها تفاوت معنی‌دار افزایش میانگین آستانه‌های ABR برای هر دو گوش بود. از آنجا که این افزایش هم در گروه آزمایش و هم در گروه شاهد مشاهده شد، نتیجه گرفتند نمی‌توان آن را به تأثیر امواج تلفن همراه نسبت داد و آن را ناشی از طول مدت آزمایش (۴ماه) دانستند. در طول این ۴ ماه وزن خوکچه های هندی از حدود ۳۰۰ به ۶۰۰ گرم رسیده بود که در نتیجه، اندازه سر حیوان و به تبع آن طول راه شنیداری افزایش یافته بود.[۷] ولی در مطالعه حاضر طول مدت تابش‌گیری (یک هفته) که منجر به افزایش زمان تأخیر موج پنج شد، کم‌تر از آن بود که بتوان آن را به افزایش اندازه سر حیوان و در نتیجه افزایش مسیر راه شنیداری نسبت داد.

باید توجه داشت ABR فقط قسمتی از مسیر شنوایی در ساقه مغز را ارزیابی می‌کند و اطلاعاتی در مورد مرکز شنوایی واقع در قشر شنوایی در اختیار ما نمی‌گذارد. از طرف دیگر ممکن است آثار زیستی وفیزیولوژیکی کوچک به وسیله روش‌های امروزی قابل تشخیص نباشند. بنابراین، نتایج این تحقیق سایر اثرات پرتودهی بر روی نورون‌های راه شنیداری یا سایر نورون‌ها را نفی نمی‌کند.

از آنجا که دانش بشری در مورد اثر تشعشع‌های تلفن همراه کامل نیست و همچنین به دلیل تابش‌گیری ناخواسته در هنگام استفاده از تلفن همراه، توصیه می‌شود با استفاده از Hands-free بین فرد وگوشی تلفن همراه فاصله ایجاد شود. طول زمان گفتگوها کوتاه‌تر و دفعه‌های گفتگو کم شود. از تلفن‌های همراه با میزان نرخ جذب ویژه (SAR) کم‌تر استفاده شوند. همچنین تلفن همراه در سنین قبل از بلوغ به دلیل آسیب پذیری بیش‌تر، استفاده نشود؛ زیرا انتظار می‌رود کودکان به دلیل اندازه کوچک‌تر سر، نازک‌تر بودن استخوان جمجمه و توانمندی پایین سیستم ایمنی نسبت به بزرگسالان بیش‌تر در معرض آثار زیان آور احتمالی قرار داشته باشند.[۳] همچنین افراد دارای ضربان ساز قلب از گذاشتن تلفن همراه در موقعیت روشن در داخل جیب پیراهن خود خودداری کنند و فاصله بین تلفن همراه و ضربان ساز کاشته شده در بدن فرد حداقل ۱۵ سانتی‌متر باشد.

در خاتمه می‌توان گفت تا زمانی که درباره اثرات بهداشتی مواجهه با این نوع تابش‌ها از لحاظ علمی تردید وجود دارد، اجتناب از مواجهه غیر ضروری می‌تواند راه حل مناسبی در برابر نگرانی‌های موجود باشد.

✱مراجع:

1. Repacholi MH. Health risks from the use of mobile phone. Toxicol Lett 2001 Mar; 120(1-3): 323-31

2. Mehrotra A. GSM system engineering. Boston: Artech House; 1997.

3. Hyland GJ. Physics and biology of mobile telephony. Lancet 2000 Nov 25; 356:1833-6

4. Fujimoto K, James JR, editors. Mobile antenna systems handbook. 2nd ed. Boston: Artech House; 2001.

5. Szentpali B. Human exposure to electromagnetic fields from mobile phones. Electronics and Energetics 2000; 13(1): 51-72

6. Kizilay A, Ozturan O, Erdem T, et al. Effects of chronic exposure of electromagnetic fields from mobile phones

on hearing in rats. Auris Nasus Larynx 2003 Aug; 30(3): 239-45
7. Aran JM, Carrere N, Chalan Y, et al. Effects of exposure of the ear to GSM microwaves: in vivo and in vitro experimental studies. Int J Audiol 2004 Oct; 43(9): 545-54
8. Galloni P, Parazzini M, Piscitelli M, et al. Electromagnetic fields from mobile Phones do not affect the inner auditory system of Sprague - Dawley rats. Radiat Res 2005 Dec; 164 (6): 798-804
9. Hall JW. Handbook of Auditory evoked response. Allyn and Bacon; 1992.
10. Kartz J, editor. Handbook of clinical audiology. Los Angeles: Williams & Wilkins; 1985.
11. Shayne CG. Statistics and experimental design for toxicologists. 3rd ed. Boca Raton: CRC; 1999.
12. Flecknell PA, editor. Manual of rabbit medicine and surgery. British small animal veterinary associations 2000; Chapter twelve. 106.
13. Guyton AC, Hall JE. Text book of medical physiology. 9th ed. Philadelphia: W.B. Saunders; 1996. 2(52)
14. Kellenyi L, Thuroczy GY, Faludy B, Lenard L. Effects of mobile GSM radiotelephone exposure on the Auditory Brainstem Response (ABR). Neurobiology 1999; 7(1): 79-81
15. Galambos R, Hecox KE. Clinical applications of the auditory brainstem response. Otolaryngol Clin of North Am 1978 oct; 11(3): 709-21.
16. Van Leeuwen GM, Lagendijk JJ, Van Leersum BJ, et al. Calculation of change in brain temperatures due to exposure to a mobile phone. Phys Med Biol 1999 Oct; 44(10): 2367-79