دانشور
پزشکی

دوماهنامه علمی – پژوهشی
دانشگاه شاهد
سال پانزدهم – شماره ۷۴
اردیبهشت ۱۳۸۷

ارزیابی تغییرات عملکرد راه شنیداری ساقه مغز خرگوش پس از مواجهه با امواج تلفن همراه و امکان تطابق‌پذیری آن

نویسندگان: دکتر علی خوانین[۱]، پروین نجفی[۲]، دکتر علی‌اصغر پیله‌وریان[۳]، دکتر حسن اصیلیان[۱]، مهدی اکبری[۴] و شیوا قدس[۵]

۱. استادیار دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی دانشگاه پیام نور اصفهان
۳. استادیار دانشکده علوم‌پایه دانشگاه پیام نور اصفهان
۴. مربی گروه شنوایی‌سنجی دانشگاه علوم پزشکی ایران
۵. دانشجوی پزشکی دانشگاه علوم پزشکی ایران

* نویسنده مسئول: Email: Khavanin@modares.ac.ir

وصول: ۸۵/۳/۳
ارسال اصلاحات: ۸۵/۹/۷
دریافت اصلاحات: ۸۵/۱۱/۲۵
پذیرش: ۸۶/۴/۱

چکیده

مقدمه: استفاده روزافزون از تلفن‌های همراه باعث توجه گسترده پژوهشگران به آثار زیستی ناشی از آن شده‌است. از آن‌جا که گوشی تلفن همراه در هنگام استفاده در نزدیکی گوش و لوب گیجگاهی قرار می‌گیرد و فاصله آنتن تا گوش داخلی فقط چند سانتی‌متر است، این پژوهش برای اولین بار در کشور به منظور بررسی تغییرات بالقوه در عملکرد راه شنیداری ساقه مغز بعد از مواجهه با مشابه‌ساز امواج تلفن همراه انجام گرفته‌است.

روش بررسی: این پژوهش به روش تجربی با آزمایش شنوایی خرگوش نر به روش پتانسیل برانگیخته ساقه مغز (ABR: Auditory Brainstem Response) انجام شده‌است، که از آزمون‌های متداول در بررسی تغییرات و راء حلزونی و راه شنیداری ساقه مغز است. زمان تأخیر موج پنج ABR، برانگیخته با محرک کلیک و محرک تون برست (در فرکانس‌های مختلف) در شدت‌های ۷۰ و ۱۰۰ دسی‌بل قبل و ۱۶ ساعت بعد از اتمام تابش‌گیری (یک و دو هفته)، در حیوانات اندازه‌گیری و ثبت شده‌است.

نتایج: در پایان هفته اول پرتودهی زمان تأخیر موج پنج در تمامی فرکانس‌های مورد آزمایش به میزان بیش‌تر از ۰/۲ میلی‌ثانیه افزایش یافته بود. در پایان هفته دوم پرتودهی زمان تأخیر موج پنج در فرکانس‌ها ی (۵۰۰ و ۱۰۰۰ هرتز) تا حدود زیادی ثابت باقی مانده بود ولی در فرکانس‌های (۲۰۰۰-۴۰۰۰ و ۸۰۰۰ هرتز) کاهش یافته و به مقادیر قبل از پرتودهی نزدیک شده بود. تحلیل آماری، تفاوت معناداری بین زمان تأخیر موج پنج در قبل و بعد از پرتودهی نشان نداده است ($p>0/05$).

نتیجه‌گیری: کاهش زمان تأخیر موج پنج در فرکانس‌های ۸۰۰۰ - ۲۰۰۰ هرتز در پایان هفته دوم مواجهه نسبت به هفته اول و نزدیک‌شدن به حد طبیعی (قبل از مواجهه) می‌تواند نشان‌دهنده تطابق و برگشت‌پذیری شنوایی حیوانات در این فرکانس‌ها بعد از دو هفته پرتودهی باشد، هر چند که اثبات کامل آن نیازمند تحقیقات بیش‌تر و طولانی تراست.

Archive of SID
www.SID.ir

واژه‌های کلیدی: امواج تلفن همراه، تطابق‌پذیری، پاسخ شنیداری ساقه مغز، شنوایی خرگوش

مقدمه

امروزه تلفن‌های سیار به عنوان یکی از وسایل ضروری با کارایی و سرعت بالا در تمام سازمان‌ها گسترش یافته‌اند و با رشد مداوم و توسعه هرچه سریع‌تر، پیچیدگی و در آمیختگی این تکنولوژی با زندگی بشر بیش‌تر شده‌است.

GSM (Global System of Mobile Communication) سیستمی برای مخابرات سیار است که از سال ۱۹۹۳ به صورت تجاری آغاز به کار کرده‌است. این سیستم هم اکنون در تمام اروپا و بخش‌هایی از آسیا مورد قبول شرکت‌های مخابراتی است. به منظور یکپارچگی جهانی، باند بسامد ۸۹۰ تا ۹۶۰ مگا هرتز برای این شبکه اختصاص یافته‌است.

پرتوهای خروجی از تلفن همراه در سیستم GSM-900 دارای طول موجی حدود ۳۰ سانتی‌متر هستند، و انتشار این امواج بیش‌تر در ناحیه سر کاربر بوده، باعث بر هم کنش بین پرتوهای میکروویو با بافت‌ها می‌گردد.

مقادیر SAR (specific absorption rate) (نرخ جذب ویژه) برای ۱۰ گرم از بافت با میانگین توان ۰/۲۵ وات، به‌طور متوسط ۰/۵۲۵ وات بر کیلوگرم به سر است. بنا به موقعیت آنتن، شرایط پرتودهی، توان دستگاه، جذب نامتجانس انرژی به سر و... SAR کانونی سر احتمالاً بالاتر بوده، به طوری که احتمال می‌دهند ماکزیمم SAR بالاتر از ۲ وات بر کیلوگرم باشد[۱و۲].

سازمان بهداشت جهانی در سال ۱۹۹۳ اعلام کرده‌است اگر پرتودهی میدان الکترومغناطیسی همراه با SAR، یک تا ۴ وات بر کیلوگرم باشد با واکنش‌های پاتولوژیک در پستانداران همراه خواهد بود [۳].

Croft RJ و همکاران [۴] در سال ۲۰۰۲ ابراز داشته‌اند که لوب‌های گیجگاهی بیش‌تر در معرض میدان‌های الکترومغناطیس حاصل از تلفن همراه می‌باشند.

Kizilay A و همکاران [۵] در سال ۲۰۰۳ اظهار کرده‌اند که گوش استفاده‌کنندگان در ضمن صحبت با تلفن همراه در نزدیکی منبع میدان الکترومغناطیسی قرار دارد و مقدار فاصله آنتن تا گوش داخلی فقط چند سانتی‌متر است.

در این رابطه برخی محققین آثار تابش‌گیری کوتاه مدت تلفن همراه را بر سیستم شنوایی و راه شنیداری با آزمون‌های متفاوت شنوایی‌سنجی مورد ارزیابی قرار داده‌اند[۱۲-۶] و فقط تعداد کمی از تحقیقات آثار مواجهه بلندمدت با تشعشعات تلفن همراه را در تجارب آزمایشگاهی بر روی سیستم شنوایی و راه شنیداری بررسی کرده‌اند [۵،۱۳و۱۴].

هدف از مطالعه حاضر بررسی پرتوهای ساطع شده از تلفن همراه (GSM-900) بر راه شنیداری خرگوش از راه ارزیابی و مقایسه زمان تأخیر موج پنج، آزمون ABR است. در این روش پتانسیل‌های ایجاد شده در عصب شنوایی و ساختمان‌های ساقه مغز تا ۱۰ میلی‌ثانیه پس از تحریک صوتی به صورت امواج I- VII ثبت می‌شوند [۱۵و۱۶].

مواد و روش کار

در این مطالعه، از خرگوش نر، نژاد سفید نیوزیلندی، سه ماهه، سالم با وزن ۱۷۰۰-۱۴۰۰ گرم به عنوان حیوان آزمایشگاهی استفاده شده‌است. تعداد خرگوش‌ها در گروه ۶ سر انتخاب که با در نظر گرفتن احتمال مرگ و میر به ۸ سر افزایش یافته‌است [۱۷].

تجهیزات مورد استفاده در این مطالعه شامل دستگاه شنوایی‌سنج ABR مدل Madsen EPA 2250 (شکل ۱) با قابلیت انجام شنوایی‌سنجی به دو روش کلیک (Click) و تون برست (Tone Burst) با اصوات ساده در فرکانس‌های ۲۵۰ تا ۸۰۰۰ هرتز و شدت‌های مختلف (dB)، الکترودهای سوزنی، مبدل صوتی، محفظه تابش، اتاقک جاذب الکترومغناطیس و دستگاه مولد امواج تلفن همراه (GSM-900) (شکل ۲) بوده‌است.

Archive of SID
www.SID.ir

شکل ۱ دستگاه ABR مدل EPA 2250 Madsen

شکل ۲ دستگاه شبیه ساز امواج تلفن همراه GSM

مراحل انجام آزمایش

ارزیابی سلامت سیستم شنوایی خرگوش

سلامت سیستم شنوایی حیوانات با استفاده از روش معاینه ظاهر با استفاده از اتوسکوپ و نیز اندازه‌گیری امپدانس اکوستیک (با روش تمپانومتری) انجام گرفته‌است.

بیهوش‌کردن خرگوش

امواج ABR توسط خواب، داروهای آرام‌بخش و بیهوشی عمومی متاثر نمی‌شوند. همچنین یکی از مزایای سنجش شنوایی به روش ABR نسبت به سایر روش‌ها، عدم نیاز به همکاری آزمایش شونده با کارشناس است، لذا جهت اتصال راحت‌تر الکترودها و ممانعت از فعالیت حیوان در طول مدت آزمایش، خرگوش‌ها به وسیله مخلوط کتامین و زایلازین بیهوش شده‌اند[۱۸].

انجام آزمایش ABR قبل از پرتودهی

پس از بیهوش‌کردن هر یک از خرگوش‌ها، با نصب مبدل صوتی، الکترودها و تنظیم دستگاهABR ، با استفاده از محرک کلیک با طیف فرکانسی (۴۰۰۰ - ۱۰۰۰ هرتز) و محرک تون برست در فرکانس‌های مختلف (۵۰۰-۱۰۰۰-۲۰۰۰-۴۰۰۰-۸۰۰۰ هرتز) و با تراز فشار ۷۰ و ۱۰۰ دسی‌بل زمان تأخیر موج پنج (بارزترین و ثابت‌ترین موج) برای هر فرکانس اندازه‌گیری و ثبت شده‌است[۱۵و۱۶].

تکرارپذیری زمان تأخیر امواج

زمان تأخیر امواج وقتی قابل‌قبول است، که تکرارپذیر باشد. در این مطالعه جهت اطمینان از انجام صحیح کار و دریافت پاسخ‌های درست، تکرارپذیری زمان تأخیر موج پنج (V) با استفاده از محرک کلیک و تون برست (در فرکانس‌های مختلف) در شدت‌های ۷۰ و۱۰۰ دسی‌بل انجام گرفته‌است.

نحوه تابش‌گیری حیوانات مورد آزمایش

حیوانات در هنگام تابش‌دهی درون محفظه تابش رهامی شدند تا آزادانه حرکت کنند. این امر برای به حداقل رساندن هرگونه استرس خارجی و کنترل نشده بر حیوان و تأثیر احتمالی آن بر پارامترهای مورد اندازه‌گیری بوده‌است. در تمام آزمایش‌ها، فرکانس کار دستگاه مولد امواج تلفن همراه ۹۱۵ مگا هرتز، فرکانس سوئیچ کاریر ۲۱۷ هرتز، پهنای باند ۲۰۰ کیلوهرتز و توان دستگاه ۳ وات انتخاب شده‌است. در این حالت میانگین فاصله سرحیوان از آنتن در طول آزمایش حدود ۱۵ سانتی‌متر و زمان تابش‌گیری از ساعت ۸ صبح تا ۱۶ بعد ازظهر، روزی ۸ ساعت، پنج روز در هفته و در مجموع ۴۰ ساعت در هفته بوده‌است.

انجام آزمایش ABR بعد از پرتودهی

پس از خاتمه پرتودهی (پایان هفته اول و دوم)، به منظور حذف آثار کوتاه مدت، به حیوانات ۱۶ ساعت استراحت داده می‌شد. بعد از اتمام زمان استراحت،

Archive of SID
www.SID.ir

حیوانات بیهوش و زمان تأخیر موج پنج با محرک کلیک و محرک تون برست (در فرکانس‌های مختلف) در دو شدت ۷۰ و ۱۰۰ دسی‌بل به وسیله آزمون پتانسیل بر انگیخته ساقه مغز (ABR) جهت مقایسه با قبل از پرتودهی اندازه‌گیری و تغییرات شکل موج پنج ثبت می‌گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در خاتمه داده‌های حاصل از نتایج اندازه‌گیری شنوایی‌سنجی به نرم‌افزار SPSS وارد شده‌است، میانگین و انحراف معیار شاخص مورد نظر محاسبه و مقایسه بین مقادیر پارامتر مورد اندازه‌گیری توسط آزمون آماری مقایسه زوج‌ها (Paired Student T. Test)، انجام گرفته‌است. در این آزمون میانگین عملکرد پاسخ‌های فرکانسی در خرگوش‌ها به ترتیب بعد از پایان هفته اول و هفته دوم پرتودهی با قبل از مواجهه مقایسه شده‌اند.

نتایج

پس از یک هفته پرتودهی توسط دستگاه شبیه ساز امواج تلفن همراه و ثبت زمان تأخیر موج پنج برانگیخته با محرک تون برست (در بسامدهای مختلف) و محرک کلیک در شدت‌های ۷۰ و ۱۰۰ دسی‌بل مشاهده گردید که حساسیت شنوایی حیوانات در بسامدهای مختلف تغییر کرده بود. به نحوی که این امر موجب افزایش میانگین زمان تأخیر موج پنج (ms) به ویژه در فرکانس‌های (۲۰۰۰–۴۰۰۰ و ۸۰۰۰ هرتز) به میزان بیش‌تر از ۰/۲ میلی‌ثانیه شده بود.

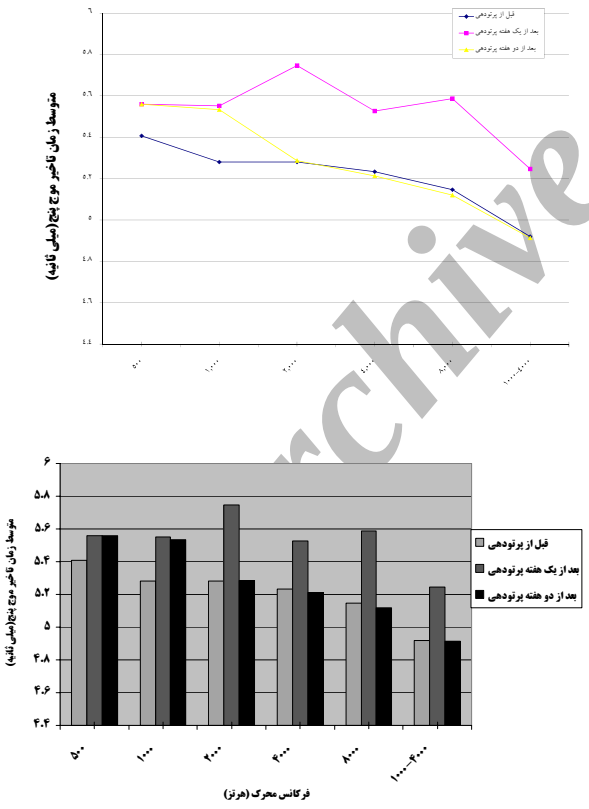
درادامه آزمایش‌ها، بعد از دو هفته پرتودهی میزان مقادیر به‌دست‌آمده برای میانگین زمان تأخیر موج پنج (ms) در فرکانس‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هرتز در دو شدت ۷۰ و ۱۰۰ دسی‌بل برانگیخته با محرک تون برست تا حدود زیادی ثابت باقی مانده بودند ولی در سایر فرکانس‌ها، در هر دو شدت ۷۰ و ۱۰۰ دسی‌بل نسبت به پایان هفته اول پرتودهی کاهش نشان می‌دادند و در اغلب موارد به اعداد به‌دست‌آمده برای قبل از پرتودهی تقریباً نزدیک شده بودند (نمودار ۱و۲).

تفاوت میانگین زمان تأخیر موج پنج بر حسب میلی‌ثانیه برانگیخته با محرک تون برست (در فرکانس‌های مختلف) و محرک کلیک در دو شدت ۷۰ و ۱۰۰ دسی‌بل در پایان هفته اول و هفته دوم پرتودهی نسبت به قبل از پرتودهی در جدول ۱ ارایه شده‌است.

تحلیل آماری با ($p<0/05$)، تفاوت معناداری بین زمان تأخیر موج پنج (ms) در قبل و بعد از پرتودهی (هفته اول و دوم) نشان نداده‌است.

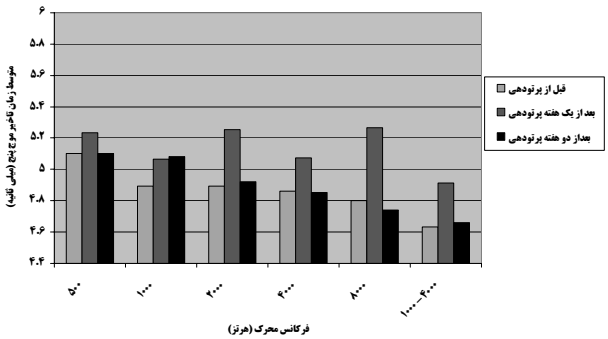
بحث و نتیجه‌گیری

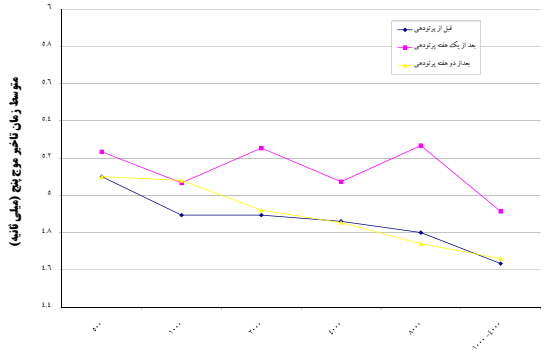
نتایج نشان می‌دهد که زمان تأخیر موج پنج (ms) بعد از یک هفته تابش‌گیری، به ویژه در فرکانس‌های (۲۰۰۰–۴۰۰۰ و ۸۰۰۰ هرتز) به میزان بیش‌تر از ۰/۲ میلی‌ثانیه افزایش یافته‌است.



نمودار ۱ مقایسه متوسط زمان تأخیر موج ۵ (میلی‌ثانیه) در تماس با پرتو میکروویو در محدوده امواج تلفن همراه (GSM-900) برانگیخته با محرک تون برست (در فرکانس‌های مختلف) و محرک کلیک در شدت ۷۰ دسی‌بل

www.SID.ir





نمودار ۲ مقایسه متوسط زمان تأخیر موج ۵ (میلی‌ثانیه) در تماس با پرتو میکروویو در محدوده امواج تلفن همراه (GSM-900) برانگیخته با محرک تون برست (در فرکانس‌های مختلف) و محرک کلیک در شدت ۱۰۰دسی‌بل

جدول ۱ مقایسه میانگین زمان تأخیر موج پنج بر حسب میلی‌ثانیه برانگیخته با محرک تون برست (در فرکانس‌های مختلف) و محرک کلیک در دو شدت ۷۰ و ۱۰۰ دسی‌بل در پایان هفته اول و هفته دوم پرتودهی نسبت به قبل از پرتودهی

شدت (dB)	نوع محرک	بسامد (Hz)	تغییرات میانگین زمان تأخیر موج V (ms) در پایان هفته اول پرتودهی نسبت به قبل از پرتودهی	تغییرات میانگین زمان تأخیر موج V (ms) در پایان هفته دوم پرتودهی نسبت به قبل از پرتودهی
۷۰	Tone Burst	۵۰۰	۰/۱۵۳	/۱۵۳
		۱۰۰۰	۰/۲۷۲	/۲۵۳
		۲۰۰۰	۰/۴۶۷	/۰۰۷
		۴۰۰۰	۰/۲۹۳	-/۰۲۰
		۸۰۰۰	۰/۴۴۰	-/۰۲۷
	Click		۰/۳۲۷	-/۰۰۷
۱۰۰	Tone Burst	۵۰۰	۰/۱۳۳	/۰۰۰
		۱۰۰۰	۰/۱۷۳	/۱۸۷
		۲۰۰۰	۰/۳۶۰	/۰۲۷
		۴۰۰۰	۰/۲۱۳	-/۰۰۷
		۸۰۰۰	۰/۴۶۷	-/۰۶۰
	Click		۰/۲۸۰	/.۲۷

تحقیقات دیگران نیز تأییدکننده این مطالعه است. Kellenyi L و همکاران[۶] نیز در سال ۱۹۹۹ برای مطالعه تأثیر حاد تشعشعات منتشر شده به‌وسیله تلفن همراه (GSM) بر قسمت حلزون و عصب هشتم، زمان تأخیر موج V ، ABR را، قبل و بعد از پرتودهی کوتاه مدت (۱۵ دقیقه) ثبت کرده‌اند. زمان تأخیر موج V در سمت پرتودیده نسبت به قبل از پرتوگیری ۰/۲۰۷ میلی‌ثانیه و در سمت پرتو ندیده ۰/۰۲۹ میلی‌ثانیه افزایش نشان داده‌است.

Galambos R و همکاران[۱۹] معتقدند که این مقدار افزایش در زمان تأخیر موج V موجب کاهش شنوایی ۱۵ تا ۱۸ دسی‌بل در فرکانس‌های بالاتر از ۲ کیلوهرتز می‌شود.

اما در پایان هفته دوم پرتودهی و انجام مجدد آزمایش ABR زمان تأخیر موج V در فرکانس‌های (۵۰۰ و ۱۰۰۰ هرتز) تا حدود زیادی ثابت باقی مانده بود ولی در فرکانس‌های (۲۰۰۰-۴۰۰۰ و ۸۰۰۰ هرتز) کاهش یافته و به مقادیر قبل از پرتودهی نزدیک شده

Archive of SID
www.SID.ir

بود، به نحوی که نشانه‌ای از برگشت‌پذیری ملاحظه می‌گردید.

از آن‌جا که تحقیقات مختلف [۲۰و۲۱] نشان داده‌است که در محدوده فرکانسی ۲/۴ MHz –۱۰ GHz تحریک حلزون موجب ایجاد صداهایی می‌گردد که تحت عنوان اثر شنوایی میکروویو نامیده می‌شود می‌توان استنباط کرد که تحریک مداوم گیرنده‌های حسی حلزون بعد از دو هفته پرتودهی با امواج تلفن همراه موجب تطابق تدریجی گیرنده‌های حسی با محرک شده‌است.

این موضوع که بیولوژی سلولی موجود در وراء پدیده برگشت‌پذیری چیست و تا چه حد این واکنش در کاهش یا پیشگیری از آثار سوء تشعشعات و میدان‌های الکترو مغناطیس امواج تلفن همراه تأثیرگذار است هنوز مورد سؤال است و می‌تواند زمینه تحقیقات آتی قرار گیرد. اهمیت مسأله وقتی بیش‌تر می‌شود که بدانیم این فن‌آوری نسبتاً جدید بوده و ظهور علائم در میان کاربران نیاز به گذشت زمان طولانی‌تری دارد و گاهی آثار تأخیری می‌باشند، بنابراین نتایج این تحقیق به هیچ وجه سایر آثاری که ممکن است در طول مدت پرتودهی بر روی نورون‌های راه شنیداری و یا سایر نورون‌ها ایجاد شود را نفی نمی‌کند.

منابع

1. Hyland G J. Physics and biology of mobile telephony. Lancet 2000: 356: 1833-36.
2. United Nations Environment Program, International Radiation Protection Association and the World Health Organization. Electromagnetic Fields (300Hz - 300GHz) Environmental Health Criteria137; 1993.
3. Szentpali B. Human exposure to electromagnetic fields from mobile phones. Electronics and Energetics 2000: 13(1): 51-72.
4. Croft RJ, Chandler JS, Burgess AP, Barry RJ, Williams ID, Clarke AR. Acute mobile phone operation affects neural function in humans. Clin Neurophysiol 2002: 113 (10): 1623-32.
5. Kizilay A, Ozturan O, Erdem T, Kalcioglu MT, Miman MC. Effects of chronic exposure of electromagnetic fields from mobile phones on hearing in rats. Auris Nasus Larynx 2003: 30 (3): 239-45.
6. Kellenyi L, Thuroczy GY, Faludy B, Lenard L. Effects of mobile GSM radiotelephone exposure on the auditory brainstem response (ABR). Neurobiology (Bp) 1999: 7(1): 79-81.
7. Ozturan O, Erdem T, Miman MC, Kalcioglu MT, Oncel S. Effects of the electromagnetic field of mobile telephones on hearing. Acta Otolaryngol 2002: 122(3): 289-93.
8. Arai N, Enomoto H, Okabe S, Yuasa K, Kamimura Y, Ugawa Y. Thirty minutes mobile Phone use has no short-term adverse effects on central auditory pathways. Clin Neurophysiol 2003: 114(8): 1390-400.
9. Bak M, Sliwinska–Kowalska M, Zmyslony M, Dudarewicz A. No effects of acute exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones on brainstem auditory potentials in young volunteers. Int J Occup Med Environ Health 2003: 16(3): 201-8.
10. Uloziene I, Uloza V, Gradauskiene E, Saferis V. Assessment of potential effects of the electromagnetic fields of mobile phones on hearing. BMC Public Health 2005: 5(1).
11. Oysu C, Topak M, Celik O, Yilmaz HB, Sahin AA. Effects of the acute exposure to the electromagnetic field of mobile phones on human auditory brainstem response. Eur Arch Otorinolaryngol 2005.
12. Parazzini M, Bell S, Thuroczy G, Molnar F, Tognola G, Lutman ME, Ravazzani P. Influence on the mechanisms of generation of distortion product otoacoustic emissions of mobile phone exposure. Hear Res 2005: 208(1-2): 68-78.
13. Aran JM, Carrere N, Chalan Y, Dulou PE, Larrieu S, Letenneur L, Veyret B, Dulon D. Effects of exposure of the ear to GSM microwaves: in vivo and in vitro experimental studies. Int J Audiol 2004: 43(9): 545-54.
14. Galloni P, parazzini M, Piscitelli M, Pinto R, Lovisolo GA, Tognola G, Marino C, Ravazzani P. Electromagnetic fields from mobile phones do not affect the inner auditory system of Sprague–Dawley rats. Radiat Res 2005: 164 (6): 798-8o4.
15. Hall JW. Handbook of Auditory evoked response. Allyn and Bacon; 1992.
16. Kartz J. Editor. Handbook of clinical audiology. Los Angeles: Williams & Wilkins; 1985.
17. Shayne C.Gad. Statistics and experimental design for toxicologists. 3rd ed. Boca Raton; CRC 1999.
18. Flecknell PA. Editor. Manual of Rabbit Medicine and Surgery. British Small Animal Veterinary Associations; 2000. Chapter twelve. P.106.
19. Galambos R, Hecox KE. Clinical Applications of the Auditory Brainstem Response. Otolaryngology Clinics of North America 1978: 11(3): 709-721.
20. Chou C, Galambos R, Guy AW, Lovely RH. Cochlear microphones generated by microwave pulses. J Microw Power 1975: 10(4): 361-7.
21. Elder JA, Chou CK. Auditory response to pulsed radiofrequency energy. Bioelectromagnetics 2003: Supple 6: S 162-73.

Archive of SID

www.SID.ir