

## اثر امواج تلفن های همراه بر سیستم خون سازه موش نر نابالغ نژاد BALB/c

جواد بهارآرا<sup>۱\*</sup>، کاظم پریور<sup>۲</sup>، علیرضا اشرف<sup>۳</sup>، منصوره عزیزی<sup>۴</sup>

## خلاصه

**سابقه و هدف:** در سال‌های اخیر انبوهی از وسایل ساطع کننده مایکروویو مانند تلفن همراه، رادار، رادیو، تلویزیون، وسایل برقی خانگی و... ساخته شده و مورد استفاده روز افزون انسان‌ها و به خصوص جوانان و نوجوانان قرار گرفته است. لذا، با توجه به انتشار برخی گزارش‌ها در مورد اثرات مخرب امواج الکترومغناطیس این امر باعث جلب توجه وسیع پژوهشگران علوم زیستی به بررسی اثرات آن بر سلامت انسان و نیز بر فرآیندهای رشد و نمو جانوران شده است. در این مطالعه اثرات امواج ساطع شده از تلفن‌های همراه (۹۴۰ مگاهرتز) بر سیستم خون سازه موش نابالغ نر نژاد BALB/c بررسی شده است.

**مواد و روش‌ها:** در این پژوهش تجربی از یک سیستم مولد مایکروویو (۹۴۰ مگا هرتز) متشکل از یک قفس ویژه که دو دستگاه تلفن همراه در آن تعبیه شده بود، استفاده گردید. موش‌های نابالغ نر یک ماهه به مدت پانزده روز و هر روز ۳۰ دقیقه در این سیستم تحت امواج ساطع شده از تلفن‌های همراه فعال قرار داده شدند. پس از انجام دوره تیماری، ابتدا برای ارزیابی پارامترهای خونی، از قلب حیوانات خون‌گیری و در ادامه کبد، طحال و مغز استخوان برای انجام مطالعات بافت‌شناسی میکروسکوپی نوری آماده سازی شدند. داده‌های کمی حاصل به کمک آزمون آنالیز واریانس یک طرفه در سطح معنی‌داری  $p < 0/05$  تجزیه و تحلیل گردید.

**نتایج:** نتایج حاصل نشان داد امواج ساطع شده از تلفن‌های همراه با فرکانس ۹۴۰ مگاهرتز بر تعداد گلبول‌های خونی سفید، مقدار هموگلوبین، مقدار متوسط هماتوکریت، حجم متوسط گلبول قرمز، هموگلوبین متوسط گلبول قرمز و غلظت متوسط هموگلوبین گلبول‌های قرمز در جریان خون بی‌تاثیر است ( $p > 0/05$ ). در طحال، تعداد لنفوسیت‌های پولپ سفید و تعداد مگاکاریوسیت‌ها در نمونه‌های تجربی نسبت به شاهد آزمایشگاهی کاهش ( $p < 0/001$ ) دیده شد، ولی تعداد پولپ سفید، قطر طحال و قطر پولپ سفید در دو گروه شاهد آزمایشگاهی و تجربی اختلاف نشان نداد ( $p > 0/05$ ). در کبد موش‌های تجربی تعداد اجتماعات سلولی منونوکلوثر و تعداد سلول‌های کوپفر نسبت به شاهد آزمایشگاهی کاهش ( $p < 0/001$ ) نشان داد، ولی از نظر تعداد هپاتوسیت‌ها و ابعاد هپاتوسیت‌ها در دو گروه شاهد آزمایشگاهی و تجربی اختلاف دیده نشد ( $p > 0/05$ ). همچنین، میانگین تعداد کل سلول‌های مغز استخوان و سلول‌های در حال تقسیم مغز استخوان نمونه‌های تجربی نسبت به شاهد آزمایشگاهی افزایش ( $p < 0/001$ ) نشان داد.

**نتیجه‌گیری:** یافته‌های حاصل از این تحقیق بیانگر تاثیر امواج ساطع شده از تلفن‌های همراه بر اجتماعات سلولی منونوکلوثر و تعداد سلول‌های کوپفر کبدی و لنفوسیت‌های پولپ سفید و مگاکاریوسیت‌های طحال و نیز تعداد کل سلول‌های مغز استخوان و سلول‌های در حال تقسیم مغز استخوان موش نر نابالغ نژاد BALB/c می‌باشد.

**واژگان کلیدی:** تلفن همراه، مایکروویو، موش، سیستم خون سازه، مغز استخوان، کبد، طحال

۱- استادیار گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

۲- استاد گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم پایه دانشگاه تربیت معلم تهران

۳- استادیار گروه فیزیک دانشکده علوم پایه دانشگاه فردوسی مشهد

۴- کارشناس ارشد گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

\* نویسنده مسوول: جواد بهارآرا

آدرس: مشهد، قاسم آباد، امامیه ۴۲، سازمان مرکزی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد، حوزه معاونت دانشجویی

پست الکترونیک: baharara@yahoo.com

تلفن: ۰۵۱۱ ۶۲۲ ۴۸۲۲

تاریخ دریافت: ۸۷/۸/۲۸

دورنویس: ۰۵۱۱ ۶۲۲ ۴۸۲۲

تاریخ پذیرش نهایی: ۸۷/۴/۲۰

## مقدمه

مایکروویو بخشی از طیف امواج الکترو مغناطیس است که دامنه فرکانس آن از ۳۰۰ مگاهرتز تا ۳۰۰ گیگا هرتز می باشد. منابع مولد مایکروویو و فرکانس‌های رادیویی شامل سیستم‌های کنترل ترافیک هوایی، رادارهای نظامی و پلیس، سیستم‌های تلویزیونی ماهواره‌ای، تجهیزات تلفنی برای فواصل طولانی و دستگاه‌های دیاترمی پزشکی، تجهیزات تشخیصی و درمانی، فرهای مایکروویو، دستگاه‌های صنعتی و... می‌باشند. فرکانس‌های رادیویی و مایکروویو معمولاً در هر محیطی وجود دارند و در نتیجه هر فردی می‌تواند در معرض امواج غیر یونیزان الکترومغناطیسی آنها قرار گیرد [۱]. در سال‌های اخیر نیز انبوهی از وسایل ساطع کننده مایکروویو مانند تلفن همراه، رادار، رادیو، تلویزیون، وسایل برقی خانگی و... ساخته شده و مورد استفاده روزافزون قرار گرفته است [۳،۲]. به این دلیل، مطالعه اثرات زیستی امواج الکترومغناطیس کانون توجه محققین زیست شناسی و علوم پزشکی قرار گرفته است. Zeni و همکارانش پس از بررسی اثرات ژنوتوکسیک مایکروویو ۹۰۰ مگاهرتز بر لنفوسیت‌های خون محیطی انسان تغییری در تعداد ریز هسته‌های نمونه‌های تجربی مشاهده نکردند [۴]. Scarfi و همکارانش نیز پس از بررسی اثرات امواج رادیو فرکانس بر لنفوسیت‌های خون محیطی انسان، هیچ مدرکی دال بر اثرات ژنوتوکسیک یا سایتوتوکسیک به دست نیاوردند [۵]. مطالعه Moulder و همکارانش روی موش‌ها نشان داده است که تاثیر امواج ساطع شده از تلفن همراه در ایجاد سرطان بسیار ضعیف است [۶]. Lin آزمایشاتی را برای بررسی اثرات امواج ساطع شده از تلفن‌های همراه بر روی سد خونی مغزی و ترشح مواد از خون به مغز در موش‌های صحرایی انجام داد و نشان داد که تحریک با مایکروویو در این حیوانات نفوذپذیری سد خونی مغزی را تغییر می‌دهد [۷]. Garaj-Vrhovac اثرات تابش مایکروویو روی تحرک سلولی و صدمات ژنوم در لنفوسیت‌های خون محیطی را بررسی نموده است. نتایج وی افزایش معنی‌دار در فراوانی ریز هسته‌ها و اختلال در تقسیم میتوز را نشان داده است [۸]. Dasdag و همکاران با مطالعه بر روی موش صحرایی نشان دادند، امواج ساطع شده از تلفن‌های همراه بر پارامترهای خونی جنین‌های تازه متولد شده اثری ندارد، اما باعث کاهش وزن جنین‌های در معرض مایکروویو، می‌شود [۹]. مطالعه دیگری نشان داده است که مایکروویو می‌تواند باعث اثرات زیان بار بر بیضه، چشم و دیگر بافت‌ها گردد [۱۰]. مطالعات McMeeken و Bell بر روی سگ‌ها نیز نشان داده است مایکروویو باعث افزایش ضربان قلب، گرمای مستقیم خون شریانی و بافتی، فشار خون و میزان

هدایت فمورال می‌شود [۱۱]. Fritze و همکارانش موش‌های صحرایی را در معرض مایکروویو با فرکانس ۹۰۰ MHz قرار داده و مشاهده نموده‌اند که این امواج باعث افزایش جزئی در نسخه برداری mRNA مربوط به ژن hsp7z در کورتکس مغز می‌شود [۱۲]. Dasdag و همکاران نیز به بررسی اثرات امواج تلفن‌های همراه بر روی ترکیبات لیپیدی و غلظت آلدئیدها و واکنش‌های ایمنی P<sub>53</sub> و تعداد اسپرم و ساختار مورفولوژیکی و هیستولوژیکی بیضه پرداختند آن‌ها گزارش کرده‌اند که این امواج اثر معنی‌داری ندارند [۱۳]. برخی از مطالعات نیز تاکید دارند که مایکروویو ساطع شده از تلفن‌های همراه، باعث کاهش ظرفیت آنتی اکسیدانی پلاسمای خون خرگوش می‌شود [۱۴]. مطالعات انجام شده توسط بهارآرا و همکاران نیز نشان داده است که امواج شبیه سازی شده تلفن‌های همراه بر برخی سلول‌های کبد و طحال جنین موش کوچک آزمایشگاهی اثرات معنی‌دار دارد [۱۵]. با توجه به کاربرد روز افزون تلفن‌های همراه توسط افراد در سنین پائین، ضرورت مطالعه امواج ساطع شده از این دستگاه‌ها بر بافت‌های خون ساز نابالغ کاملاً محسوس می‌باشد. لذا، این مطالعه با هدف بررسی اثرات امواج تلفن‌های همراه (۹۴۰ مگاهرتز) بر سیستم خون ساز موش نر نابالغ نژاد BALB/c انجام شده است.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع تجربی است و در آزمایشگاه تحقیقاتی تکوین جانوری گروه زیست شناسی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد انجام شده است. موش نژاد Balb/C از موسسه سرم سازی رازی مشهد خریداری و در اتاق پرورش حیوانات تکثیر و در درجه حرارت ۲۱±۲، و دوره نوری طبیعی (۱۲ ساعت نور و ۱۲ ساعت تاریکی) در قفس‌های ویژه ای که هر هفته دو بار شستشو و ضد عفونی می‌شدند، نگهداری و برای تغذیه آنها از غذای آماده استاندارد استفاده شد. آب کافی توسط بطری شیشه‌ای در اختیار آنها قرار داده شد. در این مطالعه از موش‌های نر نابالغ یک ماهه با حدود وزنی ۲۵-۲۰ گرم استفاده شد. همچنین برای انجام آزمایش‌ها، قفس ویژه‌ای از جنس پلاستیک مات به طول ۳۷، عرض ۲۵ و ارتفاع ۳۵ سانتی متر تهیه و در ارتفاع ۱۵ سانتی متری از کف این قفس یک لایه توری فلزی دارای پوشش پلاستیکی نازک و شفاف تعبیه گردید و موش‌های مورد مطالعه در این قسمت قرار داده می‌شدند. برای تولید امواج مایکروویو با فرکانس ۹۴۰ مگا هرتز از دو دستگاه تلفن همراه فعال (Sony Ericsson China)، که در قسمت تحتانی قفس به فاصله ۳۰ سانتی متری از یکدیگر به نحوی که مانیتور آنها به سمت بالا باشد استفاده گردید.

تمامی موارد انجام شده فوق الذکر برای نمونه های شاهد آزمایشگاهی و کنترل نیز انجام گردید.

آنالیز آماری: داده های کمی حاصل از بررسی پارامترهای خونی و شمارش سلول ها و اندازه گیری ابعاد توسط نرم افزار SPSS و به کمک آزمون آنالیز واریانس یک طرفه، در سطح  $p < 0/05$  تحلیل گردید. محققین در مراحل مختلف تحقیق نظیر پرتودهی و نیز بیهوش نمودن و تشریح حیوان متعهد به رعایت اصول اخلاقی پژوهش بودند.

### نتایج

مقایسه آماری نتایج حاصل از مطالعه سلول های خونی: بافت شناسی کبد و طحال نمونه های کنترل و شاهد آزمایشگاهی انجام و تفاوتی مشاهده نشد ( $p > 0/05$ )، لذا در آنالیز های بعدی نمونه های تجربی با شاهد آزمایشگاهی مقایسه و ارزیابی شدند: بررسی تعداد سلول های خونی: ارزیابی نتایج حاصل از بررسی خون های جمع آوری شده از نمونه های شاهد آزمایشگاهی و تجربی بیان گر آن است که میانگین تعداد گلبول های سفید، متوسط مقدار هموگلوبین و هماتوکریت و همچنین میانگین حجم متوسط گلبول قرمز و نیز هموگلوبین متوسط گلبول قرمز در گروه تجربی نسبت به شاهد آزمایشگاهی تفاوتی ندارد ( $p > 0/05$ ).

ارزیابی سلول های مغز استخوان: بررسی مقاطع بافتی مغز استخوان نشان داد که امواج تلفن های همراه باعث افزایش میانگین تعداد کل سلول های مغز استخوان ( $109/16 \pm 23/97$ ) و همچنین میانگین تعداد سلول های در حال تقسیم مغز استخوان ( $23/08 \pm 0/99$ ) در گروه تجربی نسبت به میانگین تعداد کل سلول های مغز استخوان ( $43/89 \pm 2/34$ ) و تعداد سلول های در حال تقسیم ( $16/39 \pm 0/93$ ) گروه شاهد آزمایشگاهی شده است ( $p < 0/001$ ) (نمودارهای شماره ۱ و ۲، جدول شماره ۱).

مطالعه مقاطع بافتی کبد و طحال: تغییرات سلول های کبدی و طحال در بررسی های تراژونیک اهمیت بسیار دارند و در تحقیق حاضر بررسی مقاطع بافتی نشان داد که میانگین تعداد اجتماعات سلولی منونوکلوئر ( $29/73 \pm 0/53$ ) و متوسط تعداد سلول های کوپفر ( $7/32 \pm 0/14$ ) در گروه تجربی نسبت به متوسط تعداد اجتماعات سلولی ( $38/75 \pm 0/78$ ) و تعداد سلول های کوپفر ( $12/10 \pm 0/18$ ) شاهد آزمایشگاهی کاهش یافته است ( $p < 0/001$ )، ولی میانگین تعداد و اندازه هیاتوسیت ها در گروه تجربی نسبت به شاهد آزمایشگاهی اختلاف نشان نداد ( $p > 0/05$ ) (شکل های شماره ۱ و ۲، جدول شماره ۱). همچنین، مطالعه و ارزیابی مقاطع بافتی طحال

حیوانات: موش های نر نابالغ یک ماهه به صورت تصادفی به سه گروه به شرح ذیل تقسیم بندی شدند:

گروه کنترل: موش های نر نابالغ یک ماهه (۱۲ سر) که در اتاق پرورش حیوانات در شرایط طبیعی نگهداری شدند.

گروه شاهد آزمایشگاهی (sham-exposed): موش های نر نابالغ یک ماهه (۱۶ سر) این گروه به مدت پانزده روز متوالی، هر روز ۳۰ دقیقه در شرایط آزمایشگاهی در سیستم فوق الذکر در حالت خاموشی تلفن های همراه و بدون امواج قرار داده شدند.

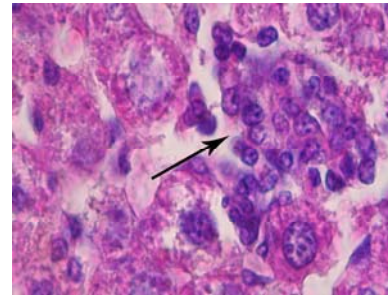
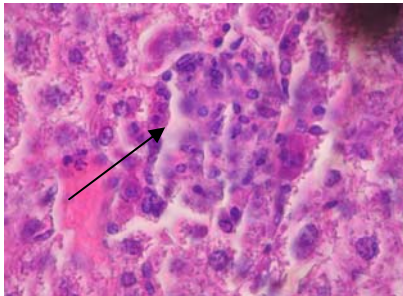
گروه تجربی: موش های نر نابالغ یک ماهه (۲۴ سر) این گروه به مدت ۱۵ روز متوالی، هر روز به مدت ۳۰ دقیقه درون قفس ویژه بوسیله تلفن های همراه فعال در معرض امواج با فرکانس ۹۴۰ مگا هرتز قرار داده شدند.

روش انجام آزمایش: پس از پایان دوره تیماری، تمامی موش های گروه تجربی و نیز نمونه های گروه های کنترل و شاهد آزمایشگاهی پس از بیهوش شدن با کلروفورم، تشریح شدند. ابتدا توسط سرنگ انسولین از قلب آنها خون گیری انجام شد و بلافاصله برای ارزیابی پارامترهای خونی به آزمایشگاه تشخیص طبی ارسال شد. در ادامه کبد، طحال و استخوان ران به طور کامل برداشته شد. نمونه های کبد و طحال ابتدا به وسیله فرمالین ده درصد تثبیت و سپس آبگیری و قالب گیری شدند. به وسیله میکروتوم برش های سریال ۶ میکرونی فراهم گردید و به روش هماتوکسیلین-ائوزین رنگ آمیزی و لام های دائمی تهیه شد. برای آماده سازی نمونه های استخوان ران پای موش ها نیز ابتدا استخوان کاملا در سرم فیزیولوژی شستشو داده شد، سپس دو سر آن قطع گردید و توسط یک سرنگ یکبار مصرف و مقدار ۳ میلی لیتر سرم جینی گاو با فشار تمامی محتویات مغز استخوان تخلیه شد. در ادامه محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه و ۱۰۰۰ rpm سانتریفوژ گردید. محلول قسمت بالا به کمک یک میکروپیپت تخلیه و از باقیمانده گسترش مغز استخوان انجام و با روش رایت و گیمسا رنگ آمیزی گردید.

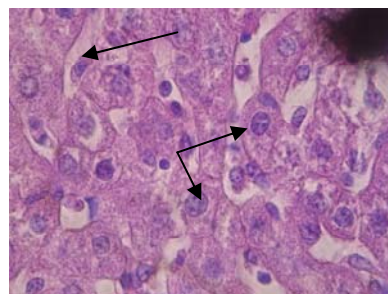
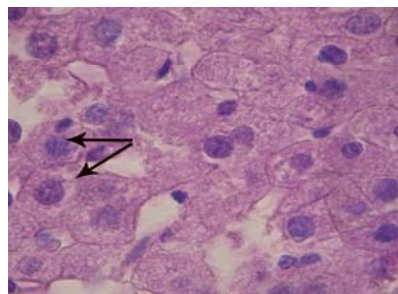
بافت شناسی: پس از تهیه لام های دائمی، در هر لام مربوط به کبد، ابتدا ساختار کلی بررسی و سپس در مقاطع سهمی میانی تعداد سلول های کوپفر، هیاتوسیت ها و اجتماعات سلولی منونوکلوئر و همچنین در مقاطع سهمی میانی طحال، تعداد مگاکاریوسیت ها، تعداد لنفوسیت ها در پولپ سفید، تعداد پولپ سفید، قطر پولپ سفید و قطر طحال و همچنین در نمونه های مغز استخوان، تعداد کل سلول ها و تعداد سلول های در حال تقسیم شمارش شدند. برای جلوگیری از هر گونه خطا در شمارش به طور تصادفی سلول ها در نواحی ۳، ۶، ۹، ۱۲ و مرکز لام ها شمارش شدند.

بیان گر کاهش میانگین تعداد لنفوسیت‌های پولپ سفید ( $\pm 0/14$ ) و مگاکاریوسیت‌ها ( $71/71 \pm 2/29$ ) در گروه تجربی نسبت به میانگین تعداد لنفوسیت‌های پولپ سفید ( $8/94 \pm 0/52$ ) و مگاکاریوسیت‌های ( $105/59 \pm 3/77$ ) گروه شاهد آزمایشگاهی

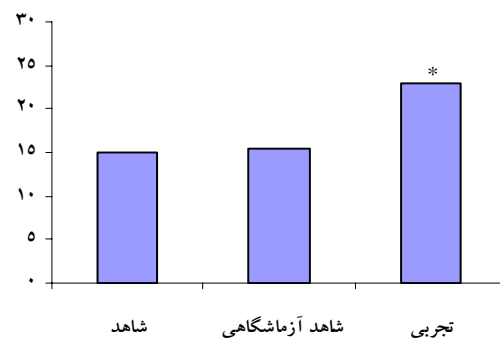
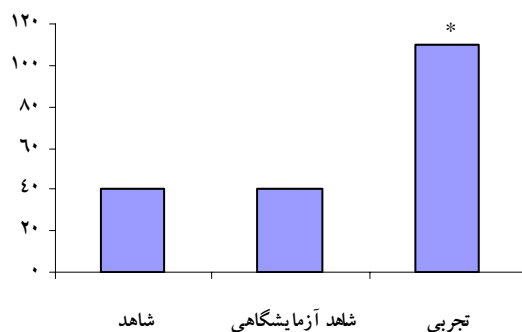
بود. این در حالی بود که میانگین تعداد پولپ سفید و میانگین قطر طحال در گروه شاهد آزمایشگاهی نسبت به نمونه‌های تجربی تفاوتی نشان نداد ( $p > 0/05$ ) (جدول شماره ۲).



شکل شماره ۱- اجتماعات سلولی منونوکلوثر در مقطع سهمی از کبد موش نابالغ در نمونه شاهد آزمایشگاهی (سمت چپ) و تجربی (سمت راست). کاهش تعداد اجتماعات سلولی منونوکلوثر در گروه تجربی در این مقاطع قابل رویت است ( $p < 0/001$ ). درشتنمایی  $\times 400$ ، رنگ آمیزی H&E



شکل شماره ۲- سلول‌های کوپفر و هپاتوسیت‌ها در مقطع سهمی از کبد موش نابالغ نمونه شاهد آزمایشگاهی (سمت چپ) و تجربی (سمت راست). کاهش تعداد سلول‌های کوپفر در گروه تجربی مشاهده می‌شود ( $p < 0/001$ ). درشتنمایی  $\times 1000$ ، رنگ آمیزی H&E



نمودار شماره ۲- نمودار میانگین تعداد کل سلول‌های مغز استخوان در گروه‌های کنترل، شاهد آزمایشگاهی، تجربی. مقایسه آماری تعداد کل سلول‌های مغز استخوان بیان گر افزایش تعداد کل سلول‌های مذکور در گروه تجربی می‌باشد ( $p < 0/001$ ).

نمودار شماره ۱- میانگین تعداد سلول‌های در حال تقسیم مغز استخوان در گروه‌های کنترل، شاهد آزمایشگاهی، تجربی. مقایسه آماری تعداد کل سلول‌های در حال تقسیم بیان گر افزایش تعداد کل سلول‌های مذکور در گروه تجربی می‌باشد ( $p < 0/001$ ).

جدول شماره ۱- نتایج بررسی اثرات امواج تلفن های همراه بر مغز استخوان و کبد موش نر نابالغ نژاد BALB/c

شاخص						
گروه	تعداد کل سلول های مغز استخوان	تعداد سلول های میتوتیک مغز استخوان	تعداد اجتماعات منونوکلوتر کبدي	تعداد سلول های کوپفر	تعداد هپاتوسیت ها	اندازه هپاتوسیت ها ( $\mu$ )
شاهد	43/04 ± 2/77	15/58 ± 0/90	37/55 ± 0/83	12/10 ± 0/23	43/13 ± 0/31	15/67 ± 0/57
شاهد آزمایشگاهی	43/89 ± 2/34	16/39 ± 0/93	38/75 ± 0/78	12/10 ± 0/18	44/41 ± 0/30	14/66 ± 0/66
تجربی	109/16 ± 3/97	23/08 ± 0/99	29/73 ± 0/53	7/32 ± 0/14	44/17 ± 0/37	14/89 ± 0/83
P	* 0/001	* 0/001	* 0/001	* 0/001	* 0/681	* 0/824

\* تفاوت معنی داری بین گروه های تجربی و شاهد

جدول شماره ۲- نتایج بررسی اثرات تلفن های همراه بر طحال موش نر نابالغ نژاد BALB/c

شاخص					
گروه	تعداد لنفوسیت ها در پولپ سفید	تعداد پولپ های سفید	قطر پولپ سفید ( $\mu$ )	تعداد مگاکاریوسیت ها	قطر طحال (mm)
شاهد	9/18 ± 0/52	16/48 ± 0/50	4/57 ± 0/07	105/70 ± 4/02	4/64 ± 0/10
شاهد آزمایشگاهی	8/94 ± 0/52	16/84 ± 0/56	4/71 ± 0/15	105/59 ± 3/77	4/39 ± 0/12
تجربی	5/23 ± 0/14	15/75 ± 0/29	4/57 ± 0/07	71/71 ± 2/29	4/47 ± 0/15
P	* 0/001	* 0/058	* 0/370	* 0/001	* 0/7

\* تفاوت معنی داری بین گروه های تجربی و شاهد

## بحث

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثرات امواج ساطع شده از تلفن های همراه بر سیستم خون ساز موش نابالغ نر نژاد BALB/c انجام شد و نتایج آن نشان داد، امواج ساطع شده از تلفن های همراه با فرکانس 940 مگا هرتز اثری بر تعداد گلبول های سفید خون، مقدار هموگلوبین، مقدار متوسط هماتوکریت، حجم متوسط گلبول قرمز و غلظت متوسط هموگلوبین گلبول های قرمز ندارد. این نتایج با گزارش Selmaoui مطابقت دارد. وی با مواجه کردن مردان جوان سالم با میدان مغناطیسی 50 Hz به صورت حاد هیچ گونه تغییر معنی داری در غلظت هموگلوبین، مقدار متوسط هماتوکریت، تعداد کل لکوسیت ها، مونوسیت ها، لنفوسیت ها، ائوزینوفیل ها، نوتروفیل ها و پلاکت ها مشاهده نمود [16]. Sommer نیز با بررسی اثرات میدان های الکترومغناطیس (EMFs) ساطع شده از تلفن های همراه بر مقدار لکوسیت ها و هماتوکریت خون موش های AKR/J هیچ گونه اثر معنی دار مشاهده نکرد [17] که با بخشی از نتایج حاصل از تحقیق حاضر مبنی بر افزایش تعداد کل سلول ها و همچنین افزایش تعداد سلول های میتوتیک مغز استخوان در گروه تیمار شده با امواج ساطع شده از تلفن های همراه مطابقت ندارد. علت این ناسازگاری در نتایج شاید به واسطه تفاوت در فرکانس موج الکترو مغناطیس به کار برده شده در این دو تحقیق باشد. اثرات عمیق میدان های

الکترومغناطیس بر ویژگی های تقسیم سلولی از جمله سرعت تقسیم سلولی، طرح های تسهیم و جهت یابی مجدد دستگاه میتوزی، توسط تعدادی از محققین مورد بررسی قرار گرفته است [19,18]. برخی گزارشات نیز در ارتباط با افزایش تقسیمات میتوزی در سلول های جنسی اولیه و همچنین افزایش تعداد فولیکول های تخمدانی تحت تاثیر امواج الکترومغناطیس تاییدی دیگر بر نتایج حاصل از این تحقیق مبنی بر افزایش تعداد برخی از انواع سلولی می باشد [20]. همچنین، مطالعات انجام شده در مورد اثرات امواج شبیه سازی شده تلفن های همراه بر غدد تناسلی موش نر نشان داده است که تعداد اسپرماتوگونی ها، اسپرماتوسیت های اولیه، اسپرماتیدها و اسپرم ها افزایش می یابد، در حالی که تعداد سلول های سرتولی در موش های تیماری کاهش معنی دار دارد [21]. مشاهده این نوع پاسخ ها، بیانگر اثرات متنوع بخش های مختلف طیف الکترو مغناطیس بر فرایندهای رشد و نمو موجودات زنده می باشد. از دیگر نتایج پژوهش حاضر کاهش تعداد مگاکاریوسیت ها و لنفوسیت های موجود در پولپ سفید طحال و نیز کاهش تعداد اجتماعات سلولی منونوکلوتر و سلول های کوپفر در کبد بود که با نتایج محسنی کوچصفهانی و همکاران سازگاری ندارد؛ این محققین با مطالعه اثرات امواج الکترومغناطیس سینوسی با فرکانس 50 هرتز بر رشد و نمو قبل و بعد از تولد سیستم خون ساز موش نشان داده اند که تحت شرایط به کار برده شده، مواجهه درون

موثر می‌باشد؛ لیکن این تجربیات بر این موضوع تاکید دارد که شدت پاسخ به تیمار، بستگی زیادی به شرایط فیزیولوژیک موجود زنده در موقع پرتوگیری دارد [۲۵،۲].

#### نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که امواج ساطع شده از تلفن‌های همراه، بر میزان تقسیم سلولی در مغز استخوان موثر می‌باشد. همچنین باعث تغییر معنی‌دار تعداد اجتماعات سلولی مونوکلتر، سلول‌های کوپفر کبدی و نیز لنفوسیت‌های پولپ سفید و مگاکاریوسیت‌های طحال و همچنین تعداد کل سلول‌های مغز استخوان و سلول‌های در حال تقسیم آن می‌شود. لذا، علی‌رغم آن که بسیاری از موسسات تجاری بر ایمن بودن امواج ساطع شده تلفن‌های همراه تاکید دارند، به نظر می‌رسد با توجه به گزارشات متعدد در ارتباط با تاثیر این امواج بر فرایندهای رشد و نمو، تا کسب اطمینان قطعی از ایمن بودن این امواج بایستی تدابیر احتیاطی لازم از جمله کوتاه کردن زمان مکالمه و رعایت فاصله مناسب دستگاه از بدن و نیز حتی الامکان عدم استفاده کودکان و نوجوانان اتخاذ گردد.

#### تشکر و قدردانی

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد و نیز کارشناسان محترم آزمایشگاه تحقیقاتی تکوین جانوری گروه زیست‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین، از همکاری ارزنده جناب آقای مجید امیری مدیرعامل محترم شرکت صنایع ریزی بی‌ایران و همکاران محترم آنها در بخش بافت‌شناسی سپاسگزاری می‌شود.

رحمی با میدان‌های الکترومغناطیسی سینوسی با فرکانس برق شهر در دوران جنینی موجب بروز ناهنجاری در جنین‌ها و یا تغییر در تکوین سیستم‌های خون‌ساز در قبل و بعد از تولد موش نمی‌شود، در حالی که تعداد سلول‌های کوپفر در کبد و تعداد لنفوسیت‌ها در پولپ سفید طحال بعد از تولد افزایش می‌یابد [۲۲]. Antonopoulos و همکاران نیز با مطالعه بر روی لنفوسیت‌های خون محیطی انسان که در شرایط درون تنی کشت شده بود و تحت تاثیر امواج الکترومغناطیس با فرکانس‌های ۳۸۰، ۹۰۰، ۱۸۰۰ مگا هرتز قرار گرفته بودند، هیچ‌گونه تغییر معنی‌داری در سیکل سلولی و فرکانس تغییرات در کروماتیدهای خواهری این سلول‌ها گزارش نکردند [۲۳]. تناقض‌های بین این پژوهش‌ها ممکن است به علت اختلاف در فرکانس موج الکترومغناطیس و نیز دوره متفاوت تیماری و شرایط مطالعه باشد و بیان‌گر این مطلب مهم است که پاسخ بافت‌ها به بخش‌های مختلف طیف الکترومغناطیس یکسان نمی‌باشد. همچنین، زمان رشد و نمو موجود زنده نیز در موقع پرتوگیری از عوامل بسیار مهم و تعیین‌کننده در نوع پاسخ می‌باشد. داده‌های حاصل از این پژوهش نشان داد که امواج ساطع شده از تلفن‌های همراه تغییری در مورفولوژی کبد و طحال، تعداد هپاتوسیت‌ها در کبد، تعداد پولپ سفید طحال، همچنین، قطر پولپ‌های سفید و قطر طحال ایجاد نمی‌نماید. در مورد مکانیسم اثر گذاری امواج الکترومغناطیس تاکنون پیشنهادات متعددی ارائه شده است؛ از جمله Adey به افزایش فعالیت نسخه برداری اسید ریبونوکلئیک و افزایش سنتز پروتئین تحت تاثیر امواج الکترومغناطیس که باعث کوتاه شدن چرخه سلولی و افزایش سنتز اسید دزوکسی ریبونوکلئیک می‌شود، اشاره می‌نماید [۲۴]. برخی مطالعات نیز با بررسی اثرات حرارتی و غیر حرارتی امواج ساطع شده از تلفن‌های همراه، پیشنهاد نموده است که مایکروویو بر تقسیم سلولی

#### References:

- [1] Hossman Ka, Hermann DM. Effects of electromagnetic radiation of mobile phones on the central nervous system. *Bioelectromagnetics* 2003;24(1):49-62.
- [2] Hyland GJ. Physics and biology of mobile telephony. *Lancet* 2000;356(9244):1782-3.
- [3] Sri Nageswari K. Biological effects of microwaves and mobile telephony. *Electromagnetic fields and our health* 2003;79:321-5.
- [4] Zeni O, Chiavoni AS, Sannino A, Antolini A, Foriqa D, Bersani F, et al. Lack of genotoxic effects (micronucleus induction) in human lymphocytes exposed in vitro to 900 MHz electromagnetic fields. *Radiat Res* 2003;160(2):152-8.
- [5] Scarfi MR, Freseqla AM, Villani P, Pinto R, Marino C, Sarti M, et al. Exposure to radiofrequency radiation (900 MHz, GSM signal) does not affect micronucleus frequency and cell proliferation in human peripheral blood lymphocytes: an interlaboratory study. *Radiat Res* 2006;165(6):655-63.
- [6] Moulder JE, Erdreich LS, Malyapa RS, Merritt J, Pickard WF, Vijayalaxmi. Cell phones and cancer: what is the evidence for a connection? *Radiat Res* 1999;151(5):513-31.
- [7] Lin JC. Microwave radiation and leakage of albumin from blood to brain. *Microwave Magazine, IEEE* 2004;5(3):22-8.

- [8] Garaj-Vrhovac V. Micronucleus assay and lymphocyte mitotic activity in risk assessment of occupational exposure to microwave radiation. *Chemosphere* 1999;39(13):2301-12.
- [9] Dardage S, A kdag M Z, Ayyidze O, Demirates OC, Yayla M, Sert C. Do cellular phones alter blood parameters and birth weight of rat? *Electromag Boil* 2000;19:107-13.
- [10] Nakamura H, Matsuzaki I, Hatta K, Nobukuni Y, Kambayashi Y, Oqino K. Nonthermal effects of mobile-phone frequency microwaves on uteroplacental functions in pregnant rats. *Reprod Toxicol* 2003;17(3):321-6.
- [11] McMeeken JM, Bell C. Effects of microwave irradiation on blood flow in the dog hindlimb. *Exp Physiol* 1990;75(3):367-74.
- [12] Fritze K, Wiessner C, Kuster N, Sommer C, Gass P, Hermann DM, Kiessling M, Hossmann KA. Effect of global system for mobile communication microwave exposure on the genomic response of the rat brain. *Neuroscience* 1997;81(3):627-39.
- [13] Dasdag S, Zulkuf Akdag M, Aksen F, Yilmaz F, Bashan M, MutluDasdag M, SalihCelik M. Whole body exposure of rats to microwaves emitted from a cell phone does not affect the testes. *Bioelectromagnetics* 2003;24(3):182-8.
- [14] Khavanin A, Zaravashani V, Rezaie A, Mortazavie B, Mirzaie R, Hasani J. Study of biological microwave effect of mobile phone on Rabbite blood antioxidants. *Medicine Science Journal of Iran medicine science university* 2006;9:244-9.
- [15] Baharara J, Parivar K, Ashraf AI, Majidi B. The effect of cell phone waves (940 MHz) on development of hematopoiesis system of Balb/C mouse. *Medicine Science Journal of Shahre Kord university* 2008;10;1-18.
- [16] Selmaoui B. Acute exposure to 50 HZ magnetic field does not affect hematologic or immunologic functions in healthy young men: a circadian study. *Bioelectromagnetics* 1996;17(5):364-72.
- [17] Sommer AM, Bitz AK, Streckert J, Hansen VW, Lerchl A. Lymphoma development in mice chronically exposed to UMTS-modulated radiofrequency electromagnetic fields. *Radiat Res* 2007;168(1):72-80.
- [18] Denegre JM, Valles JM. Cleavage planes in frog eggs are altered by strong magnetic fields. *Proc natl Acad Sci U S A* 1998;95(25):14729-32.
- [19] Panac C, Genevier M. No effects of DC and 60-HZ Ac magnetic fields on the first mitosis of two species of sea urchin embryos. *Bioelectromagnetics* 1998;19:494-7.
- [20] Baharara J, Parivar K, Oryn Sh, Ashraf AI. The effects of low electromagnetic waves on gonads of mouse. *Rah Avard Danesh* 2006;2:20-5.
- [21] Baharara J, Ashraf AI, Jafari M, Helalat H. The effects of simulating cell phone waves on gonads of male mouse. *Rah Avard Danesh* 2007;3:8-16.
- [22] Mohseni Kochesfahani H, Parivar K, Golestanian N. The effect of electromagnetic fields (50Hz) with solenoid on development of hematopoiesis system Balb/C mouse. *Science Journal of Tehran university* 2000;26:1-15.
- [23] Antonopoulos A, Eisenbrandt H, Obe G. Effects of high frequency electromagnetic fields on human lymphocytes in vitro. *Mutat Res* 1997;395(2-3):209-14.
- [24] Adey WR. The cellular microenvironment and signaling through cell membranes. *Prog Clin Biol Res* 1988;257:81-106.
- [25] Baharara J, Parivar K, Oryan Sh, Ashraf AI. The effect of long term exposure of simulating cell phone wave on gonads of Balb/C mouse. *Fertil Infertil J* 2004;217-26.