Effects of 950 MHz cell phone microwave radiation on morphometric changes of testis in rabbit

E. Azadi-Oskouiy* F. Rajaei** A. Safari-Varyani***

*M.Sc. in Anatomy, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran
**Professor of Histology and Embryology, Cellular and Molecular Research Center, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran
***Associate Professor of Occupational Health, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran

Abstract

Background: Given the wide range of microwave applications in human life, their effects on biological tissues are still controversial.

Objective: The aim of this study was to determine the effects of 950 MHz cell phone microwave radiation on morphometric changes of testis in rabbit.

Methods: In this experimental study, 18 New Zealand male rabbits were randomly divided into control, 3 W and 6 W groups. Unlike the control group, the experimental groups were exposed to simulated 950 MHz and 3 or 6 W microwave radiation 2 hours a day for 2 weeks. After one week rest, the animals were sacrificed using anesthesia and microscopic slides were prepared from their testis. The seminiferous tubular diameter and spermatogonia, spermatocyte, spermatid and sperm counts were determined. Data were analyzed using ANOVA and Kruskal Wallis.

Findings: The number of spermatogonia cells in the 6 W group was decreased significantly compared to the control group and the 3 W group. There were no significant differences between the 3 W group and the control group in terms of the spermatogonia cell count. Spermatocyte cell count and spermatid cell count were found to be significantly different between 3 groups. Sperm count was significantly different between the 6 W group and the control group.

Conclusion: With regards to the results, it seems that the microwave radiation with 950 MHz frequency can lead to detrimental effects on rabbit spermatogenesis by changing the number of spermatogenetic cell line.

Keywords: Cellular Phone, Microwaves, Rabbits, Testis

Corresponding Address: Farzad Rajaei, Department of Anatomy, School of Medicine, Qazvin University of Medical Sciences, Shaheed Bahonar Blvd., Qazvin, Iran
Email: farzadraj@yahoo.co.uk
Tel: +98-912-2817421
Received: 10 Dec 2012
Accepted: 28 Jul 2013

Archive of SID

www.SID.ir

اثر امواج مایکروویو بر روی تغییرات مورفومتریک بیضه خرگوش

المیرا آزادی اسکویی* دکتر فرزاد رجایی** دکتر علی صفری واریانی***

* کارشناس ارشد علوم تشریح دانشگاه علوم پزشکی قزوین
** استاد بافت‌شناسی و جنین‌شناسی مرکز تحقیقات سلولی و مولکولی دانشگاه علوم پزشکی قزوین
*** دانشیار بهداشت حرفه‌ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی قزوین

آدرس نویسنده مسؤول: قزوین، بلوار شهید باهنر، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، دانشکده پزشکی، گروه علوم تشریح، تلفن ۰۹۱۲۲۸۱۷۴۲۱
Email: farzadraj@yahoo.co.uk

تاریخ دریافت: ۹۱/۹/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۲/۵/۶

چکیده

زمینه: با توجه به دامنه وسیع کاربرد امواج مایکروویو در زندگی انسان، هنوز آثار زیستی آن‌ها بر بافت‌های بدن مورد بحث است.

هدف: مطالعه به منظور تعیین امواج مایکروویو با بسامد ۹۵۰ مگاهرتز بر روی تغییرات مورفومتریک بیضه خرگوش انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تجربی ۱۸ سر خرگوش نر نیوزلندی به صورت تصادفی به گروه‌های شاهد، ۳ وات و ۶ وات تقسیم شدند. برخلاف گروه شاهد، گروه‌های تجربی با امواج شبیه‌سازی شده مایکروویو با بسامد ۹۵۰ مگاهرتز با توان خروجی ۳ و ۶ وات به مدت ۲ هفته، روزی ۲ ساعت مواجه شدند. بعد از یک هفته استراحت، حیوان‌ها با استفاده از بی‌هوشی کشته شدند و از بیضه آن‌ها لام‌های میکروسکوپی تهیه شد. قطر لوله‌های منی‌ساز، تعداد سلول‌های اسپرماتوگونی، اسپرماتوسیت، اسپرماتید و اسپرم در گروه‌ها تعیین و داده‌ها با آزمون‌های آماری آنالیز واریانس و کراسکال والیس تحلیل شدند.

یافته‌ها: تعداد سلول‌های اسپرماتوگونی بین گروه ۶ وات با گروه شاهد و همچنین بین گروه ۶ وات و ۳ وات کاهش معنی‌داری داشت، در حالی که بین گروه‌های ۳ وات و شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. تعداد سلول‌های اسپرماتوسیت و اسپرماتید در بین هر سه گروه تفاوت معنی‌داری را نشان داد. تعداد اسپرم فقط در گروه ۶ وات با گروه شاهد تفاوت معنی‌داری داشت.

نتیجه‌گیری: با توجه به یافته‌ها، به نظر می‌رسد امواج مایکروویو با بسامد ۹۵۰ مگاهرتز می‌تواند با تغییر تعداد سلول‌های رده اسپرماتوژنی باعث اختلال در روند اسپرماتوژنز در بیضه خرگوش شود.

کلیدواژه‌ها: تلفن همراه، امواج مایکروویو، خرگوش‌ها، بیضه

مقدمه:

در عصر حاضر، میدان‌های الکترو مغناطیس جزء جدایی ناپذیر زندگی بشر شده‌اند. انسان به طور دانسته یا ندانسته هر لحظه در معرض تشعشع میدان‌های الکترو مغناطیس ناشی از تلویزیون، کامپیوتر، ماکروویو، تلفن همراه، وسایل تشخیص طبی، خطوط انتقال نیرو، نیروگاه‌های برق و غیره قرار می‌گیرد.[۱و۲] بنابراین استفاده روزمره مردم از لوازم الکتریکی موجب شده است که به طور فزاینده در معرض امواج الکترو مغناطیس قرار گیرند.[۳] مطالعه‌های زیادی اختلال‌های ناشی از امواج الکترو مغناطیس را گزارش کرده‌اند ازجمله: عقیمی، سقط جنین ناخواسته، نقص های مادرزادی، بلوغ زودرس و بیماری‌های ژنتیک.[۴]

طیف الکترومغناطیس محدوده بسامدی بسیار گسترده‌ای دارد که عبارتند از: بسامدهای بسیار پایین (نور مرئی)، رادیو بسامدها، مایکروویوها، تشعشع‌های مادون قرمز، تشعشع‌های فرابنفش، اشعه ایکس و اشعه گاما.[۵] امواج مایکروویو در محدوده بسامد ۳۰۰ مگاهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز هستند و طول موج آن‌ها از ۱ میلی‌متر تا ۱ نانومتر متغیر است.[۶] امواج ساطع شده از تلفن‌های همراه با بسامد متوسط حدود ۹۱۵ تا ۹۵۰ مگاهرتز است.[۷]

Archive of SID

www.SID.ir

گسترش روزافزون تعداد کاربران تلفن‌های همراه که مولد امواج مایکروویو هستند و گزارش‌های متعدد سال‌های اخیر در مورد اثرات سوء این امواج بر فرایندهای مختلف رشد و نمو اعضای مختلف بدن انسان، باعث نگرانی‌های بسیاری شده است.[۷] پژوهش‌گران در سطح جهانی به مطالعه اثرات زیستی این امواج بر سلامت انسان پرداخته‌اند و گزارش‌های متعددی نیز در این رابطه انتشار یافته است. اگرچه نتایج حاصل از بررسی‌های درون تنی (In vivo) و برون تنی (In vitro) ضد و نقیض هستند،[۸] اما بسیاری از مطالعه‌ها بیان‌گر اثرات سوء آن بر موجود زنده از جمله شاخص‌های باروری و DNA سلول‌های مغزی است.[۹و۱۰]

بررسی دانش آموزانی که در نزدیکی ایستگاه‌های رادیویی زندگی می‌کردند نشان داد که حافظه و تمرکز آن‌ها رشد کم‌تری داشته و زمان واکنش و همچنین قدرت دستگاه عصبی- عضلانی کاهش یافته است.[۱۱] از طرفی، بررسی اثر امواج تلفن‌های همراه بر مغز رت نشان داد که این امواج در القای پروتئین‌های شوک حرارتی نقش دارند. این پروتئین‌ها در شرایط کاهش اکسیژن و تنش موجب حفظ ساختار پروتئین‌های سلولی می‌شوند.[۱۲و۱۳] تحقیق‌ها، ارتباط این میدان‌ها را با موارد زیر نشان داده‌اند: افزایش میزان وقوع آپوپتوز و مرگ سلول‌های نطفه‌ای در بیضه، باز شدن و فاصله گرفتن لوله‌های منی‌ساز از یکدیگر، کاهش معنی‌دار سلول‌های اسپرماتوسیت و سلول‌های اسپرماتید، اثرات سوء بر روی تکثیر و تمایز اسپرماتوگونی، اثرات سیتوژنی بر روی سلول‌های اسپرماتوژنز، کاهش باروری و کاهش مایع منی.[۱۴-۱۸]

اثرات امواج مایکروویو بر سیستم‌های زیستی به طور نسبتاً گسترده‌ای بررسی شده است؛ ولی به علت قطعی نبودن نتایج حاصله و مشخص نبودن مکانیسم اثر این میدان‌ها، مطالعه در این زمینه هنوز به طور فعال ادامه دارد. لذا مطالعه حاضر با هدف تعیین امواج مایکروویو با بسامد ۹۵۰ مگاهرتز (معادل تلفن همراه) بر روی تغییرات مورفومتریک بیضه خرگوش انجام شد.

❋ مواد و روش‌ها:

این مطالعه تجربی در سال ۱۳۹۰ بر روی ۱۸ سر خرگوش نر سفید نژاد خالص نیوزلندی با وزن ۱۴۰۰ تا ۱۷۰۰ گرم و سن ۳ ماه، در دانشگاه علوم پزشکی قزوین انجام شد. خرگوش‌های مورد استفاده در قفس‌های آلومینیومی به صورت گروه‌های ۶ تایی نگه‌داری می‌شدند. روزانه به آن‌ها آب و غذا ی فشرده داده می‌شد. شرایط فیزیکی و بهداشتی محل نگه‌داری مطلوب بود. شرایط نوری اتاق نگه‌داری ۱۰ساعت روشنایی (۷ صبح تا ۵ بعدازظهر) و ۱۴ساعت تاریکی و درجه حرارت آن بین ۲۰ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد بود. تهویه اتاق به طور مداوم انجام و قفس‌ها هر روز تمیز می‌شد. خرگوش‌ها به صورت تصادفی به گروه‌های شاهد، ۳ وات و ۶ وات تقسیم شدند. خرگوش‌های گروه‌های تجربی در شرایط کنترل شده درون یک محفظه عایق‌دار مخصوص (جهت جلوگیری از هرگونه نشت پرتو)، روزی ۲ ساعت به مدت ۲ هفته با امواج شبیه سازی شده مایکروویو با بسامد ۹۵۰ مگاهرتز با توان خروجی ۳ و ۶ وات مواجه شدند. مشخصات دستگاه مولد امواج مایکروویو به این صورت بود که امواج را با بسامدهای ۸۵۰ تا ۹۵۰ مگاهرتز و همچنین امواج مدوله شده ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوهرتز شبیه سازی می‌کرد. در مطالعه حاضر، امواج دستگاه با بسامد ۲۱۷ هرتز و روی موج حامل ۸۵۰ تا ۹۵۰ مگاهرتز تنظیم شد. توان ۳ و ۶ وات به علت نزدیک بودن با توان خروجی گوشی‌های همراه انتخاب شد. به منظور تطابق پذیری نیز یک هفته استراحت به خرگوش‌ها داده شد. سپس خرگوش‌ها با تزریق ۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کتامین و ۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم زایلازین بی‌هوش شدند و با استفاده از تیغ بیستوری و قیچی یک شکاف طولی در امتداد خط میانی بدن آن‌ها ایجاد و با استفاده از بی‌هوشی کشته شدند. بیضه‌های طرف چپ حیوان‌ها خارج و وزن شدند و بعد برای تثبیت بافتی، به مدت ۴۸ ساعت در محلول فرمالین

Archive of SID

www.SID.ir

۱۰ درصد قرار داده شدند. بعد از این مرحله به منظور آبگیری و شفاف‌سازی، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دستگاه پاساژ بافتی (citadel 1000, UK Shandon) قرار گرفتند. بعد از طی این مرحله نمونه‌ها با استفاده از پارافین قالب‌گیری و سپس توسط دستگاه میکروتوم دوار (Shandon, UK) برش‌های ۵ میکرونی سریالی تهیه شد. در نهایت از هر نمونه ۵ برش با فاصله ۵ و ۸ و ۱۱ و ۱۴ و ۱۷ (به منظور پرهیز از شمارش مجدد یک سلول) انتخاب و برای بررسی میکروسکوپی با هماتوکسیلن- ائوزین رنگ‌آمیزی شدند. جهت بررسی مورفومتریک، دو میدان دید از هر لام به طور تصادفی در زیر میکروسکوپ (Olympus, AH2, Japan) انتخاب و توسط دوربین دیجیتال (Coolpix-4500, Japan) عکس تهیه شد. عکس‌ها به کامپیوتر منتقل و با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری Image Tool، قطر لوله منی‌ساز (فاصله قاعده یک سلول تا قاعده سلول رو به روی آن در مقطع عرضی) اندازه‌گیری شد. شمارش سلول‌های اسپرماتوگونی، اسپرماتوسیت، اسپرماتید و اسپرم توسط میکروسکوپ نوری و با بزرگ نمایی ۴۰۰ انجام شد. پس از تعیین میانگین، نتایج با استفاده از نرم‌افزار SPSS۱۳ و آزمون‌های آماری آنالیز واریانس یک طرفه و کروسکال والیس و در نظر گرفتن سطح معنی‌داری کم‌تر از ۰/۰۵ تحلیل شدند.

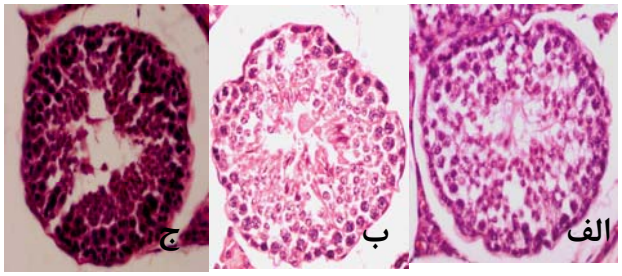
❋ یافته‌ها:

میانگین وزن بیضه‌ها و قطر لوله‌های منی‌ساز برحسب میکرون در هیچ یک از گروه‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول و شکل شماره ۱).

جدول ۱- مقایسه میانگین وزن بیضه و قطر لوله‌های منی‌ساز در گروه‌های مورد مطالعه

گروه	وزن بیضه (گرم)	قطر لوله منی‌ساز (میکرومتر)
شاهد	[a]۲/۴±۰/۴	[a]۳۹۵/۵±۴۱/۶
۳ وات	[a]۲/۱±۰/۵	[a]۳۹۵/۵±۶۴
۶ وات	[a]۲/۱±۰/۴	[a]۳۹۴/۸±۳۴/۹

a تفاوت غیر معنی‌دار در یک ستون



شکل۱- تصاویر میکروسکوپی از لوله‌های منی‌ساز در گروه‌های مورد مطالعه (الف) گروه ۳ وات، (ب) گروه ٦ وات و (ج) گروه شاهد (رنگ‌آمیزی H&E و بزرگ‌نمایی ٤۰۰x)

تعداد سلول‌های اسپرماتوگونی در گروه ۳ وات در مقایسه با گروه شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد، ولی بین گروه ۶ وات با گروه شاهد کاهش معنی داری مشاهده شد (P<۰/۰۰۶). همچنین در گروه ۶ وات نسبت به گروه ۳ وات کاهش معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۲). تعداد سلول‌های اسپرماتوسیت و اسپرماتید در بین هر سه گروه مورد مطالعه کاهش معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۰۱ و P<۰/۰۰۷). تعداد سلول‌های اسپرم فقط در گروه ۶ وات نسبت به گروه شاهد کاهش معنی‌داری داشت (P<۰/۰۰۴). ولی بین سایر گروه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول شماره ۲).

جدول ۲- مقایسه تعداد اسپرماتوگونی، اسپرماتوسیت، اسپرماتید و اسپرم در گروه‌های مورد مطالعه

گروه	اسپرماتوگونی**	اسپرماتوسیت**	اسپرماتید**	اسپرم*
شاهد	۵۶±۳۵ [a]	۷۰±۲۴ [a]	۱۲۶±۲۷ [a]	۳۳/۶±۱۴/۵ [a]
۳ وات	۴۴±۲۵ [a]	۵۴±۱۴ [b]	۸۰±۵۵ [b]	۲۷/۷±۲۰/۴ [a,b]
۶ وات	۳۰±۱۲ [b]	۳۸±۸ [c]	۵۸±۴۵ [c]	۲۵/۳±۱۶ [b]

* میانگین
** Median ± IQR
a-c تفاوت معنی‌دار در یک ستون (P<۰/۰۵)

❋ بحث و نتیجه‌گیری:

مطالعه حاضر تأثیر مخرب و منفی امواج مایکروویو با بسامد ۹۵۰ مگاهرتز بر روند اسپرماتوژنز خرگوش را نشان

Archive of SID

www.SID.ir

داد؛ به طوری که تعداد سلول‌های بیضه در خرگوش هایی که تحت تأثیر امواج مایکروویو قرار گرفته بودند به طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد کاهش یافت. این امواج اغلب سبب اختلال در روند بلوغ و تکامل سلول‌های جنسی نر می‌شوند و سلول‌های سوماتیک بیضه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. مطالعه شفیق و همکاران در سال ۲۰۰۵ نشان داد افرادی که در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی قرار گرفتند، دچار کاهش اسپرماتوژنزیس و فعالیت جنسی شدند و تماس با میدان‌های الکترومغناطیسی سبب کاهش تعداد و تحرک اسپرم‌ها در نمونه‌های بیوپسی بیضه شد که نشان‌دهنده تغییرات دژنراتیو بود.[۱۹] نتایج مطالعه سالاما در سال ۲۰۱۰ حاکی از آن بود که ضربان تشعشعات تلفن همراه باعث تأثیر بر ساختمان و عملکرد بیضه در خرگوش بالغ می‌شود.[۲۰] در مطالعه مآزو و همکاران نیز تماس طولانی مدت با امواج موبایل باعث کاهش اسپرماتوژنز و توقف در بلوغ اسپرماتوزوئیدهای بیضه رت شد.[۲۱] همچنین در سال ۲۰۰۸ آگاروال و همکاران نشان دادند که تعداد، حرکت، بقا و مورفولوژی طبیعی اسپرم در مردانی که از تلفن همراه استفاده می‌کردند، کاهش یافته است.[۲۲] نتایج ویگنرا و همکاران در سال ۲۰۱۲ نشان داد که امواج تلفن همراه باعث تغییرات مورفومتریک در روند اسپرماتوژنز، کاهش تحرک اسپرم و افزایش رادیکال‌های آزاد می‌شود.[۲۳]

در تحقیق حاضر مشاهده شد که امواج مایکروویو قادر به ایجاد تغییر در فرآیند اسپرماتوژنز بودند و نظم و تعداد سلول‌های بیضه را بهم زدند. کاهش تعداد اسپرماتوگونی و کاهش نسبی سلول‌های اسپرماتید نشان‌دهنده این بود که امواج مایکروویو به عنوان عامل القاکننده، موجب تغییر در اسپرماتوژنز می‌شوند. سلول‌های اسپرماتوگونی به عنوان اولین سلول دودمان اسپرماتوژنز نقش اساسی در باروری دارند و با آسیب آن‌ها باروری می‌تواند به خطر بیفتد. از آن جا که در این تحقیق امواج مایکروویو با بسامد ۹۵۰ مگاهرتز استفاده شد، احتمالاً این امواج باعث مرگ سلول‌ها و در نتیجه کاهش تعداد آن‌ها می‌شود. مطالعه‌های متعددی نیز نشان داده‌اند که قرارگیری در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی باعث افزایش بروز آپوپتوز در بین سلول‌های اسپرماتوژنیک می‌شود.[۱۴و۲۴و۲۵] در حمایت از این یافته، بررسی‌ها نشان داده‌اند که امواج مایکروویو می‌توانند با تأثیر بر ژنوم سلول باعث تغییر در کروموزوم‌ها و کاهش ترمیم DNA و آپوپتوز شوند.[۲۶و۲۷] لذا کاهش تعداد سلول‌ها در مطالعه حاضر می‌تواند به دلیل القای آپوپتوز و مرگ سلولی به دنبال مواجهه با امواج مایکروویو باشد. محققین معتقدند که بیش‌ترین اثر امواج مایکروویو از طریق افزایش موضعی درجه حرارت یا پیدایش رادیکال‌های آزاد در بدن موجود زنده اتفاق می‌افتد. این امواج با تشکیل رادیکال‌های آزاد باعث شکستن پیوندهای هیدروژنی و آسیب به DNA سلول می‌شوند.[۲۸] این یافته‌ها با روند کاهش تعداد سلول‌های اسپرماتوگونی در بررسی حاضر مطابقت دارد.

یافته‌های مطالعه حاضر با نتایج برخی از مطالعه‌ها مغایرت دارد. برای مثال ریبریو و همکاران در مطالعه‌ای به این نتیجه رسیدند که امواج رادیویی تلفن همراه با نقص در عملکرد بیضه در رت بالغ در ارتباط نیست.[۲۹] همچنین مطالعه لی و همکاران در سال ۲۰۱۰ نشان داد که امواج رادیویی حاصل از تلفن همراه باعث ایجاد تأثیرات نامطلوب در اسپرماتوژنز رت نمی‌شود.[۳۰] داسداگ و همکاران با قرار دادن رت‌ها در معرض امواج مایکروویو با بسامد ۹۰۰ مگاهرتز نشان دادند که این امواج بر مورفولوژی و میزان آپوپتوز در بیضه‌ها تأثیری ندارند.[۳۱و۳۲] بورکیویکز و همکاران نیز با قرار دادن تلفن‌های همراه در نزدیکی بدن موش نشان دادند که امواج مایکروویو بر مورفولوژی بیضه‌ها و سطح هورمون‌های FSH، TSH، ACTH و پرولاکتین تأثیر معنی‌داری ندارد.[۳۳] با توجه به تفاوت بسامدهای مورد استفاده در مطالعه حاضر با سایر مطالعه‌ها و همچنین، تفاوت در مدت زمان مواجهه با اشعه و نوع حیوان‌ها،

Archive of SID

www.SID.ir

تفاوت‌های مشاهده شده در نتایج، غیرمعمول و دور از انتظار نخواهد بود. به طوری که در مطالعه حاضر خرگوش‌ها به مدت ۲ هفته روزی ۲ ساعت تحت امواج مایکروویو با بسامد ۹۵۰ مگاهرتز قرار گرفتند، اما در مطالعه لی رت‌ها به مدت ۲ هفته، روزی ۴۵ دقیقه با بسامد ۸۴۸/۵ مگاهرتز و در مطالعه داسداگ‌رت‌ها به مدت ۱ ماه و روزانه ۲۰ دقیقه در معرض امواج تلفن همراه قرار گرفتند. به طور کلی مطالعه حاضر نشان داد که امواج مایکروویو با بسامد ۹۵۰ مگاهرتز با تغییر تعداد سلول‌های رده اسپرماتوژنیک می‌تواند باعث اختلال در روند اسپرماتوژنز در بیضه خرگوش شود. لذا پیشنهاد می‌شود به منظور کاهش اثرات این امواج بر روی سیستم باروری، تا حد امکان از استفاده غیرضروری دستگاه‌های مولد این امواج اجتناب شود.

❋ سپاس‌گزاری:

مقاله حاضر حاصل پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد دانشگاه علوم پزشکی قزوین است. از شورای پژوهشی دانشگاه برای تأمین هزینه انجام این مطالعه و همکاری آقای مهندس جوادی در تحلیل داده‌ها تشکر می‌شود.

❋ مراجع:

1. Marjanović AM, Pavičić I, Trošić I. Biological indicators in response to radiofrequency/ microwave exposure. Arh Hig Rada Toksikol 2012 Sep; 63 (3): 407-16
2. Bayazit V, Bayram B, Pala Z, Atan O. Evaluation of carcinogenic effects of electromagnetic fields (EMF). Bosn J Basic Med Sci 2010 Aug; 10 (3): 245-50
3. Woldanska-Okonska M, Karasek M, Czernicki J. The influence of chronic exposure to low frequency pulsating magnetic fields on concentrations of FSH, LH, prolactin, testosterone and estradiol in men with back pain. Neuro Endocrinol Lett 2004 Jun; 25 (3): 201-6
4. Rajaei F, Borhani N, Sabbagh-Ziarani F, Mashayekhi F. Effects of extremely low-frequency electromagnetic field on fertility and heights of epithelial cells in pre-implantation stage endometrium and fallopian tube in mice. Zhong Xi Yi Jie He Xue Bao 2010 Jan; 8 (1): 56-60
5. Kesari KK, Kumar S, Behari J. Mobile phone usage and male infertility in Wistar rats. Indian J Exp Biol 2010 Oct; 48 (10): 987-92
6. Banik S, Bandyopadhyay S, Ganguly S. Bioeffects of microwave-- a brief review. Bioresour Technol 2003 Apr; 87 (2): 155-9
7. Hyland GJ. Physics and biology of mobile telephony. Lancet 2000 Nov 25; 356 (9244): 1833-6
8. Loscher W, Liburdy RP. Animal and cellular studies on carcinogen effects of low frequency (50/60-Hz) magnetic fields. Mutat Res 1998 Apr; 410 (2): 185-220
9. Kesari KK, Behari J. Effects of microwave at 2.45 GHz radiations on reproductive system of male rats. Toxicol Environ Chem 2010; 92: 1135-47
10. Campisi A, Gulino M, Acquaviva R, et al. Reactive oxygen species levels and DNA fragmentation on astrocytes in primary culture after acute exposure to low intensity microwave electromagnetic field. Neurosci Lett 2010 Mar 31; 473 (1): 52-5
11. Kolodynski AA, Kolodynska VV. Motor and psychological functions of school children living in the area of the Skrunda Radio Location Station in Latvia. Sci Total Environ 1996 Feb 2; 180 (1): 87–93
12. Fritze K, Wiessner C, Kuster N, et al. Effect of global system for mobile communication microwave exposure on the genomic response of the rat brain. Neuroscience 1997 Dec; 81 (3): 627-39

Archive of SID

www.SID.ir

13. Di Carlo A, White N, Guo F, et al. Chronic electromagnetic field exposure decrease HSP70 levels and lowers cytoprotection. J cell Biochem 2002; 84 (3): 445-54
14. Lee JS, Ahn SS, Jung KC, et al. Effects of 60 Hz electromagnetic field exposure on testicular germ cell apoptosis in mice. Asian J Androl 2004 Mar; 6 (1): 29-34
15. Kumar S, Behari J, Sisodia R. Influence of electromagnetic fields on reproductive system of male rats. Int J Radiat Biol 2013 Mar; 89 (3): 147-54
16. Kumar S, Kesari KK, Behari J. Influence of microwave exposure on fertility of male rats. Fertil Steril 2011 Mar 15; 95 (4): 1500-2
17. Al-Akhras MA, Elbetieha A, Hasan MK, et al. Effects of extremely low frequency magnetic field on fertility of adult male and female rates. Bioelectromagnetics 2001 Jul; 22 (5): 340-4
18. Agarwal A, Singh A, Hamada A, Kesari K.0 Cell phones and male infertility: a review of recent innovations in technology and consequences. Int Braz J Urol 2011 Jul-Aug; 37 (4): 432-54
19. Shafik A. Effect of electromagnetic field exposure on spermatogenesis and sexual activity. Asian J Androl 2005 Mar; 7 (1): 106
20. Salama N, Kishimoto T, Kanayama HO. Effects of exposure to a mobile phone on testicular function and structure in adult rabbit. Int J Androl 2010 Feb; 33 (1): 88-94
21. Meo SA, Arif M, Rashied S, et al. Hypospermatogenesis and spermatozoa maturation arrest in rats induced by mobile phone radiation. J Coll Physicians Surg Pak 2011 May; 21 (5): 262-5
22. Agarwal A, Deepinder F, Sharma RK, et al. Effect of cell phone usage on semen analysis in men attending infertility clinic: an observational study. Fertil Steril 2008 Jan; 89 (1): 124-8
23. La Vignera S, Condorelli RA, Vicari E, et al. Effects of the exposure to mobile phones on male reproduction: a review of the literature. J Androl 2012 May-Jun; 33 (3): 350-6
24. Tucker RD, Huidobro C, Larson T, Platz CE. Use of permanent interstitial temperature self- regulating redfor ablation of prostate cancer. J Endourol 200٠ Aug; 14 (6): 511-7
25. Kon Y, Endoh D. Morphological study of metaphase-specific apoptosis in MRL mouse testis. Anat Histol Embryo1 2000 Oct; 29 (5): 313-9
26. Cartwright IM, Genet MD, Kato TA. A simple and rapid fluorescence in situ hybridization microwave protocol for reliable dicentric chromosome analysis. J Radiat Res 2013 Mar 1; 54 (2): 344-8
27. Aitken RJ, Bennetts LE, Sawyer D, et al. Impact of radio frequency electromagnetic radiation on DNA integrity in the male germline. Int J Androl 2005 Jun; 28 (3): 171-9
28. Lai H. Genetic effect of nonionizing electromagnetic filds. International Workshop on Biological Effect of Ionizing Radiation, Electromagnetic Fieldsand Chemical Toxic Agent, Insinaia, 2001, Oct 2-6; Romania
29. Ribeiro EP, Rhoden EL, Horn MM, et al. Effects of subchronic exposure to radio frequency from a conventional cellular telephone on testicular function in adult rats. J Urol 2007 Jan; 177 (1): 395-9
30. Lee HJ, Pack JK, Kim TH, et al. The lack of histological changes of CDMA cellular phone-based radio frequency on rat testis. Bioelectromagnetics 2010 Oct; 31 (7): 528-34
31. Dasdag S, Zulkuf Akdag M, Aksen F, et al. Whole body exposure of rats to

Archive of SID

www.SID.ir

microwaves emitted from a cell phone does not affect the testes. Bioelectromagnetics. 2003 Apr; 24 (3): 182-8

32. Dasdag S, Akdag MZ, Ulukaya E, et al. Mobile phone exposure does not induce apoptosis on spermatogenesis in rats. Arch Med Res 2008 Jan; 39 (1): 40-4

33. Bortkiewicz A. A study on the biological effects of exposure mobile-phone frequency EMF. Med Pr 2001; 52 (2): 101-6

Archive of SID

www.SID.ir