Journal of Marine Medicine
Summer 2022, Volume 4, Issue 2
Pages: 131-138
10.30491/4.2.131

The Effect of 2.45 GHz Waves on Hematological Markers of the Immune System in Mice

Hamed Akbari [1], Lobat Taghavi [1*], Seyed Kamal Eshagh Hossaini [2], Mohammad Gholami-Fesharaki [3], Seyed Alireza Hajiseyed Mirzahosseini [4]

[1] Department of Environmental Sciences and Forest, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2] Department of Pediatrics, School of Medicine, Hazrat-e Fateme Masoume Hospital, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran
[3] Biostatistics Department, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
[4] Department of Environmental Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 3 January 2022 **Accepted:** 28 April 2022

Abstract

Background and Aim: Background and Aim: In recent years, the use of radio waves and devices operating in the 2.45 GHz range, such as cordless telephones and wireless modems, has greatly increased. The aim of this study was to determine the effect of 2.45 GHz waves on hematological markers of the immune system in mice.

Methods: In this experimental study, 72 immature male BALB/C mice were used. Mice were divided into 3 groups; one control group and two groups exposed to radiation (group A and group B). Then two Wi-Fi modems were prepared, one simple and without antenna that mice of Group A were exposed to it and the second type had two antennas that mice of Group B were exposed to it. After exposure, blood samples were taken to measure the white blood cells, monocytes, lymphocytes, and neutrophils.

Results: The number of white blood cells, monocytes, lymphocytes, and neutrophils increased during the study in control mice, but these parameters decreased significantly in the mice of the two intervention groups, which was time-dependent. There was no significant difference between the blood parameters of mice in the two intervention groups exposed to different modems.

Conclusion: The current findings indicate the side effects of 2.45 GHz on the immune system of exposed mice. This showed that white blood cells are more effective against long-term exposure to Wi-Fi waves.

Keywords: Immune system, Electromagnetic waves, 2.45 GHz, Mice.

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-02-22]

[DOI: 10.30491/4.2.131]

[*]**Corresponding author:** Lobat Taghavi, **Email**: taghavi_lobat@yahoo.com
Address: Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

مجله طب دریا
دوره ۴، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۱
صفحات: ۱۳۸-۱۳۱
10.30491/4.2.131

تاثیر امواج ۲/۴۵ گیگاهرتز بر مارکرهای هماتولوژیک سیستم ایمنی در موش

حامد اکبری[۱]، لعبت تقوی[۱]*، سید کمال اسحق حسینی[۲]، محمد غلامی فشارکی[۳]، سید علیرضا حاجی سید میرزا حسینی[۴]

[۱] گروه علوم محیط زیست و جنگل، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[۲] گروه اطفال، دانشکده پزشکی، بیمارستان حضرت فاطمه معصومه (س)، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران
[۳] گروه آمار زیستی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
[۴] گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۱۳ **پذیرش مقاله:** ۱۴۰۱/۰۲/۰۸

چکیده

زمینه و هدف: در سال‌های اخیر، استفاده از امواج رادیویی و دستگاه‌هایی که با طیف ۲/۴۵ گیگاهرتز کار می‌کنند مثل تلفن بی‌سیم و مودم‌های بی‌سیم بسیار زیاد شده است. مطالعه حاضر با هدف تعیین تاثیر امواج ۲/۴۵ گیگاهرتز بر مارکرهای هماتولوژیک سیستم ایمنی در موش انجام شد.

روش‌ها: در این پژوهش تجربی از ۷۲ موش سوری نابالغ نر نژاد BALB/C استفاده گردید. موش‌ها به ۳ گروه تقسیم شدند؛ یک گروه کنترل و دو گروه در معرض اشعه (گروه A و گروه B). سپس دو مودم وای فای تهیه شد یکی ساده و بدون آنتن که موش‌های گروه A با آن مواجهه داشت و نوع دوم دارای دو آنتن که موش‌های گروه B در مواجهه با آن قرار گرفت. پس از انجام مواجهه، خونگیری از موش‌ها برای سنجش تعداد گلبول‌های سفید، مونوسیت، لنفوسیت و نوتروفیل انجام شد.

یافته‌ها: تعداد گلبول‌های سفید، مونوسیت، لنفوسیت و نوتروفیل در طول مطالعه در موش‌های گروه کنترل افزایش یافت اما این پارمترها در موش‌های دو گروه مداخله به طور قابل توجهی کاهش یافت که این کاهش وابسته به زمان بود. بین پارامترهای خونی موش‌های دو گروه در معرض مودم‌های مختلف تفاوت معناداری مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: نتایج حاضر نشانگر تداخل امواج ۲/۴۵ گیگاهرتز با سیستم ایمنی موش‌های در معرض است. این مطالعه نشان داد گلبولهای سفید در برابر مواجهه طولانی مدت با امواج وای فای تاثیرپذیری بیشتری دارند.

کلیدواژه‌ها: سیستم ایمنی، امواج الکترومغناطیس، ۲/۴۵ گیگاهرتز، موش.

*نویسنده مسئول: **لعبت تقوی**. پست الکترونیک: taghavi_lobat@yahoo.com
آدرس: گروه علوم محیط زیست و جنگل، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-02-22]

[DOI: 10.30491/4.2.131]

مقدمه

ماهیت آلودگی‌ها و تهدیدات زیستی جهان در عصر جدید و صنعتی دچار تغییرات عمده‌ای شده است از جمله این آلاینده‌های محیطی، انتشار امواج با طول موج‌های گوناگون در محیط زیست است (۱). این امواج در سیستم‌های ارتباط رادیویی، تلفن همراه، تلفن‌های بی‌سیم، مودم‌های وای فای، رادار و سایر دستگاه‌های مخابراتی نظامی و غیرنظامی، برای انتقال پیام و اطلاعات بکار می‌روند (۲).

تکنولوژی اتصال از طریق امواج به سرعت در حال رشد و گسترش است؛ از راحت‌ترین و سریع ترین روش‌های اتصال به شبکه های داخلی یا اینترنت استفاده از تکنولوژی مودم های وای فای می‌باشد. فناوری ارتباط بی‌سیم وای فای عمدتاً از فرکانس ۲/۴۵ گیگاهرتز با طول موج ۱۲/۵ سانتی متر برای انتقال اطلاعات بین دستگاه‌های ارتباطی در فاصله چند ده متری استفاده می‌شود که البته بسته به باند فرکانسی، توان خروجی، بهره آنتن، نوع آن و همچنین تکنیک مدولاسیون، محدوده برد آن متفاوت خواهد بود (۳). این تفکر در بین مردم وجود دارد که تکنولوژی وای فای امواجی را ساطع می‌کند که به ظاهر آسیبی نمی‌رسانند ولی به تدریج و بی‌صدا زندگی بشر را تهدید می‌کنند. به خاطر سهولت بکارگیری و در دسترس بودن این تکنولوژی است که افراد وقت بیشتری را در دنیای مجازی سپری می‌کنند (۴).

تحقیقات نشان می‌دهند که عوارض متنوعی به این امواج نسبت داده شده است. پس نمی‌توان تأثیرات مخرب امواج الکترومغناطیس را رد کرد. از این رو آنها را در گروه B عوامل سرطان‌زا طبقه‌بندی می‌کنند (۴). البته بعدها این پدیده را «حساسیت به میدان مغناطیسی» نامیدند که شامل علائمی درونی نیز می‌شد که افراد شاغل در کارهای مرتبط با میادین مغناطیسی از آن شکایت داشتند. این علائم درونی، همان‌گونه که اشاره شد، علائمی هستند که بروز خارجی ندارند ولی فرد از آنها شکایت دارد. مانند سردرد، تهوع، سرگیجه، منگی و ... این مجموعه علائم که قابل استناد و پیگیری علمی نیستند در برخی افراد دیده شده‌اند. بعضی از محققین این نگرانی‌ها را علائمی "خود تلقین" معرفی می‌کنند. با این وجود اینکه برخی افراد در اثر این میادین پرقدرت دچار مشکلاتی می‌شوند را نمی‌توان منکر شد (۵،۶).

Akdag و همکاران موشهای صحرایی نر و ماده را برای یک سال در معرض تابش وای فای برای ارزیابی چندین عضو بدن (آسیب DNA، مغز، پوست، کبد، کلیه ها، بیضه ها) قرار دادند. نتایج سطح بالایی از آسیب DNA را هنگام قرار گرفتن در معرض تابش نشان داد. اما تنها در بافت بیضه افزایش معنی دار آسیب دیده شد (۷). مارگاریتیس و همکاران ظرفیت تولیدمثل (باروری) و آپوپتوزیس در طول اووژنز را در حیوانات مورد بررسی قرار دادند. حیوانات به دو گروه شاهد و مورد تقسیم شدند و در معرض تابش‌های متفاوتی از جمله بلوتوث، وای فای و سیستم های بی‌سیم مثل تلفن قرار گرفتند. همه انواع اشعه افزایش قابل توجهی از میزان آپوپتوزیس را نشان داد و تقریباً در همه فرکانس‌ها، باروری ۱۰٪ (وای فای و بلوتوث) تا ۳۰٪ (تلفن‌های همراه و تلفن‌های بی‌سیم) کاهش داشت (۸). مطالعاتی هم دیگر اثرات مثل بررسی تاثیر در فعالیت قلبی (۱۲-۹)، استرس اکسیداتیو سلولی (۱۳،۱۴)، اثرات در چرخه سلولی (۱۵)، اثرات بر تیروئید (۱۶)، اثرات بر بیان ژن (۱۷)، اثرات بر غشای سلولی (۱۸)، اثرات بر باکتری‌ها (۱۹،۲۰)، اثرات بر گیاهان (۲۱) را مورد بررسی قرار دادند. البته مطالعاتی هم وجود دارند که به نوعی تاثیر معنی دار این پرتو را گزارش نکرده‌اند (۲۲-۲۸).

افراد نظامی خصوصاً افرادی که در ناوها و کشتی ها مشغول به کار هستند از فناوری ارتباط بی‌سیم برای اتصال دستگاه‌های ارتباطی مانند رایانه‌ها، تلفن‌های بی‌سیم و گوشی‌های هوشمند و همچنین اتصال به شبکه های داخلی استفاده می‌کنند؛ این افراد در مواجهه با طیف‌های مختلف امواج الکترومغناطیس قرار دارند و همیشه از این موضوع رنج می‌برند و گاهاً شکایاتی از بیماری هایی ناشی از مواجهه با این امواج دارند. این نگرانی ها از یک سو باعث بروز فشارهای روانی و مواردی شبیه سندرم بیماری ساختمان در این افراد می‌شود و از سوی دیگر بر بهره وری ایشان در تقابل با دشمن تاثیر منفی می‌گذارد. از آنجا که نیروی انسانی مهمترین اصل هر سازمانی است، لازم است در این خصوص تحقیقات گسترده‌ای صورت گیرد تا با شناسایی دقیق مسأله، مشکلات برطرف گردند. در مطالعه حاضر تاثیر امواج مایکروویو طیف ۲/۴۵ گیگاهرتز بر بیومارکرهای خونی مرتبط با سیستم ایمنی در موش بررسی شد.

روش‌ها

در این مطالعه تجربی از تعداد ۸۰ موش سوری نابالغ نر نژاد BALB/C با وزن تقریبی ۱۰ گرم و در محدوده سنی ۲ هفته استفاده گردید. قفس های نگهداری حیوانات از جنس پلی کربنات با سقف مشبک از جنس استیل و ابعاد قفس ها ۳۰ در ۵۰ در ۳۰ سانتی متر بود. بستر موش‌ها از خاک اره و تراشه چوب پوشیده شد. کف قفس ها هر دو روز یک بار تعویض و قفس ها هفته‌ای یک بار با آب و مایع صابون شسته و با الکل اتیلیک ۷۰ درصد ضدعفونی شد. به منظور پیشگیری از تاثیر شرایط محیط بر آزمایش، موش‌ها در مدت مطالعه در حیوان خانه با سیکل ثابت شبانه روزی (۱۲ ساعت شب و ۱۲ ساعت روز) و درجه حرارت ۲±۲۴ سانتیگراد و رطوبت ۳۰ درصد نگهداری شدند. در این مطالعه برنامه غذایی موش‌ها طبق نظر دامپزشک حیوان خانه تقریباً ۱۵ گرم به ازای هر ۱۰۰ گرم وزن بدن در روز با خوراک تجاری و آب به مقدار کافی در طول آزمایش در اختیار آنها قرار داشت. پس از انتقال موش‌ها به حیوان خانه دو هفته به آنها فرصت داده شد تا با محیط جدید سازگار شوند.

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-02-22]

[DOI: 10.30491/4.2.131]

ابتدا نمونه خون اولیه از موش‌ها گرفته شد و با تایید متخصص خون شناسی ۷۲ موش از ۸۰ موش وارد مطالعه شدند (۸ موش به علت عدم وزن گیری مناسب از مطالعه حذف شدند). موش‌ها به دو گروه تقسیم شدند؛ گروه اول گروه کنترل شامل ۲۴ موش و گروه دوم در معرض امواج شامل ۴۸ موش بودند. گروه دوم به دو دسته ۲۴ تایی تقسیم شدند (گروه A و گروه B). سپس دو مودم وای فای تهیه شد که یکی مودم ساده از نوع بدون آنتن با محدوده فرکانس ۲/۴۵ گیگاهرتز بود که موش‌های گروه A در مواجهه با آن قرار گرفتند ((HUAWEI (EchoLife HG521، ساخت چین) و نوع دوم دارای دو آنتن با محدوده فرکانس ۲/۴۵ گیگاهرتز بود که موش‌های گروه B در مواجهه با آن قرار گرفتند (D-Link DSL-124)، ساخت چین). در واقع موش‌های دو گروه با مودم‌هایی متفاوت و در مکانی مجزا مواجهه داشتند.

قبل از شروع مطالعه، منطقه نگهداری موش‌ها با دستگاه سنجش امواج به جهت پاک بودن منطقه از امواج طیف ۲/۴۵ گیگاهرتز مورد بررسی قرار گرفت و معلوم شد در حوالی محل نگهداری موش‌ها امواج فوق یافت نمی‌شود. پس از شروع مطالعه مودم ها در حیوان خانه و در فاصله ۵۰ سانتیمتری با قفس موش‌ها نصب و راه اندازی شد. موش‌ها روزانه یک ساعت به مدت ۹۰ روز مورد مواجهه قرار گرفتند؛ در سه ماهه دوم موش‌ها روزانه ۸ ساعت در مواجهه قرار گرفتند و موش‌های گروه کنترل نیز در این بازه زمانی با امواج وای فای تماس نداشتند. مطالعه در فاصله زمانی ۶ ماهه انجام گردید و تست های خونی ۹۰ روز و ۱۸۰ روز بعد از شروع مطالعه سنجش شد. همچنین بعد از سه ماه اول مجدداً منطقه مورد مطالعه با دستگاه سنجش امواج جهت پاک بودن منطقه از امواج طیف ۲/۴۵ گیگاهرتز مورد سنجش قرار گرفت.

در این مطالعه تجربی همه اصول اخلاقی کار با حیوانات آزمایشگاهی رعایت شده است. همچنین این مطالعه به تایید کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات (کد: IR.IAU.SRB.REC.1398.200) رسیده است.

برای تجزیه و تحلیل از آمار توصیفی (میانگین، انحراف معیار، همبستگی، فراوانی و نسبت) و آمار استنباطی (آزمون کای اسکوئر، تی تست مستقل، آزمون من ویتنی، آزمون طرح اندازه مکرر، آزمون فریدمن) متناسب با نرمال بودن یا نبودن متغیر با استفاده آزمون K-S استفاده شد. در این مطالعه از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ استفاده شد و سطح معنی داری کمتر از ۰/۰۵ لحاظ گردید.

نتایج

در این مطالعه تجربی، ۷۲ موش در ۳ گروه بررسی شدند که ۵ موش در طی مطالعه فوت کردند (۲ موش در گروه کنترل، ۲ موش در گروه A و ۱ موش در گروه B). طبق آزمون کای اسکوئر، سه گروه از نظر مرگ و میر مشابه بودند (P=0.807).

در جدول-۱، میانگین و انحراف معیار ۴ بیومارکر (گلبول‌های سفید، نوتروفیل، لنفوسیت و مونوسیت) به تفکیک زمان و گروه گزارش شده است. در ابتدای مطالعه، سه گروه از نظر ۴ بیومارکر (تعداد گلبولهای سفید، نوتروفیل، لنفوسیت و مونوسیت) همسان در محدوده نرمال بودند، اما در روز ۹۰ تعداد گلبول‌های سفید و لنفوسیتها بین سه گروه دارای تفاوت معنی داری بود. در روز ۱۸۰ تمام این پارامترها تفاوت معنی داری بین ۳ گروه داشتند.

تعداد گلبولهای سفید، نوتروفیل، لنفوسیت و مونوسیت در طول مطالعه در گروه کنترل افزایش یافت که این افزایش در محدوده نرمال بود؛ اما این پارامترها در دو گروه مداخله به طور قابل توجهی کاهش یافت (شکل-۱)، اگرچه این کاهش بین دو گروه مداخله تفاوت معناداری نداشتند.

بحث

در این مطالعه تجربی اثرات امواج وای فای (طیف ۲/۴۵ گیگاهرتز) بر بیومارکرهای خون مرتبط با سیستم ایمنی موش سنجش شد. طبق نتایج بدست آمده تعداد گلبولهای سفید، نوتروفیل، لنفوسیت و مونوسیت در دو گروه مداخله به طور معنی داری کاهش یافته بود در حالیکه در گروه کنترل افزایش نرمال نشان داد. این یافته‌ها هم‌راستای برخی مطالعات (۲۹-۳۲) و همچنین خلاف نتایج برخی مطالعات دیگر (۳۳،۳۴) است؛ البته در برخی مطالعات نیز در یک یا چند پارامتر با مطالعه ما همسو و در بقیه پارامترها خلاف مطالعه ما نتیجه گرفتند (۳۵،۳۶). به طور کلی نتایج مطالعه حاضر نشانگر تداخل امواج این طیف خصوصاً فرکانس رادیویی با سیستم ایمنی موش‌های در معرض مواجهه است.

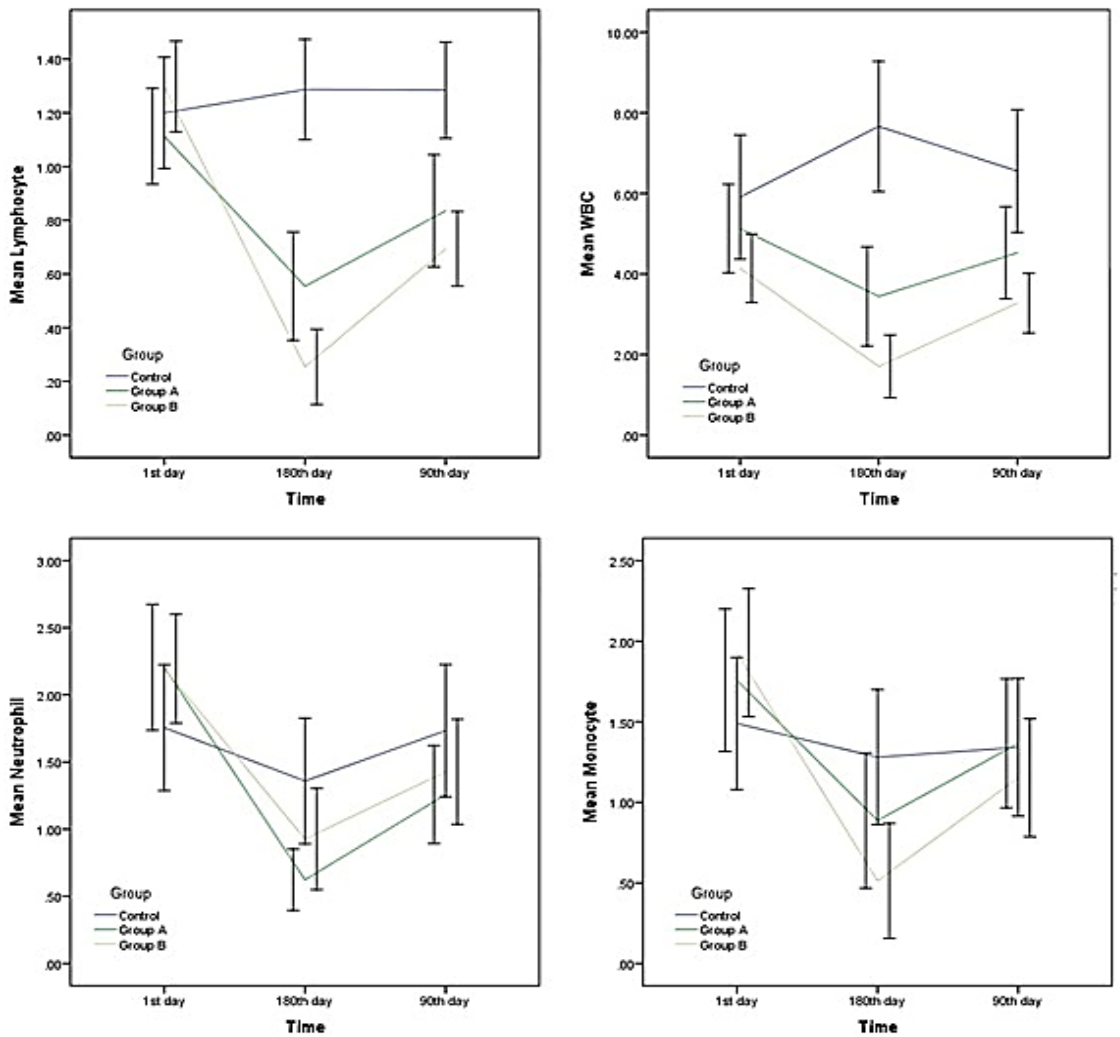
در مطالعه‌ای روی ۳۰ موش نر که به مدت ۹۰ روز و روزانه ۸ ساعت در معرض امواج ۲/۴۵ گیگاهرتز قرار گرفتند، نتایج نشان داد که PVC، Hb وRBC نسبت به گروه کنترل کاهش داشته است. نتیجه این مطالعه تا حدودی همسو با مطالعه ما است؛ با این تفاوت که در مطالعه حاضر تعداد موش، پارامترها و زمان مواجهه متفاوت بود (۲۹). در مطالعه‌ای دیگر اثرات امواج وای فای با زمان مواجهه طولانی بر پارامترهای خونی موش بررسی شد. طیف وسیعی از امواج از صفر تا ۳ گیگاهرتز مورد تست قرار گرفت. در آزمایش اول، گروه‌ها در ابتدای مطالعه با توجه به زمان برنامه‌ریزی شده برای مواجهه و تست‌های خونی (روزهای ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۳۶۵) تشکیل شدند. هر گروه شامل ۲۰ موش نر و ۲۰ موش ماده بعنوان گروه شاهد و ۲۰ موش نر و ۲۰ موش ماده در معرض امواج بودند. آزمایش دوم بر روی ۲۰ موش ماده کنترل و ۲۰ موش ماده در معرض امواج قرار داشتند، که به مدت ۶۰ روز در همان شرایط توصیف شده آزمایش اول قرار گرفتند. نتایج حاکی از کاهش میزان Hb، HCT و WBC بود که همراستا با مطالعه ما است ولی این تغییرات در محدوده نرمال بود؛ این میتواند به این دلیل باشد که مواجهه طولانی مدت با یک طیف اثراتی متفاوت داشته و این اثرات در افراد مختلف متفاوت ظاهر می‌شود (۳۰).

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-02-22]

[DOI: 10.30491/4.2.131]

جدول-۱. میانگین و انحراف معیار ۴ بیومارکر (تعداد گلبولهای سفید، نوتروفیل، لنفوسیت و مونوسیت) به تفکیک زمان و گروه مورد بررسی

تعداد	گروه	زمان						P-value	
		روز اول		روز ۹۰		روز ۱۸۰			
		میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	درون گروهی	بین گروهی
لنفوسیت	کنترل	۱,۲۰	۰,۴۹	۱,۲۸	۰,۴۱	۱,۲۹	۰,۴۲	۰,۱۵۷	<۰,۰۰۱
	A	۱,۱۱	۰,۴۲	۰,۸۴	۰,۴۸	۰,۵۵	۰,۴۶	<۰,۰۰۱	
	B	۱,۳۰	۰,۴۰	۰,۶۹	۰,۳۳	۰,۲۵	۰,۳۲	<۰,۰۰۱	
		P-value	۰,۲۲۷	P-value	<۰,۰۰۱	P-value	<۰,۰۰۱		
گلبولهای سفید	کنترل	۵,۹۱	۳,۶۴	۶,۵۶	۳,۵۳	۷,۶۶	۳,۶۴	<۰,۰۰۱	<۰,۰۰۱
	A	۵,۱۳	۲,۶۰	۴,۵۳	۲,۶۵	۳,۴۴	۲,۷۷	<۰,۰۰۱	
	B	۴,۱۴	۲,۰۱	۳,۲۸	۱,۷۶	۱,۷۱	۱,۸۱	<۰,۰۰۱	
		P-value	۰,۰۵	P-value	<۰,۰۰۱	P-value	<۰,۰۰۱		
نوتروفیل	کنترل	۱,۷۶	۱,۱۱	۱,۷۳	۱,۱۴	۱,۳۶	۱,۰۵	<۰,۰۰۱	<۰,۰۰۱
	A	۲,۲۱	۱,۱۱	۱,۲۶	۰,۸۴	۰,۶۲	۰,۵۱	<۰,۰۰۱	
	B	۲,۱۹	۰,۹۶	۱,۴۳	۰,۹۳	۰,۹۳	۰,۸۷	<۰,۰۰۱	
		P-value	۰,۱۰۴	P-value	۰,۱۶۸	P-value	۰,۰۰۷		
مونوسیت	کنترل	۱,۴۹	۰,۹۷	۱,۳۴	۰,۹۹	۱,۲۸	۰,۹۴	۰,۰۲۸	<۰,۰۰۱
	A	۱,۷۶	۱,۰۵	۱,۳۷	۰,۹۳	۰,۸۹	۰,۹۵	<۰,۰۰۱	
	B	۱,۹۳	۰,۹۴	۱,۱۵	۰,۸۷	۰,۵۱	۰,۸۳	<۰,۰۰۱	
		P-value	۰,۰۹۵	P-value	۰,۶۳۱	P-value	۰,۰۰۱		



شکل-۱. روند تغییرات میانگین متغیرها در طول مطالعه بر اساس سه گروه و در زمانهای مختلف

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-02-22]

[DOI: 10.30491/4.2.131]

در مطالعه‌ای Havas به عوارض بسیار زیادی از وای فای اشاره می‌کند که در واقع عملکرد سلول های خونی دچار اختلال شده و تعداد گلبول قرمز سالم کاهش می یابد (۳۱). در مطالعه‌ای هم که Kehinde و همکاران بر روی اثرات امواج رادیویی بر پارامترهای هماتولوژیک موش آلبینو انجام دادند، نتایجی مشابه به دست آمد. در این مطالعه ۲۰ موش نر به ۴ گروه تقسیم شدند و در معرض امواج رادیویی موبایل با فواصل صفر، ۲۵ و ۵۰ متر قرار گرفتند. این مطالعه نشان داد که اختلافاتی در پارامترهای خونی مشاهده شده بین موشهای در معرض و کنترل وجود دارد. مشخص شد که این اختلافات مشاهده شده به قدرت میدان‌های الکترومغناطیسی و مدت قرار گرفتن در معرض مرتبط است. کاهش گلبول های سفید نشانگر تداخل فرکانس رادیویی با سیستم ایمنی موش‌های در معرض است؛ این نتایج نیز با یافته های مطالعه حاضر همسو می‌باشد (۳۲). بهارآرا و همکاران در مطالعه‌ای تاثیر امواج طیف ۹۴۰ مگاهرتز بر سیستم خونی موش را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه از ۵۲ موش نر نابالغ نژاد BALB/c استفاده کردند. موش‌ها به مدت ۱۵ روز و هر روز به مدت ۳۰ دقیقه تحت تاثیر امواج قرار گرفتند. مشخص شد که این امواج بر تعداد گلبولهای سفید، مقدار هموگلوبین، مقدار متوسط هماتوکریت، حجم متوسط گلبول قرمز و غلظت متوسط هموگلوبین گلبول قرمز تاثیری ندارد. این یافته ها با مطالعه حاضر در یک راستا نیست؛ که دلیل آن هم می‌تواند متفاوت بودن طیف امواج مورد بررسی و زمان مواجهه و تعداد موش‌ها باشد (۳۳). در یک مطالعه مروری Black و همکاران اشاره کردند که سلولهای خونی در معرض امواج رادیو فرکانس دچار تغییرات یا آسیب دیدگی نمی‌شوند مگر اینکه سلول‌ها گرم شوند. گلبولهای سفید بسیار حساس تر از گلبولهای قرمز هستند اما اثرات گلبول های سفید به نوسانات دمای سیستمی مرتبط است (۳۴). شجاعی‌فرد و همکاران تاثیر امواج میدانهای الکترومغناطیسی موبایل را بر فاکتورهای خونی موش مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه ۳۰ موش صحرایی نابالغ نژاد ویستار و ۳۰ موش صحرایی بالغ به طور تصادفی انتخاب و هر یک به سه گروه ۱۰ تایی تقسیم شدند. گروه کنترل تابشی دریافت نکردند. گروه در معرض امواج، روزانه ۸ ساعت و به مدت ۵ روز در هفته در طول ۴۰ روز مورد تابش قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد که استفاده از پارازیت منجر به تفاوت معنی داری در فاکتورهای خون موش صحرایی بالغ از جمله RBC، پلاکت، هموگلوبین، هماتوکریت، MCV و RDWCV می‌شود. در موشهای نابالغ، قرار گرفتن در معرض پارازیت اثر مهمی بر هماتوکریت و هموگلوبین نداشت. نتایج این مطالعه مخالف مطالعه حاضر است که علت می‌تواند نوع طیف امواج مورد بررسی و زمان مواجهه و تعداد موش‌های مورد بررسی باشد (۳۵). در مطالعه‌ای دیگر اثر امواج ۹۰۰ و ۱۸۰۰ مگاهرتز بر ماکرهای خونی موش بررسی شد. ۴۸ موش نژاد BALB/c به ۶ گروه تقسیم شد. گروه های مختلف موش‌ها روزانه با زمان های ۳۰ دقیقه، ۶۰ دقیقه، ۱۲۰ دقیقه، ۲۴۰ دقیقه بیش از یک ماه در معرض امواج قرار گرفتند. بر اساس یافته‌ها، MCHC و MCH در گروه های در معرض تابش تفاوت معنی‌داری با گروه شاهد داشت و نتیجه گرفتند که مایکروویو اثرات چشمگیری بر روی مارکرهای خونی موش دارد. نتیجه کلی این مطالعه با مطالعه ما تفاوت دارد و آن هم می‌تواند به علت متفاوت بودن طیف امواج مورد بررسی و زمان مواجهه و تعداد موش‌ها باشد (۳۶).

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج مطالعه حاضر نشان‌دهنده تداخل امواج طیف ۲/۴۵ گیگاهرتز با سیستم ایمنی موش‌های در معرض می‌باشد. یافته ها نشان می‌دهد که سلول‌های خونی در برابر مواجهه طولانی مدت با امواج وای فای دچار تاثیرپذیری بیشتری هستند و از نظر تعدادی سیر نزولی دارند. اگرچه در این مطالعه بین پارامترهای خونی دو گروه دارای مودم های مختلف تفاوت معناداری مشاهده نشد.

تشکر و قدردانی: بدینوسیله از خانم دکتر سیده نفیسه اسحق حسینی بابت زحماتی که در انجام این پروژه کشیدند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

نقش نویسندگان: همه نویسندگان در نگارش اولیه مقاله یا بازنگری آن سهیم بودند و همه با تایید نهایی مقاله حاضر، مسئولیت دقت و صحت مطالب مندرج در آن را می پذیرند.

تضاد منافع: نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Balmori A. Mobile phone mast effects on common frog (Rana temporaria) tadpoles: the city turned into a laboratory. Electromagnetic Biology and Medicine. 2010;29(1-12):31-5. doi:10.3109/15368371003685363

2. IEEE Standards Coordinating Committee. IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3kHz to 300GHz. IEEE C95 1-1991. 1992.

3. Ziegelberger G. ICNIRP statement on the "guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (UP to 300 GHz)". Health Physics. 2009;97:257-8. doi:10.1097/HP.0b013e3181aff9db

4. Ziegelberger G, Croft R, Feychting M, Green AC, Hirata A, d'Inzeo G, et al. Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). Health Physics. 2020;118(5):486-524.

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-02-22]

[DOI: 10.30491/4.2.131]

doi:10.1097/HP.0000000000001210
5. Organization WH. Framework for developing health-based EMF standards, 2006. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data; 2006.
6. Organization WH. WHO, Electromagnetic fields and public health: mobile phones, 2014. 2014.
7. Akdag MZ, Dasdag S, Canturk F, Karabulut D, Caner Y, Adalier N. Does prolonged radiofrequency radiation emitted from Wi-Fi devices induce DNA damage in various tissues of rats? Journal of chemical neuroanatomy. 2016;75:116-22. doi:10.1016/j.jchemneu.2016.01.003
8. Margaritis LH, Manta AK, Kokkaliaris KD, Schiza D, Alimisis K, Barkas G, et al. Drosophila oogenesis as a bio-marker responding to EMF sources. Electromagnetic Biology and Medicine. 2014; 33(3):165-89. doi:10.3109/15368378.2013.800102
9. Aggarwal Y, Singh SSS, Sinha RK. Chronic Exposure of Low Power Radio Frequency Changes the EEG Signals of Rats. Advances in Biomedical Engineering Research. 2013;1(2):17-23.
10. Chaturvedi CM, Singh VP, Singh P, Basu P, Singaravel M, Shukla RK, et al. 2.45 GHz (CW) microwave irradiation alters circadian organization, spatial memory, DNA structure in the brain cells and blood cell counts of male mice, Mus musculus. Progress In Electromagnetics Research. 2011;29:23-42. doi:10.2528/PIERB11011205
11. Czerska EM, Elson EC, Davis CC, Swicord ML, Czerski P. Effects of continuous and pulsed 2450-MHz radiation on spontaneous lymphoblastoid transformation of human lymphocytes in vitro. Bioelectromagnetics. 1992;13(4):247-59. doi:10.1002/bem.2250130402
12. Saili L, Hanini A, Smirani C, Azzouz I, Azzouz A, Sakly M, et al. Effects of acute exposure to WIFI signals (2.45 GHz) on heart variability and blood pressure in Albinos rabbit. Environmental toxicology and pharmacology. 2015;40(2):600-5. doi:10.1016/j.etap.2015.08.015
13. Othman H, Ammari M, Rtibi K, Bensaid N, Sakly M, Abdelmelek H. Postnatal development and behavior effects of in-utero exposure of rats to radiofrequency waves emitted from conventional WiFi devices. Environmental toxicology and pharmacology. 2017;52:239-47. doi:10.1016/j.etap.2017.04.016
14. Aynali G, Nazıroğlu M, Çelik Ö, Doğan M, Yarıktaş M, Yasan H. Modulation of wireless (2.45 GHz)-induced oxidative toxicity in laryngotracheal mucosa of rat by melatonin. European Archives of Oto-rhino-laryngology. 2013;270(5):1695-700. doi:10.1007/s00405-013-2425-0
15. Holovska K, Almášiová V, Cigankova V, Beňová K, Račeková E, Martončíková M. Structural and ultrastructural study of rat liver influenced by electromagnetic radiation. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A. 2015;78(6):353-6. doi:10.1080/15287394.2014.979272
16. Abbasalipourkabir R, Hedayati M, Sheikh N, Ebadi S. Comparison of Neuron-specific Enolase (NSE) Serum Level in Patients with Medullary Thyroid Carcinoma and Healthy individuals: Case-Control Study. Novelty in Clinical Medicine. 2022; 1(1): 26-31. doi: 10.22034/ncm.2022.140284
17. Lee S, Johnson D, Dunbar K, Dong H, Ge X, Kim YC, et al. 2.45 GHz radiofrequency fields alter gene expression in cultured human cells. Febs letters. 2005;579(21):4829-36. doi:10.1016/j.febslet.2005.07.063
18. Çiğ B, Nazıroğlu M. Investigation of the effects of distance from sources on apoptosis, oxidative stress and cytosolic calcium accumulation via TRPV1 channels induced by mobile phones and Wi-Fi in breast cancer cells. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biomembranes. 2015;1848(10):2756-65. doi:10.1016/j.bbamem.2015.02.013
19. Taheri M, Mortazavi S, Moradi M, Mansouri S, Nouri F, Mortazavi S, et al. Klebsiella pneumonia, a microorganism that approves the non-linear responses to antibiotics and window theory after exposure to Wi-Fi 2.4 GHz electromagnetic radiofrequency radiation. Journal of biomedical physics & engineering. 2015;5(3):115.
20. Taheri M, Mortazavi S, Moradi M, Mansouri S, Hatam G, Nouri F. Evaluation of the effect of radiofrequency radiation emitted from Wi-Fi router and mobile phone simulator on the antibacterial susceptibility of pathogenic bacteria Listeria monocytogenes and Escherichia coli. Dose-Response. 2017;15(1):1559325816688527. doi:10.1177/1559325816688527
21. Soran M-L, Stan M, Niinemets Ü, Copolovici L. Influence of microwave frequency electromagnetic radiation on terpene emission and content in aromatic plants. Journal of plant physiology. 2014; 171 (15): 1436-43. doi:10.1016/j.jplph.2014.06.013
22. Wang J, Sakurai T, Koyama S, Komatubara Y, Suzuki Y, Taki M, et al. Effects of 2450 MHz electromagnetic fields with a wide range of SARs on methylcholanthrene-induced transformation in C3H10T1/2 cells. Journal of radiation research. 2005; 46(3):351-61. doi:10.1269/jrr.46.351
23. Wang J, Koyama S, Komatsubara Y, Suzuki Y, Taki M, Miyakoshi J. Effects of a 2450 MHz high-frequency electromagnetic field with a wide range of SARs on the induction of heat-shock proteins in A172 cells. Bioelectromagnetics: Journal of the Bioelectromagnetics Society, The Society for Physical Regulation in Biology and Medicine, The European Bioelectromagnetics Association. 2006;27 (6):479-86. doi:10.1002/bem.20226
24. Takashima Y, Hirose H, Koyama S, Suzuki Y, Taki M, Miyakoshi J. Effects of continuous and intermittent exposure to RF fields with a wide range of SARs on cell growth, survival, and cell cycle distribution. Bioelectromagnetics: Journal of the Bioelectromagnetics Society, the Society for Physical Regulation in Biology and Medicine, The European Bioelectromagnetics Association. 2006; 27 (5): 392-400. doi:10.1002/bem.20220
25. Komatsubara Y, Hirose H, Sakurai T, Koyama S, Suzuki Y, Taki M, et al. Effect of high-frequency electromagnetic fields with a wide range of SARs on chromosomal aberrations in murine m5S cells. Mutation Research/Genetic Toxicology and

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-02-22]
[DOI: 10.30491/4.2.131]

Environmental Mutagenesis. 2005;587(1-2):114-9. doi:10.1016/j.mrgentox.2005.08.010
26. Fortune JA, Wu BI, Klibanov AM. Radio frequency radiation causes no nonthermal damage in enzymes and living cells. Biotechnology progress. 2010;26(6):1772-6. doi:10.1002/btpr.462
27. Foster KR, Moulder JE. Wi-Fi and health: review of current status of research. Health physics. 2013; 105 (6):561-75. doi:10.1097/HP.0b013e31829b49bb
28. Mohamed GM, Mohamed ST, Abd-Alaah AA, Kassem AMA, Suliman A-AM. Effect of incubating egg exposure to magnetic field on the biophysical blood properties of newly-hatched chicks. Pak J Pharm Sci. 2015;28(5):1865-70.
29. Ishak NH, Ariffin R, Ali A, Sagiruddin MA, Tawi FMT, editors. Biological effects of WiFi electromagnetic radiation. 2011 IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering; 2011: IEEE. doi:10.1109/ICCSCE.2011.6190587
30. Recordati C, De Maglie M, Marsella G, Milite G, Rigamonti A, Paltrinieri S, et al. Long-term study on the effects of housing C57BL/6NCrl mice in cages equipped with wireless technology generating extremely low-intensity electromagnetic fields. Toxicologic pathology. 2019;47(5):598-611. doi:10.1177/0192623319852353
31. Havas M. Radiation from wireless technology affects the blood, the heart, and the autonomic nervous system. Reviews on environmental health. 2013;28(2-3):75-84. doi:10.1515/reveh-2013-0004
32. Kehinde D, Ehinlafa O, Ogunwenmo K, Ahube I. Effects of Radio waves on Haematological Parameters of Albino Mice. Journal of Applied Physics. 2016;8(5):30-6. doi:10.9790/4861-0805023036
33. Baharara J, Parivar K, Ashraf A, Azizi M. The effect of cell phone waves on hematopoietic system of immature BALB/c mice. Kaums Journal (Feyz). 2009; 13(2):75-81.
34. Black DR, Heynick LN. Radiofrequency (RF) effects on blood cells, cardiac, endocrine, and immunological functions. Bioelectromagnetics. 2003; 24(S6):S187-S95. doi:10.1002/bem.10166
35. Shojaeifard M, Jarideh S, Owjfard M, Nematollahii S, Talaei-Khozani T, Malekzadeh M. Electromagnetic fields of mobile phone jammer exposure on blood factors in rats. Journal of biomedical physics & engineering. 2018;8(4):403. doi:10.31661/jbpe.v0i0.912
36. Tohidi FZ, Fardid R, Arian Rad S, Tohidi M, Bahrayni Toosi MH, Kianosh T. The effect of cellphone radiation on hematological blood cell factors in BALB/C mice. Iranian Journal of Medical Physics. 2016;13(1):58-64.

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-02-22]

[DOI: 10.30491/4.2.131]