



بررسی تأثیر امواج الکترومغناطیس BTS (آنتن‌های فرستنده و گیرنده تلفن همراه) روی آنزیم‌های کبدی کبوتر خانگی

حسام اکبری جور^۱، ساناز خرمی‌پور^۲، سیدکمال اسحق حسینی^۳، رویا مافی غلامی^۴، بهناز مرادی غیاث آبادی^۴

^۱ دانش آموخته دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران

^۲ گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران

^۳ گروه اطفال دانشکده پزشکی، بیمارستان حضرت فاطمه معصومه، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران

^۴ گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند، دماوند، ایران

تاریخ دریافت: ۲۳ بهمن ماه ۱۴۰۰، تاریخ پذیرش: ۷ اردیبهشت ماه ۱۴۰۱



[10.22059/jvr.2022.334493.3211](https://doi.org/10.22059/jvr.2022.334493.3211)



[20.1001.1.20082525.1401.77.1.4.9](https://doi.org/10.22059/jvr.2022.334493.3211)

چکیده

زمینه مطالعه: گسترش استفاده از امواج الکترومغناطیس در زمینه ارتباطات، باعث شده که اثرات بیولوژیکی آن‌ها مورد توجه قرار گیرد. طبق یافته‌های علمی معتبر، این امواج می‌توانند، منجر به پیامدهایی چون تغییر در عملکرد سلول‌ها و در نتیجه سبب ایجاد یا تسریع برخی بیماری‌ها شوند.

هدف: از آنجایی که تغییر در میزان آنزیم‌های کبدی در خون می‌تواند نشانه آسیب‌های کبدی باشد، مطالعه حاضر با هدف بررسی این آنزیم‌ها با در نظر گرفتن متغیرهای زمان و فاصله از مبدأ انتشار انجام گردید.

روش کار: مطالعه حاضر روی ۱۲۰ کبوتر ۶ ماهه انجام شد. پس از سازگاری با شرایط آزمایشگاهی، آن‌ها به شش گروه تصادفی تقسیم شدند. گروه اول (فاصله: ۵۰ سانتی‌متر، زمان: ۳۰ دقیقه)، گروه دوم (فاصله: ۱۰۰ سانتی‌متر، زمان: ۳۰ دقیقه)، گروه سوم (فاصله: ۱۵۰ سانتی‌متر، زمان: ۳۰ دقیقه)، گروه چهارم (فاصله: ۵۰ سانتی‌متر، زمان: ۶۰ دقیقه)، گروه پنجم (فاصله: ۱۰۰ سانتی‌متر، زمان: ۶۰ دقیقه)، گروه ششم (فاصله: ۱۵۰ سانتی‌متر، زمان: ۶۰ دقیقه). هر گروه به مدت ۱ ماه و به صورت روزانه با امواج مواجهه داشته و آزمایش خون برای تعیین میزان آنزیم‌های کبدی، قبل و ۱ ماه پس از مواجهه، اندازه‌گیری و نتایج با نرم‌افزار SPSS پردازش شد.

نتایج: مطالعه حاضر نشان داد که رابطه آماری معنی‌داری بین امواج BTS و آسیب به کبد از طریق افزایش سطح آنزیم‌های کبدی در هر شش گروه وجود دارد. بر این اساس می‌توان گفت امواج الکترومغناطیس بسته به فرکانس، انرژی، مدت زمان و فاصله می‌توانند اثرات تخریبی بر بافت‌های بدن از جمله کبد داشته باشند. میانگین تغییرات آنزیم ALP از بقیه آنزیم‌ها بیشتر و میانگین تغییرات آنزیم ALT از آنزیم‌های دیگر کمتر بود. همچنین بیشترین تغییرات آنزیم‌های کبدی، در گروه اول و چهارم که کمترین فاصله را تا منبع موج داشتند، رخ داده است.

نتیجه‌گیری نهایی: افزایش زمان مواجهه و کاهش فاصله تا منبع موج، باعث تغییر میزان آنزیم‌های کبدی گردید. مطالعه حاضر، اهمیت بیشتر "فاصله تا منبع انتشار امواج" را نسبت به "زمان مواجهه" نشان داد.

کلمات کلیدی: امواج رادیوفرکانس، پیامد بیولوژیکی، آنزیم‌های کبدی، BTS، تأثیر تشعشعات

کپی‌رایت © تحقیقات دامپزشکی: دسترسی آزاد؛ کپی‌برداری، توزیع و نشر برای استفاده کامل با ذکر منبع آزاد است.

نویسنده مسئول: ساناز خرمی‌پور، گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران

پست الکترونیکی: khorami.sanaz@wtiau.ac.ir

مقدمه

با توجه به نقش کبد در متابولیسم، ترشح صفرا و دفع سموم، سلامت آن در حفظ سلامت کل بدن، از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. دو آنزیم مهم آن آلانین ترانس آمیناز (ALT) و آسپاراتات ترانس آمیناز (AST) بوده، که افزایش فعالیت آن‌ها در سرم به هنگام آسیب سلول‌های پارانشیم کبد از جمله: هپاتیت ویروسی، نکروز کبدی حاصل از سموم و نارسایی گردش خون همراه با شوک و هیپوکسی اتفاق می‌افتد (۲۰). آنزیم ALT آنزیمی سیتوپلاسمی است، که واکنش برگشت پذیر تبدیل آلانین به پیرووات را کاتالیز می‌نماید. آنزیم AST هم در سیتوپلاسم و هم در میتوکندری وجود دارد و واکنش برگشت پذیر تبدیل آسپاراتات به اگزوالاستات را کاتالیز می‌کند. اندازه‌گیری میزان آنزیم‌های ALT و AST معیار مهمی برای شناسایی آسیب کبدی می‌باشد. امواج الکترومغناطیس باعث ایجاد رادیکال آزاد در سلول‌های کبدی شده، که این رادیکال‌ها با اتصال به پروتئین یا لیپید غشاء و جدا نمودن یک اتم هیدروژن از لیپید، به غشا لیپید نفوذ کرده و باعث احیاء غشاء و سرانجام نکروز دیواره سلول کبدی می‌شود، در نتیجه میزان سرمی آنزیم‌های ALT و AST متعاقب از بین رفتن یکپارچگی غشاء سلول‌های کبدی و نشت آنزیم‌ها به خارج سلول افزایش پیدا می‌کند (۲۱، ۲۲).

با توجه به اهمیت کبد به عنوان ارگان اصلی متابولیسم در بدن و نتایج متناقض مطالعات گذشته در مورد اثرات امواج الکترومغناطیس، همچنین افزایش استفاده از موبایل و گسترش BTS، این مطالعه، با هدف بررسی اثر امواج الکترومغناطیس BTS روی آنزیم‌های کبدی کیبوتر خانگی، انجام شد.

مواد و روش کار

مطالعه حاضر تجربی با هدف بررسی تأثیر امواج BTS، بر سه آنزیم کبدی AST، ALT و ALP، انجام شد. در مطالعه حاضر از ۱۲۰ کیبوتر (هر دو جنس) با وزن ۵۰۰-۶۰۰ گرم و سن حدود ۶ ماه استفاده شد. پرندگان در آزمایشگاه در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۴۰ درصد، تحت یک چرخه ۱۲ ساعت نور/ تاریکی، در قفس نگهداری و با رژیم غذایی استاندارد تغذیه شدند (۲۳، ۲۴). پس از سازگاری با شرایط آزمایشگاهی، پرندگان به طور تصادفی به شش گروه با استفاده از روش تصادفی بلوکی، تقسیم شدند. این شش گروه به ترتیب عبارت

با پیشرفت فناوری، توسعه صنایع مخابراتی و گسترش استفاده از امواج الکترومغناطیس در زمینه ارتباطات، با استفاده از دکل‌های فرستنده -گیرنده مخابراتی BTS (Base Transceiver Station)، به صورت‌های گوناگون سلامت موجودات زنده در معرض تهدید قرار می‌گیرد. این امواج به دو صورت، پرتوهای طبیعی و میدان‌های الکترومغناطیسی ساخت انسان، که از طریق دستگاه‌های الکتریکی تولید می‌شوند، وجود دارند (۱، ۲). تلفن‌های همراه امواج الکترومغناطیس را در هوا منتشر می‌کنند، که متشکل از امواج الکتریکی و مغناطیسی است. این امواج در خدمات مخابراتی، ارتباطات رادیویی و ماهواره‌ای استفاده می‌شوند. امواج الکترومغناطیس را به دو بخش عمده پرتوهای یونساز و غیر یونساز تقسیم می‌کنند. پرتوهای یونساز امواجی با فرکانس بالا هستند که دارای انرژی کافی بوده و می‌توانند به ساختار سلول‌های بدن آسیب برسانند (۳، ۴). پرتوهای غیر یونساز با وجود این‌که مثل پرتوهای یونساز انرژی بالایی ندارند، اما می‌توانند منجر به پیامدهایی چون تغییر در عملکرد اجزای مولکولی، سلولی و در نتیجه سبب ایجاد و یا تسریع برخی بیماری‌ها شوند (۵، ۶، ۷). امواج الکترومغناطیس با توجه به شدت فرکانس، نوع موج و مدت مواجهه اثرات مختلف بیولوژیکی ایجاد می‌کنند. این اثرات به دو دسته اثرات حرارتی و غیرحرارتی تقسیم می‌شوند. اثر حرارتی در نتیجه حرکت چرخشی مولکول‌های دو قطبی آب هنگام عبور امواج الکترومغناطیسی از میان بافت‌ها ایجاد می‌شود (۸، ۹). اثرات غیرحرارتی بدون تغییر درجه حرارت در بافت‌های زیستی اتفاق می‌افتد. از جمله این اثرات می‌توان به تغییر در بیان ژن، اثر بر فعالیت آنزیم‌ها و مسیرهای کنترل آن‌ها اشاره نمود (۱۰، ۱۱).

مطالعات نشان داده‌اند میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس پایین می‌تواند روی رشد سلولی (۱۲)، مورفولوژی و شکل سلولی (۱۳)، سرطان‌زا بودن (۱۴)، تمایز سلولی (۱۵) و مرگ برنامه‌ریزی شده سلولی (Apoptosis) (۱۶) مؤثر باشند. در بررسی اثرات امواج الکترومغناطیس بر سیستم تولیدمثل حیوانات آزمایشگاهی، آسیب بافتی و آپوپتوزیس، در سلول‌های اندومتریم مشاهده شد (۱۷، ۱۸). در مطالعه‌ای دیگر، امواج الکترومغناطیس باعث کاهش سطح آدرنوکورتیکوتروپین (ACTH) و کورتیزول سرم خون و در نتیجه نقص سیستم ایمنی شده است (۱۹).

مطالعه حاضر توسط کمیته اخلاق تحقیقات انسانی- حیوانی تأیید شده است.

آنالیز آماری و حجم نمونه: در مطالعه حاضر از آمار

توصیفی (میانگین، انحراف معیار) و آمار استنباطی (آزمون تی زوجی، آزمون ANOVA تکراری، آزمون ویلکاکسون و آزمون فریدمن) متناسب با نرمال بودن و یا نبودن، متغیر پاسخ، استفاده شد. همچنین جهت بررسی فرض نرمالیتی، از آزمون کلوموگروف - اسمیرنوف استفاده شد و جهت آنالیز داده‌ها نرم‌افزار SPSS، نسخه ۲۱ و سطح معنی‌دار ۰/۰۵ درصد، در نظر گرفته شد. جهت تخمین، حجم نمونه با در نظر گرفتن شاخص اندازه اثر کوهن، برابر با یک و در نظر گرفتن میزان خطای نوع اول ۵ درصد، توان آزمون ۹۰ درصد، تعداد ۲۰ نمونه، در هر گروه محاسبه گردید.

بودند از: گروه اول: در فاصله ۵۰ سانتی‌متری از آنتن BTS، به مدت ۳۰ دقیقه مواجهه روزانه طی ۱ ماه، گروه دوم: در فاصله ۱۰۰ سانتی‌متری از آنتن BTS، به مدت ۳۰ دقیقه مواجهه روزانه طی ۱ ماه، گروه سوم: در فاصله ۱۵۰ سانتی‌متری از آنتن BTS، به مدت ۳۰ دقیقه مواجهه روزانه طی ۱ ماه، گروه چهارم: در فاصله ۵۰ سانتی‌متری از آنتن BTS، به مدت ۶۰ دقیقه مواجهه روزانه به مدت ۱ ماه، گروه پنجم: در فاصله ۱۰۰ سانتی‌متری از آنتن BTS، به مدت ۶۰ دقیقه مواجهه روزانه طی ۱ ماه، گروه ششم: در فاصله ۱۵۰ سانتی‌متری از آنتن BTS، به مدت ۶۰ دقیقه مواجهه روزانه طی یک ماه. در مطالعه حاضر سه آنزیم کبدی AST، ALT و ALP قبل از شروع آزمایش و ۱ ماه پس از مواجهه، اندازه‌گیری شدند. تمام مطالعات انجام شده، در یک آزمایشگاه، توسط یک کارشناس و با کیت‌های کاملاً استاندارد و کالیبره انجام شد. مطالعه حاضر طبق اصول کار با حیوانات آزمایشگاهی انجام و پروتکل انجام

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار متغیرهای ALT، AST و ALP در شش گروه مورد بررسی قبل و بعد از مواجهه.

درون گروهی	بین گروهی	بعد از مداخله			قبل از مداخله			گروه مورد مطالعه	متغیر مورد بررسی
		تفاوت	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار		
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۲۶/۴۰	۱۸/۵۷	۹۷/۸۵	۱۹/۲۳	۷۱/۴۵	اول	AST	
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۱۱/۷۰	۲۴/۹۶	۹۷/۷۰	۲۴/۲۴	۸۶/۰۰	دوم		
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۵/۰۵	۲۵/۶۴	۸۳/۶۰	۲۴/۶۵	۷۸/۵۵	سوم		
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۲۲/۳۵	۱۸/۲۰	۱۰۹/۵۵	۲۲/۹۷	۸۷/۲۰	چهارم		
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۱۲/۲۵	۱۸/۷۶	۹۳/۵۰	۲۰/۲۰	۸۱/۲۵	پنجم		
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۴/۰۰	۲۳/۸۱	۸۸/۵۰	۲۳/۹۶	۸۴/۵۰	ششم		
			۰/۰۰۷	P-value	۰/۲۵۳	P-value			
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۹/۳۰	۷/۰۸	۴۲/۵۰	۷/۴۰	۳۳/۲۰	اول	ALT	
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۷/۷۵	۱۰/۱۱	۴۵/۷۵	۸/۳۴	۳۸/۰۰	دوم		
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۷/۸۵	۸/۶۰	۴۴/۳۵	۸/۲۴	۳۶/۵۰	سوم		
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۹/۴۵	۷/۱۹	۴۶/۸۵	۷/۳۲	۳۷/۴۰	چهارم		
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۷/۳۵	۵/۳۱	۴۲/۷۵	۷/۳۷	۳۵/۴۰	پنجم		
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۲/۹۰	۶/۷۷	۳۸/۲۰	۷/۲۰	۳۵/۳۰	ششم		
			۰/۰۱	P-value	۰/۴۱۲	P-value			
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۲۰۲/۹۵	۱۵۰/۴۹	۷۸۵/۳۵	۲۰۶/۳۶	۵۸۲/۴۰	اول	ALP	
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۶۸/۱۰	۱۴۸/۹۲	۶۶۷/۱۵	۱۵۵/۹۷	۵۹۹/۰۵	دوم		
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۲۴/۰۵	۱۴۲/۳۱	۶۶۱/۴۵	۱۴۵/۷۸	۶۳۷/۴۰	سوم		
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۱۰۷/۶۵	۷۹/۵۵	۸۰۵/۶۰	۱۰۰/۰۹	۶۹۷/۹۵	چهارم		
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۶۷/۸۰	۸۷/۴۹	۷۱۷/۷۵	۱۰۲/۴۲	۶۴۹/۹۵	پنجم		
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۲۸/۹۰	۸۴/۳۱	۶۷۶/۵۵	۱۰۶/۷۴	۶۴۷/۶۵	ششم		
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱		<۰/۰۰۱	P-value	۰/۱۴۵	P-value			

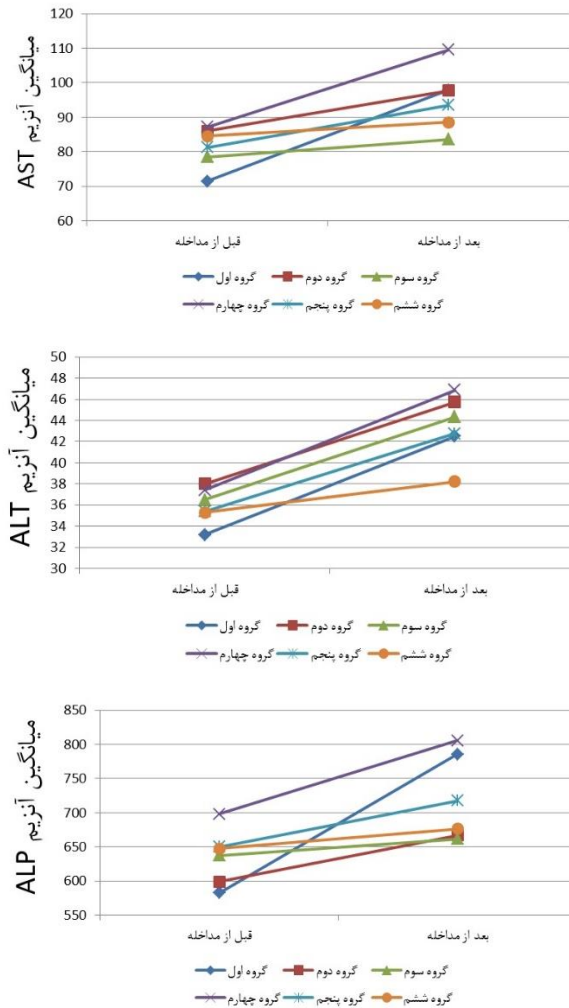
گروه اول: فاصله با BTS برابر ۵۰ سانتی‌متر به مدت ۰/۵ ساعت روزانه به مدت ۱ ماه، گروه دوم: فاصله با BTS برابر ۱۰۰ سانتی‌متر به مدت ۰/۵ ساعت روزانه به مدت ۱ ماه، گروه سوم: فاصله با BTS برابر ۱۵۰ سانتی‌متر به مدت ۰/۵ ساعت روزانه به مدت ۱ ماه، گروه چهارم: فاصله با BTS برابر ۵۰ سانتی‌متر به مدت ۱ ساعت روزانه به مدت ۱ ماه، گروه پنجم: فاصله با BTS برابر ۱۰۰ سانتی‌متر به مدت ۱ ساعت روزانه به مدت ۱ ماه، گروه ششم: فاصله با BTS برابر ۱۵۰ سانتی‌متر به مدت ۱ ساعت روزانه به مدت ۱ ماه.

نتایج

میانگین و انحراف معیار، متغیرهای مورد مطالعه در شش گروه، قبل و بعد از مواجهه، در جدول ۱ ارائه شده است. براساس اطلاعات گزارش شده در جدول می‌توان مشاهده نمود، که شش گروه، از نظر سه آنزیم کبدی AST، ALT و ALP همانند یکدیگر بوده‌اند. همچنین مواجهه با امواج BTS در هر شش گروه، باعث افزایش معنی‌دار آنزیم‌های کبدی گردید. بر این اساس می‌توان گفت امواج الکترومغناطیس بسته به فرکانس، انرژی، مدت زمان و فاصله می‌توانند اثرات تخریبی بر بافت‌های بدن از جمله کبد داشته باشند. نتایج نشان داد، که فاصله تا منبع مواجهه، از مدت زمان مواجهه، اهمیت بیشتری دارد. به طوری که بیشترین تغییرات آنزیم‌های کبدی، در فاصله‌های نزدیک‌تر رخ داده است. میانگین تغییرات آنزیم ALP از بقیه آنزیم‌ها بیشتر و میانگین تغییرات آنزیم ALT از آنزیم‌های دیگر کمتر بود. در نمودار ۱، روند میانگین سه آنزیم کبدی AST، ALT و ALP قبل و بعد از مداخله به تفکیک ۶ گروه ارائه شده است. براساس این نمودار افزایش آنزیم‌های کبدی در هر شش گروه، بخصوص با فواصل نزدیک‌تر قابل مشاهده است.

بحث

با توجه به افزایش استفاده از تجهیزات الکترونیکی و پرتوهای غیریون‌ساز، در محیط کار و زندگی، افراد بیشتر در معرض این امواج قرار دارند. از طرفی با افزایش کاربران تلفن همراه، برای جلوگیری از اختلالات شبکه ارتباطات سیار، تعداد زیادی از آنتن‌های موبایل در مناطق شهری و روستایی نصب شده‌اند. بنابراین ضروری است اثرات احتمالی این امواج، بر فرآیندهای زیستی، اعمال فیزیولوژیک اندام‌های مختلف، بررسی شود. در مطالعه حاضر، افزایش میزان آنزیم‌های کبدی در سرم حیواناتی که در معرض این امواج بودند مشاهده شد. این آنزیم‌ها به عنوان یک شاخص در ارتباط با آسیب سلول‌های کبدی مطرح هستند. این آنزیم‌ها غلظت بالایی در داخل سلول‌های کبدی دارند و به دنبال تغییر در نفوذپذیری غشا و یا تخریب سلول‌های کبدی وارد خون شده و میزان آن‌ها نسبت به حالت طبیعی در سرم افزایش می‌یابد، پس می‌توان نتیجه گرفت تغییر در میزان این آنزیم‌ها در خون نشانه آسیب‌های کبدی است (۲۵).



نمودار ۱. نمودار روند میانگین سه فاکتور کبدی (AST، ALT و ALP) قبل و بعد از مواجهه به تفکیک ۶ گروه مداخله.

بیشتر مطالعات انجام شده در خصوص اثر امواج الکترومغناطیس روی آنزیم‌های کبدی در مورد آنزیم‌های AST، ALT و ALP صورت گرفته و این مطالعات بیانگر این است که میزان سرمی این آنزیم‌ها بعد از مواجهه با امواج زیاد شده است، که با نتایج مطالعه حاضر هم‌راستا است. از جمله این مطالعات، مطالعه Schuermann و همکاران در سال ۲۰۲۱ است که بیان داشت، افزایش قابل توجهی در ترانس آمینازهای سرم و بیلی روبین، اوره، اسید اوریک و کراتینین مشاهده شد، همچنین مشاهدات هیستوپاتولوژیک کبد، انفیلتراسیون و تورم سلول‌های تک هسته‌ای مرکز لوبولار، را نشان داد (۲۶). در مطالعه دیگری که توسط Hasan و همکاران در سال ۲۰۲۰ انجام شد میانگین مقادیر ALT و AST افزایش معنی‌داری داشت (۲۷).

هیپاتوسیت‌ها و همچنین نفوذ سلول‌های آماسی تک‌هسته‌ای در کبد موش‌های صحرایی مشاهده شد (۳۳).

در مورد اثر امواج ۹۰۰ مگاهرتز تلفن همراه، بر آنزیم‌های کبدی، نتایج مطالعه حاضر با مطالعات EL-Bediwi و همکاران در سال ۲۰۱۱ (۴)، Dindic و همکاران در سال ۲۰۱۰ (۶) و Abdel و همکاران در سال ۲۰۱۰ (۳۴)، مطابقت دارد. در تمام این مطالعات حیوانات بعد از مواجهه با امواج ۹۰۰ مگاهرتز تلفن همراه، دچار افزایش آنزیم‌های کبدی در خون شدند.

نتیجه‌گیری نهایی: مطالعه حاضر نشان داد، که افزایش زمان مواجهه و کاهش فاصله تا منبع موج، تأثیر قابل توجهی، بر آنزیم‌های کبدی دارد. مطالعه حاضر، اهمیت بیشتر "فاصله تا منبع انتشار امواج" را نسبت به "زمان مواجهه" نشان داد.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از همکاری‌های بی دریغ آقای دکتر محمد غلامی جهت همکاری و پیشبرد این امر کمال تشکر را داشته باشند.

تعارض منافع

بین نویسندگان تعارض در منافع گزارش نشده است.

نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعات Tumkaya و همکاران در سال ۲۰۱۹ (۲۵)، Pooladi و همکاران در سال ۲۰۱۸ (۲۸)، Aberumand و همکاران در سال ۲۰۱۶ (۲۹)، Jelodar و همکاران در سال ۲۰۱۳ (۳۰)، همخوانی دارد. در تمام این مطالعات بیان شده میزان آنزیم‌های ALT و AST سرم خون، بعد از مواجهه با امواج افزایش قابل توجه نسبت به گروه شاهد داشته است.

Vamsy و همکاران در سال ۲۰۲۰، به بررسی اثرات تلفن همراه 4G به مدت ۹۶ دقیقه در روز، طی ۶ ماه، روی موش پرداختند، آن‌ها گزارش دادند سطح سرمی آنزیم‌های ALT و ALP افزایش و سطح سرمی AST کاهش یافت، قسمت دوم این گزارش با مطالعه حاضر مطابقت ندارد (۳۱).

با توجه به این‌که افزایش آنزیم‌های کبدی در خون می‌تواند نشانگر آسیب کبدی باشد، در مطالعات بافت‌شناسی از جمله مطالعه Okatan و همکاران در سال ۲۰۱۹، این موضوع تأیید شد. آن‌ها به بررسی اثرات مواجهه با امواج ۹۰۰ مگاهرتز بر روی کبد موش پرداختند. نتایج بی‌نظمی‌هایی را در آرایش شعاعی سلول‌های کبدی، واکوئل شدن سیتوپلاسمی، خونریزی، گسترش سینوسی، مورفولوژی سلول‌های کبدی و ادم نشان داد (۳۲). همچنین در مطالعه Farjanikish و همکاران در سال ۲۰۱۷، نیز اتساع وریدهای مرکزی و سینوزوئیدهای کبد و واکوئل شدن

References

- Sun W, Yang Y, Yu H, Wang L, Pan S. The synergistic effect of microwave radiation and hypergravity on rats and the intervention effect of Rana sylvatica Le conte oil. Dose Response. 2017; 15(2): 16. doi: [10.1177/1559325817711511](https://doi.org/10.1177/1559325817711511) PMID: [28717348](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28717348/)
- Abdel A, Halaj El, Shabat M, Khitam El, Mohamed Osman A. Effect of electro magnetic field on body weight and blood indices in albino rats and the therapeutic action of vitamin C or E. Romanian J Biophys. 2010; 20(3): 235-244.
- Goldsmith JR. Epidemiologic evidence relevant to radar (microwave) effects. Environ. Health Persp. 1997; (105): 1579-1587. doi: [10.1289/ehp.97105s61579](https://doi.org/10.1289/ehp.97105s61579) PMID: [9467086](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9467086/)
- El-Bediwi A, EL-Kott A, Saad M, Eid E. Effect of electromagnetic radiation produced by mobile phon on some visceral organs of rat. J Medical Sci. 2011; (11): 256-260. doi: [10.3923/jms.2011.256.260](https://doi.org/10.3923/jms.2011.256.260)
- Kula B, Sobczak A, Grabowska Bochenek R. Effect of electromagnetic field on serum biochemical parameters in steelworkers. J Occup Health. 1999; 41(3): 177-180. doi: [10.1539/joh.41.177](https://doi.org/10.1539/joh.41.177)
- Dindic B, Dusan S, Dejan K, Dejan P, Jovanovic I, Muratovic M. Biochemical and histopathological effects of mobile phon exposure on rat hepatocytes and brain. Acta Medica Medianae. 2010; 49(1): 37-42.
- Bahreyni Toossi MH, Sadeghnia HR, Mahdizadeh Feyzabadi M, Hosseini M, Hedayati M, Mosalanejad R, Beheshti F, Alizadeh Rahvar Z. Exposure to mobile phone (900-1800 MHz) during pregnancy: tissue oxidative stress after childbirth. J Matern Fetal Neonatal Med. 2018; 31: 1298-1303. doi: [10.1080/14767058.2017.1315657](https://doi.org/10.1080/14767058.2017.1315657) PMID: [28434276](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28434276/)
- Ruiz-Gómez MJ, Martínez-Morillo M. Electromagnetic fields and the induction of DNA strand breaks. Electromagn Biol Med. 2009; 28(2): 201-214. doi: [10.1080/15368370802608696](https://doi.org/10.1080/15368370802608696) PMID: [19811402](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19811402/)
- Tafakori S, Farrokhi A, Shalchyan V, Daliri MR. Investigating the impact of mobile range electromagnetic radiation on the medial prefrontal cortex of the rat during working memory. Behav Brain Res. 2020; 5(391): 112703. doi: [10.1016/j.bbr.2020.112703](https://doi.org/10.1016/j.bbr.2020.112703) PMID: [32461126](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32461126/)
- Sharma A, Shrivastava S, Shukla S. Oxidative damage in the liver and brain of the rats exposed to frequency-dependent radiofrequency electromagnetic exposure: biochemical and histopathological evidence. Free Radical Res. 2021; 55(5): 535-546. doi: [10.1080/10715762.2021.1966001](https://doi.org/10.1080/10715762.2021.1966001) PMID: [34404322](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34404322/)

11. Ragy MM. Effect of exposure and withdrawal of 900 MHz electromagnetic waves on brain, kidney and liver oxidative stress and some biochemical parameters in male rats. *Electromagn Biol Med.* 2015; 34(4): 279-284. doi: [10.3109/15368378.2014.906446](https://doi.org/10.3109/15368378.2014.906446) PMID: [24712749](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24712749/)
12. Halgamuge M, Skafidas E, Davis D.A Meta-analysis of in vitro exposures to weak radiofrequency radiation exposure from mobile phones (1990–2015). *Environ Res.* 2020; (184): 109227. doi: [10.1016/j.envres.2020.109227](https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109227) PMID: [32199316](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32199316/)
13. Uche UI, Naidenko OV. Development of health-based exposure limits for radiofrequency radiation from wireless devices using a benchmark dose approach. *Environ Health.* 2021; 20(1): 84. doi: [10.1186/s12940-021-00768-1](https://doi.org/10.1186/s12940-021-00768-1) PMID: [34273995](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34273995/)
14. Esa PD, Suryandari DA, Sari. Effect of extremely low frequency electromagnetic fields on the diameter of seminiferous tubules in mice. *J Physics Conference Series.* 2018; 1073(6): 062043. doi: [10.1088/1742-6596/1073/6/062043](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1073/6/062043)
15. Eid FA, El-Gendy AM, Zahkook SA, El-Tahway NA, El-Shamy SA. Ameliorative effect of two antioxidants on the liver of male albino rats exposed to electromagnetic field. *The Egyptian J Hospital Medicine.* 2015; (58): 74-79. doi: [10.12816/0009363](https://doi.org/10.12816/0009363)
16. Akdag MZ, Dasadag 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? *J Chem. Neuroanat.* 2016; (75): 116-1122. doi: [10.1016/j.jchemneu.2016.01.003](https://doi.org/10.1016/j.jchemneu.2016.01.003) PMID: [26775760](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26775760/)
17. Yildirim ME, Kaynar M, Badem H, Cavis MI, Karatas of, Cimentepe EI. What is harmful for male fertility: cell phone or the wireless internet? *J Med Sci.* 2015; 31(9): 480-484. doi: [10.1016/j.kjms.2015.06.006](https://doi.org/10.1016/j.kjms.2015.06.006) PMID: [26362961](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26362961/)
18. Moussa SA. Oxidative stress in rats exposed to microwave radiation. *Romanian J Biophys.* 2009; 19 (2): 149-158.
19. El-Hady El-desoky M, Mohamady M. Ultrastructural Studies on the Effect of Electromagnetic Field on the Liver of Albino Rats. *J Am Sci.* 2011; 7(2): 155-165.
20. Kim JY, Kim HJ, Kim N, Kwon JH, Park MJ. Effects of radiofrequency field exposure on glutamate-induced oxidative stress in mouse hippocampal HT22 cells. *Int J Radiat Biol.* 2017; 93(2): 249-256. doi: [10.1080/09553002.2017.1237058](https://doi.org/10.1080/09553002.2017.1237058)
21. Sienkiewicz Z, Rongen E. Can low-level exposure to radiofrequency fields affect cognitive behaviour in laboratory animals? A systematic review of the literature related to spatial learning and place memory. *Int J Environ Res Public Health.* 2019; 16(9): 1607. doi: [10.3390/ijerph16091607](https://doi.org/10.3390/ijerph16091607) PMID: [31071933](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31071933/)
22. Kivrak E, Yurt K, Kaplan A, Alkan I, Altun G. Effects of electromagnetic fields exposure on the antioxidant defense system. *J Microsc Ultrastruct.* 2017; 5(4): 167-176. doi: [10.1016/j.jmau.2017.07.003](https://doi.org/10.1016/j.jmau.2017.07.003)
23. Fadiloglu E, Tapisiz O, Unsal M, Fadiloglu S, Celik B, Mollamahmutoglu L. Non-ionizing radiation created by mobile phone progresses endometrial hyperplasia: an experimental rat study. *Arch Med Res.* 2019; 50(2): 36-43. doi: [10.1016/j.arcmed.2019.05.010](https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2019.05.010) PMID: [31349952](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31349952/)
24. Carpenter DO. Extremely low frequency electromagnetic fields and cancer: how source of funding affects results. *Environ Res.* 2019; (178). doi: [10.1016/j.envres.2019.108688](https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108688) PMID: [31476684](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31476684/)
25. Tumkaya L, Yilmaz A, Akyildiz K, Mercantepe T, Yazici Z A, Yilmaz H. Prenatal effects of a 1800 MHz electromagnetic field on rat livers. *Cells Tissues Organs.* 2019; 207(3): 187-195. doi: [10.1159/000504506](https://doi.org/10.1159/000504506) PMID: [31801129](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31801129/)
26. Schuermann D, Mevissen M. Manmade electromagnetic fields and oxidative stress biological effects and consequences for health. *Int J Mol Sci.* 2021; 22(7): 3772. doi: [10.3390/ijms22073772](https://doi.org/10.3390/ijms22073772)
27. Hasan I, Islam MR. Biochemical and histopathological effects of mobile phone radiation on the liver of Swiss albino mice. *Eur J Anat.* 2020; 24(4): 257-261. doi: [10.13140/RG.2.2.14088.65284](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14088.65284)
28. Pooladi M, Montzeri A, Nazarian N, Taghizadeh B, Odumizadeh M. Effect of WiFi waves (2.45 GHz) on aminotransaminases (ALP, ALT and AST) in liver of rat. *Archives of Advances in Biosciences.* 2018; 9(2): 13-20. doi: [10.22037/jps.v9i2.19283](https://doi.org/10.22037/jps.v9i2.19283)
29. Aberumand M, Esrafil M, Pourmotehari F, Mirlohi M. Phone radiation on enzymes and tissues of mice. *Res J Pharmaceutical.* 2016; (7): 1962-1970.
30. Jelodar GA, Sarvani S, Rezaie M. Effect of electromagnetic waves generated by base transiver station on liver enzymes in female rats. *zahedan J Res Med Sci.* 2013; 15(7): 19-27.
31. Vamsy A, Lakshmi S, Venkatachalam SP. A Study on the histological and biochemical effects of long-term exposure of 4G LTE radiation emitted by mobile phone on the liver of wistar rats. *Asian J Pharmaceutical Res Health Care.* 2020; 13(2): 132-138. doi: [10.18311/ajprhc/2021/26879](https://doi.org/10.18311/ajprhc/2021/26879)
32. Okatan D, Kulaber A, Kerimoglu G, Odaci E. Altered morphology and biochemistry of the female rat liver following 900 megahertz electromagnetic field exposure during mid to late adolescence. *Biotechnic Histochemistry.* 2019; 94(6): 420-428. doi: [10.1080/10520295.2019.1580767](https://doi.org/10.1080/10520295.2019.1580767) PMID: [31017002](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31017002/)
33. Farjanikish G, Esmaeeli Sani S. Effect of cell phones microwaves on histologic structures of some visceral organs in rat. *J Gorgan Univ Med Sci.* 2017; 19(2): 38-44.
34. Abdel Aziz I, Elwasife K, AbuJami M, Shabat M, Shahwan O. Analysis of the biochemical parameters of liver, kidney functions and thyroid stimulated hormone in children after exposure to mobile phone base station radiation and therapeutic action of olive oil. *IUG J Nat Stud.* 2017; 79-84.