

## تاثیر امواج الکترومغناطیسی تلفن همراه بر شاخص‌های خونی و تولیدمثلی

### ماهیان کوی (*Cyprinus carpio*) مولد

محدثه احمدنژاد<sup>۱\*</sup>، محمد صیاد بورانی<sup>۲</sup>، سهراب دژندیان<sup>۳</sup>، عباس متین‌فر<sup>۴</sup>، حسین خارا<sup>۵</sup>،  
همايون حسين زاده صحافي<sup>۶</sup>، شهرام دادگر<sup>۷</sup>، اسماعیل صادقی نژاد<sup>۸</sup>

تاریخ دریافت: آذر ۹۶

تاریخ پذیرش: بهمن ۹۶

#### چکیده

با توجه به پیشرفت فن‌آوری‌های الکترونیکی و تاثیر به کارگیری آن‌ها بر محیط زیست به‌ویژه اکوسیستم‌های آبی، لازم است تا به جنبه‌های گوناگون آن به‌خصوص در زمینه امواج الکترومغناطیسی و اثرات آن‌ها بر ماهیان به عنوان مهمترین جانوران محیط زیست آبی با جنبه‌های اقتصادی توجه شود. در مطالعه حاضر تاثیر امواج الکترومغناطیسی تلفن همراه (۹۰۰ مگاهرتز) بر میزان برخی از شاخص‌های خونی و تولیدمثلی ماهیان کوی نر و ماده بالغ طی مدت ده روز و در ۳ گروه آزمایشی بررسی شد: گروه شاهد (بدون دریافت امواج)، تیمار ۱ و تیمار ۲ (هر یک، روزانه ۴ بار و هر بار ۳۰ دقیقه در مجاورت تلفن همراه، به ترتیب در حالت روشن بدون مکالمه و در حالت برقراری تماس). در انتهای آزمایش از سیاهرگ دمی ماهیان خون‌گیری به عمل آمد و مقادیر شاخص‌های RBC، WBC، Hb، Hct، MCV، MCH و MCHC با روش‌های متداول خون‌شناسی و میزان هورمون GTH II با روش رادیو ایمنونواسی (RIA) تعیین شد. مقادیر شاخص‌های GSI و HSI نیز به ترتیب با اندازه‌گیری وزن گناد و کبد و محاسبه نسبت آن‌ها با وزن بدن به دست آمد. موفقیت تولیدمثلی در مولدین نر و ماده شاهد بیشتر از دو تیمار دیگر بود. در هر دو جنس، شاخص HSI تیمار ۲ به طور معنی‌داری افزایش داشت. در مولدین ماده کمترین میانگین RBC، Hb و Hct و در مولدین نر بیشترین میزان WBC و نوتروفیل و کمترین میزان لنفوسیت، به تیمار ۲ تعلق داشت. نتایج نشان داد امواج الکترومغناطیسی ناشی از تلفن همراه اثرات سوء زیستی متعددی بر ماهی کوی نر و ماده ایجاد کرد.

#### واژگان کلیدی: امواج الکترومغناطیسی، تولیدمثلی، شاخص‌های خونی، ماهی کوی.

- ۱- استادیار پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران.
- ۲- دانشیار پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران.
- ۳- کارشناس ارشد شیلات، پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران.
- ۴- استاد موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
- ۵- دانشیار گروه شیلات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.
- ۶- استاد موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
- ۷- استادیار موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
- ۸- مربی پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران.

\* نویسنده مسئول: m\_ahmadnezhad@yahoo.com

## مقدمه

امروزه ماهیان زیادی به عنوان ماهی زینتی نگهداری می‌شوند. ماهی کوی، *Cyprinus carpio*، نیز از جمله ماهیان زینتی با ارزشی است که پرورش آن در مقایسه با پرورش سایر حیوانات خانگی از سابقه تاریخی و سطح فرهنگی بالاتری در میان مردم برخوردار است. پرورش این ماهی علاوه بر سرگرمی، صنعتی سودآور و پربازده است، به طوری که ارزش آن‌ها چنان رو به افزایش نهاده است که می‌توان گفت اهمیت آن‌ها کمتر از ماهیان خوراکی نیست. از طرفی، زندگی این ماهیان با زندگی انسان آنچنان آمیخته شده که اثرات ناشی از فعالیت‌های انسانی دامن‌گیر سلامت آن‌ها نیز شده است.

امواج الکترومغناطیسی حاصل از فن‌آوری‌های نوین، نوعی آلاینده محسوب می‌شوند که امروزه تقریباً در همه جا وجود دارند. این امواج بر اساس طول موج به امواج رادیویی، رادار و مایکروویو، اشعه زیر قرمز، نور مرئی، اشعه ماورای بنفش و اشعه‌های X و گاما طبقه‌بندی می‌شوند (Serway and Jewett, 2004). تلفن‌های همراه، یکی از متداول‌ترین وسایل منتشر کننده امواج الکترومغناطیسی غیریونیزان هستند که به آسانی در دسترس تقریباً نیمی از مردم جهان قرار دارند (Kundi

2008; Khurana, 2004; et al.). امواج ساطع شده از تلفن‌های همراه فرکانسی حدود ۹۰۰ مگاهرتز تا ۱ گیگاهرتز دارند که در محدوده فرکانس امواج مایکروویو (۳۰۰ مگاهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز با طول موج ۱ میلی‌متر تا ۱ متر) هستند. بنابراین، جزء امواج ماکروویو به حساب می‌آیند (Hyland, 2000). امواج مایکروویو که بخشی از طیف امواج الکترو مغناطیسی هستند، در مسیر حرکت خود یا پس از برخورد با ماده، انعکاس پیدا می‌کنند یا عبور می‌کنند و یا جذب ماده می‌شوند. این امواج اگر به سطح فلزات برخورد کنند، منعکس خواهند شد، از شیشه و پلاستیک عبور می‌کنند و موادی که حاوی آب هستند مانند آب، غذاها، بدن انسان و سایر جانوران انرژی این امواج را جذب می‌کنند. مطالعات نشان داده است که اثرات زیستی تشعشعات الکترومغناطیسی، بسته به شدت، فرکانس، نوع موج و مدت زمان مواجهه، متفاوت است (Banik et al., 2003). این اثرات از دو نوع حرارتی و غیرحرارتی هستند (Cember, 1992; Lee and Yang, 2014). در برخی از پژوهش‌ها به تاثیرات غیرحرارتی و زیانبار زیستی مقادیری کمتر از حدود مجاز تعیین شده توسط کمیسیون بین المللی حفاظت در برابر تشعشع غیریونیزان، اشاره شد (Navarro et

2008; Khurana, 2004; et al.). امواج ساطع شده از تلفن‌های همراه فرکانسی حدود ۹۰۰ مگاهرتز تا ۱ گیگاهرتز دارند که در محدوده فرکانس امواج مایکروویو (۳۰۰ مگاهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز با طول موج ۱ میلی‌متر تا ۱ متر) هستند. بنابراین، جزء امواج ماکروویو به حساب می‌آیند (Hyland, 2000). امواج مایکروویو که بخشی از طیف امواج الکترو مغناطیسی هستند، در مسیر حرکت خود یا پس از برخورد با ماده، انعکاس پیدا می‌کنند یا عبور می‌کنند و یا جذب ماده می‌شوند. این امواج اگر به سطح فلزات برخورد کنند، منعکس خواهند شد، از شیشه و پلاستیک عبور می‌کنند و موادی که حاوی آب هستند مانند آب، غذاها، بدن انسان و سایر جانوران انرژی این امواج را جذب می‌کنند. مطالعات نشان داده است که اثرات زیستی تشعشعات الکترومغناطیسی، بسته به شدت، فرکانس، نوع موج و مدت زمان مواجهه، متفاوت است (Banik et al., 2003). این اثرات از دو نوع حرارتی و غیرحرارتی هستند (Cember, 1992; Lee and Yang, 2014). در برخی از پژوهش‌ها به تاثیرات غیرحرارتی و زیانبار زیستی مقادیری کمتر از حدود مجاز تعیین شده توسط کمیسیون بین المللی حفاظت در برابر تشعشع غیریونیزان، اشاره شد (Navarro et

2008; Khurana, 2004; et al.). امواج ساطع شده از تلفن‌های همراه فرکانسی حدود ۹۰۰ مگاهرتز تا ۱ گیگاهرتز دارند که در محدوده فرکانس امواج مایکروویو (۳۰۰ مگاهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز با طول موج ۱ میلی‌متر تا ۱ متر) هستند. بنابراین، جزء امواج ماکروویو به حساب می‌آیند (Hyland, 2000). امواج مایکروویو که بخشی از طیف امواج الکترو مغناطیسی هستند، در مسیر حرکت خود یا پس از برخورد با ماده، انعکاس پیدا می‌کنند یا عبور می‌کنند و یا جذب ماده می‌شوند. این امواج اگر به سطح فلزات برخورد کنند، منعکس خواهند شد، از شیشه و پلاستیک عبور می‌کنند و موادی که حاوی آب هستند مانند آب، غذاها، بدن انسان و سایر جانوران انرژی این امواج را جذب می‌کنند. مطالعات نشان داده است که اثرات زیستی تشعشعات الکترومغناطیسی، بسته به شدت، فرکانس، نوع موج و مدت زمان مواجهه، متفاوت است (Banik et al., 2003). این اثرات از دو نوع حرارتی و غیرحرارتی هستند (Cember, 1992; Lee and Yang, 2014). در برخی از پژوهش‌ها به تاثیرات غیرحرارتی و زیانبار زیستی مقادیری کمتر از حدود مجاز تعیین شده توسط کمیسیون بین المللی حفاظت در برابر تشعشع غیریونیزان، اشاره شد (Navarro et

تأثیر میدین الکترومغناطیسی در کوتاه مدت بر مراحل اولیه رشد و نمو لارو ماهیان (Schultz et al., 2010)، اثر غیرمستقیم الکترومغناطیس بر میزان استرس و بازماندگی ماهی طلایی *Carassius auratus* در مواجهه با آب مغناطیسی شده (بهمنی و همکاران، ۱۳۹۳) و نیز تأثیر میدان مغناطیسی ایستا بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک در بچه ماهی سفید دریای خزر (Loghmannia et al., 2015) از جمله مطالعاتی هستند که در مورد تأثیر امواج الکترومغناطیسی بر ماهیان انجام شده‌اند و نتایج اغلب آن‌ها اثرگذار بودن این امواج را بر رفتار، رشد و نمو جنینی، استرس، بقا و سطح برخی از آنزیم‌های شاخص فیزیولوژیک در این ماهی‌ها نشان داده‌اند. از طرفی خون به عنوان بافت مهم مرتبط با تمامی اعضای بدن جهت اعمال گذارسانی و اکسیژن‌رسانی و حمل مواد زائد به اندام‌های دفع کننده که نقش مهمی در تنظیم دما، تنظیم اسمزی، انتقال هورمون‌ها و سیستم ایمنی ایفا می‌کند و سیستم تولیدمثل و هورمون‌های تنظیم کننده آن که در تداوم و بقای نسل موجود نقش کلیدی را ایفا می‌کنند، اغلب موضوع پژوهش در مطالعات مربوط به تأثیر امواج در پستانداران به ویژه موش و رت بوده‌اند. در حالی که تأثیر امواج (al., 2003). تاکنون مطالعات جانوری و اپیدمیولوژیک فراوانی در مورد اثرات این امواج بر سلامت انسان و جانوران به انجام رسیده است، اما به دلیل نتایج به دست آمده متناقض، هنوز خطرات آن برای سلامتی انسان و حیات وحش مبهم باقی مانده است (Lee and Yang, 2014). در بیش از ۱۰۱ مقاله که توسط Ruediger در سال ۲۰۰۹ در مورد اثرات امواج تلفن همراه بر انسان بررسی شد، بیش از ۵۰ درصد از مقالات منتشر شده تأثیرگذاری و کمتر از ۵۰ درصد، عدم تأثیر این امواج بر ژنوم و کروموزوم را گزارش کردند (Ruediger, 2009; Lai, 2014). پتانسیل ایجاد اثرات زیستی منفی بر حیات وحش از شواهد زیست‌محیطی حاصل از مطالعات آزمایشگاهی، با استفاده از باکتری‌ها، گیاهان، حشرات، دوزیستان، پرندگان و موش‌های معمولی نیز در مورد امواج الکترومغناطیسی محدوده فرکانس‌های رادیویی نظیر امواج مایکروویو و تلفن همراه و غیره گزارش شده است (Balmori, 2009; Cucurachi et al., 2013). مطالعات تأثیر میدین الکترومغناطیسی تولید شده توسط کابل‌های موجود در سواحل یا در اعماق دریا را بر رفتارهای مهاجرتی گونه‌های ماهیان مهاجر (Gill and Bartlett, 2010)،

گوشی‌های تلفن همراه در ایران مربوط است استفاده شد. برای ایجاد امواج الکترومغناطیسی از سه عدد گوشی تلفن همراه مدل ZTE (تولید کننده امواجی با فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز) استفاده شد که به دیواره وان نگهداری ماهیان متصل و آویزان شده بودند. به این ترتیب که در گروه تیمار ۱، روزانه ۴ بار و هر بار ۳۰ دقیقه، گوشی‌های تلفن همراه فقط روشن (در حالت Stand by) و در گروه تیمار ۲، روزانه ۴ بار و هر بار ۳۰ دقیقه، گوشی‌های تلفن همراه در حالت برقراری تماس (Calling Mode) در مجاورت وان ماهی‌ها قرار داده شدند (حمایت‌خواه جهرمی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Gul et al., 2009). یک گروه شاهد نیز در نظر گرفته شد که هیچ موجی را دریافت نمی‌کرد. در دوره تابش‌دهی، روزانه به میزان ۵۰ درصد از آب وان‌ها تعویض می‌شدند. غذادهی با استفاده از غذای ماهیان زینتی (کوی کینگ، چین) و سه نوبت در روز انجام می‌شد. در طول دوره و پس از گذشت دوره تابش امواج، مولدین هر یک از تیمارها از لحاظ رسیدگی جنسی به لحاظ رفتاری و بازبینی‌های ظاهری نظیر معاینه شکم بررسی شدند.

الکترومغناطیسی به ویژه امواج ساطع شده از گوشی‌های تلفن همراه، بر شاخص‌های خونی و تولیدمثل ماهیان کمتر مورد توجه قرار گرفته و گزارشی در این مورد مشاهده نشده است. از این رو مطالعه حاضر با هدف بررسی میزان تاثیرگذاری امواج الکترومغناطیسی منتشر شده از تلفن همراه (۹۰۰ مگاهرتز) بر شاخص‌های خونی، شاخص‌های وزنی گناد و کبد و میزان هورمون گنادوتروپین II (GTH II) در جنس نر و ماده ماهی زینتی کوی (به عنوان نمونه‌ای از ماهیان زینتی موجود در محیط انسانی) مورد مطالعه قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

### نمونه‌ها و تیماربندی

آزمون مواجهه‌سازی با امواج الکترومغناطیسی منتشر شده از گوشی‌های تلفن همراه بر روی ۳۶ قطعه مولد ماهی کوی (*Cyprinus carpio*) شامل ۱۸ قطعه مولد ماده با میانگین وزن  $151/9 \pm 8/2$  گرم و طول  $24/7 \pm 0/6$  سانتی‌متر و ۱۸ قطعه مولد نر با میانگین وزن  $148/76 \pm 6/9$  گرم و طول  $25/3 \pm 0/57$  سانتی‌متر، به مدت ده روز در سه گروه آزمایشی با سه تکرار انجام شد. در این آزمون از امواج با فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز که به

متداول اندازه‌گیری شاخص‌های خون‌شناسی استفاده شد (عامری مهابادی، ۱۳۷۸؛ Blaxhall and Daisley, 1973; Groff and Zinkl, 1999). شمارش گلبول‌ها با استفاده از لام نئوبار آینه‌ای و میکروسکوپ نوری انجام شد. در این آزمایش از پیپت ملانژور قرمز و محلول رقیق کننده هایم (Hiem) برای شمارش گلبول‌های قرمز و از پیپت ملانژور سفید و محلول رقیق کننده ریس برای شمارش گلبول‌های سفید استفاده شد (Blaxhall and Daisley, 1973). هموگلوبین به روش سیان مت هموگلوبین توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر (UNICO، UV-2100، آمریکا) تعیین شد (عامری مهابادی، ۱۳۷۸). مقدار هماتوکریت (درصد حجم گلبول‌های قرمز) با استفاده از لوله‌های موئین هپارینه و میکروسانتریفیوژ (NUVE، NT 715، آلمان) به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه به دست آمد. متوسط حجم گلبول قرمز (MCV) بر حسب فمتولیترا (fL)؛ متوسط هموگلوبین در گلبول قرمز (MCH) بر حسب پیکوگرم (pg) و غلظت متوسط هموگلوبین در گلبول قرمز

## زیست‌سنجی و سنجش شاخص‌های خونی و هورمونی

در پایان دوره آزمایش، ماهیان ابتدا زیست‌سنجی شدند و سپس از سیاهرگ دمی هر یک از آن‌ها با سرنگ استریل خون‌گیری به عمل آمد. خون ماهیان با رعایت اصول انتقال خون در مجاورت سرما، به آزمایشگاه ویرومد (رشت) منتقل شد. بخشی از نمونه خون جمع‌آوری شده از هر ماهی به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ (Combi 514R، Hanil Scientific Inc، کره) شد تا سرم آن جدا شود. نمونه‌های سرم برای سنجش هورمونی در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سنجش هورمون GTH II با استفاده از کیت رادیواکتیو (RIA/IRMA، Immunotech، جمهوری چک) و ردیاب I125 به روش رادیو ایمنواسی (RIA) انجام شد. برای سنجش شاخص‌های خونی، بخش دیگر از نمونه خون، با ماده ضدانعقاد هپارین آغشته شد. برای اندازه‌گیری تعداد گلبول‌های قرمز (RBC)؛<sup>۱</sup> تعداد گلبول سفید (WBC)؛<sup>۲</sup> هموگلوبین (Hb) و هماتوکریت (Hct)؛<sup>۳</sup> از روش‌های

- 5- Mean Corpuscular Volume
- 6- 1 Femtoliter (fL) = 10<sup>-15</sup> Liter
- 7- Mean Corpuscular Hemoglobin
- 8- 1 Picogram (pg) = 10<sup>-12</sup> Gram

- 1- Red Blood Cell Count
- 2- White Blood Cell Count
- 3- Hemoglobin
- 4- Hematocrit

با استفاده از رابطه‌های ۴ و ۵ شاخص‌های GSI (Tyler and Sumpter, 1996; Brown-) و (Peterson, 2011) HSI و (Patzner, 1980) محاسبه شدند.

رابطه ۴:

$$GSI (\%) = (Gw / Bw) \times 100$$

Bw: وزن بدن؛ Gw: وزن گناد.

رابطه ۵:

$$HSI (\%) = [Lw / (Bw - Lw)] \times 100$$

Bw: وزن بدن؛ Lw: وزن کبد.

### تجزیه و تحلیل آماری

مقایسه میانگین هر یک از شاخص‌های اندازه‌گیری شده بین گروه‌های مورد آزمایش، پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) انجام شد و برای تعیین اختلاف معنی‌دار آماری بین گروه‌های آزمایشی از پس‌آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS 22 انجام شد.

(MCHC)<sup>۱</sup> بر حسب درصد با استفاده از رابطه‌های ۱ تا ۳ محاسبه شد (عامری مهابادی، Blaxhall and Daisley, 1973; ؛ ۱۳۷۸ (Svetina et al., 2002).

رابطه ۱:

$$MCV (fL) = [Hct (\%) / RBC (10^6 \cdot mm^{-3})] \times 10$$

رابطه ۲:

$$MCH (pg) = [Hb (g/dL) / RBC (10^6 \cdot mm^{-3})] \times 10$$

رابطه ۳:

$$MCHC (\%) = [Hb (g/dL) / Hct (\%)] \times 100$$

درصد هر یک از انواع گلبول‌های سفید نیز با شمارش افتراقی ۱۰۰ گلبول سفید در گسترش خونی رنگ‌آمیزی شده با گیمسا تعیین شد.

### سنجش شاخص‌های گنادی و کبدی

پس از تشریح، ابتدا وضعیت گناد هر مولد از لحاظ رسیدگی جنسی به صورت ظاهری بررسی شد (Brown-Peterson, 2011). سپس برای تعیین شاخص وزن گناد (GSI)<sup>۲</sup> یا و شاخص وزن کبدی (HIS)<sup>۳</sup>، گناد و کبد با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند و

2- Gonadosomatic Index  
3- Hepatosomatic Index

1- Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration

## نتایج

### میزان رسیدگی جنسی

حال توسعه بودند. در حالی که تعداد مولدین تیمار ۱ در این مرحله جنسی ۳۳٪ و در تیمار ۲، ۲۵٪ بود (جدول ۱). مولدین نر در گروه شاهد همگی در مرحله نهایی رسیدگی جنسی قرار داشتند به طوری که در تعدادی از مولدین با فشار آرام به شکم مقداری اسپرم به بیرون از منفذ تناسلی ریزش می‌کرد. در مولدین تیمار ۱ تنها ۵۰٪ مولدین و در تیمار ۲، ۶۷٪ از مولدین نر در مرحله رسیدگی نهایی قرار داشتند. در حالی که گناد ۵۰٪ از مولدین نر در تیمار ۱ و ۳۳٪ در تیمار ۲ از لحاظ ظاهری در مرحله توسعه گنادی قرار داشته و همچنین از لحاظ ظاهر نشانه‌های گناد سالم و بی‌نقص را نداشتند (جدول ۱).

نتایج بررسی گناد نشان داد مولدین ماده ماهی کوی (*Cyprinus carpio*) از لحاظ رسیدگی جنسی در سه گروه: ۱- در حال توسعه، ۲- رسیده نهایی و ۳- تخم‌ریزی کرده، قرار داشتند. ۷۵٪ از مولدین ماده گروه شاهد، حدود ۳۳٪ از تیمار ۱ و ۲۵٪ از تیمار ۲ تخم‌ریزی کردند. گناد هیچ یک از مولدین در گروه شاهد در مرحله رسیدگی نهایی نبود، در حالی که ۳۳٪ از مولدین باقی مانده در تیمار ۱ و ۵۰٪ از مولدین باقی مانده در تیمار ۲ در مرحله نهایی رسیدگی جنسی قرار داشتند. همچنین ۲۵٪ باقی مانده از مولدین گروه شاهد واجد گناد در

جدول ۱: مقایسه مولدین ماده و نر ماهی کوی (*Cyprinus carpio*) در مراحل رسیدگی جنسی مختلف بین سه گروه آزمایشی مواجه‌سازی با امواج الکترومغناطیسی موبایل

جنسیت	مرحله رسیدگی	گروه‌های آزمایشی		
		شاهد (درصد)	تیمار ۱* (درصد)	تیمار ۲** (درصد)
مولدین کوی ماده	در حال توسعه	۲۵	۳۳/۳	۲۵
	رسیده نهایی	۰	۳۳/۳	۵۰
	تخم‌ریزی کرده	۷۵	۳۳/۳	۲۵
مولدین کوی نر	در حال توسعه	۰	۵۰	۳۳/۳
	رسیده نهایی	۱۰۰	۵۰	۶۷
	اسپرم ریزی کرده	۰	۰	۰

\*: قرارگیری در معرض امواج تلفن همراه در حالت روشن (Stand by)، روزانه ۴ بار و هر بار ۳۰ دقیقه  
 \*\*: قرارگیری در معرض امواج تلفن همراه در حالت برقراری تماس (Calling Mode)، روزانه ۴ بار و هر بار ۳۰ دقیقه

شاخص‌های وزنی گنادی و کبدی و هورمون  
**GTH II**  
 در مولدین کوی ماده، میانگین شاخص وزنی گناد (GSI) در مولدین تیمار ۱ (۷/۸±۳/۸٪) بیشتر از گروه شاهد و تیمار ۲ بود اما اختلاف معنی‌دار آماری بین گروه‌های آزمایشی وجود نداشت (P>۰/۰۵؛ جدول ۲). میانگین شاخص وزنی کبد (HSI) در مولدین تیمار ۲ (۰/۳±۰/۱٪) به طور معنی‌داری کمتر از تیمار ۱ بود (P<۰/۰۵) و در حالی که کمتر از گروه شاهد بود ولی اختلاف معنی‌داری با آن نداشت (P>۰/۰۵؛ جدول ۲). همچنین میانگین میزان هورمون GTH II در مولدین تیمار ۲ (U<sup>-1</sup>) (۰/۷۵±۰/۲۵) بیشتر از گروه شاهد و تیمار ۱ بود اما اختلاف معنی‌دار آماری با آن‌ها نداشت (P>۰/۰۵؛ جدول ۲). در مولدین کوی نر، میانگین شاخص GSI در گروه شاهد (۲/۵۳±۰/۶۳٪) بیشتر از تیمار ۱ و ۲ بود اما اختلاف معنی‌دار آماری بین گروه‌های آزمایشی وجود نداشت (P>۰/۰۵).

جدول ۲: مقایسه میزان شاخص‌های وزنی گناد (GSI) و کبد (HSI) و میزان هورمون GTH II ماهیان ماده و نر کوی (*Cyprinus carpio*) در سه گروه آزمایشی مواجه‌سازی با امواج الکترومغناطیسی موبایل (میانگین ± خطای استاندارد)

جنسیت	شاخص	گروه‌های آزمایشی		
		شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲
مولدین کوی ماده	GSI (%)	۲/۷±۰/۱۴ <sup>a</sup>	۷/۸±۳/۸ <sup>a</sup>	۴/۱±۱/۵۰ <sup>a</sup>
	HSI (%)	۰/۶±۰/۱۰ <sup>ab</sup>	۰/۸±۰/۱۴ <sup>a</sup>	۰/۳±۰/۱۰ <sup>b</sup>
مولدین کوی نر	GTH II (U <sup>-1</sup> )	۰/۳۷±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۰/۵۸±۰/۱۷ <sup>a</sup>	۰/۷۵±۰/۲۵ <sup>a</sup>
	GSI (%)	۲/۵۳±۰/۶۳ <sup>a</sup>	۱/۲۰±۰/۳۸ <sup>a</sup>	۲/۴۸±۰/۴۹ <sup>a</sup>
مولدین کوی نر	HSI (%)	۰/۷۸±۰/۱۳ <sup>a</sup>	۰/۷۳±۰/۱۰ <sup>a</sup>	۰/۳۳±۰/۰۷ <sup>b</sup>
	GTH II (U <sup>-1</sup> )	۰/۶۰±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۰/۴۱±۰/۰۲ <sup>a</sup>	۰/۸۵±۰/۲۴ <sup>a</sup>

\*: قرارگیری در معرض امواج تلفن همراه در حالت روشن (Stand by)، روزانه ۴ بار و هر بار ۳۰ دقیقه



\*\* فرارگیری در معرض امواج تلفن همراه در حالت برقراری تماس (Calling Mode)، روزانه ۴ بار و هر بار ۳۰ دقیقه

حروف متفاوت در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف است ( $P < 0.05$ ).

میانگین شاخص HSI در مولدین نر تیمار ۲ ( $0.33 \pm 0.07$ ) به طور معنی‌داری کمتر از تیمار ۱ و گروه شاهد بود ( $P < 0.05$ ). همچنین میانگین میزان هورمون GTH II در مولدین تیمار ۲ ( $0.85 \pm 0.24 \text{ UI}^{-1}$ ) بیشتر از گروه شاهد و تیمار ۱ بود اما اختلاف معنی‌دار آماری با آن‌ها نداشت ( $P > 0.05$ ; جدول ۲).

### شاخص‌های خونی

بررسی شاخص‌های خونی در مولدین ماده کوی نشان داد میانگین عددی شاخص‌های تعداد گلبول قرمز (RBC)، هموگلوبین (Hb) و هماتوکریت (Hct) خون در ماهیان تیمار ۲ نسبت به تیمار ۱ کمتر ( $P > 0.05$ ) و نسبت به گروه شاهد به طور معنی‌داری کمتر بود ( $P < 0.05$ ). در مورد سایر شاخص‌ها اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ; جدول ۳).

### بحث

بر اساس نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر، تعداد مولدین ماده کوی (*Cyprinus carpio*) که در مرحله تخم‌ریزی بودند و تعداد مولدین نری که در مرحله نهایی رسیدگی گناده قرار داشتند، در گروه شاهد، نسبت به دو تیمار دیگر که در معرض تلفن‌های همراه بودند،

آنالیز شاخص‌های خونی در مولدین نر کوی نشان داد میانگین عددی شاخص تعداد گلبول

جدول ۳: مقایسه شاخص‌های خونی مولدین ماده و نر ماهی کوی (*Cyprinus carpio*) در سه گروه آزمایشی مواجهه‌سازی با امواج الکترومغناطیسی موبایل (میانگین  $\pm$  خطای استاندارد)

جنسیت	شاخص	گروه‌های آزمایشی		
		شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲
مولدین کوی ماده	<b>RBC</b> ( $\text{mm}^3$ )	۱۴۹۰۰۰ $\pm$ ۴۴۳۴۷ <sup>a</sup>	۱۳۸۵۰۰ $\pm$ ۴۳۲۶۳ <sup>ab</sup>	۱۲۶۵۰۰ $\pm$ ۲۳۶۲۹ <sup>b</sup>
	<b>Hb</b> (g/dL)	۹/۰ $\pm$ ۰/۳ <sup>a</sup>	۸/۲ $\pm$ ۰/۳ <sup>ab</sup>	۷/۵ $\pm$ ۰/۲ <sup>b</sup>
	<b>Hct</b> (%)	۳۵/۷ $\pm$ ۱/۲ <sup>a</sup>	۳۲/۷ $\pm$ ۱/۴ <sup>ab</sup>	۳۰/۲ $\pm$ ۰/۸ <sup>b</sup>
	<b>MCV</b> (fL)	۲۳۸/۸ $\pm$ ۱/۹۷ <sup>a</sup>	۲۳۵/۳ $\pm$ ۲/۹۴ <sup>a</sup>	۲۳۸/۰ $\pm$ ۲/۰۴ <sup>a</sup>
	<b>MCH</b> (pg)	۶۰/۰ $\pm$ ۰/۶ <sup>a</sup>	۵۹/۳ $\pm$ ۰/۷ <sup>a</sup>	۵۸/۸ $\pm$ ۱/۳ <sup>a</sup>
	<b>MCHC</b> (%)	۲۴/۸ $\pm$ ۰/۲ <sup>a</sup>	۲۵/۰ $\pm$ ۰/۰ <sup>a</sup>	۲۴/۵ $\pm$ ۰/۵ <sup>a</sup>
	<b>WBC</b> ( $\text{mm}^3$ )	۶۶۱۷ $\pm$ ۱۲۲۵ <sup>a</sup>	۷۴۶۷ $\pm$ ۱۸۹۲ <sup>a</sup>	۷۸۵۰ $\pm$ ۵۷۳ <sup>a</sup>
	<b>نوتروفیل</b> (%)	۲۰/۰ $\pm$ ۱/۶ <sup>a</sup>	۲۲/۰ $\pm$ ۱/۹ <sup>a</sup>	۲۴/۳ $\pm$ ۰/۳ <sup>a</sup>
	<b>لنفوسیت</b> (%)	۷۳/۸ $\pm$ ۲/۰۱ <sup>a</sup>	۷۲/۸ $\pm$ ۲/۴۸ <sup>a</sup>	۷۰/۷ $\pm$ ۰/۳۰ <sup>a</sup>
	<b>منوسیت</b> (%)	۵/۵ $\pm$ ۰/۶ <sup>a</sup>	۵/۰ $\pm$ ۰/۶ <sup>a</sup>	۴/۸ $\pm$ ۰/۲ <sup>a</sup>
<b>اُوزینوفیل</b> (%)	۰/۷ $\pm$ ۰/۳ <sup>a</sup>	۰/۲ $\pm$ ۰/۲ <sup>a</sup>	۰/۲ $\pm$ ۰/۲ <sup>a</sup>	
مولدین کوی نر	<b>RBC</b> ( $\text{mm}^3$ )	۱۳۲۳۳۳۳ $\pm$ ۱۰۵۴۱ <sup>a</sup>	۱۴۶۵۰۰ $\pm$ ۵۴۵۷۴ <sup>a</sup>	۱۳۸۵۰۰ $\pm$ ۸۷۳۵۹ <sup>a</sup>
	<b>Hb</b> (g/dL)	۷/۸ $\pm$ ۰/۰۳ <sup>a</sup>	۸/۸ $\pm$ ۰/۳۷ <sup>a</sup>	۸/۲ $\pm$ ۰/۵۱ <sup>a</sup>
	<b>Hct</b> (%)	۳۱/۰ $\pm$ ۰/۳۷ <sup>a</sup>	۳۵/۶۶ $\pm$ ۱/۶۵ <sup>a</sup>	۳۳/۰ $\pm$ ۰/۱۲ <sup>a</sup>
	<b>MCV</b> (fL)	۲۳۴/۰ $\pm$ ۱/۵۱ <sup>a</sup>	۲۴۴/۵۰ $\pm$ ۲/۰۱ <sup>b</sup>	۲۳۷/۶۶ $\pm$ ۱/۸۲ <sup>a</sup>
	<b>MCH</b> (pg)	۵۸/۸۳ $\pm$ ۰/۴۰ <sup>a</sup>	۵۹/۶۶ $\pm$ ۰/۳۳ <sup>a</sup>	۵۹/۳۳ $\pm$ ۰/۶۶ <sup>a</sup>
	<b>MCHC</b> (%)	۲۵/۲۰ $\pm$ ۰/۳۱ <sup>a</sup>	۲۴/۵۰ $\pm$ ۰/۲۲ <sup>a</sup>	۲۴/۶۶ $\pm$ ۰/۳۳ <sup>a</sup>
	<b>WBC</b> ( $\text{mm}^3$ )	۴۴۰۰/۰ $\pm$ ۱۸۹/۷۴ <sup>a</sup>	۶۸۱۶/۷ $\pm$ ۷۶۴/۳۸ <sup>ab</sup>	۹۵۰۰/۰ $\pm$ ۱۲۴۰/۶۹ <sup>b</sup>
	<b>نوتروفیل</b> (%)	۱۹/۰ $\pm$ ۰/۳۶ <sup>a</sup>	۲۰/۰ $\pm$ ۰/۶۰ <sup>a</sup>	۲۴/۵ $\pm$ ۰/۸۵ <sup>b</sup>
	<b>لنفوسیت</b> (%)	۷۶/۳ $\pm$ ۰/۵ <sup>a</sup>	۷۳/۰ $\pm$ ۰/۹ <sup>b</sup>	۶۹/۷ $\pm$ ۱/۵ <sup>c</sup>
	<b>منوسیت</b> (%)	۴/۲ $\pm$ ۰/۴ <sup>a</sup>	۵/۰ $\pm$ ۰/۴ <sup>a</sup>	۵/۰ $\pm$ ۰/۶ <sup>a</sup>
<b>اُوزینوفیل</b> (%)	۰/۵۰ $\pm$ ۰/۲ <sup>a</sup>	۱/۲۰ $\pm$ ۰/۴ <sup>a</sup>	۰/۸۳ $\pm$ ۰/۴ <sup>a</sup>	

\*: قرارگیری در معرض امواج تلفن همراه در حالت روشن (Stand by)، روزانه ۴ بار و هر بار ۳۰ دقیقه

\*\* فرارگیری در معرض امواج تلفن همراه در حالت برقراری تماس (Calling Mode)، روزانه ۴ بار و هر بار ۳۰ دقیقه حروف متفاوت در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف است ( $P < 0.05$ ).

این موضوع در مورد مولدین ماده کوی نیز در مطالعه حاضر مشاهده شد.

میزان شاخص HSI هر دو گروه مولدین ماده و نر، در تیمار ۲ نسبت به تیمار ۱ و شاهد به طور معنی‌داری کمتر بود (جدول ۲). GSI و HSI شاخص‌های فیزیولوژیکی مهمی در مطالعات تولیدمثل ماهیان به حساب می‌آیند. در بسیاری از مطالعات نشان داده شده است که در مرحله توسعه و رشد تخمک‌ها، HSI افزایش قابل توجهی می‌یابد در حالی که پس از تخم‌ریزی مقدار این شاخص کاهش می‌یابد و در مرحله استراحت تخمدان مجدداً زیاد می‌شود (Kumari et al., 2014). از طرفی، در مطالعات زیست‌شناختی، از این شاخص‌ها به عنوان شاخصی برای تعیین تغییر در وضعیت انرژی یا وضعیت تغذیه ماهی استفاده می‌شود. در این مطالعات فرض بر این است که مقادیر کمتر از حالت نرمال نشان می‌دهد که انرژی مورد نیاز برای رشد اندام مربوطه (گناد یا کبد) برای مقابله با استرس وارد شده به ماهی از وضعیت طبیعی منحرف می‌شود. در بسیاری از مطالعات انجام شده در مورد اثر انواع عوامل استرس‌زا بر

بیشتر بود (جدول ۱). میزان شاخص GSI در مولدین ماده کوی، در تیمار ۱ و ۲ نسبت به شاهد بیشتر و در مولدین نر کوی، در گروه شاهد بیشتر از دو تیمار دیگر بود. با این حال بین هیچ یک از تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بخشی از این نتایج به رسیدگی جنسی مولدین مربوط می‌شود چرا که تعداد ماده‌های تیمار ۱ و ۲ که در مرحله توسعه گنادی و مرحله نهایی رسیدگی قرار داشتند به دلیل وزن زیاد تخمدان، GSI بیشتری نسبت به گروه شاهد داشتند و گناد اکثر مولدین ماده گروه شاهد به دلیل تخم‌ریزی و خالی شدن تخمدان از تخمک، از وزن کمی برخوردار بود. در نرها، زیاد بودن GSI در گروه شاهد نسبت به دو تیمار دیگر به دلیل آن است که تمام مولدین نر گروه شاهد در مرحله نهایی رسیدگی بودند و هنوز از اسپرم خالی نشده بودند. از این رو، گنادی حجیم با وزن بالا داشتند. در مطالعه‌ای، Elebetieha و AL-Akhras (۲۰۰۲) به مدت ۹۰ روز موش‌های ماده را در معرض پالس‌های یک میدان الکترومغناطیسی قرار دادند و افزایش قابل توجهی را در وزن تخمدان مشاهده کردند.

بیشتر از شاهد (با ۲۵٪ مولدین ماده در مرحله توسعه تخمدانی) بود. در حالی که مطابق با همان پیش‌بینی، انتظار می‌رفت شاخص وزنی کبد در تیمار ۲ (با ۲۵٪ مولدین ماده در مرحله توسعه تخمدانی) تفاوت فاحشی با دو گروه دیگر نداشته باشد، اما از گروه شاهد کمتر و به طور معنی‌داری کمتر از تیمار ۱ بود. بنابراین به نظر می‌رسد در مولدین تیمار ۲ امواج الکترومغناطیسی منتشر شده در حالت برقراری تماس از تلفن همراه بر کبد تاثیر گذاشته باشد. همچنین به نظر می‌رسد امواج ساطع شده از تلفن همراه در حالت برقراری تماس، شدیدتر و اثرگذارتر از حالت گوشی روشن در حالت Stand by بود. در مطالعاتی که بر روی تاثیر عوامل استرس‌زا مانند مواد سمی ارسنیک بر کبد ماهی *Heteropneustes fossilis* گزارش شده است، HSI و GSI کاهش یافتند (Singh and Srivastava, 2015). نتایج متناقضی در برخی مطالعات انجام شده در زمینه اثر امواج الکترومغناطیسی در پستانداران گزارش شده است. به عنوان مثال Ghaedi و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی تاثیر امواج موبایل بر کبد رت‌های نر نابالغ دریافتند که وزن کبد گروه آزمایشی که به مدت یک ماه هر روز ۵ بار و هر بار به مدت ۲۰ دقیقه در معرض گوشی‌های

ماهیان، از شاخص‌هایی همچون HSI و GSI برای تعیین اثر این عوامل بر ماهی، استفاده شده است. البته این شاخص‌ها ممکن است بر اساس عواملی مانند سن، مرحله رسیدگی جنسی و فصل هم تغییر کنند. در برخی از مطالعاتی که برای ارزیابی اثرات انواع عوامل استرس‌زا بر ماهیان (مانند مواد سمی و یا عوامل استرس‌زای فیزیکی مانند انواع امواج الکترومغناطیسی از امواج یونیزه کننده گرفته تا امواج غیر یونیزان، از HSI و GSI به عنوان شاخص استفاده شد، نشان داده شده است که در مواجهه با این عوامل عموماً افزایش در اندازه، به دلیل هیپرپلازی (افزایش در تعداد سلول) و هیپرتروفی (افزایش در اندازه سلول) یا هر دو، صورت می‌گیرد (Slooff et al., 1983; Heath, 1995; Kumari et al., 2014). در حالی که در برخی دیگر از مطالعات در اثر مواجهه‌سازی با عوامل استرس‌زا کاهش GSI یا کاهش HSI مشاهده شد (Marchand et al., 2008; Singh and Srivastava, 2015). در مطالعه حاضر نیز در مورد مولدین نر کوی، کاهش GSI و کاهش معنی‌دار HSI در تیمار ۲ نسبت به شاهد و تیمار ۱ مشاهده شد. در مولدین ماده طبق انتظار، شاخص وزنی کبد در تیمار ۱ (با ۳۳٪ مولدین ماده در مرحله توسعه تخمدانی)، کمی

می‌شود که اغلب افراد این گروه تخم‌ریزی کرده بودند و این هورمون در آن‌ها کاهش یافته بود. بیشتر بودن GTH II تیمار ۲ هم به این خاطر است که درصد بیشتری از افراد این گروه در مرحله تخم‌ریزی قرار دارند. اما ماهیان این تیمار در مرحله نهایی باقی مانده است و اوولاسیون و در نهایت تخم‌ریزی در آن‌ها اتفاق نیفتاد. بنابراین احتمال می‌رود که عاملی سبب شده تا القا هورمونی برای ریزش تخم‌ها صورت نگیرد و با توجه به این که این گروه تحت تیمار با امواج الکترومغناطیسی بودند بنابراین به نظر می‌رسد تاثیرگذاری این امواج سبب عدم موفقیت در تخم‌ریزی آن دسته از مولدین این گروه شده باشد. در مورد مولدین نر کوی نیز مانند ماده‌ها، با وجود این که تغییر مقادیر GTH II در بین گروه‌های مورد آزمایش معنی‌دار نبود، ولی مقدار آن در تیمار ۲ نسبت به شاهد و تیمار ۱ بیشتر بود.

در تایید نتایج مطالعه حاضر، حمایت‌خواه جهرمی و همکاران (۱۳۸۹)، در بررسی اثر امواج موبایل در موش‌های صحرایی ماده بالغ بیان کردند که افزایش میزان هورمون LH در گروهی که طی مدت ۲ هفته روزانه ۱۲ بار و هر بار ۱۰ دقیقه، در مجاورت با تلفن همراه در حالت مکالمه قرار داده شده بودند مشاهده شد،

تلفن همراه در حالت مکالمه قرار داده شده بودند، نسبت به گروه شاهد افزایش قابل توجهی یافت.

از آنجا که شاخص‌های GSI و HSI شاخص‌های فیزیولوژیکی هستند که توسط آن‌ها می‌توان تشخیص داد که ماهی در معرض عوامل و یا شرایط استرس‌آور قرار دارد یا نه، بنابراین می‌توان گفت ممکن است تغییرات ایجاد شده در شاخص‌های وزنی گناد و کبد در تیمار مولدین ماده و نر کوی با امواج الکترومغناطیسی منتشر شده از گوشی‌های تلفن همراه، به علت اثرگذاری این امواج بر بافت کبد و گناد در این مولدین بوده باشد.

GTH II که معادل LH در مهره‌داران عالی‌تر است در ماهیان ماده، در رسیدگی نهایی اووسیت و اوولاسیون دخیل است و در نرها در تولید و رهاسازی اسپرم و مایع اسپرمی یعنی مرحله نهایی رسیدگی جنسی دخالت دارد. در مطالعه حاضر میزان هورمون GTH II در مولدین ماده تیمار ۲ بیشتر از گروه شاهد و تیمار ۱ بود، اما اختلاف معنی‌دار آماری با آن‌ها نداشت ( $P > 0.05$ ). از آنجا که GTH II در مرحله نهایی رسیدگی افزایش ناگهانی می‌یابد بنابراین کمتر بودن مقدار این هورمون در گروه شاهد نسبت به دو گروه دیگر مربوط به این

نشان داد که با وجود اثرات سوء شدید امواج بر بافت گناد نر و افزایش میزان اسپرم غیرطبیعی، در سطح سرمی هورمون LH گروه تیمار با گروه شاهد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (Hammodi, 2011).

تفاوت یافته‌های پژوهشگران دیگر با یافته‌های به دست آمده در مورد تاثیر امواج الکترومغناطیسی موبایل بر اندام‌های تولیدمثلی ماهی کوی در مطالعه حاضر، می‌تواند به علت تفاوت در جانور مورد مطالعه، تفاوت در فرکانس و شدت میدان‌های مورد مطالعه و یا تفاوت در مدت زمان پرتو دهی باشد.

یکی از ابزارهای مهم مورد استفاده برای ارزیابی وضعیت سلامت جانوران، اندازه‌گیری شاخص‌های خونی است (Soud, 2004). در مطالعه حاضر، بررسی تاثیرگذاری امواج الکترومغناطیسی تلفن همراه (۹۰۰ مگاهرتز) بر ماهی کوی ماده بالغ نشان داد ماهیانی که روزانه ۴ بار هر بار به مدت ۳۰ دقیقه در مجاور تلفن‌های همراه در حال برقرار شدن تماس قرار داشتند پس از ۱۰ روز میزان گلبول قرمز، هموگلوبین و هماتوکریت خون آن‌ها کمتر از ماهیان شاهد و همچنین کمتر از ماهیانی بود که به همان مدت ولی در معرض تلفن‌های همراه روشن بی‌مکالمه بودند. در حالی که شاخص‌های

در حالی که تفاوت معنی‌داری در وزن تخمدان در گروه‌های مختلف مشاهده نشد. در مطالعه بهارآرا و همکاران (۱۳۸۳) که با قرار دادن موش‌های ماده گروه تجربی تحت امواج شبیه‌سازی شده تلفن همراه انجام گرفت، تغییر معنی‌داری در مقدار هورمون LH مشاهده نشد. همچنین Hjollund و همکاران (۱۹۹۹) در مطالعه اثر میدان‌های الکترومغناطیسی بر شاخص‌های باروری گزارش کردند که این امواج بر مقادیر هورمون‌های تولیدمثلی تاثیر معنی‌داری نداشت.

De Seze و همکاران (۱۹۹۸) غلظت گنادوتروپین LH هیپوفیز قدامی ۲۱ مرد سالم قرار گرفته در معرض امواج ۹۰۰ مگاهرتز تلفن همراه را بررسی کردند و هیچ تغییری نیافتند. با این حال آن‌ها بیان داشتند که شاید مدت زمان قرارگیری در معرض امواج تلفن همراه برای ایجاد هرگونه تاثیر مهمی ممکن است کافی نبوده باشد (De Seze et al., 1998). نتایج مطالعه Radichera (۲۰۰۲) نشان داد که قرارگیری موش‌های صحرایی در معرض میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت میدان ۲۵ میکروتسلا سبب کاهش ناچیزی در میزان LH شد. مطالعه دیگری که بر روی اثر تلفن همراه بر باروری رت‌های نر انجام شد،

نشان دهنده فعال شدن سیستم ایمنی بدن در برابر عوامل مزاحم و استرس‌آور محیطی است (کاظمی و همکاران، ۱۳۸۹).

در مطالعه Singh و همکاران (۲۰۱۳)، اثر امواج الکترومغناطیسی روی گلبول‌های قرمز خون موش نر آلبینو که به مدت ۸ الی ۱۰ ساعت طی ۷، ۱۴، ۲۸، ۴۲ و ۵۶ روز در معرض امواج منتشر شده از مونی‌تور کامپیوتر قرار داده شده بودند، مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها دریافتند که تعداد گلبول‌های قرمز و غلظت هموگلوبین تا روز ۴۲ مواجه‌سازی با امواج کاهش یافت و در تمام مدت آزمون همواره کمتر از گروه طبیعی شاهد قرار داشتند (Singh et al., 2013). El-Ghazaly و Alghamdi (۲۰۱۲) در بررسی اثر میدان‌های الکترومغناطیسی دو نوع گوشی تلفن همراه (Nokia و Alcatel) روی برخی از شاخص‌های خونی موش سفید نر، دو آزمایش کوتاه مدت و بلند مدت انجام دادند. آن‌ها در آزمایش کوتاه مدت گروهی از موش‌ها را به مدت ۶۰ دقیقه در روز طی دو هفته و در آزمایش طولانی مدت ۹۰ دقیقه در روز طی ۱، ۲ و ۳ ماه در معرض دو نوع گوشی موبایل قرار دادند. کاهش در هموگلوبین، هماتوکریت و تعداد گلبول‌های قرمز و پلاکت‌ها در هر دو آزمایش کوتاه مدت و

MCV، MCH و MCHC و نیز تعداد WBC، نوتروفیل، لنفوسیت، مونوسیت و ائوزینوفیل در گروه‌های آزمایشی تیمار با تلفن همراه نسبت به شاهد تغییر معنی‌داری را نشان ندادند. در مولدین نر کوی نیز میزان WBC و نوتروفیل ماهیانی که روزانه ۴ بار هر بار به مدت ۳۰ دقیقه در مجاور تلفن‌های همراه در حال برقرار شدن تماس قرار داشتند بیشتر و میزان لنفوسیت آن‌ها کمتر از ماهیان نر شاهد و ماهیان نر تیماری بود که طی همان مدت ولی در معرض تلفن‌های همراه روشن بی‌مکالمه قرار داده شده بودند. همچنین میزان MCV کوی‌های نر در تیمار با امواج تلفن همراه روشن و بدون مکالمه نسبت به شاهد و تیمار با امواج تلفن همراه روشن در حال برقراری تماس به طور معنی‌داری بیشتر بود.

گلبول‌های قرمز که حاوی هموگلوبین‌اند وظیفه آن‌ها حمل و نقل اکسیژن و دی‌اکسیدکربن در خون است. با توجه به اهمیتی که گلبول‌های قرمز در اکسیژن‌رسانی به سلول‌های بدن دارند، بنابراین هر گونه کاهش در تعداد این سلول‌ها و یا کاهش در میزان هموگلوبین و یا هماتوکریت نشان دهنده کم‌خونی و نرسیدن اکسیژن کافی به سلول‌های بدن است. افزایش در تعداد گلبول‌های سفید نیز

۲ ساعت در روز طی ۲ هفته در معرض تاثیر امواج تلفن همراه (۹۵۰ مگاهرتز، ۳ و ۶ وات) قرار داده شده بودند، متوجه شدند که افزایش معنی داری در تعداد WBC در گروه ۶ وات نسبت به شاهد و گروه تیمار ۳ وات ایجا شد. پلاکتها در تیمار ۳ وات کاهش و در تیمار ۶ وات افزایش داشت. تفاوت معنی داری در تعداد گلبول قرمز و شاخصهای وابسته به آن در بین تیمارها و شاهد مشاهده نشد. آنها نتیجه گرفتند که میدان الکترومغناطیسی تلفن همراه سبب تغییر در برخی از شاخصهای خونی می شود که ممکن است بازتابی از تاثیرات حرارتی و غیرحرارتی این امواج باشد. آنها همچنین بیان داشتند که یافتن دلیل دقیق این اختلاف بین آنها آسان نیست (Sarookhani et al., 2012).

در حالی که، Bonhomme-Faivre و همکاران (۱۹۹۸)، در مطالعه خود در مورد تاثیر بلند مدت امواج الکترومغناطیسی بر شاخصهای زیستی موش آزمایشگاهی بیان داشتند که شاخصهای خونی (Hb, RBC, PCV, MCV, MCH, MCHC و WBC) موشهایی که به مدت ۶۳ و ۹۰ روز در معرض امواج الکترومغناطیسی با فرکانس کم قرار داده شده بودند، در پایان مدت آزمایش تغییر معنی داری

بلند مدت در برابر هر دو نوع گوشی موبایل (Alcatel, Nokia) و افزایش معنی دار در میانگین تعداد گلبولهای سفید و لنفوسیت مشاهده شد. آنها علت را افزایش پاسخ ایمنی بدن در برابر امواج الکترومغناطیسی بیان کردند (Alghamdi and El-Ghazaly, 2012).

Tohidi و همکاران ۲۰۱۶ در مطالعه تاثیر امواج تلفن همراه بر شاخصهای خونی موش نر BALB/C که در آن ۴ گروه از موشها را دو بار در روز به ترتیب به مدت ۳۰ دقیقه، ۱ ساعت، ۲ ساعت و ۴ ساعت طی ۱ ماه و گروهی دیگر را یک بار در روز به مدت ۴ ساعت طی یک ماه در معرض امواج تلفن همراه قرار دادند (۹۰۰ و ۱۸۰۰ مگاهرتز)، MCHC در گروهی که نیم ساعت امواج دریافت می کرد و MCH در گروههایی که نیم، ۲ و ۴ ساعت امواج دریافت می کردند به طور معنی داری با گروه شاهد متفاوت بود (Tohidi et al., 2016).

از طرفی Sedehi Esfahani و همکاران (۲۰۰۷)، افزایش معنی داری را در Hct, RBC و Hb در برخی رت هایی که به مدت یک سال با میدان الکترومغناطیسی مواجه شده بودند، گزارش کردند. همچنین Sarookhani و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه ای بر روی شاخصهای خونی خرگوشهای نری که به مدت



شد می‌تواند به جنسیت مربوط باشد. در مجموع نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر نشان داد که امواج الکترومغناطیسی در محدوده ۹۰۰ مگاهرتز بر شاخص‌های خونی و تولید مثلی ماهی کوی بالغ نر و ماده تاثیرگذار بود. هر چند برای پاسخ قطعی در مورد اثرات زیانبار امواج الکترومغناطیسی بر ماهیان به مطالعات وسیع‌تری در آینده نیاز است.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از ریاست محترم وقت اداره کل شیلات استان زنجان جناب آقای مهندس محمود صیاد بورانی، ریاست محترم موسسه تحقیقات علوم شیلاتی ایران جناب آقای دکتر پورکاظمی، ریاست محترم پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی (بندرانزلی) جناب آقای دکتر خانی‌پور و معاونین محترم آن پژوهشکده آقایان دکتر ولی‌پور و مهندس صفایی و نیز ریاست و کارشناسان محترم ایستگاه تغذیه و غذای زنده پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی (بندرانزلی) به دلیل حمایت‌های صمیمانه‌شان تشکر می‌گردد.

نسبت به شاهد نداشتند. در مطالعه‌ای که توسط بهارآرا و همکاران (۱۳۸۸)، در مورد اثر تلفن همراه روی سیستم هماتوپوئیتیک موش‌های نابالغ BALB/c انجام شد، نتایج نشان داد که تابش امواج الکترومغناطیسی تلفن همراه بر سیستم هماتوپوئیتیک موش‌های نر نابالغ یک ماهه تا ۱۵ روز (۳۰ دقیقه در روز) هیچ اثری بر شاخص‌های خونی نداشت (بهارآرا و همکاران، ۱۳۸۸).

تفاوت‌های موجود بین نتایج به دست آمده از مطالعات مختلف، دلایل متفاوتی دارد که بخشی از آن به وجود اختلافات گسترده در روش کارهای موجود در این مطالعات، گونه جانور مورد آزمایش، طراحی تیمار بندی برای قرار دادن جانور در معرض امواج و یا انواع مختلف بافت‌های مورد مطالعه برمی‌گردد. شرایط مختلف محیطی نیز ممکن است در این اختلافات دخیل باشد (Lee and Yang, 2014). این که در مطالعه حاضر، در جنس ماده و نر ماهی کوی در مواجهه با امواج الکترومغناطیسی با شدت و زمان یکسان، نتایج متفاوتی در میزان شاخص‌های خونی مشاهده

## منابع

- بهارآرا ج.، پریور ک.، اشرف ع.ر. و عزیزی م. ۱۳۸۸. اثر امواج تلفن‌های همراه بر سیستم‌های خون‌ساز موش نر نابالغ نژاد BALB/c. فصلنامه علمی پژوهشی فیض، ۱۳(۲): ۷۵-۸۱.
- بهارآرا ج.، پریور ک.، عربان ش. و اشرف ع.ر. ۱۳۸۳. اثرات تابش طولانی مدت امواج شبیه‌سازی شده تلفن‌های همراه بر غدد تناسلی موش ماده نژاد Balb/C. فصلنامه باروری و ناباروری، ۳(۵): ۲۱۷-۲۲۶.
- بهمنی م.، آقا کوچکی م. و تکریمی نیاراد م. ۱۳۹۳. کاربرد میدان‌های مغناطیسی ثابت بر شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی آب و تاثیر آب مغناطیسی شده بر بیوفیزیولوژی ماهی طلایی *Carassius auratus*. مجله آبزیان زینتی، ۱(۲): ۱-۱۰.
- حمایت‌خواه جهرمی و.، فتاحی ا.، نظری م.، جوهری ح.ا. و کارگر ح. ۱۳۸۹. بررسی اثر امواج موبایل بر تعداد فولیکول‌های تخمدان و میزان هورمون‌های LH، FSH، استروژن و پروژسترون در موش‌های صحرایی بالغ. مجله علمی پژوهشی سلول و بافت، ۱(۱): ۲۷-۳۴.
- عامری مهابادی م. ۱۳۷۸. روش‌های آزمایشگاهی هماتولوژی دامپزشکی. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. ۱۲۶ ص.
- کاظمی ر.، پور دهقانی م.، یوسفی جوردهی الف.، یارمحمدی م. و نصری تجن م. ۱۳۸۹. فیزیولوژی دستگاه گردش خون آبزیان و فنون کاربردی خون شناسی ماهیان. انتشارات بازرگان، ۱۹۴ ص.
- Alghamdi M.S. and El-Ghazaly N.A. 2012. Effects of exposure to electromagnetic field on some hematological parameters in mice. Open Journal of Medicinal Chemistry, 2: 30-42.
- Balmori A. 2009. Electromagnetic pollution from phone masts Effects on wildlife. Pathophysiology, 16: 191-199.
- Banik S., Bandyopadhyay S. and Ganguly S.B. 2003. Effects of microwave-a brief review. Bioresource Technology, 87: 155-159.
- Blaxhall P.C. and Daisley K.W. 1973. Routine hematological methods for use with fish blood. Journal of Fish Biology, 5: 771-781.
- Bonhomme-Faivre L., Mace A., Bezie Y., Marion S., Bindoula G., Szekely A.M., Frenois N., Auclair H., Orbach-Arbouys S. and Bizi E. 1998. Alterations of biological parameters in mice chronically exposed to low frequency (50 Hz) electromagnetic fields. Life Science, 62(14): 1271-1280.

- Brown-Peterson N.J., Wyanski Fran D.M., Saborido-Rey F., Macewicz B.J. and Lowerre-Barbieri S.K. 2011.** A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Marine and Coastal Fisheries*, 3(1): 52–70.
- Cember H. 1992.** Introduction to Health Physics. McGraw Hill, New York. 54P.
- Cucurachi S., Tamis W.L., Vijver M.G., Peijnenburg W.J., Bolte J.F. and De Snoo G.R. 2013.** A review of the ecological effects of radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF). *Environment International*, 51: 116–140.
- De Seze R., Fabbro-Peray P. and Miro L. 1998.** GSM radiocellular telephones do not disturb the secretion of antepituitary hormones in humans. *Bioelectromagnetics*, 19: 271–278.
- Elebetieha A. and AL-Akhras M. 2002.** Long-term exposure of male and female rat to 40 Hz magnetic field effects on fertility. *Bioelectromagnetics*, 23: 168–172.
- Ghaedi S., Kargar Jahromi H., Farzam M., Azhdari S., Mahmoudi Teimourabad S. and Bathaee H. 2013.** Effects of mobile phone radiation on the liver of immature rats. *Advances in Environmental Biology*, 7(6): 1127–1132.
- Gill A.B. and Bartlett M. 2010.** Literature review on the potential effects of electromagnetic fields and subsea noise from marine renewable energy developments on Atlantic salmon, sea trout and European eel. Scottish Natural Heritage Commissioned Report, No.: 401. 43P.
- Groff J.M. and Zinkl J.G. 1999.** Hematology and clinical chemistry of cyprinid fish, common carp and goldfish. *Veterinary Clinics of North America Exotic Animal Practice*, 2 (3): 741–776.
- Gul A., Celebi H. and Ufrao S. 2009.** The effects of microwave emitted by cellular phones on ovarian follicles in rats. *Archives of Gynecology and Obstetrics*, 280: 729–33.
- Hammodi A.S. 2011.** Effect of mobile phone on male fertility in rats. *Mesopotamia Journal of Agriculture*, 40(2): 1–9.
- Heath A.G. 1995.** Water Pollution and Fish Physiology. CRC Press, USA. 384P.
- Hjollund N.H., Skotte J.H., Kolstad H.A. and Bonde J.P. 1999.** Extremely low frequency magnetic fields and fertility: A follow up study of couples planning first pregnancies. The Danish first pregnancy planner study team. *Occupational and Environmental Medicine*, 56(4): 253–255.

- Hyland G. 2000.** Physics and biology of mobile telephony. *The Lancet*, 356(9244): 1833-1836.
- Khurana V.G. 2008.** Cell phone and DNA story overlooked studies. *Letter Science*, 322(5906): 1325-1326.
- Kumari K., Khare A. and Dange S. 2014.** The Applicability of Oxidative Stress Biomarkers in Assessing Chromium Induced Toxicity in the Fish *Labeo rohita*. *BioMed Research International*, 2014: 1-11 (782493).
- Kundi M., Mild K.J. and Hardell L. 2004.** Mobile telephones and cancer: A review of epidemiological evidence. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 7(5): 351-384.
- Lai H. 2014.** Genetic effects of non-ionizing electromagnetic fields. *Bioinitiative 2012*, University of Washington Seattle WA USA. 88P.
- Lee W. and Yang K.L. 2014.** Using medaka embryos as a model system to study biological effects of the electromagnetic fields on development and behavior. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 108: 187-194.
- Loghmannia J., Heidari B., Rozati S.A. and Kazemi S. 2015.** The physiological responses of the Caspian kutum (*Rutilus frisii kutum*) fry to the static magnetic fields with different intensities during acute and subacute exposures. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 111: 215-219.
- Marchand M.J., Pieterse G.M. and Barnhoorn I.E.J. 2008.** Preliminary results on sperm motility and testicular histology of two feral fish species, *Oreochromis mossambicus* and *Clarias gariepinus*, from a currently DDT-sprayed area, South Africa. *Journal of Applied Ichthyology*, 24: 423-429.
- Navarro E.A., Segura J., Gomez-Perretta C., Portoles M., Maestu C. and Bardasano J.L. 2003.** About the effects of microwave exposure from cellular phone base stations: A first approach. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 22: 161-169.
- Patzner R.A. 1980.** Cyclical changes in weight and fat condition of the liver and their relationship to reproduction in the hagfish *Eptatretus burger* (Cyclostomata). *Acta Zoologica*, 61: 157-160.
- Radichera N. 2002.** Effect of microwave electromagnetic field on skeletal muscle fiber activity. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 110(3): 203-214.
- Ruediger H.W. 2009.** Genotoxic effects of radiofrequency electromagnetic fields. *Pathophysiology*, 16(2): 89-102.
- Sarookhani M.R., Safari A., Zahedpanah M., Asiabanha**

- Rezaei M. and Zaroushani V. 2012.** Effects of 950 MHz mobile phone electromagnetic fields on the peripheral blood cells of male rabbits. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 6(5): 300–304.
- Schultz I.R., Pratt W.J., Woodruff D.L., Roesijadi G. and Marshall K.E. 2010.** Effects of electromagnetic fields on fish and invertebrates. Pacific Northwest National Laboratory, Washington. 26P.
- Sedehi Esfahani M., Radmehr B. and Kohbodi A. 2007.** Detection of portable effects of microwave exposure of blood parameters of RBC, PCV and Hb in rat. *Pakistan Journal of Biological Science*, 10(24): 4567–4569.
- Serway R.A. and Jewett J.W. 2004.** Physics for scientists and engineers. Thomson Brooks Cole, Belmont, 702P.
- Singh H., Kumar C. and Bagai U. 2013.** Effect of electromagnetic field on red blood cells of adult male swiss albino mice. *International Journal of Theoretical and Applied Sciences*, 5(1): 175–182.
- Singh S. and Srivastava A.K. 2015.** Variations in hepatosomatic index (HSI) and gonadosomatic index (GSI) in fish *Heteropneustes fossilis* exposed to higher sub-lethal concentration to arsenic and copper. *Journal of Ecophysiology and Occupational Health*, 15: 89–93.
- Slooff W., Van Kreijl C.F. and Baars A.J. 1983.** Relative liver weights and xenobiotic-metabolizing enzymes of fish from polluted surface waters in The Netherlands. *Aquatic Toxicology*, 4(1): 1–14.
- Soud R. 2004.** Human and the environment (education study of the environment). *Journal of Environmental Studies*, 1: 23–31.
- Svetina A., Matasin Z., Tofant A., Vucemilo M. and Fkjan N. 2002.** Hematology and some blood chemical parameters of young crap till the age of three years. *Acta Veterinaria Hungarica*, 50(4): 459–467.
- Tohidi F.Z., Fardid R., Arian Rad S., Tohidi M., Bahrayni Toosi M.H. and Kianosh T. 2016.** The effect of cell phone radiation on hematological blood cell factors in BALB/C mice. *Iranian Journal of Medical Physics*, 13(1): 58–64.
- Tyler C.R. and Sumpter J.P. 1996.** Oocyte growth and development in teleosts. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 6(3): 287–318.

## The effect of electromagnetic waves of cell phones on hematological and reproductive indices of koi fish (*Cyprinus carpio*) broodstocks

Mohaddeseh Ahmadnezhad<sup>1\*</sup>, Mohammad Sayad Bourani<sup>2</sup>, Sohrab Dejandiyani<sup>3</sup>, Abbas Matinfar<sup>4</sup>, Hossein Khara<sup>5</sup>, Homayoun Hosseinzadeh Sahafi<sup>6</sup>, Shahram Dadgar<sup>7</sup>, Esmail Sadeghinejad<sup>8</sup>

Received: December 2017

Accepted: February 2018

### Abstract

Nowadays, it is necessary to be considering the effects of electromagnetic waves caused by modern technology on fish. The effect of mobile electromagnetic waves (900MHz) was studied on some of hematological and reproductive parameters of koi fish female and male brooders in 10 days and in 3 experimental groups: control (without receiving waves), treatment 1 and treatment 2 (4 times a day and each time for 30 minutes in faced with mobile phones, in a “stand by” position and in a “calling mode” respectively). At the end of the experiment, blood samples were collected from the caudal vein and the blood parameters (RBC, WBC, Hb, Hct, MCV, MCH and MCHC) were determined with the current hematological methods. The level of GTH II was measured by radio immunoassay (RIA). The GSI and HSI indices were also calculated by measuring gonadal and liver weight, respectively, and their ratio with body weight. The reproductive success in the males and females of control group was more than the other two treatments. In both sexes, the HSI of treatment 2 significantly increased. The lowest mean of RBC, Hb and Hct was in the females of treatment 2, and, the highest levels of WBC and neutrophil and the lowest percent of lymphocyte belonged to the males of treatment 2. The results showed that mobile-induced electromagnetic waves produced numerous negative biological effects on female and male of koi fish.

**Key words:** *Electromagnetic Waves, Reproduction, Hematological Indices, Koi Fish.*

1- Assistant Professor in Inland Waters Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Anzali, Iran.

2- Associate Professor in Inland Waters Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Anzali, Iran.

3- M.Sc. in Fisheries, in Inland Waters Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Anzali, Iran.

4- Professor in Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

5- Associate Professor in Department of Fisheries, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran.

6- Professor in Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

7- Assistant Professor in Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

8- Instructor in Inland Waters Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Anzali, Iran.

\*Corresponding Author: m\_ahmadnezhad@yahoo.com