

تأثیر امواج الکترومغناطیسی تلفن همراه بر شاخص‌های تولیدمثلی ماهیان آنجل (*Pterophyllum scalare*) ماده بالغ

- **محدثه احمدنژاد***: پژوهشگر آبی پروری آب‌های داخلی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران
- **محمد صیادبورانی**: پژوهشگر آبی پروری آب‌های داخلی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران
- **سهراب دژندیان**: پژوهشگر آبی پروری آب‌های داخلی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران
- **همایون حسین‌زاده‌صحافی**: مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
- **علی‌اصغر خانی‌پور**: پژوهشگر آبی پروری آب‌های داخلی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران
- **علیرضا ولی‌پور**: پژوهشگر آبی پروری آب‌های داخلی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران
- **عادل حسین‌جانی**: پژوهشگر آبی پروری آب‌های داخلی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران
- **حسین خارا**: گروه شیلات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران، صندوق پستی: ۱۶۱۶
تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۶

چکیده

پیشرفت تکنولوژی مدرن و استفاده متعدد از آن در محیط زیست به‌خصوص اکوسیستم‌های آبی سبب گشته تا علاوه بر انسان، سایرجانداران به‌ویژه ماهی‌ها همواره متاثر از حاشیه‌های ناشی از آن از جمله اثرات امواج الکترومغناطیس منتشره از آن‌ها باشند. لذا توجه به تأثیرات این امواج بر ماهی‌ها به‌عنوان مهم‌ترین ساکنین محیط‌های آبی با جنبه‌های اقتصادی ضروری می‌باشد. مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر امواج الکترومغناطیسی تلفن همراه (۹۰۰ مگاهرتز) بر شاخص‌های وزنی گناد و کبد، میزان هورمون GTH II و ساختار بافت تخمدان مولدین ماده آنجل، طی مدت ده روز و در ۳ گروه آزمایشی شامل: ۱- شاهد (بدون دریافت امواج)، ۲- روزانه ۴ بار و هر بار ۳۰ دقیقه در مجاورت تلفن همراه در حالت روشن و بدون مکالمه و ۳- روزانه ۴ بار و هر بار ۳۰ دقیقه، در مجاورت تلفن همراه در حالت برقراری تماس، انجام پذیرفت. در انتهای آزمایش، پس از خونگیری از ساقه دم، ساتریفیوژ خون و جداسازی سرم، سنجش هورمون GTH II با روش رادیوایمونواسی (RIA) انجام شد. سپس مولدین مورد زیست‌سنجی و تشریح قرار گرفتند. از تخمدان‌ها به‌روش بافت‌شناسی کلاسیک با رنگ‌آمیزی هماتوکسیلین-ائوزین، اسلاید بافتی تهیه و از نظر کمی و کیفی با میکروسکوپ بررسی شدند. میانگین شاخص وزنی گناد و کبد و نیز میانگین میزان هورمون GTH II در مولدین تیمار ۲ به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از گروه شاهد و تیمار ۱ بود. هیچ‌یک از مولدین تیمار ۲ موفق به تخم‌ریزی نشدند و میزان آترزیا در بافت تخمدان مولدین تیمار ۲ نسبت به سایر گروه‌ها بیش‌تر بود. نتایج نشان داد امواج الکترومغناطیسی ناشی از تلفن همراه تغییرات محسوسی را در شاخص‌های تولیدمثلی ماهی آنجل ماده به‌وجود آوردند. هرچند که در این زمینه مطالعات گسترده‌تری در آینده موردنیاز می‌باشد.

کلمات کلیدی: امواج الکترومغناطیسی، تلفن همراه، هورمون GTH II، آترزیا، ماهی آنجل (*Pterophyllum scalare*)



مقدمه

الکترومغناطیس بر میزان استرس و بازماندگی ماهی طلائی (*Carassius auratus*) در مواجهه با آب مغناطیسی شده، بوده است (بهمنی و همکاران، ۱۳۹۳). از آن جاکه تاثیر امواج الکترومغناطیسی بر تولیدمثل ماهیان کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است و اطلاعاتی در این زمینه به چاپ نرسیده است لذا بررسی این موضوع در تحقیق حاضر شکل گرفت. از سوی دیگر، رسیدن به هدف مذکور مستلزم گزینش ماهی بود که شاخص‌های لازم نامزد شدن برای تحقیقات آزمایشگاهی در این زمینه را دارا باشد لذا ماهی آنجل از گونه (*Pterophyllum scalare*) (خانواده Cichlidae) انتخاب گردید. به دلیل آن که این ماهی زینتی پس از بلوغ قادر است تا در فواصل کوتاه مدت ۱۰-۶ روزه مراحل رسیدگی گناد را طی نموده و تخم‌ریزی نماید (Degani و Yehuda، ۱۹۹۶؛ Degani و همکاران، ۱۹۹۷)، لذا کوتاه بودن مدت زمان رسیدگی گنادها در این ماهی آن را نامزد خوبی جهت مطالعه آزمایشگاهی تاثیر امواج الکترومغناطیس بر فیزیولوژی تولیدمثل ماهی در تحقیق حاضر نمود. شاخص وزنی گناد (Gonadosomatic Index = GSI) و شاخص وزن کبدی (Hepatosomatic Index = HSI) عموماً برای تعیین اثر انواع استرسورهای (stressor) محیطی بر ماهی‌ها استفاده می‌شوند و در بسیاری از این تحقیقات نشان داده شده که در مواجهه با استرس وارد شده، از وضعیت طبیعی خود منحرف می‌شوند (Kumari و همکاران، ۲۰۱۴). هورمون GTH II که از هیپوفیز ترشح می‌شود در ماهیان ماده در رسیدگی نهایی اووسیت، القاء اوولاسیون و در نهایت تخم‌ریزی دخیل است لذا هرگونه تغییری در میزان آن سبب تاثیرگذاری بر روند رسیدگی جنسی و تخم‌ریزی می‌گردد (Patino، Nagahama، ۱۹۸۷؛ Thomas، Degani، Boker، ۱۹۹۰a، b؛ Zohar و همکاران، ۲۰۱۰). مطالعه بافت‌شناسی نیز برای نشان دادن تغییرات به وجود آمده در ساختار بافت تخمدان در مقابله با انواع فاکتورهای استرس‌زاد ماهی‌ها مورد استفاده محققان قرار گرفته است (Hinton و همکاران، ۱۹۹۲؛ Teh و همکاران، ۱۹۹۷؛ Blazer، ۲۰۰۲). هدف از این تحقیق بررسی تاثیر گذاری امواج الکترومغناطیس (۹۰۰ مگاهرتز) محدود امواج تلفن‌های همراه) بر شاخص‌های وزنی گناد و کبد، میزان هورمون GTH II و ساختار بافت تخمدان مولدین ماده آنجل بوده است.

مواد و روش‌ها

تعداد ۲۷ قطعه مولد ماده ماهی آنجل با میانگین وزن $6/0 \pm 0/2$ گرم و طول کل $76/4 \pm 2/2$ میلی‌متر، به مدت ده روز در سه گروه آزمایشی با ۳ تکرار مورد آزمون قرار گرفتند. گروه ۱ (شاهد) هیچ موجی دریافت نمی‌کرد. در گروه ۲، روزانه ۴ بار و هر بار ۳۰ دقیقه، گوشی‌های تلفن همراه فقط روشن (در حالت standby) و در گروه ۳، روزانه ۴ بار و هر

امروزه با پیشرفت تکنولوژی و تولید وسایل الکترونیکی گوناگون، مزاحمت‌های فرکانسی ناشی از این وسایل که اغلب از نوع امواج الکترو مغناطیس می‌باشند در محیط افزایش یافته است. تشعشع الکترو مغناطیس یا EMR (Electromagnetic radiation)، به صورت امواج نشری در خلأ و یا ماده گسترش می‌یابد. این امواج شامل میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی است که در فاز مربوط به خود نوسان کرده و عمود بر مسیر انرژی هستند. تشعشع الکترومغناطیس را با توجه به فرکانس امواجش طبقه‌بندی کرده‌اند که طیف آن شامل امواج رادیویی، امواج رادار و مایکروویو، اشعه زیر قرمز، نور مرئی، اشعه ماورای بنفش و اشعه‌های X و گاما است (Serway و Jewett، ۲۰۰۴). امواج مایکروویو نیز بخشی از طیف امواج الکترومغناطیس است که دامنه فرکانس آن از ۳۰۰ مگاهرتز تا ۳۰۰ گیگا هرتز متغیر است و طول موج آن نیز از ۱ میلی‌متر تا ۱ متر متغیر است (Baniks و همکاران، ۲۰۰۳). فرکانس امواج ساطع شده از دستگاه‌هایی مانند تلفن‌های همراه حدود ۹۰۰ مگاهرتز تا ۱ گیگاهرتز می‌باشد که در این محدوده فرکانس قرار دارند لذا جزو امواج ماکروویو محسوب می‌شوند (Hyland، ۲۰۰۰). امواج مایکروویو در مسیر حرکت خود یا پس از برخورد با ماده، یا 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 و بدن انسان و سایر جانوران انرژی این امواج را جذب می‌کنند (Sun و همکاران، ۲۰۱۶). این امواج بسته به شدت، فرکانس، نوع موج و مدت زمان مواجهه، اثرات بیولوژیکی متفاوتی ایجاد می‌کنند (Baniks و همکاران، ۲۰۰۳). چند دهه است که اثرات امواج الکترومغناطیسی بر سلامتی جانداران به طور گسترده، از طریق مطالعات حیوانی و اپیدمیولوژیک مورد بررسی قرار گرفته است، اما با توجه به نتایج متناقض به دست آمده، هنوز خطرات آن برای سلامتی انسان و حیات وحش مبهم است (Lee و Yang، ۲۰۱۴). با توجه به این که کاربرد تکنولوژی مدرن در محیط زیست به خصوص اکوسیستم‌های آبی افزایش یافته است، لذا توجه به حاشیه‌های ناشی از آن به ویژه در مورد امواج الکترومغناطیس و اثرات آن‌ها بر ماهیان به عنوان مهم‌ترین جانوران محیط زیست آبی با جنبه‌های اقتصادی بسیار با اهمیت است. مطالعات انجام شده در مورد تاثیر امواج الکترومغناطیسی بر ماهیان در دنیا، بیش‌تر در حوزه تاثیر میادین الکترومغناطیسی تولید شده توسط کابل‌های موجود در سواحل یا در اعماق دریا بر رفتارهای مهاجرتی گونه‌های ماهیان (Bartlett و Gill، ۲۰۱۰). تاثیر میادین الکترومغناطیسی در کوتاه مدت، بر مراحل اولیه رشد و نمو لارو ماهیان (Schultz و همکاران، ۲۰۱۰) و نیز اثر غیرمستقیم

(Suvarna و همکاران، ۲۰۱۲). بدین منظور، مراحل آبیگری (عبور از الکل با درجات کاهشی)، شفاف‌سازی، پارافینه‌شدن، قالب‌گیری، برش، انتقال به لام، رنگ‌آمیزی و چسباندن لامل برای هر نمونه بافت انجام شد. هریک از اسلایدهای تهیه شده توسط میکروسکوپ نوری تصویر برداری و مورد مطالعه قرار گرفتند. تشخیص مرحله رسیدگی جنسی و مراحل مختلف رسیدگی تخمک، فولیکول‌های خالی از تخمک و وجود آترزیا با استفاده از توضیحات Degani و همکاران (۱۹۹۷) و Brown-Peterson و همکاران (۲۰۱۱) انجام پذیرفت. جهت اندازه‌گیری قطر، محیط و مساحت تخمک و شمارش تخمک‌ها از نرم‌افزار Image J 1.46r استفاده شد. حداقل ۵۰ تخمک کاملاً رسیده از هر مولدی که در مرحله نهایی رسیدگی قرار داشتند مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. برای شمارش تعداد تخمک‌ها از هر مرحله رسیدگی و تعداد فولیکول‌های خالی از تخمک و تعداد تخمک‌های آترتیک حداقل ۶ مقطع از تخمدان مولدینی که در مرحله نهایی رسیدگی قرار داشتند و ۱۲ میدان از هر مقطع مورد شمارش سلولی قرار گرفتند (Kurita و همکاران، ۲۰۰۳).

تجزیه و تحلیل آماری: مقایسه میانگین هریک از شاخص‌های اندازه‌گیری شده بین گروه‌های مورد آزمایش، پس از آزمون نرمالیتیه بودن داده‌ها، با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) انجام شد و جهت تعیین اختلاف معنی‌دار آماری بین گروه‌های آزمایشی از تست دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد.

نتایج

میانگین شاخص وزنی گناد (۱±۰/۰۲) (۷/۵۶)، میانگین شاخص وزنی کبد (۰±۰/۰۲۳) (۰/۳۸) و نیز میانگین میزان هورمون GTH II (۱/۵۶±۰/۱۵) در مولدین تیمار ۲ به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از گروه شاهد و تیمار ۱ بود (p<۰/۰۵) (جدول ۱).

بار ۳۰ دقیقه، گوشی‌های تلفن همراه در حالت برقراری تماس (calling mode) در مجاورت آکواریوم ماهی‌ها قرار داده شدند (حمایت‌خواه جهرمی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Gul و همکاران، ۲۰۰۹). جهت ایجاد امواج الکترومغناطیسی از سه عدد گوشی تلفن همراه مدل ZTE (تولیدکننده امواجی با فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز) استفاده شد که به دیواره آکواریوم نگاه‌داری ماهیان متصل و آویزان شدند. روزانه به‌میزان ۲۰ درصد از آب وان‌ها تعویض گردید. غذادهی با استفاده از غذای ماهیان زینتی و سه نوبت در روز انجام شد. در طول دوره و پس از گذشت دوره تابش امواج، مولدین هریک از تیمارها از لحاظ رسیدگی جنسی به‌لحاظ رفتاری و بازبینی‌های ظاهری نظیر معاینه شکم بررسی شدند. پس از اتمام مدت زمان تیمار، از هریک از مولدین مورد تیمار پس از صید خونگیری از ساقه دم و با لوله موینه هیپارینه به‌عمل آمد و هر کدام مورد زیست‌سنجی و تشریح قرار گرفتند. نمونه‌های خون جمع‌آوری شده با دور ۳۰۰۰ به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ و سرم آن جدا شد. نمونه‌های سرمی جهت سنجش هورمون GTH II به آزمایشگاه ویرومد منتقل و در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگاه‌داری شدند. سنجش هورمون GTH II با روش رادیوایمونواسی (RIA) انجام شد. جهت تعیین شاخص وزن گناد یا Gonadosomatic Index و شاخص وزن کبدی Hepatosomatic Index پس از تشریح گناد و کبد با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم وزن شدند. برای تعیین GSI و HSI از فرمول‌های زیر استفاده شد: $GSI = OW/BW \times 100$ (Tyler و همکاران، ۱۹۹۶؛ Brown-Peterson، ۲۰۱۱) $HSI = LW/(BW-LW) \times 100$ (Patzner، ۱۹۸۰)

BW: کل وزن بدن، OW: وزن تخمدان، TL: طول کل، LW: وزن کبد جهت مطالعه بافت‌شناسی از تخمدان مولدین مورد آزمایش نمونه برداری به‌عمل آمده و برای تثبیت به محلول فیکساتیو بوئن منتقل شدند. پس از ۴۸ ساعت، از نمونه‌های بافت تخمدان به‌روش بافت‌شناسی کلاسیک با رنگ‌آمیزی اتوزین همتاکسیلین، اسلاید بافتی تهیه شد

جدول ۱: مقایسه شاخص‌های گنادوسوماتیک و هیاتوسوماتیک و میزان هورمون GTH II بین سه تیمار در مولدین ماده آنجل

| شاخص | تیمار | شاهد | ۱ | ۲ |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---|
| شاخص وزنی گناد (%) | ۴/۶۰ ± ۰/۹۷ ^a | ۳/۸۰ ± ۰/۸۹ ^a | ۷/۵۶ ± ۱/۰۲ ^b | |
| شاخص وزنی کبد (%) | ۰/۲۴ ± ۰/۰۴۲ ^a | ۰/۲۳ ± ۰/۰۴۲ ^a | ۰/۳۸ ± ۰/۰۲۳ ^b | |
| GTH II (یونیت در لیتر) | ۰/۷۲ ± ۰/۰۴ ^a | ۰/۷۴ ± ۰/۰۴ ^a | ۱/۵۶ ± ۰/۱۵ ^b | |

حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف در هر ردیف می‌باشد (p<۰/۰۵)

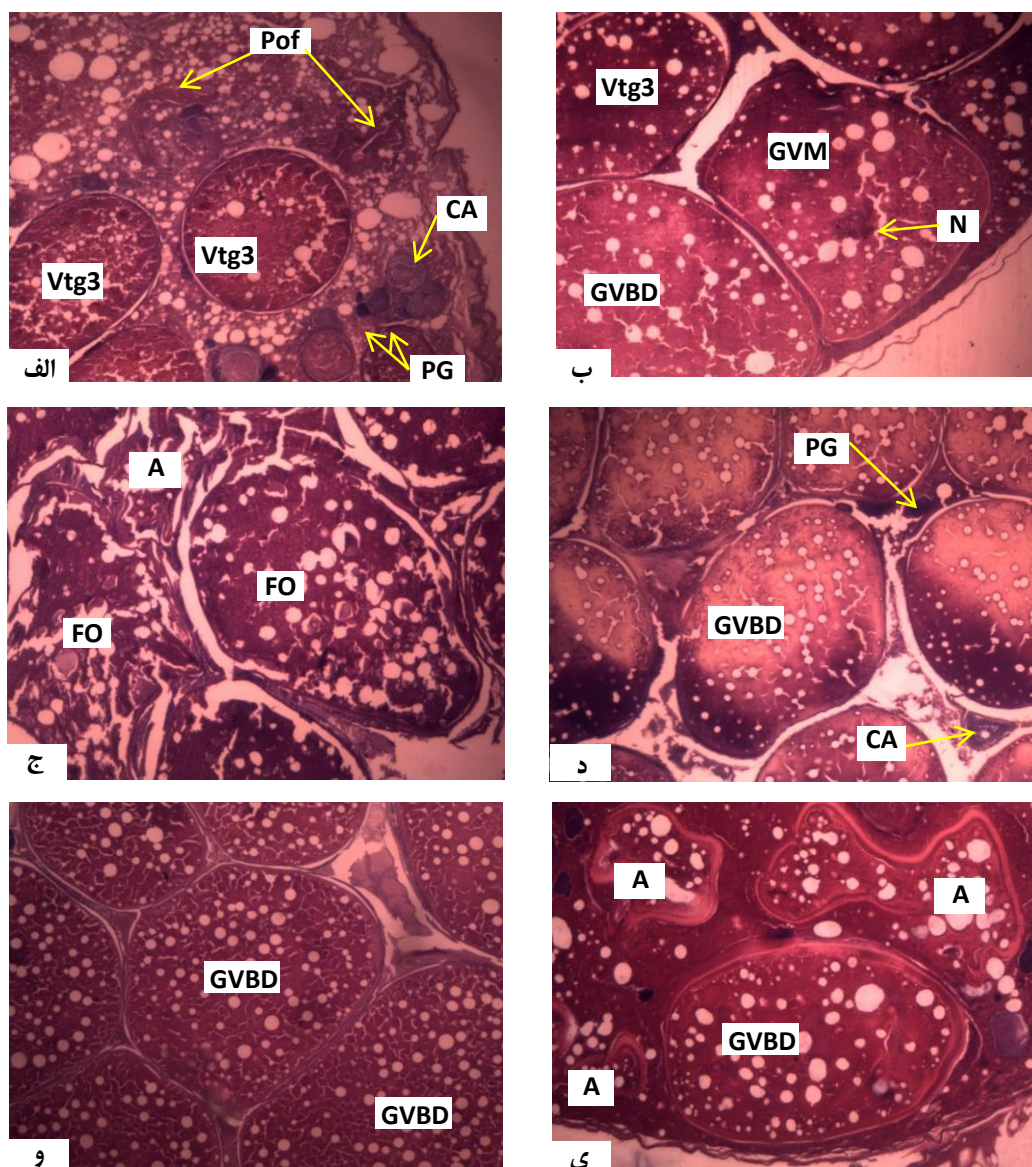
شاهد و حدود ۳۳٪ از مولدین تیمار ۱، علاوه بر تخمک‌های مراحل ابتدایی رشد و فاقد زرده، فولیکول‌های خالی از تخمک و تعداد اندکی تخمک در مرحله نهایی زرده‌گیری مشاهده شد. این نتیجه مشخص نمود که طی مدت آزمایش این مولدین اقدام به تخم‌ریزی نمودند و گناد آن‌ها در مرحله پس از تخم‌ریزی قرار داشتند.

هم‌چنین طی مدت آزمون، تعداد مولدینی که موفق به تخم‌ریزی شدند در گروه شاهد نسبت به تیمار ۱ و ۲ بیش‌تر بودند. تعداد مولدین آماده تخم‌ریزی در تیمار ۲ بیش‌تر از سایر گروه‌ها بود. در گروه شاهد و تیمار ۲ تعداد مولدین فوق رسیده بیش‌تر از تیمار ۱ بود (جدول ۲). در بررسی مقاطع بافت تخمدان نیمی از مولدین ماده آنجل در گروه



جدول ۲: درصد مولدین ماده آنجل در مراحل پس از تخم‌ریزی، آماده برای تخم‌ریزی و فوق رسیدگی جنسی، در سه گروه آزمایشی مواجهه سازی با امواج تلفن همراه

| تیمار ۲ | تیمار ۱ | شاهد | مرحله رسیدگی جنسی |
|---------|---------|------|---|
| ۰ | ۳۳/۳ | ۵۰ | درصد ماهیان رسیده که تخم ریخته‌اند |
| ۷۵ | ۶۶/۶ | ۲۵ | درصد ماهیان رسیده که تخم نریخته‌اند آماده ریختن هستند |
| ۲۵ | ۰ | ۲۵ | درصد ماهیان فوق رسیده |



شکل ۱: تصویر میکروسکوپی از بافت تخمدان مولدین ماده آنجل ماده در گروه شاهد (الف، ب، ج)، تیمار ۱ (د) و تیمار ۲ (و، ی) در آزمون مواجهه سازی با امواج الکترومغناطیسی تلفن همراه. الف-تخمدان در مرحله پس از تخم‌ریزی، در گروه شاهد، ب-تخمدان در مرحله آماده برای تخم‌ریزی در گروه شاهد، ج-تخمدان فوق رسیده در گروه شاهد، د-تخمدان در مرحله آماده برای تخم‌ریزی در تیمار ۱، و-تخمدان در مرحله آماده برای تخم‌ریزی در تیمار ۲، ی-تخمدان فوق رسیده در تیمار ۲. علائم اختصاری: A= تخمک آترتیک (Atretic oocyte)، CA= تخمک واجد الیوئول‌های قشری (Cortical alveolar oocyte)، FO= تخمک فوق رسیده (Flaccid ovary)، GVBD= تخمک رسیده و در حال تجزیه و زیکول ژرمنال (Germinal vesicle breakdown)، GVM= تخمک در مرحله مهاجرت هسته (Germinal vesicle migration)، PG= تخمک در مرحله ابتدایی رشد (Primary growth oocyte)، POF= فولیکول خالی از تخمک پس از اوولاسیون (Postovulatory follicles)، Vtg3= تخمک در مرحله سوم و نهایی زرده‌گیری (Tertiary vitellogenic oocyte). رنگ آمیزی انوزین-هماتوکسیلین، $\times 40$.



جدول ۳: مقایسه میانگین شاخص‌های تعداد تخمک‌های کاملاً رسیده، تعداد تخمک‌های آترتیک، تعداد فولیکول خالی از تخمک، قطر، محیط و مساحت تخمک، بین مولدین ماده آنجل گروه شاهد و تیمارهای ۱ و ۲ در آزمون مواجهه‌سازی با امواج تلفن همراه

| شاخص | تیمار | شاهد | ۱ | ۲ |
|---|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| تعداد تخمک کاملاً رسیده (تعداد در میدان دید) | | $3/7 \pm 0/3^a$ | $6/3 \pm 0/3^b$ | $2 \pm 0/4^c$ |
| تعداد تخمک آترتیک (تعداد در میدان دید) | | $0/3 \pm 0/1^a$ | $0/4 \pm 0/1^a$ | $1/6 \pm 0/3^b$ |
| تعداد فولیکول خالی از تخمک (تعداد در میدان دید) | | $0/4 \pm 0/1^a$ | $0/4 \pm 0/2^a$ | $0/7 \pm 0/3^a$ |
| قطر تخمک (میکرومتر) | | $816/9 \pm 9/3^a$ | $557/1 \pm 9/3^b$ | $781/4 \pm 10/5^b$ |
| محیط تخمک (میکرومتر) | | $2727/8 \pm 55/4^a$ | $2468/8 \pm 30/1^b$ | $2510/2 \pm 33/7^b$ |
| مساحت تخمک (میکرومتر مربع) | | $554496/8 \pm 33171/9^a$ | $452417/4 \pm 10741/9^b$ | $477097/1 \pm 11863/8^b$ |

حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف در هر ردیف می‌باشد ($p < 0/05$)

افزایش قابل توجهی در وزن تخمدان مشاهده نمودند (Elebetieha و AL-Akhras، ۲۰۰۲). هم‌چنین گزارش شده‌است که امواج تلفن همراه اثرات مضر بر تخمدان و هورمون‌های جنسی داشته‌اند (حمایت‌خواه جهرمی و همکاران، ۱۳۸۹). در تحقیق حاضر درصد بیش‌تری از ماهیان تیمار ۲ در مرحله نهایی رسیدگی جنسی قرار داشتند و تخمک‌ها رسیده و پر از زرده بودند. چون در اکثر مولدین این تیمار زرده‌سازی به‌اتمام رسیده و تخمک‌ها به‌نهایت رشد خود رسیده‌اند بالطبع بایستی شاخص وزنی کبد کم‌تر باشد درحالی‌که نتایج نشان داد که HSI در مولدین ماده آنجل تیمار ۲، به‌طور معنی‌داری نسبت به دو گروه دیگر بیش‌تر بود. هرچند در مورد تاثیر امواج الکترومغناطیسی بر کبد ماهی‌ها گزارشی مشاهده نشده‌اما افزایش مقادیر شاخص وزنی کبد در مطالعاتی که روی تاثیر مواد سمی بر کبد ماهیان تحقیق نموده‌اند افزایش در شاخص وزنی کبد گزارش شده است (Slooff و همکاران، ۱۹۸۳؛ Heath، ۱۹۹۵؛ Kumari و همکاران، ۲۰۱۴). در سایر مطالعات انجام شده در زمینه اثر امواج الکترومغناطیسی در پستانداران، Ghaedi و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی تاثیر امواج تلفن همراه بر کبد رت‌های نر نابالغ (*Rattus norvegicus*) دریافتند که وزن کبد گروه آزمایشی که به‌مدت یک ماه هر روز ۵ بار و هر بار به‌مدت ۲۰ دقیقه در معرض گوشی‌های تلفن همراه در حالت مکالمه قرار داده شده بودند، نسبت به گروه شاهد افزایش قابل توجهی یافت. آن‌ها هم‌چنین در تحقیق‌شان بر روی بافت کبد این گروه آزمایشی علائم هیستوپاتولوژیکی نظیر تورم سلولی و در برخی نقاط نکروز سلولی را مشاهده نمودند. آن‌ها نتیجه گرفتند که امواج ناشی از تلفن همراه اثرات تخریبی بر کبد رت‌ها داشته‌اند (Ghaedi و همکاران، ۲۰۱۳). در بسیاری از مطالعات انجام پذیرفته در مورد تاثیر انواع فاکتورهای استرس‌زا بر ماهی‌ها، از شاخص‌هایی نظیر HSI و GSI برای تعیین اثر استرسورها (stressor) بر ماهی، استفاده شده است. این شاخص‌ها به‌عنوان شاخص تغییر در وضعیت انرژی یا وضعیت تغذیه ماهی استفاده می‌شوند. فرضیه‌ای که عموماً برای این شاخص‌ها در نظر گرفته می‌شود این است که مقادیر کم‌تر از حالت نرمال در واقع مشخص می‌نماید که انرژی مورد نیاز برای رشد

در تصاویر بافتی ۲۵٪ از مولدین گروه شاهد، حدود ۶۶٪ از مولدین تیمار ۱ و ۷۵٪ از مولدین تیمار ۲، اغلب تخمک‌ها پر از زرده بوده و غشای وزیکول ژرینال پس از مهاجرت به سمت دیواره تخمک، تجزیه شده بود. این مولدین در مرحله نهایی رسیدگی جنسی بوده و درحالی‌که برای ریزش تخم آمادگی داشتند، تخم‌ریزی نمودند. در بافت گناد ۲۵٪ باقی‌مانده از مولدین گروه شاهد و تیمار ۲، تخمک‌های فوق‌رسیده وجود داشت که پس از اتمام زرده‌گیری به‌دلیل عدم توان ریزش در مولدین، اوولاسیون در آن‌ها اتفاق نیافتاد و هم‌چنان در تخمدان باقی مانده و موفق به خروج از تخمدان نشدند. هم‌چنین تخمک‌های آترتیک که طی مدت رشد و توسعه گناد دچار نقص شده و ساختار اصلی خود را از دست دادند در بافت تخمدان این مولدین مشاهده شدند که تعداد آن‌ها در تیمار ۲ بیش‌تر بوده است (شکل ۱). نتایج شمارش و اندازه‌گیری در مقاطع بافت تخمدان نشان داد تعداد تخمک کاملاً رسیده در تیمار ۲ به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار ۱ و شاهد کم‌تر بود ($p < 0/05$). تعداد تخمک‌های آترتیک در تیمار ۲ به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از گروه شاهد و تیمار ۱ بود ($p < 0/05$). تعداد فولیکول خالی از تخمک در تیمار ۲ نسبت به شاهد و تیمار ۱ بیش‌تر بود ولی اختلاف معنی‌دار نداشت ($p > 0/05$). میانگین قطر، محیط و مساحت تخمک در گروه شاهد به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمار ۱ و ۲ بود ($p < 0/05$) (جدول ۳).

بحث

در مطالعه حاضر GSI در مولدین ماده آنجل تیمار ۲ نسبت به تیمار ۱ و گروه شاهد بیش‌تر بود. از آن‌جاکه در مورد تاثیر امواج الکترو مغناطیسی (به‌عنوان یک استروسور محیطی) بر گناد و کبد ماهیان گزارشی مشاهده نشده و مقالات منتشر شده در این زمینه روی پستانداران بوده است لذا در مقایسه نتایج مطالعه حاضر با سایر مطالعات از مقالاتی استفاده شده است که بر روی پستانداران به انجام رسیده‌اند. Elebetieha و AL-Akhras (۲۰۰۲) که به‌مدت ۹۰ روز موش‌های نر و ماده را در معرض پالس‌های یک میدان الکترومغناطیسی قرار دادند



اندام مربوطه (گناد یا کبد) برای مقابله با استرس وارد شده به ماهی از وضعیت طبیعی منحرف می‌شود. البته این شاخص‌ها ممکن است بر اساس فاکتورهای نظیر سن، مرحله رسیدگی جنسی و فصل هم تغییر کنند. به طوری که تغییر در GSI و HSI به عنوان شاخص فیزیولوژیکی با اهمیت در تولیدمثل ماهیان مطرح‌اند. هم‌چنین در بسیاری از مطالعات نشان داده شده که در مرحله توسعه و رشد تخمک‌ها (Developing phase)، HSI افزایش قابل توجهی می‌یابد در حالی که پس از تخم‌ریزی مقدار این شاخص کاهش می‌یابد در مرحله استراحت تخمدان مجدداً زیاد می‌شود (Kumari و همکاران، ۲۰۱۴).

بنابراین در هنگام استفاده از این شاخص‌ها برای ارزیابی اثرات استرس بر ماهی، فاکتورهای نظیر مرحله رسیدگی جنسی را باید در نظر گرفت. در برخی از مطالعاتی که برای ارزیابی اثرات انواع استرسورها (نظیر مواد سمی و یا استرسورهای فیزیکی مانند انواع امواج از امواج یونیزه کننده گرفته تا امواجی نظیر امواج الکترومغناطیس) بر ماهیان، از HSI و GSI به عنوان شاخص استفاده شده است نشان داده شده که برای مقابله با این استرسورها آنزیم‌های کبدی فعالیت بیش‌تری می‌کنند و عموماً افزایش در اندازه به دلیل هایپرپلازی (افزایش در تعداد سلول) و هایپرتروفی (افزایش در اندازه سلول) یا هر دو مشاهده شده است (Slooff و همکاران، ۱۹۸۳؛ Heath، ۱۹۹۵؛ Kumari و همکاران، ۲۰۱۴). در حالی که در برخی دیگر از مطالعات در اثر مواجهه‌سازی با استرسورها کاهش GSI (Marchand و همکاران، ۲۰۰۸)، کاهش HSI (Srivastav و Singh، ۲۰۱۵) و کاهش فعالیت در انواع آنزیم‌های کبدی مشاهده شده است. از آن‌جاکه شاخص‌های HSI و GSI شاخص‌های فیزیولوژیکی هستند که توسط آن‌ها می‌توان تشخیص داد که ماهی در معرض فاکتورها 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 آنجل و با امواج الکترومغناطیسی منتشره از گوشی‌های تلفن همراه در مطالعه حاضر، به علت اثرگذاری این امواج بر بافت کبد و گناد در این مولدین بوده باشد. GTH II که معادل LH در مهره‌داران عالی‌تر می‌باشد به همراه GTH I (FSH) تحت تاثیر و تحریک GnRH مترشح از هیپوتالاموس، در هیپوفیز ماهی‌ها سنتز و به خون رها می‌شود. GTH I در ابتدای مرحله توسعه گناد ترشح می‌شود و به اصطلاح در ماده‌ها در زرده‌سازی و در نرها در اسپرماتوژنز دخالت دارد. در حالی که GTH II در ماده‌ها در رسیدگی نهایی اووسیت و اوولاسیون دخیل بوده و در نرها در تولید و رهاسازی اسپرم و مایع اسپرمی یعنی مرحله نهایی رسیدگی جنسی دخالت دارد. در آزمون مواجهه‌سازی مولدین آنجل ماده با امواج الکترومغناطیس گوشی‌های تلفن همراه، بیش‌تر بودن شاخص وزنی گناد در تیمار ۲ نسبت به تیمار ۱ و گروه شاهد نشان می‌دهد که این مولدین در حالی که

آماده برای ریزش تخم بوده‌اند ولی به دلیل شرایط و یا عامل استرس‌زای محیطی حاصل از تیمار با تلفن همراه قادر به تخم‌ریزی نشدند. هم‌چنین بالاتر بودن شاخص کبدی و میزان GTH II در تیمار ۲ نسبت به شاهد و تیمار ۱ نشان می‌دهد، علی‌رغم این‌که مولدین این گروه واجد تخم‌های رسیده هستند اما هم‌چنان زرده‌سازی در بدن مولدین ادامه دارد و این موضوع سبب شده است تا برخی از مولدین دچار فوق‌رسیدگی شوند. این در حالی است که نتایج حاصل از مطالعه بافت‌شناسی تخمدان مولدین در آزمون مذکور در تایید مطالب فوق نشان داد که ۲۵ درصد از مولدین ماده آنجل تیمار فوق رسیده شدند بدون این‌که اقدام به تخم‌ریزی کرده باشند و تخم‌ها در بدن این مولدین باقی ماند. ۷۵ درصد بقیه که به رسیدگی نهایی رسیدند نیز در مدت زمان آزمایش علی‌رغم افزایش هورمون رهاکننده گنادوتروپین که محرک اوولاسیون و تخم‌ریزی است، موفق به ریختن تخم‌هایشان نشدند. علاوه بر این، میانگین قطر، محیط و مساحت تخمک در گروه شاهد به طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمار ۱ و ۲ بود. این نشان می‌دهد که تخمک‌های گروه شاهد نسبت به دو تیمار دیگر رشد و توسعه بهتری داشته‌اند. البته کم‌ترین مقدار قطر، محیط و مساحت تخمک متعلق به تیمار ۱ بود لذا انتظار می‌رفت تعداد تخمک بیش‌تری در میدان دید مورد شمارش واقع شده است لذا علت زیادتر بودن تعداد تخمک کاملاً رسیده در تیمار ۱ را می‌توان به این دلیل دانست.

هم‌چنین تعداد فولیکول‌های خالی از تخمک در تیمار ۲ نسبت به تیمار ۱ و شاهد بیش‌تر بود ولی میزان آن با دو گروه یاد شده اختلاف معنی‌دار آماری نداشت. از آن‌جاکه مشاهدات ماکروسکوپی و میکروسکوپی از تخمدان مولدین تیمار ۲ حاکی از آن بود که تخم‌ریزی در آن‌ها صورت نپذیرفته بود بنابراین این تعداد فولیکول‌های خالی از تخمک می‌توانند ناشی از دژنره شدن تخمک‌ها در هنگام رشد و توسعه تخمدان بوده باشند. از سوی دیگر، تعداد تخمک‌های رسیده در تیمار ۲ کم‌تر از تیمار ۱ و شاهد بود. در حالی که تعداد تخمک‌های آرتیک در تیمار ۲ به طور معنی‌داری بیش‌تر از گروه شاهد و تیمار ۱ بود. بنابراین می‌توان گفت در مولدین آنجل ماده‌ای که در مواجهه با گوشی‌های تلفن همراه قرار داشتند عامل استرس‌زا یا همان امواج الکترومغناطیس منتشر از گوشی‌ها، مانع از ریزش تخم شده و نیز سبب به وجود آمدن نقایص متعدد در فولیکول‌های تخمدان شده است. در تایید نتایج این تحقیق، حمایت‌خواه‌چهرمی و همکاران (۱۳۸۹)، در بررسی اثر امواج موبایل بر تعداد فولیکول‌های تخمدان و میزان هورمون‌های LH، FSH، استروژن و پروژسترون در موش‌های صحرایی بالغ بیان نمودند که تفاوت معنی‌داری در وزن تخمدان در گروه‌های مختلف مشاهده نشد. افزایش میزان هورمون LH در گروهی که طی مدت ۲ هفته روزانه ۱۲ بار و هر بار ۱۰ دقیقه، در مجاورت با تلفن همراه

مختلفی در مطالعه‌های مختلف به دست آید. با توجه به تغییرات به وجود آمده در شاخص‌های وزنی گناد و کبد، میزان هورمون GTH II و شاخص‌های کمی و کیفی رسیدگی تخمدان در ماهیان آنجل ماده قرار داده شده در معرض امواج الکترومغناطیس ۹۰۰ مگاهرتز تلفن‌های همراه در مطالعه حاضر می‌توان گفت که وضعیت تولیدمثلی این ماهی‌ها ممکن است تحت تأثیر سوء امواج الکترومغناطیس واقع شده باشند. با این حال و با توجه به این که پژوهش حاضر جزو نخستین تحقیقات در زمینه تأثیر امواج الکترومغناطیس بر ماهیان می‌باشد لذا تحقیقات بیشتر و وسیع‌تر در این زمینه در آینده مورد نیاز می‌باشد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از ریاست محترم اداره کل شیلات زنجان جناب آقای مهندس محمود صیادبورانی و همکاران ارجمندشان، ریاست محترم موسسه تحقیقات علوم شیلاتی ایران جناب آقای دکتر پورکاظمی، ریاست و کارشناسان محترم ایستگاه تغذیه و غذای زنده پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی (بندرانزلی) و نیز ریاست و کارشناسان محترم بخش تکثیر، پرورش و اصلاح نژاد آبی‌زبان پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی (بندرانزلی) به دلیل حمایت‌های صمیمانه‌شان تشکر می‌گردد.

منابع

۱. 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. دوره ۵، شماره ۳، صفحات ۲۱۷ تا ۲۲۶.
۲. بهمنی، م.؛ آقا کوچکی، م. و تکریمی‌نیاراد، م.، ۱۳۹۳. کاربرد میدان‌های مغناطیسی ثابت بر شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی آب و تأثیر آب مغناطیسی شده بر بیوفیزیولوژی ماهی طلائی *Carassius auratus* مجله آبی‌زبان زینتی. سال ۱، شماره ۲، صفحات ۱ تا ۱۰.
۳. حمایت‌خواه‌چهرمی، 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. جلد ۱، شماره ۱، صفحات ۲۷ تا ۳۴.
۴. Baniks, S.; Bandyopadhyay, S. and Ganguly, S.B., 2003. Effects of microwave a brief review. Bioresource Technology. Vol. 87, pp: 155-159.
۵. Blazer, V.S., 2002. Histopathological assessment of gonadal tissue in wild fishes. Fish Physiology and Biochemistry. Vol. 26, pp: 85-101.
۶. Bortkiewicz, A., 2001. A study on the biological effects of exposure mobile-phone frequency EMF. Medycyna Pracy. Vol. 52, pp: 101-106.

در حالت مکالمه قرار داده شده بودند مشاهده شد. آن‌ها هم‌چنین اثرات سوء قرار گرفتن در معرض امواج تلفن همراه را بر بافت تخمدان گزارش نمودند. در نتایج آن‌ها تعداد فولیکول‌های ثانویه در گروه‌های در معرض امواج تلفن‌های همراه نسبت به گروه شاهد کاهش معنی‌داری را نشان داد ولی تعداد فولیکول آترتیک در تیمارهای در معرض امواج تلفن‌های همراه در مقایسه با گروه شاهد افزایش نشان داد که با نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر در مورد ماهی آنجل مطابقت دارد (حمایت‌خواه‌چهرمی و همکاران، ۱۳۸۹). نتایج این مطالعه با تحقیق انجام شده توسط بهارآرا و همکاران (۱۳۸۳) در تناقض می‌باشد. در تحقیق انجام شده توسط این محقق که با قرار دادن موش‌های گروه تجربی تحت امواج شبیه‌سازی شده تلفن همراه، انجام گرفته است نتایج هورمونی نشان داد که مقدار هورمون LH تغییر معنی‌داری نشان نداد (بهارآرا و همکاران، ۱۳۸۳). Hjøllund و همکاران (۱۹۹۹) با مطالعه اثر میدان‌های الکترومغناطیسی بر شاخص‌های باروری گزارش کردند که این امواج بر مقادیر هورمون‌های تولیدمثلی تأثیر معنی‌داری ندارند (Hjøllund و همکاران، ۱۹۹۹). De Seze و همکاران (۱۹۹۸) غلظت گنادوتروپین LH هیپوفیز قدامی ۲۱ مرد سالم قرار داده شده در معرض امواج ۹۰۰ مگاهرتز تلفن همراه را بررسی نمودند و هیچ اثری نیافتند. با این حال آن‌ها بیان داشتند که شاید مدت زمان قرار گرفتن در معرض امواج تلفن همراه برای ایجاد هرگونه تأثیر مهمی ممکن است کافی نبوده باشد. سایر مطالعات نیز در اثبات تغییر گنادوتروپین‌های هیپوفیزی در انسان و حیوانات در معرض تلفن همراه، ناکام ماندند (Bortkiewicz, ۲۰۰۱؛ Forgacs و همکاران، ۲۰۰۶؛ Djeridane و همکاران، ۲۰۰۸).

نتایج مطالعه Radichera (۲۰۰۲) نشان داد که قرارگیری موش‌های صحرایی در معرض میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۲۵ میکروتسلا سبب کاهش ناچیزی در میزان LH شد (Radichera, ۲۰۰۲). Gül و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای که در مورد اثرات امواج مایکروویو ساطع شده از تلفن‌های همراه بر فولیکول‌های تخمدان در موش‌های صحرایی به انجام رساندند به این نتیجه رسیدند که تعداد فولیکول‌ها در گروهی که در معرض امواج تلفن همراه قرار گرفته بودند کاهش یافت. تفاوت یافته‌های پژوهشگران دیگر با یافته‌های به دست آمده در مورد تأثیر امواج الکترومغناطیسی تلفن همراه بر اندام‌های تولیدمثلی ماهیان آنجل ماده، در مطالعه حاضر، می‌تواند اولاً به علت تفاوت در موجود مورد مطالعه باشد چرا که مطالعه حاضر بر روی ماهیانی از گروه ماهیان استخوانی و مطالعات ذکر شده بر روی پستانداران انجام شدند. هم‌چنین تفاوت در فرکانس و شدت میدان‌های مورد مطالعه، تفاوت در مدت زمان پرتو دهی، رده سلولی و بافت پرتو دهی شده از جمله مواردی هستند که سبب می‌شوند یافته‌های



۲۳. Kurita, Y.; Meier, S. and Kjesbu, O.S., 2003. Oocyte growth and fecundity regulation by atresia of Atlantic herring in relation to body condition throughout the maturation cycle. *Journal of Sea Research*. Vol. 49, pp: 203-219.
۲۴. 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 Environ Safety*. Vol. 108, pp: 187-194.
۲۵. 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 from a currently DDT sprayed area, South Africa. *Journal of Applied Ichthyology*. Vol. 24, pp: 423-429.
۲۶. Nagahama, Y., 1987. Endocrine control of oocytes maturation. In: *Hormones and Reproduction in Fishes, Amphibians and Reptiles*. D.P. Norris and R.E. Jones (Eds.). Plenum Press. New York/London. pp: 171-202.
۲۷. Patino, R. and Thomas, P., 1990 a. Induction of maturation of Atlantic croaker oocytes by 17a, 20(J, 21-trihydroxy-4 pregnen-3-one in vitro: consideration of some biological and experimental variables. *Journal of Experimental Zoology*. Vol. 225, pp: 97-109.
۲۸. Patino, R. and Thomas, P., 1990 b. Effect of gonadotropin on ovarian intrafollicular processes during the development of oocytes maturational competence in teleosts, the Atlantic croaker; evidence for two distinct stages of gonadotropic control of final oocytes maturation. *Biology of Reproduction*. Vol. 43, pp: 818-827.
۲۹. Patzner, R.A., 1980. Cyclical changes in weight and fat condition of the liver and their relationship to reproduction in the hagfish. *Acta Zoologica*. Vol. 61, pp: 157-160.
۳۰. Radichera, N., 2002. Effect of microwave electromagnetic field on skeletal muscle fiber activity. *Archives of Physiology and Biochemistry*. Vol. 110, No. 3, pp: 203-214.
۳۱. Teh, S.J.; Adams, S.M. and Hinton, D.E., 1997. Histopathological biomarkers in feral freshwater fish populations exposed to different types of contaminant stress. *Aquatic Toxicology*. Vol. 37, pp: 51-70.
۳۲. Serway, R.A. and Jewett, J.W., 2004. *Physics for scientists and engineers* (6th ed). Bilaal Farah ISBNO. Vol. 534, pp: 40842-40847.
۳۳. 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. *J of Ecophysiology and Occupational Health*. Vol. 15, No. 3-4, pp: 89-93.
۳۴. Slooff, W.; VanKreijl, 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*. Vol. 4, No. 1, pp: 1-14.
۳۵. 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. Richland, Washington. 26 p.
۳۶. Sun, J.; Wang, W. and Yue, Q., 2016. Review on Microwave Matter Interaction Fundamentals and Efficient Microwave Associated Heating Strategies. *Materials*, Vol. 9, pp: 231-256.
۳۷. Suvarna, K.; Suvarna, K.; Layton, Ch. and Bancroft, J., 2012. *Bancroft's Theory and Practice of Histological Techniques* Churchill Living Stone. 654 p.
۳۸. Tyler, C.R. and Sumpter, J.P., 1996. Oocyte growth and development in teleosts. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. Vol. 6, No. 3, pp: 287-318.
۳۹. Zohar, Y.; Munoz-Cueto, J.A.; Elizur, A. and Kah, O., 2010. Neuroendocrinology of reproduction in teleost fish. *Genetic and Comparative Endocrinol*. Vol. 165, pp: 438-455.
۷. Brown Peterson, N.J.; WyanskiFran, 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: Dynamics, Management, and Ecosystem Science*. Vol. 3, No. 1, pp: 52-70.
۸. Degani, G. and Boker, R., 1992 b. Vitellogenesis level and the induction of maturation in the ovary of the blue gourami *Trichogaster trichopterus* (Anabantidae, Pallas 1770). *Journal of Experimental Zoology*. Vol. 263, pp: 330-337.
۹. Degani, G. and Yehuda, Y., 1996. Effects of diets on reproduction of angelfish, *Pterophyllum scalare* (Cichlidae). *Indian Journal of Fisheries*. Vol. 43, No. 2, pp: 121-126.
۱۰. Degani, G.; Boker, R.; Gal, E. and Jackson, K., 1997. Oogenesis and steroid profiles during the reproductive cycle of female angelfish *Pterophyllum scalare* (Cichlidae). *Indian Journal of Fisheries*. Vol. 44, No. 1, pp: 1-10.
۱۱. De Seze, R.; Fabbro Peray, P. and Miro, L., 1998. GSM radiocellular telephones do not disturb the secretion of antepituitary hormones in humans. *Bioelectromagnetics*. Vol. 19, pp: 271-278.
۱۲. Djeridane, Y.; Touitou, Y. and de Seze, R., 2008. Influence of electromagnetic fields emitted by GSM-900 cellular telephones on the circadian patterns of gonadal, adrenal and pituitary hormones in men. *Radiation Research*. Vol. 169, pp: 337-343.
۱۳. Elebetieha, A. and AL Akhras, M., 2002. Long-term exposure of male and female rat to 40 Hz magnetic field effects on fertility. *Bioelectro magnetics*. Vol. 23, pp: 168-172.
۱۴. Forgacs, Z.; Somosy, Z. and Kubinyi, G., 2006. Effect of whole-body 1800MHz GSM-like microwave exposure on testicular steroidogenesis and histology in mice. *Reproduction Toxicology*. Vol. 22, pp: 111-117.
۱۵. Ghaedi, Sh.; 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*. Vol. 7, No. 6, pp: 1127-1132.
۱۶. 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.
۱۷. 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*. Vol. 280, pp: 729-233.
۱۸. Heath, A.G., 1995. *Water Pollution and Fish Physiology*. CRC Press, Boca Raton, Fla, USA, 2nd edition.
۱۹. Hinton, D.E.; Baumann, P.C.; Gardner, G.R.; Hawkins, W.E.; Hendricks, J.D.; Murchelano, R.A. and Okihira, M.S., 1992. Histopathologic biomarkers. In: *Biomarkers Biochemical, Physiological and Histological Markers of Anthropogenic Stress*, pp: 155-210. Edited by R.J. Huggett, R.A. Kimerle, P.M. Mehrle, Jr., and H.L. Bergman. Lewis Publishers, Chelsea, MI. 347 p.
۲۰. 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*. Vol. 56, No. 4, pp: 253-255.
۲۱. Hyland, G., 2000. Physics and biology of mobile telephone. *Lancet*. Vol. 356, pp: 1833-1836.
۲۲. Kumari, K.; Khare, A. and Dange, S., 2014. The Applicability of Oxidative Stress Biomarkers in Assessing Chromium Induced Toxicity in the Fish *Labeo rohita*. *Hindawi Publishing Corporation. BioMed Research International*. 11 p. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/782493>

