بررسی اثرات مواجهه کوتاه‌مدت شرایط تنش حرارتی-رطوبتی بر رشد و نمو جنین در موش های آزمایشگاهی باردار

- **فاطمه میوانه:** گروه اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
- **علیرضا انتظاری*:** گروه اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
- **فاطمه صادقی‌فر:** گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه،دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
- **محمد باعقیده:** گروه اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
- **آزاده عتباتی:** گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۸

چکیده

تنش‌های حرارتی–رطوبتی از مهم‌ترین عوامل محیطی موثر بر رشد جنین و سلامت مادران باردار است و مطالعات در این زمینه محدود بوده‌اند. هدف این پژوهش بررسی اثرات مواجهه کوتاه‌مدت در برابر تنش‌های حرارتی–رطوبتی در قالب شاخص THI بر رشد و نمو جنین در موش می‌باشد و به این منظور از مدل‌های حیوانی (موش NMRI) استفاده شده است. در مطالعه حاضر موش‌های NMRI با سن ۷ تا ۸ هفته باردار در طول دوره دوم بارداری استفاده شده است. روزانه به‌صورت کوتاه‌مدت (۳، ۵، ۸، ۱۰ و ۱۵ دقیقه) و در بازه زمانی ۱ هفته در برابر تنش‌های حرارتی–رطوبتی در محفظه طراحی شده قرار گرفتند. دوره‌های قرارگیری مطابق با نقاط رشد و تکامل جنین انسان طراحی شده است. مواجهه با تنش‌های حرارتی–رطوبتی در دوره دوم (روز بارداری: ۱۴–۶/۵) بارداری در مدت زمان ۷ روز، افزایش میزان مرگ و میر مادران، کاهش وزن قد جنین و وزن جفت را نسبت به گروه شاهد نشان می‌دهد، این افزایش در سطح معنی‌داری (p-value<۰/۰۱) مورد آزمون قرار گرفت. هم‌چنین با افزایش سطح تنش (حرارت–رطوبتی) در سطوح مختلف شاخص، ناهنجاری‌های جنینی (اگزوهپاتیک، بدشکلی صورت، بدن C شکل، نقایص ساختاری گوش، همانژیوم و چسبندگی اندام حرکتی) افزایش نشان داده است. آزمون t دو نمونه مستقل و ANOVA معنی‌داری موارد فوق را در سطح (p-value<۰/۰۱) تایید نموده‌اند. نتایج این پژوهش می‌تواند در تدوین برنامه‌های مراقبتی، درمانی و آموزش مادران باردار موثر بوده و جهت پایش تنش‌های حرارتی–رطوبتی و طراحی سیستم‌های هشداردهنده مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: تنش‌های حرارتی–رطوبتی، ناهنجاری‌های جنین، THI، مواجهه

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: entezari@hsu.ac.ir

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110333

مقدمه

عوامل محیطی مانند درجه‌حرارت، رطوبت، سرعت باد و تابش از عوامل تعیین کننده شرایط آسایش یا سطوح تنشی برای موجودات زنده محسوب می‌شوند. شاخص‌های مختلف هواشناسی زیستی جهت پیش‌بینی و تعیین نقاط تنش برای حیوانات و انسان توسعه یافته‌اند (Bohmanova و همکاران، ۲۰۰۷؛ Vitali و همکاران، ۲۰۰۹). نتایج نامطلوب بارداری به‌طورکلی شامل ناهنجاری‌های کروموزومی، ناهنجاری‌های مادرزادی، سقط جنین، تولد یا زایمان زودرس تعریف می‌شود (Frederiksen و همکاران، ۲۰۱۸). امروزه نتایج نامطلوب بارداری، عامل بسیاری از بیماری‌ها و مرگ و میر در سراسر جهان در زنان باردار و نوزادان متولد شده محسوب می‌شود. از این میان، فراوان‌ترین نتایج، مربوط به اختلالات فشارخون بالا، زایمان زودرس، وزن کم در زمان تولد و عقب ماندگی رشد داخل رحمی می‌باشند (Beltran و همکاران، ۲۰۱۴؛ Dłuski و همکاران، ۲۰۱۸؛ Kramer، ۲۰۰۳). عوامل محیطی و اقلیمی یکی از مهم‌ترین علل ایجاد نتایج نامطلوب بارداری و مرگ و میر می‌باشد که به‌ندرت به آن پرداخته می‌شود (Bruckner و همکاران، ۲۰۱۴). آسایش حرارتی انسان نتیجه تعادل انرژی بین سطح بدن و محیط زیست است که بر فیزیولوژی، روانشناسی و رفتار انسان اثر دارد (Gosling و همکاران، ۲۰۱۴؛ Jendritzky و همکاران، ۲۰۱۲؛ McGregor، ۲۰۱۲).راحتی‌و سلامتی انسان به‌ویژه زنان باردار در محیط طبیعی رابطه مستقیم با عناصر آب و هوایی از قبیل درجه حرارت، رطوبت، تابش آفتاب و باد دارد (Thomas، ۲۰۰۴). شاخص‌های مرتبط با فیزیولوژی انسان که از معادله بیلان انرژی بدن انسان مشتق گردیده‌اند، امروزه در مطالعات زیست اقلیم جایگاه ویژه‌ای دارند (Valencia-Barrera و همکاران، ۲۰۰۲). بررسی علمی و مدون شرایط راحتی آب و هوایی انسان به دهه ۵۰ و ۶۰ قرن بیستم باز می‌گردد (Arens و همکاران، ۱۹۸۶). شرایط آب و هوایی گویای چگونگی جو می‌باشد. این شرایط معمولاً به‌وسیلهٔ اندازه‌گیری عناصر اقلیمی و حالات آن بیان می‌شود. عناصر اقلیمی پدیده‌های توصیف کنندهٔ آب و هوا (تابش، دما، بارش، رطوبت، فشار و باد)هستند که‌در ایستگاه‌های‌سنجش جو اندازه‌گیری می‌شوند. از سوی دیگر مدل‌های آسایش حرارتی علاوه بر استفاده از پارامترهای جوی (Kántor و Unger، ۲۰۱۱). از فرایندهای پیچیده متابولیکی مانند سطح فعالیت فیزیکی و پوشش لباس نیز استفاده می‌کنند (Jendritzky و همکاران، ۲۰۱۲). هم‌چنین این مدل‌ها ابزار مفیدی برای خلاصه‌سازی اثرات متقابل عوامل استرس‌زای محیطی و واکنش‌های انسان محسوب می‌شوند که به‌صورت طبقه‌بندی‌های تجربی یا منطقی براساس محاسبات مربوط به تعادل بدن انسان بیان می‌شوند (Blazejczyk و همکاران، ۲۰۱۲؛ Steadman، ۱۹۷۹). گونه‌های مختلف حیوانات و انسان‌ها حساسیت‌های مختلفی را نسبت به درجه‌حرارت در مقادیر مختلف رطوبت نشان می‌دهند (Yousef، ۱۹۸۵). در انسان نسبت درجه‌حرارت مرطوب بر روی آسایش ۶ برابر بیش‌تر از درجه‌حرارت خشک است. درحالی‌که این نسبت در حیوانات به‌میزان ۲ برابر می‌باشد (Bianca، ۱۹۶۲). اثرات‌ترکیبی درجه‌حرارت و رطوبت بر نتایج منفی بارداری در سال ۱۹۹۷ مورد توجه قرار گرفت و شاخص رطوبت-گرما به‌عنوان یکی از فاکتورهای سنجش اثرات ترکیبی این دو پارامتر و اثرات آن بر بارداری معرفی شد (Lajinian و همکاران، ۱۹۹۷). در شرایط تنش حرارتی گیرنده‌های حساس به تغییر درجه‌حرارت در پوست، عضلات، معده و مناطقی از سیستم عصبی مرکزی سیگنال‌های این تغییر را از طریق سیستم عصبی به هیپوتالاموس قدامی ارسال می‌کنند. در مواقع کاهش درجه‌حرارت نیز انقباض عروق، جریان خون به پوست را کاهش می‌دهد. از این‌رو باعث بروز هیپوترمی (واکنش بدن در برابر کاهش درجه حرارت) و ترموژنز (سوخت و ساز بدن برای تولید گرمای بیش‌تر) خواهد شد (Parsons، ۲۰۱۴). تحقیقات متعدد نشان می‌دهد زنان در ۱۲ هفته اول بارداری نباید در معرض مستقیم نور آفتاب و گرما قرار بگیرند زیرا این گرما می‌تواند روی رشد جنین داخل رحم مادر تاثیر منفی بگذارد. در زنانی که در ۳ ماه اول دوران بارداری خود در معرض گرما قرار بگیرند، احتمال تولد نوزادانی با وزن کم افزایش معنی‌داری پیدا می‌کند (Malek، ۲۰۱۵؛ McDonald و همکاران، ۱۹۸۷). بررسی‌ها نشان داده است که تولیدمثل و باروری، از عوامل محیطی به‌شدت تاثیر می‌پذیرد. در بین این عوامل تاثیر دما و رطوبت در مراحل مختلف بارداری قابل توجه بوده است (Hamid و همکاران، ۲۰۱۲). به گونه‌ای که در کشورهای مناطق حاره و کشورهای با تابستان معتدل باروری در حیوانات از شرایط محیطی به‌شدت تاثیرپذیر بوده و تنش‌های گرمایی نقش اصلی را در رشد و نمو جنین و اندازه آن دارد (Ruff، ۱۹۹۴). در محیط‌های خیلی گرم یک زن باردار ممکن است در برابر تغییرات درجه‌حرارت به‌دلیل فشار روانی و فیزیکی، بیش‌تر آسیب‌پذیر و در معرض خطر باشد. به‌دلیل این‌که: الف- دمای درونی بدن به‌خاطر تجمع چربی در دوران بارداری افزایش می‌یابد. ب- نسبت سطح به توده بدن کاهش یافته و ظرفیت بدن در برابر عرق و از دست دادن گرما کاهش می‌یابد. ج- افزایش وزن بدن و تولید گرما. و سرانجام د- افزایش میزان تنش گرمایی با رشد جنین و میزان سوخت و ساز آن (Prentice و همکاران، ۱۹۸۹؛ Wells و Cole، ۲۰۰۲).تنش‌های‌گرمایی-رطوبتی مزمن در طی دوران بارداری اثرات قابل توجهی در کاهش وزن تولد و عقب‌ماندگی رشد داخل رحمی دارد. هم‌چنین این تنش‌ها عامل اصلی بروز پره

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110333

اکلامپسی و تولد نارس نیز به‌حساب می‌آیند. علاوه بر آن اختلال در خواب نیز در اوایل دوران بارداری رشد جنین را تحت تاثیر قرار می‌دهد و مطالعات نشان داده است خواب زنان باردار در محیط‌های گرم با تنش حرارتی بالا کاهش می‌یابد (Butler و Behrman، ۲۰۰۷؛ Okun و همکاران، ۲۰۰۹). هم‌سو با مطالعه حاضر پژوهش‌های اپیدمیولوژیکی گوناگونی انجام پذیرفته است که برخی از مهم‌ترین آن‌ها در ادامه معرفی می‌شوند: Lajinian و همکاران (۱۹۹۷) اولین گزارش مربوط به اثرات درجه حرارت و تولد زودرس را ارائه کردند. به گونه‌ای که سال را به چهار دوره (گرم، سرد و دوره‌های گذر) تقسیم کردند. نرخ وقوع زایمان زودرس با یک افزایش ۱/۲ درصد در دوره گرم نسبت به دوره سرد و دوره‌های گذر با بالاترین شاخص HI همراه بوده است و ارتباط معنی‌دار این شاخص و بروز زایمان زودرس به ثبت رسیده است. مطالعه تغییرات فصلی در فراوانی سقط جنین و باروری توسط Czeizel و Elek (۱۹۶۷) به انجام رسیده است، نشان داد که بیش‌ترین موارد سقط در ماه‌های تابستان رخ داده است. تجزیه و تحلیل اپیدمیولوژیک مرگ جنین در دوران جنینی در سنگاپور توسط Tan و همکاران(۱۹۸۴) انجام شده که از سوابق ۱۷۷۷ مورد سقط‌های فراموش شده و ۱۰۰۱ مورد سقط کامل استفاده شد، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد بیش‌ترین فراوانی سقط‌ها و مرگ داخل رحمی در نیمه اول سال مخصوصاً در ماه مارس ، آوریل و می اتفاق افتاده که ارتباط بین عوامل محیطی ازجمله درجه حرارت را با میزان سقط را نشان می‌دهد. Lam و Miron (۱۹۹۶) اثر درجه حرارت را بر روی باروری انسان با استفاده از مدل‌های رگرسیونی بررسی کردند و نشان دادند که درجه‌حرارت بر روی تولدهای فصلی موثر بوده به طوری‌که گرمای شدید تابستان و افزایش دما طول دوره بارداری را کاهش و سقط جنین را افزایش داده است این درحالی است که پایش فصلی سقط‌جنین‌های عمدی در کارولینای شمالی در فاصله سال‌های ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۳ مبتنی بر روش‌های رگرسیونی نشان‌داد که بیش‌ترین تعداد سقط جنین در ماه‌های زمستان (با اوج در فوریه) و کم‌ترین تعداد سقط در آوریل به وقوع پیوسته است و در ماه‌های می تا اوت نیز میزان سقط‌ها تقریباً ثابت بوده و زمان سقط‌ها بین زنان تقریباً مشابه بوده، به‌طوری‌که ۷۰ درصد آن‌ها در بین هفته‌های ۷ الی ۱۰ بارداری اتفاق افتاده است. تاکید می‌شود که این نتایج مرتبط با سقط جنین‌های عمدی بوده است (Parnell و Rodgers، ۱۹۹۸). مطالعات Dulskiene و Maroziene (۲۰۰۱) و Talukder و Haque (۲۰۰۳) نیز توزیع فصلی سقط جنین‌ها را در گروه‌های سنی مختلف بررسی نموده که بالاترین فراوانی برای ماه می (۱۸/۹۸ درصد) پس از آن در ماه جون هم‌زمان با درجه حرارت‌های بالا بوده است. Demicheli و همکاران (۲۰۰۱) بعد از انجام مطالعات بر روی نمونه‌ها، درد لگن با منشا ناشناخته ۱۸۰ مورد، منوراژی (قاعدگی دردناک) و متروراژی (خونریزی درون رحم) ۹۵ مورد، سقط‌های در معرض خطر ۵۶ مورد و سقط‌های خود به خودی ۵۴ مورد، به این نتیجه رسیدند که بین عوامل آب و هوایی (فشار اتمسفری، درجه حرارت، رطوبت و تابش کل) با این بیماری‌ها ارتباط نزدیکی وجود دارد به‌عنوان مثال تغییرات درجه حرارت با درد لگن و فشار اتمسفری بالا با بروز منوراژی و سقط جنین مرتبط است. از آن‌جاکه تاثیر فراسنج‌های آب و هوایی بر سلامت و رشد جنین کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است و از سوی دیگر گستره جغرافیایی و تنوع آب و هوایی کشور ایران زمینه بروز تنش‌های متنوع حرارتی-رطوبتی را فراهم نموده است. لذا در این پژوهش تلاش شده است با اجرای روش‌های تجربی و آزمایشگاهی این مهم مورد توجه قرار گیرد تا بستر مناسبی برای مطالعات و برنامه‌ریزی‌های آتی فراهم آید.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های حیوانی: در این مطالعه از موش‌های نر و ماده نژاد NMRI با متوسط سن ۷ تا ۸ هفته (خریداری شده از مرکز سرم‌سازی رازی) استفاده شده است. با همه نمونه‌های حیوانی مطابق با دستورالعمل‌های ملی و بین‌المللی مربوطه رفتار شده که مورد تایید کمیته‌اخلاق دانشگاه‌علوم‌پزشکی سبزوار نیز بوده است. همه حیوانات در قفس‌های پلی‌پرولین تمیز پوشیده شده با تراشه چوب و درجه حرارت ۲۲-۲۴ درجه سانتی‌گراد با یک چرخه ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی با دسترسی آزاد به آب و غذا نگه‌داری شده‌اند. موش‌های نر و ماده با سیستم تریوس (۲ ماده و ۱ نر) جهت جفتگیری قرار داده شدند یک روز پس از قرارگیری چرخه استروئید روزانه برای حداقل دو دوره کامل استروئید طبیعی کنترل شد و بعد از مرحله پروستروس یک موش ماده با یک موش نر جهت جفتگیری جداسازی شدند. روز بعد با مشاهده پلاک واژینال جفت‌گیری مورد تایید قرار گرفت و به‌عنوان روز ۰/۵ محاسبه گردید. موش‌های باردار وزن شده و در دو گروه اصلی شامل گروه شاهد و گروه مواجهه مورد آزمایش قرار گرفتند. گروه شاهد شامل ۸ سر در شرایط دما –رطوبت محیط نگه‌داری شده و گروه مواجهه شامل ۴ زیرگروه (براساس آستانه‌های شاخص THI) بوده که به هر زیرگروه مواجهه، ۸ سر موش جهت آزمایش اختصاص داده شده است. بعد از رسیدن زمان بارداری به ابتدای دوره دوم (روز بارداری: ۱۴-۶/۵) آزمایشات مربوط به مواجهه حیوان در برابر شرایط تنشی (شامل ترکیب تنش حرارت-رطوبت) آغاز و پس از پایان دوره، تشریح انجام شد.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110333

شاخص درجه‌حرارت-رطوبت (THI): شاخص درجه حرارت رطوبت به‌صورت یک مقدار عددی است که اثرات ترکیبی بین درجه حرارت و رطوبت را به‌صورت آستانه‌های تنشی مطرح می‌کند. این شاخص به‌عنوان شاخص امنیت آب و هوایی جهت پایش و کاهش تنش‌های حرارتی مطرح شده است. شاخص درجه‌حرارت-رطوبت ابتدا به‌وسیله Thom در سال ۱۹۵۹ جهت ارزیابی تنش حرارتی در انسان مطرح شد که بعدها پژوهشگران متعدد از این شاخص به‌طور گسترده جهت ارزیابی تنش‌های حرارتی در بین حیوانات نیز استفاده کرده‌اند (Cargill و Stewart، ۱۹۶۶؛ Johnson و همکاران، ۱۹۶۲؛ Johnson و همکاران، ۱۹۶۳). در مطالعه حاضر از معادله ۱، ارائه شده مرکز پیش‌بینی هوا وابسته به سازمان ملی اقیانوس و جو NOAA استفاده شد و نمونه‌ها در شرایط تنشی این شاخص قرار داده شدند (جدول ۲).

معادله (۱): $THI = 0.5\times\{T+61.0+[(T-68.0)\times1.2]+(RH\times0.094)\}$

در رابطه فوق،: T درجه‌حرارت به سانتی‌گراد و RH رطوبت نسبی به درصد می‌باشد. در جدول ۱ آستانه‌ها و شرایط تنشی شاخص THI آمده است.

جدول۱: آستانه‌های شاخص حرارت-رطوبت (Kyle، ۱۹۹۴)

آستانه شاخص (درجه سانتی‌گراد)	شرایط تنش حرارتی	تعداد مواجهه (نمونه‌ها) در هر آستانه
۳۰-۴۰	گرم (هشدار)	۸
۴۰-۴۵	داغ (هشدار شدید)	۸
۴۵-۵۵	بسیار داغ (خطر)	۸
>۵۰	سوئیلینگ (Sweltering) (خطر شدید)	۸

سیستم مواجهه و تشریح: یک محفظه حرارتی-رطوبتی با دامنه حرارتی ۵- تا ۵۰+ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۲۰ تا ۸۰ درصد توسط دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه حکیم سبزواری طراحی و برنامه‌نویسی شد. انتخاب دماها جهت اجرای آزمایشات براساس آستانه‌های حرارتی در شاخص‌های آسایش حرارتی مختلف، بالاترین دمای ثبت شده در محیط‌های شهری مانند شهرهای: (اهواز و بندر ماهشهر در ایران، عزیزیه در لیبی، پاسنی در پاکستان) و دمای تعادل بدنی در موش می‌باشد. هم‌چنین جهت لحاظ مقادیر رطوبت از شاخص شرجی (شاخص لانکستر: پدیده شرجی یکی از رویدادهای اقلیمی حاصل از ترکیب دمای بالا به همراه رطوبت می‌باشد. و از نظر زیست اقلیمی و بیولوژیکی منجر به ناراحتی انسان و تشدید بیماری‌هایی مانند آسم، تنگی نفس و نارسائی گردش خون می‌شود) استفاده شده است (Mahmoudi و همکاران، ۲۰۱۹). حیوانات در گروه‌های ۸ تایی در شرایط تنش حرارت-رطوبت و در زمان‌های متناوب و به‌صورت مواجهه کوتاه‌مدت (۳، ۵، ۸، ۱۰، ۱۵ دقیقه) داخل محفظه قرار داده شدند. تهویه هوا در داخل محفظه از طریق منافذ ایجاد شده در اطراف باکس صورت می‌گرفت. با توجه به تکرار آزمایشات از طریق روش سعی و خطا در حیوانات درنهایت مدت زمان ۱۰ و ۱۵ دقیقه به‌عنوان زمان تنش‌زایی شرایط حرارت-رطوبت به‌طور توامان انتخاب شد. بعد از اتمام آزمایشات، نمونه‌ها با استفاده از کلروفرم بی‌هوش و جنین و جفت‌ها جمع‌آوری شدند. جنین‌های جمع‌آوری شده به دقت از کیسه آمنیوتیک خارج شدند، بند ناف و غشاهای آمنیوتیک از جفت جداسازی، وزن‌گیری و سپس در مایع سرم فیزیولوژی مورد شستشو قرار گرفتند. در مرحله بعد قد جنین‌ها (CLR: crown-to-rump length)، قطر و وزن جفت در هر سر موش تشریح شده با استفاده از کالیپرهای دیجیتال اندازه‌گیری و در فیکساتیو بوئن قرار داده شدند. تعداد جنین‌ها در هر سر حیوان ثبت نشده است (جدول۲). تشخیص و تایید ناهنجاری‌ها توسط میکروسکوپ مشاهده و با دوربین دایتو لیت (Dino-lite) عکس‌برداری شدند.

جدول۲: زمان مواجهه و ناهنجاری‌های ایجاده شده در هر آستانه

THI	تعداد جنین	مدت مواجهه (دقیقه)	مرگ و میر مادران (درصد)	ناهنجاری‌های جنین (تایید شده در تمام آستانه‌ها)
آستانه۱	۶۰	۱۰	۲۵	اگزوهپاتیک
آستانه۲	۶۰	۵	۲۵	همانژیوم
آستانه۳	۶۰	۳	۳۷/۵	چسبندگی اندام حرکتی بدن C شکل بدشکلی صورت نقایص ساختاری گوش
آستانه۴	_	۲	۱۰۰	مرگ و میر مادران

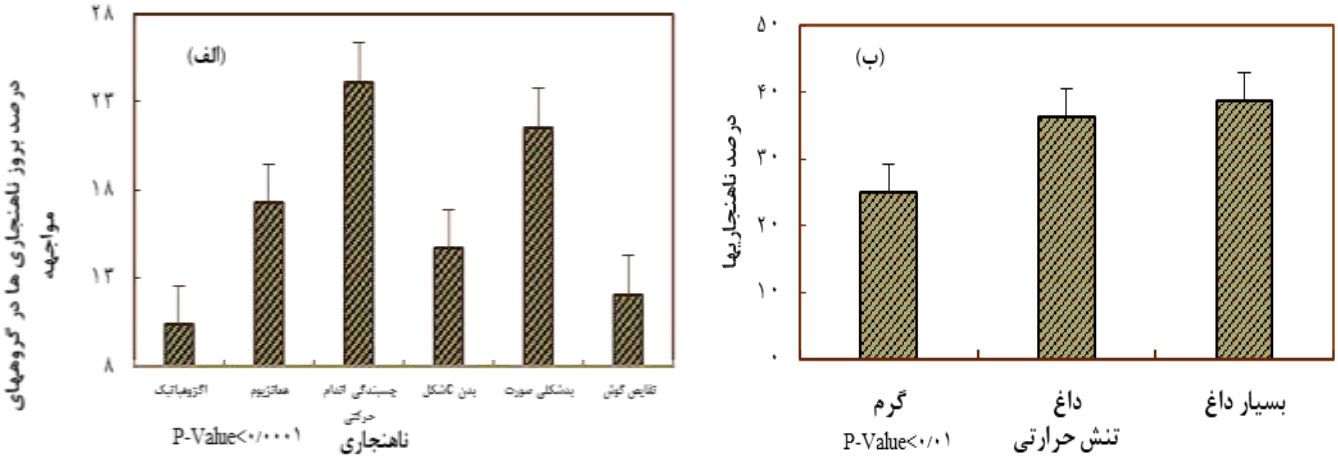
در این پژوهش از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (Analysis Of Variance) و با توجه به همگنی واریانس‌ها از طریق آزمون لون (Leven)، بررسی معنی‌داری تفاوت واریانس‌ها با آزمون دانت (Dunnett T3) مورد آزمون قرار گرفتند.

نتایج

ناهنجاری‌ها: نتایج حاصل از برداشت‌های آزمایشگاهی نشان می‌دهد عامل حرارت-رطوبت به‌صورت معنی‌داری در ایجاد ناهنجاری‌های مختلف در گروه‌های مواجهه موثر بوده است. به گونه‌ای که در ۶۸/۴۴ درصد از کل نمونه‌های برداشت شده از گروه‌های مواجهه، یکی از ناهنجاری‌ها مشاهده و تایید شده است. در بررسی جزئی‌تر، این

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110333

ناهنجاری‌ها شامل: نقایص ساختاری گوش، همانژیوم (Hemangiomas: تومورهای دوره نوزادی)، اگزوهپاتیک (Exohepatic: بیرون‌زدگی کبد)، سین‌داکتیلی و پلی‌داکتیلی (Polydactyly &Syndactyly) چسبندگی اندام حرکتی)، بدشکلی صورت و بدن C شکل بوده که درصد فراوانی هر یک برای گروه‌های مواجهه در شکل ۱ آمده است که بر این اساس چسبندگی اندام حرکتی، بدشکلی صورت و همانژیوم به‌ترتیب بالاترین درصد فراوانی را در بین ناهنجاری‌ها داشته‌اند. در شکل ۲ نیز تصاویر ناهنجاری‌های ثبت شده توسط دوربین دایناولیت نشان داده شده است.



شکل۱: الف- درصد بروز ناهنجاری‌ها در گروه‌های مواجهه، ب- درصد ناهنجاری‌ها در آستانه‌های تنشی براساس آزمون ANOVA

پارامترهای رشد جنین: علاوه بر بررسی ناهنجاری‌ها، ویژگی‌هایی چون وزن جفت و قد و وزن جنین در هریک از آستانه‌های شاخص THI مورد ارزیابی قرار گرفت در جدول‌های ۳-الف تا ۳-ج نتایج این بخش از پژوهش برای گروه‌های مواجهه در مقایسه با گروه شاهد آمده است. آن‌چه مشخص است با افزایش سطح تنش حرارت-رطوبت شاخص قد و وزن جنین و وزن جفت کاهش قابل توجه و معنی‌داری را نسبت به گروه شاهد داشته است. پایین‌ترین قد و وزن برای آستانه بسیار داغ ثبت شده. لازم به ذکر است که در آستانه چهارم شاخص THI (خطر شدید) هیچ‌کدام از اعضای گروه مواجهه جهت برداشت نمونه جنین زنده نماندند لذا این آستانه در تحلیل نتایج و شکل‌های مربوطه لحاظ نشده است. قرارگیری در برابر عوامل به‌وجود آورنده تنش‌های محیطی زمینه‌ساز بروز هیپرترمی در مادران باردار محسوب می‌شود در آستانه چهارم تنش حرارتی(خطر شدید) با افزایش دمای محفظه به بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد نمونه‌های آزمایش در کم‌تر از ۱/۵ زمان آزمایش (۳ دقیقه) از بین رفته و عملاً نمونه‌ای برداشت نشده است. ناهنجاری‌های ناشی از مواجهه در شرایط تنش در جدول ۲ نشان داده شده است. دوره دوم جنین در حیوان، مرحله تکوین گاسترولا (Gastrula) و تکمیل مرحله ارگانوژنز (Organogenesis) است (Sadler، ۲۰۱۱). لذا قرارگیری در برابر عوامل تنشی به‌علت حساسیت بالای این دوره منجر به بروز ناهنجاری‌های مختلفی می‌شود که در این پژوهش نیز مشاهده و تایید شده است.

جدول ۳: تفاوت میانگین پارامترهای رشد بین گروه‌های مواجهه و شاهد براساس آزمون ANOVA

قد جنین	گرم	داغ	بسیار داغ	شاهد	sig
گرم	-	*	*	-	۰/۰۰۱
داغ	*	-	*	*	۰/۰۰۰۱
بسیار داغ	*	*	-	*	۰/۰۰۰۱
شاهد	-	*	*	*	۰/۰۰۰۱

وزن جفت	گرم	داغ	بسیار داغ	شاهد	sig
گرم	-	*	*	-	۰/۰۰۸
داغ	*	-	*	*	۰/۰۰۰۱
بسیار داغ	*	*	-	*	۰/۰۰۰۱
شاهد	-	*	*	*	۰/۰۰۰۱

وزن جنین	گرم	داغ	بسیار داغ	شاهد	sig
گرم	-	*	*	*	۰/۰۰۰۱
داغ	*	-	*	*	۰/۰۰۰۱
بسیار داغ	*	*	-	*	۰/۰۰۰۱
شاهد	*	*	*	-	۰/۰۰۰۱

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110333

شکل۲: ناهنجاری‌های تایید شده در گروه‌های مواجهه A: چسبندگی اندام حرکتی، B: اگزوهپاتیک، C: اختلال ساختاری در گوش، D: بدن C شکل، E: بدشکلی صورت، F: همانژیوم و نمونه شاهد G

بحث

مطالعه حاضر، به‌دلیل اهمیت عناصر آب و هوایی در آسایش و عدم آسایش حرارتی-رطوبتی به جهت کاهش تنش‌های حرارتی (سرمایی و گرمایی) و اثرات آن بر عملکرد سیستم تولیدمثل و باروری بر روی مدل‌های حیوانی (موش) انجام شده است. علاوه بر این در این پژوهش نتایج نامطلوب بارداری در مواجهه کوتاه‌مدت با شرایط تنشی دما-رطوبت در موش باردار ۷ روزه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل در دو دسته فاکتورهای رشد و ناهنجاری‌ها دسته‌بندی و جمع‌بندی گردید. با توجه به ماهیت فاکتورهای انتخاب شده (درجه‌حرارت و رطوبت) برای اجرای آزمایشات بر روی حیوان از شاخص آسایش حرارتی-رطوبتی جهت اعمال تنش‌های لازم، استفاده شد که شامل ۴ آستانه تنشی بودند. نتایج حاصل از برداشت نمونه‌ها در تحلیل فاکتورهای رشد نشان داد که وزن، قد جنین و وزن و قطر جفت به‌صورت معنی‌داری نسبت به گروه شاهد دارای کاهش چشمگیری بوده است. این معنی‌داری در سطح ۹۹

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110333

و ۹۵ درصد مورد و با p-value<۰/۰۱ اثبات شدند. در شکل‌های (۳-الف) تا (۳-ج) نتایج این بخش از پژوهش برای گروه‌های مواجهه درمقایسه با گروه شاهد آمده است از بین آستانه‌های مدنظر،درآستانه چهارم (خطر شدید) هیچ‌کدام از اعضای گروه مواجهه جهت برداشت نمونه جنین زنده نماندند. این نتایج مطابق با پژوهش‌های مشابه انجام شده Lajinian و همکاران (۱۹۹۷) و Czeizel و Elek (۱۹۶۷) نشان داد که پارامترهای آب و هوایی ایجاد کننده تنش به‌ویژه اثرات تلفیقی حرارت-رطوبت‌هستند. بروز ناهنجاری مورفولوژیکی یکی از رایج‌ترین انواع نقایص زایمان و بارداری می‌باشد. نتایج این مطالعه نشان داد در بین گروه‌های مواجهه با حرارت-رطوبت نمونه‌های متعددی از ناهنجاری‌های‌مربوط به موفولوژی مشاهده‌شده است.این ناهنجاری‌ها شامل: نقایص ساختاری گوش، همانژیوم (تومورهای دوره نوزادی)، اگزوهپاتیک(بیرون‌زدگی کبد)،سین‌داکتیلی و پلی‌داکتیلی(چسبندگی اندام حرکتی)، بدشکلی صورت و بدن C شکل بوده که درصد فراوانی هر یک برای گروه‌های مواجهه در شکل۱ آمده است که بر این اساس چسبندگی اندام حرکتی، بدشکلی صورت و همانژیوم به‌ترتیب بالاترین درصد فراوانی را در بین ناهنجاری‌ها داشته‌اند. در شکل۲ نیز تصاویر ناهنجاری‌های ثبت شده توسط دوربین داینولیت نشان داده شده است. با توجه به این‌که دوره دوم جنین در حیوان، مرحله تکوین گاسترولاوتکمیل‌مرحله ارگانوژنز است(Sadler، ۲۰۱۱).لذا قرارگیری در برابر عوامل تنشی به‌علت حساسیت بالای این دوره منجر به بروز ناهنجاری‌های مختلفی‌می‌شودهمان‌طورکه Dulskiene و Marozien (۲۰۰۱) نشان دادند که عوامل محیطی بر روی سیستم تولیدمثل و رشد جنین و در نهایت سقط جنین اثرگذار بوده‌اند. به گونه‌ای که، یافته‌های این پژوهشگران نشان داد بالاترین درصد سقط جنین در ماه‌های گرم سال بوده است. این مطالعه با هدف بررسی اثرات کوتاه مدت مواجهه با شرایط تنش‌حرارتی-رطوبتی برناهنجاری‌های جنینی و نتایج نامطلوب بارداری انجام شده است. به این منظور از مدل‌های حیوانی و در محیط آزمایشگاهی نمونه‌های مدنظر برداشت شده و سپس تجزیه و تحلیل مربوط به تفاوت نتایج نامطلوب بارداری بین گروه‌های مواجهه و گروه شاهد و هم‌چنین در سطوح مختلف تنش براساس شاخص THI انجام شد. نتایج نشان داد که در آستانه‌های تنش بسیار داغ بالاترین درصد عوارض نامطلوب بارداری اتفاق افتاده است. نتایج حاصل از بررسی، تفاوت بین میانگین شاخص‌های: قد و وزن جنین و وزن جفت نشان داد با افزایش سطح تنش، این شاخص‌ها تفاوت کاهشی معنی‌داری را با گروه شاهد نشان می‌دهند.سقط جنین نیز به‌عنوان یکی از تهدیدات بارداری به‌خصوص در دوره دوم بارداری در گروه‌های مواجهه متاثر از شرایط تنش حرارتی-رطوبتی افزایش معنی‌داری را نشان‌داد. ناهنجاری‌های گوناگونی نیز درسیستم عصبی‌مرکزی، رشد استخوان‌ها و دستگاه تنفسی دیده‌شد که ازجمله این ناهنجاری‌ها بروز اگزوهپاتیک، همانژیوم زمینه‌ساز سرطان، چسبندگی اندام حرکتی، بدن C شکل، بدشکلی صورت و نقایص ساختار گوش را می‌توان نام برد. این یافته‌ها می‌توانند ضمن تایید فرضیه اثرگذاری عوامل محیطی به‌ویژه شرایط حاد اقلیمی بر سلامت‌جنین، در علت‌یابی بروز ناهنجاری‌های مادرزادی گوناگون نیز کارآمد باشند. احتمال وقوع رویدادهای حدی در هر شرایط آب و هوایی وجود دارد و تنوع آب و هوایی ایران موجب شده است انواع مختلفی از رویدادهای‌حدی آب و هوایی در مناطق مختلف جغرافیایی حادث شوند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به موج‌های گرمایی، موج‌های سرما و شرایط شرجی اشاره کرد. نتایج این پژوهش نشان داد زنان باردار به‌عنوان یک جمعیت آسیب‌پذیر در برابر تنش‌های تلفیقی حرارت-رطوبت با افزایش معنی‌دار نتایج نامطلوب بارداری رو به‌رو هستند. لذا در این زمینه ضروری است ضمن انجام مطالعات تکمیلی برای دیگر رخدادهای حدی آب و هوایی و تعیین سطوح هشدار، اطلاعات و آگاهی‌های لازم در اختیار اقشار جامعه قرار گیرد و مسئولان حوزه بهداشت و درمان ضمن اعتماد به یافته‌های علمی پژوهشگران آب و هواشناسی، در راستای ارتقای سیستم‌های مراقبتی درمانی و خدمات پرستاری تدابیر و آموزش‌های لازم در مواجهه با تنش‌های آب و هوایی را در برنامه‌ریزی‌های خود لحاظ نمایند

منابع

۱. **Arens, E.A.; Gonzalez, R. and Berglund, L., 1986.** Thermal comfort under an extended range of environmental conditions. ASHRAE Transactions. 92 p.

۲. **Beltran, A.; Wu, J. and Laurent, O., 2014.** Associations of meteorology with adverse pregnancy outcomes: a systematic review of preeclampsia, preterm birth and birth weight. International journal of environmental research and public health. Vol. 11, No. 1, pp: 91-172.

۳. **Bianca, W., 1962**. Relative importance of dry-and wet-bulb temperatures in causing heat stress in cattle. Nature. Vol. 195, pp: 251-252 .

۴. **Bianchi-Demicheli, F.; Lüdicke, F.; Spinedi, F.; Major, A.L.; Kulier, R.; Campana, A. and Gyr, T., 2001.** Association between weather conditions and the incidence of emergency gynecological consultations. Gynecologic and Obstetric Investigation. Vol. 51, No. 1, pp: 55-59 .

۵. **Blazejczyk, K.; Epstein, Y.; Jendritzky, G.; Staiger, H. and Tinz, B., 2012.** Comparison of UTCI to selected thermal indices. International Journal of Biometeorology. Vol. 56, No. 3, pp: 515-535 .

۶. **Bohmanova, J.; Misztal, I. and Cole, J., 2007.** Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. Journal of Dairy Science. Vol. 90, No. 4, pp: 1947-1956 .

۷. **Bruckner, T.A.; Modin, B. and Vågerö, D., 2014.** Cold ambient temperature in utero and birth outcomes in Uppsala, Sweden, 1915–1929. Annals of epidemiology. Vol. 24, No. 2, pp: 116-121 .

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110333

۸. **Butler, A.S. and Behrman, R.E., 2007.** Preterm birth: causes, consequences, and prevention: National Academies Press.

۹. **Cargill, B. and Stewart, R., 1966.** Effect of humidity on total heat and total vapor dissipation of Holstein cows. Trans. ASAE. Vol. 9, No. 5, pp: 702-706 .

۱۰. **Council, N.R., 1971.** A guide to environmental research on animals: National Academies.

۱۱. **Czeizel, E. and Elek, E., 1967.** Seasonal changes in the frequency of fetal damages and fertility. Gynecologic and Obstetric Investigation. Vol. 164, No. 2, pp: 89-95 .

۱۲. **da Silva, R.G. and Maia, A.S.C., 2012.** Principles of animal biometeorology(Vol.2): Springer Science & Business Media.

۱۳. **da Silva, R.G. and Maia, A.S.C., 2013.** Thermal stress indexes Principles of Animal Biometeorology (pp: 207-229): Springer.

۱۴. **Dłuski, D.; Mierzyński, R.; Poniedziałek-Czajkowska, E. and Leszczyńska-Gorzelak, B., 2018**. Adverse pregnancy outcomes and inherited thrombophilia. Journal of perinatal medicine. Vol. 46, No. 4, pp: 411-417 .

۱۵. **Dulskiene, V. and Maroziene, L., 2001**. Impact on environmental factors on the reproductive system and fetal development. Medicina (Kaunas, Lithuania). Vol. 38, No. 11, pp: 1072-1077 .

۱۶. **Frederiksen, L.E.; Ernst, A.; Brix, N.; Lauridsen, L.L.B.; Roos, L.; Ramlau-Hansen, C.H. and Ekelund, C.K., 2018.** Risk of adverse pregnancy outcomes at advanced maternal age. Obstetrics & Gynecology. Vol. 131, No. 3, pp: 457-463 .

۱۷. **Gosling, S.N.; Bryce, E.K.; Dixon, P.G.; Gabriel, K.M.; Gosling, E.Y.; Hanes, J.M. and Muthers, S., 2014.** A glossary for biometeorology. International journal of biometeorology. Vol. 58, No. 2, pp: 277-308 .

۱۸. **Hamid, H.Y.; Abu Bakar Zakaria, M.Z.; Yong Meng, G.; Haron, A.W. and Mohamed Mustapha, N., 2012.** Effects of elevated ambient temperature on reproductive outcomes and offspring growth depend on exposure time. The Scientific World Journal.

۱۹. **Jendritzky, G.; de Dear, R. and Havenith, G., 2012.** UTCI, Why another thermal index? International Journal of Biometeorology. Vol. 56, No. 3, pp: 421-428.

۲۰. **Johnson, H.; Ragsdale, A.; Berry, I. and Shanklin, M., 1962**. Effect of various temperature-humidity combinations on milk production of Holstein cattle. Research Bulletin. 791 p.

۲۱. **Johnson, H.; Ragsdale, A.; Berry, I. and Shanklin, M.D., 1963**. Temperature-humidity effects including influence of acclimation in feed and water consumption of Holstein cattle. Missouri Agr. Exp. Sta. Res. Bul. 846 p.

۲۲. **Kántor, N. and Unger, J., 2011.** The most problematic variable in the course of human-biometeorological comfort assessment the mean radiant temperature. Central European Journal of Geosciences. Vol. 3, No. 1, pp: 90-100 .

۲۳. **Kramer, M.S., 2003.** The epidemiology of adverse pregnancy outcomes: an overview. The Journal of nutrition. Vol. 133, No. 5, pp: 1592S-1596S .

۲۴. **Kyle, W., 1994**. editor The human bioclimate of Hong Kong. Proceedings of the Contemporary Climatology Conference, Brno TISK LITERA, Brno.

۲۵. **Lajinian, S.; Hudson, S.; Applewhite, L.; Feldman, J. and Minkoff, H.L., 1997**. An association between the heat humidity index and preterm labor and delivery: a preliminary analysis. American Journal of public health. Vol. 87, No. 7, pp: 1205-1207 .

۲۶. **Lam, D.A. and Miron, J.A., 1996**. The effects of temperature on human fertility. Demography. Vol. 33, No. 3, pp: 291-305 .

۲۷. **Mahmoudi, P.; Tavousi, T.; Wereski, S. and Kamak, M.M., 2019**. Comparative evaluation of sultry indices in the mid-south of Iran. Theoretical and Applied Climatology. pp: 1-13 .

۲۸. **Malek, M., 2015.** Pregnancy and Occupation. Occupational Medicine Quarterly Journal. Vol. 7, No. 2, pp: 85-97 .

۲۹. **McDonald, A.; McDonald, J.C.; Armstrong, B.; Cherry, N.; Delorme, C.; D-Nolin, A. and Robert, D., 1987**. Occupation and pregnancy outcome. Occupational and environmental medicine. Vol. 44, No. 8, pp: 521-526 .

۳۰. **McGregor, G.R., 2012.** Human biometeorology. Progress in Physical Geography. Vol. 36, No. 1, pp: 93-109 .

۳۱. **Okun, M.L.; Roberts, J.M.; Marsland, A.L. and Hall, M., 2009**. How disturbed sleep may be a risk factor for adverse pregnancy outcomes a hypothesis. Obstetrical & gynecological survey. Vol. 64, No. 4, pp: 273 .

۳۲. **Parnell, A.M. and Rodgers, J.L., 1998.** Seasonality of induced abortion in North Carolina. Journal of Biosocial Science. Vol. 30, No. 03, pp: 321-332 .

۳۳. **Parsons, K., 2014.** Human thermal environments: the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort, and performance: Crc Press.

۳۴. **Prentice, A.M.; Goldberg, G.; Davies, H.; Murgatroyd, P. and Scott, W., 1989.** Energy-sparing adaptations in human pregnancy assessed by whole-body calorimetry. British Journal of Nutrition. Vol. 62, No. 0), pp: 5-22 .

۳۵. **Ravagnolo, O.; Misztal, I. and Hoogenboom, G., 2000**. Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. Journal of Dairy Science. Vol. 83, No. 9, pp: 2120-2125 .

۳۶. **Ruff, C.B., 1994**. Morphological adaptation to climate in modern and fossil hominids. American Journal of Physical Anthropology. Vol. 37, No. No. 19, pp: 65-107 .

۳۷. **Sadler, T.W., 2011**. Langman's medical embryology: Lippincott Williams & Wilkins.

۳۸. **Steadman, R.G., 1979**. The assessment of sultriness. Part II: effects of wind, extra radiation and barometric pressure on apparent temperature. Journal of Applied Meteorology. Vol. 18, No. 7, pp: 874-885 .

۳۹. **Talukder, S. and Haque, A., 2003.** Frequency of abortion in different seasons and age groups. Mymensingh medical journal: MMJ. Vol. 12, No. 1, pp: 8-10 .

۴۰. **Tan, K.; Karim, S.; Ratnam, S. and Kottegoda, S., 1984.** Epidemiologic analysis of fetal death in utero in Singapore. International Journal of Gynecology & Obstetrics. Vol. 22, No. 3, pp: 181-188 .

۴۱. **Thomas, P., 2004.** Under the Weather: How Weather and Climate Affect Our Health: Summersdale Publishers LTD ROW.

۴۲. **Tselepidaki, I.; Asimakopoulos, D.; Katsouyanni, K.; Moustris, C.; Touloumi, G. and Pantazopoulou, A., 1995.** The use of a complex thermohygrometric index in predicting adverse health effects in Athens. International journal of biometeorology. Vol. 38, No. 4, pp: 194-198 .

۴۳. **Valencia-Barrera, R.; Comtois, P. and Fernández González, D., 2002**. Bioclimatic indices as a tool in pollen forecasting. International journal of biometeorology. Vol. 46, No. 4, pp: 171-175 .

۴۴. **Vitali, A.; Segnalini, M.; Bertocchi, L.; Bernabucci, U.; Nardone, A. and Lacetera, N., 2009**. Seasonal pattern of mortality and relationships between mortality and temperature-humidity index in dairy cows. Journal of Dairy Science. Vol. 92, No. 8, pp: 3781-3790 .

۴۵. **Wells, J.C. and Cole, T.J., 2002**. Birth weight and environmental heat load: A between-population analysis. American Journal of Physical Anthropology. Vol. 119, No. 3, pp: 276-282 .

۴۶. **Yousef, M.K., 1985.** Stress physiology in livestock. Volume I. Basic principles: CRC press.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110333

Scientific Research Journal of Animal Environment Vol. 12, No. 3, Autumn 2020

Identify the short-term effects of exposure thermos-hygrometric stress on embryonic development

- **Fatemeh Mayvaneh:** Department of Climatology, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
- **Alireza Entezari*:** Department of Climatology, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
- **Fatemeh Sadeghifar:** Department of Biology, Faculty of Basic Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
- **Mohammad Baaghideh:** Department of Climatology, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
- **Azadeh Atabati:** Department of Environmental Science and Engineering, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

Received: September 2019 Accepted: December 2019

Keywords: Heat-Humidity stress, Fetal Abnormalities, THI, Exposure

Abstract

Heat-humidity stress is one of the most important environmental factors affecting the development of the fetus and the health of pregnant maternal., Studies in this area have been limited. The aim of this study was to investigate the effects of short-term exposure to heat-humidity stress in the form of THI on fetal growth and development. For this purpose, animal models were used... pregnant NMRI mice that were exposed to heat-humidity stress in the chamber during the second period of pregnancy (3, 5, 8, 10 and 15 minutes) daily for short periods Placement courses (GD 14.5-17) is designed in accordance with the growth and development of the human embryo. Exposure to thermal-humidity stresses in the second period (GD6.5-14) during of pregnancy shows an increase in maternal mortality and fetal weight loss, crown-to-rump length (CLR) and placental weight in comparison with the control group. Also, with increasing thresholds of stress at different thresholds of the index, embryonic abnormality (Exohatics, Facial Deformity, C-Shaped Body, Ear structure defects, Hemangioma and Limbic Adhesion) have increased. T-test of two independent samples and ANOVA confirmed the above-mentioned results at the level (p-value<0.01). The results of this study can be effective in the development of care programs, treatment and education of pregnant mothers, and to monitor the thermal stresses and design of warning systems.

*Corresponding Author's email: entezari@hsu.ac.ir