Downloaded from amuj.arakmu.ac.ir at 9:38 +0430 on Saturday May 19th 2018

Arak Medical University Journal (AMUJ) *Original Article*
2018; 21(131): 21-32

The Effect of High Intensity Interval Training on Hormonal Hypothalamic-Pituitary-Gonadal Axisand Fertility in Type 2 Diabetic Male Rats

Mohammad Parastesh[1*], Nader Shavandi[2]

1. Assistant Professor, Department of Sport Physiology and Pathology, Faculty of Sport Sciences, Arak University, Arak, Iran.
2. Associate Professor, Department of Sport Physiology and Pathology, Faculty of Sport Sciences, Arak University, Arak, Iran.

Received: 5 Feb 2018, Accepted: 4 Mar 2018

Abstract

Background: Diabetes mellitus is associated with reductions in fertility indices. Interval training, on the other hand, through reducing the adverse effects of diabetes, exerts a positive impact on diabetic individuals.The aim of the present study was to examine the effects of ten weeks of High Intensity Interval Training (HIIT) on reproductive hormones and sperm parameters in Wistar rats with diabetes mellitus type 2.

Materials and Methods: In this experimental study, 36 Wistar rats with mean weight of 200±48 were randomly assigned to healthy control, diabetic control and diabetic + high intensity interval training groups. The diabetic training group received ten weeks of HIIT training by treadmill following the induction of diabetes. Twenty-four hours after the last training session, left epididymis of the rats was examined for studying sperm parameters and blood serum samples were examined for evaluating reproductive hormones. Data were analyzed by one-way ANOVA and Tukey's post hoc test at a significant level of 0.05%.

Results: Ten weeks of HIIT training reduces fasting blood glucose ($p=0.001$) and significantly increases serum testosterone ($p=0.001$), LH ($p=0.042$) and FSH ($p=0.024$) levels in the HIIT training group in comparison to the diabetic group. In addition, sperm parameters (sperm count, survival rate and motility) presented significant improvements compared to the diabetic group ($p<0.05$).

Conclusion: It seems that HIIT training can improve sperm count, survival rate and motility, through increasing serum testosterone, LH and FSH levels (reproductive hormones) in rats with diabetes mellitus type 2.

Keywords: Diabetes mellitus type 2, HIIT training, Reproductive hormones, Sperm parameters

*Corresponding Author:
Address: Department of Sport Physiology and Pathology, Faculty of Sport Sciences, Arak University, Arak, Iran.
Email: Mohamad.parastesh@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقاله پژوهشی

مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اراک

سال ۲۱، شماره ۲ (شماره پیاپی ۱۳۱)، اردیبهشت ۱۳۹۷، ۳۲-۲۱

Downloaded from amuj.arakmu.ac.ir at 9:38 +0430 on Saturday May 19th 2018

اثر تمرین تناوبی با شدت بالا بر محور هورمونی هیپوتالاموس- هیپوفیز- گنادال و باروری موش‌های صحرایی نر دیابتی نوع ۲

محمد پرستش[۱*]، نادر شوندی[۲]

۱.استادیار، گروه فیزیولوژی و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.

۲.دانشیار، گروه فیزیولوژی و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۱۶، تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۱۳

چکیده

زمینه و هدف: دیابت ملیتوس با کاهش شاخص‌های باروری همراه است. از طرفی، تمرین تناوبی با شدت بالا با کاهش عوارض دیابت تأثیر مثبتی بر افراد دیابتی دارد. هدف از مطالعه حاضر، بررسی اثر ۱۰ هفته اثر تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) بر سطوح سرمی هورمون‌های جنسی و پارامترهای اسپرم موش‌های صحرایی دیابتی نوع ۲ بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تجربی، ۳۶ سر موش صحرایی از نژاد ویستار در محدوده وزنی ۴۸±۲۰۰ به طور تصادفی به سه گروه (کنترل سالم، کنترل دیابتی و دیابتی همراه با تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) تقسیم شدند. گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) یک هفته بعد از القاء دیابت، به مدت ۱۰ هفته تمرینات HIIT منظم را به وسیله تردمیل انجام دادند. ۲۴ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین، اپیدیم چپ جهت بررسی پارامترهای اسپرم و سرم خون موش‌های صحرایی جهت بررسی هورمون‌های جنسی جمع آوری شد. داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه و آزمون تعقیبی توکی در سطح معناداری ۰/۰۵ بررسی شدند.

یافته‌ها: ۱۰ هفته تمرین HIIT موجب کاهش معنادار در قند خون ناشتا (p=۰/۰۰۱) و افزایش معنادار سطوح سرمی تستوسترون (p=۰/۰۰۱)، LH(P=۰/۰۴۲) و FSH (p=۰/۰۲۴) در گروه تمرین HIIT نسبت به گروه کنترل دیابتی شد. هم‌چنین پارامترهای اسپرم (تعداد، قابلیت حیات و تحرک) در گروه تمرین HIIT نسبت به گروه دیابتی بهبود یافت (p<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد تمرین HIIT از طریق افزایش سطوح سرمی هورمون‌های جنسی تستوسترون، LH و FSH موجب بهبود تعداد، زنده مانی و قابلیت حرکت اسپرم در موش‌های دیابتی نوع ۲ می‌شود.

واژگان کلیدی: دیابت نوع ۲، پارامترهای اسپرم، هورمون‌های جنسی، تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT)

***نویسنده مسئول:** ایران، اراک، دانشگاه اراک، دانشکده علوم ورزشی، گروه فیزیولوژیوی و آسیب شناسی ورزشی

Email: Mohamad.parastesh@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from amuj.arakmu.ac.ir at 9:38 +0430 on Saturday May 19th 2018

مقدمه

دیابت شیرین یک اختلال درون‌ریز است که از طریق هیپرگلیسمی مزمن که نتیجه نقص در تولید انسولین و یا مقاومت به آن می‌باشد مشخص و شناخته می‌شود. دیابت در تمامی کشورهای توسعه یافته و درحال توسعه از جمله ایران رو به افزایش است. گزارش‌ها نشان می‌دهد که هم‌اکنون تقریباً ۱۰ درصد از جمعیت جهان به این بیماری مبتلا هستند (۱، ۲). در دیابت نوع ۲ مشاهده شده که عوامل ژنتیکی، چاقی و کم تحرکی نقش مهمی در ابتلای فرد دارد. در دیابت سرعت و توانایی بدن در استفاده و سوخت و ساز کامل گلوکز کاهش می‌یابد، از این رو میزان قند خون افزایش یافته که با آن هایپرگلیسمی می‌گویند. وقتی این افزایش قند در درازمدت در بدن وجود داشته باشد، رگ‌های بسیار ریز بدن تخریب می‌شوند که می‌توانند اعضای مختلف بدن از جمله کلیه، چشم و اعصاب را درگیر کنند. هم‌چنین دیابت با افزایش خطر بیماری‌های قلبی عروقی ارتباط مستقیمی دارد. بیماران دیابتی مستعد مشکلات جنسی شامل کاهش هیجان جنسی، توانایی جنسی و نازایی می‌باشند (۲). دیابت اثرات منفی متنوعی بر عملکرد و ساختارهای سیستم تولید مثل جنس مذکر بر جای می‌گذارد که از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به کاهش سطح تستوسترون، تحلیل غدد ضمیمه تولیدمثلی و کاهش میل و رفتارهای جنسی اشاره کرد. این بیماری بر اسپرم سازی نیز تأثیر منفی دارد (۳). بیماری بیشتر مبتلایان به دیابت نوع ۱ قبل از سن ۳۰ سالگی تشخیص داده می‌شود و این یک زنگ خطر برای کودکان و بزرگسالان مبتلا به دیابت نوع ۱ و نوع ۲ به شمار می‌رود (۴). به علاوه رژیم‌های غذایی پرکالری، سبک زندگی و چاقی در افراد جوان به طور مؤثری در افزایش شیوع دیابت نوع ۲ جوانان نقش دارد (۵). با این‌که شکی نیست که این بیماری مسئول برخی از تغییرات پاتولوژیکی و بیوشیمیایی است که باعث کاهش باروری مردان می‌شود، اثر واقعی دیابت ملیتوس بر سلامت باروری مردان به صورت یک بحث بزرگ و متوقف شده باقی مانده است. اختلالات جنسی مانند اختلال در نعوظ یا ضعف در انزال در افراد دیابتی تشخیص داده شده و شناخته شده‌اند و معمولا به کاهش میل جنسی که اغلب با یک خستگی و بیزاری جنسی مرتبط با شرایط هیپرگلیسمی می‌باشد ختم می‌شود (۶). به علاوه اختلال در کارکرد انسولین که در افراد دیابتی وجود دارد ممکن است عملکرد غدد جنسی را تغییر دهد. در مطالعه‌ای درباره شیوع مقاومت به انسولین در مردان با مشکل نعوظ، مشخص شد که این مردان مقاومت بالایی به انسولین دارند، بنابراین این موضوع نقش مؤثر انسولین در سلامت باروری مردان را ثابت می‌کند (۷). به علاوه، کیفیت مایع منی در افراد مبتلا به دیابت نوع ۱ و ۲ که شامل کاهش حرکت اسپرم و تعداد آن و نیز افزایش اسپرم‌های ناهنجار می‌باشد، گزارش شده است (۸). دیگر محققان گزارش کردند در مردانی که نسبت به انسولین مقاوم هستند ترشح تستوسترون در سلول‌های لایدیگ کاهش یافته و مشکلات ناباروری جدی به وجود می‌آید (۹). هم‌چنین گانلی و همکاران گزارش کردند که تغییرات بافتی بیضه در موش‌های صحرایی دیابتی، در اثر تغییر ایجاد مرگ سلولی آپوپتوزی، آتروفی لوله‌های اسپرم ساز، کاهش قطر توبول و کاهش مجموعه‌های سلولی اسپرماتوژنیک ایجاد می‌شود (۱۰). در تأیید این مطالب ویگنون و همکاران گزارش دادند که دیابت سبب افزایش ضخامت غشاء پایه لوله‌های اسپرم ساز می‌شود که با کاهش میزان تولید اسپرم همراه است، هم‌چنین کاهش در تعداد سلول‌های سرتولی منجر به کاهش سلول‌های اسپرماتوگونی می‌شود (۱۱). نتایج بسیاری از مطالعات صورت گرفته بر روی ارتباط بین دیابت و تأثیر آن بر باروری نشان می‌دهد که افراد دیابتی از اختلالات ناباروی رنج می‌برند که این امر با کاهش سطوح هورمون‌های FSH، LH و متعاقب آن تستوسترون، کاهش اسپرماتوژنز و تغییرات منفی در پارامترهای اسپرم همراه است (۱۲). از طرفی، فعالیت بدنی می‌تواند پاسخ عضله اسکلتی به انسولین را از طریق افزایش بیان و یا فعالیت‌های پروتئین‌های درگیر در متابولیسم و سیگنالینگ انسولین بالا

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from amuj.arakmu.ac.ir at 9:38 +0430 on Saturday May 19th 2018

برد. به طوری‌که فعالیت بدنی فعالیت گلیکوژن سنتاز و بیان پروتئین‌های ناقل گلوکز (GLUT4) را افزایش می‌دهد. در افراد مبتلا به دیابت نیز آمادگی بدنی با کاهش اکسیداسیون چربی و جابه جایی به سمت اکسیداسیون بیشتر کربوهیدرات در تمام شدت‌های ورزشی همراه است. در بیماران دیابتی که نقص در عملکرد انسولین دارند، تمرینات بدنی منظم موجب می‌شود از طریق افزایش حساسیت به انسولین و هم‌چنین در غیاب انسولین ورود قند به داخل سلول‌های عضلانی و در نتیجه مصرف آن تسهیل گردد. هم‌چنین فعالیت‌های ورزشی با افزایش سطوح GLUT4 باعث کاهش مقاومت به انسولین می‌گردند (۱۳). مطالعات نشان داده‌اند که تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) می‌تواند سطوح سرمی تستوسترون را بعد از یک دوره تمرین افزایش دهد (۱۴) که این موضوع ظاهراً می‌تواند یک جنبه مثبت تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) برای باروری افراد دیابتی باشد. از طرفی در حالی که اثرات مثبت تمرینات تداومی با شدت پایین تا متوسط در مطالعات علمی انکارناپذیر است، اکنون با توجه به نتایج تحقیقات جدید روشن شده است هنگامی که سلامت کلی فرد، فواید عملکردی و کمبود زمان برای افراد در نظر گرفته می‌شود، تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) نسبت به تمرینات تداومی با شدت متوسط معمولا نتایج مطلوب‌تری را در زمان کوتاه‌تری حاصل می کند. در تحقیق دندیل و همکاران (۲۰۰۹) به وضوح مشخص شد که تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) نسبت به تمرینات تداومی با شدت متوسط موجب کاهش بیشتر قند خون ناشتا و میزان انسولین و افزایش بیشتر حساسیت به انسولین در افراد دارای دیابت نوع ۲ می‌شود (۱۵). هم‌چنین نیز می‌توان بیان کرد افرادی که قصد شرکت در فعالیت‌های ورزشی را دارند نمی‌توانند کمبود زمان برای پرداختن به فعالیت را در این گونه تمرینات بهانه کنند، زیرا تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) نسبت به تمرینات تداومی جهت کسب مزایای فعالیت بدنی نیاز به صرف زمان کمتری دارند (۱۶). افزایش شیوع دیابت در سراسر دنیا و مشکلات ناشی از آن از جمله اختلال در میل جنسی و کاهش کیفیت باروری افراد دیابتی یکی از نگرانی‌های جدی جوامع در حال توسعه است.از این رو، این مطالعه با هدف اثر تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) بر محور هورمونی هیپوتالاموس- هیپوفیز- گنادال و باروری موش‌های صحرایی دیابتی نوع ۲ انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع تجربی است که به شیوه‌ی آزمایشگاهی انجام شد. در این تحقیق از ۳۶ سر موش صحرایی نر نژاد ویستار بالغ با دامنه وزنی ۴۸ ±۲۰۰ گرم و سن ۸ هفته استفاده شد که از دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله تهیه گردیدند. موش‌ها در محیطی با دمای ۲ ± ۲۲ درجه سانتی-گراد، چرخه روشنایی و تاریکی ۱۲:۱۲ ساعت و در قفس‌های پلی کربنات (۵ موش در هر قفس) نگهداری شدند. جهت ایجاد دیابت نوع ۲ بعد از ۱۲ ساعت ناشتا بودن موش‌های صحرایی مورد نظر، از محلول نیکوتین آمید (ساخت شرکت سیگما، آمریکا) محلول شده در نرمال سالین با دوز ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و بعد از ۱۵ دقیقه از محلول استرپتوزوتوسین (STZ) (ساخت شرکت سیگما، آمریکا) محلول در بافر سیترات ۰/۱ مولار با دوز ۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به صورت تزریق درون صفاقی استفاده شد. ۷۲ ساعت پس از تزریق جهت اطمینان از دیابتی شدن، موش‌های صحرایی که میزان قند خون آن‌ها بیشتر از ۲۵۰ میلی‌گرم بر دسی لیتر بود به عنوان دیابتی در نظر گرفته شدند (۱۷). سطوح قند خون در موش‌های صحرایی در هر مرتبه بعد از ۱۲ ساعت ناشتا بودن توسط گلوکومتر (بورر مدل GL42، ساخت کشور آلمان) اندازه گیری شد. در ادامه، موش‌های صحرایی دیابتی شده به طور تصادفی به دو گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) (۱۲ سر) و گروه کنترل دیابتی (۱۲ سر) تقسیم شدند و یک گروه دیگر از موش‌های صحرایی که قند

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from amuj.arakmu.ac.ir at 9:38 +0430 on Saturday May 19th 2018

خون طبیعی داشتند به عنوان گروه کنترل سالم (۱۲ سر) در نظر گرفته شدند.

برنامه تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT)

برنامه تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) روی تردمیل ۵ کاناله به دلیل کنترل آسان‌تر سرعت و مدت زمان دویدن اجرا شد. موش‌ها در گروه تمرین به مدت ۸ هفته، هر هفته ۶ روز تمرین کردند. کل دوره تمرین به ۳ مرحله آشنایی، اضافه بار، حفظ و تثبیت شدت کار تقسیم شد. در مرحله آشنایی (هفته اول) موش‌ها هر روز به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه با سرعت ۸ متر بر دقیقه بر روی نوارگردان راه رفتند. در مرحله اضافه بار (هفته دوم تا چهارم) موش‌ها در روزهای فرد ۲ تا ۶ تناوب ۳ دقیقه‌ای و با سرعت ۴۰ متر در دقیقه و در روزهای زوج ۳ تا ۲۰ تناوب ۳۰ ثانیه‌ای و با سرعت ۵۴ متر در دقیقه روی نوارگردان دویدند و در نهایت در مرحله حفظ و تثبیت شدت کار به مدت ۳ هفته تمرین، پروتکل تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) را اجرا کردند. هم‌چنین در بین هر تناوب ۱ دقیقه جهت ریکاوری استراحت فعال (با شدت ۱۶ متر در دقیقه) وجود داشت. در ضمن، موش‌ها در هر جلسه تمرینی در ابتدا ۵ دقیقه برای گرم کردن (با شدت ۱۶ متر در دقیقه) و در انتها ۵ دقیقه برای سرد کردن (شدت ۱۶ متر در دقیقه و با کاهش تدریجی شدت به کم‌ترین مقدار) فعالیت می‌کردند (جدول ۱) (۱۸). تمامی آزمودنی‌ها، ۷۲ ساعت پس از آخرین جلسه‌ی تمرین، با کلروفرم بیهوش، تشریح و نمونه گیری شدند. نمونه‌های خونی بعد از خون‌گیری و لخته شدن در سانتریفیوژ قرار گرفتند و سرم آن‌ها با دور ۳۵۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه استخراج و جهت اندازه گیری در دمای ۷۰- درجه‌ی سانتی گراد نگهداری شد. اندازه گیری سطوح سرمی هورمون‌های جنسی شامل تستوسترون (T) با حساسیت ۰/۲۵ mIU/ml و دامنه سنجش ۰/۱۰۰ mIU/ml – ۰/۵، هورمون لوتئینه کننده (LH) با حساسیت ۰/۱۱ mIU/ml و دامنه سنجش ۰/۶۰ mIU/ml – ۰/۰۲ و هورمون محرکه فولیکولی (FSH) با حساسیت ۰/۱۱ mIU/ml و دامنه سنجش ۰/۶۰ mIU/ml –۰/۰۲ توسط کیت‌های الایزا شرکت ایست بیوفارم مخصوص موش صحرایی (ساخت کشور چین) طبق دستورالعمل شرکت سازنده صورت گرفت.

جدول ۱. مختصات پروتکل تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) طی ۱۰ هفته روی تریدمیل

هفته	ایام	روز زوج	روز فرد
هفته ۱	۱	۲ تناوب، ۴۰ متر/دقیقه، ۳ دقیقه	
	۲		۳ تناوب ، ۵۴ متر/دقیقه، ۳۰ ثانیه
	۳	۲ تناوب ، ۴۰ متر/دقیقه، ۳ دقیقه	
	۴		۵ تناوب ، ۵۴ متر/دقیقه، ۳۰ ثانیه
	۵	۲ تناوب ، ۴۰ متر/دقیقه، ۳ دقیقه	
	۶		۷ تناوب ، ۵۴ متر/دقیقه، ۳۰ ثانیه
هفته ۲	۱	۳ تناوب ، ۴۰ متر/دقیقه، ۳ دقیقه	
	۲		۹ تناوب ، ۵۴ متر/دقیقه، ۳۰ ثانیه
	۳	۳ تناوب ، ۴۰ متر/دقیقه، ۳ دقیقه	
	۴		۱۱ تناوب ، ۵۴ متر/دقیقه، ۳۰ ثانیه
	۵	۳ تناوب ، ۴۰ متر/دقیقه، ۳ دقیقه	
	۶		۱۳ تناوب ، ۵۴ متر/دقیقه، ۳۰ ثانیه
هفته ۳	۱	۴ تناوب ، ۴۰ متر/دقیقه، ۳ دقیقه	
	۲		۱۵ تناوب ، ۵۴ متر/دقیقه، ۳۰ ثانیه
	۳	۴ تناوب ، ۴۰ متر/دقیقه، ۳ دقیقه	
	۴		۱۷ تناوب ، ۵۴ متر/دقیقه، ۳۰ ثانیه
	۵	۵ تناوب ، ۴۰ متر/دقیقه، ۳ دقیقه	
	۶		۱۹ تناوب ، ۵۴ متر/دقیقه، ۳۰ ثانیه
هفته ۴	۱	۵ تناوب ، ۴۰ متر/دقیقه، ۳ دقیقه	
	۲		۱۹ تناوب ، ۵۴ متر/دقیقه، ۳۰ ثانیه
	۳	۶ تناوب ، ۴۰ متر/دقیقه، ۳ دقیقه	
	۴		۲۰ تناوب ، ۵۴ متر/دقیقه، ۳۰ ثانیه
	۵	۶ تناوب ، ۴۰ متر/دقیقه، ۳ دقیقه	
	۶		۲۰ تناوب ، ۵۴ متر/دقیقه، ۳۰ ثانیه
هفته ۹-۵		۶ تناوب ، ۴۰ متر/دقیقه، ۳ دقیقه تا پایان هفته ۱۰	۲۰ تناوب ، ۵۴ متر/دقیقه، ۳۰ ثانیه تا پایان هفته ۱۰

www.SID.ir

Downloaded from amuj.arakmu.ac.ir at 9:38 +0430 on Saturday May 19th 2018

شمارش اسپرم: بلافاصله بعد از تشریح حیوان و وزن کردن بیضه چپ آن، انتهای اپیدیدیم خارج و در ۵ سی سی محیط کشت (DMEM-F12 انتقال یافت و به منظور خروج اسپرم به درون محیط کشت به قطعات کوچکی بریده و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد آنکوبه شد. بعد از این مرحله ۱ میلی لیتر از مخلوط محیط کشت و اسپرم به ۹ میلی لیتر از محیط کشت رقیق و فیکس شد.

شمارش سرهای اسپرم با استفاده از لام نئوبار و به روش هموسیتومتری (شکل a ۱) انجام گرفت و سپس تعداد اسپرم‌ها در میلی لیتر محاسبه گردید. شمارش اسپرم‌ها بر اساس دستورالعمل ارائه شده از طرف سازمان بهداشت جهانی (WHO) انجام شد (۱۹).

قابلیت تحرک اسپرم: سنجش حرکات اسپرم بر اساس دستوالعمل ارائه شده توسط WHO انجام شد (۱۹). به طور خلاصه ۱۰ میکرولیتر مخلوط محیط کشت و اسپرم بر روی لام مخصوص ارزیابی حرکات اسپرم قرار گرفت. حداقل ۵ میدان میکروسکوپی جهت ارزیابی حرکت حداقل ۲۰۰ اسپرم از هر نمونه مورد بررسی قرار گرفت. سپس درصد اسپرم‌های متحرک محاسبه گردید.

قابلیت حیات اسپرم: قابلیت حیات اسپرم‌های هر گروه بر اساس دستورالعمل سازمان بهداشت جهانی (WHO) (۱۹) به روش رنگ آمیزی ائوزین – نیگروزین بررسی شد (شکل b ۱). به طور خلاصه، ائوزین (۱ درصد، مرک، آلمان) و نیگروزین (۱۰ درصد، مرک، آلمان) در آب مقطر آماده شد.

ابتدا یک حجم مخلوط محیط کشت و اسپرم با دو حجم ائوزین مخلوط و پس از گذشت ۳۰ ثانیه حجم مساوی نیگروزین به مخلوط ساخته شده اضافه گردید.

سپس گسترش‌های نازکی از مخلوط تهیه و پس از خشک شدن در دمای آزمایشگاه توسط میکروسکوپ نوری با بزرگ‌نمایی ۱۰×۱۰۰ تعداد ۱۰۰ اسپرم شمارش و نسبت درصد اسپرم های زنده در گروه‌های مختلف محاسبه گردید.

در این روش، سر اسپرم‌های زنده به رنگ سفید، در حالی که سر اسپرم‌های مرده به رنگ قرمز متمایل به بنفش ظاهر شد.

مورفولوژی اسپرم: قبل از بررسی مورفولوژیک اسپرم‌های هر گروه، ابتدا گسترش‌های تهیه شده از مخلوط اسپرم و محیط کشت به روش پاپانیکولائو رنگ آمیزی (شکل c ۱) و پس از خشک شدن بر اساس دستورالعمل سازمان بهداشت جهانی (WHO) مورداستفاده قرار گرفتند. برای هر نمونه ۱۰۰ اسپرم با بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰ میکروسکوپ نوری بررسی و ناهنجاری موجود به صورت درصد بیان گردید (۱۹).

تحلیل آماری

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار برای نمونه‌های موجود در هر گروه بیان شد. جهت آنالیز آماری پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون برآورد نرمالی شاپیرو- ویلیک و برای بررسی فرض برابری واریانس ها از آزمون لون استفاده شد.

پس از مشخص شدن طبیعی بودن توزیع داده ها و برقراری فرض برابری واریانس‌ها، به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده ها و مقایسه بین گروه‌ها از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه و آزمون تعقیبی توکی با سطح معناداری $p\leq ۰/۰۵$ استفاده شد.

تمام محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ صورت گرفت.

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from amuj.arakmu.ac.ir at 9:38 +0430 on Saturday May 19th 2018

یافته‌ها

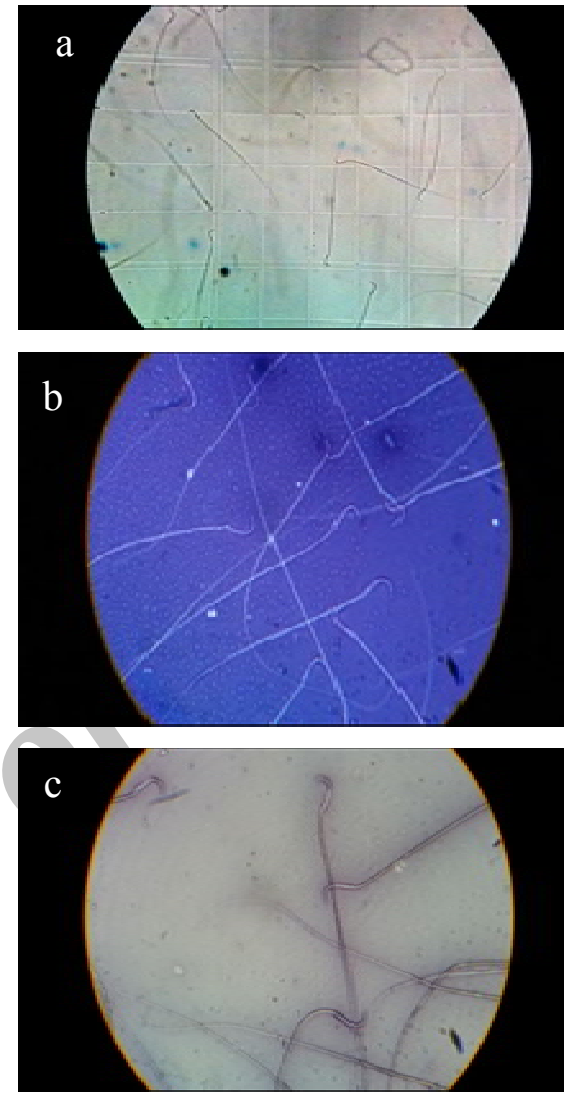
بررسی قند خون و وزن بدن و وزن بیضه چپ

میانگین داده های مربوط به وزن بدن موش‌های صحرایی، ۷۰ روز بعد از اعمال متغیرهای مستقل دیابت و تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) بین هیچ یک از گروه های اختلاف معنی داری نشان نداد (جدول ۱). میانگین داده‌های مربوط به وزن بیضه چپ نشان داد که بین وزن بیضه چپ گروه کنترل دیابتی با گروه کنترل سالم کاهش معنی‌داری مشاهده شد (p=۰/۰۱۸) (جدول ۱).

در بررسی میزان قند خون گروه‌های مختلف بعد از ۱۰ هفته گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) قند خون ناشتا گروه تمرین HIIT دیابتی نسبت به گروه کنترل دیابتی کاهش معنادار یافت (p=۰/۰۰۱) هم‌چنین بین گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) و گروه کنترل سالم تفاوت معناداری مشاهده نشد (p=۰/۹۹۲) (جدول۱).

بررسی تعداد اسپرم

از مقایسه تعداد اسپرم در گروه کنترل دیابتی نسبت به گروه کنترل سالم کاهش معناداری (p=۰/۰۰۰) مشاهده شد. میانگین تعداد اسپرم در گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) در مقایسه با گروه کنترل دیابتی افزایش معناداری را نشان داد (p=۰/۰۲۲). به عبارت دیگر، تمرین HIIT توانسته اثر مخرب دیابت نوع ۲ را بر تعداد اسپرم جبران کرده و بهبود بخشد (جدول ۲).



شکل ۱. a) نحوه شمارش اسپرم به روش هموسیتومتری، b) بررسی زنده مانی به روش رنگ آمیزی رنگ آمیزی ائوزین – نیگروزین، c) بررسی مورفولوژی طبیعی به روش رنگ آمیزی پاپانیکولائو

جدول ۲. مقایسه قند خون ناشتا، وزن بدن و وزن بیضه چپ در گروه های مختلف.

گروه	وزن بدن (g)		قند خون (mg/dl)		وزن بیضه (g)
	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	
کنترل سالم بی تمرین	۲۴۲/۹ ±۲۳	۲۸۱/۱± ۴۳	۸۹/۲ ±۱۵	۱۱۵/۲± ۷۶	۱/۶۳± ۰/۱۸
کنترل دیابتی بی تمرین	۲۳۰/۴ ±۳۷	۲۵۹/۳± ۴۸	۲۶۴/۶ ±۱۴ [a]	۳۳۴/۸± ۸۵ [a]	۱/۳۷± ۰/۱۳[a]
دیابتی تمرین HIIT	۲۳۳/۹ ±۱۹	۲۶۹/۲± ۳۵	۲۸۳/۵ ±۳۱ [a]	۱۲۵/۸± ۱۲۹	۱/۴۸± ۰/۱۱

a. نشان دهنده تفاوت معنادار در مقایسه با گروه کنترل سالم و گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT). C. نشان دهنده تفاوت معنادار در مقایسه با گروه کنترل دیابتی و گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT). مقادیر به صورت میانگین ± انحراف معیار.

www.SID.ir

Downloaded from amuj.arakmu.ac.ir at 9:38 +0430 on Saturday May 19th 2018

بررسی قابلیت حیات اسپرم

میانگین درصد اسپرم‌های زنده که معادل قابلیت حیات اسپرم می‌باشد، در گروه کنترل دیابتی نسبت به کنترل سالم کاهش معناداری (p=۰/۰۰۰) یافت. از طرفی، قابلیت حیات اسپرم در گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) در مقایسه با گروه کنترل دیابتی افزایش معنی داری (p=۰/۰۱۳) را نشان داد. به عبارت دیگر، تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) توانست اثرات مخرب دیابت را در خصوص قابلیت حیات اسپرم در مقایسه با گروه کنترل دیابتی به طور معنی‌داری جبران نماید (جدول۳).

بررسی مورفولوژی

میانگین درصد مورفولوژیک طبیعی اسپرم در موش‌های صحرایی مورد آزمایش تفاوت معناداری بین گروه کنترل سالم و کنترل دیابتی را نشان داد (p=۰/۰۰۰) اما این تفاوت در بین دو گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) و کنترل دیابتی مشاهده نشد (p=۰/۰۰۳) که نشان دهنده این است که گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) نتوانسته تأثیر مثبتی در کاهش عوارض مورفولوژیک دیابت داشته باشد (جدول ۲).

قابلیت تحرک اسپرم

میانگین درصد اسپرم‌های قابل حرکت در گروه کنترل دیابتی نسبت به کنترل سالم کاهش معناداری (p=۰/۰۰۰) یافت. از طرفی قابلیت تحرک اسپرم در گروه گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) در مقایسه با گروه کنترل دیابتی افزایش معناداری (p=۰/۰۱۶) را نشان داد. به عبارت دیگر، در گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT)، تمرین توانسته اثرات مخرب دیابت را در خصوص قابلیت تحرک اسپرم در مقایسه با گروه کنترل دیابتی به طور معناداری جبران نماید (جدول ۳).

جدول ۳. مقایسه پارامترهای اسپرم در گروه های مختلف.

گروه	تعداد (10^6)	مورفولوژی (درصد)	قابلیت حیات (درصد)	قابلیت تحرک (درصد)
کنترل سالم بی‌تمرین	۱۲± ۴۲/۱۲	۰/۹± ۹۴/۶	۴± ۷۷/۱	۷± ۶۰/۳
کنترل دیابتی بی‌تمرین	۵± ۱۳/۱ [ab]	۱۱± ۸۴/۸ [a]	۶± ۲۲/۳ [ab]	۲± ۳۲/۵ [ab]
دیابتی تمرین HIIT	۱۱± ۳۱/۶	۵/۷± ۹۰/۸	۲۳± ۴۸/۱ [a]	۵± ۴۲/۶ [a]
p	۰/۰۰۰ [a]	۰/۰۰۰ [a]	۰/۰۰۰ [a]	۰/۰۰۰ [a]
	۰/۰۲۲ [b]	۰/۰۰۱۳ [b]	۰/۰۰۳ [b]	۰/۰۰۰ [b]
	۰/۰۸۹ [c]	۰/۰۵۹ [c]	۰/۰۱۳ [c]	۰/۰۱۶ [c]

a. نشان دهنده تفاوت معنادار در مقایسه گروه کنترل سالم با کنترل دیابتی. b. نشان دهنده تفاوت معنادار در مقایسه با گروه کنترل سالم و گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT). .C. نشان دهنده تفاوت معنادار در مقایسه با گروه کنترل دیابتی و گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT). مقادیر به صورت میانگین ± انحراف معیار

بررسی هورمون‌های جنسی

میانگین هورمون تستوسترون (p=۰/۰۰۱)، FSH (p=۰/۰۴۲) و LH (p=۰/۰۲۴) در گروه کنترل دیابتی نسبت به کنترل سالم کاهش معناداری یافت.

از طرفی، تستوسترون (p=۰/۰۳۷) در گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) در مقایسه با گروه کنترل دیابتی افزایش معناداری را نشان داد. به عبارت دیگر، به نظر می‌رسد در گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT)، تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) توانسته اثرات مخرب دیابت در خصوص کاهش هورمون‌های جنسی تستوسترون، FSH و LH در مقایسه با گروه کنترل دیابتی را به طور معناداری جبران نماید (جدول ۴).

www.SID.ir

Downloaded from amuj.arakmu.ac.ir at 9:38 +0430 on Saturday May 19th 2018

جدول ٤. مقایسه هورمون‌های تستوسترون، LH و FSH در گروه های مختلف.

گروه	تستوسترون (mIU/ml)	LH(mIU/ml)	FSH (mIU/ml)
کنترل سالم بی‌تمرین	۶/۹ ±۱/۱	۷/۱ ±۳/۷	۴/۴±۱/۱
کنترل دیابتی بی‌تمرین	۳/۹ ±۰/۷ ^{ab}	۳/۶ ±۰/۵ ^{a}	۳±۰/۵ ^{a}
دیابتی تمرین HIIT	۵/۵ ±۱/۸	۵/۳ ±۲/۸	۴/۵± ۱/۷
p	۰/۰۰۱ ^{a}	۰/۰۲۴ ^{a}	۰/۰۴۲ ^{a}
	۰/۰۳۷ ^{b}	۰/۷۰۲ ^{b}	۰/۲۷۴ ^{b}
	۰/۰۹۰ ^{c}	۰/۲۶۸ ^{C}	۰/۸۵۰ ^{C}

b. نشان دهنده تفاوت معنادار در مقایسه با گروه کنترل سالم و گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT). .C. نشان دهنده تفاوت معنادار در مقایسه با گروه کنترل دیابتی و گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT). مقادیر به صورت میانگین ±انحراف معیار

بحث

درطول دهه گذشته، دیابت و ناباروری به شکل همزمان رو به گسترش بوده است. گزارش‌های علمی درمورد ارتباط ناباروری و دیابت محدود می‌باشد. به طورکلی، نتایج مؤید این موضوع هستند که دیابت اثر منفی بر پارامترهای استاندارد مایع سیمن دارد. براساس گزارش سازمان بهداشت جهانی درمورد ملاک آنالیز مایع سیمن، در افراد دیابتی تعداد، تحرک پذیری، زنده مانی و مورفولوژی اسپرم پایین‌تر از افراد طبیعی جامعه است (۲۰). در پژوهش حاضر نیز مشاهده شد که پارامترهای باروری اسپرم از جمله تعداد، مورفولوژی و قابلیت تحرک اسپرم موش‌های دیابتی کمتر از گروه کنترل سالم بود. هدف از مطالعه حاضر، تعیین اثر تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) بر سطوح سرمی هورمون‌های محور هیپوتالاموس- هیپوفیز- گنادال و پارامترهای اسپرم موش‌های صحرایی دیابتی نوع ۲ بود. در این ارتباط و همسو با یافته‌های پژوهش حاضر، روزتی و همکاران (۲۰۱۴) دریافتند که حجم مایع سیمن، تعداد اسپرم، مورفولوژی، تحرک‌پذیری و بقای اسپرم در مردان دیابتی، کمتر از هم‌سالان با شرایط طبیعی می‌باشد (۲۱). هم‌چنین، وریت و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهش خود نشان دادند که در افراد مبتلا به دیابت نوع ۲، تمامی پارامترهای اسپرماتوژنز پایین‌تر از حد طبیعی سطح متوسط جامعه می‌باشد (۲۲).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که دیابت نوع ۲ موجب کاهش معنادار تعداد، مورفولوژی طبیعی، قابلیت حیات و قابلیت تحرک اسپرم موش‌های صحرایی دیابتی می‌شود. هم‌چنین تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) موجب بهبود و افزایش معنادار تعداد و قابلیت تحرک اسپرم نسبت به گروه دیابتی شد که این موارد به نظر می‌رسد به دلیل افزایش معنادار هورمون‌های جنسی تستوسترون، LH و FSH باشد. در هرحال، یافته‌های پژوهش حاضر از این عقیده حمایت می‌کند که دیابت نوع ۲ با کاهش پارامترهای باروری اسپرم و ظرفیت باروری جنس نر همراه است. مطالعات آزمایشگاهی حاکی از آن هستند که دیابت و مقاومت به انسولین با تأثیر بر محور هیپوتالاموس- هیپوفیز- گناد منجر به کاهش هورمون آزادکننده گنادوتروپین، LH، FSH و تستوسترون می‌شود (۲۳). در پژوهش حاضر نیز مشاهده شد که مقادیر هورمون‌های جنسی LH ، FSH و تستوسترون در موش‌های کنترل دیابتی نوع۲ در مقابل موش‌های کنترل سالم کمتر می‌باشد که این امر با یافته‌های سینگ و همکاران (۲۰۱۴) (۲۰) و راما و همکاران (۲۰۱۲) که نشان دادند سطح هورمون‌های جنسی در افراد دیابتی درمقابل افراد سالم کمتر است (۲۳)، همخوانی دارد. درواقع، پژوهش حاضر همسو با این مطالعات از این عقیده حمایت می‌کند که کاهش آندروژن‌های جنسی احتمالاً یکی از سازوکارهای اصلی اختلال در شاخص‌های باروری افراد دیابتی می‌باشد.

این یافته‌ها نشان می‌دهد که برنامه تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) اثرات مثبتی بر کاهش عوارض دیابت بر باروری دارد. نتایج این تحقیق همسو با مطالعات پیشین است

Archive of SID
www.SID.ir

Downloaded from amuj.arakmu.ac.ir at 9:38 +0430 on Saturday May 19th 2018

که بیان می‌نمایند دیابت به طور مشخص موجب کاهش پارامترهای اسپرم از جمله مورفولوژی طبیعی، قابلیت حیات و قابلیت تحرک می‌شود (۲۴).

همان‌طور که اشاره شد، یکی از سازوکارهای محتمل اثر منفی دیابت بر باروری مردان، اختلالات هورمونی و افزایش قند خون است. شواهد نشان می‌دهد که افزایش گلوکز خون و مقاومت به انسولین در این بیماران از طریق سازوکارهایی هم‌چون افزایش استرس اکسیداتیو در بافت بیضه و تخریب سلول‌های سازنده هورمون آزادکننده گنادوتروپین در هیپوتالاموس منجر به کاهش هورمون‌های جنسی (از جمله تستوسترون) و پارامترهای باروری اسپرم می‌شود (۲۵). نقش مهم گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) نیز در ایجاد مشکلات و ناهنجاری‌های بافت بیضه در موش‌های صحرایی دیابتی شده، گزارش شده است (۲۶). آسیب دیدگی DNA ناشی از رادیکال‌های آزاد می‌تواند فرآیند آپوپتوزیس سلول‌های جنسی را سرعت بخشیده و باعث کاهش تعداد سلول‌های جنسی شود که در نهایت منجر به ناباروری می‌شود (۲۷).

تغییرات فراساختاری سلول‌های دیواره لوله‌های منی‌ساز در بافت بیضه در موش‌های صحرایی نر دیابتی با تغییر در میزان هورمون‌های دخیل در فرآیند اسپرماتوژنز می‌تواند موجب اختلال در روند اسپرماتوژنز و در نتیجه کاهش باروری شود (۲۸).

موافق با مطالعه حاضر، نتایج مطالعات پیشین کاهش تولید تستوسترون، LH و FSH را در افراد مبتلا به دیابت نشان می دهد (۲۸). کاهش قابل توجه تستوسترون می‌تواند یکی از علل تغییرات مشاهده شده در بافت بیضه باشد. این کاهش موجب آسیب سلول‌های بافت بینابینی و تحلیل اپیتلیوم زاینده لوله‌های منی‌ساز می‌شود (۲۹).

افزایش هورمون تستوسترن در گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) نشان داد که تمرین تناوبی با شدت بالا توانسته آثار تخریبی ناشی از دیابت را بهبود بخشد. در واقع، این یافته نشان می‌دهد که احتمالا ورزش در افراد دیابتی از طریق بهبود سطح قندخون و شرایط هورمون-های جنسی، با افزایش کارایی باروری اسپرم همراه می‌باشد.

در مطالعات نشان داده شده که کاهش میزان آندروژن‌های بیضه‌ای بعد از دیابتی شدن به دلیل کاهش تبدیل پرگننولون و پروژسترون به تستوسترون است. بنابراین، دیابت علاوه بر تأثیر مستقیم بر بافت بیضه می‌تواند با اثر بر گنادوتروپین‌های هیپوفیزی (LH و FSH) در بیوسنتز و تولید تستوسترون اختلال ایجاد کند (۳۰). موافق با این مطالعه، کاهش معنادار LH و FSH در گروه کنترل دیابتی نسبت به گروه کنترل سالم مشاهده شد. اما در گروه تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) تفاوت معناداری در تستوسترون، LH و FSH نسبت به گروه کنترل سالم مشاهده نشد که این موضوع نشان می دهد تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) بر روی موش‌های صحرایی دی‌ابتی توانسته هورمون‌های جنسی هیپوفیز (LH و FSH) که مسئول ترشح تستوسترن در بیضه هستند را به سطوح نرمال خود برساند.

از طرفی، نتایج این تحقیق مبنی بر کاهش معنادار قند خون ناشتای موش‌های صحرایی دیابتی نوع ۲ متعاقب ۱۰ هفته تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) موافق با مطالعات مشابه دال بر این‌که تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) موجب کاهش معنادار قند خون می‌شود (۳۱) بود. بنابراین به نظر می‌رسد تاثیرات مثبت تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) بر بهبود پارامترهای اسپرم و هورمون‌های جنسی می‌تواند به دلیل کاهش قند خون باشد.

در مجموع، نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که انجام ۱۰ هفته تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) همزمان با کاهش قندخون و بهبود وضعیت محور هورمونی هیپوتالاموس- هیپوفیز- گنادال، موجب بهبود کیفیت اسپرماتوژنز در موش‌های صحرایی دیابتی نوع ۲ می‌شود.

Archive of SID
www.SID.ir

Downloaded from amuj.arakmu.ac.ir at 9:38 +0430 on Saturday May 19th 2018

نتیجه‌گیری

تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) با افزایش غلظت سرمی تستوسترون، LH، FSH و تأثیر مثبت و بهبود پارامترهای اسپرم موجب افزایش باروری در موش‌های صحرایی دیابتی می‌شود. پیشنهاد می‌شود این پژوهش در مردان دیابتی و سایر روش‌های تمرینی که باعث کاهش عوارض دیابت می‌شود نیز انجام گیرد تا بتوان راه‌کارهای مناسبی برای کاهش عوارض دیابت بر هورمون‌های محور هیپوتالاموس- هیپوفیز- گنادال و پارامترهای اسپرم ارائه کرد.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر برگرفته از طرح پژوهشی تصویب شده در تاریخ ۱۳۹۶/۰۳/۰۸ به شماره ۹۶/۲۳۴۰ در معاونت پژوهشی و فن‌آوری دانشگاه اراک می‌باشد که هزینه‌های این طرح توسط این معاونت تأمین شده است. کد اخلاق نیز به شرح IR.Arakmu.rec.1394.329 در کمیته اخلاق طرح‌های پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اراک اخذ گردیده است. هم‌چنین بدین وسیله نویسندگان مراتب قدردانی خود را از تمامی کسانی که در انجام این مطالعه همراهی نمودند اعلام می‌دارند.

منابع

1. Alves MG, Martins AD, Rato L, Moreira PI, Socorro S, Oliveira PF. Molecular mechanisms beyond glucose transport in diabetes-related male infertility. Biochimica et biophysica acta. 2013;1832(5):626-35.
2. Zhu J-Z, Dong X-Y, Liang J-J, Zhang Z-Q, Hu X-Y, Li L-K. Effects of diabetes mellitus on semen quality in adult men: a systematic review and meta-analysis. Int J Clin Exp Med. 2017;10(8):11290-303.
3. Vignera S, Condorelli R, Vicari E, D'Agata R, Calogero AE. Diabetes mellitus and sperm parameters. Journal of andrology. 2012; 33(2):145-53.
4. Silink M. Childhood diabetes: a global perspective. Horm Res. 2002; 57 Suppl 1:1-5.
5. Gregg EW. The changing tides of the type 2 diabetes epidemic—smooth sailing or troubled waters ahead? Kelly West Award Lecture 2016. Diabetes care. 2017; 40(10):1289-97.
6. Pinhas-Hamiel O, Zeitler P. The global spread of type 2 diabetes mellitus in children and adolescents. J Pediatr. 2005; 146(5):693-700.
7. Bansal TC, Guay AT, Jacobson J, Woods BO, Nesto RW. Incidence of metabolic syndrome and insulin resistance in a population with organic erectile dysfunction. J Sex Med. 2005; 2(1):96-103.
8. Ghasemi M, Talebi A, Rahmanyan M, Nahangi H, Ghanizadeh T. Effects of Diabetes Mellitus type 2 on Semen Parameters. SSU_Journals. 2017;25(8):621-8.
9. Pitteloud N, Hardin M, Dwyer AA, Valassi E, Yialamas M, Elahi D, et al. Increasing insulin resistance is associated with a decrease in Leydig cell testosterone secretion in men. J Clin Endocrinol Metab. 2005;90(5):2636-41.
10. Guneli E, Tugyan K, Ozturk H, Gumustekin M, Cilaker S, Uysal N. Effect of melatonin on testicular damage in streptozotocin-induced diabetes rats. European surgical research Europaische chirurgische Forschung Recherches chirurgicales europeennes. 2008;40(4):354-60.
11. Tavares RS, Portela JM, Sousa MI, Mota PC, Ramalho-Santos J, Amaral S. High glucose levels affect spermatogenesis: an in vitro approach. Reproduction, Fertility and Development. 2017; 29(7):1369-78.
12. Chandrashekar V, Bartke A. The impact of altered insulin-like growth factor-I secretion on the neuroendocrine and testicular functions. Minerva ginecologica. 2005;57(1):87-97.
13. Roessner C, Paasch U, Kratzsch J, Glander HJ, Grunewald S. Sperm apoptosis signalling in diabetic men. Reproductive biomedicine online. 2012; 25(3):292-9.
14. Herbert P, Hayes LD, Sculthorpe NF, Grace FM. HIIT produces increases in muscle power and free testosterone in male masters athletes. Endocrine connections. 2017;6(7):430-6.
15. Hansen D, Dendale P, Jonkers RA, Beelen M, Manders RJ, Corluy L, et al. Continuous low- to

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from amuj.arakmu.ac.ir at 9:38 +0430 on Saturday May 19th 2018

moderate-intensity exercise training is as effective as moderate- to high-intensity exercise training at lowering blood HbA(1c) in obese type 2 diabetes patients. Diabetologia. 2009; 52(9):1789-97.
16. Cassidy S, Thoma C, Hallsworth K, Parikh J, Hollingsworth KG, Taylor R, et al. High intensity intermittent exercise improves cardiac structure and function and reduces liver fat in patients with type 2 diabetes: a randomised controlled trial. Diabetologia. 2016; 59(1):56-66.
17. Punitha IS, Rajendran K, Shirwaikar A, Shirwaikar A. Alcoholic stem extract of Coscinium fenestratum regulates carbohydrate metabolism and improves antioxidant status in streptozotocin-nicotinamide induced diabetic rats. Evidence-based complementary and alternative medicine : eCAM. 2005;2(3):375-81.
18. Kim H-J, So B, Son JS, Song HS, Oh SL, Seong JK, et al. Resistance training inhibits the elevation of skeletal muscle derived-BDNF level concomitant with improvement of muscle strength in zucker diabetic rat. Journal of exercise nutrition & biochemistry. 2015; 19(4):281.
19. Wang Y, Yang J, Jia Y, Xiong C, Meng T, Guan H, et al. Variability in the morphologic assessment of human sperm: use of the strict criteria recommended by the World Health Organization in 2010. Fertility and sterility. 2014;101(4):945-9.
20. Singh AK, Tomar S, Chaudhari Ramji Singh AR, Verma N. Type 2 diabetes mellitus affects male fertility potential. 2014.
21. Rosety-Rodriguez M, Rosety J, Fornieles G, Rosety M, Diaz A, Rosety I, et al. Home-based treadmill training improved seminal quality in adults with type 2 diabetes. Actas Urológicas Españolas (English Edition). 2014; 38(9):589-93.
22. Verit A, Verit FF, Oncel H, Ciftci H. Is there any effect of insulin resistance on male reproductive system? Archivio Italiano di Urologia e Andrologia. 2014; 86(1):5-8.
23. Rama Raju G, Jaya Prakash G, Murali Krishna K, Madan K, Siva Narayana T, Ravi Krishna C. Noninsulin dependent diabetes mellitus: effects on sperm morphological and functional characteristics, nuclear DNA integrity and outcome of assisted reproductive technique. Andrologia. 2012; 44(s1):490-8.
24. Mulholland J, Mallidis C, Agbaje I, McClure N. Male diabetes mellitus and assisted reproduction treatment outcome. Reproductive biomedicine online. 2011; 22(2):215-9.
25. Shetty G, Wilson G, Huhtaniemi I, Shuttlesworth GA, Reissmann T, Meistrich ML. Gonadotropin-releasing hormone analogs stimulate and testosterone inhibits the recovery of spermatogenesis in irradiated rats. Endocrinology. 2000;141(5):1735-45.
26. Shrilatha B, Muralidhara. Occurrence of oxidative impairments, response of antioxidant defences and associated biochemical perturbations in male reproductive milieu in the Streptozotocin-diabetic rat. International journal of andrology. 2007;30(6):508-18.
27. Agarwal A, Saleh RA, Bedaiwy MA. Role of reactive oxygen species in the pathophysiology of human reproduction. Fertility and sterility. 2003; 79(4):829-43.
28. Castellano JM, Navarro VM, Fernandez-Fernandez R, Roa J, Vigo E, Pineda R, et al. Expression of hypothalamic KiSS-1 system and rescue of defective gonadotropic responses by kisspeptin in streptozotocin-induced diabetic male rats. Diabetes. 2006; 55(9):2602-10.
29. Turk G, Sonmez M, Aydin M, Yuce A, Gur S, Yuksel M, et al. Effects of pomegranate juice consumption on sperm quality, spermatogenic cell density, antioxidant activity and testosterone level in male rats. Clinical nutrition. 2008; 27(2):289-96.
30. Schoeller EL, Albanna G, Frolova AI, Moley KH. Insulin rescues impaired spermatogenesis via the hypothalamic-pituitary-gonadal axis in Akita diabetic mice and restores male fertility. Diabetes. 2012; 61(7):1869-78.
31. Castaneda C, Layne JE, Munoz-Orians L, Gordon PL, Walsmith J, Foldvari M, et al. A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes. Diabetes care. 2002; 25(12):2335-41.

Archive of SID

www.SID.ir