

مقایسه تأثیر تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT) و تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) بر ساختار بیضه، سطح سرمی مالون‌دی‌آلدئید و ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی موش‌های صحرایی نر دیابتی

نویسندگان: محمد پرستش^{۱*}، زهرا یوسفوند^۱، سمیرا مقدسی^۲

۱. گروه فیزیولوژی و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.

۲. گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اراک، اراک، ایران.

E-mail: M-Parastesh@araku.ac.ir

* نویسنده مسئول: محمد پرستش

چکیده

مقدمه و هدف: افزایش مالون‌دی‌آلدئید و کاهش ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی مرتبط با گلوکز خون بالا، مقاومت به انسولین در دیابت نوع ۲ موجب تخریب بافت و ساختار بیضه می‌شود. هدف مطالعه حاضر تأثیر شدت‌های مختلف تمرین هوازی بر سطوح سرمی مالون‌دی‌آلدئید، ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی و ساختار بیضه موش‌های صحرایی نر دیابتی بود.

روش بررسی: در این مطالعه تجربی ۴۶ سر موش صحرایی از نژاد ویستار با میانگین وزن 205 ± 45 گرم به‌طور تصادفی در چهار گروه کنترل سالم بی تمرین، کنترل دیابتی بی تمرین، دیابتی تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT) و دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) قرار گرفتند. گروه‌های تمرینی برنامه تمرین را به مدت ۱۰ هفته اجرا کردند. داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یکطرفه و آزمون تعقیبی توکی در سطح معناداری ۰/۰۵ بررسی شدند.

نتایج: تمرین MICT و HIIT موجب کاهش معنادار قند خون ناشتا، MDA و افزایش معنادار TAC در گروه‌های تمرین دیابتی نسبت به گروه کنترل دیابتی شد ($P \leq 0/05$). ۱۰ هفته تمرین MICT و HIIT موجب بهبود ساختار بیضه بویژه حجم لوله‌های منی ساز، حجم کل بیضه، حجم بافت بینابینی، قطر لوله منی ساز و وزن بیضه چپ در گروه‌های تمرین دیابتی نسبت به گروه کنترل دیابتی شد ($P \leq 0/05$). بین تغییرات حاصل شده دو روش تمرینی MICT و HIIT تفاوت معناداری در متغیرهای وابسته مشاهده نشد ($P \geq 0/05$).

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد دو روش تمرینی MICT و HIIT از طریق کاهش قند خون، شاخص مقاومت به انسولین و سطح سرمی MDA و TAC، تأثیرات مثبت در بهبود ساختار بیضه موش‌های صحرایی دیابتی شود. با این دو روش تمرینی تأثیرات متفاوتی در متغیرهای ذکر شده داشتند.

واژگان کلیدی: دیابتی نوع ۲، مالون‌دی‌آلدئید، ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی، فعالیت بدنی، موش صحرایی.

دوماهنامه علمی-پژوهشی
دانشگاه شاهد
سال بیست‌وهفتم - شماره ۱۴۱
تیر ۱۳۹۸

دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۲۷

آخرین اصلاح‌ها: ۱۳۹۸/۰۳/۲۰

پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۹

مقدمه

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 (۹).

همچنین گلوکز خون بالا باعث تولید بیش از حد از گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن^۲ یا نیتروژن^۳ (ROS) یا RNS می‌شود که ممکن است تعادل بین سیستم‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و اکسیدانی را مختل کند؛ بنابراین، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان قادر به جلوگیری از تولید بیش از حد پراکسید لیپید، به ویژه مالون دی آلدئید (MDA)^۴ نیستند (۱۰). در مطالعات پیشین افزایش معنادار سطوح سرمی MDA و کاهش معنادار ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی (TAC)^۵ در مدل القاء دیابت با استرپتوزوتوسین (STZ) به تأیید رسیده است (۱۱).

از طرفی فعالیت بدنی می‌تواند پاسخ عضله اسکلتی به انسولین از طریق افزایش بیان و یا فعالیت‌های پروتئین‌های درگیر در متابولیسم و سیگنالینگ انسولین را بالا ببرد. به طوری که فعالیت بدنی فعالیت گلیکوژن سنتاز و بیان پروتئین‌های ناقل گلوکز را افزایش می‌دهد. در افراد مبتلا به دیابت نیز آمادگی بدنی با کاهش اکسیداسیون چربی و جابجایی 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 پروتئین‌های ناقل گلوکز باعث کاهش مقاومت به انسولین می‌گردد (۱۲). از طرفی اثرات مثبت تمرینات تداومی با شدت پایین تا متوسط در مطالعات علمی انکارناپذیر است، اکنون با توجه به

دیابت ملیتوس (DM) یک بیماری مزمن غدد درون‌ریز است که با هیپرگلیسمی مداوم همراه است که اغلب ناشی از کمبود مطلق یا نسبی ترشح انسولین یا مقاومت به انسولین است (۱). نتایج مطالعات اخیر فدراسیون بین‌المللی دیابت^۱ مشاهده کردند که در سراسر جهان ۳۸۲ میلیون کودک و بزرگسالان در سال ۲۰۱۳ از دیابت رنج می‌برند و پیش بینی شده است که تعداد بیماران مبتلا به دیابت تا سال ۲۰۲۵ به بیش از ۵۹۲ میلیون نفر در جهان می‌رسد (۲). شواهد زیادی حکایت از نقش استرس اکسیداتیو و به دنبال آن تولید رادیکال‌های آزاد در پاتوژنز بیماری دیابت دلالت دارند (۳). از طرفی اختلالات چشم، اعصاب، کبد و عروق خونی که نارسایی‌های کبدی و کلیوی، از عوامل عمده مرگ و میر در بیماران دیابتی شناخته شده‌اند (۴).

اختلال در بافت بیضه و فرایند اسپرماتوژنز از عوارض شایع دیابت بوده که به‌طور گسترده‌ای مورد بررسی قرار گرفته است (۵). تعداد روزافزون تحقیق در رابطه با دیابت مشخص شده که شیوع مبتلایان مرد به دیابت به تدریج در دوران جوانی و حتی در کودکان افزایش و تشخیص داده می‌شوند و این پدیده سالانه به طور قابل توجهی گسترش می‌یابد که بیش از ۳۰ کشور جهان را در بر می‌گیرد (۶). مکانیزم دقیق اختلال اسپرماتوژنیک در دیابت به وضوح روشن نیست، با این وجود مطالعات قبلی معتقدند استرس اکسیداتیو مرتبط با دیابت، مسئول اختلالات اسپرماتوژنز و آسیب به بافت بیضه‌ها است (۷). به طوری که گانلی و همکاران (Ghosh et al) (۲۰۱۹) گزارش دادند که تغییرات بافتی بیضه در موش‌های صحرایی دیابتی، از تغییر ایجاد شده به دلیل مرگ سلولی آپوپتوزی، آتروفی لوله‌های اسپرم‌ساز، کاهش قطر توبول و کاهش مجموعه‌های سلولی اسپرماتوژنیک ایجاد می‌شود (۸). در تأیید این مطالب ویگنون و همکاران (Vignon et al) گزارش دادند

². Reactive oxygen species

³. Reactive nitrogen species

⁴. Malondialdehyde

⁵. Total antioxidant capacity

¹. International Diabetes Federation

هر قفس) نگهداری شدند. جهت ایجاد دیابت نوع ۲ بعد از ۱۲ ساعت ناشتا بودن موش‌ها صحرایی مورد نظر از محلول نیکوتین آمید (ساخت شرکت سیگما، آمریکا) محلول شده در نرمال سالین با دوز 120 mg/kg و بعد از ۱۵ دقیقه از محلول استرپتوزوتوسین (STZ) (ساخت شرکت سیگما، آمریکا) محلول در بافر سیترات ۰/۱ مولار با دوز 65 mg/kg به صورت تزریق درون صفاقی استفاده شد. یک هفته پس از تزریق و القاء دیابت تجربی جهت تأیید آن خون‌گیری از ورید دمی صورت گرفت، موش‌های صحرایی که میزان قند خون آن‌ها بیشتر از 250 mg/dl بود به عنوان دیابتی در نظر گرفته شد (۱۵). سطوح قند خون در موش‌های صحرایی توسط گلوکومتر (بیورر مدل GL_{42} ، ساخت کشور آلمان) در هر مرتبه بعد از ۱۲ ساعت ناشتا بودن، اندازه‌گیری شد. در ادامه موش‌های صحرایی دیابتی شده به طور تصادفی سه گروه دیابتی: گروه کنترل دیابتی (۱۲ سر)، گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) (۱۲ سر) و گروه دیابتی تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT) (۱۲ سر) تقسیم شدند. علاوه بر این یک گروه دیگر از موش‌های صحرایی که قند خون طبیعی داشتند به عنوان گروه کنترل سالم بی تمرین (۱۰ سر) در نظر گرفته شد، همچنین گروه موش‌های صحرایی کنترل سالم برای اینکه شرایط یکسانی با گروه‌های دیابتی داشته باشند به مقدار ۱ سی‌سی نرمال سالین به صورت تزریق درون صفاقی دریافت کردند. حجم نمونه بر اساس مطالعات قبلی در این زمینه و سپس بر اساس برآورد نرم‌افزار G^*power انجام پذیرفت. در طول اجرای پروتکل تمرینی ۲ سر از موش‌های صحرایی به دلیل مرگ ناشی از دیابتی شدن توسط استرپتوزوتوسین در گروه کنترل دیابتی و ۲ سر از موش‌های صحرایی به دلیل مرگ در هنگام اجرای پروتکل تمرینی در هر یک از گروه‌های از مطالعه حذف گردیدند. معیار خروج از تحقیق نیز اجرا نکردن دو جلسه پیاپی تمرین، هر موش صحرایی در گروه‌های تمرینی بود.

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 تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT) معمولاً نتایج مطلوب‌تری را در زمان کوتاه‌تری حاصل کرده است. بطوری که در تحقیق دندیل و همکاران (۲۰۰۹) بوضوح مشخص شد که تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) نسبت به تداومی با شدت متوسط (MICT) موجب کاهش بیشتر قند خون ناشتا و میزان انسولین و افزایش بیشتر حساسیت به انسولین را در افراد دارای دیابت نوع ۲ شد (۱۳). همچنین 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 (۱۴). در مجموع، در مورد نتایج روش‌های تمرینی تناقض زیادی وجود دارد و از سویی سازوکار تأثیر مفید این روش‌های تمرینی بر موضوع مورد مطالعه حاضر به خوبی روشن نیست. بنابراین این پژوهش با هدف مقایسه تأثیر تمرینات تداومی با شدت متوسط (MICT) و تناوبی با شدت بالا (HIIT) بر سطوح سرمی مالون‌دی‌آلدئید، ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی و ساختار بیضه موش‌های صحرایی نر دیابتی پرداخت تا استفاده از روش‌های مختلف فعالیت‌های ورزشی در پیشگیری و بهبود عوارض دیابت در موش‌های صحرایی دیابتی را مورد ارزیابی قرار دهد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع تجربی بود که به شیوه‌ی آزمایشگاهی انجام شد. در این تحقیق از ۶۶ سر موش صحرایی نر نژاد ویستار بالغ با دامنه وزنی ۲۰۰ تا ۲۵۰ گرم و سن ۷-۸ هفته استفاده شد که از دانشگاه علوم پزشکی اراک تهیه گردید. موش‌ها در محیطی با دمای 22 ± 2 درجه سانتی‌گراد، چرخه روشنایی و تاریکی ۱۲:۱۲ ساعت و در قفس‌های پلی‌کربنات (۵ موش در

تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT)

برنامه تمرین استقامتی روی تردمیل ۵ کاناله (مدل TRD19 شرکت پیپرو اندیشه صنعت، ایران) به دلیل کنترل آسان تر سرعت و مدت زمان دویدن اجرا شد. موش‌ها صحرایی 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 شد. در مرحله آشنایی (هفته اول) موش‌ها هر روز به مدت ۱۰-۱۵ دقیقه با سرعت ۸ متر بر دقیقه بر روی نوارگردان راه رفتند. در مرحله اضافه بار (هفته دوم تا چهارم) موش‌ها ابتدا به مدت ۲۰ دقیقه و با سرعت ۲۷ متر در دقیقه روی نوارگردان دویدند و به تدریج در طول مدت ۳ هفته، مدت فعالیت افزایش (هر جلسه ۲ دقیقه) می‌یافت تا به میزان نهایی، ۶۰ دقیقه رسید و در نهایت در مرحله حفظ و تثبیت شدت کار به مدت ۳ هفته تمرین استقامتی (۶۰ دقیقه و با سرعت ۲۷ متر در دقیقه) را اجرا کردند. در ضمن 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) در نظر گرفته شد (جدول ۱) (۱۶).

برنامه تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT)

همچنین برنامه تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) روی تردمیل ۵ کاناله به دلیل کنترل آسان تر سرعت و مدت زمان دویدن اجرا شد. موش‌ها در گروه تمرین به مدت ۱۰ 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 ۱۰-۱۵ 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 ۶ هفته پروتکل تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) را اجرا کردند. علاوه بر این در بین هر تناوب ۱ دقیقه جهت برگشت به حالت اولیه (ریکاوری)، استراحت فعال (با شدت ۱۶ متر در دقیقه) وجود داشت. در ضمن در هر جلسه تمرینی موش‌های صحرایی 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) (۱۶).

جدول ۱. مختصات پروتکل تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT) و تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) طی ۱۰ هفته روی تردمیل.

Week	Day	MICT	HIIT	
			Odd day	Even day
Week1	1	20min, 27 m/min	2intervals, 40 m/min, 3 min	
	2	22min, 27 m/min		3intervals, 54 m/min, 30s
	3	24min, 27 m/min	2intervals, 40 m/min, 3 min	
	4	24min, 27 m/min		5intervals, 54 m/min, 30s
	5	28min, 27 m/min	2intervals, 40 m/min, 3 min	
	6	30min, 27 m/min		7intervals, 54 m/min, 30s
Week2	1	32min, 27 m/min	3intervals, 40 m/min, 3 min	
	2	34min, 27 m/min		9intervals, 54 m/min, 30s
	3	36min, 27 m/min	3intervals, 40 m/min, 3 min	
	4	38min, 27 m/min		11intervals, 54 m/min, 30s
	5	40min, 27 m/min	3intervals, 40 m/min, 3 min	
	6	42min, 27 m/min		13intervals, 54 m/min, 30s
Week3	1	44min, 27 m/min	2intervals, 40 m/min, 3 min	
	2	46min, 27 m/min		15intervals, 54 m/min, 30s
	3	48min, 27 m/min	4intervals, 40 m/min, 3 min	
	4	50min, 27 m/min		17intervals, 54 m/min, 30s
	5	52min, 27 m/min	4intervals, 40 m/min, 3 min	
	6	54min, 27 m/min		19intervals, 54 m/min, 30s
Week4	1	56min, 27 m/min	5intervals, 40 m/min, 3 min	
	2	58min, 27 m/min		19intervals, 54 m/min, 30s
	3	60min, 27 m/min	5intervals, 40 m/min, 3 min	
	4	60min, 27 m/min		20intervals, 54 m/min, 30s
	5	60min, 27 m/min	6intervals, 40 m/min, 3 min	
	6	60min, 27 m/min		20intervals, 54 m/min, 30s
Week5-10	1-6	60min, 27 m/min to end of 10th week	6intervals, 40 m/min, 3 min to end of 10th week	20intervals, 54 m/min, 30s to end of 10th week

اندازه‌گیری‌های بیوشیمیایی و استریولوژیکی

روش اصلاح شده Buege و Aust صورت پذیرفت (۱۷). در این روش ابتدا ۱ میلی‌لیتر از سرم را با ۱ میلی‌لیتر از تری کلرواستیک اید ۲۰ درصد در ۰/۶ M HCL افزوده، مخلوط از پس نمودن، با ۲۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید. سپس ۰/۳ میلی‌لیتر از محلول ۰/۱۲M مولار تیوباربتوریک اسید در ۰/۱۲M Tris. سپس با pH=۷ را به ۱/۵ میلی‌لیتر از

تمامی موش‌ها، ۲۴ ساعت پس از آخرین جلسه‌ی تمرین، با کلروفرم بی‌هوش، تشریح و نمونه‌گیری شدند. نمونه‌های خونی بعد از خون‌گیری (۵ سی‌سی) و لخته شدن در سانتریفیوژ قرار گرفتند و با دور ۳۵۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه سرم آن‌ها استخراج و جهت اندازه‌گیری در دمای ۷۰- درجه‌ی سانتی‌گراد نگهداری شدند. اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدئید (MDA) با استفاده از

قرار دادن تصادفی پروب نقطه بر روی میدان دید نقاط برخورد کرده به کل بافت و نقاط برخورد کرده به لوله‌های منی‌ساز و بافت بینابینی شمارش شد و بدین ترتیب چگالی حجمی هر یک برآورد شد، سپس با ضرب چگالی حجمی هر یک بر حجم نهایی بیضه حجم هر یک به دست آمد (۲۰). برای برآورد میانگین قطر لوله‌های منی‌ساز با قرار دادن پروب شمارش بر میدان‌های دید انتخاب شده (بزرگنمایی ۱۰۰ برابر) لوله‌های انتخاب شده (میانگین ۱۳۰ تا ۱۵۰ لوله منی‌ساز) توسط پروب شمارش، به وسیله نرم‌افزار موتیک (۲۰۰۰ Image Motic) اندازه‌گیری شدند؛ سپس میانگین آن‌ها برآورد گردید (شکل شماره ۱) (۲۱).

تجزیه و تحلیل آماری

نتایج بصورت میانگین و انحراف استاندارد 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-ویلک و برای بررسی فرض برابری واریانس‌ها از آزمون لون استفاده شد. پس از مشخص شدن طبیعی بودن توزیع داده‌ها و برقراری فرض برابری واریانس‌ها، به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و مقایسه بین گروه‌ها از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و آزمون تعقیبی توکی (Tukey) و آزمون تحلیل کوواریانس (ACNOVA) و آزمون تعقیبی بونفرونی (Bonferroni) در سطح معناداری $P \leq 0.05$ استفاده شد. تمام محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۲ صورت گرفت.

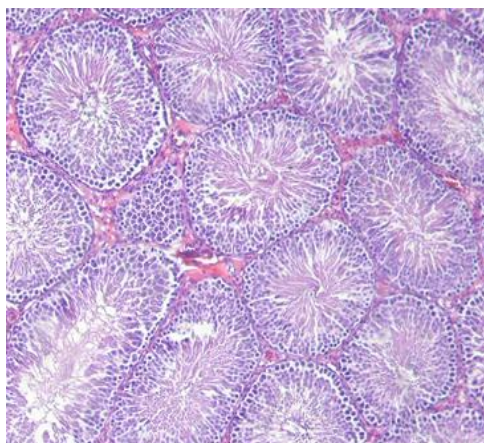
محلول رویی سانتیفریوژ شده افزوده و به مدت ۱۵ دقیقه در حرارت ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد انکوبه شد. پس از سرد شدن نمونه‌ها، به مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتیفریوژ شدند. در نهایت مایع رویی جدا گردید و میزان جذب نوری نمونه‌ها، با استفاده از اسپکتروفوتومتر در طول موج ۵۳۴ نانومتر، قرائت گردید. با استفاده از ضریب خاموشی^۱ 0.67×10^5 لیتر در مول، غلظت MDA نمونه‌ها را محاسبه نموده و نتایج بر حسب میکرومول در لیتر گزارش گردیدند. همچنین سنجش ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی (TAC) سرم با استفاده روش FRAP ارائه شده توسط بنزی و همکاران انجام شد (۱۸).

سطوح سرمی انسولین توسط کیت‌های الیزا شرکت ایست بیوفارم (Rat ELISA Kit. Eastbiopharm) مخصوص موش صحرائی (ساخت کشور چین و تحت لیسانس کشور آمریکا) با حساسیت ۰/۰۵mIU/L و دامنه سنجش ۰/۱-۴۰mIU/L طبق دستورالعمل شرکت سازنده اندازه‌گیری شد. شاخص مقاومت انسولینی به روش HOMA-IR با اندازه‌گیری انسولین و گلوکز ناشتا طبق فرمول زیر محاسبه شد:

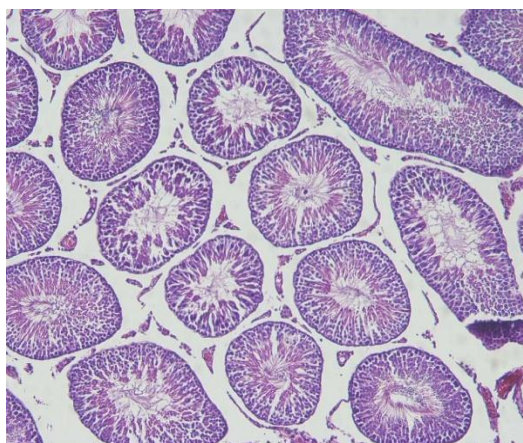
$$(HOMA-IR) \text{ index} = (\text{fasting insulin } (\mu\text{mol/L}) \times \text{fasting glucose (mg/dl)}) / 405$$

برای برآورد میزان چروکیدگی بافتی دو تا سه قطعه گرد با تروکار از برش‌های بیضه هر موش پیش از پاساژ بافتی تهیه شد و با دستگاه کولیسورنیه شعاع آن‌ها اندازه‌گیری شد. پس از پاساژ و رنگ‌آمیزی نیز شعاع آن‌ها دوباره اندازه‌گیری شد و بدین ترتیب میزان چروکیدگی بافتی به دست آمد. حجم بیضه در میزان چروکیدگی ضرب گردید و بدین ترتیب حجم نهایی بیضه (حجم بیضه پس از انجام مراحل پاساژ و بلوک گیری و رنگ‌آمیزی) به دست آمد (۱۹). برای برآورد حجم لوله‌های منی‌ساز و بافت بینابینی از هر برش ۵ میکرونی میانگین ۵ میدان دید با میکروسکوپ Olympus DP₁₂ (بزرگنمایی ۱۰۰ برابر)، انتخاب شد و با

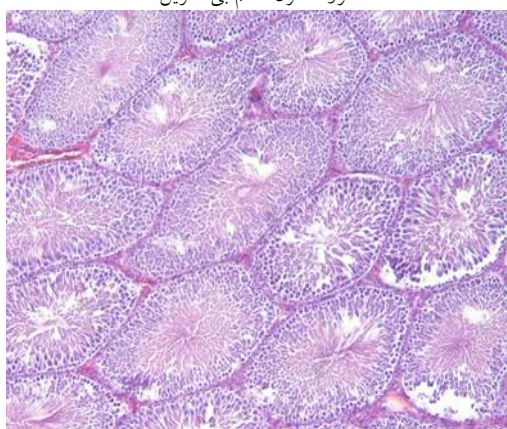
¹. Extinction Coefficient



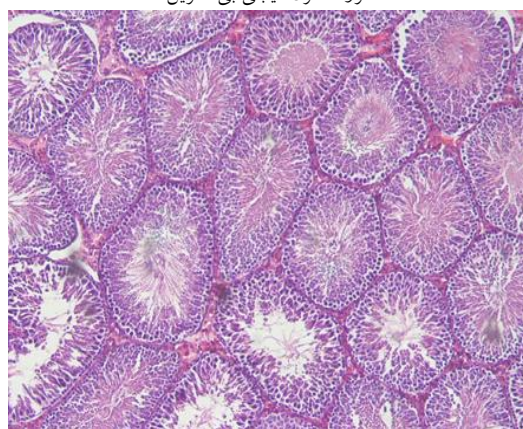
گروه کنترل سالم بی تمرین



گروه کنترل دیابتی بی تمرین



گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت متوسط (MICT).



گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT)

شکل ۱. تصاویرهای میکروسکوپی از بافت بیضه موش‌های صحرایی در گروه‌های مختلف (برش‌های ۵ میکرونی، با رنگ آمیزی هماتوکسیلین اتوزین، بزرگنمایی 200x).

نتایج

مطالعه تفاوت معناداری وجود دارد ($F=10/65, P=0/001$). در همین راستا نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی (Bonferroni) نشان داد قند خون ناشتا پس‌آزمون گروه کنترل دیابتی بی تمرین نسبت به گروه کنترل سالم بی تمرین ($P=0/006$)، نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت متوسط (MICT) ($P=0/001$) و نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) ($P=0/001$) افزایش معناداری دارد. از طرفی قند خون ناشتا پس‌آزمون در گروه کنترل سالم بی‌تمرین نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت متوسط (MICT) ($P=1/000$) و نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) ($P=1/000$) تفاوت معناداری نداشت. همچنین قند خون ناشتا پس‌آزمون در

نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) نشان داد که بین وزن بدن موش‌های صحرایی در پیش‌آزمون ($F=1/29, P=0/294$) پس‌آزمون ($F=0/202, P=0/622$) تفاوت معناداری وجود ندارد. همچنین نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) نشان داد متغیر قند خون ناشتا در پیش‌آزمون تفاوت معناداری در بین گروه‌ها وجود داد، بنابراین جهت بررسی پس‌آزمون این متغیرها از آزمون تحلیل کوواریانس (ANCOVA) استفاده شد و مقادیر پیش‌آزمون به عنوان متغیر هم‌پراش^۱ در نظر گرفته شد. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس (ANCOVA) نشان داد که بین قند خون ناشتا پس‌آزمون در گروه‌های مورد

^۱ Covariate

گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت متوسط (MICT) (P=1/000) بالای (HIIT) تفاوت معناداری نداشت (جدول شماره ۲).
 نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت

جدول شماره ۲. میانگین و انحراف معیار وزن قبل و بعد از مداخله در گروه‌های تحت مطالعه

Groups	Body Weight (g)		Fasting blood glucose (mg/dl)	
	Pre test	Post test	Pre test	Post test
Healthy control	241.9±21	279.5±38	89.4 ± 16	94.8 ± 27
Control diabetic	223.6±36	250.1±48	298.3 ± 45	362.1 ± 115 ^a
MICT diabetic	224.3±20	227.2±38	354.2 ± 101	166.8 ± 133 ^b
HIIT diabetic	238.5±19	152.6±42	272.6 ± 24	131.8 ± 71 ^b

نسبت به گروه کنترل سالم بی تمرین (P=0/001)، نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت متوسط (MICT) (P=0/001) و نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) (P=0/001) افزایش معناداری دارد. از طرفی شاخص مقاومت به انسولین (HOMA-IR) در گروه کنترل سالم بی تمرین نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت متوسط (MICT) (P=0/281) و نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) (P=0/689) تفاوت معناداری نداشت. همچنین تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) نشان داد که تفاوت معنی داری در سطح سرمی مالون‌دی‌آلدئید (MDA) بین گروه‌های مختلف وجود دارد (F=9/77, P=0/001). در همین راستا نتایج آزمون تعقیبی توکی (Tukey) داد نشان داد سطح سرمی مالون‌دی‌آلدئید (MDA) در گروه کنترل دیابتی بی تمرین نسبت به گروه کنترل سالم بی تمرین (P=0/006)، نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت متوسط (MICT) (P=0/004) و نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) (P=0/001) افزایش معناداری دارد. از طرفی تفاوت معنی داری در سطح سرمی ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی (TAC)، بین گروه‌های مختلف مشاهده شد (F=9/77, P=0/001) که در ادامه آزمون تعقیبی توکی (Tukey) نشان داد سطح سرمی ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی (TAC)، در گروه کنترل دیابتی بی تمرین نسبت به گروه کنترل سالم بی تمرین (P=0/001)، نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت متوسط (MICT) (P=0/001) و نسبت به گروه

نتایج مقایسه تفاوت‌های بین گروهی در پس‌آزمون توسط آزمون تحلیل کوواریانس (ANCOVA) و آزمون تعقیبی بونفرونی (Bonferroni) a. اختلاف با گروه کنترل سالم بی تمرین، b. اختلاف با گروه کنترل دیابتی بی تمرین، c. در مقایسه با گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت متوسط (MICT).

همچنین تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) نشان داد که تفاوت معنی داری در سطح سرمی هورمون انسولین بین گروه‌های مختلف وجود دارد (F=7/3P, P=0/001). در همین راستا نتایج آزمون تعقیبی توکی (Tukey) داد نشان سطح سرمی هورمون انسولین در گروه کنترل دیابتی بی تمرین نسبت به گروه کنترل سالم بی تمرین (P=0/006)، نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت متوسط (MICT) (P=0/001) و نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) (P=0/018) افزایش معناداری دارد. از طرفی سطح سرمی هورمون انسولین در گروه کنترل سالم بی تمرین نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت متوسط (MICT) (P=0/790) و نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) (P=0/996) تفاوت معناداری نداشت. همچنین تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) نشان داد که تفاوت معنی داری در شاخص مقاومت به انسولین (HOMA-IR) بین گروه‌های مختلف وجود دارد (F=20/5, P=0/001). در همین راستا نتایج آزمون تعقیبی توکی (Tukey) داد نشان داد شاخص مقاومت به انسولین (HOMA-IR) در گروه کنترل دیابتی بی تمرین

دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) ($P=0/001$) افزایش معناداری دارد (جدول شماره ۳).

جدول ۳. مقایسه میانگین سطوح سرمی مالون دی آلدئید (MDA)، ظرفیت تام آنتی اکسیدانی (TAC)، انسولین و شاخص مقاومت به انسولین (HOMA-IR) در گروه‌های مختلف به وسیله از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه و آزمون

تعقیبی Tukey.

Groups	Malondialdehyde (μM)	Total antioxidant capacity (μmol)	Insulin (mIU/L)	HOMA-IR
Healthy control	2.74±0.5	0.814±0.12	6.7±0.9	1.4± 0.3
Control diabetic	4.39±0.92 ^a	0.288±0.11 ^a	8.4±1.1 ^a	7.3±2.6 ^a
MICT diabetic	2.65±0.82 ^b	0.773±0.08 ^b	6.3±1.1 ^b	2.8±2.1 ^b
HIIT diabetic	2.06±0.99 ^b	0.742±0.05 ^b	6.9±1.2 ^b	2.3±1.1 ^b

نتایج مقایسه تفاوت‌های بین گروهی در پس آزمون توسط واریانس یک طرفه (ANOVA) و آزمون تعقیبی توکی (Tukey)
 a. اختلاف با گروه کنترل سالم بی تمرین، b. اختلاف با گروه کنترل دیابتی بی تمرین، c. در مقایسه با گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت متوسط (MICT).

کنترل سالم بی تمرین ($P=0/001$)، نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت متوسط (MICT) ($P=0/004$) و نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) ($P=0/001$) افزایش معناداری دارد. همچنین تفاوت معنی داری در قطر لوله‌های منی‌ساز بین گروه‌های مختلف مشاهده شد ($F=31/05$, $P=0/001$) به طوری که در آزمون تعقیبی توکی (Tukey) نشان داد لوله‌های منی‌ساز در گروه کنترل دیابتی بی تمرین نسبت به گروه کنترل سالم بی تمرین ($P=0/001$)، نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت متوسط (MICT) ($P=0/001$) و نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) ($P=0/006$) افزایش معناداری دارد. از طرفی تفاوت معنی داری در وزن بیضه چپ بین گروه‌های مختلف مشاهده شد ($F=2/74$, $P=0/03$) به طوری که در آزمون تعقیبی توکی (Tukey) نشان داد لوله‌های منی‌ساز در گروه کنترل دیابتی بی تمرین نسبت به گروه کنترل سالم بی تمرین ($P=0/008$)، نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت متوسط (MICT) ($P=0/01$) و نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) ($P=0/009$) افزایش معناداری دارد (جدول شماره ۴).

تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) نشان داد که تفاوت معنی داری در حجم بیضه بین گروه‌های مختلف وجود دارد ($F=93/13$, $P=0/001$) به طوری که در آزمون تعقیبی توکی (Tukey) نشان داد حجم بیضه در گروه کنترل دیابتی بی تمرین نسبت به گروه کنترل سالم بی تمرین ($P=0/001$)، نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت متوسط (MICT) ($P=0/001$) و نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) ($P=0/001$) افزایش معناداری دارد. همچنین تفاوت معنی داری در حجم لوله‌های منی‌ساز بین گروه‌های مختلف مشاهده شد ($F=31/03$, $P=0/001$) به طوری که در آزمون تعقیبی توکی (Tukey) نشان داد حجم لوله‌های منی‌ساز در گروه کنترل دیابتی بی تمرین نسبت به گروه کنترل سالم بی تمرین ($P=0/001$)، نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت متوسط (MICT) ($P=0/002$) و نسبت به گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) ($P=0/001$) افزایش معناداری دارد.
 تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) نشان داد که تفاوت معنی داری در حجم بافت بینایی بین گروه‌های مختلف وجود دارد ($F=78/05$, $P=0/001$) به طوری که در آزمون تعقیبی توکی (Tukey) نشان داد حجم بافت بینایی در گروه کنترل دیابتی بی تمرین نسبت به گروه

جدول ۴. مقایسه حجم لوله‌های منی‌ساز، حجم کل بیضه، حجم بافت بینابینی، قطر لوله منی‌ساز و وزن بیضه چپ در گروه‌های مختلف

Groups	Total testis volume (mm ³)	Seminiferous tubules volume (mm ³)	Interstitial tissue volume (mm ³)	Seminiferous tubules diameter (mm ²)	left testis weight (mg)
Healthy control	1081.1±39	873.8±70	204.1±11.2	276.9±5	1.5±0.17
Control diabetic	0.778±37 ^a	705.7±107 ^a	278.4±24.4 ^a	260.1±5.5 ^a	1.23±0.3 ^a
MICT diabetic	1074.4±78 ^b	813.7±75 ^b	190.5±14.2 ^b	263.1±3.6 ^b	1.37±0.1 ^a
HIIT diabetic	1054.4±85 ^b	865.5±52 ^b	199.2±18.6 ^b	277.6±5.8 ^b	1.4±0.12 ^b

نتایج مقایسه تفاوت‌های بین گروهی در پس‌آزمون توسط واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و آزمون تعقیبی توکی (Tukey) نشان داد که اختلاف با گروه کنترل سالم بی‌تمرین، b. اختلاف با گروه کنترل دیابتی بی‌تمرین، c. در مقایسه با گروه دیابتی تمرین تناوبی با شدت متوسط (MICT).

بحث

دیابت یکی از مسائل مهم بهداشت در جهان است که با افزایش و شیوع آن بسیاری از مردان جامعه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اختلال در فرایند اسپرماتوژنز به ویژه در سال‌های باروری آسیب‌های جدی به تولیدمثل در مردان مبتلا به دیابت وارد می‌کند. در حال حاضر، تزریق انسولین و داروهای خوراکی جهت کاهش قند خون اصلی‌ترین درمان‌های در دسترس برای اختلال اسپرماتوژنیک دیابتی هستند، اما درمان با انسولین و داروهای خوراکی می‌تواند عوارضی مانند فویبای سوزن^۱، درد، واکنش‌های آلرژیک، تورم پوست، عفونت‌های رایج و استرس استفاده طولانی‌مدت درمان با انسولین را به همراه دارد (۲۲)؛ بنابراین، توسعه روش‌های درمانی غیر دارویی، مسئله اصلی در درمان اختلال اسپرماتوژنیک دیابتی است. به عنوان فعالیت بدنی به روش‌های مختلف یک راه‌کار کاربردی در سراسر جهان می‌تواند باشد.

دیابت با ایجاد استرس اکسیداتیو و تولید رادیکال‌های آزاد باعث آسیب به سلول‌های مختلف بیضه شده که متعاقب آن موجب کاهش تولید تستوسترون توسط این سلول‌ها می‌شود (۲۳). بعلاوه، افزایش استرس اکسیداتیو و تخریب بالای هسته سلولی و مرگ اسپرم در مردان دیابتی گزارش شده است که

در مطالعه حاضر تأثیر طولانی‌مدت تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT) و تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) بر سطوح سرمی انسولین، شاخص مقاومت به انسولین و ساختار بافت بیضه موش‌های صحرایی دیابتی القاء شده با استرپتوزوتوسین- نیکوتین‌آمید دیابتی بررسی گردید. بر اساس نتایج، در موش‌های دیابتی به وسیله مدل ذکر شده سطح سرمی انسولین و شاخص مقاومت به انسولین بطور معناداری افزایش یافت که به نظر می‌رسد این افزایش موجب کاهش معنادار در پارامترهای استریولوژیکی (حجم کل بیضه، حجم لوله‌های منی‌ساز، قطر لوله منی‌ساز و وزن بیضه چپ) این گروه گردیده است. از طرفی تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT) و تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) به مدت ۱۰ هفته موجب کاهش معنادار قند خون گروه‌های تمرینی دیابتی شد که متعاقب آن سطح سطوح سرمی انسولین، شاخص مقاومت به انسولین کاهش معناداری یافت به طوری که و بین گروه‌های دیابتی همراه با تداومی با شدت متوسط (MICT) و تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) نسبت به گروه کنترل سالم در این متغیرها تفاوت معناداری مشاهده نشد و همچنین در پارامترهای استریولوژیکی (حجم کل بیضه، حجم لوله‌های منی‌ساز، قطر لوله منی‌ساز و وزن بیضه چپ) تفاوتی بین گروه تمرینی دیابتی و گروه کنترل سالم مشاهده نشد.

¹. needle phobia

افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانسی و متعاقب آن بهبود مورفولوژی و کاهش مرگ سلولی بافت بیضه شد (۲۸). علاوه بر این همخوان با تحقیق حاضر در مطالعه مروری و متا آنالیز Weweg و همکاران (۲۰۱۷) که به بررسی مقایسه تمرینات تداومی با شدت متوسط (MICT) و تناوبی با شدت بالا (HIIT) بر کاهش وزن افراد چاق پرداخت به این نتیجه رسیدند که هر دو پروتکل تمرین در میزان کاهش وزن تفاوت معناداری با هم ندارند بنابراین با توجه به مدیریت زمان در پروتکل تمرینی تناوبی با شدت بالا (HIIT) این روش تمرینی توصیه می‌شود (۲۹).

همچنین نتایج ما نشان داد که تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT) و تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) موجب بهبود شاخص مقاومت به انسولین می‌شود، هم‌خوان با نتایج ما، مطالعات پیشین نشان می‌دهد که فعالیت ورزشی با افزایش پروتئین‌های مؤثر در سیگنالینگ انسولین مانند پروتئین کیناز فعال شده با AMP^۱، موجب کاهش در مقاومت به انسولین می‌شود (۳۰)؛ اما مخالف نتایج مطالعه حاضر Chavanelle و همکاران (۲۰۱۷) که مطالعه خود به بررسی تأثیر تمرینات تداومی با شدت متوسط (MICT) و تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) بر روی کنترل گلیسمی و عملکرد میتوکندری عضلانی اسکلتی در موش‌های دیابتی را بررسی کردند و دریافتند تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) با توجه به افزایش بیشتر تعداد میتوکندی‌های عضله موجب بهبود بیشتر وضعیت گلیسمیک موش‌های دیابتی می‌شود (۳۱). تفاوت در نتایج مطالعه حاضر و این مطالعه را شاید بتوان به نوع پروتکل دیابتی شدن نمونه‌های مورد مطالعه نسبت داد زیرا موش‌های مطالعه Chavanelle و همکاران از نوع موش‌های دیابتی ژنتیکی بودند.

با وجود این محدودیت‌های این مطالعه می‌تواند مدل دیابت ما باشد، به طوری که دیابت ناشی از استرپتوزوتوسین - نیکوتین آمید یک تقلید از مدل القاء

بعنوان مکانیسم برای توضیح ناباروری در این افراد پیشنهاد شده است (۱۲). از طرفی فعالیت ورزشی در سطوح مختلف شدت‌های مختلف سازگاری‌های مختلفی را در بدن ایجاد کنید. فعالیت ورزشی به افزایش ظرفیت دفاعی آنتی‌اکسیدانی و متعاقب آن دو نقش پیشگیری و درمانی در بیماری‌های عمده مرتبط با استرس اکسیداتیو دارد (۲۴، ۲۵).

همخوان با مطالعه حاضر بوضوح تأثیرات مثبت تمرینات استقامتی منظم بر کاهش عوارض استرس اکسیداتیو ناشی از دیابت به اثبات رسیده است بطوری که در مطالعه همچنین کاتر و همکاران (۲۰۱۶) تأثیر ۴ هفته تمرین هوازی بر استرس اکسیداتیو و ظرفیت آنتی‌اکسیدانت خون موش‌های نر دیابتی شده با استرپتوزوتوسین را بررسی کردند. ورزش هوازی بطور منظم به مدت ۱ ساعت در روز در طول ۴ هفته بروی تردمیل انجام شد. نتایج حاصله نشان داد دیابت باعث کاهش معنی‌دار در میزان فعالیت GPX، SOD و کاتالاز در خون موش‌های صحرایی دیابتی نسبت به گروه کنترل گردید. همچنین میزان MDA به طور معناداری در گروه دیابتی ورزش نکرده نسبت به گروه کنترل افزایش داشت (۲۶). همچنین همخوان با تحقیق حاضر در مطالعه امامی و همکاران (۲۰۱۶) مشاهده شده تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) موجب کاهش معنادار MDA در موش‌های دیابتی شده با استرپتوزوتوسین می‌شود (۲۷)؛ بنابراین یکی از مکانیسم‌های پیشنهادی در بهبود وضعیت باروری در موش‌های صحرایی دیابتی متعاقب یک برنامه تمرین ورزشی منظم، به نظر کاهش استرس اکسیداتیو و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانسی و حفاظت از انواع مختلف سلول‌های بیضه‌ای که وظیفه ترشح تستوسترون و اسپرماتوژنز را دارند می‌باشد. از طرفی همخوان با مطالعه ما نیز Zhao L و همکاران (۲۰۱۷) مشاهده کردند که مکمل دهی کوکومین (زردچوبه) به مدت ۸ هفته و به مقدار ۱۰۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در موش‌های صحرایی دیابتی شده توسط استرپتوزوتوسین موجب کاهش معنادار قند خون، استرس اکسیداتیو و

^۱.AMP-activated protein kinase

بهرتر باشند.

تشکر و قدردانی

این پروژه در قالب طرح پژوهشی با اعتبارات دانشگاه اراک که در شورای پژوهشی دانشگاه اراک در تاریخ ۱۳۹۷/۴/۴ با شماره ۹۷/۲۳۳۳ به تصویب و انجام شده است. کد اخلاق نیز به شرح (IR.Arakmu.rec.1395.353) در کمیته اخلاق طرح‌های پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اراک اخذ گردیده است. بدینوسیله از همکاری صمیمانه همه عزیزانی که ما را در انجام این مطالعه در دانشکده علوم ورزشی اراک و دانشگاه علوم پزشکی اراک یاری رساندند سپاسگزاریم.

منابع

1. Guo J, Li L, Guo B, Liu D, Shi J, Wu C, et al. Mechanisms of resistance to chemotherapy and radiotherapy in hepatocellular carcinoma. *Translational Cancer Research* 2018;7(3):765-81.
2. Shi G-J, Zheng J, Wu J, Qiao H-Q, Chang Q, Niu Y, et al. Beneficial effects of Lycium barbarum polysaccharide on spermatogenesis by improving antioxidant activity and inhibiting apoptosis in streptozotocin-induced diabetic male mice. *Food & Function* 2017;8(3):1215-26.
3. Dehdashtian E, Mehrzadi S, Yousefi B, Hosseinzadeh A, Reiter RJ, Safa M, et al. Diabetic retinopathy pathogenesis and the ameliorating effects of melatonin; involvement of autophagy, inflammation and oxidative stress. *Life Sciences* 2018;193:20-33.
4. Shi G-J, Li Y, Cao Q-H, Wu H-X, Tang X-Y, Gao X-H, et al. In vitro and in vivo evidence that quercetin protects against diabetes and its complications: A systematic review of the literature. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 2019;109:1085-99.
5. Han X-X, Jiang Y-P, Liu N, Wu J, Yang J-M, Li Y-X, et al. Protective effects of Astragaloside on spermatogenesis in streptozotocin-induced diabetes in male mice by improving antioxidant activity and inhibiting inflammation. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 2019;110:561-70.

دیابت نوع ۱ است و این مدل دقیقاً شبیه‌سازی دیابت نوع ۲ در انسان نیست. گرچه انواع جنبه‌های پاتوفیزیولوژیک و مولکولی دیابت نوع ۱ و دیابت نوع ۲ شایع هستند، برخی از خصوصیات ممکن است متفاوت باشد و عموماً این الگو را به دیابت نوع ۲ و مقاومت به انسولین محدود می‌کند.

در مجموع با توجه به مطالعات نویسندگان این مقاله به نظر می‌رسد مطالعات محدودی در مورد اثر تأثیر شدت‌های مختلف تمرین هوازی بر سطوح سرمی مالون‌دی‌آلدئید، ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی و ساختار بیضه موش‌های صحرایی نر دیابتی صورت گرفته است؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود این پژوهش در مردان دیابتی و سایر تمرینات ورزشی که باعث کاهش عوارض دیابت می‌شود روی این افراد نیز انجام شود تا بلکه بتوان راه‌کارهای مناسبی برای کاهش عوارض دیابت بر باروری ارائه کرد.

نتیجه‌گیری

دیابت به طور معنی‌داری موجب اختلال در ساختار بیضه می‌شود و این اختلالات می‌تواند به دلیل بالا بودن قند خون، شاخص مقاومت به انسولین، مالون‌دی‌آلدئید، ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی باشد. از طرفی به نظر می‌رسد تمرین ورزشی با شدت‌های مختلف از طریق کاهش قند خون، شاخص مقاومت به انسولین و سطح سرمی مالون‌دی‌آلدئید و افزایش ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی، تأثیرات مثبت در بهبود ساختار بیضه بویژه حجم لوله‌های منی‌ساز، حجم کل بیضه، حجم بافت بینابینی، قطر لوله منی‌ساز و وزن بیضه چپ داشته که این موضوع می‌تواند موجب افزایش باروری در موش‌های صحرایی دیابتی شود. همچنین با توجه به اینکه بین هر دو پروتکل تمرینی تمرینات تداومی با شدت متوسط (MICT) و تناوبی با شدت بالا (HIIT) در متغیرهای مورد مطالعه تفاوت معناداری وجود نداشت به نظر می‌رسد در صورت کمبود زمان و جهت مدیریت وقت پروتکل‌های تمرینی تناوبی با شدت بالا (HIIT)

6. Maresch CC, Stute DC, Alves MG, Oliveira PF, de Kretser DM, Linn T. Diabetes-induced hyperglycemia impairs male reproductive function: a systematic review. *Human Reproduction Update* 2017;24(1):86-105.
7. Aziz NM, Kamel MY, Mohamed MS, Ahmed SM. Antioxidant, anti-inflammatory, and anti-apoptotic effects of zinc supplementation in testes of rats with experimentally induced diabetes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 2018;43(10):1010-8.
8. Ghosh S, Chowdhury S, Das AK, Sil PC. Taurine ameliorates oxidative stress induced inflammation and ER stress mediated testicular damage in STZ-induced diabetic Wistar rats. *Food and Chemical Toxicology* 2019;124:64-80.
9. Vignon F, Le Faou A, Montagnon D, Pradignac A, Cranz C, Winiszewsky P, et al. Comparative study of semen in diabetic and healthy men. *Diabete & Metabolisme* 1991;17(3):350-4.
10. Agarwal A, Mulgund A, Alshahrani S, Assidi M, Abuzenadah AM, Sharma R, et al. Reactive oxygen species and sperm DNA damage in infertile men presenting with low level leukocytospermia. *Reproductive Biology and Endocrinology* 2014;12(1):126.
11. Tamaddonfard E, Farshid AA, Asri-Rezaee S, Javadi S, Khosravi V, Rahman B, et al. Crocin improved learning and memory impairments in streptozotocin-induced diabetic rats. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences* 2013;16(1):91.
12. Roessner C, Paasch U, Kratzsch J, Glander HJ, Grunewald S. Sperm apoptosis signalling in diabetic men. *Reproductive Biomedicine Online* 2012;25(3):292-9.
13. Hansen D, Dendale P, Jonkers RA, Beelen M, Manders RJ, Corluy L, et al. Continuous low-to 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.
14. 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.
15. 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.
16. Afzalpour ME, Chadorneshin HT, Foadoddini M, Eivari HA. Comparing interval and continuous exercise training regimens on neurotrophic factors in rat brain. *Physiology & Behavior* 2015;147:78-83.
17. Morozov AA, Yurchenko VV. Seasonal changes in hepatic antioxidant enzyme activities of the perch *Perca fluviatilis* in the Upper Volga basin, Russia. *Ichthyological Research* 2018;65(2):265-9.
18. Benzie IF, Devaki M. The 5 ferric reducing/antioxidant power (FRAP) assay for non-enzymatic antioxidant capacity: concepts, procedures, limitations and applications. *Measurement of Antioxidant Activity and Capacity: Recent Trends and Applications* 2018:77.
19. Hoseini L, Roozbeh J, Sagheb M, Karbalay-Doust S, Noorafshan A. Nandrolone decanoate increases the volume but not the length of the proximal and distal convoluted tubules of the mouse kidney. *Micron* 2009;40(2):226-30.
20. Howard V, Reed M. *Unbiased stereology: three-dimensional measurement in microscopy*: Garland Science 2004.
21. Dalgaard M, Pilegaard K, Ladefoged O. In Utero Exposure to Diethylstilboestrol or 4-n-Nonylphenol in Rats: Number of Sertoli Cells, Diameter and Length of Seminiferous Tubules Estimated by Stereological Methods. *Pharmacology & Toxicology* 2002;90(2):59-65.
22. Al Hayek AA, Robert AA, Al Dawish MA. Skin-Related Complications Among Adolescents With Type 1 Diabetes Using Insulin Pump Therapy. *Clinical Medicine Insights: Endocrinology and Diabetes* 2018;11:1179551418798794.
23. 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.
24. Oh S, Tanaka K, Warabi E, Shoda J. Exercise reduces inflammation and oxidative stress in obesity-related liver diseases. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2013;45(12):2214-22.
25. Chiş I, Mureşan A, Oros A, Nagy A, Clichici S. Protective effects of Quercetin and chronic moderate exercise (training) against oxidative stress in the liver tissue of streptozotocin-induced diabetic rats. *Acta Physiologica Hungarica* 2016;103(1):49-64.

26. Kanter M, Aksu F, Takir M, Kostek O, Kanter B, Oymagil A. Effects of Low Intensity Exercise Against Apoptosis and Oxidative Stress in Streptozotocin-induced Diabetic Rat Heart. *Experimental and clinical endocrinology & diabetes: Official Journal, German Society of Endocrinology [and] German Diabetes Association* 2016.
27. Emami A-M, Homae HM, Azarbayjani MA. Effects of High Intensity Interval Training and Curcumin Supplement on Glutathione Peroxidase (GPX) Activity and Malondialdehyde (MDA) Concentration of the Liver in STZ Induced Diabetic Rats. *Iranian Journal of Diabetes and Obesity* 2016;8(3):129-34.
28. Zhao L, Gu Q, Xiang L, Dong X, Li H, Ni J, et al. Curcumin inhibits apoptosis by modulating Bax/Bcl-2 expression and alleviates oxidative stress in testes of streptozotocin-induced diabetic rats. *Therapeutics and Clinical Risk Management* 2017;13:1099.
29. Wewege M, Van Den Berg R, Ward R, Keech A. The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews* 2017;18(6):635-46.
30. Calegari VC, Zoppi CC, Rezende LF, Silveira LR, Carneiro EM, Boschero AC. Endurance training activates AMP-activated protein kinase, increases expression of uncoupling protein 2 and reduces insulin secretion from rat pancreatic islets. *Journal of Endocrinology* 2011;208(3):257.
31. Chavanelle V, Boisseau N, Otero YF, Combaret L, Dardevet D, Montaurier C, et al. Effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on glycaemic control and skeletal muscle mitochondrial function in db/db mice. *Scientific Reports* 2017;7(1):204.

Received: 16/04/2019

Last revised: 10/06/2019

Accepted: 19/06/2019

Comparison of the effect of moderate-intensity interval training (MICT) and high-intensity interval training (HIIT) on testicular structure, serum level of malondialdehyde and total antioxidant capacity of male diabetic rats

Mohammad Parastesh^{1*}, Zahra Yousefvand¹, Samira Moghadasi²

1. Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Arak University, Arak, Iran.
2. Department of Biology, School of Science, Arak University, Arak, Iran.

* Corresponding author e-mail: m-parastesh@araku.ac.ir

Abstract

Background and Objective: An increase in malondialdehyde and a decrease in the total antioxidant capacity associated with high blood glucose and insulin resistance in type 2 diabetes cause damage to the testicular tissue and structure. The aim of this study was to evaluate the effect of different aerobic training intensities on serum levels of malondialdehyde, total antioxidant capacity and testicular structure in male diabetic rats.

Materials and Methods: In this study, 46 Wistar rats with an average weight of 205 ± 45 grams were randomly assigned into four groups: healthy control, control of diabetic, diabetic with moderate-intensity interval training (MICT) and diabetic with high-intensity interval training (HIIT). The training groups trained the exercise program for 10 weeks by treadmill and their blood serum and testis tissue were collected after the last training session. Data were analyzed using one-way ANOVA and Tukey post-hoc test at a significance level of 0.05%.

Results: MICT and HIIT training caused a significantly decreased fasting blood glucose and MDA and significantly increased TAC in diabetic training groups compared to diabetic control group ($p < 0.05$). Also, 10 weeks of MICT and HIIT training improved the testicular structure, especially the testis volume, seminiferous tubules volume, interstitial tissue volume and left testicle weight in diabetic training groups compared to the control group ($p < 0.05$). There was also no significant difference between the changes for the two methods of MICT and HIIT exercises regarding dependent variables.

Conclusion: It seems that two methods of MICT and HIIT training by reducing blood glucose, insulin resistance index and serum level of MDA and enhancement of TAC have positive effects on the improvement of testicular structure in diabetic rats. With these two methods of training, there were no different effects on mentioned variables.

Keywords: Type 2 diabetes, Malondialdehyde, Total antioxidant capacity, Physical activity, Rat