



## مقاله پژوهشی

# تأثیر هشت هفته ورزش استقامتی، وانادیوم و عصاره استویا بر تغییرات ساختاری عضله همسترینگ موش‌های نر دیابتی نوع یک

عاطفه سرحدی<sup>۱</sup>، علی حسنی<sup>۱</sup>، ملیحه اردکانی‌زاده<sup>۲\*</sup>

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه صنعتی شاهrood، سمنان، ایران

۲. گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه دامغان، سمنان، ایران

\* مسئول مکاتبات: maliheh\_ardakani@yahoo.com

DOI: 10.22034/ascij.2022.1941460.1313

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۰۶  
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۱۳

## چکیده

کاهش توده عضلانی یکی از عوارض جانبی بیماری دیابت می‌باشد که ممکن است از طریق تنظیم مقادیر قند خون توسط ورزش و یا مکمل‌های گیاهی به تاخیر بینجامد. تعداد ۳۵ سرمهش نر ( $180 \pm 10$  گرم)، به ۷ گروه: کنترل، دیابتی، دیابتی+تمرين، دیابتی+وانادیوم، دیابتی+تمرين+وانادیوم، دیستویا+دیابتی+تمرين+تمرين+استویا تقسیم شدند. جهت القای دیابت نوع ۱، استرپتوزوتوسین (۵۵ میلی‌گرم/کیلوگرم) درون صفاقی تزریق شد، و عصاره وانادیوم (۱ میلی‌گرم/میلی‌لیتر) در آب روزانه محلول گردید. برنامه تمرين استقامتی شامل هشت هفته دویدن، و ۵ روز در هفته بود، که با زمان ۱۵ دقیقه و سرعت ۲۰ متر/دقیقه آغاز، و به ۳۵ دقیقه و سرعت ۳۰ متر/دقیقه در هفته پایانی رسید. تغییرات هیستوپاتولوژی در بافت کبد با استفاده از میکروسکوپ نوری بررسی گردید. به منظور نرمال‌سازی داده‌های پارامتریک از آزمون کلموگروف‌اسمیرنف و جهت تجزیه تحلیل آنها، آزمون یک طرفه آنوا با تست تعیینی بونفرونی، و برای داده‌های ناپارامتریک آزمون کروسکال والیس ( $p \leq 0.05$ ) بکار گرفته شد. مقادیر وزن بدن در هر شش گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل سالم ( $p = 0.01$ ), در گروه وانادیوم+ورزش در مقایسه با وانادیوم ( $p = 0.01$ ), و در گروه استویا+ورزش در مقایسه با استویا ( $p = 0.04$ ), کاهش معناداری یافت. در گروه دیابتی، تغییرات خفیف تعداد و اندازه سلول‌ها، با اجرای ورزش و همراه با وانادیوم و استویا، و مصرف استویا، و نیز دژنرasiون سلول‌ها، توسط ورزش و همراه با وانادیوم و استویا، و مصرف وانادیوم و استویا بهبود پیدا کرد ( $p = 0.01$ ). به نظر می‌رسد که اجرای هشت هفته فعالیت استقامتی، مصرف استویا و وانادیوم بر تنظیم وزن بدن و نیز بهبود تخریبات همسترینگ ناشی از دیابت موثر باشند.

کلمات کلیدی: تمرين استقامتی، وانادیوم، استویا، عضله همسترینگ.

## مقدمه

مبتلایان را شامل می‌شود، کمبود ترشح انسولین بوده که ناشی از تخریب خود اینمی سلول‌های پانکراس می‌باشد (۱۷). تنظیم گلوکز توسط تجمعی اثرات متوازنی ورزش اعمال می‌شود، که در طول زمان با پاسخ سازشی همراه است (۶). اثر حاد ورزش بر

بیماری دیابت با هیپرگلایسمی ناشی از عدم دسترسی و یا کاهش حساسیت سلول‌ها به انسولین همراه است، که موجب ایجاد آسیب پیش‌رونده به ارگان‌هایی مانند چشم، کلیه، رگ‌های خونی، قلب، و مغز می‌گردد (۲۴). علت ابتلا به نوع یک دیابت که ۵ تا ۱۰ درصد

کاهش مساحت واحد حرکتی است، که حتی قبل از بروز علائم نوروپاتی مشاهده می‌شود. این تاثیرات، در عضلات اسکلتی تحتانی، نمود بیشتری دارد، و به دلیل کاهش ظرفیت عمل کردی این عضلات، به شدت می‌تواند کیفیت زندگی این بیماران را تحت تاثیر قرار دهد. بر همین اساس، آکاشی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش دادند که تاخیر در هدایت الکتریکی در عضلات دوقلو و پهن خارجی نشان‌دهنده‌ی نقص حرکتی در بیماران نوروپاتیک است، و می‌تواند توانایی راه رفتن آن‌ها را به خطر بی‌اندازد. تغییر در سرعت هدایت عصبی و ظرفیت عملکردی فیبرهای عضلانی (به علت آسیب میلینی و آکسونال اعصاب واحد حرکتی)، نسبت زمان فعالیت و سهم اشتراک هر عضله را در فازهای مختلف حرکتی تغییر می‌دهد (۲). از سوی دیگری عنوان شده است که، تغییرات آتروفیک و دژنراسیون سلولی، از مهم‌ترین ضایعات عضلانی ناشی از بیماری دیابت هستند، که با کاهش مشخص قطر و طول رشته‌ی عضلانی و شکل‌گیری واکوئل‌ها در سارکوپلاسم سلول عضلانی همراه است (۱۲). نتایج مطالعات بیان داشتند که دیابت منجر به آتروفی عضله اسکلتی می‌گردد، و تمرين ورزشی قادر است این روند را معکوس کند، به‌گونه‌ای در پژوهش کرمی و همکارانش (۲۰۱۵) که به بررسی اثر تمرين استقامتی در عضله نعلی رت‌های دیابتی پرداخته بودند، مشاهده شد که که وزن عضله نعلی در رت‌های دیابتی به‌طور معنی‌دار کاهش یافت و تمرين ورزشی منجر به افزایش وزن عضله نعلی گردید (۱۵).

با توجه به آثار مخرب شکر در افراد دیابتی و پرهیز این افراد از مصرف آن، شیرین کننده‌های مصنوعی کم کالری چون آسپارتام و ساخارین به بازار جهانی عرضه شده است. استفاده از محصولات شیرین شده به‌وسیله گیاه استویا در بسیاری از کشورها به عنوان

روی حساسیت عضله اسکلتی به انسولین، مربوط به فعال شدن سیستم ناقل گلوكز عضله اسکلتی، تخلیه گلیکوژن عضله، و افزایش جریان خون عضله اسکلتی است (۷). این سازش، در نتیجه اثرات مربوط به کاهش وزن بدن، افزایش بیان *Glut4*، افزایش جریان خون به واسطه اکسیدنتیریک، کاهش تحریک هورمونی تولید گلوكز کبدی، و طبیعی شدن چربی خون است (۲۲). از سوی دیگر، ورزش سبب کاهش چربی قسمت بالای بدن می‌شود، که با هیپرانسولینیمی مرتبط است، و سبب کاهش مقاومت به انسولین می‌گردد. چربی احشایی منع اسیدهای چرب آزاد است که بیشتر از گلوكز اکسیده می‌شوند، و موجب هیپرگلیسمی می‌گردد (۸).

هیپرگلایسمی سمیت عصبی ایجاد می‌کند که منجر به آسیب محیطی و آپوپتوز شده، و سبب آسیب میکروواسکولار و کاهش خون‌رسانی می‌گردد (۲۶). ادبیات حاکی از این است که بیماری دیابت، تارهای عضلانی نوع یک را بیشتر تحت تاثیر قرار می‌دهد، و به‌نظر می‌رسد که این تارها زودتر تحت تاثیر آپوپتوز ناشی از عوارض بیماری دیابت قرار می‌گیرند (۱۴). در ادامه‌ی بحث اثرات مثبت فعالیت ورزشی می‌توان عنوان داشت که، اجرای تمرينات بدنی به‌طور منظم و طولانی‌مدت، احتمالاً می‌تواند یک عامل پیش‌گیری کننده یا بهبود دهنده در بروز عوارض ناشی از دیابت در این افراد باشند. اصلاح سبک زندگی با رویکرد به انجام فعالیت بدنی و ورزش منظم و مستمر، به عنوان یک راهبرد غیردارویی می‌تواند که شیوع دیابت و عوارض مربوط به آن مانند نوروپاتی را کاهش دهد، که رایج‌ترین عارضه دیابت می‌باشد، و بر اساس معیارهای تشخیص، حداقل ۵۰ تا ۹۰ درصد از افراد مبتلا به دیابت، به نوروپاتی دیابتی مبتلا می‌شوند (۵). یکی از عوارض قابل توجه نوروپاتی دیابتی، آتروفی عضلانی به‌صورت کاهش چگالی فیبرهای عضلانی، و

تکثیر سلول‌های بتای پانکراس حیوانات دیابتی شده، قادر است که از یک سو سطح انسولین پلاسمای نسبت به گروه‌های دیابتی درمان نشده افزایش دهد، و از سوی دیگر حساسیت گیرنده‌های انسولین را افزایش دهد تا بدین صورت اثرات کاهش قند خون را آشکار نماید (محمدی). در همین راستا، نتایج مطالعه‌ی امینی (۱۳۹۵) نشان داد که مصرف شصت روزه سولفات وانادیوم در موش‌های دیابتی شده توسط  $STZ$  منجر به کاهش مقادیر گلوکز سرمی می‌گردد (۴). نتایج مطالعه‌ی اشتیاقی و همکاران (۱۳۷۹) عنوان داشت که سه تا چهار ماه مصرف سولفات وانادیوم در بیماران دیابتی نوع ۲، موجب کاهش  $BMI$  و نیز قند خون ناشتا می‌گردد (۱۹).

انجمان دیابت آمریکا در سال ۲۰۰۶ گزارش داد که ورزش هوایی طولانی مدت، بر بهبود بیماری دیابت نوع ۱ موثر است. در واقع فعالیت با شدت متوسط، سطوح گلوکز خون را در حین تمرین و در زمان بازگشت به حالت اولیه در افراد مبتلا به دیابت نوع ۱ کاهش می‌دهد (۱۱). در حالی‌که، مکانیسم‌های اصلی اثر اجرای فعالیت بدنی و ورزش، بر دردهای نوروپاتیک به‌طور کامل شناخته شده نیستند، اما شواهد روز افزونی وجود دارد که تاکید دارند؛ برنامه تمرین ورزشی، اختلال عملکرد ناشی از دیابت و درد عصبی را بهبود می‌بخشد، و به‌نظر می‌رسد که فعالیت بدنی قادر است که از طریق کاهش سطوح قند خون و التهاب، مانع از پیش‌رفت نوروپاتی در این بیماران گردد (۵). عوارض نوروپاتی دیابتی می‌تواند تلاش بیش از حدی را بطلبد که خستگی زودهنگام را به دنبال دارد، و همچنین کاهش ظرفیت عملکردی عضلات اندام تحتانی منجر به عدم کنترل مناسب نیروی عکس‌العمل زمین شود و احتمال آسیب و سقوط را در بیماران افزایش دهد (۱۴). در این نوع بیماری، درمان با مکمل‌های مختلف، رژیم‌های غذایی

جایگزینی برای ساکاروز (شکر معمولی) و در آمریکای جنوبی سال‌ها به عنوان دارویی برای درمان دیابت مورد استقبال قرار گرفته است. گیاه استویا بوته‌ای و بومی نواحی شمالی آمریکای جنوبی است، و برگ‌های این گیاه دارای دی‌ترپن‌گلیکوزیدهایی است که عامل شیرینی این گیاه هستند. مطالعات نشان داده‌اند که مصرف خوراکی استویا با اینکه ۳۰۰ بار شیرین‌تر از ساکاروز است، مانع افزایش قند خون شده، و فاقد کالری می‌باشد. در مطالعه اکبرزاده (۲۰۱۵) مصرف خوراکی عصاره استویا از طریق کاهش میزان سرمی گلوکز، مقاومت انسولینی و تری-گلیسرید قادر به کاهش قند و چربی خون می‌باشد (۳). در پژوهش نجفی (۱۳۹۶) مشاهده شد که مصرف عصاره الکلی استویا در موش‌های دیابتی شده (توسط  $STZ$ ) توانست که قند خون را به‌طور معناداری کاهش دهد (۲۱). همچنین، مطالعه احمد (۲۰۱۸) بیان داشت که مصرف هشت هفته عصاره آبی استویا در موش‌های آلبینوی دیابتی، منجر به بهبود وزن بدن و کاهش گلوکز ناشتا گردید (۱). در تحقیق حسینی (۲۰۲۰) نیز مصرف عصاره استویا بر وزن رت‌های نر اثر معنی‌داری داشت. مطالعاتی که به اثر همزمان تمرین استقامتی با مصرف عصاره استویا پرداخته باشد اندک بود (۳).

مطالعات حیوانی نشان‌دهنده اثرات مثبت ترکیبات وانادیوم بر دیابت نوع ۱ و ۲ بوده و عوارض جانبی مصرف این دارو بر بافت‌های مختلف گزارش نشده است (۴). خواص شبه انسولینی وانادیوم شامل تحریک انتقال هگزووز در آدیپوسیت و عضله اسکلتی رت، تحریک لیپولیز، ممانعت از لیپوژن، تحریک اکسیداسیون گلوکز و تحریک گلیکوژن ستنتاز در آدیپوسیت‌های رت است (۹). مطالعات انجام شده در این زمینه نشان می‌دهند که درمان با وانادیوم در کوتاه مدت، علاوه بر کاهش قند خون از طریق ترمیم و

سانتی‌متر) نگهداری شدند. موش‌ها به مدت چهار هفته توسط غذای پر جیره (۷۰ میلی‌گرم/کیلوگرم) تهیه شده از خوراک دام مینو صباح (کربوهیدرات ۵۸، چربی ۱۳، پروتئین ۲۸ درصد) تغذیه شدند، و پس از آن، وزن آن‌ها به ۲۴۰ تا ۲۵۰ گرم رسید، که به‌طور تصادفی به هفت گروه پنج تایی تقسیم شدند: ۱. گروه کنترل سالم، ۲. گروه دیابتی، ۳. گروه دیابتی و تمرین استقامتی، ۴. گروه دیابتی و مصرف وانادیوم، ۵. گروه دیابتی و تمرین استقامتی + مصرف وانادیوم، ۶. گروه دیابتی و مصرف استویا، ۷. گروه دیابتی و تمرین استقامتی + مصرف استویا.

**روش دیابتی کردن:** آزمودنی‌ها، قبل از تزریق محلول استرپتوزوتوسین به مدت هجده ساعت ناشتا بودند، و مصرف آب بلامانع بود. از محلول بافری سیترات با اسیدیته ۴/۵ و غلاظت ۲۰ میلی‌مولار استفاده شد. مقدار استرپتوزوتوسین تزریقی ۵۵ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن حیوان که به صورت تزریق درون صفاقی انجام شد. پس از ۷۲ ساعت قند خون اندازه گیری شد، و موش‌هایی که قند خون آن‌ها بیشتر از ۳۰۰ میلی‌گرم در دسی‌لیتر بود دیابتی نوع ۱ در نظر گرفته شدند (۱۳). بخش‌های هوایی (ساقه و برگ) گیاه استویا در آب مقطار حل شد، و در دمای چهل درجه سانتی‌گراد همراه با لرزش آهسته انکوبه شدند. بخش‌های محلول در آب با دور ۶۰۰۰ و به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. قسمت‌های غیر محلول دور ریخته، و بخش‌های شناور بر روی آب از طریق دستگاه تقطیر در خلا چرخان تغليظ شده و برای استفاده پودر شدند، و بصورت روزانه با دوز ۵۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم با آب مصرفی موش‌ها محلول شد، و آزادنده در اختیار آن‌ها قرار گرفت (۱۳). عصاره وانادیوم سولفات (محصول مرک آلمان) با دوز یک میلی‌گرم در میلی‌لیتر، در آب مصرفی حیوانات محلول شده و آزادانه در اختیار آن‌ها قرار گرفت (۲۲).

و تغییر سبک زندگی، استفاده از داروهای گیاهی، و اجرای تمرینات ورزشی می‌باشد، که به تاثیرات مفرد و همزمان آن‌ها خواهیم پرداخت (۲۳). از سوی دیگری، در مطالعات حیوانی اثرات مثبت وانادیوم را بر بهبود دیابت نوع ۱ و ۲ عنوان داشتند (۴)، علاوه بر آن، در عصر حاضر مصرف داروهای گیاهی همچون استویا، بر کاهش سطح گلوكز خون در افراد مبتلا به دیابت، مورد توجه واقع شده است. بر همین اساس هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر هشت هفته اجرای تمرین استقامتی همراه با مصرف وانادیوم و عصاره استویا، بر تغییرات ساختاری عضله همسترینگ و تغییرات وزنی، در موش‌های نر صحرایی دیابتی نوع ۱، می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش یک مطالعه تجربی - آزمایشگاهی بود، که در آن امکان کنترل عوامل تاثیرگذار بر نتایج تحقیق بوده است. نمونه‌گیری بافت عضله همسترینگ، از هفت گروه پنج تایی، پس از مداخله متغیرهای مستقل انجام، و تغییرات مورفولوژیکی در بافت عضله آن‌ها مطالعه، سپس مورد مقایسه قرار گرفت. در این تحقیق کلیه اصول اخلاقی در مورد نحوه کار با حیوانات آزمایشگاهی از جمله در دسترس بودن آب و غذا، شرایط نگهداری مناسب و عدم اجبار در تمرینات مدد نظر قرار گرفت.

**جامعه آماری:** به منظور بررسی اثر عصاره وانادیوم بر بافت عضله همسترینگ موش‌های آزمایشی، تعداد ۳۵ سر موش نر صحرایی با سن شش تا هشت هفته، با وزن اولیه  $180 \pm 10$  گرم از انسیتو پاستور ایران خریداری شد، و تحت چرخه ۱۲-۱۲ ساعت تاریکی و روشنایی، با درجه حرارت  $24 \pm 20$  درجه سانتی‌گراد و رطوبت  $5 \pm 50$  درصد، به صورت دو تایی در قفس‌های استاندارد جوندگان ( $15 \times 15 \times 30$ )

جهت انجام روش‌های معمول بافت شناسی آماده شدند. نمونه‌ها برای ۴۸ ساعت در محلول نگهداری شدند. پس از ۲۴ ساعت اولیه فرمالین تازه با فرمالین قبلی جایگزین گردید. بعد از ثبیت، با الكل آبگیری شده و قالب‌گیری با پارافین انجام شد. سپس، توسط میکروتوم مقاطع با ضخامت ۵ میکرون به صورت نمونه‌گیری تصادفی و با فواصل منظم و یکنواخت تهیه شد. مقاطع میکروسکوپی انتخاب شده، پس از رنگ‌آمیزی هماتوکسیلین و اثوزین توسط میکروسکوپ نوری مورد مطالعه قرار گرفته و عکس برداری انجام شد. معیارهای ارزیابی ضایعات هیستوپاتولوژی بافت مغز در جدول شماره ۳ ذکر شده است.

**روش آماری:** به منظور مقایسه وزن، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کلموگروف-اسمیرنف انجام شد. پس از تایید همگن بودن واریانس خطأ توسط آزمون لون، برای مقایسه وزن موش‌ها در سه مرحله‌ی (اولیه، پس از تغذیه پر جیره و قبل از بیهوشی) از آزمون اندازه-گیری مکرر استفاده شد. به منظور مقایسه میانگین‌های گروهی، آزمون آنواری یک سویه و تست تعقیبی بونفرونی در سطح معنی‌داری کمتر یا مساوی با ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. با توجه به رتبه‌ای بودن و نحوه امتیازبندی مقایسه آسیب بافت عضله همسترینگ نیز از آزمون‌های ناپارامتریک استفاده گردید. بر اساس طرح تحقیق و تفاوت پس از آزمون گروه‌های مستقل، از آزمون کروسکال والیس استفاده شد، و در صورت مشاهده تفاوت معنادار، به جهت تعیین گروه‌های متفاوت، از آزمون من ویتنی در سطح معنی‌داری کمتر یا مساوی با ۰/۰۵ استفاده گردید.

**پروتکل تمرینی:** تمرینات استقامتی به مدت هشت هفته، بر روی ترمیل جوندگان (پنج باند، ساخت شرکت دانش سالار ایرانیان) در آزمایشگاه حیوانات اجرا گردید. تمرینات شامل پنج روز در هفته بود، که به صورت فزاینده با سرعت ۱۵ متر/دقیقه و مدت ۲۰ دقیقه آغاز شد و در هفته هشتم به سرعت ۳۰ متر/دقیقه و مدت ۳۵ دقیقه رسید (جدول ۱). به منظور تحریک موش‌های صحرایی برای دویدن، از محرك صوتی (ضربه به دیواره نوار گردان) استفاده شد؛ بدین صورت که در جلسات اول از محرك الکتریکی با ولتاژ کم، همراه با محرك صوتی استفاده شد، و پس از شرطی نمودن موش‌های صحرایی به همراه بودن دو محرك، در سایر جلسات به منظور رعایت نکات اخلاقی کار با حیوان آزمایشگاهی فقط از محرك صوتی استفاده شد. در صورتی که حیوان سه بار به بخش شوک ترمیل وارد شده و شوک را به دویدن ترجیح می‌داد، تمرین حیوان به پایان می‌رسید. اندازه‌گیری وزن موش‌ها: در شروع، پس از خوراندن غذای پرجیره، و پایان دوره قبل از کشتن و نمونه برداری، حیوانات به طور دقیق توسط ترازوی دیجیتال با حساسیت دو رقم اعشار وزن شده و اعداد به دست آمده بر حسب گرم ثبت شدند.

**تغییرات هیستوپاتولوژی:** در پایان مطالعه، حیوانات به مدت ده تا دوازده ساعت ناشتا نگه داشته شدند. سپس، موش‌ها وزن و بیهوش شدند. بیهوشی با استفاده از تزریق درون صفاقی کتامین (شصت میلی-گرم/کیلوگرم) و زایلوزین (پنج میلی‌گرم/کیلوگرم) با نسبت پنج به دو انجام شد. پس از بیهوشی بلا فاصله بافت عضله همسترینگ برداشته شد. نمونه‌ها پس از جداسازی در فرمالین ۱۰ درصد ثابت شده و سپس

جدول ۱- برنامه تمرین استقامتی

زمان	همان	هفته ۱	هفته ۲	هفته ۳	هفته ۴	هفته ۵	هفته ۶	هفته ۷	هفتا ۸
سرعت (متر/دقیقه)	۱۵	۲۰	۲۰	۲۰	۲۵	۲۵	۳۰	۳۰	۳۰
مدت (دقیقه)	۲۰	۲۰	۲۰	۲۵	۲۰	۲۰	۳۰	۳۵	۳۵

## نتایج

معنی داری در مقادیر وزن مشاهده شد ( $p = 0.04$ ) (جدول ۲). در بررسی اثرات مخرب تزریق استرپتوزوسین در گروه دیابتی، تخریب خفیفی در نورون های مغز مشاهده شد، که اجرای هشت هفته تمرین استقامتی و نیز مصرف استویا (با و بدون اجرای تمرین استقامتی)، منجر به بهبود موقعیت نورون ها شد، در حالی که مصرف وانادیوم (با و بدون فعالیت استقامتی) تاثیر معناداری نداشت. علاوه بر آن، پرخونی خفیف ناشی از دیابت، تنها در گروه های تمرین، وانادیوم و تمرین+وانادیوم بهبود یافت، در حالی که مصرف استویا به تنهایی و همراه با فعالیت استقامتی، بر بهبود پرخونی نورون ها موثر نبود ( $p = 0.001$ ). در رابطه با سلول های نوروگلیا، ماده خاکستری و سفید، تغییرات معناداری در گروه های کنترل و تجربی مشاهده نگردید (جدول ۳).

نتایج آزمون آماری آنوای یکسوبیه، نشان داد که اجرای هشت هفته فعالیت هوازی به تنهایی و نیز همراه با مصرف وانادیوم و عصاره استویا، بر تغییرات وزنی موش های دیابتی شده در مقایسه با گروه کنترل سالم موثر بوده است. پس از اجرای تست تعقیبی بونفرونی مشاهده شد که مقادیر وزن در هر شش گروه تجربی، در مقایسه با گروه کنترل سالم، کاهش معناداری داشته است ( $p = 0.001$  در حالی که مقادیر وزن بدن در گروه های تحت درمان با مکمل و ورزش در مقایسه با گروه دیابتی، افزایش یافته اما از لحاظ آماری معنادار نبود. پس از مقایسه گروه دریافت کننده وانادیوم با گروهی که همزمان تمرین استقامتی نیز داشتند، کاهش معنادار وزن مشاهده گردید ( $p = 0.01$ ). همچنین در گروهی که همزمان با دریافت استویا، تمرین استقامتی داشتند نیز کاهش

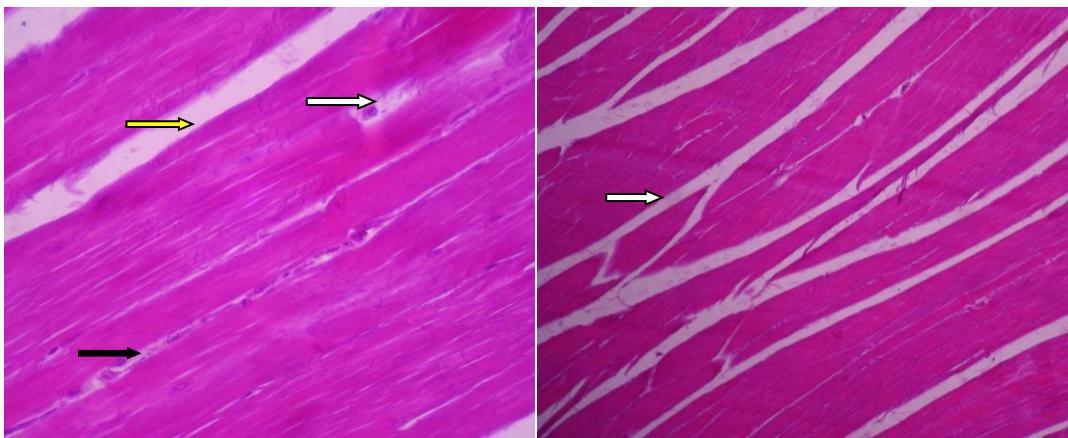
جدول ۲- مقادیر تغییرات وزن پس از هشت هفته در گروه های کنترل و تجربی (میانگین  $\pm$  انحراف استاندارد)،  $p < 0.05$

\*: معنی داری در مقایسه با گروه کنترل ( $p = 0.001$ )

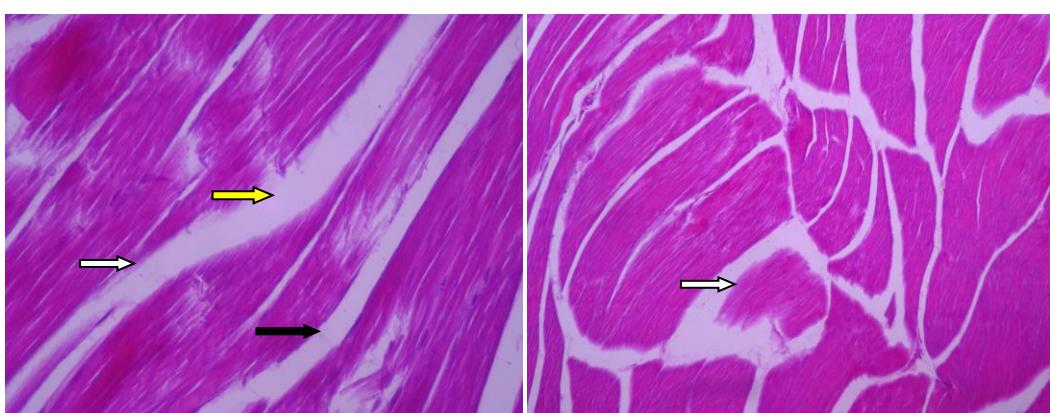
گروه ها (تعداد: ۵ سر)	میانگین $\pm$ انحراف استاندارد	اختلاف میانگین در مقایسه با کنترل
کنترل سالم	-	۲۹۴/۶ $\pm$ ۲/۹۲
دیابتی	۱۵۵/۴ $\pm$ ۴/۹۴*	۱۳۸/۷ $\pm$ ۸/۹۲
دیابتی + تمرین	۱۲۹/۴ $\pm$ ۸/۳*	۱۶۴/۵ $\pm$ ۴/۷۲
دیابتی + وانادیوم	۱۲۱/۳ $\pm$ ۰/۶۱*	۱۷۳/۲ $\pm$ ۲/۳۹
دیابتی + تمرین + وانادیوم	۱۱۶/۳ $\pm$ ۲/۶۶*	۱۷۸/۲ $\pm$ ۰/۷۴
دیابتی + استویا	۱۳۲/۴ $\pm$ ۰/۱*	۱۶۲/۴ $\pm$ ۲/۹۷
دیابتی + تمرین + استویا	۱۲۶/۴ $\pm$ ۰/۳۳*	۱۶۸/۲ $\pm$ ۲/۵۹
مقایسه گروه های با و بدون مکمل	اختلاف میانگین	معنی داری
گروه تمرین + وانادیوم در مقایسه با وانادیوم	۴/۱ $\pm$ ۸/۶۲	۰/۰۱
گروه تمرین + استویا در مقایسه با استویا	۶/۲ $\pm$ ۰/۵	۰/۰۴

جدول ۳- نتایج تغییرات ساختاری عضله همسترینگ پس از هشت هفته در گروه‌های کترل و تجربی  
•: عدم تغییر، ۱: تغییرات خفیف، ۲: تغییرات متوسط

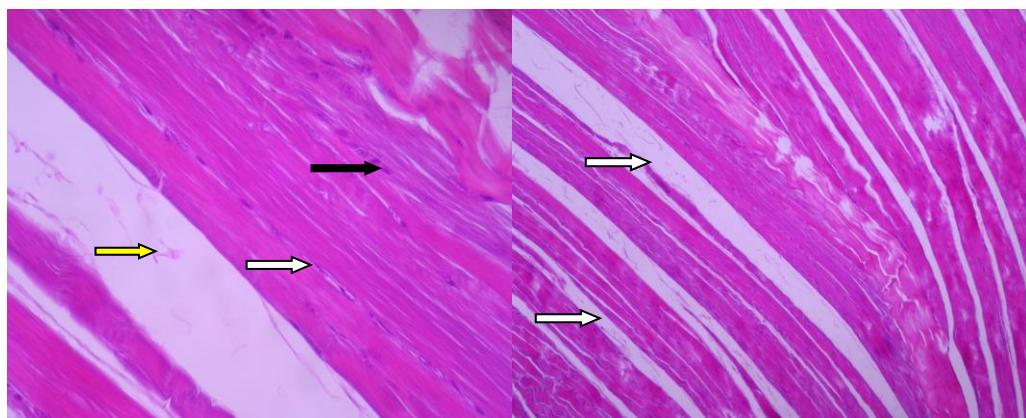
گروه	تعداد و اندازه سلول	هیپرتروفی سلولی	تغییرات دژنراتیو	التهاب و پرخونی
کترل	•	•	•	•
دیابتی	۱	•	•	•
تمرین	•	•	•	•
وانادیوم	•	•	•	•
تمرین+وانادیوم	•	•	•	•
استویا	•	•	•	•
تمرین+استویا	•	•	•	•



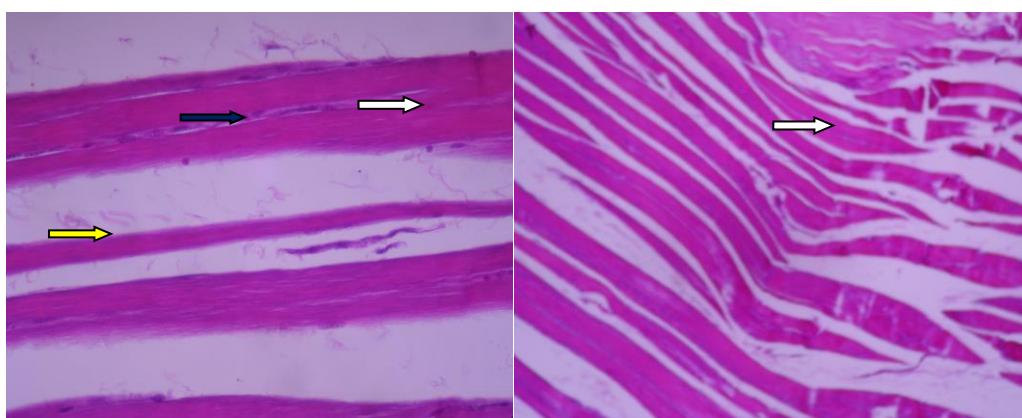
شکل ۱. فتو میکرو گراف بافت همسترینگ گروه کترل با بزرگنمایی ۱۰۰ راست و ۴۰۰ چپ



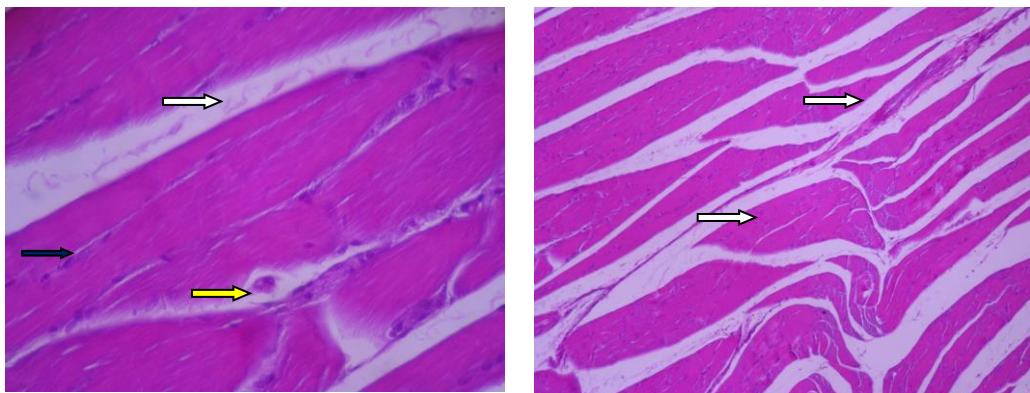
شکل ۲. فتو میکرو گراف بافت همسترینگ در گروه دیابتی با بزرگنمایی ۱۰۰ راست و ۴۰۰ چپ



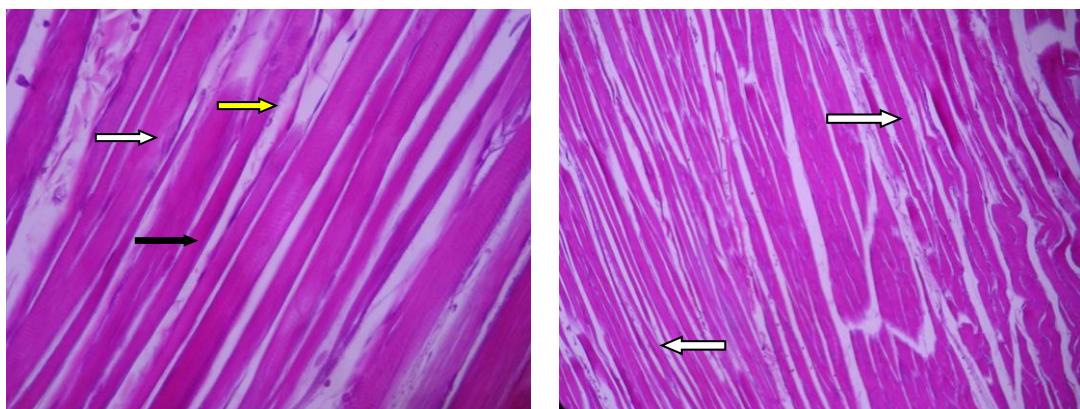
شکل ۳. فتو میکروگراف بافت همسترینگ در گروه تمرین با بزرگنمایی ۱۰۰ راست و ۴۰۰ چپ



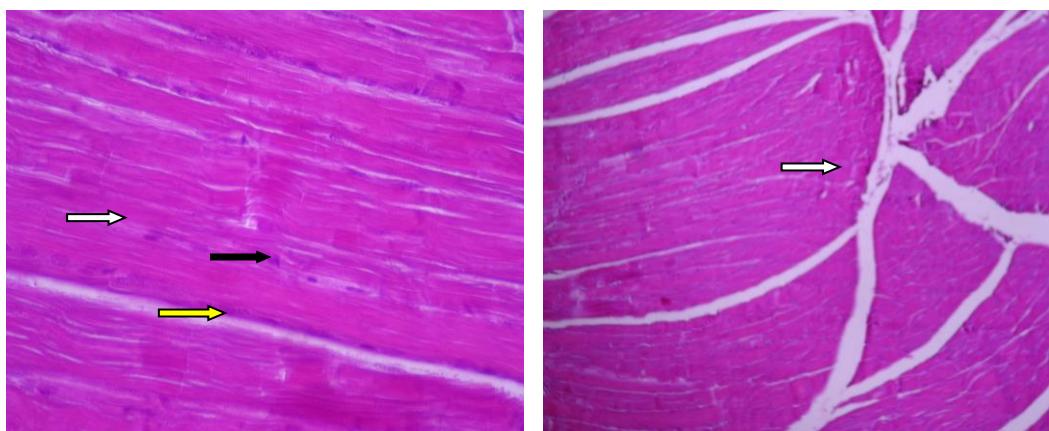
شکل ۴. فتو میکروگراف بافت همسترینگ در گروه وانادیوم با بزرگنمایی ۱۰۰ راست و ۴۰۰ چپ



شکل ۵. فتو میکروگراف بافت همسترینگ گروه تمرین+وانادیوم با بزرگنمایی ۱۰۰ راست و ۴۰۰ چپ



شکل ۶. فتو میکرو گراف بافت همسترینگ گروه استویا با بزرگنمایی ۱۰۰ راست و ۴۰۰ چپ



شکل ۷. فتو میکرو گراف بافت کبد گروه استویا+ورزش با بزرگنمایی ۱۰۰ راست و ۴۰۰ چپ

## بحث

پانکراس می‌باشد، و به همین دلیل برای ایجاد دیابت در مدل‌های حیوانی استفاده می‌شود (۱۶). در بیماری دیابت نوع ۱ به دلیل عدم تولید انسولین در مشکل موافق می‌شود، که نتیجه آن کاهش تدریجی وزن بدن است (۲۱). در راستای این موضوع، مشاهده شد که پس از القای دیابت، کاهش معنی‌داری در وزن بدن موسه‌ها در مقایسه با گروه کنترل سالم رخ داد. همسو با آن، یافته‌های مطالعه کاظمی نشان داد که در طول چهار هفته القای دیابت، کاهش وزن بدن و سطح انسولین پلاسمای ناشتا در مقایسه با گروه سالم مشاهده شد، اما به لحاظ آماری معنادار نبود، در حالی که سطح گلوكز خون ناشتا و غیرناشتا گروه دیابتی نسبت به گروه غیردیابتی افزایش معناداری

نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد که پس از القای دیابت، کاهش معناداری در مقادیر وزن موسه‌ها در مقایسه با گروه کنترل ایجاد شد. پس از اجرای هشت هفته فعالیت استقامتی، و مصرف مکمل‌های وانادیوم و استویا به تهایی و همراه با ورزش، کاهش معناداری در وزن بدن در مقایسه با گروه کنترل سالم، و افزایش غیرمعناداری در مقایسه با گروه دیابتی مشاهده شد. مصرف مکمل وانادیوم به تهایی در مقایسه با گروهی که همزمان با وانادیوم فعالیت استقامتی نیز داشتند، موجب کاهش معنی‌دار وزن بدن گردید.

دریافت عصاره‌ی استویا همراه با اجرای فعالیت ورزشی در مقایسه با گروه استویا، منجر به کاهش معنی‌دار وزن بدن شد. استرپتوزوتوسین قادر به قطعه قطعه کردن DNA و تخریب غشای سلول‌های بتای

سلول‌های پانکراس و تولید مقادیر انسولین موثر بوده، و توانسته است که توده‌ی بدن را بهبود بخشد.

در گروهی که به مدت هشت هفته مصرف وانادیوم داشتند، در مقایسه با گروه وانادیوم+ورزش کاهش معنادار وزن مشاهده شد. یکی دیگر از ترکیبات جدید برای درمان دیابت، وانادیوم می‌باشد که در تحقیقات مختلف اثرات مفید آن به اثبات رسیده است (۴).

نتایج مطالعه‌ی اشتیاقی و همکاران (۱۳۷۹) عنوان داشت که سه تا چهار ماه مصرف سولفات وانادیوم در بیماران دیابتی نوع ۲، موجب کاهش شاخص توده بدن، و نیز قند خون ناشتا می‌گردد. خواص شبه انسولینی وانادیوم شامل تحریک انتقال هگزوز در آدیپوسیت و عضله اسکلتی رت، تحریک لیپولیز، ممانعت از لیپوژن، تحریک اکسیداسیون گلوکز و تحریک گلیکوژن ستتاژ در آدیپوسیت‌های رت است (۹).

در حیوانات مبتلا به دیابت تجربی وخیم نوع ۱ و واپسیه به انسولین تزریقی، افزایش انسولین طی مدت شش ماه درمان مشاهده نشد، در حالی که وانادیوم توانست با تحریک گیرنده‌های انسولینی محیطی، نیاز به انسولین تزریقی را تا حدود ۸۰ درصد نسبت به گروه درمان نشده با وانادیوم کاهش دهد. در واقع، وانادیوم قادر بود که حساسیت سلول‌های بتای پانکراس را به سطح قند خون حفظ نموده، با وجود افزایش حساسیت گیرنده‌های محیطی به انسولین احتمالاً با کاهش ترشح انسولین در حضور خود، سطح انسولین خون را پایین بیاورد و با این عمل سطح قند خون را در حد طبیعی نگهدارد (۱۰).

بر اساس تفسیر هیستو پاتولوژی در گروهی که استرپتوزوسین تزریق شده بود (گروه دیابتی) تغییرات خفیف تعداد و اندازه سلول مشاهده شد، به طوری که اجرای هشت هفته فعالیت استقامتی به تنها یی و همراه با مصرف وانادیوم و استویا، و مصرف گیاه استویا به-

یافت (۱۶). نتایج مطالعات زیادی بیان داشتند که هورمون انسولین در راستای تعادل وزنی نقش‌های مهمی را در بدن ایفا می‌کند. انسولین یک هورمون آنابولیک است؛ بنابراین می‌تواند علاوه بر گلیکوژن، سترز پروتئین را نیز افزایش دهد. یکی دیگر از فعالیت‌های انسولین مهار لیپولیز در بدن است. از سوی دیگری، انسولین یک هورمون سازنده است و بیشتر مسیرهای سترز را فعال می‌کند؛ به همین جهت می‌تواند ذخیره‌سازی چربی را سرعت بخشد، که همه این عوامل موجب حفظ تعادل در وزن بدن می‌گردد (۲۰). همسو با این یافته‌ها، در پژوهش حاضر مشاهده شد که اجرای هشت هفته فعالیت استقامتی همراه و بدون مصرف مصرف مکمل‌های استویا و وانادیوم، موجب افزایش وزن بدن در مقایسه با گروه دیابتی شدند، هر چند این نتایج به لحاظ آماری معنادار نبودند، اما به نظر می‌رسد که القای این متغیرهای مستقل، بر تنظیمات تولید انسولین و نیز سطوح گلوکز خون موثر بوده‌اند.

در رابطه با مقادیر وزن بدن در گروههای مصرف کننده‌های استویا مشاهده شد که هشت هفته مصرف استویا همراه با اجرای فعالیت بدنی، موجب کاهش وزن بدن در مقایسه با گروه استویای تنها شد. امروزه استفاده از شیرین کننده‌های طبیعی همچون گیاه استویا، خصوصاً برای افراد مبتلا به دیابت اهمیت زیادی پیدا کرده است. عصاره خوراکی استویا نه تنها قادر است که مقادیر گلوکز خون و مقاومت به انسولین را کاهش دهد، بلکه خواص آنتی اکسیدانی و ضدالتهابی آن نیز به اثبات رسیده است (۳). بنابراین با توجه به نقش انسولین و نیز فعالیت ورزشی بر سترز گلیکوژن و جایگزینی بافت بدون چربی، می‌توان عنوان کرد که مصرف هشت هفته‌ای عصاره گیاه استویا همزمان با اجرای تمرینات ورزشی، بر بهبود

محصولات نهایی گلیکولیزه پیشرفته و افزایش استرس اکسیداتیو را به عنوان مهم‌ترین عوامل درگیر در مرگ سلولی به همراه دارد (۱۲). کاهش توده عضله اسکلتی که ناشی از عدم اضافه‌بار، سوءتغذیه، پیری و انواع بیماری‌های متعدد مانند دیابت است، منجر به کاهش اجرای عملکرد انسان، سلامت بلندمدت و کیفیت پایین زندگی می‌شود (۱۸). یکی از اهداف کلیدی درمانی برای جلوگیری از به تأخیر اندختن عوارض طولانی‌مدت دیابت در دیابت نوع ۱، دستیابی و حفظ کنترل قند خون تقریباً طبیعی است (۲۵).

افزایش مصرف گلوکز، افزایش انتقال‌دهنده‌های گلوکز، افزایش حساسیت انسولینی بافت عضلانی، از جمله مهم‌ترین فواید مطلوب ناشی از فعالیت بدنی برای بیماران دیابتی به شمار می‌روند (۸). ضایعات دژنرasiون با تورم متوسط سلول‌های کبدی مشخص می‌گردند، که برگشت‌پذیر می‌باشد. سیتوپلاسم نامنظم بوده، و به صورت فضاهای روشن و بزرگ دیده می‌شود. این فضاهای رقيق شدن سیتوپلاسم و از بین رفتن مواد و اندامک‌های سیتوپلاسمی را نشان می‌دهند. دژنرasiون اسیدوفیلیکی یک مرحله قبل از مرگ برنامه‌ریزی شده سلول یا آپوپتوز است. نتایج مطالعات نشان داده‌اند که التهاب نشان دهنده مکان نکروز و مرگ سلولی می‌باشد، در حالی که دژنرasiون موقتی بوده و عموماً برگشت‌پذیر است. ممکن است که اجرای تمرین استقاماتی به نهایی و همراه با مصرف وانادیوم و استویا، با افزایش خون‌رسانی به کبد، اندکی از نکروز و مرگ سلولی کبد جلوگیری کرده یا حداقل آن را به تعویق اندخته باشد (۲۷).

### نتیجه‌گیری

در مجموع با توجه به تاثیرات مثبت استویا و وانادیوم بر تنظیم و ثبت مقادیر انسولین و گلوکز، پیشنهاد

نهایی نیز موجب بهبود وضعیت سلول‌ها گردیدند، در حالی که مصرف مکمل وانادیوم به نهایی تاثیری نداشت. تغییرات دژنرasiون خفیف تارهای عضله همسترینگ در گروه دیابتی، با اجرای هشت هفتاهی فعالیت استقاماتی همراه و بدون مصرف وانادیوم و استویا، و نیز مصرف فردی وانادیوم و استویا بهبود یافت.

یکی از انواع بیماری‌های خود اینمی دیابت نوع ۱ است، که منجر به نابودی سلول‌های بتای پانکراس، و کاهش شدید سطح انسولین می‌گردد. بیماری‌های ناشی از دیابت شامل نارسایی کلیوی، آسیب چشمی، آسیب به دستگاه قلب و عروق و سیستم عصبی مرکزی می‌باشد (۲۳). ثابت شده است که اجرای فعالیت با شدت متوسط، سطوح گلوکز خون را در حین تمرین و در زمان بازگشت به حالت اولیه در افراد مبتلا به دیابت نوع ۱ کاهش می‌دهد (۱۱).

کاهش توده‌ی عضلانی، تغییر اجزاء بیومکانیکی پا همراه با کاهش حس، خشکی پوست، تشکیل کالوس، و محدودیت‌های حرکتی مفصل، منجر به افزایش فشار پا شده و خطر زخم نوروپاتی را افزایش می‌دهد. بنابراین، می‌توان عنوان داشت که کاهش توده عضلانی و قدرت عضلانی به عنوان عامل خطری برای درد و ناتوانی در بیماران نوروپاتی محسوب شود (۵). نوروپاتی دیابتی محیطی از عوارض شایع بیماری دیابت ملیتوس است، و عنوان شده است که شرایط هیپرگلایسمیک مزمن ناشی از بیماری، منجر به ایجاد یک سری اختلالات میکروواسکولار و متابولیک می‌شود، که آسیب مویرگ اندونئورال را به دنبال دارد، که تغذیه کننده اعصاب محیطی هستند؛ بنابراین تخریب اعصاب محیطی عارض می‌گردد که به کاهش حس درد، ضعف در عضلات و ناتوانی جسمانی منتج می‌شود (۱۴). ایجاد شرایط هایپرگلایسمی در بافت عضلانی، شرایط متابولیکی را فراهم می‌کند که تولید

streptozotocin induced diabetic rats. *Iranian South Medical Journal*, 18(2): 239-249. [In Persian]

4. Amini A., Parto P., Yousufvand N. 2016. The Effect of Oral Co-Administration of Zinc Sulfate and Vanadium on The Level of Blood Sugar in Streptozosin Induced Diabetic Rats. *Journal of Fasa University of Medical Sciences*, 5(4): 571-577. [In Persian]

5. Amiriparsa T., Attarzadehosseini R., Bije N., Hamedinia M.R. 2020. The effect of combined exercise volume (resistance-aerobic) on neurotrophin changes, neuropathic pain and some functional indicators in postmenopausal women with diabetic peripheral neuropathy. *Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility*, 22(12): 24-37. [In Persian]

6. Burgomaster K.A., Howarth K.R., Phillips S.M., Rakobowchuk M., MacDonald M.J., McGee S.L. 2008. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *The Journal of Physiology*, 586(1): 151-160.

7. Cauza E., Hanusch-Enserer U., Strasser B., Ludvik B., Metz-Schimmerl S., Pacini G. 2005. The relative benefits of endurance and strength training on the metabolic factors and muscle function of people with type 2 diabetes mellitus. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(8): 1527-1533.

8. Colberg S. R., Sigal R. J., Fernhall B., Regensteiner J. G., Blissmer B. J., Rubin R. R. 2010. Exercise and type 2 diabetes the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement executive summary. *Diabetes Care*, 33(12): 2692-2696.

9. Davoodi H., Nikeghbalian S., Ajami M., Mohseni-Bandpei A., Sadr S., Eivani M.J., Pazoki-Toroudi H.R. 2013. Effect of

می‌شود که با بهره‌مندی از مصرف این نوع مکمل‌ها، از اختلال عملکرد ناشی از آثار بیماری دیابت بر بدن به ویژه بافت عضله بکاهند، و همراه با مصرف آن‌ها از تمرينات استقامتی بیشتری با پروتکل‌های متنوع بهره بگیرند. از آنجا که استفاده از استویا و وانادیوم بر کاهش اثرات منفی بیماری دیابت بر عضلات، اطلاعات کمتری در دسترس است، و مستندات کافی در خصوص مناسب‌ترین دوز مصرف این مکمل‌ها در جهت بهبود شاخص‌های مرتبط با آسیب‌های عضلانی وجود ندارد، لذا پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات بعدی اثر دوزهای مختلف آن به طور همزمان مورد بررسی قرار گیرد. همچنین استفاده از پارامترهای مختلف تمرين استقامتی نیز می‌تواند اطلاعات دقیق‌تری در خصوص اثر تمرين بر این متغیرها حاصل نماید.

### تشکر و قدردانی

مقاله‌ی حاضر، برگرفته از پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد با کد اخلاق به شماره‌ی IR.NAHGU. REC.1399.017 می‌باشد.

### منابع

1. Ahmad U., Ahmad R S. 2018. Anti-diabetic property of aqueous extract of stevia rebaudiana bertoni leaves in streptozotocin-induced diabetes in albino rats. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 18(1): 179.
2. Akashi P. M., Sacco I. C., Watari R., Hennig E. 2008. The effect of diabetic neuropathy and previous footulceration in EMG and ground reaction forces during gait. *Clinical Biomechanics*, 23(5): 584-592.
3. Akbarzadeh A., Barghahi A., Rahbar A., Daneshi A., Najafpour Bushehri S., Pourkhalili K. 2015. The effects of aqueous extract of stevia plant (Stevia rebaudiana) on serum concentration of vaspin and Angiopoietin-like Protein-3 in

- by nicotine amide and streptozotocin. *Sports Life Sciences*, 9(4): 457-471. [In Persian]
17. Laffel L. 1999. Ketone bodies: a review of physiology, pathophysiology and application of monitoring to diabetes. *Diabetes/metabolism Research and Reviews*, 15(6): 412-426.
18. Lee S. W, et al. 2015. Appendicular skeletal muscle mass and insulin resistance in an elderly Korean population: The Korean social life, health and aging project-health examination cohort. *Diabetic metabolism Journal*, 39(1): 37-45.
19. Mohammadi M., Mesbah F., Dahghani G. A. 2007. Vanadyl Sulphate and its Regenerative and Trophic Effects on Beta Cells of Pancreas of STZ-Induced Diabetic Mellitus Rats. *Iranian Journal of Endocrinology & Metabolism*, 9(2): 133-216. [In Persian]
20. Monazzami A. 2010. The effect of endurance training on sodium-hydrogen exchange protein content and sodium bicarbonate cotransporter in skeletal muscle of type 2 diabetic rats. *Iranian Journal of Lipid and Diabetes*, 10(3): 251-262. [In Persian]
21. Najafi F., Goodarzi N., Zangeneh M. M., Zangeneh A., Hagh-nazari L. 2017. Antidiabetic and hepatoprotective effects of bitter fraction of stevia rebaudiana alcoholic extract on streptozotocin-induced diabetic male mice. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*, 16(6): 493-504. [In Persian]
22. Praet S.F., Van Loon L.J. 2007. Optimizing the therapeutic benefits of exercise in type 2 diabetes. *Journal of Applied Physiology*, 103(4): 1113-1120.
23. Rami M., Fathi M., Rahmati M., Tabandeh M. R. 2020. Effect of 6 Weeks Endurance Exercise on Hippocampal Pannexin-1 and NLRP-1 Protein Levels in Experimental Diabetic Male Wistar Rats. vanadium on acute gastric mucosal ulcers induced by indomethacin and ethanol. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 7(5): 229-235. [In Persian]
10. Davoodi S.H., Vahidian-Rezazadeh M., Fanaei H. 2018. The effect of endurance and resistance exercises and consumption of hydro-alcoholic extract of nettle on the changes in weight and plasma levels of nesfatin-1 in type 1 diabetic rats. *Feyz*, 22(4): 362-369. [In Persian]
11. Eshtiaghi R., Omrani G. h., Dehghani G. H. 2000. Evaluation of metabolic effects of vanadil sulfate on type 2 diabetic patients. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*, 2(4): 219-215. [In Persian]
12. Frier B. C, Noble E. G, Locke M. 2008. Diabetes induced atrophy is associated with a muscle specific alteration in NF-κB activation and ex pression. *Cell Stress and Chaperones*, 13(3): 287-296.
13. Hoseini P., Abdi H., Ziaolhagh J. 2020. The effect of Stevia extract and endurance training on liver enzymes in obese male Wistar rats. *Medical Journal of Mashhad University of Medical Sciences*, 63(3): 2484-2492. [In Persian]
14. Jafarnezhadgero A.A, Mamashli E., Alizadeh R. 2021. Comparison of frequency spectrum of the selected lower limb muscles between patients with diabetic neuropathy and healthy peers during walking. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 9(4): 163-172. [In Persian]
15. Karami paskohani A., Rahmati M., Kazemi A. 2015. Modulation of Sunday driver Gene Expression in soleus muscle of rats with diabeteic neuropathy following endurance training. *International Journal of Damage Mechanics*, 14(3): 170-176. [In Persian]
16. Kazemi F. 2016. The effect of endurance training on some metabolic parameters of type 2 diabetic rats induced

26. Young M., Boulton A., MacLeod A., Williams D., Sonksen P. 1993. A multicentre study of the prevalence of diabetic peripheral neuropathy in the United Kingdom hospital clinic population. *Diabetologia Journal*, 36(2): 150-154.
27. Ziaolhagh S.J, Khojasteh L., Ziaolhagh S.S., Yahyaei B. 2018. The effect of boldenone anabolic steroid, and endurance and resistance training on liver damage markers in rats. *Feyz*, 22(2): 143-52. [In Persian]
- Journal of Shahid Sadoughi University Medicine Sciences, 28(2): 2384-2398.
24. Šerbedžija P., Madl J.E., Ishii D.N. 2009. Insulin and IGF-I prevent brain atrophy and DNA loss in diabetes. *Brain Research*, 15(1303): 179-194.
25. Yang J.S., Lu C.C., Kuo S.C., Hsu Y.M., Tsai S.C., Chen S.Y. 2017. Autophagy and its link to type 2 diabetes mellitus. *Biomedicine*, 7(2): 8.

## The Effect of 8 Weeks of Endurance Exercise, Consumption of Vanadium and Stevia on Structural Changes in the Hamstring Muscle of Type 1 Diabetic Rats

Atefeh Sarhaddi<sup>1</sup>, Ali Hassani<sup>1</sup>, Maliheh Ardakanizadeh<sup>2\*</sup>

1. Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Shahrood University of Technology, Semnan, Iran  
2. Department of Sport Sciences, Faculty of Human Sciences, Damghan University, Semnan, Iran

### Abstract

Loss of muscle mass is one of the side effects of diabetes that may be delayed by regulating blood sugar levels through exercise or herbal supplements. Thirty-five male rats ( $180\pm10$  g) were assigned to seven groups of control, diabetic, diabetic + exercise, diabetic + vanadium, diabetic + exercise + vanadium, diabetic + stevia, and diabetic + exercise + stevia. To induce type 1 diabetes, streptozotocin (55 mg/kg) was injected intraperitoneally, and vanadium extract (1mg/ml) was daily dissolved in water. The endurance training program consisted of eight weeks of treadmill running, five days a week, starting at 15 minutes at 20 meters/minute and ending at 35 minutes at 30 meters/minute in the final week. Histopathological changes in brain tissue were examined using a light microscope. In order to normalize the parametric data, Kolmogorov-Smirnov test and for their analysis, one-way ANOVA with Bonferroni post hoc test, and for non-parametric data, Kruskal-Wallis test ( $p \leq 0.05$ ) were used. Body weight values in all six experimental groups significantly decreased compared to healthy control group ( $p=0.001$ ), in vanadium group compared to vanadium + exercise ( $p = 0.01$ ), and in stevia + exercise group compared to stevia ( $p = 0.04$ ). In the diabetic group, slight changes in cell number and size improved with exercise along with vanadium and stevia, and consumption of stevia, as well as cell degeneration with exercise along with vanadium and stevia, and consumption of vanadium and stevia ( $p=0.001$ ). Eight weeks of endurance exercise, stevia, and vanadium intake appear to be effective in regulating body weight as well as improving the hamstring muscle damage caused by diabetes.

**Keywords:** Endurance Training, Vanadium, Stevia, Hamstring Muscle

