مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد
دوره سی و سه، شماره هشت، آبان ۱۴۰۴
تاریخ دریافت:۱۴۰۳/۰۸/۲۷
تاریخ پذیرش:۱۴۰۳/۱۲/۱۹

تاثیر هشت هفته تمرین مقاومتی در شرایط هایپوکسی بر تغییرات همودینامیکی، هماتولوژیکی و حداکثر قدرت بیشینه بیماران دیابت نوع ۲

الهه ملکیان فینی*[۱]، سجاد احمدی‌زاد[۲]، مرتضی سلیمیان[۳]

مقاله پژوهشی

مقدمه: اختلال پارامترهای همورئولوژیک در دیابت تایید شده است. هدف از مطالعه حاضر تاثیر هشت هفته تمرین مقاومتی در شرایط هایپوکسی بر تغییرات همودینامیکی، هماتولوژیکی و حداکثر قدرت بیشینه بیماران دیابت نوع۲ می‌باشد.

روش بررسی: مطالعه از نوع تجربی و توسعه‌ای بود و ۴۱ بیمار مبتلا به دیابت نوع۲ در سه گروه تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون(RT_{BFR}) و بدون محدودیت جریان خون (RT_{nonBFR}) و گروه کنترل تقسیم شدند. آزمودنی‌های گروه RT_{nonBFR} و RT_{BFR}، تمرین را به مدت ۸ هفته و به ترتیب با شدت ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ درصد 1RM و ۲۰ و ۳۰ درصد 1RM اجرا نمودند. آزمودنی‌های گروه کنترل در این مدت، به زندگی عادی پرداختند. اندازه‌گیری شاخص‌های همودینامیکی و هماتولوژیکی، قبل و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین انجام گرفت. برای بررسی تاثیر مداخله بر فاکتورهای کمی از آنالیز واریانس با عامل بین گروهی و آزمون تعقیبی LSD استفاده شد.

نتایج: تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون منجر به افزایش قدرت بیشینه نسبت به گروه کنترل گردید ($P<0/05$) و فشارخون سیستولی در گروه RT_{BFR} نسبت به سایر گروه ها، کاهش معناداری داشت ($P<0/05$). HbA1c در گروه کنترل نسبت به دو گروه تمرینی افزایش یافت اما معنادار نبود ($P>0/05$). گلوکز در گروه RT_{nonBFR} نسبت به گروه RT_{BFR} کاهش معناداری داشت ($P<0/05$). فاکتور RBC و Hb در گروه RT_{BFR} نسبت به سایر گروه‌ها افزایش معناداری داشت ($P<0/05$). گلوکز خون در گروه RT_{nonBFR} نسبت به گروه کنترل کاهش را نشان داد ($P<0/05$).

نتیجه‌گیری: اجرای تمرین مقاومتی با شدت کم و با محدودیت جریان خون به دلیل عدم تغییر معنادار شاخص‌های همودینامیکی و برخی شاخص‌های هماتولوژیکی و پلاکتی می‌تواند سازوکار موثر و کم‌هزینه در جلوگیری از بروز بیماری‌های قلبی‌عروقی در بیماران مبتلا به دیابت نوع۲ باشد و به عنوان یک سیستم درمانی غیردارویی و جایگزین تمرین مقاومتی با شدت بالا از آتروفی عضلات پیشگیری نماید.

واژه‌های کلیدی: تمرین مقاومتی، قدرت بیشینه ، محدودیت جریان خون، گلوکز خون، دیابت نوع۲

IRCT20130901014540N2

ارجاع: ملکیان فینی الهه، احمدی‌زاد سجاد، سلیمیان مرتضی. **تاثیر هشت هفته تمرین مقاومتی در شرایط هایپوکسی بر تغییرات همودینامیکی، هماتولوژیکی و حداکثر قدرت بیشینه بیماران دیابت نوع ۲.** مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد ۱۴۰۴؛ ۳۳ (۸): ۶۱-۹۳۴۴.

۱-گروه علوم ورزشی، دانشکدهٔ علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.
۲-گروه علوم زیستی در ورزش، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، تهران، ایران.
۳-گروه علوم آزمایشگاهی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، ایران.
*(نویسنده مسئول)؛ تلفن: ۰۹۳۵۵۵۹۰۳۲۵ ، پست الکترونیکی: malekyian.e@gmail.com، صندوق پستی: ۸۷۳۱۷۵۳۱۵۳

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-02-10]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i8.20051]

مقدمه

همورئولوژی، شاخه‌ای از بیورئولوژی است که به طور خاص بر روی خون و فعل‌وانفعالات آن تحت تأثیر محدودیت‌های اعمال شده تمرکز می‌کند. پلاسماPlasma (به طور عمده آب) و هماتوکریت Hematocrit (HCT) دو بخش خون می‌باشد که منشأ همه آن‌ها سلول بنیانStem cell در مغز استخوان است (۱). هماتوکریت خون متشکل از گلبول‌های سفید White blood cell(WBC)، گلبول قرمز Red (RBC) blood cell و پلاکت‌ها Platelets(PLT) می باشند که در پلاسما شناور هستند (۱). غالباً اختلال پارامترهای همورئولوژیک در دیابت شیرین تایید شده است. این پارامترها شامل هماتوکریت، پروتئین‌های پلاسما، تجمع گلبول‌های قرمز و تغییر شکل گلبول‌های قرمز است. ناهنجاری‌های مرتبط با هر یک از این پارامترها به طور قابل توجهی ویسکوزیته پلاسما و کل خون (WBV) را افزایش می‌دهند (۲). مهم‌ترین نشانه دیابت افزایش سطح گلوکز خون می‌باشد (۳). افزایش سطح گلوکز، غشای گلبول قرمز را سفت می‌کند و رفتار طبیعی گلبول‌های قرمز را به‌ویژه در گردش خون تغییر می‌دهد (۴). یکی از مهم‌ترین پیامدهای گلبول‌های قرمز تغییر یافته، افزایش WBV است (۴). علت افزایش ویسکوزیته خون به عنوان افزایش تجمع و کاهش تغییر شکل گلبول‌های قرمز توضیح داده می‌شود (۲). علاوه بر این، در افراد دیابتی هماتوکریت به دلیل افزایش نفوذپذیری دیواره عروق مویرگی روند افزایشی را نشان داده است که به نوبه خود باعث افزایش WBV می‌شود (۲). هم‌چنین این موضوع نیز مورد تایید است که بین حساسیت به انسولین و همورئولوژی رابطه منفی وجود دارد (۵). مطالعات نتایج ثابتی ارائه می‌دهند و نشان می‌دهند که حساسیت به انسولین، که با روش‌های شناخته‌شده اندازه‌گیری می‌شود، با ویسکوزیته کل خون همبستگی منفی دارد، به‌طوری‌که هر چه بیمار نسبت به انسولین مقاوم‌تر باشد، ویسکوزیته‌اش بالاتر است (۵). هم‌چنین مقادیر بالایی از هموگلوبین گلیکوزیله شده در این بیماران با کاهش تغییر شکل‌پذیری اریتروسیت‌ها مرتبط شده است (۶). فعالیت منظم ورزشی علاوه بر بهبود عملکرد ورزشی، اثرات مفیدی بر سلامتی و تندرستی افراد نیز دارد (۴). برنامه‌های ورزشی در مراحل پیشگیری، درمان و بهبودی بیماری‌های قلبی‌عروقی، ریوی و متابولیکی تجویز می‌شود (۴). مطالعات نشان داده است که بین اثرات همودینامیکی و متابولیکی فعالیت و تمرین ورزشی و رئولوژی خون رابطه وجود داشته باشد (۷). اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت شیوه‌های مختلف فعالیت ورزشی بر همورئولوژی به‌خوبی تعریف شده است (۸). ورزشکاران و افرادی‌که تحرک کافی ندارند در مطالعات مقطعی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج نشان داده است که ورزشکاران دارای ویسکوزیته خون، Plasma volume PV و Hct کمتری هستند (۹). تمرینات ورزشی مقاومتی (RET)، که به عنوان تمرینات قدرتی یا وزنه نیز شناخته می‌شود، به یکی از محبوب‌ترین شکل‌های ورزش هم برای افزایش آمادگی جسمانی افراد و هم برای آماده‌سازی ورزشکاران تبدیل شده است (۱۰، ۳) که می‌تواند در جهت جلوگیری از بروز آسیب‌ها، افزایش حجم عضلانی و همین‌طور در برنامه‌های توانبخشی و پیشگیری از آتروفی عضلات استفاده شود (۱۰). شدت، حجم و تکرار اجزای اصلی RET هستند. تعداد تکرار و ست‌ها و مدت زمان استراحت بین ست‌ها ارتباط تنگاتنگی با یکدیگر دارند (۱۱). پاسخ‌های قلبی‌عروقی به RET به عنوان یک استراتژی ممکن برای پیشگیری اولیه و ثانویه از بیماری‌های مختلف قلبی در نظر گرفته شده است (۱۲). مطالعاتی که پاسخ‌های هماتولوژیک به RET را مورد بررسی قرار داده‌اند نشان داده‌اند که یک دوره RET باعث افزایش قابل توجه سطح گلبول‌های سفید ((WBC، RBC، هموگلوبین (Hb) و هماتوکریت (Hct) می‌شود و تغییرات در پاسخ به RET گذرا بوده و به سطح قبل از تمرین پس از ۳۰ دقیقه ریکاوری بازگشته است (۱۳). اثرات بلند مدت RET نیز مورد مطالعه قرار گرفته است. موری-کلب و همکاران بیان نمودند که هیچ تغییری در مقادیر Hb و Hct در افراد مسن سالم پس از ۱۲ هفته RET مشاهده نشد (۱۴). به‌طور مشابه، احمدی‌زاد و السید گزارش کردند که تفاوت معناداری در مقادیر RBC، Hb و Hct بین مردان جوان سالم

CC BY-NC 4.0
[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-02-10]
[DOI: 10.18502/ssu.v33i8.20051]

تمرین کرده و بدون تمرین قبل و بعد از RET وجود ندارد (۱۵). با این‌حال، یک برنامه تمرین مقاومتی (۸ هفته) تعداد لکوسیت‌ها (زیرمجموعه‌های لنفوسیتی) را در حالت استراحت در بزرگسالان کم‌تحرک مسن‌تر تغییر نداد (۱۶). ماوروس و همکاران در مطالعه خود گزارش کردند گروه تمرین مقاومتی با شدت بالا در مقایسه با گروه تمرین مقاومتی با شدت پایین، بهبود سطوح HbA1c را نشان می‌دهند (۱۷). هم‌چنین در مطالعه‌ای دیگر لی و همکاران این موضوع را تایید نموده‌اند که تمرین مقاومتی، شاخص کنترل گلیسمیک و قدرت عضلانی را در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ بهبود می‌بخشد (۱۸). گوردون و همکاران (۱۹) و ایروین و همکاران (۲۰) در بررسی‌های متاآنالیز خود پیشنهاد کردند که تمرین مقاومتی با شدت بالا ممکن است عامل مهمی برای کنترل گلوکز باشد. هم‌چنین پترسون و همکاران نشان داد که تمرین مقاومتی با شدت بالا در افراد مسن سالم قدرت عضلانی را بیشتر از تمرین مقاومتی با شدت کم افزایش می دهد (۲۱). با مطالعه پیشینه پژوهش در زمینه تاثیر تمرینات ورزشی بر عوامل همودینامیکی و هماتولوژیکی مشخص می‌شود عمده برنامه‌های تمرینی از نوع استقامتی یا مقاومتی در افراد سالم بوده است. هم‌چنین تمرینات مقاومتی با شدت بالا احتمالا می تواند فعالیت بیش از حد پلاکت را به همراه داشته باشد که این موضوع می تواند به عنوان یک هشدار در بیماران دیابتی باشد. از این رو، اطلاعات اندکی پیرامون تغییرات همودینامیکی و هموتولوژیک پس از اجرای تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون در جمعیت‌های بالینی وجود دارد. از سویی در بیماران دیابتی، رفتار طبیعی گلبول‌های قرمز به ویژه در گردش خون تغییر می‌کند و از سویی دیگر فعالیت مقاومتی با شدت بالا، احتمالاً این رفتار گلبول قرمز را تشدید می‌کند. اجرای تمرینات مقاومتی با شدت کم به همراه محدودیت جریان خون می‌تواند آثار تمرینات مقاومتی با شدت بالا را به همراه داشته باشد. لذا، بنابر اهمیت اجرای تمرین مقاومتی به عنوان یک سیستم درمانی غیر دارویی و نیز پیشگیری از آتروفی عضلات در این جمعیت‌های بالینی، پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر تمرین مقاومتی با شدت کم همراه با محدودیت جریان خون بر تغییرات هموتولوژیک اجرا شده است.

روش بررسی

جامعه مطالعه حاضر بیماران دیابتی نوع ۲ بوده اند. نمونه مطالعه از طریق فراخوان در شبکه های مجازی و درمانگاه‌های شبکه بهداشت شهرستان کاشان، ثبت‌نام داوطلبانه شده‌اند که پس از بررسی وضعیت بیماران و مطابق شرایط ورود به مطالعه، ثبت‌نام نهایی شده‌اند. در نهایت در این تحقیق ۴۱ بیمار زن و مرد مبتلا به دیابت نوع۲ (سن: ۹/۲ ± ۵۰/۲ سال، قد: ۷ ± ۱۵۹ سانتی‌متر، وزن: ۱۵/۴ ±۷۹ کیلوگرم، شاخص توده بدنی: ۵/۱ ± ۳۰/۹ کیلوگرم بر مترمربع و دور کمر به لگن: ۰/۰۷± ۰/۹۳) به‌صورت تصادفی در سه گروه تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون و گروه کنترل تقسیم شدند. ملاک ورود آزمودنی‌ها به طرح تحقیق شامل عدم حضور آزمودنی‌ها در تمرین مقاومتی در شش ماه اخیر، عدم مشکلات مفصلی یا عضلانی برای اجرای حرکات، نداشتن بیماری آشکار قلبی از جمله بیماری ایسکمیک قلبی شامل MI، آنژین صدری، آریتمی، نارسایی قلبی، بیماری دریچه‌ای و عدم ECG غیرطبیعی می‌باشد. از دیگر شرایط ورود آزمودنی‌ها به مطالعه عدم دریافت همزمان بیش از دو نوع دارو و نیز عدم مصرف انسولین، داروهای ضدپلاکتی مثل آسپرین، NSAID و Clopidogrel بوده است. سابقه بیماری خاص عفونی و ایمنی، کشیدن سیگار، مصرف نوشیدنی‌های حاوی الکل، مکمل‌های غذایی و داروهای ضدالتهابی، آسیب عضلانی، آسیب مفصل زانو و لگن و نیز صدمات بافتی یا مفصلی به دنبال اجرای تمرینات مقاومتی از معیارهای خروج آزمودنی‌ها از تحقیق بود. آزمودنی‌ها قبل از ورود به مطالعه توسط پزشک متخصص قلب مشاوره و در صورت تایید پزشک متخصص وارد مطالعه شدند. آزمودنی‌ها در یک جلسه پرسشنامه سلامت و سابقه پزشکی و هم‌چنین فرم رضایت‌نامه آگاهانه شرکت در آزمون را امضاء نمودند و به آنان این اطمینان داده شد که در هر مرحله از مطالعه می‌توانند از این طرح تحقیق خارج شوند. هم‌چنین در همین جلسه کلیه مراحل و شیوه اجرای پژوهش برای

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-02-10]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i8.20051]

CC BY-NC 4.0

آزمودنی‌ها شرح و ویژگی‌های آزمودنی‌ها (سن، قد، وزن، توده بدنی، WHR) ثبت گردید. سپس آزمودنی‌ها در دو جلسه با مراحل اجرای پروتکل تمرین مقاومتی و نحوه اندازه‌گیری حداکثر قدرت بیشینه آشنا شدند. در این دو جلسه محقق به این اطمینان رسید که همه آزمودنی‌ها، تکنیک‌های صحیح اجرای فعالیت مقاومتی با و بدون محدودیت جریان را فرا گرفته‌اند. آزمودنی‌ها در هر جلسه قبل از آشنایی با روش اجرای تمرین و نیز در طول جلسات اجرای پروتکل تمرینی، به گرم کردن گروه‌های عضلانی(چهارسرانی، همسترینگ و دوقلو) با حرکات کششی ایستا و پویا پرداختند. سپس در روز سوم 1RM در حرکت جلوپا برای هر آزمودنی توسط محقق، گرفته شد. 1RM یا یک تکرار بیشینه one-repetition maximum ، حداکثر نیرویی است که یک عضله یا گروه عضلانی اعمال می‌کنند تا یک وزنه را یک بار بلند کند. یک تکرار بیشینه آزمودنی‌ها در حرکات با وزنه بر اساس فرمول برزیسکی تعیین گردید (۳).

$$1RM = \frac{\text{وزنه جابه جاشده}(kg)}{1.0278 - (0.0278 \times \text{تعداد تکرار})}$$

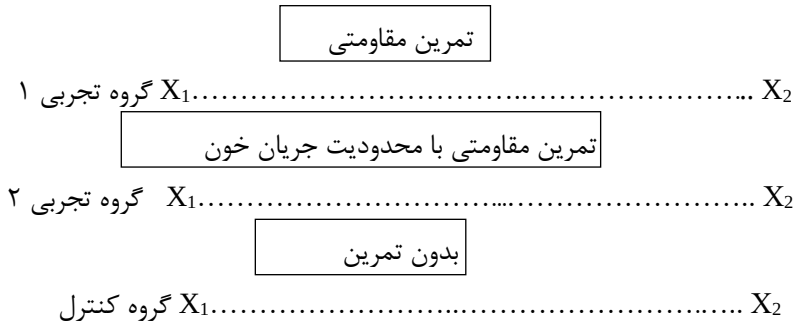
مدت دوره تمرین ۸ هفته به صورت دو جلسه در هفته و هر جلسه به مدت ۲۰ دقیقه بود. نمونه‌گیری خونی یک روز قبل از اولین جلسه تمرین (پیش آزمون) و ۴۸ ساعت پس از پایان هفته هشتم (پس آزمون) بعد از ۱۲ تا ۱۶ ساعت ناشتایی توسط متخصص در محل آزمایشگاه انجام و در هر مرحله ۵ سی‌سی خون بدون ایجاد کمترین آسیب بافتی و عروقی به آرامی و با کمترین فشار گرفته شد. شدت تمرین در گروه تمرین مقاومتی بدون محدودیت جریان خون هر دو هفته روند افزایشی داشت و به ترتیب به صورت ۲۰٪، ۴۰٪، ۶۰٪ و ۸۰٪ یک تکرار بیشینه و تعداد تکرار به ترتیب ۲۰، ۱۵، ۱۲-۱۰ و ۶ تکرار با زمان استراحت ۰/۵ تا ۱ دقیقه برای شش هفته اول و ۲ دقیقه برای دو هفته پایانی بین ست‌ها اجرا شد. ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی نمونه خونی دوم گرفته شد. آزمودنی‌های گروه تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون، ۸ هفته تمرین مقاومتی بازکننده زانو به همراه محدودیت جریان خون را اجرا نمودند. پروتکل تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون در ۴ هفته اول با شدت ۲۰ درصد 1RM و در ۴ هفته دوم با ۳۰ درصد 1RM در سه ست ۱۵تکراری به همراه ۳۰ ثانیه استراحت بین هر ست اجرا گردید. محدودیت جریان خون در عضله چهارسررانی با کاف محدود کننده به عرض ۱۷/۵ سانتی‌متر و فشار ۱۵۰ میلی‌متر جیوه به‌صورت تداومی در انتهای پروگزیمال پای برتر اعمال و در زمان استراحت بین ست‌ها محدودیت جریان خون حذف گردید. در آزمودنی‌های گروه تمرین قبل از اجرای پروتکل تمرینی و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه اجرای پروتکل، ضربان قلب و فشارخون ثبت گردید. آزمودنی‌های گروه کنترل در این مدت ۸ هفته زندگی عادی خود را دنبال نمودند و برنامه تمرینی منظمی نداشتند. محقق به‌صورت منظم هر۱۰روز یک بار به‌صورت تلفنی با آزمودنی یا خانواده او ارتباط گرفته و از تغییرات احتمالی زندگی او شامل تغییر شغل، ابتلا به بیماری خاص یا تغییر روند درمان و استفاده از داروهای جدید که به نوعی می‌تواند در نتایج تحقیقات تاثیرگذار باشد جویا و به ثبت رسانید (شکل ۱). مطالعه کارآزمایی بالینی حاضر با کد اخلاق IR.KAUMS.REC.1399.035 در کمیته اخلاق معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کاشان ثبت گردید.

محاسبه BMI و وزن آزمودنی‌ها با ترازوی قدسنج سکا مدل ۷۸۶ ساخت آلمان دارای ظرفیت ۱۵۰ کیلوگرم با دقت ۵۰۰ گرم و با شرایط کمترین مقدار لباس، بدون کفش، ایستاده در وسط ترازو و بدون کمک و قد نیز با قدسنج متصل به ترازوی مذکور با دقت ۰/۱ سانتی‌متر با شرایط بدون کفش، قرارگرفتن دست‌ها در کنار بدن، صورت به جلو، حبس نفس در انتهای دم عمیق اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری دور کمر به لگن با متر SECA و با کمترین مقدار لباس انجام شد. برای اندازه‌گیری محیط لگن از برجستگی بزرگ ران استفاده شد و با تقسیم کردن محیط کمر به لگن، WHR به‌دست آمد. نمونه‌های خونی در دستگاه سانتریفوژ با ۳۰۰۰ دور در دقیقه برای جداسازی پلاسما از سایر عناصر خونی قرار گرفت و در دمای

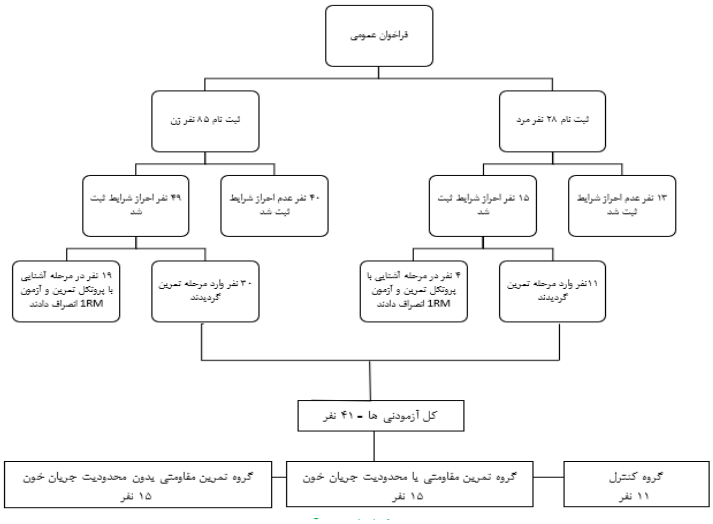
[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-02-10]
[DOI: 10.18502/ssu.v33i8.20051]

CC BY-NC 4.0

منهای ۷۰ درجه سلیسیوس برای آنالیز اجزای خون نگهداری شد. سطوح گلوکز ناشتا بر حسب میلی‌مول در لیتر به به روش الایزا (با کیت Diaplus ساخت کشور آمریکا با حساسیت ۵ میلی گرم در دسی لیتر) اندازه‌گیری گردید. هموگلوبین گلیکوزیله توسط دستگاه انالایزر ساخت آلمان با حساسیت ۱/۲٪ اندازه گیری شد. هماتوکریت نیز به روش استاندارد و توسط دستگاه شمارشگر سل‌کانتر ساخت ژاپن تعیین گردید. شمارش تعداد پلاکت و شاخص‌های هماتولوژیک HCT ,MCV ,HB ,RBC ,MCHC ,MCH با استفاده از دستگاه(Cell Counter(Sysmex K-1000 ساخت ژاپن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. جداول و شاخص‌های مرکزی و پراکندگی در قالب روش‌های آمار توصیفی بیان گردید. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها به عنوان پیش فرض از روش‌های مورد استفاده در آزموون کولموگروف اسمیرنف استفاده شد. برای بررسی تاثیر مداخله بر فاکتورهای کمی از آنالیز واریانس با عامل بین گروهی استفاده شد و در نهایت آزمون تعقیبی LSD جهت مشخص کردن تفاوت بین گروه‌ها انتخاب گردید. جهت بررسی داده‌های از نرم افزار آماری SPSS22 استفاده و سطح معنااداری برای تمام تحلیل‌های آماری P< ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.



شکل ۱: طرح تحقیق فاز تمرین



شکل ۲: فلوگرام انتخاب آزمودنی ها

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-02-10]
[DOI: 10.18502/ssu.v33i8.20051]

CC BY-NC 4.0

نتایج

مشخصات آزمودنی‌ها در گروه‌های تمرینی و کنترل در جدول یک نشان داده شده است. نتایج آزمون آماری گزارش شده در جدول ۱ نشان داد که دو گروه تجربی و کنترل از لحاظ ویژگی های آنتروپومتریکی در حالت پایه یکسان بودند و تفاوت معناداری بین آنها مشاهده نشد (P>۰/۰۵). نتایج جدول شماره ۲ نشان داد که بین تغییرات میانگین اندازه دور شکم و فشارخون دیاستول بعد از ۸ هفته تمرین در گروه تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون و گروه کنترل تفاوت معناداری وجود نداشت (P=۰/۸۹) (P=۰/۱۴) (P>۰/۰۵). علاوه بر این بین تغییرات اندازه دور شکم و فشارخون دیاستول در دو گروه تمرینی، تفاوت معناداری وجود نداشت (P=۱/۰۰) (P>۰/۰۵). نتایج بررسی‌ها نشان داد که تغییرات اندازه دور شکم و فشارخون دیاستول در هر سه گروه از نظر آماری، معنادار نبود (P>۰/۰۵). بر اساس نتایج جدول ۲، در مورد تغییرات بین‌گروهی، مشاهده شد که بین متغیر HCT، WBC، MCV، MCH و MCHC در هر سه گروه تفاوت معناداری وجود ندارد (P>۰/۰۵). نتایج تغییرات درون گروهی هماتوکریت نشان داد که این متغیر در گروه تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون افزایش معناداری را نشان داد (P<۰/۰۵). نتایج تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به‌دست آمده نشان داد که بین تغییرات میانگین حداکثر قدرت بیشینه بعد از ۸ هفته تمرین در گروه تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون در مقایسه با گروه کنترل تفاوت معناداری وجود داشت (P<۰/۰۵) (نمودار ۱). هم‌چنین تغییرات درون گروهی مقادیر حداکثر قدرت بیشینه در دو گروه تمرینی از نظر آماری، معنادار بود (P<۰/۰۵). بررسی تاثیر ۸ هفته تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان بر تعداد پلاکت‌ها (PLT) نشان داد که بین تغییرات تعداد پلاکت‌های دو گروه با و بدون محدودیت جریان با گروه کنترل تفاوت معناداری مشاهده نشد (P>۰/۰۵) (نمودار ۲). هم‌چنین بین دو گروه تمرینی نیز تفاوت معناداری وجود نداشت (P>۰/۰۵) (نمودار ۳). هم‌چنین بین تغییرات میانگین HbA1c در گروه تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون در مقایسه با گروه کنترل تفاوت معناداری وجود نداشت (P>۰/۰۵) اگر چه در گروه کنترل میزان افزایش بیشتر بود. علاوه بر این بین تغییرات HbA1c در دو گروه تمرینی نیز، تفاوت معناداری وجود نداشت (P>۰/۰۵). نتایج تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به‌دست آمده نشان داد که بین تغییرات میانگین گلوکز خون بعد از ۸ هفته تمرین در گروه تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون نسبت به گروه کنترل افزایش یافت(P<۰/۰۵)؛ اما نسبت به گروه تمرین مقاومتی بدون محدودیت جریان خون تفاوت معناداری نداشت (P>۰/۰۵). گلوکز خون در گروه تمرین مقاومتی بدون محدودیت جریان خون نسبت به گروه کنترل کاهش را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵) (نمودار ۴). نتایج تجزیه و تحلیل آماری داده‌های بدست آمده نشان داد که بین تغییرات میانگین فشارخون سیستولی بعد از ۸ هفته تمرین در گروه تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون نسبت به تمرین مقاومتی بدون محدودیت جریان خون و گروه کنترل کاهش معناداری یافت (P<۰/۰۵) (نمودار ۵). نتایج نشان داد که میانگین ضربان قلب استراحتی بعد از ۸ هفته تمرین در گروه تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون نسبت به گروه کنترل کاهش بیشتری داشت اما معنادار نبود (P>۰/۰۵) (نمودار ۶). نتایج نشان داد که بین تغییرات میانگین RBC و Hb بعد از ۸ هفته تمرین در گروه تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون نسبت به گروه کنترل افزایش معناداری یافت (P<۰/۰۵). هم‌چنین نتایج نشان داد تغییرات RBC و Hb بین دو گروه تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون معنادار بوده است (P<۰/۰۵) اما بین گروه تمرین مقاومتی بدون محدودیت جریان خون و گروه کنترل تغییر معناداری یافت نشد (P>۰/۰۵) (نمودار ۸و ۷).

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-02-10]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i8.20051]

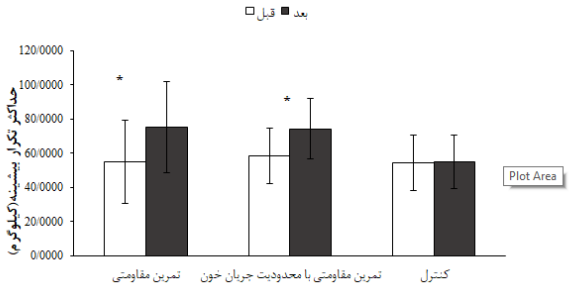
CC BY-NC 4.0

جدول ۱: ویژگی‌های آنتروپومتریک (انحراف‌معیار ± میانگین) آزمودنی‌های تحقیق

متغیر	گروه			مقدار P
	تمرین با محدودیت جریان خون	تمرین بدون محدودیت جریان خون	کنترل	
سن (سال)	۴۶/۷±۷۳/۹۱	۵۰/۹±۶۰/۶۷	۵۴/۹±۴۵/۳۲	۰/۶۵
وزن(کیلوگرم)	۷۶/۱۵±۷۰/۴۱	۸۰/۱۲±۳۰/۴۲	۸۰/۱۹±۵۱/۸۰	۰/۶۲
قد(سانتی‌متر)	۱۵۹/۷±۰۳/۳۴	۱۵۸/۴±۲۰/۷۰	۱۶۲/۱۰±۷۷/۸۳	۰/۳۹
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	۳۰/۵±۳۰/۲۸	۳۲/۴±۱۱/۸۶	۳۰/۵±۲۴/۷۰	۰/۲۷
دور کمر به لگن	۰/۰±۹۲/۰۶	۰/۰±۹۴/۰۶	۰/۰±۹۴/۱۰	۰/۲۸

جدول ۲ : مقادیر (انحراف‌معیار ± میانگین) متغیرهای تحقیق

متغیر	گروه					
	تمرین با محدودیت جریان خون		تمرین بدون محدودیت جریان خون		کنترل	
	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون
اندازه دور شکم (سانتی‌متر)	۱۳±۱۰۰	۱۲±۱۰۰	۹±۱۰۳	۹±۱۰۷	۲۰±۱۰۲	۹±۱۰۷
HCT (%)	۳۸/۰±۴۶/۸۰	۴۰/۱±۰۲/۰۰	۳۸/۰±۷۶/۷۱	۳۸/۰±۹۶/۶۴	۳۹/۰±۹۴/۸۹	۴۰/۰±۱۶/۷۹
فشارخون دیاستول (میلی‌متر جیوه)	۸۴/۱۴±۰۰/۵۴	۸۵/۱۱±۳۳/۲۵	۸۴/۹±۶۶/۹۰	۸۲/۱۰±۶۶/۳۲	۷۹/۱۹±۰۹/۶۷	۷۴/۹±۵۴/۴۳
WBC(میکرولیتر/103)	۶/۰±۸۳/۹۲	۶/۰±۹۷/۹۳	۷/۱±۳۵/۶۳	۷/۱±۴۷/۷۵	۷/۱±۴۶/۸۹	۷/۱±۱۱/۷۶
MCV(فمتولیتر)	۸۲/۴±۸۳/۴۱	۸۰/۴±۶۹/۸۰	۸۰/۷±۸۹/۱۸	۷۸/۷±۹۶/۱۶	۸۳/۳±۳۲/۰۲	۸۱/۲±۳۳/۹۲
MCH(پیکوگرم)	۲۷/۱±۲۲/۴۴	۲۶/۱±۲۸/۹۰	۲۷/۱±۴۴/۱۳	۲۶/۱±۵۹/۱۳	۲۸/۱±۴۴/۷۷	۲۷/۱±۶۴/۷۳
MCHC (گرم بر دسی‌لیتر)	۳۳/۰±۳۶/۹۳	۳۳/۱±۲۴/۰۳	۳۳/۰±۳۵/۸۶	۳۳/۰±۱۹/۶۴	۳۳/۰±۲۰/۸۵	۳۳/۱±۰۱/۰۰



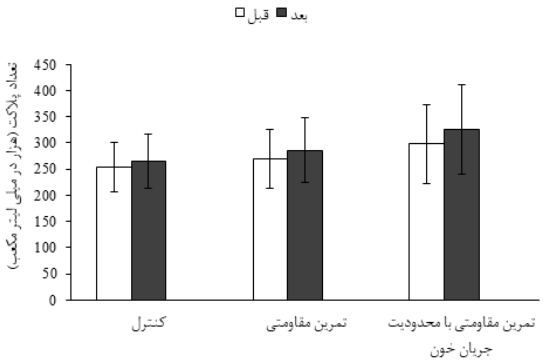
نمودار ۱: میانگین(±انحراف استاندارد) 1RM قبل و بعد از تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون

*تفاوت معناداری در مقایسه با گروه کنترل (P<۰/۰۵)

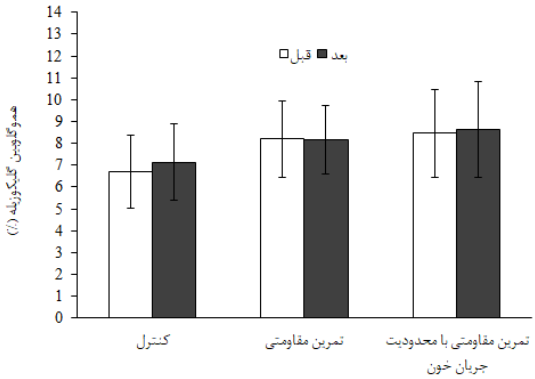
[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-02-10]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i8.20051]

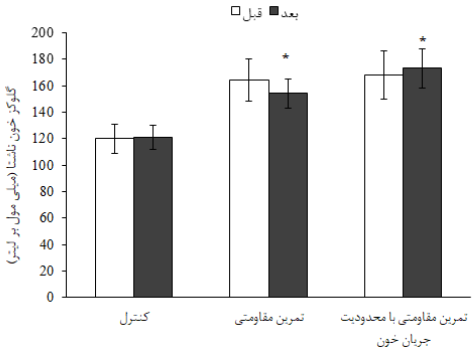
CC BY-NC 4.0



نمودار ۲: میانگین(±انحراف استاندارد) PLT قبل و بعد از ۰ تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون



نمودار ۳: میانگین(±انحراف استاندارد) HbA1c قبل و بعد از تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون



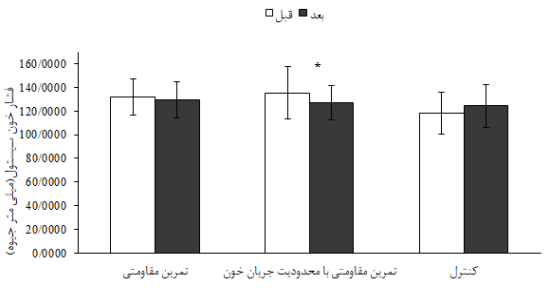
نمودار ۴: میانگین(±انحراف استاندارد) قند خون ناشتا قبل و بعد از تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون

*تفاوت معناداری در مقایسه با گروه کنترل (P< ۰/۰۵)

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-02-10]

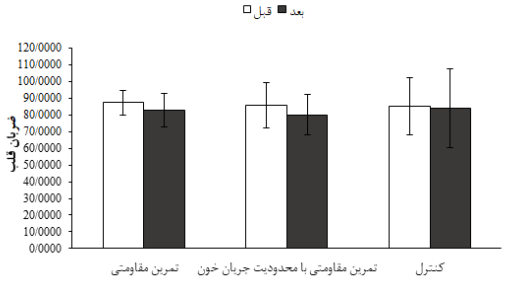
[DOI: 10.18502/ssu.v33i8.20051]

CC BY-NC 4.0

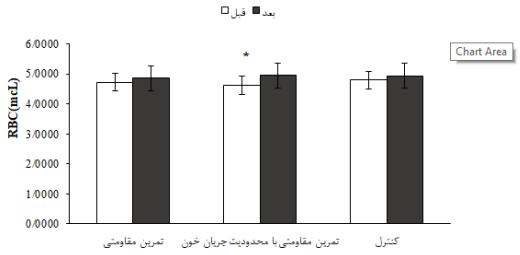


نمودار ۵. میانگین(±انحراف استاندارد) فشارخون سیستول قبل و بعد از تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون

*تفاوت معناداری در مقایسه با گروه کنترل (P<۰/۰۵)

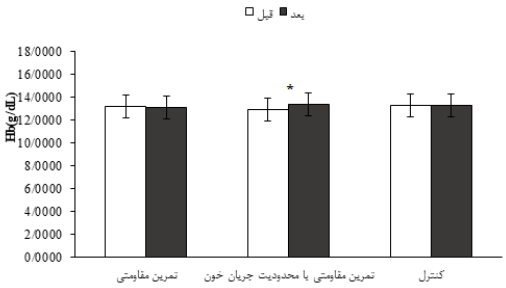


نمودار ۶: میانگین(±انحراف استاندارد) ضربان قلب قبل و بعد از تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون



نمودار ۷: میانگین(±انحراف استاندارد) RBC قبل و بعد از تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون

*تفاوت معناداری در مقایسه با گروه کنترل (P< ۰/۰۵)



نمودار ۸: میانگین (±انحراف استاندارد) Hb قبل و بعد از تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون

*تفاوت معناداری در مقایسه با گروه کنترل (P< ۰/۰۵)

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-02-10]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i8.20051]

CC BY-NC 4.0

بحث

ورزش و فعالیت بدنی یکی از از توصیه‌های معمول برای مدیریت دیابت و کاهش عوارض آن با کنترل گلیسمیک خون و کاهش ریسک فاکتورهای قلبی‌عروقی می‌باشد. به‌طورکلی در مطالعات متعددی، فعالیت ورزشی به عنوان یک مداخله درمانی، جهت کنترل شاخص‌های قلبی‌متابولیکی بررسی شده است، اما با توجه به تنوع روش‌های تمرینی به مطالعاتی در جهت ارائه بهترین روش تمرینی برای مدیریت دیابت و اختلالات مرتبط با آن مورد نیاز می‌باشد. بنابراین در این پژوهش تغییرات همودینامیکی و هماتولوژیکی در بیماران مبتلا به دیابت نوع۲ به دنبال سازگاری به تمرینات مقاومتی با محدودیت و بدون محدودیت جریان خون مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که میزان گلوکز خون در گروه تمرین مقاومتی نسبت به گروه کنترل کاهش یافت که با نتایج تحقیقات پیشین تمرینات مقاومتی در افراد دارای دیابت نوع۲ همخوانی دارد (۲۳, ۲۲). تغییرات مثبت در میزان گلوکز خون ناشی از آثار تجمعی چندین بار کاهش میزان گلوکز خون با هر نوبت فعالیت ورزشی می‌باشد (۲۴). انقباض عضلانی یک اثر شبه انسولینی دارد که منجر به انتقال مقادیر زیادی گلوکز را به درون سلول جهت تولید انرژی می‌شود (۲۵). با انجام فعالیت ورزشی میزان Glut4 در عضلات تمرین کرده افزایش می‌یابد و همچنین سبب بهبود عمل انسولین بر متابولیسم گلوکز می‌شود و می‌تواند HbA1C و FBS را کاهش دهد (۲۶). مطالعات بیان می‌دارد تجمع اسیدهای چرب آزاد در سلول‌های عضلانی باعث مختل شدن انتقال Glut4 به سطح سلول می‌شود. بنابراین ممکن است ورزش با افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب، از تجمع آن‌ها در سلول‌های عضلانی جلوگیری کند (۲۶). از دیگر مکانیسم‌های مثبت تنظیم کننده متابولیسم گلوکز می‌توان به افزایش عمل انسولین و افزایش سیگنال‌های انسولین اشاره کرد (۲۶). یکی از دلایل کنترل گلیسمیک، افزایش محتوای پروتیئنی گیرنده‌های انسولینی و همچنین فعالیت پروتیئن‌کینازB می‌باشد که نقش اساسی در انتقال سیگنال‌های انسولینی دارد و منجر به کاهش قند خون می‌گردد (۲۶). با توجه به اینکه عضله اسکلتی یک عامل تعیین‌کننده مهم در ایجاد مقاومت به انسولین، سوخت و ساز اسیدهای چرب و سوخت وساز پایه می‌باشد، افزایش توده عضله توسط تمرین قدرتی ممکن است در بهبود مقاومت به انسولین و دیگر شاخص‌های سندرم متابولیک موثر باشد (۲۶). هموگلوبین گلیکوزیله (HbA1c) مهم‌ترین شاخص برای کنترل گلیسمیک در طولانی‌مدت می‌باشد و به شدت با خطرات دیابت، بیماری‌های قلبی‌عروقی (CVD) و مرگ‌ومیر مرتبط است (۲۷). تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده از مقادیر HbA1c نشان داد که تغییرات مشاهده شده بعد از ۸ هفته تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان با گروه کنترل تفاوت معناداری نداشت یافت. هم‌چنین مقادیر HbA1c در گروه کنترل نسبت به دو گروه تمرینی افزایش بیشتری داشت که از نظر آماری، معناداری بود. در راستای نتایج مطالعه حاضر، مطالعات متعددی عدم تغییر معناداری در HbA1c به دنبال اجرای تمرینات مقاومتی را گزارش نمودند (۳۱-۲۸). اما برخی مطالعات نیز نتایج متفاوت را بیان نموده‌اند (۳۲). در این راستا کروک و همکاران نشان دادند که ۹ ماه تمرین مقاومتی و هوازی میزان HbA1c را کاهش می‌دهد (۳۳). نتایج متفاوت مطالعات درباره عدم تغییر سطوح HbA1c را می‌توان به کوتاه بودن مدت تمرین (۸ هفته یا ۶-۴ هفته) و یا کافی نبودن شدت و حجم تمرینات نسبت داد (۳۴). به نظر می‌رسد عدم تغییر این شاخص در مطالعه حاضر نیز مرتبط با کوتاه بودن دوره تمرین باشد. مکانیسم دیگری که می‌تواند در عدم تغییر معناداری HbA1c نقش داشته باشد عدم تغییر وزن آزمودنی‌ها باشد. تغییرات در وزن بدن و کل توده چربی دلیل بهبود کنترل گلیسمیک می‌باشد (۳۵). تمرین مقاومتی باعث افزایش توده عضلانی می‌شود که این احتمال وجود دارد تاثیر معناداری در طولانی‌مدت بر میزان HbA1c داشته باشد؛ به‌طوری که افزایش توده عضلانی با کاهش HbA1c مرتبط است (۳۶). مکانیسم دیگری که می‌تواند در نتایج متفاوت نقش داشته باشد پروتکل‌های تمرین مقاومتی است. ماوروس گزارش کرده است که تمرین مقاومتی با شدت پایین تاثیری بر

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-02-10]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i8.20051]

CC BY-NC 4.0

HbA1c ندارد (۱۷). نتایج بدست آمده نشان داد که بین تغییرات میانگین فشارخون سیستولی بعد از ۸ هفته تمرین در گروه تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون نسبت به تمرین مقاومتی بدون محدودیت جریان خون و گروه کنترل کاهش معناداری یافت که با یافته‌های برخی تحقیقات همخوانی دارد (۲۶, ۳۷). همچنین با متاآنالیز استریسر و همکاران (۳۸) و قلاوند و همکاران (۲۶) که نشان دهنده تأثیر معنادار تمرینات مقاومتی بر فشارخون سیستولی بدون اثر معنادار بر فشارخون دیاستول می‌باشد، همسو می باشد. نتایج مطالعات نقش تمرین مقاومتی را در بهبود عملکرد اندوتلیال، انبساط‌پذیری عروقی، عملکرد دیاستولیک بطن چپ و حجم ضربه‌ای را تایید می‌کند که می‌تواند اثر مفیدی بر کاهش فشارخون داشته باشد (۳۹۳۸، ۲۶). نتایج مطالعه حاضر افزایش قدرت را در هر دو گروه تمرینی با و بدون محدودیت جریان خون نسبت به گروه کنترل را نشان داد. این مطالعه هم‌چنین نشان داد که با محدودیت جریان خون نیز می‌توان قدرت را مشابه با تمرینات قدرتی سنتی افزایش داد که توسط مطالعه باقری و همکاران (۴۰) نیز تایید شد. تمرین و فعالیت بدنی با تغییر کیفیت و کمیت عملکرد دستگاه‌های مختلف بدن و اعمال افزایش اضافه بار بر روی آن موجب تغییر و سازگاری می‌شود که از آن جمله می‌توان به دستگاه حرکتی شامل عصب و عضله اشاره نمود. تمرین مقاومتی می‌تواند قدرت را از طریق افزایش حجم عضله و تارهای آن افزایش دهد. از سویی دیگر دستگاه عصبی نیز در افزایش قدرت به‌دنبال اجرای تمرین مقاومتی نقش دارد؛ به‌طوری که مطالعات نشان می‌دهد که افزایش قدرت می‌تواند بدون تغییر ساختاری در عضله رخ دهد اما بدون سازگاری عصبی امکان پذیر نیست. این سازگاری عصبی شامل بهبود هماهنگی، بهبود یادگیری و افزایش فعال شدن عضلات حرکت دهنده اصلی می‌باشند (۴۲, ۴۱). نتایج پژوهش نشان داد که بین تمرین فعالیت مقاومتی با محدودیت و بدون محدودیت جریان تفاوت معناداری در شاخص‌های WBC، HCT، MCH، MCHC، MCV مشاهده نداشت. هم‌چنین یافته‌ها نشان داد مقدار RBC و Hb در گروه تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون نسبت به گروه تمرین مقاومتی بدون محدودیت جریان خون و گروه کنترل افزایش یافت. قرار گرفتن در معرض هیپوکسی هیپوباریک به عنوان یک عامل مهم شناخته می‌شود که می‌تواند تغییرات متعددی را در سطوح متابولیک و فیزیولوژیکی ایجاد کند (۴) که ممکن است اثرات نامطلوبی بر برخی پارامترهای رئولوژیکی و رفتار خون داشته باشد که به‌طور مستقیم می‌تواند بر اکسیژن‌رسانی به بافت تأثیر بگذارد (۴). اسمیت و همکاران در سال ۲۰۱۵ بیان نمودند که هیپوکسی، به عنوان مثال، کاهش غلظت اکسیژن در بافت‌ها، اغلب به عنوان علت اصلی آسیب سلولی و بافت محسوب می‌شود (۴۳)؛ به‌طوری‌که هیپوکسی منجر به افزایش شاخص تجمع اریتروسیت‌ها می‌شود (۴۵, ۴۴). ظرفیت حمل اکسیژن با غلظت هموگلوبین و تعداد گلبول‌های قرمز خون تعیین می‌شود (۴). از این‌رو اهمیت پارامترهای هماتولوژیک در تامین اکسیژن مصرفی و در نهایت کارایی بدن بیشتر مشخص می‌شود. مشاهدات بسیاری نشان داده‌اند که ترکیب خون در نتیجه فعالیت بدنی تغییر می‌کند (۴). کاهش در سطوح این متغیرها می‌تواند سبب کاهش انتقال اکسیژن به بافت‌های فعال و کاهش اکسیژن در دسترس عضلات فعال شود (۴۴). کاهش اکسیژن در دسترس، وابستگی عضلات فعال به ذخایر بی‌هوازی خود به ویژه گلیکوژن را بیشتر کرده و منجر به تولید اسیدلاکتیک بیشتر و هم‌چنین تخلیه ذخایر انرژی فوری و در نهایت افت اجرای ورزشکار می‌شود (۴۴). بررسی‌ها نشان می‌دهند تجمع اسیدلاکتیک و در نهایت اسیدی شدن خون ناشی از تمرینات شدید، آسیب‌پذیری سلول‌های قرمز را بیشتر می‌کند (۴۶, ۷). تجزیه هموگلوبین نیز در نهایت کاهش سطوح هموگلوبین و هماتوکریت را به همراه دارد. وقتی طی فعالیت ورزشی لاکتات خون تجمع یافت، انعطاف‌پذیری گلبول‌های قرمز(RBC) کاهش می‌یابد(۷). احتمالاً بین تجمع لاکتات طی فعالیت ورزشی و استحکام RBC نیز ارتباط وجود دارد (۴۴). این تغییرات زمانی رخ می‌دهد که مقدار لاکتات منجر به شرایط اسیدوز شود. لاکتات تنها فاکتوری نیست که با استحکام گلبول‌های قرمز در ارتباط است (۴۴). آسیب RBC

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-02-10]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i8.20051]

CC BY-NC 4.0

به علت فشار در فلکشن زانو نیز دارای اهمیت است. احتمالاً وضعیت مایع نیز تأثیر عمده‌ای روی RBC طی فعالیت ورزشی دارد، به طوری که دریافت مایعات تأثیر پیشگیری کننده ای بر استحکام RBC دارد (۴۴). از سوی دیگر غلظت فیبرینوژن پیش از فعالیت همبستگی مثبتی با میزان تجمع RBC دارد (۴۷). بنابراین مهم‌ترین تعیین کننده خارج سلولی این وقایع فیبرینوژن است (۴۴). تمرینات بدنی باعث ایجاد یک سری تغییرات در بدن از جمله در سیستم گلبول‌های قرمز خون محیطی می‌شود (۴). به خوبی ثابت شده است که استرس اکسیداتیو در حین فعالیت ورزشی با یک اختلال همورولوژیک مرتبط است (۴۸). عجمانی و همکاران بیان نمودند که استرس اکسیداتیو می‌تواند باعث افزایش متوسط حجم گلبول‌های قرمز شده در نتیجه تجمع را نیز افزایش دهد (۴۸). RBC در برابر آسیب اکسیداتیو آسیب‌پذیر هستند، اگرچه به مکانیسم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی مجهز هستند. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که RBC که در تماس نزدیک با لکوسیت‌های فعال هستند، می‌توانند حداقل تا حدی توسط مکانیسم‌های اکسیداتیو آسیب ببینند و منجر به تغییرات ساختاری و عملکردی قابل‌توجهی شوند (۴). همسو با یافته‌های ما، احمدی‌زاد و همکاران افزایش در تعداد RBC و Hb را نشان دادند (۴۹). از سویی دیگر افزایش RBC در خون می‌تواند در نتیجه رهایش RBC ذخیرش شده در طحال باشد که به افزایش Hb خون در واحد حجم می‌انجامد (۴).

هم‌چنین مطالعات (۵۲-۵۰، ۴۴)، هیچ‌گونه تغییرات معناداری را در غلظت عوامل خونی آزمودنی‌ها بعد از تمرین گزارش نکرده‌اند که با یافته‌های پژوهش حاضر مبنی بر عدم تغییر معناداری شاخص‌های MCH, MCHC, MCV پس از هشت هفته تمرین مقاومتی با محدودیت و بدون محدودیت جریان خون همخوانی دارد. این امر را می‌توان به پدیده سازگاری و تطابق خونی در این گروه‌ها نسبت داد (۵۲) که نشان می‌دهد که تمرین در شرایط هایپوکسیک باعث تغییرات رئولوژیکی نامطلوب نمی‌شود (۴۶). عدم افزایش معنادار شاخص‌های فوق در این پژوهش و پژوهش‌های مشابه ممکن است ناشی از عدم تحریک عوامل ایمنی، محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-فوق کلیه و عدم کفایت مدت و شدت تمرینات در ایجاد تغییرات مذکور باشد که خود حاکی از ایمن بودن اجرای این گونه فعالیت ها است (۴).

نتیجه‌گیری

روند کلی یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که تمرین مقاومتی به‌طورکلی می‌تواند منجر به افزایش قدرت در بیماران گردد و از ابتلا آن‌ها به آتروفی پیشگیری گردد که با مطالعات ذکر شده در مقدمه تحقیق هم‌خوانی دارد. تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون در مقایسه با تمرین مقاومتی سنتی نتایج مشابهی را در میزان شاخص‌های همودینامیکی و هماتولوژیکی در بیماران دیابتی نشان می‌دهد. تمرین مقاومتی باید از نظر میزان بار و شدت، حجم و استراحت‌های بین ست ها و حرکات در حد مطوب طراحی شود که تاثیرات آن بر عملکرد عضله و شاخص های هماتولوژیکی آشکار گردد. هر چه شدت تمرین افزایش یابد و اصل اضافه بار در طراحی تمرین رعایت گردد سازگاری ایجاد شده مطلوب تر خواهد بود. از سویی دیگر با توجه به این که مطالعات ثابت کرده‌اند تمرین مقاومتی به شیوه سنتی در مقایسه با تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون(به دلیل بار و حجم کم) منجر به افزایش فعالیت پلاکتی می‌گردد بیماران قلبی عروقی و دیابتی را در دریافت سازگاری های حاصل از تمرین با محدودیت مواجه می کند. لذا اجرای تمرین مقاومتی با شدت کم و با محدودیت جریان خون به دلیل عدم تغییر معنادار شاخص‌های همودینامیکی، هماتولوژیکی و پلاکتی می‌تواند سازوکار موثر و کم هزینه در جلوگیری از بروز بیماری‌های قلبی‌عروقی در بیماران مبتلا به دیابت نوع۲ باشد و به عنوان یک سیستم درمانی غیردارویی و جایگزین تمرین مقاومتی با شدت بالا از آتروفی عضلات بویژه در جمعیت‌های بالینی بویژه بیماران دیابتی پیشگیری نماید؛ زیرا تمرین مقاومتی با شدت کم و با محدویت جریان خون برای این دسته از بیماران برابر با میزان بار تمرین مقاومتی با شدت بالا می باشد. لذا این مطالعه نشان داد نتایج تمرینات با شدت پایین به همراه محدودیت جریان

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-02-10]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i8.20051]

CC BY-NC 4.0

خون مشابه با تمرینات مقاومتی سنتی بوده است. هم‌چنین این نوع تمرینات می‌تواند با کاهش سطوح گلوکز خون، در درمان غیردارویی این بیماران نقش داشته باشد. بنابراین تمرین مقاومتی با BFR می‌تواند به‌عنوان روش تمرینی، جایگزین مناسبی برای تمرینات مقاومتی با شدت بالا که دارای ریسک بالایی نیز می‌باشد معرفی شود.

سپاس گزاری

از کلیه آزمودنی‌ها که در این پژوهش شرکت نمودند و هم‌چنین مدیریت تربیت بدنی دانشگاه کاشان قدردانی می‌نمایم.

حامی مالی: ندارد

تعارض در منافع: وجود ندارد.

ملاحظات اخلاقی

پروپوزال این تحقیق توسط دانشگاه علوم پزشکی کاشان مورد تایید قرار گرفت (کد اخلاق IR.KAUMS.REC.1399.035)

مشارکت نویسندگان

دکتر سجاد احمدی‌زاد در ارائه ایده، دکتر الهه ملکیان فینی و دکتر سجاد احمدی‌زاد در طراحی مطالعه، دکتر الهه ملکیان فینی در جمع‌آوری داده‌ها، دکتر مرتضی سلیمیان در تجزیه و تحلیل داده‌ها مشارکت داشته و همه نویسندگان در تدوین، ویرایش اولیه و نهایی مقاله و پاسخگویی به سوالات مرتبط با مقاله سهیم هستند.

References:

1-Maurya A, Murallidharan JS, Sharma A, Agarwal A. ***Microfluidics Geometries Involved in Effective Blood Plasma Separation.*** Microfluid Nanofluidics 2022; 26(10): 73.

2-Alareeqi OA, Obady YH, Al-Khulaidi MQ, Al-Mureish K. ***Some Studies on Red Blood Cells Morphology of Healthy and Diabetic Patients in Taiz, Yemen***. Electronic Journal of University of Aden for Basic and Applied Sciences 2021; 2(3): 109-23.

3-Fini EM, Salimian M, Ahmadizad S. ***Responses of Platelet CD Markers and Indices to Resistance Exercise with and without Blood Flow Restriction in Patients with Type 2 Diabetes***. Clin Hemorheol Microcircul 2022; 80(3): 281-9.

4-Malekyian Fini E, Motefakker M, Ahmadizad S, Salimian M, Mokhtari Andani F. ***Responses of Hemodynamic and Hematological Changes to Resistance Exercise with and Without Blood Flow Restriction in Patients with Type 2 Diabetic***. J Sabzevar University of Medical Sci 2023; 30(2): 284-300.

5-Brun J-F, Varlet-Marie E, Romain A-J, de Mauverger ER. ***Interrelationships among Body Composition, Blood Rheology and Exercise Performance.*** Clin Hemorheol Microcirc 2011; 49(1-4): 183-97.

6-Bauersachs R, Shaw S, Zeidler A, Meiselman H. ***Red Blood Cell Aggregation and Blood Viscoelasticity in Poorly Controlled Type 2 Diabetes Mellitus***. Clinical Hemorheology and Microcirculation 1989; 9(6): 935-52.

7-Brun J, Khaled S, Raynaud E, Bouix D, Micallef J, Orsetti A. ***The Triphasic Effects of Exercise on Blood Rheology: Which Relevance to Physiology and Pathophysiology?*** Clinical Hemorheology and Microcirculation 1998; 19(2): 89-104.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-02-10]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i8.20051]

CC BY-NC 4.0

8-El-Sayed MS, Ali N, Ali ZE-S. ***Haemorheology in Exercise and Training.*** Sports Med 2005; 35(8): 649-70.

9-Romain A-J, Brun J-F, Varlet-Marie E, Raynaud de Mauverger E. ***Effects of Exercise Training on Blood Rheology: A Meta-Analysis***. Clin Hemorheol Microcirc 2011; 49(1-4): 199-205.

10-Stone MH. ***Muscle Conditioning and Muscle Injuries***. Med Sci Sports Exercise 1990; 22(4): 457-62.

11-Bompa T, Buzzichelli C. ***Periodization Training for Sports: Human Kinetics Champaign***; 2015.

12-Braith RW, Stewart KJ. ***Resistance Exercise Training: Its Role in the Prevention of Cardiovascular Disease.*** Circulation 2006; 113(22): 2642-50.

13-Ahmadizad S, El-Sayed MS, MacLaren DP. ***Effects of Water Intake on the Responses of Haemorheological Variables to Resistance Exercise***. Clin Hemorheol Microcirc 2006; 35(1-2): 317-27.

14-Murray-Kolb LE, Beard JL, Joseph LJ, Davey SL, Evans WJ, Campbell WW. ***Resistance Training Affects Iron Status in Older Men and Women.*** Int J Sport Nutr Exerc Metab 2001; 11(3): 287-98

15-El-Sayed MS, El-Sayed Ali Z, Ahmadizad S. ***Exercise and Training Effects on Blood Haemostasis in Health and Disease: An Update***. Sports Med 2004; 34(3): 181-200.

16-Bermon S, Philip P, Ferrari P, Candito M, Dolisi C. ***Effects of A Short-Term Strength Training Programme on Lymphocyte Subsets at Rest in Elderly Humans***. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1999; 79: 336-40.

17-Mavros Y, Kay S, Anderberg KA, Baker MK, Wang Y, Zhao R, et al. ***Changes in Insulin Resistance and Hba1c are Related to Exercise-Mediated Changes in Body Composition in Older Adults with Type 2 Diabetes: Interim Outcomes from the GREAT2DO Trial***. Diabetes Care 2013; 36(8): 2372-9.

18-Lee J, Kim D, Kim C. ***Resistance Training for Glycemic Control, Muscular Strength, and Lean Body Mass in Old Type 2 Diabetic Patients: A Meta-Analysis***. Diabetes Therapy 2017; 8(3): 459-73.

19-Gordon B, Benson A, Bird S, Fraser S. ***Resistance Training Improves Metabolic Health in Type 2 Diabetes: A Systematic Review.*** Diabetes Res Clin Pract 2009; 83(2): 157-75.

20-Irvine C, Taylor NF. ***Progressive Resistance Exercise Improves Glycaemic Control in People with Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review***. Aust J Physiother 2009; 55(4): 237-46.

21-Peterson MD, Rhea MR, Sen A, Gordon PM. ***Resistance Exercise for Muscular Strength in Older Adults: A Meta-Analysis***. Ageing Res Reviews 2010; 9(3): 226-37.

22-Misra A, Alappan NK, Vikram NK, Goel K, Gupta N, Mittal K, et al. ***Effect of Supervised Progressive Resistance-Exercise Training Protocol on Insulin Sensitivity, Glycemia, Lipids, and Body Composition in Asian Indians with Type 2 Diabetes***. Diabetes Care 2008; 31(7): 1282-7.

23-Bacchi E, Negri C, Zanolin ME, Milanese C, Faccioli N, Trombetta M, et al. ***Metabolic Effects***

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-02-10]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i8.20051]

CC BY-NC 4.0

of Aerobic Training and Resistance Training in Type 2 Diabetic Subjects: A Randomized Controlled Trial (The RAED2 Study). Diabetes Care 2012; 35(4): 676-82.

24- Rogers MA, Yamamoto C, King DS, Hagberg JM, Ehsani AA, Holloszy JO. ***Improvement in Glucose Tolerance after 1 Wk of Exercise in Patients with Mild NIDDM.*** Diabetes Care 1988; 11(8): 613-8.

25- Cartee GD, Young DA, Sleeper MD, Zierath J, Wallberg-Henriksson H, Holloszy J. ***Prolonged Increase in Insulin-Stimulated Glucose Transport in Muscle after Exercise.*** Am J Physiol 1989; 256(4 Pt 1): E494-9.

26- Ghalavand A, Shakeriyan S, Monazamnezhad A, Delaramnasab M. ***The Effect of Resistance Training on Cardio-Metabolic Factors in Males with Type 2 Diabetes.*** Jundishapur J Chronic Disease Care 2014; 3(4): e23346.

27- Currie CJ, Peters JR, Tynan A, Evans M, Heine RJ, Bracco OL, et al. ***Survival as a Function of Hba1c in People with Type 2 Diabetes: A Retrospective Cohort Study***. Lancet 2010; 375(9713): 481-9.

28- Hazley L, Ingle L, Tsakirides C, Carroll S, Nagi D. ***Impact of a Short-Term, Moderate Intensity, Lower Volume Circuit Resistance Training Programme on Metabolic Risk Factors in Overweight/Obese Type 2 Diabetics***. Res Sports Med 2010; 18(4): 251-62.

29- Banaei P, Tadibi V, Rahimi M. ***Comparing the Effect of Two Protocols Concurrent Training (Strength-Aerobic) on Fasting Blood Glucose, Glycosylated Hemoglobin, High-Sensitivity C-Reactive Protein and Insulin Resistance in Women with Type 2 Diabetes***. Sport Physiology 2015; 7(25): 99-108.

30- Badri N, Hamedinia M, Hosseini Kakhk A, Askari R, Azizi R. ***The Effect of Two Types of Combined Training on Physical Performance and Body Composition in Type 2 Diabetic Women with Peripheral Neuropathy***. JHC 2019; 21(1): 77-89.

31- Dadvand SS, Daryanoosh F, Eghbali E. ***Changes of Glycosylated Hemoglobin, Insulin Resistance Index, and Plasma Lipids Levels Following a Period of Circuit Resistance Training in Male Patients with Type 2 Diabetes.*** Qom Univ Med Sci J 2018; 11(11): 12-21.[Persian]

32- Kang S, Woo JH, Shin KO, Kim D, Lee HJ, Kim YJ, et al. ***Circuit Resistance Exercise Improves Glycemic Control and Adipokines in Females with Type 2 Diabetes Mellitus***. J Sports Sci Med 2009; 8(4): 682-8.

33- Church TS, Blair SN, Cocreham S, Johannsen N, Johnson W, Kramer K, et al. ***Effects of Aerobic and Resistance Training on Hemoglobin A1c Levels in Patients with Type 2 Diabetes: A Randomized Controlled Trial***. JAMA 2010; 304(20): 2253-62.

34- Dunstan DW, Puddey IB, Beilin LJ, Burke V, Morton AR, Stanton K. ***Effects of a Short-Term Circuit Weight Training Program on Glycaemic Control in NIDDM***. Diabetes Res Clin Pract 1998; 40(1): 53-61.

35- Mohammadi H, Avandi SM, Jamshidi M, Gooya M. ***Effect of Eight Weeks Resistance Training and Ginger Supplementation on Glycosylated Hemoglobin Index in Type 2 Diabetes Patients***. Koomesh 2017; 19(4): 852-60.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-02-10]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i8.20051]

CC BY-NC 4.0

36-Baldi J, Snowling N. ***Resistance Training Improves Glycaemic Control in Obese Type 2 Diabetic Men.*** Int J Sports Med 2003; 24(06): 419-23.

37-Fini EM, Ahmadizad S. ***Effect of Resistance Exercise and Training and Principles of Prescribing It for Cardiovascular Patients***. J Shahid Sadoughi University of Medical Sciences 2021.

38-Strasser B, Siebert U, Schobersberger W. ***Resistance Training in the Treatment of the Metabolic Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis of the Effect of Resistance Training on Metabolic Clustering in Patients with Abnormal Glucose Metabolism***. Sports med 2010; 40(5): 397-415.

39-Egger A, Niederseer D, Diem G, Finkenzeller T, Ledl-Kurkowski E, Forstner R, et al. ***Different Types of Resistance Training in Type 2 Diabetes Mellitus: Effects on Glycaemic Control, Muscle Mass and Strength.*** European Journal Of Preventive Cardiology 2013; 20(6): 1051-60.

40-Bagheri R, Moghadam BH, Church DD, Tinsley GM, Eskandari M, Moghadam BH, et al. ***The Effects of Concurrent Training Order on Body Composition and Serum Concentrations of Follistatin, Myostatin and GDF11 in Sarcopenic Elderly Men.*** Experimental Gerontology 2020; 133: 110869.

41-Ghazalian F, Nikbakht H, Ebrahimi E, Salavati M. ***Effects of Training Style on Neuromuscular Adaptation in Untrained Men***. J Ilam Uni Med Sci 2010; 18(1): 40-7.

42-Esmaeili M, Bijeh N, Ghahremani Moghadam M. ***Effect of Combined Aerobic and Resistance Training on Aerobic Fitness, Strength, Beta-Endorphin, Blood Glucose Level, and Insulin Resistance in Women with Type II Diabetes Mellitus.*** he Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility, 2018; 21(6): 34-46.

43-Smith MM, Lucas AR, Hamlin RL, Devor ST. ***Associations among Hemorheological Factors and Maximal Oxygen Consumption. Is There a Role for Blood Viscosity in Explaining Athletic Performance?*** Clin Hemorheol Microcirc 2015; 60(4): 347-62.

44-Sheikholeslami VD, Fallahi F, Tabei R. ***Effect of Six Weeks Resistance Training with Different Exercise Order on Hematological Variables in Overweight Women***. J Sport and Exercise Physiology 2018; 11(1): 45-58.

45-Zhang M, Li XM, Feng J, Xu GJ, Liu XB, Jiang H, et al. ***Changes of Blood Viscosity and Erythrocyte Rheology in Acute Hypoxic Hypoxia Mices***. Zhongguo Ying Yong Sheng Li Xue Za Zhi 2012; 28(5): 454-7.

46-Mardyła M, Maciejczyk M, Pałka T, Więcek M, Kusmierczyk J, Szymura J, et al. ***Intermittent Hypoxia Training Does Not Change Erythrocyte Aggregation Indicators In Young, Healthy Men***. ront Physiol 2024; 15: 1386650.

47-Malekyian Fini E, Ahmadizad S, Salimian M, Motefakker M, Mokhtari Andani F, Fath Tabar L. ***The Effect of Two Methods of Resistance Training with and without Blood Flow Restriction on Coagulation Indices and Blood Glucose Levels in Type 2 Diabetic Patients.*** Medical Journal of

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-02-10]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i8.20051]

CC BY-NC 4.0

Mashhad University of Medical Sci 2021; 64(3): 3060-71.

48-Ajmani RS, Fleg JL, Demehin AA, Wright JG, O'Connor F, Heim JM, et al. ***Oxidative Stress and Hemorheological Changes Induced by Acute Treadmill Exercise***. Clin Hemorheol Microcirc 2003; 28(1): 29-40.

49-Ahmadizad S, El-Sayed MS. ***The Acute Effects of Resistance Exercise on the Main Determinants of Blood Rheology***. J Sports Sci 2005; 23(3): 243-9.

50-Bobeuf F, Labonté M, Khalil A, Dionne IJ. ***Effect of Resistance Training on Hematological Blood Markers in Older Men and Women: A Pilot Study***. Curr Gerontol Geriatr Res 2009; 2009: 156820.

51-Ghanbari-Niaki A, Tayebi S-M, GhorbanAlizadeh-Ghaziani F, Hakimi J. ***Effect of a Single Session of Weight-Circuit Exercise on Hematological Changes of Physical Education Students.*** J Applied Exercise Physiology 2006; 2(1): 11-25.

52-Wu HJ, Chen KT, Shee BW, Chang HC, Huang YJ, Yang RS. ***Effects of 24 H Ultra-Marathon on Biochemical and Hematological Parameters.*** World J Gastroenterol 2004; 10(18): 2711-4.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-02-10]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i8.20051]

CC BY-NC 4.0

Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences
Vol 33| NO 8 | Oct 2025

Received: 17 Nov 2024
Accepted: 9 Mar 2025

Effect of Eight Weeks of Resistance Training in Hypoxic Conditions on Hemodynamic, Hematological and Maximum Strength Changes in Type 2 Diabetes Patients

Elahe Malekyian Fini*[1], Sajad Ahmadizad[2], Morteza Salimian[3]

Original Article

Introduction: Hemorheological factors have been confirmed to be compromised in diabetes. The study aimed to investigate the effect of eight weeks of resistance training in hypoxia conditions on hemodynamic, hematological and maximal strength changes in type 2 diabetes patients.

Methods: The study was both experimental and developmental, involving 41 patients with type 2 diabetes who were divided into three different resistance training groups: one with blood flow restriction (RTBFR), another without blood flow restriction (RTnonBFR), and a control group. The participants in the RTnonBFR and RTBFR groups performed the exercise for 8 weeks at intensities of 20, 40, 60, and 80 percent of 1RM and 20 and 30 percent of 1RM, respectively. The rest interval between sets for each group was 0.5 to 1 minute, with 30 seconds of rest between each set, respectively. The participants in the control group maintained a typical lifestyle during this period. Hemodynamic and hematological indices were measured before and 48 hours after following the last training session. An analysis of variance with a between-group factor and LSD post hoc test was utilized to investigate the effect of the intervention on quantitative factors.

Results: Resistance training both with and without blood flow restriction resulted in an increase in maximum strength compared to the control group ($P<0.05$), and systolic blood pressure in the RT_{BFR} group showed a significant decrease compared to other groups ($P<0.05$). HbA1c increased in the control group relative to the two exercise groups, although it was not statistically significant ($P>0.05$). Glucose levels in the RT_{nonBFR} group showed a notable decrease compared to those in the RT_{BFR} group ($P < 0.05$). RBC and Hb factor in RT_{BFR} group increased significantly compared to other groups ($P < 0.05$). Blood glucose levels in the RT_{nonBFR} group exhibited a decrease compared to the control group ($P < 0.05$).

Conclusion: The use of low-intensity resistance training with blood flow restriction, given the minimal alternations in hemodynamic indices and some hematological and platelet indices, may serve as an effective and low-cost mechanism in preventing the occurrence of cardiovascular diseases in patients with type 2 diabetes. As a non-pharmacological treatment system and alternative to high-intensity resistance training to prevent muscle atrophy, especially diabetic patients

Keywords: Resistance training, Maximum power, Blood flow restriction, Blood glucose, Type 2 diabetes.

Citation: Malekyian Fini E, Ahmadizad S, Salimian M. **Effect of Eight Weeks of Resistance Training in Hypoxic Conditions on Hemodynamic, Hematological and Maximum Strength Changes in Type 2 Diabetes Patients.** J Shahid Sadoughi Uni Med Sci 2025; 33(8): 9344-61.

[1]Department of Sport Sciences, Faculty of Humanities, Kashan University, Kashan, Iran.
[2]Department of Biological Sciences in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
[3]Department of Laboratory Sciences, School of Allied Medical Sciences, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, Iran.
***Corresponding author: Tel:** 09355590325**, email:** malekyian.e@gmail.com

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-02-10]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i8.20051]

CC BY-NC 4.0