



The effect of a period of resistance training with blood flow restriction on the level of biochemical markers of cardiac Cells in male judokas

Ali Nosrati Hashi¹, Lotfali Bolboli^{2*}, Sajjad Anoushirvani³

1- Ph.D. Student, Sports Physiology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabili, Iran.

2- Professor, Sports Physiology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabili, Iran.

3- Assistant Professor, Sports Physiology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabili, Iran.

Corresponding Author: Lotfali Bolboli, Professor, Sports Physiology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabili, Iran.

Email: l_bolboli@uma.ac.ir

Received: 2023/3/28

Accepted: 2024/1/15

Abstract

Introduction: The increase in the serum level of the biochemical indicators of cardiac muscle cells is related to the intensity and duration of exercise. The aim of the present study was to the effect of a period of resistance training with blood flow restriction on the level of Biochemical Markers of Cardiac Cells in judokas.

Methods: The current research method was semi-experimental with a pre-test-post-test design. The statistical population of the present study was made up of male judokas athletes in Tehran. 30 male judo players were randomly divided into 2 groups, the first group (with an average age of 26.33) and the second group (exercise with blood flow restriction with an average age of 25.33). Before the implementation of training programs, blood samples were taken from the subjects by ELISA method to determine the serum concentration of CK-MB, CTN-T, and CTN-I indicators.

Results: The results of the intergroup test showed that CTN-I ($P=0.028$), CTN-T ($P=0.036$), and CK-MB ($P=0.027$) in the two groups of resistance training with blood flow restriction and resistance Traditional had a significant difference. The results of the intra-group test showed that CTN-I ($P=0.000$), CTN-T ($P=0.000$), and CK-MB ($P=0.003$) in the resistance training group with blood flow restriction and CTN-I ($P=0.000$), CTN-T ($P=0.000$) and CK-MB ($P=0.000$) increased in the traditional resistance training group in the post-test phase compared to the pre-test.

Conclusions: According to the results of the research and the examination of the difference of the averages, both exercises have led to an increase in the specific biochemical indices of heart cells, and this increase was less in the group of resistance exercises with blood flow restriction. Therefore, the use of resistance training along with blood flow restriction can be considered by male judo coaches and athletes.

Keywords: Resistance Training, Blood Flow Restriction, Troponin-I, Troponin-T, Creatine kinase MB Isoenzyme.



تأثیر یک دوره تمرینات مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون بر شاخص‌های بیوشیمیایی ویژه سلول‌های قلبی در جودوکاران مرد

علی نصرتی هشی^۱، لطفعلی بلبلی^{۲*}، سجاد انوشیروانی^۳

۱-دانشجوی دکترا فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲-استاد، فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳-استادیار، فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

نویسنده مسئول: لطفعلی بلبلی، استاد، فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

ایمیل: I_bolboli@uma.ac.ir

پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۱۰/۲۵

دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۱/۸

چکیده

مقدمه: افزایش سطح سرمی شاخص‌های بیوشیمیایی سلول‌های عضله قلبی با شدت و مدت تمرین ارتباط دارد. هدف پژوهش حاضر تأثیر یک دوره تمرینات مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون بر شاخص‌های بیوشیمیایی ویژه سلول‌های قلبی در جودوکاران بود.

روش کار: روش پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش آزمون - پس آزمون بود. جامعه آماری پژوهش حاضر را ورزشکاران جودوکار مرد شهر تهران تشکیل دادند. ۳۰ مرد جودوکار به روش نمونه گیری در دسترس و به طور تصادفی در ۲ گروه، گروه اول (تمرین با محدودیت جریان خون با میانگین سنی ۲۶/۳۳)، گروه دوم (تمرین بدون محدودیت جریان خون با میانگین سنی ۲۵/۳۳) تقسیم شدند. قبل و بعد از اجرای برنامه های تمرینی، برای تعیین غلظت سرمی شاخص‌های CK-MB و CTN-I، CTN-T و CK-MB نمونه‌های خونی به روش الیزا از آزمون‌ها گرفته شد.

یافته‌ها: نتایج آزمون بین گروهی نشان داد (CTN-I=۰/۰۲۸، CTN-T=۰/۰۲۸، CK-MB=۰/۰۳۶) و (P=۰/۰۲۷) در دو گروه تمرین مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون و مقاومتی سنتی اختلاف معنی داری داشت. نتایج آزمون درون گروهی نشان داد (CTN-I=۰/۰۰۰، CTN-T=۰/۰۰۰، CK-MB=۰/۰۰۰) در گروه تمرین مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون و (CTN-I=۰/۰۰۰، CTN-T=۰/۰۰۰، CK-MB=۰/۰۰۰) در گروه تمرین مقاومتی سنتی در مرحله پس-آزمون در مقایسه با پیش آزمون افزایش معنی داری داشت.

نتیجه گیری: با توجه به نتایج تحقیق و بررسی اختلاف میانگین‌ها، هر دو تمرین منجر به افزایش شاخص‌های بیوشیمیایی ویژه سلول‌های قلبی شده است که این افزایش در گروه تمرین مقاومتی به همراه محدودیت جریان خون کمتر بوده است. لذا استفاده از تمرین مقاومتی به همراه محدودیت جریان خون می‌تواند مورد توجه مردمیان و ورزشکاران جودوکار مرد قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: تمرین مقاومتی، محدودیت جریان خون، تروپونین-I، تروپونین-T، ایزوآنزیم کراتین کنیاز.

مقدمه

یک فعالیت کوتاه مدت با شدت بالا در پاروزن ان حرفه ای و آماتور گزارش کرد (۱۳). نتایج بدست آمده توسط رجایی و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که علیرغم افزایش CK-MB که ممکن است به دلیل ماهیت ورزش و آسیب عضلانی به دلیل فعالیت شدید باشد، انجام تمرينات مقاومتی، استقامتی و ترکیبی تاثیر معنی داری بر سطح cTnT در مردان فعال ندارد و بنابراین نمی تواند باعث آسیب قلبی شود (۱۴).

اگرچه، برخی از این شاخص ها نشان دهنده تغییرات ابتدایی در افزایش توده عضلانی می باشند، اما بیانگر اعمال فشارهای مکانیکی متابولیکی و اختلال در بازیافت مکانیکی و متابولیکی عضله نیز هستند و سبب کاهش حجم تمرين می شوند (۱۵). بنابراین ابداع روش های ایمن و مؤثر برای کسب مزایای تمرينات قدرتی، برای اقسام مختلف مردم، همواره مورد نظر پژوهشگران بوده است (۱۶). در مطالعات جدید صورت گرفته در زمینه انواع تمرينات مقاومتی، اخیرا نتایج پژوهش ها شکل جدیدی از تمرينات مقاومتی با عنوان (BFR) تمرينات مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون (BFR) معروف به تمرين (کاتسو) را ارائه کرده اند (۱۷). این روش در مقایسه با تمرينات شدت بالا محدودیت عملکرد کمتری دارد و در عین حال شدت واقعی مورد انتظار از تمرين را ایجاد می کند. در این روش تمرينی، جریان خون به عضله فعال در حین ورزش باستن یک تورنیکت لاستیکی انعطاف پذیر در اطراف قسمت بیرون زده بازو یا ران محدود می شود (۱۸). شدت این تمرينات معمولاً بین ۲۰ تا ۳۰ درصد از یک تکرار بیشینه، تقریباً معادل شدت فعالیت روزانه افراد است (۱۹). این روش با ایجاد استرس متابولیک با محدود کردن جریان خون، اثر محرک ورزش را افزایش می دهد (۲۰). در مقایسه با تمرينات قدرتی سنتی (TRT)، تمرينات مقاومتی با انسداد جریان خون حتی در مدت زمان کوتاه و با شدت کم می تواند اثرات مثبتی بر قدرت و توده عضلانی داشته باشد (۲۱، ۲۰). در این رابطه تاکارادا و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که تمرينات مقاومتی با شدت کم (BFR) به طور طبیعی منجر به هایپرتروپی عضلانی و افزایش قدرت عضلانی در مقایسه با تمرينات با شدت بالا بدون محدودیت می شود (۲۲). علیرغم نتایج متعددی که ارتباط بین فعالیت بدنی و کاهش آسیب قلبی عروقی به دنبال ورزش منظم را نشان می دهد، اطلاعات محدودی در مورد تأثیر تمرين مقاومتی به همراه محدودیت جریان خون بر شاخص های بیوشیمیایی سیستم قلبی وجود دارد. لذا پژوهش حاضر به

فشارهای مکانیکی متابولیکی ناشی از تمرينات مقاومتی با شدت زیاد باعث بروز تغییرات نامطلوب در شاخص های بیوشیمیایی ویژه سلول های قلبی شده و غلظت شاخص های فشار مکانیکی متابولیکی ناشی از تمرين مقاومتی مانند میوگلوبین (Mb)، کراتین کیناز (CK) و لاکتات دهیدروژناز را در پلاسم افزایش می دهد (۲، ۱). همانطور که بیان شد شرکت در فعالیتهای بدنی شدید به صورت بالقوه می تواند به عملکرد قلبی آسیب برساند. این خطر نسبی برای سلول های قلبی، هنگام فعالیت شدید و تا حدود ۱ ساعت پس از آن افزایش می یابد (۳). شاخص های گوناگونی برای ارزیابی آسیب قلبی استفاده شده اند این شاخص ها عبارتند از کراتین کینازتام، آسپارتات آمینو ترانسفراز، لاکتات دهیدروژنازتام و ایزوآنزیم های لاکتات دهیدروژناز، اما به دلیل توزیع بافقی گستره، این شاخص ها از ویژگی بر جسته ای برای تشخیص آسیب های قلبی برخوردار نیستند. امروزه در بررسی آسیب سلول های عضله قلبی از شاخص های بسیار جدیدی بنام تروپونین I قلبی (cTnI)، تروپونین T قلبی (cTnT) و ایزوآنزیم کراتین کیناز CK-MB (MB) استفاده می کنند (۴). تروپونین I و T قلبی پروتئین های تنظیمی هستند که بخشی از دستگاه انقباضی سلول-های قلبی را تشکیل می دهد. در عین حال در حدود ۱۵ تا ۲۵ درصد از CK به شکل CK-MB (CK-MB) در سلول های قلبی و حدود ۳ درصد CK-MB در عضلات اسکلتی وجود دارد (۵، ۶). این شاخص ها ابزار بسیار حساس و ویژه ای برای شناخت نکروز سلول های قلبی هستند و برای ارزیابی آسیب احتمالی سلول های عضله قلبی در ورزشکاران استفاده می شوند. پژوهش ها نشان می دهد تمرينات تداومی بلند مدت می تواند سبب پیدایش cTnI و نیز افزایش CK-MB سرم شوند (۷، ۸).

از سوی دیگر عنوان شده است، شدت و مدت تمرين از عوامل مهم بالا رفتن میزان تروپونین های قلبی سرم، متعاقب تمرين هستند (۹، ۱۰). ساووکوسکی و همکاران (۲۰۱۵) تروپونین قلبی را بعد از تمرينات مقاومتی تفویحی ارزیابی کرد و غلظت قابل توجهی از تروپونین قلبی بعد از تمرين را نسبت به قبل گزارش کرد و تروپونین پس از سه روز به سطح اویله خود بازگشت (۱۱). ایجوگلو همکاران (۲۰۱۲) افزایش سطح cTnI را در افراد با وزن طبیعی به دنبال یک جلسه فعالیت با شدت متوسط گزارش کرد (۱۲). لگاز-آرسه و همکاران (۱۵) افزایش سطح cTnI را پس از

خونی از آزمودنی‌ها گرفته شد.

تمرین مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون (تمرین با شدت ۳۰٪ یک تکرار بیشینه همراه با فشار کاف (دور ناحیه پروگریمال بازو)) فشار در نظر گرفته شده برای ایجاد محدودیت جریان خون حدود ۱۲۰ تا ۱۶۰ میلی متر جیوه در نظر گرفته شد که به فشار سیستولی هر فرد بستگی داشت (۳۳). برای گروه تمرین مقاومتی سنتی (بدون انسداد عروق) تمرین با شدت ۷۵٪ یک تکرار بیشینه انجام شد. برای محاسبه IRM، ابتدا سنگین ترین وزنه ای که فرد احساس می‌کند می‌تواند جابجا کند، انتخاب شد. سپس آزمودنی با وزنه انتخاب شده شروع به انجام حرکات موردنظر کرد. در این مرحله اگر فرد تنها یکبار توانست حرکت را انجام دهد، آن وزنه برابر با IRM در نظر گرفته می‌شد. اما اگر حرکت با وزنه انتخاب شده را بیشتر از یک بار انجام می‌داد، با قرار دادن تعداد تکرار و مقدار وزنه در فرمول زیر IRM تعیین می‌شد.

$$1RM = ((تعداد تکرار / ۳۰) + ۱) * وزنه مورد استفاده$$

به آزمودنی‌ها توصیه شد که در مدت زمان انجام تحقیق، فعالیت خاصی (به غیر از پروتکل تمرینی داده شده) نداشته باشند و رژیم غذایی خود را تغییر ندهند. پس از ۶ هفته تمرین، بالاصله خونگیری گرفته شد. در ادامه بعد از ۱۰ روز استراحت، خونگیری مجدد تکرار شد و بعد از ۲۴ ساعت گروهی که تمرینات قدرتی را به همراه محدودیت جریان خون در مرحله اول انجام دادند، صرفاً تمرینات قدرتی را انجام دادند. و گروهی که صرفاً تمرینات قدرتی را انجام دادند، به مدت ۶ هفته تمرینات قدرتی را به همراه محدودیت جریان خون انجام دادند که بالاصله بعد از اتمام آخرین جلسه تمرینی، خونگیری تکرار شد.

پروتکل تمرینی

تمرینی که برای هر گروه در نظر گرفته شده است، شامل ۶ هفته و هر هفته ۳ جلسه و در مجموع ۱۸ جلسه تمرین قدرتی با هالترا بود که بعد از ظهر در سالن ورزشی اجرا گردید. جلسه تمرین با ۵ دقیقه حرکات کششی- نرمشی دست به منظور گرم کردن شروع شد. تمرین در گروه انسدادی به این صورت بود که ابتدا به وسیله‌ی یک تورنیکت لاستیکی از قبل طراحی شده در قسمت فوقانی به دور پروگریمال هر بازو بسته شد. برای هر دو گروه ۳ ست ده تایی با استراحت یک دقیقه ای بین ست‌ها در نظر گرفته شد. گروه با انسداد عروق دست با فشار

دنبال پاسخ به این سوال است که آیا یک دوره تمرینات مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون بر شاخص‌های بیوشیمیایی ویژه سلول‌های قلبی در جودوکاران مرد موثر است یا خیر؟

روش کار

روش پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش آزمون - پس آزمون بود. جامعه آماری پژوهش حاضر را مردان جودکار شهر تهران تشکیل دادند. معیارهای ورود به پژوهش شامل: داشتن ۲۰ تا ۳۲ سال سن، عدم مصرف سیگار، نداشتن بیماری قلبی عروقی، عدم استفاده از داروهای مکمل و معیارهای خروج از پژوهش شامل: مشاهده هر گونه آسیب دیدگی، اختلال قلبی عروقی در حین تمرینات قدرتی، مشاهده هر گونه مصرف مکمل در دوره تمرینات و شرکت نامنظم در تمرینات بود. نمونه آماری با استفاده از نرم افزار G*Power برای دستیابی به توان آماری ۰/۸۵ و اندازه اثر ۰/۸۵ برای هر گروه ۱۵ نفر در نظر گرفته شد. ۳۰ مرد جودکار به روش نمونه گیری در دسترس و به طور تصادفی در ۲ گروه، گروه اول (تمرین با محدودیت جریان خون)، گروه دوم (تمرین بدون محدودیت جریان خون) تقسیم شدند.

دو هفته قبل از شروع جلسات تمرین، در ۲ جلسه آزمودنی - ها حرکات با هالترا را به منظور آمادگی اولیه و آشنایی با پروتکل تحقیق (تمرین با محدودیت جریان خون)، در سالن بدنسازی اجرا کردند. یک هفته پیش از شروع برنامه تمرینی اندازه گیری‌های آنتروپومتریک شامل سن، قد، وزن و نمایه توده بدن، متغیرهای فیزیولوژیکی شامل فشار سیستولی و دیاستولی و یک تکرار بیشینه (IRM) انجام شد. پس از تکمیل فرم‌های پرسشنامه‌ی پژوهشی و آمادگی شرکت در فعالیت بدنی و رضایت کتبی همراه با تعهدات اخلاقی متقابل آزمودنی‌ها و محقق و با توجه به شرایط گزینش داوطلبان که خود شامل رعایت رژیم غذایی، عدم مصرف هرگونه دارو و مکمل، عدم استعمال دخانیات، نداشتن سابقه بیماری و عفونت اثرگذار بر فاکتورهای اینمنی و آشنایی با وزنه بود، آمادگی خود را جهت شرکت در پروتکل تمرین اعلام کردند. بدین منظور از کلیه‌ی آزمودنی‌ها خواسته شد ۲ روز قبل از خون گیری فعالیت سنگین فیزیکی انجام ندهند. قبل از اجرای برنامه‌های تمرینی، برای تعیین غلظت سرمی شاخص‌های cTnI، CK-MB و cTnT نمونه‌های

علی نصرتی هشی و همکاران

MB با استفاده از کیت Horiba به روش Colorimetry انجام شد. دامنه طبیعی در این روش <24 واحد بین المللی در لیتر می باشد.

نویسندهای این مقاله طبق پروتکل های اخلاقی دانشگاه محقق اردبیلی (IR.UMA.REC.1401.051) عمل نمودند. تمامی شرکت کنندگان در این مطالعه فرم رضایت نامه شرکت در این مطالعه را پر کرده و تمامی مقاصد مطالعه برای شرکت کنندگان به طور کامل شرح داده شده است.

تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل اندازه های آنتropومتریک و شاخص های آمادگی جسمانی از آمار توصیفی استفاده شد. از آزمون شاپیروویلک برای تعیین طبیعی بودن داده ها و برای مقایسه بین گروهی از آزمون آنالیز واریانس دوراهه و برای مقایسه درون گروهی از آزمون تی زوجی استفاده شد. نرم افزار مورد استفاده اکسل نسخه ۲۰۱۶ و SPSS نسخه ۲۴ استفاده گردید.

یافته ها

نتایج نشان داد هیچ یک از شاخص های توصیفی سن ($p=0.210$), قد ($p=0.788$), وزن ($p=0.371$) و شاخص توده بدنی ($p=0.316$) در دو گروه تمرين مقاومتی به همراه BFR و تمرين مقاومتی سنتی اختلاف معنی داری را نشان نداد ($p>0.05$).

کاف ۱۲۰ تا ۱۶۰ میلی متر جیوه با $>30\%$ یک تکرار بیشینه حرکات جلو بازو با هالترا و گروه دیگر تمرين مقاومتی بدون انسداد عروق، با $>75\%$ یک تکرار بیشینه حرکات جلو بازو با هالترا را انجام دادند (۲۵, ۲۶).

نمونه گیری خونی و آنالیز

در این پژوهش ۴ بار خون گیری به عمل آمد. پیش از شروع پروتکل و پس از ۱۲ تا ۱۴ ساعت ناشتاپی از ورید آنتی کوبیتال دست راست هر آزمودنی در وضعیت نشسته و در حالت استراحت ۵ سی سی خون گرفته شد. نخستین خون گیری قبل از شروع تمرين انجام شد. دومین خونگیری ۶ هفته اول بعد از فعالیت آخرین جلسه تمرينی از هر آزمودنی ۲۴ در شرایط کاملا مشابه صورت گرفت، خونگیری سوم ۲۴ ساعت قبل از شروع فعالیت ۶ هفته دوم و مرحله چهارم بعد از هفته دوم از آخرین جلسه تمرينی انجام گرفت. نمونه های خونی جمع آوری شده در آزمایشگاه، به وسیله دستگاه سانتریفیوژ مدل Rotoflx 32A ساخت کشور آلمان جداسازی و فریز شد، و پس از اتمام تحقیق و جمع آوری همه نمونه ها برای اندازه گیری بیومارکرهای تحقیق با استفاده از دستگاه Alexis الکتروکمی رومینانس با جریان الکتریکی cTnI مورد سنجش و اندازه گیری قرار گرفت. اندازه گیری cTnT و روش پیشرفته LIAISON با استفاده از دستگاه Chemiluminescence انجام شد. دامنه طبیعی در این روش <100 نانوگرام در میلی لیتر می باشد. اندازه گیری CK-

جدول ۱. شاخص توصیفی جودوکاران در دو گروه تمرين مقاومتی همراه با BFR و مقاومتی سنتی

متغیر	گروه تمرين مقاومتی به همراه BFR	تمرين مقاومتی سنتی	سطح معنی داری
سن	26 ± 33 سال	25 ± 33 سال	>0.210
قد	177 ± 23 سانتی متر	176 ± 26 سانتی متر	>0.788
وزن	82 ± 90 کیلوگرم	84 ± 70 کیلوگرم	>0.371
شاخص توده بدنی	26 ± 44 ٪	27 ± 23 ٪	>0.316

نتایج نشان داد سه متغیر CK-MB ($P=0.325$) و CK-MB ($P=0.426$) در مرحله پیش آزمون CK-MB ($P=0.052$), CTN-T ($P=0.832$) و CTN-I ($P=0.422$) در مرحله پس آزمون در گروه تمرين مقاومتی سنتی در آزمون شاپیروویلک اختلاف معنی داری نداشت ($P>0.05$). (جدول ۲).

نتایج نشان داد سه متغیر CTN-I ($P=0.496$), CTN-T ($P=0.422$) و CK-MB ($P=0.465$) در مرحله پیش آزمون CK-MB ($P=0.148$), CTN-T ($P=0.080$) و CTN-I ($P=0.408$) در مرحله پس آزمون در گروه تمرين مقاومتی همراه با BFR و سه متغیر CTN-T ($P=0.292$) و CTN-I ($P=0.422$)

جدول ۲. میانگین، انحراف معیار و آزمون شاپیروولک مولفه های BFR و مقاومتی سنتی

گروه تمرين مقاومتی سنتی						گروه تمرين مقاومتی همراه BFR						متغيرها
سطح معنی داری	آزمون شاپیرو ویلک	بین آزمون	سطح معنی داری	آزمون شاپیرو ویلک	بین آزمون	سطح معنی داری	آزمون شاپیرو ویلک	بین آزمون	سطح معنی داری	آزمون شاپیرو ویلک	بین آزمون	
۰/۸۳۲	۰/۹۷۸	۰/۱۰	۰/۲۹۲	۰/۹۵۹	۰/۱۲	۰/۸۰	۰/۹۳۸	۰/۸۰	۰/۶۹۶	۰/۸۶	۱/۱۰	CTN-I (نانو گرم / میلی لیتر)
۰/۵۰	۰/۹۳۱	۰/۲۴۷	۰/۳۲۵	۰/۹۴۵	۰/۳۰	۰/۱۴۰	۰/۹۴۰	۰/۵	۰/۴۳۰	۰/۸۵	۰/۰۴۲	CTN-T (نانو گرم / میلی لیتر)
۰/۴۳	۰/۹۶۵	۰/۲۴۹	۰/۴۲۶	۰/۹۶۶	۰/۲۵	۰/۹۰	۰/۹۵۷	۰/۵	۰/۴۶۵	۰/۹۶	۰/۰۸	CK-MB (واحد بین الملل / لیتر)

نتایج آزمون بین گروهی نشان داد (P=۰/۰۲۸) CTN-I، (P=۰/۰۳۶) CK-MB و (P=۰/۰۲۷) CTN-T در دو گروه تمرين مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون و مقاومتی سنتی اختلاف معنی داری داشت.

با استفاده از آزمون لون مساوی بودن واریانس ها ارزیابی شد. نتایج این آزمون نشان داد که واریانس CTN-I (F=۲/۰۶; P=۰/۱۵۶)، CTN-T=۰/۰۶; P=۰/۸۰۳) و CK-MB (F=۰/۰۱; P=۰/۹۳۱) در بین گروه ها همگن می باشد.

جدول ۳. آزمون Two-Vay-ANOVA (بین گروهی) سه متغير (بین گروهی) در دو گروه تمرين مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون و مقاومتی سنتی

متغيرها	مجموع میانگین	DF	مجذور میانگین	F	سطح معنی داری	توان آماری	متغيرها
CTN-I	۰/۰۴۲	۱	۰/۰۴۲	۰/۰۲۸*	۰/۰۷	۰/۶۰۰	
CTN-T	۰/۰۲۰	۱	۰/۰۲۰	۰/۰۳۶*	۴/۵۹	۰/۵۵۹	
CK-MB	۳۱/۵۲۰	۱	۳۱/۵۲۰	۰/۰۲۷*	۵/۱۷	۰/۶۰۹	

* P≤۰/۰۵

مقایسه با پیش آزمون افزایش معنی داری داشت. همچنین با توجه به اختلاف میانگین بین پیش آزمون و پس آزمون در هر گروه مشخص شد تمرين مقاومتی سنتی بر تمامی متغيرهای CTN-I، CTN-T و CK-MB اثر گذاری بیشتری در مقایسه با گروه تمرين مقاومتی همراه BFR داشته است (جدول ۴).

نتایج آزمون درون گروهی نشان داد (P=۰/۰۰۰) CTN-I، (P=۰/۰۰۰) CK-MB و (P=۰/۰۰۳) CTN-T در گروه تمرين مقاومتی همراه با BFR در مرحله پس آزمون در مقایسه با CTN-I آزمون افزایش معنی داری داشت. همچنین (P=۰/۰۰۰) CK-MB و (P=۰/۰۰۰) CTN-T در گروه تمرين مقاومتی سنتی در مرحله پس آزمون در

جدول ۷. آزمون تی زوجی برای مقایسه پیش آزمون و پس آزمون در دو گروه تمرين مقاومتی سنتی و تمرين مقاومتی به همراه BFR

متغیرها	مجموع میانگین	DF	مجذور میانگین	سطح معنی داری	F	توان آماری	میانگین
CTN-I	.۰۴۲	۱	.۰۴۲	.۰۷	۵/۰	.۶۰۰	.۰۲۸*
CTN-T	.۰۲۰	۱	.۰۲۰	.۴۹	۴/۵	.۵۵۹	.۰۳۶*
CK-MB	.۳۱/۵۲۰	۱	.۳۱/۵۲۰	.۵۷	۵/۱۷	.۶۰۹	.۰۲۷*

 $* P \leq .05$

تمرين مقاومتی سنتی بر سطوح تروپونین I CK- MB قلبی در جودوکاران مرد بررسی شده است که می- تواند دلیل دیگر ناهمسو بودن نتایج حاضر با واندرلیندن و همکاران (۲۰۱۵) باشد.

در تبیین نتایج تحقیق حاضر می توان اینطور بیان کرد که افزایش سطح CK-MB به دنبال تمرين شدید ممکن است نشان دهنده آسیب مکانیکی در سیستم اسکلتی عضلانی باشد که منجر به پاسخ های التهابی می شود (۲۹). تمرينات با شدت بالاتر می تواند با آسیب بیشتر به سلول های عضلانی همراه باشد (۳۰). افزایش سطح CK-MB در عضله اسکلتی ممکن است به دلیل افزایش سلول های ماهواره ای باشد که آسیب اسکلتی عضلانی را ترمیم می کند (۳۰). به نظر می رسد افزایش سطح CK-MB به دلیل تمرين مقاومتی باشد و آسیب اسکلتی عضلانی ناشی از تمرين شدید هیچ تاثیری بر آسیب مداوم قلبی ندارد و ممکن است به دلیل نشت سیتوزولی ناشی از فشار فعالیت فیزیولوژیکی باشد (۳۰). با این حال، افزایش CK-MB، به ویژه در طول تمرين و مراحل ریکاوری، منعکس کننده نفوذ پروتئین ها و سایر مواد از طریق غشاء عضلانی است. علاوه بر این، افزایش نوسانات این آنزیم ها با عواملی مانند سن، جنسیت، آمادگی جسمانی، فصل و تمرين مرتبط است (۳۱). یکی دیگر از دلایل افزایش CK-MB بعد از تمرين می تواند عدم تناسب عضلانی شرکت کنندگان باشد.

تمرين های متنابوب ورزشی منجر به بروز اختلالات متفاوتی از بیومارکرهای قلبی با شواهد بسیار محدودی از آسیب دیدگی یا تومور میوسیت می شوند (۳۲). افزایش درنشانگرهای قلب به علت تمرين مقاومتی، ممکن است آسیب های سلامت قلب را توجیه نکند، اما به دلیل تنش موقعت یا متابولیسم میوسیت های قلبی تغییر کرده باشد (۳۳). اما در زمینه اثرات تمرينات با محدودیت جریان خون بر تروپونین قلبی هیچ پژوهشی یافت نشد. از آنجایی که افزایش تروپونین آزاد شده در خون نشان دهنده آسیب حاد عضله قلبی است (به جز در بیماران مبتلا به بیماری های

بحث

هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر یک دوره تمرينات مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون بر شاخص های بیوشیمیایی ویژه سلول های قلبی در جودوکاران بود. نتایج آزمون بین گروهی نشان داد CK-MB و CTN-I، CTN-T در دو گروه تمرين مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون و مقاومتی سنتی اختلاف معنی داری داشت. همچنین نتایج آزمون درون گروهی نشان داد CTN-I، CTN-T و CK-MB در گروه تمرين مقاومتی سنتی و تمرين مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون در مرحله پس آزمون در مقایسه با پیش آزمون افزایش معنی داری داشت.

کریماجی و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیقی به بررسی نقش تروپونین I CK- MB و CPK-MB قلبی در بیماران تحت آزمایش تحمل ورزش پرداختند (۲۶). نتایج نشان از افزایش تروپونین I CK- MB و CPK-MB قلبی داشت. شریف زاده و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی به بررسی تأثیر تمرين مقاومتی حاد بر نشانگرهای بیوشیمیایی آسیب میوکارد (cTnT, cTnI, CK-MB) در زنان غیر ورزشکار پرداختند (۲۷). نتایج نشان داد تمرين مقاومتی ممکن است منجر به افزایش تروپونین قلبی و ایزوآنزیم CK شود. که به نوعی با نتایج تحقیق حاضر مبنی بر استفاده از تمرينات مقاومتی منجر به افزایش T و CTN-I، CTN-T می شود؛ همسو می باشد. یکی از دلایل احتمالی همسو بودن نتایج را می توان به استفاده از تمرين مقاومتی عنوان کرد. واندرلیندن و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی به بررسی تأثیر تمرين ورزشی بر سیر سطوح تروپونین T و I قلبی سالمدان پرداختند (۲۸). نتایج نشان داد بعد از ۱۲ و ۲۴ هفته تمرين مقاومتی، سطوح تروپونین T و I قلبی تغییر معنی داری نداشت. که به نوعی با نتایج حاضر ناهمسو بود به نظر می رسد یکی از دلایل ناهمسو بودن نتایج حاضر با نتایج واندرلیندن و همکاران (۲۰۱۵) جامعه آماری متفاوت، مدت و شدت تمرين مقاومتی باشد. به علاوه در تحقیق حاضر به نوعی استفاده از محدودیت جریان خون به عنوان تمرين مقاومتی نوین برای اولین بار به همراه

ایزوکنیتیک و همچنین سرعت توسعه نیرو/ظرفیت قدرت انفجاری در پاسخ به مداخلات تمرينات مقاومتی-BFR بهبود می یابند (۴۳, ۴۲). همچنین مشخص شد است که هیپرتروفی عضلانی و سازگاری‌های قدرتی با تمرين مقاومتی-BFR به طور قابل توجهی بیشتر از تمرين مقاومتی با بار کم است (۴۵, ۴۴). بنابراین، به نظر می رسد که تمرين مقاومتی به همراه BFR اجازه می دهد تا توده عضلانی اسکلتی زودتر افزایش یابد. ترکیب تمرين مقاومتی و BFR قدرت عضلانی را در مقایسه با تمرينات مقاومتی با شدت پایین به تنها بی بهبود می بخشد (۴۶). تحقیقات نشان داده است که افزایش قدرت عضلانی می تواند با افزایش فاکتورهای بیوشیمیابی مرتبط با آسیب های قلبی همراه باشد که نیازمند تحقیقات بیشتری در زمینه اثرگذاری تمرينات مختلف بر فاکتورهای بیوشیمیابی مرتبط با آسیب های قلبی است (۴۷).

تحقیق حاضر دارای محدودیت های بود، از جمله می توان به خستگی ناشی از تمرين، انتخاب روش نمونه گیری در دسترس و شرایط کرونایی اشاره کرد.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج تحقیق و بررسی اختلاف میانگین ها، هر دو تمرين منجر به افزایش شاخص های بیوشیمیابی و پژوه سلول های قلبی شده است که این افزایش در گروه تمرين مقاومتی به همراه محدودیت جریان خون کمتر بوده است. لذا استفاده از تمرين مقاومتی به همراه محدودیت جریان خون می تواند مورد توجه مریبان و ورزشکاران جودوکار مرد قرار گیرد.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از رساله دکترا فیزیولوژی ورزشی در دانشگاه IR.UMA.REC.1401.051 در سال ۱۴۰۱ با کد اخلاق ۰۵۱ است، پژوهشگران بدین وسیله مراتب قدردانی خود را از مسئولین محترم پژوهش دانشگاه محقق اردبیلی و جودوکاران شهرستان تهران که نهایت همکاری را با تیم پژوهش داشتند، اعلام می دارند.

تعارض منافع

نویسندها این مقاله با شخص یا ارگانی تضاد منافع ندارند. این پژوهش حامی مالی نداشت و با هزینه شخصی انجام شد.

کلیوی)، می توان استنباط کرد که تمرين می تواند منجر به افزایش خطر نارسایی قلبی شود. لازم به ذکر است که علیرغم افزایش قابل توجه مقادیر تروپوپین، این افزایش بسیار کمتر از حد مرجع تشخیصی برای خطر نارسایی قلبی بود (۳۴). تمرين ورزشی باعث افزایش نفوذپذیری سارکولمای میوکارد می شود که احتمالاً آزادسازی تروپوپین قلبی سیتوزولی را تسهیل می کند. از این رو، پس از تمرين، تروپوپین قلبی احتمالاً با انتشار غیرفعال به فضای خارج سلولی آزاد می شود. افزایش نفوذپذیری غشاء احتمالاً به دلیل افزایش فشار مکانیکی روی میوسیت ها، افزایش سنتز رادیکال های اکسیداتیویا عدم تعادل اسید قلیایی است (۳۴, ۹). محققان به این نتیجه رسیدند که افزایش نشانگرهای آسیب قلبی در ورزشکاران غیرحرفه ای با افزایش مدت زمان تمرين در ارتباط است (۳۵). زمان نمونه برداری عامل اصلی برای اندازه گیری و ارزیابی همه نشانگرهای بیوشیمیابی قلب در نظر گرفته می شود (۳۶). برخی از کارشناسان گزارش کرده اند که با توجه به ماهیت آزاد شدن آنزیم در خون، نمونه برداری باید به روش آبشاری و در زمان های مختلف انجام شود. شدت تمرين یکی از قوی ترین پیش بینی کننده های افزایش سطوح cTn است. تمرين شدیدتر ممکن است بر قلب فشار وارد کند و در نتیجه cTn آزاد شود (۳۷). افزایش بار قلب می تواند به طور موقت آپوپتوز و بازسازی میوکارد را تسريع کند. آسیب ناچیز قلبی و بازسازی بعدی آن بخشی از فرآیند طبیعی میوکارد است که به طور موقت سطح cTn سرم را پس از تمرين افزایش می دهد. این افزایش را می توان به اختلال عملکرد کلیه در حذف تروپوپین از گردش خون نسبت داد. از آنجایی که جریان خون در حین تمرين به طور قابل توجهی در شکم و کلیه ها کاهش می یابد، منجر به کاهش ظرفیت دفع کلیه ها می شود که احتمالاً غلظت سرمی cTn را اندکی افزایش می دهد (۳۸).

در تبیین اثرگذاری تمرينات مقاومتی به همراه محدودیت جریان خون می توان گفت که افزایش هیپرتروفی و قدرت عضلانی با تمرينات مقاومتی به همراه BFR به طور گستردۀ ثبت شده است. بررسی های سیستماتیک و متانالیزها نشان داده اند که تمرينات مقاومتی-BFR به طور مؤثر قدرت ماهیچه های اسکلتی و/یا هیپرتروفی را در جوانان سالم افزایش می دهد (۴۰, ۳۹) و جمعیت های مسن تر (۴۰) و همچنین جمعیت های تحت فشار که نیاز به توانبخشی دارند (۴۱). نشان داده شده است که معیارهای مختلف قدرت عضلانی (ایزوتونیک پویا، ایزو متربیک و قدرت

References

1. Böge V, Patlar S. Muscle fatigue and muscle damage in strength training. *Physical education of students.* 2022;26(3):136-44. <https://doi.org/10.15561/20755279.2022.0304>
2. Koch A, Pereira R, Machado M. The creatine kinase response to resistance exercise. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2014;14(1):68-77. https://www.researchgate.net/publication/260445443_The_creatine_kinase_response_to_resistance_exercise
3. Wu NN, Tian H, Chen P, Wang D, Ren J, Zhang Y. Physical exercise and selective autophagy: benefit and risk on cardiovascular health. *Cells.* 2019;8(11):1436. <https://doi.org/10.3390/cells8111436>
4. Jo MS, Lee J, Kim S-Y, Kwon HJ, Lee HK, Park DJ, et al. Comparison between creatine kinase MB, heart-type fatty acid-binding protein, and cardiac troponin T for detecting myocardial ischemic injury after cardiac surgery. *Clinica Chimica Acta.* 2019;488:174-8. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2018.10.040>
5. Kurniawan PR, Setiawan AA, Limantoro C, Ariosta A. the Differences in Troponin I and Ck-Mb Values in Acute Myocardial Infarction Patients With St Elevation and Without St Elevation. *JURNAL KEDOKTERAN DIPONEGORO (DIPONEGORO MEDICAL JOURNAL).* 2021;10(2):138-44. <https://doi.org/10.14710/dmj.v10i2.29601>
6. Zhou Y, Liu L, Gao C, Liu N, Fa X. Puerarin pre-conditioning on the expression levels of CK-MB, cTnI and inflammatory factors in patients undergoing cardiac valve replacement. *Experimental and Therapeutic Medicine.* 2019;17(4):2598-602.
7. Nalcalan GR. The effects of sprint interval vs. continuous endurance training on physiological and metabolic adaptations in young healthy adults. *Journal of human kinetics.* 2014;44:97. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0115>
8. Li S, Shaharudin S, Cirer-Sastre R, Li F, Manaf FA, Shukri MFM. Effects of high-intensity interval exercise on cardiac troponin elevation when comparing with moderate-intensity continuous exercise: a systematic review and meta-analysis. *PeerJ.* 2023;11:e14508. <https://doi.org/10.14710/dmj.v10i2.29601>
9. Aakre KM, Omland T. Physical activity, exercise and cardiac troponins: Clinical implications. *Progress in cardiovascular diseases.* 2019;62(2):108-15.. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2019.02.005>
10. Pinckard K, Baskin KK, Stanford KI. Effects of exercise to improve cardiovascular health. *Frontiers in cardiovascular medicine.* 2019;6:69. <https://doi.org/10.3389%2Ffcvm.2019.00069> <https://doi.org/10.3389/fcvm.2019.00069>
11. Savukoski T, Mehtälä L, Lindahl B, Venge P, Pettersson K. Elevation of cardiac troponins measured after recreational resistance training. *Clinical biochemistry.* 2015;48(12):803-6.. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2015.06.015>
12. Eijsvogels TM, Veltmeijer MT, George K, Hopman MT, Thijssen DH. The impact of obesity on cardiac troponin levels after prolonged exercise in humans. *European journal of applied physiology.* 2012;112:1725-32. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2145-3>
13. Legaz-Arrese A, López-Laval I, George K, Puente-Lanzarote JJ, Moliner-Urdiales D, Ayala-Tajuelo VJ, et al. Individual variability in cardiac biomarker release after 30 min of high-intensity rowing in elite and amateur athletes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism.* 2015;40(9):951-8.. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0055>
14. Rejaei SF, Mojtabaei H, Marandi M, Rahnama N, Movahedi AR, Bambaeichi E, et al. The effects of resistance, endurance, and combined exercise on cardiac biomarkers in active subjects. *Journal of Isfahan Medical School.* 2012;30(186). https://jims.mui.ac.ir/article_13791.html?lang=en
15. Chang H, Yao M, Chen B, Qi Y, Zhang J. Effects of Blood Flow Restriction Combined with Low-Intensity Resistance Training on Lower-Limb Muscle Strength and Mass in Post-Middle-Aged Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2022;19(23):15691. <https://doi.org/10.3390/ijerph192315691>
16. Holm L, Reitelseder S, Pedersen TG, Doessing S, Petersen SG, Flyvbjerg A, et al. Changes in muscle size and MHC composition in response to resistance exercise with heavy and light loading intensity. *Journal of applied physiology.* 2008;105(5):1454-61. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.90538.2008>
17. Nakajima T, Iida H, Kurano M, Takano H, Mor-

- ita T, Meguro K, et al. Hemodynamic responses to simulated weightlessness of 24-h head-down bed rest and KAATSU blood flow restriction. European journal of applied physiology. 2008;104:727-37.<https://link.springer.com/article/10.1007/s00421-008-0834-3> <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0834-3>
18. Vinolo-Gil MJ, Rodríguez-Huguet M, Martín-Vega FJ, García-Munoz C, Lagares-Franco C, García-Campanario I, editors. Effectiveness of Blood Flow Restriction in Neurological Disorders: A Systematic Review. Healthcare; 2022: Multidisciplinary Digital Publishing Institute. <https://doi.org/10.3390/healthcare10122407>
19. Mizushima Y, Uematsu A, Ishizaka H, Toyoda S, Mizushima T, Inoue T, et al. The effects of moderate blood flow restriction induced by KAATSU on muscle activation, heart rate, and rate of perceived exertion during low-intensity aerobic exercise: A pilot study. International Journal of KAATSU Training Research. 2020;16(1):1-4.https://www.jstage.jst.go.jp/article/ijktr/16/1/16_1/_article/-char/ja/ <https://doi.org/10.3806/ijktr.16.1>
20. Mouser JG, Mattocks KT, Buckner SL, Dankel SJ, Jessee MB, Bell ZW, et al. High-pressure blood flow restriction with very low load resistance training results in peripheral vascular adaptations similar to heavy resistance training. Physiological Measurement. 2019;40(3):035003. <https://doi.org/10.1088/1361-6579/ab0d2a>
21. Kim N, Lee D, Lee S, Kim N, Lee D, Lee S. Effects of 5 week low-intensity blood flow restriction resistance exercise and moderate-intensity resistance exercise on body composition and blood lipids in normal weight obese women. Exercise Science. 2021;30(1):70-9. <https://doi.org/10.15857/ksep.2021.30.1.70>
22. Takarada Y, Tsuruta T, Ishii N. Cooperative effects of exercise and occlusive stimuli on muscular function in low-intensity resistance exercise with moderate vascular occlusion. The Japanese journal of physiology. 2004;54(6):585-92. <https://doi.org/10.2170/jjphysiol.54.585>
23. Nosrati Hashi A, Bolboli L, Anoushiravani S, Farzizadeh R. The effect of a period of resistance training with blood flow restriction on the level of interleukin 6 (IL-6), IgA and TNF- α in judokas. Studies in Medical Sciences. 2022;33(9):661-75. <https://doi.org/10.52547/umj.33.9.4>
24. Patterson SD, HUGHES I, WARMINGTON S, et al. Blood flow restriction exercise: considerations of methodology, application, and safety. 2019;10:533. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00533>
25. Porsesh M, Habibi A, Ahmadi Barati S, Fatemi SR. Comparison of the Effect of 6 Weeks Resistance Training with and without Vascular Occlusion, on Serum Levels of CRP and LDH in Active Girls. SSU_Journals. 2016;24(9):706-15..<https://www.sid.ir/paper/36786/en>
26. Karimjee A, Carter D, Irwin M, Gulamhusein S, Edmonton A. The role of cardiac troponin I, CK and CPK-MB in patients undergoing bruce protocol exercise tolerance testing. Med Sports. 2003;796.
27. Sharifzadeh H, Monazami AA, Azizi M. Effects of Acute Resistance Training on Biochemical Markers of Myocardial Injury (cTnT, cTnI, CK-MB) in Non-Athlete Women. Journal of Kermanshah University of Medical Sciences. 2019;23(2).. <https://doi.org/10.5812/jkums.84103>
28. van der Linden N, Klinkenberg LJ, Leenders M, Tieland M, Verdijk LB, Niens M, et al. The effect of exercise training on the course of cardiac troponin T and I levels: three independent training studies. Scientific reports. 2015;5(1):1-6.. <https://doi.org/10.1038/srep18320>
29. Toft A, Jensen LB, Bruunsgaard H, Ibfelt T, Halkjaer-Kristensen J, Febbraio M, and Pedersen BK. Cytokine response to eccentric exercise in young and elderly humans Am J Physiol Cell Physiol. 2002;283:C289-C295. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00583.2001>
30. Casamichana D, Suarez-Arribes L, Castellano J, San Román-Quintana J. Effect of number of touches and exercise duration on the kinematic profile and heart rate response during small-sided games in soccer. Journal of human kinetics. 2014;41(1):113-23. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0039>
31. Williams C, Kronfeld D, Hess T, Saker K, Waldron J, Crandell K, et al. Antioxidant supplementation and subsequent oxidative stress of horses during an 80-km endurance race. Journal of animal science. 2004;82(2):588-94.. <https://doi.org/10.1093/ansci/82.2.588>
32. Carranza-García LE, George K, Serrano-Ostáriz E, Casado-Arroyo R, Caballero-Navarro AL,

- Legaz-Arrese A. Cardiac biomarker response to intermittent exercise bouts. International journal of sports medicine. 2011;32(05):327-31. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1263138>
33. Scherr J, Braun S, Schuster T, Hartmann C, Moehlenkamp S, Wolfarth B, et al. 72-h kinetics of high-sensitive troponin T and inflammatory markers after marathon. Medicine and science in sports and exercise. 2011;43(10):1819-27. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31821b12eb>
34. Stelzle D, Shah AS, Anand A, Strachan FE, Chapman AR, Denvir MA, et al. High-sensitivity cardiac troponin I and risk of heart failure in patients with suspected acute coronary syndrome: a cohort study. European Heart Journal-Quality of Care and Clinical Outcomes. 2018;4(1):36-42. <https://doi.org/10.1093/ehjqcco/qcx022>
35. Coppi F, Pinti M, Selleri V, Zanini G, D'Alisera R, Latessa PM, et al. Cardiovascular EffectsofWhole-Body Cryotherapy in Non-professional Athletes. Frontiers in Cardiovascular Medicine. 2022;9. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.905790>
36. Kraus VB, Huebner JL, DeGroot J, Bendele A. The OARSI histopathology initiative-recommendations for histological assessments of osteoarthritis in the guinea pig. Osteoarthritis and cartilage. 2010;18:S35-S52. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2010.02.014>
37. Ghahramani M, Kaikhosro Doulatyari P, Rouzbahani M. Investigation Effect of Exercise and Physical Activity on Cardiac Troponins: A Systematic Review. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology. 2021;8(1):12-20.
38. Sattar N, Rawshani A, Franzén S, Rawshani A, Svensson A-M, Rosengren A, et al. Age at diagnosis of type 2 diabetes mellitus and associations with cardiovascular and mortality risks: findings from the Swedish National Diabetes Registry. Circulation. 2019;139(19):2228-37. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.118.037885>
39. Slysz JT, Burr JF. The effects of blood flow restricted electrostimulation on strength and hypertrophy. Journal of sport rehabilitation. 2018;27(3):257-62. <https://doi.org/10.1556/APhysiol.99.2012.3.1>
40. Lixandrao ME, Ugrinowitsch C, Berton R, Vechin FC, Conceição MS, Damas F, et al. Magnitude of muscle strength and mass adaptations between high-load resistance training versus low-load resistance training associated with blood-flow restriction: a systematic review and meta-analysis. Sports medicine. 2018;48:361-78.. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0795-y>
41. Jacobson J, Chaltron C, Sherman D, Glaviano NR. Blood Flow Restriction Training in Clinical Musculoskeletal Rehabilitation: A Critically Appraised Paper. International Journal of Athletic Therapy and Training. 2020;25(6):303-6. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097071>
42. Nielsen JL, Aagaard P, Prokhorova TA, Nygaard T, Bech RD, Suetta C, et al. Blood flow restricted training leads to myocellular macrophage infiltration and upregulation of heat shock proteins, but no apparent muscle damage. The Journal of physiology. 2017;595(14):4857-73. <https://doi.org/10.1113/JP273907>
43. Palange P, Forte S, Onorati P, Manfredi F, Serra P, Carbone S. Ventilatory and metabolic adaptations to walking and cycling in patients with COPD. Journal of Applied Physiology. 2000;88(5):1715-20. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.5.1715>
44. Abe T, Fujita S, Nakajima T, Sakamaki M, Ozaki H, Ogasawara R, et al. Effects of low-intensity cycle training with restricted leg blood flow on thigh muscle volume and VO₂max in young men. Journal of sports science & medicine. 2010;9(3):452. PMID: 24149640
45. Yasuda T, Fukumura K, Tomaru T, Nakajima T. Thigh muscle size and vascular function after blood flow-restricted elastic band training in older women. Oncotarget. 2016;7(23):33595. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.9564>
46. Eirale C, Tol J, Farooq A, Smiley F, Chalabi H. Low injury rate strongly correlates with team success in Qatari professional football. British journal of sports medicine. 2013;47(12):807-8. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091040>
47. Abulaiti M, Yalikun Y, Murata K, Sato A, Sami MM, Sasaki Y, et al. Establishment of a heart-on-a-chip microdevice based on human iPS cells for the evaluation of human heart tissue function. Scientific reports. 2020;10(1):1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76062-w>