علوم زیستی ورزشی _ پاییز ۱۳۹۰
شمارهٔ ۱۰- ص ص : ۱۱۴ – ۹۵
تاریخ دریافت : ۲۴ / ۰۲ / ۹۰
تاریخ تصویب : ۰۶ / ۰۵ / ۹۰

مقایسهٔ اثر تمرینات قدرتی سنتی با تمرینات قدرتی همراه با انسداد عروق بر عملکرد عضلانی و استقامت قلبی – عروقی در دختران جوان

۱.سیدعلیرضا حسینی کاخک [۱] _ ۲. اکرم شریفی مقدم _ ۳. محمدرضا حامدی نیا _ ۴. مرضیه سادات آذر نیوه

۱.استادیار دانشگاه حکیم سبزواری ،۲.دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه حکیم سبزواری،۳.دانشیار دانشگاه حکیم سبزواری، ۴.کارشناس ارشد دانشگاه حکیم سبزواری

چکیده

هدف از این پژوهش، مقایسهٔ اثر تمرینات مقاومتی همراه با انسداد عروق با تمرینات مقاومتی سنتی بر عملکرد عضلانی و استقامت قلبی – عروقی دختران جوان بود. به این منظور ۴۳ دختر جوان به سه گروه تمرین مقاومتی سنتی (تمرین با شدت ۸۰٪ - ۷۰ 1RM، ۱۴ نفر)، تمرین مقاومتی همراه با انسداد عروق (تمرین با شدت ۳۰٪-۲۰ 1RM همراه با بستن تورنیکت لاستیکی به دور قسمت پروگزیمال ران، ۱۶ نفر) و گروه کنترل (۱۳ نفر) تقسیم شدند. تمرین شامل سه حرکت باز شدن زانو، پرس پا و هاک پا در چهار ست تا حد خستگی به مدت هشت هفته بود. قبل و بعد از تمرینات، آزمون های قدرت عضلانی، استقامت عضلانی، توان بی هوازی، توان انفجاری و استقامت قلبی– عروقی به عمل آمد. داده ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه و نرم افزار SPSS 16 تجزیه و تحلیل شد. نتایج حاکی از افزایش معنی دار قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و توان انفجاری ($P< ۰/۰۵$) در گروه های تمرین در مقایسه با گروه کنترل بود. بین گروه های تجربی تفاوت معنی داری وجود نداشت. همچنین در استقامت قلبی – عروقی و توان بی هوازی بین سه گروه تفاوت معنی داری مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$). می توان گفت تمرینات مقاومتی با انسداد عروق با شدت کم اثری مشابه تمرینات مقاومتی سنتی شدید بر قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و توان انفجاری عضلات پا در دختران جوان دارد. بنابراین می توان این تمرینات را به طور موفقیت آمیزی جایگزین تمرینات مقاومتی سنتی در دختران جوان کرد.

واژه‌های کلیدی

تمرین مقاومتی، انسداد عروق، عملکرد، قدرت عضلانی، استقامت عضلانی.

۱- نویسندهٔ مسئول : تلفن : ۰۹۱۲۵۴۹۷۲۰۹ Email:hosseini18@yahoo.com

مقدمه

تمرینات مقاومتی، جزء مهم برنامهٔ تمرینی در بیشتر ورزش‌هاست، همچنین در پیشگیری از آسیب و توانبخشی نقش دارد (۴۰). تمرینات مقاومتی از طریق افزایش قدرت عضله، توان، سرعت، هایپرتروفی، استقامت عضلانی، عملکرد حرکتی، تعادل و هماهنگی، نقش مهمی در بهبود عملکرد ورزشی بر عهده دارد. برای نیل به این اهداف در برنامهٔ تمرینی قدرتی طراحی صحیح برنامهٔ تمرینی ضروری است (۲۱). بر حسب نوع هدفی که از برنامهٔ تمرین قدرتی دنبال می شود (توان، استقامت، قدرت یا حجم عضلانی)، متغیرهای مختلفی مثل شدت، مدت، تکرار، تناوب، فاصلهٔ استراحت و غیره قابل دستکاری است که از این بین شدت مهم ترین متغیر برنامهٔ تمرینی معرفی شده است (۵). به طوری که عقیده بر آن است تمرین قدرتی شدید (بیش از ۷۰ تا ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه) موجب افزایش قدرت و هایپرتروفی عضلانی می شود. براین اساس تمرین با شدت کمتر از این مقدار، از تنش کافی برای افزایش قدرت و حجم عضلانی برخوردار نخواهد بود (۲۶). اما نتایج نشان می دهند شدت زیاد تمرین قدرتی برای افراد پیر، بیماران خاص و دیگر گروه هایی که به افزایش قدرت عضلانی نیاز دارند، ولی تمایل و تحمل این گونه تمرینات سخت را ندارند، مناسب نیست و در مواردی موجب آسیب های عضلانی و بافتی شدید می شود. بنابراین ابداع روش های ایمن و مؤثر برای حفظ و توسعهٔ قدرت عضلانی برای دامنهٔ گسترده‌ای از مردم همواره مورد نظر محققان بوده است (۱، ۱۳).

براین اساس محققان نوعی از تمرینات به نام تمرینات مقاومتی همراه با انسداد عروق[1] (RTVO) را پیشنهاد کردند (۱۹). در این روش تمرین جریان خون ورودی به عضلهٔ فعال در حین تمرین از طریق بستن یک کاف یا کش (تورنیکت) لاستیکی انعطاف پذیر، به دور قسمت پروگزیمال بازو یا ران، محدود یا متوقف می شود (۳۳). شدت این تمرینات به طور معمول بین ۲۰ تا ۳۰ درصد یک تکرار بیشینه (تقریباً معادل شدت فعالیت روزانه افراد) در نظر گرفته می شود، بنابراین افراد با ویژگی های جسمانی متفاوت می توانند آن را تحمل کنند (۲۵). تمرینات مقاومتی همراه با انسداد عروق در مقایسه با تمرینات قدرتی سنتی[2] (TRT)، حتی در مدت کوتاهی (برای مثال یک هفته)، می تواند تاثیرات مطلوبی بر قدرت و تودهٔ عضلانی داشته باشد (۱۶). این نوع

1 - Resistance Training with Vascular Occlusion (RTVO)
2 - Traditional Resistance Training (TRT)

تمرینات روش تمرینی سالم، مطمئن و امیدوارکننده ای پیش روی پزشکان و مربیان تیم های ورزشی قرار داده است که علاوه بر افزایش قدرت، موجب بهبود کیفیت زندگی افراد مسن، بیماران قلبی – عروقی، ارتوپدیک، چاقی، عصبی عضلانی، دیابت و توانبخشی می شود (۷، ۲۸). یافته ها حاکی از آن است که این تمرینات فواید مشابه و حتی بیشتر از تمرینات قدرتی سنتی دارد (۱۶، ۳۴).

سازوکارهای متعددی برای سازگاری های عضلانی متعاقب این تمرینات پیشنهاد شده است که از آن جمله می توان به افزایش فراخوانی تارهای تندانقباض در شرایط هایپوکسی، ایجاد گونه های اکسیژن واکنشی از جمله نیتریک اکساید و افزایش ترشح کاتکولامین ها و هورمون رشد ناشی از سوخت و ساز بی هوازی و انباشتگی لاکتات اشاره کرد (۹، ۱۰، ۳۲).

تحقیقات به نسبت زیادی در این زمینه وجود دارد، ولی با توجه به نوع آزمودنی ها و متغیرهای مختلف برنامهٔ تمرینی، نتایج متفاوتی گزارش شده است. کارابولت و همکاران[1] (۲۰۱۰) ۳۷ مرد بزرگسال را به مدت شش هفته بررسی کردند. به طوری که یک گروه تمرین قدرتی باز کردن زانو را با شدت ۸۰ درصد و گروه دوم همین تمرین را با شدت ۲۰ درصد یک تکرار بیشینه همراه با انسداد عروق انجام دادند.

محققان افزایش یکسانی در قدرت عضلانی هر دو گروه مشاهده کردند(۱۷). تاکارادا و همکاران (۲۰۰۲) به مدت هشت هفته تمرین قدرتی باز کردن زانو را روی ۱۷ بازیکن راگبی مرد بررسی کردند. شش آزمودنی تمرین را با شدت ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه همراه با انسداد عروق و شش آزمودنی تمرین با همان شدت و شرایط تمرینی را بدون انسداد عروق انجام دادند. نتایج حاکی از افزایش قدرت و استقامت عضلانی فقط در گروه تمرین با انسداد عروق بود (۳۶). در تحقیقی دیگر هشت هفته تمرین قدرتی بازکردن آرنج در مردان سالم جوان با شدت ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه همراه با انسداد عروق موجب افزایش معنی دار قدرت شد. در حالی که همین شدت تمرین ولی بدون انسداد عروق تاثیری در قدرت عضلانی گروه دیگر نداشت (۲۷). تحقیق تاکارادا و همکاران (۲۰۰۴) روی سه گروه ورزشکار مرد جوان که به مدت هشت هفته تمرین بازکردن زانو را انجام دادند، نشان داد که قدرت فقط در گروه تمرین با انسداد عروق که با شدت ۲۰ درصد یک تکرار بیشینه تمرین کردند،

1 - Karabulut et al

افزایش یافت. افزایش قدرت در گروه دیگر گه همین شدت تمرین ولی بدون انسداد را انجام داد و گروه سوم که بدون تمرین و فقط با بستن ران با تورنیکت مورد مطالعه قرار گرفت، مشاهده نشد (۳۸).

به نظر می رسد تا کنون تحقیقی در این زمینه در ایران انجام نگرفته است. در ضمن تحقیقات انجام گرفته در دیگر کشورها نیز اغلب روی مردان بوده است و تحقیقی روی زنان جوان مشاهده نشد. محققان دیگر نیز بر این موضوع تاکید کرده‌اند که در این زمینه خلاء تحقیقاتی وجود دارد و باید تحقیقات ویژه ای روی زنان انجام گیرد (۱۶). این مسئله لزوم تحقیقات داخلی در این زمینه و به ویژه روی زنان را روشن می سازد. از طرفی براساس آمار پزشکی زنان نسبت به بعضی بیماری های وابسته به طول عمر و سالمندی، حساس تر و مستعدتر از مردان هستند، به طوری که احتمال ابتلای آنها به برخی بیماری های سالمندی بیشتر است. بنابراین توصیه می شود تمرینات قدرتی بخشی از برنامه های تمرینی دختران را در برگیرد(۲۴). ازاین رو آگاهی از چگونگی انجام این تمرینات مهم است. در ضمن همان طور که گفته شده، برای افزایش قدرت از طریق تمرینات قدرتی تمرین باید با شدت نسبتاً زیاد انجام گیرد که پذیرش این گونه تمرینات برای زنان مطلوب و رضایت بخش نیست. ازاین رو چنانچه بتوان با طراحی یک برنامهٔ تمرینات قدرتی با شدت کم به همان نتایج تمرین با شدت زیاد دست یافت، می توان از آن به عنوان توصیهٔ کاربردی برای گروه های تمرینی متفاوت بهره برد. همچنین تحقیق حاضر از این منظر که عملکردهای مختلف عضله را در پاسخ به برنامهٔ تمرین مقاومتی همراه با انسداد عروق بررسی می کند، منحصر به فرد به نظر می رسد. بنابراین پژوهش حاضر به طور مشخص درصدد پاسخ به این پرسش است که آیا در عملکردهای مختلف عضلانی (توان انفجاری، توان بی هوازی، قدرت و استقامت عضلانی) و استقامت قلبی عروقی دختران جوان ورزشکار در پاسخ به برنامهٔ تمرین مقاومتی سنتی و برنامهٔ تمرین مقاومتی همراه با انسداد عروق تفاوتی وجود دارد؟

روش تحقیق

این تحقیق از نوع نیمه تجربی و با طرح پیش آزمون – پس آزمون است و جامعهٔ آماری آن دانشجویان دختر تربیت بدنی دانشگاه تربیت معلم سبزوار بودند. از بین آنها ۴۳ نفر به صورت داوطلبانه به عنوان نمونهٔ

آماری انتخاب شدند و به طور تصادفی در سه گروه کنترل (۱۳ نفر)، تمرین مقاومتی با انسداد عروق (RTVO) (۱۶ نفر) و تمرین مقاومتی سنتی (TRT) (۱۴ نفر) قرار گرفتند.

انجام معاینات

تمام آزمودنی‌ها قبل از ورود به تحقیق توسط پزشک معاینه (مصرف داروی خاص، سلامت عمومی، سلامت قلبی – عروقی، فشار خون و هرگونه بیماری که در نتایج تأثیر داشته باشد) و پزشک مجوز شرکت ایشان را در تحقیق صادر کرد. سپس رضایت‌نامهٔ کتبی مبنی بر شرکت داوطلبانه و آگاهانه در جلسات تمرین از آزمودنی‌ها دریافت شد.

انجام پیش‌آزمون

یک هفته قبل از شروع برنامهٔ تمرینی، سه جلسهٔ آشنایی با مداخلات تحقیق (شامل انسداد عروق و تمرین با وزنه) برای آزمودنی‌ها گذاشته شد. سپس از آزمودنی‌ها پیش آزمون شامل اندازه‌های آنتروپومتریک (شامل سن، قد، وزن و نمایهٔ تودهٔ بدن)، ترکیب بدنی (شامل درصد چربی و تودهٔ عضلانی) با استفاده از دستگاه Body composition Analyser, in body 3 (در حالت ناشتایی و پس از رفتن به دستشویی)، قدرت عمومی (با استفاده از داینامومتر و اندازه گیری یک تکرار بیشینه در هر یک از حرکات)، استقامت عضلانی (با آزمون انجام ۳۰ درصد یک تکرار بیشینه تا حد خستگی در هر یک از حرکات)، استقامت قلبی – عروقی [(VO_{2max}) با ا ستفاده از پروتکل بیشینهٔ بروس]، توان بی هوازی (با استفاده از آزمون ۳۰ ثانیه دوچرخهٔ وینگیت) و توان انفجاری پاها با استفاده از آزمون پرش عمودی سارجنت به عمل آمد. توان انفجاری پاها به دو روش محاسبه شد؛ اول بر مبنای ارتفاع پرش (با استفاده از آزمون پرش عمودی سارجنت) و دوم بر مبنای فرمول زیر (۱۲):

$$power(kg.\frac{m}{s}) = \sqrt{(4.9)} \times weight(kg) \times \sqrt{jumpheight(m)}$$

برنامهٔ تمرینی

سپس آزمودنی ها در برنامهٔ تمرینی شرکت کردند. برنامهٔ تمرین در هر جلسه شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن عمومی، برنامهٔ تمرین اصلی و ۱۰ دقیقه سرد کردن بود. برنامهٔ تمرین اصلی شامل سه حرکت برای اندام تحتانی شامل حرکت باز شدن زانو، پرس پا و هاک پا در چهار ست بود. در گروه RTVO قبل از تمرین اصلی قسمت پروگزیمال هر دو ران با تورنیکت لاستیکی بسته شد و تمرین با شدت ۳۰-۲۰ 1RM درصد تا حد خستگی انجام گرفت. در گروه TRT همین حرکات با شدت ۸۰-۷۰ 1RM درصد تا حد خستگی انجام گرفت. استراحت بین ست ها ۱ تا ۱/۵ و بین ایستگاه ها سه تا چهار دقیقه بود. در گروه RTVO بین حرکات تورنیکت باز می شد تا جریان خون باردیگر و به مدت کوتاهی برقرار شود و قبل از حرکت بعدی بسته میشد. تمرینات به مدت هشت هفته (هر هفته سه جلسه و هر جلسه ۶۰ دقیقه) و در مجموع ۲۴ جلسه انجام گرفت. گروه کنترل در این مدت هیچ برنامهٔ تمرین قدرتی انجام ندادند، ولی هر هفته دو جلسه در سالن تمرین حاضر شدند، بدون اینکه در برنامهٔ تمرینی شرکت کنند. آزمودنی ها در سرتاسر دورهٔ تمرینی از برنامهٔ غذایی سلف سرویس دانشگاه استفاده کردند و از ایشان خواسته شد رژیم غذایی خود را تغییر ندهند.

اولتراسونوگرافی

به منظور کالیبره کردن و تعیین میزان اعمال نیرو بر تورنیکت لاستیکی، چند نفر از آزمودنی‌ها با حجم ران متفاوت با دستگاه اولتراسونوگرافی بررسی شدند، به طوری که تورنیکت لاستیکی با کشش‌های مختلف دو ران بسته شده و جریان خون شریان با دستگاه اندازه گیری می شد. با چند بار آزمون و خطا طول مناسب تورنیکت و میزان مناسب کشش با توجه به حجم ران به دست آمد. میزان کشش به گونه‌ای تنظیم شد که با بستن تورنیکت جریان خون شریان رانی به طور کامل قطع می شد. سپس طول مناسبی از هر تورنیکت با توجه به دور ران آزمودنی‌ها انتخاب و مقدار کشش آن نیز روی آن علامت‌گذاری می شد.

پس آزمون

پس از هشت هفته تمرین و کامل کردن تعداد جلسات توسط تمام آزمودنی‌ها، از تمام آزمودنی‌ها باردیگر پس آزمون شامل تمام آزمون‌های پیش‌آزمون در شرایط مشابه به عمل آمد.

تجزیه و تحلیل آماری

برای بررسی اثر تمرین بر متغیرهای وابسته و مقایسهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون بین سه گروه از آنالیز واریانس یکطرفه بر تفاضل نمره‌ها استفاده شد. از آزمون تعقیبی LSD برای بررسی اختلافات بین گروهی استفاده شد. کلیهٔ عملیات آماری از طریق نرم افزار SPSS نسخهٔ ۱۶ انجام گرفت و سطح معنی داری $P<۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

نتایج و یافته‌های تحقیق

جدول ۱ برخی خصوصیات آنتروپومتری و فیزیولوژی آزمودنی ها را نشان می دهد.

جدول ۱ _ خصوصیات آنتروپومتری و فیزیولوژی آزمودنی ها در حالت پایه

گروه ها / ویژگی ها	گروه کنترل	گروه تمرینی سنتی (۸۰ درصد 1RM)	گروه تمرین با انسداد عروق (۲۰ درصد 1RM)
سن (سال)	۲۰/۲ ± ۱/۶	۲۰/۲ ± ۰/۹	۲۰ ± ۰/۶۳
قد (سانتی متر)	۱۶۳ ± ۴/۶	۱۶۲/۲ ± ۴/۷	۱۶۳/۷ ± ۳
وزن (کیلوگرم)	۶۰ ± ۸/۴	۵۵/۷ ± ۷/۸	۵۵ ± ۵
BMI(مجذور قد/کیلوگرم)	۲۲/۷ ± ۳/۳	۲۱/۲ ± ۲/۳	۲۰/۸ ± ۱/۹
تودهٔ بدون چربی (کیلوگرم)	۴۳ ± ۵	۴۰ ± ۵	۴۰ ± ۳
درصد چربی	۲۸/۳ ± ۷	۲۸/۸ ± ۴/۴	۲۸/۶ ± ۵
VO_{2max} (ml.kg.min)	۵۰/۹ ± ۶	۴۶/۸ ± ۸/۸	۵۱/۹ ± ۶/۳

در جداول ۲ تا ۳ نتایج آزمون های مختلف به تفکیک گروه‌های کنترل و تمرین در مرحلهٔ قبل و بعد از تمرینات آمده است. همان طور که مشاهده می شود، نتایج آزمون تجزیه و تحلیل واریانس نشان داد که قدرت عضلانی در هر دو گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل در هر چهار حرکت افزایش معنی دار داشته است (در مورد سه حرکت بازکردن زانو، پرس پا و هاک : $P<۰/۰۰۰۱$ و در مورد قدرت عمومی $P<۰/۰۰۱$). نتایج آزمون تعقیبی LSD نشان داد که بین دو نوع تمرین تفاوت معنی داری در هیچ یک از آزمون های قدرت وجود نداشت ($P>۰/۰۵$).

جدول ۲ ـ تغییرات قدرت و استقامت عضلانی در گروه های تجربی و کنترل قبل و بعد از تمرین

متغیرها		گروه ها	قبل	بعد	٪ تغییرات	P قبل	P بعد	P اختلاف
قدرت عضلانی	هاگ پا (کیلوگرم)	کنترل	۵۲/۳± ۸/۰۶	۵۹/۲± ۹/۷	۱۲	۰/۷۷۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
		٪۲۰	۵۳± ۱۶/۱	۱۰۲± ۱۶/۳	۹۲			
		٪۸۰	۴۹/۷± ۱۱/۴	۹۴/۶± ۱۹/۵	۹۰			
	پرس پا (کیلوگرم)	کنترل	۱۲۰/۹± ۳۲/۷	۱۲۹/۲± ۳۳	۶	۰/۷۳۷	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
		٪۲۰	۱۱۴/۸± ۱۹/۳	۱۷۸/۷± ۲۱/۸	۵۵			
		٪۸۰	۱۲۱/۷± ۲۶/۹	۱۹۱± ۲۹/۹	۵۶			
	باز کردن زانو (کیلوگرم)	کنترل	۶۳/۹± ۲۱/۶	۷۳ ±۱۳/۸	۱۴	۰/۶۶۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
		٪۲۰	۶۷/۸۹± ۲۱/۶	۱۰۸± ۱۷/۷	۵۹			
		٪۸۰	۷۰/۶± ۱۵/۵	۱۱۵/۸± ۲۲/۸	۶۴			
	قدرت عمومی (کیلوگرم)	کنترل	۷۸/۹± ۱۴/۵	۷۵± ۱۱/۳	-۰/۰۴	۰/۶۷۷	۰/۰۸۶	۰/۰۰۱
		٪۲۰	۷۴/۶± ۱۲/۱	۸۵/۱± ۱۱/۸	۱۴			
		٪۸۰	۷۳/۸± ۲۰/۴	۸۲/۶± ۱۷	۱۲			
استقامت عضلانی	هاگ پا (کیلوگرم)	کنترل	۲۲/۹± ۱۸/۹	۳۷± ۱۳/۲	۸	۰/۷۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
		٪۲۰	۳۲/۲± ۹/۸	۵۹/۶± ۱۷/۳	۸۵			
		٪۸۰	۳۶/۴± ۱۴/۳	۵۹/۶± ۱۵/۴	۶۳			
	پرس پا (کیلوگرم)	کنترل	۳۲/۳± ۹/۶	۳۵/۴± ۹/۴	۹	۰/۹۵۷	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
		٪۲۰	۳۳/۳± ۹/۶	۶۳± ۲۹/۴	۷۷			
		٪۸۰	۳۱/۸± ۹/۳	۵۳/۳± ۹/۷	۶۷			
	باز کردن زانو (کیلوگرم)	کنترل	۱۹/۹± ۵/۲	۲۰/۲± ۹/۲	۵	۰/۲۲۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
		٪۲۰	۲۱/۷± ۷/۷	۳۷/۱± ۹/۲	۷۰			
		٪۸۰	۲۲/۸± ۸/۹	۳۸/۷± ۱۳/۳	۶۹			

در جدول ۲ تغییرات استقامت عضلانی در گروه‌های تجربی و کنترل قبل و بعد تمرین نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، نتایج آزمون آماری نشان داد که استقامت عضلانی در هر دو گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل در هر سه حرکت افزایش معنی‌داری داشته است ($P<۰/۰۰۰۱$). نتایج آزمون تعقیبی LSD نشان داد که بین دو نوع تمرین تفاوت معنی داری در هیچ یک از آزمون‌های استقامت وجود نداشت ($P>۰/۰۵$).

جدول ۳ _ تغییرات توان هوازی، توان انفجاری پاها (آزمون سارجنت)، توان اوج مطلق و نسبی (آزمون وینگیت) در گروه های تمرین و کنترل قبل و بعد از تمرین

متغیرها	گروه ها	قبل	بعد	٪ تغییرات	P قبل	P بعد	P اختلاف
VO_2max (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه)	کنترل	۵۰/۹± ۶/۶	۵۳/۳± ۷/۹	۳	۰/۱۴	۰/۴۸	۰/۳۳
	٪۲۰	۵۱/۹± ۶/۳	۵/۲± ۶/۲	۷			
	٪۸۰	۴۶/۸± ۸/۸	۵۱/۹ ±۸	۱۰			
توان انفجاری پاها (سانتی متر)	کنترل	۳۲/۱± ۶/۲۲	۳۳± ۵/۱	۲	۰/۶۳	۰/۴۲	۰/۰۰۱
	٪۲۰	۳۱/۴± ۳/۱	۳۵/۱± ۲/۵	۱۱			
	٪۸۰	۳۰/۴± ۴/۹	۳۴/۱± ۴/۶	۱۲			
توان انفجاری پاها (ثانیه/کیلوگرم متر)	کنترل	۷۵۸/۲± ۰/۱۰۶	۷۶۱/۵± ۹۹/۲	۰/۴	۰/۰۸۳	۰/۷۰	۰/۰۰۱
	٪۲۰	۶۸۶/۸± ۵۸	۷۳۴± ۶۴/۳	۶/۸			
	٪۸۰	۶۷۹/۷± ۱۲۳/۱	۷۳۳/۷± ۱۲۵/۶	۷/۹			
توان اوج مطلق در آزمون وینگیت (وات)	کنترل	۳۱۲/۱± ۹۱/۸	۳۵۱/۱± ۷۲/۲	۱۲	۰/۹۶	۰/۷۵	۰/۷۶
	٪۲۰	۳۰۵/۷± ۷۸/۳	۳۷۰/۹± ۵۸/۷	۲۱			
	٪۸۰	۳۱۴/ ۶± ۱۲۴	۳۰۸/۹± ۱۴۹	۲۱			
توان اوج نسبی در آزمون وینگیت (وات)	کنترل	۵/۲± ۱/۷	۵/ ۹ ± ۱/۴	۱۳	۰/۷۸	۰/۳۴	۰/۴۶
	٪۲۰	۵/۵± ۱/۳	۶/۷± ۰/۸۴	۲۱			
	٪۸۰	۵/۷± ۲	۶/۷± ۲	۱۷			

جدول ۳ نتایج آزمون های استقامت قلبی – عروقی و توان انفجاری پاها را در هر یک از گروه ها نشان می دهد. همان طور که نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان می دهد، در مورد استقامت قلبی – عروقی بین گروه ها تفاوت معنی داری وجود نداشت ($P=۰/۳۳$). در مورد توان انفجاری پاها نتایج آزمون های آماری حاکی از تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها بود ($P<۰/۰۰۱$). نتایج آزمون تعقیبی LSD نشان داد که بین دو گروه تمرین و کنترل تفاوت معنی‌داری وجود داشت، ولی گروه‌های تمرین با یکدیگر تفاوت نداشتند ($P>۰/۰۵$).

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر، مقایسهٔ اثر تمرینات مقاومتی سنتی (TRT) با تمرینات مقاومتی همراه با انسداد عروق (RTVO) بر عملکرد حرکتی و استقامت قلبی – عروقی دختران جوان بود. در این تحقیق قدرت عضلانی (در هر سه حرکت) به طور معنی‌داری در گروه TRT (به طور میانگین ۷۰ درصد) و گروه RTVO (به طور میانگین ۶۸/۶ درصد) افزایش یافت. کارابولت و همکاران (۲۰۱۰) مشابه این تحقیق، افزایش معنی‌دار قدرت را پس از شش هفته TRT (با شدت 1RM ۸۰ درصد) و گروه RTVO (با شدت تمرینی 1RM ۲۰ درصد) در مقایسه با گروه کنترل در مردان مسن مشاهده کردند (۱۷). البته افزایش قدرت در این پژوهش بیشتر بود که علت آن را می‌توان به تکرارهای بیشتر، حرکات بیشتر و انگیزهٔ بیشتر آزمودنی‌ها (دانشجویان تربیت بدنی علاقمند به انجام یک تمرین جدید) نسبت داد.

از دیدگاه محققان یکی از ساز و کارهای افزایش قدرت در RTVO می تواند سازگاری‌های عصبی عضلانی و تغییر شرایط متابولیکی موضعی عضله باشد (۱۰، ۱۷، ۲۶). به طوری که اعتقاد بر این است که تمرین مقاومتی در شرایط هایپوکسی موجب تجمع مواد متابولیکی (اسیدلاکتیک، ADP و غیره)، فراخوانی بیشتر واحدهای حرکتی و افزایش فعالیت الکتریکی عضله (EMG) می شود. نتیجهٔ پژوهش تاکارادا و همکاران (۲۰۰۰) نیز حاکی از افزایش ۱۸/۴ درصدی قدرت در گروه RTVO، ۲۲/۶ درصدی در گروه TRT و ۱/۰۴ درصدی در گروه بدون انسداد عروق بود که در مقایسه با تحقیق حاضر افزایش کمتر قدرت را نشان می‌دهد (۳۷). این مسئله ممکن است به دلایل زیر باشد : ۱) استفاده از عضلات پایین تنه در مقایسه با عضلات بالاتنه، چرا که تحقیقات نشان می دهند به طور کلی افزایش قدرت در اندام تحتانی (عضلات بزرگ تر) مشهودتر و بیشتر از اندام فوقانی است. (۲۰)؛ ۲) تعداد حرکات بیشتر در پژوهش حاضر (سه حرکت در مقابل یک حرکت)، تعداد جلسات بیشتر (سه جلسه در هفته در مقابل دو جلسه)؛ ۳) تفاوت در نوع آزمودنی ها، به طوری که در پژوهش تاکارادا، زنان یائسه و آزمودنی های تحقیق حاضر، دختران دانشجو با انگیزه بود. البته باید خاطرنشان کرد که پژوهش تاکارادا و همکاران (۲۰۰۰) فاقد گروه کنترل برای مقایسهٔ بهتر نتایج بود، که بحث در زمینهٔ مقایسهٔ نتایج را کمی با اشکال مواجه می‌سازد. در برخی تحقیقات در این زمینه علاوه بر سازگاری‌های عصبی عضلانی، سازگاری‌های هورمونی نیز بررسی شده است. این تحقیقات نشان می‌دهند تمرین در شرایط هایپوکسی عضلانی

(تمرینات RTVO)، موجب تجمع متابولیت‌ها و در نتیجه افزایش غلظت GH و IGF-1 به مقدار زیادتری در مقایسه با تمرینات TRT می شود و این عوامل رشد عضلانی و به تبع آن افزیش قدرت را به دنبال دارد (۳، ۳۵). بنابراین هر چند در تحقیق حاضر هورمون GH یا دیگر محصولات فرعی متابولیکی اندازه‌گیری نشد، احتمالاً افزایش این عوامل را می‌توان دلیل افزایش قدرت در گروه‌های تمرینی و به ویژه RTVO دانست. از جمله سازوکارهای دیگر افزایش قدرت در اثر تمرینات RTVO را می‌توان افزایش مقادیر گزانتین اکسیداز و فعال سازی سلول های ساتلیت[1] (۳۷)، افزایش سطح مقطع و هایپرتروفی عضلانی (۳۱، ۳۸) دانست. هر چند عقیده بر این است که در تمرین قدرتی با شدت کم، اغلب استقامت عضلانی بهبود می یابد، اما مشاهده می شود چنانچه این شدت کم با انسداد عروق همراه باشد موجب افزایش قدرت و اندازهٔ عضله خواهد شد (۲۳). در این پژوهش هایپرتروفی و سطح مقطع عضله بررسی نشد، البته با توجه به افزایش مشهود قدرت عضلانی احتمالا، سطح مقطع عضلهٔ چهارسرران و همسترینگ افزایش می‌یابد. بنابراین در تحقیقات آینده می توان بررسی سطح مقطع و حجم عضله در کنار تغییرات عملکردی را مدنظر قرار داد.

در تحقیق حاضر استقامت عضلانی در هر دو گروه تمرینی به طور معنی‌داری نسبت به گروه کنترل افزایش داشت. این افزایش در هر سه حرکت به طور میانگین در گروه RTVO، برابر ۷۷/۳ درصد و در گروه TRT برابر ۶۶/۳ درصد بود. افزایش زیاد استقامت عضلانی در تحقیق حاضر را می توان تعداد تکرارهای زیاد تا خستگی دانست. در پژوهشی مشابه، تاکارادا و همکاران (۲۰۰۲)، به مدت هشت هفته اثر دو نوع برنامهٔ تمرین مقاومتی (یک گروه RTVO با شدت ۵۰ درصد 1RM، گروه دوم همان تمرین با همان شدت ولی بدون انسداد عروق) را روی ورزشکاران مرد بررسی کردند. نتایج نشان داد، استقامت عضلانی (و قدرت) به طور معنی داری در گروه RTVO بیشتر از دو گروه دیگر بود. همچنین بین گروه کنترل و تمرین بدون انسداد عروق تفاوت معنی داری در استقامت عضلانی (و قدرت) مشاهده نشد (۳۶). از جمله سازوکارهای مسئول بهبود استقامت ناشی از RTVO، افزایش عروق خونی (مویرگ زایی)، افزایش فراخوانی تارهای نوع دو (۴۰)، افزایش ذخیره گلیکوژن عضلانی و بهبود ظرفیت گلیکولیتیکی تارهای نوع دو نیز می‌شود (۳۶). البته در تحقیق تاکارادا و همکاران (۲۰۰۰) گروه تمرین بدون انسداد افزایشی در قدرت و استقامت نشان ندادند. درحالی که در این پژوهش این

1 - Satellit Cells

گروه افزایش ۶۶/۳ درصدی در استقامت عضلانی نشان داد. علت این تناقض را می توان در موارد زیر دانست : ۱) برابر بودن تعداد تکرارها در هر دو گروه مطالعهٔ تاکارادا و همکاران (۲۰۰۰)؛ ۲) نوع آزمونی ها، آزمودنی های تحقیق تاکارادا و همکاران ورزشکاران راگبی بودند که از سطح بالای تمرینات برخوردار بودند، در حالی که آزمودنی های تحقیق ما دختران دانشجوی تربیت بدنی بودند. در تایید این مطالب، تحقیقات حاکی از آن است که اصولاً ورزشکاران به راحتی به تمرینات معمول ورزشی پاسخ نمی دهند (۳۶)؛ ۳) شاید شدت تمرین ۵۰ درصد 1RM یا تعداد تکرارها به منظور افزایش استقامت ورزشکاران در پژوهش تاکارادا کافی نبود، درحالی که در تحقیق حاضر شدت تمرین گروه بدون انسداد عروق ۸۰ درصد 1RM و تعداد تکرارها تا خستگی بود.

در تحقیق حاضر توان انفجاری آزمودنی‌ها به طور معنی‌داری در دو گروه تمرینی نسبت به گروه کنترل افزایش داشت. به نظر می رسد اثر تمرینات RTVO بر توان انفجاری فقط در یک تحقیق بررسی شده است. در این پژوهش ورزشکاران دو و میدانی مرد دانشجو به دو گروه تقسیم شدند : گروه کنترل و گروه RTVO. تمرین دو جلسه در روز و به مدت هشت روز انجام گرفت. نتایج نشان داد قدرت و سطح مقطع عضلهٔ ران افزایش پیدا کرد، در حالی که عملکرد پرش تغییر نکرد. محققان در تفسیر عدم افزایش پرش در اثر برنامهٔ تمرینی، کافی نبودن مدت تمرین و افزایش کم حجم و قدرت عضله را دلیل این مسئله عنوان کردند (۲). بر این اساس می‌توان گفت در این تحقیق تمرین از طول مدت نسبتاً کافی برخوردار بود و افزایش مشهود قدرت عضلانی نیز مشاهده شد، انتظار بهبود عملکرد پرش انتظار می رفت. به طور کلی تحقیقات انجام گرفته در زمینهٔ اثر تمرینات قدرتی برتوان انفجاری، هایپرتروفی عضلانی را دلیل بهبود عملکرد پرش معرفی کرده اند (۸، ۲۱). در پژوهش حاضر هایپرتروفی عضلات ران بررسی نشد، ولی می توان انتظار داشت در اثر چنین برنامهٔ تمرینی عضلات ران دچار هایپرتروفی شده باشند. بنابراین افزایش توان انفجاری را می توان به این مسئله نسبت داد.

نتایج این تحقیق نشان داد که تمرین مقاومتی در هیچ کدام از گروه ها تاثیر معنی داری بر توان بی هوازی (تست وینگیت) نداشت. این در حالی است که برخی تحقیقات حاکی از آن است که تمرین مقاومتی اثر مثبتی بر توان بی هوازی و خصوصیات عصبی عضلانی دارد. به طوری که گفته می شود، تمرین مقاومتی طولانی مدت می تواند توان بی هوازی را از طریق تغییر در سیستم عصبی و عضلانی، افزایش فعالیت آنزیم های بی هوازی، افزایش تولید نیرو، افزایش گلیکوژن داخل سلولی یا تغییر در نوع تارهای عضلانی بهبود بخشد (۱۵). از طرفی

نتایج پژوهش ها حاکی از آن است که ارتباط معنی دار و مثبت بین توان حاصل از تست وینگیت و قدرت ایزومتریک عضلات پا و همچنین قدرت انفجاری عضلات پا وجود دارد (۴). ازاین رو شاید انتظار ما این بود که با توجه به افزایش قدرت و توان انفجاری عضلات پا باید توان حاصل از تست وینگیت نیز افزایش می یافت. درحالی که نتایج پژوهش حاضر مغایر با این پیش بینی بود. دلایل عدم افزایش توان بی هوازی در پژوهش ما می تواند به شرح زیر باشد : ۱) در پرش عمودی، فقط عناصر انقباضی در اجرای حرکت درگیر نیست، بلکه عناصر الاستیک نیز فعال می شوند، بنابراین می توان افزایش توانایی پرش را در این پژوهش بدون افزایش در عملکرد وینگیت توجیه کرد؛ ۲) عمل انقباضی عضلات در حین تست وینگیت اغلب منعکس کنندهٔ (در نتیجهٔ) انتقال شیمیایی – مکانیکی است. همان طور که بیان شد، توان بی هوازی توانایی ورزشکار برای انتقال توان انفجاری و انرژی از سیستم های بی هوازی به توان است. بر این اساس می توان گفت طی یک پیوستار ابتدا، قدرت، سپس توان انفجاری عضلات پا و سرانجام توان بی‌هوازی افزایش می یابد(۴)؛ ۳) تست وینگیت، تست بی‌هوازی است، که به پیشرفت سیستم‌های بی‌هوازی نیاز دارد، در حالی که تمرین قدرت بیشتر سیستم‌های عصبی عضلانی را درگیر می کند؛۴) در پژوهش اخیر اصل ویژگی تمرین برای اکتساب توان بی هوازی به طور کامل رعایت نشده بود (چرا که اساساً هدف پژوهش این نبود). با توجه به اینکه اثر تمرینات مقاومتی بر عملکرد حرکتی به طراحی و الگوی برنامهٔ تمرین بستگی دارد، هنگام ارزیابی نتایج تحقیقات باید به اصل ویژگی تمرین توجه خاص داشت (۸).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تمرین مقاومتی در هیچ کدام از گروه‌ها تاثیر معنی‌داری بر VO_{2max} نداشت. تحقیقات دیگری نیز از تحقیق ما حمایت می‌کنند. در یکی از این پژوهش‌ها برنامهٔ تمرین مقاومتی به مدت ۱۶هفته موجب افزایش معنی‌دار قدرت عضلانی شد، درحالی که بر VO_{2max} تاثیری نداشت. محققان بیان کردند که علت عدم تغییر VO_{2max} در اثر این برنامهٔ تمرینی این است که این نوع تمرین در ایجاد سازگاری های قلبی – عروقی ناتوان بوده‌است (۱۴)، چرا که تمرینات مقاومتی سنتی به طور معمول در شدت ۳۶ تا ۴۵ درصد VO_{2max} انجام می‌گیرند و این شدت کمتر از حد توصیه شده برای بهبود ظرفیت هوازی است. در واقع تحقیقات حاکی از آن است که تمرینات مقاومتی بعید است تا سیستم هوازی را به مقدار بیش از ۵۰ درصد VO_{2max} تحریک کند (۱۵). بنابراین شاید شدت کم تمرینات (برحسب VO_{2max}) در این پژوهش دلیل عدم

تغییر VO_{2max} در اثر برنامهٔ تمرینی باشد. البته برخی تحقیقات نیز نشان می‌دهد تمرینات مقاومتی موجب افزایش ظرفیت هوازی می‌شود (۳۹). هر چند سازوکارهایی برای آن ارائه شده، ولی سازوکارهای دقیق این سازگاری هنوز شناخته نشده است (۲۹). با این حال، دلایل عدم افزایش VO_{2max} در تحقیق حاضر در مقایسه با تحقیقاتی که افزایش VO_{2max} را در اثر تمرین مقاومتی گزارش کردند. ممکن است به شرح زیر باشد : ۱) به طور کلی نتایج تحقیقات در زمینهٔ اثر تمرین مقاومتی روی زنان و مردان پیر، حاکی از افزایش ظرفیت هوازی در اثر این تمرینات است (۱۱، ۳۹)، درحالی که به طور معمول افزایش ظرفیت هوازی در آزمودنی‌های جوان کمتر به چشم می خورد (۲۹)، چرا که آنها اغلب (در مقایسه با افراد پیر) از قدرت طبیعی عضلانی پا برخوردارند (۳۹)؛۲) به طور سنتی تمرینات استقامتی به عنوان روش اصلی افزایش ظرفیت هوازی شناخته شده‌اند. در مقابل تمرین مقاومتی نوعاً به عنوان ابزاری برای بهبود استقامت قلبی – عروقی در نظر گرفته نمی‌شود (۶)؛۳) دیگر دلیل تناقض یافته‌های این تحقیق با دیگر تحقیقات، ممکن است به سطح اولیهٔ VO_{2max} در آزمودنی‌های تحقیق حاضر باشد. همان طور که جدول نشان می دهد سطح اولیهٔ VO_{2max} در آزمودنی‌ها نسبتاً بالا بود (آزمودنی‌های این تحقیق دانشجویان تربیت بدنی بودند)، نگاهی به مطالعاتی که در آنها تمرین قدرتی به نتایج مثبتی روی VO_{2max}منجر شده، حاکی از آن است که در بیشتر این تحقیقات سطح اولیهٔ VO_{2max} در آزمودنی ها پایین بوده است (۲۹)؛ ۴) از دیگر دلایل تناقض، تفاوت در جهت‌گیری، طراحی تمرین و نوع آزمون است. در پژوهش حاضر ارزیابی VO_{2max} به عنوان یک هدف جنبی و فرعی بررسی شد و اساساً طراحی برنامهٔ تمرینی، با رویکرد تاثیر بر VO_{2max} انجام نگرفت. نگاهی به مطالعاتی که افزایش VO_{2max} یا زمان رسیدن به واماندگی را در اثر تمرینات مقاومتی نشان داده‌اند، حاکی از آن است که ویژگی آزمون ارزیابی VO_{2max} با ویژگی تمرین به کار رفته مشابه بوده است. یعنی به طور معمول تمرینات مقاومتی روی پایین تنه انجام گرفته و از آزمون دوچرخه که بیشتر عضلات پا را درگیر می‌کند، استفاده شده است (۸، ۲۹). اما در پژوهش حاضر از نوارگردان به منظور ارزیابی VO_{2max} استفاده شد. همچنین هر چند VO_{2max} افزایش معنی‌داری در اثر تمرین مقاومتی نداشت، شاید در صورت بررسی زمان رسیدن به واماندگی روی تردمیل شاهد تغییرات معنی درای بودیم که می تواند در تحقیقات آینده مورد استفادهٔ محققان قرار گیرد(۳۰)؛ ۵) تحقیقات حاکی از آن است که هایپرتروفی ناشی از تمرین مقاومتی سبب رقیق شدن حجم میتوکندریایی می شود. بنابراین نباید انتظار افزایش VO_{2max} را داشته باشیم.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این تحقیق می‌توان گفت که تمرینات قدرتی با شدت کم همراه با انسداد عروق آثار مشابه با تمرینات سنتی مقاومتی با شدت زیاد بر قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و توان انفجاری در دختران دانشجو دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که دختران جوان که از یک طرف به طور معمول تمایلی به انجام تمرینات سنگین با وزنه ندارند و از طرف دیگر خواهان افزایش قدرت عضلانی‌اند، می‌توانند به سادگی از تمرینات قدرتی با شدت کم همراه با انسداد عروق استفاده کنند و به اهداف تمرینی خود دست یابند. برای دستیابی به دانش بهتر در این زمینه، بهتر است سازوکارهای هورمونی، عصبی عضلانی و دیگر متابولیت‌های سلولی بررسی شوند. نتایج این پژوهش بار دیگر نشان داد که تمرینات مقاومتی سنتی (و البته تمرینات مقاومتی با انسداد عروق) در افراد سالم و جوان نمی‌تواند اثر معنی‌داری روی افزایش ظرفیت هوازی و توان بی‌هوازی داشته باشد، مگر اینکه جهت‌گیری و رویکرد برنامهٔ تمرینی به منظور افزایش این عوامل باشد.

منابع و مآخذ

1. *Abe T, Beekley M, Hinata S, Koizumi K, Sato Y. (2005a). "Day to day change in muscle strength and MRI-measured skeletal muscle size during 7 days kaatsu resistance training: Acase study". Int J Kaatsu training Res; 1: PP: 71-76.*

2. *Abe T, Kawamoto K, Yasuda T, Kearns CF, Midorikawa T, Sato Y. (2005b). "Eight days Kaatsu resistance training improved sprint but not jump performance in collegiate male track and field athletes". Int J Kaatsu Training Res; 1: PP:23–28.*

3. *Abe T, Yasuda T, Midorikawa T, Sato Y, Kearns CF, Inoue K, Koizumi K, Ishii N. (2005c). "Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily Kaatsu resistance training". Int J Kaatsu Training Res; 1: PP: 7–14.*

4. *Arsalan C. "Relationship between the 30-secend Wingate test and*

characterics of isometric and explosive leg strength in young subjects".(2005). J Strength Cond Res; 19(3): PP: 658–666.

5. Bird SP, Tarpening KM and Marino FE. (2005). "Designing resistance training programmers to enhance muscular fitness". Sports Med; 35(10): PP: 841-851.

6. Campos GER, Luecke TJ, Wendeln HK, Toma K, Hagerman FC, Murray TF, et al. (2002)."Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones". Eur J Appl Physiol; 88: PP: 50–60.

7. Fujita T, Brechue WF, Kurita K, Sato Y, Abe T. (2008). "Increased muscle volume and strength following six days of low-intensity resistance training with restricted muscle blood flow". Int J Kaatsu Train Res; 4: PP: 1–8.

8. Glowacki S P, Martin SE, Maurer A, Baek W, Green JS, and Crouse SF. (2004). "Effects of resistance, endurance and concurrent exercise on training outcomes in men". Med Sci Sports Exerc; 36(12): PP: 2119–2127.

9. Goto K, Ishii N, Kizuka T, Takamatsu K.(2005). "The impact of metabolic stress on hormonal responses and muscular adaptations". Med Sci Sports Exerc; 37: PP: 955–963.

10. Goto K, Nagasawa M, Yanagisawa O, Kizuka T, Ishii N, Takamatsu K.(2004). "Muscular adaptations to combinations of high- and low-intensity resistance exercises". J Strength Cond Res; 18: PP: 730–737.

11. Hepple RT, Mackinnon SL, Goodman JM, Thomas SG and Plyley MJ. (1997). "Resistance and aerobic training in older men: effects on VO2 peak and capillary supply to skeletal muscle". J Appl Physiol; 82(4): PP: 1305-1310.

12. Hofmann J.(2006). "Norms for fitness, performance, and health". Human Kinetics.

13. Holm L, Reitelseder S, Pedersen TG, Doessing S, Petersen SG, Flyvbjerg

A, et al. (2008). "Changes in muscle size and MHC composition in response to resistance exercise with heavy and light loading intensity". J Appl Physiol; 105: PP: 1454-1461.

14. Hurley B F, Seals DR, Ehsani A, Cartier P.(1984). "Effects of high-intensity strength training on cardiovascular function". Med Sci Sports Exer; 5: PP: 483-488.

15. Jung AP. (2003). "The impact of resistance training on distance running performance". Sports Med; 33 (7): PP: 539-552.

16. Karabulut M, Abe T, Sato Y, Bemben M. (2007). "Overview of neuromuscular adaptations of skeletal muscle to KAATSU Training". Int J Kaatsu training Res; 3: PP: 1-9.

17. Karabulut M, Abe T, Sato Y, Bemben MG. (2010)."The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men". Eur J Appl Physiol; 108: PP: 147–155.

18. Karabulut M, Cramer JT, Ryan ED, Anderson RL, Hull HR, Abe T, et al. (2006). "Effects of Kaatsu on muscular function during isometric exercise". Int J Kaatsu training Res; 2: PP: 19-28.

19. Kawada S. (2005)."What phenomena do occur in blood flow-restricted muscle"? Int J Kaatsu Training Res; 1: PP: 37–44.

20. Kraemer WJ, Adams K, A-Dudley G, Dooly C, S-Feigenbaum M, Fleck SJ, et al.(2002). "Progression models in resistance training for healthy adults. American College of Sports Medicine". Med Sci Sport Exer; 41 (3): PP: 687-708.

21. Kraemer WJ and Ratamess NA. (2004). "Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription". Med Sci Sports Exerc; 36(4): PP: 674-688.

22. Kraemer WJ, Nindl BC, Ratamess NA, Gotshalk LA, Volek JS, Fleck SJ, et al.(2004). "Changes in muscle hypertrophy in women with periodized resistance

training". Med Sci Sports Exerc; 36(4): PP: 697–708.

23. Laurentino G, Ugrinowitsch C, Aihara AY, Fernandes AR, Parcell AC, Ricard M, Tricoli V.(2008). "Effects of strength training and vascular occlusion". Int J Sports Med; 29: PP: 664-667.

24. Lemmer JT, Hurlbut DE, Martel GF, Tracy BL, Ivey FM, Metter EJ, et al. (2004). "Age and gender responses to strength training and detraining". Med Sci Sports Exerc; 32(8): PP: 1505-1512.

25. Loenneke JP and Pujol TJ. (2009). "The use of occlusion training to produce muscle hypertrophy". J Strength Cond Res;3: PP: 112-118.

26. Manini TM and Clark BC. (2009). "Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health". Exerc. Sport Sci. Rev; 37(2): PP: 78-85.

27. Moore DR, Burgomaster KA, Schofield LM, Gibala MJ, Sale DG, Phillips SM.(2004). "Neuromuscular adaptations in human muscle following low intensity resistance training with vascular occlusion". Eur J Appl Physiol; 92: PP: 399-406.

28. Nakajima T, Kurano M, Iida H, Takano H, Oonuma H, Morita T, et al. (2006). "Use and safety of KAATSU training: results of a national survey". Int J Kaatsu Training Res; 2: PP: 5–14.

29. O'Hara R, Khan M, Pohlman R and Schlub J.(2004). "Leg resistance training: Effects on radiovascular fitness (vo2 peak) and skeletal muscle myoplasticity". JEP online; 7(5): PP: 26-43.

30. Osteras H, Helgerud J, Hoff J. (2002). "Maximal strength-training effects on force-velocity and force-power relationships explain increases in aerobic performance in humans". Eur J Appl Physiol; 88: PP: 255–263.

31. Patterson SD, Ferguson RA. (2010). "Increase in calf post-occlusive blood flow and strength following short-term resistance exercise training with blood flow restriction in young women". Eur J Appl Physiol; 108(5), PP: 1025-33.

32. Reeves G, Kraemer R, Hollander D, Clavier J, Thomas C, Francois M, and Castracane V.(2006). "Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise with out occlusion". J Appl Physiol; 101: PP: 1616–1622.

33. Sato Y. (2005). "The history and future of KAATSU Training". Int J Kaatsu Training Res; 1: PP: 1-5.

34. Suga T, Okita K, Morita N, Yokota T, Hirabayashi K, Horiuchi, et al (2010). "Dose effect on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction". J Appl Physiol; 108: PP: 1563–1567.

35. Takarada Y, Nakamura Y, Aruga S, Onda T, Miyazaki S, Ishii N. (2000 a). "Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion". J Appl Physiol; 88: PP: 61–65

36. Takarada Y, Sato Y, Ishii N. (2002). "Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes". Eur J Appl Physiol, 86: PP: 308–314.

37. Takarada Y, Takazawa H, Sato Y, Takebayashi S, Tanaka Y, Ishii N. (2000 b). "Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans". J Appl Physiol (b); 88: PP: 2097–2106.

38. Takarada Y, Tsuruta T, Ishii N. (2004). "Cooperative effects of exercise and occlusive stimuli on muscular function in low-intensity resistance exercise with moderate vascular occlusion". Jpn J Physiol; 54: PP: 585–592.

39. Vincent KR, Braith RW, Feldman RA, Kallas HE and Lowenthal DT.(2002). "Improved cardiorespiratory endurance following 6 months of resistance exercise in elderly men and women". Arch Intern Med; 162: PP: 673–678.

40. Wernbom M, Augustsson J, Raastad T. (2008). "Ischemic strength training a low-load alternative to heavy resistance exercise"? Scand J Med Sci Sports; 18: PP: 401–416.

41. Willardson JM. (2008)."A Brief Review: How much rest between sets"? Strength & Conditioning Journal; 30 (3): PP: 44-50.