

علوم زیستی ورزشی - زمستان ۱۳۹۵  
دوره ۸، شماره ۴، ص: ۴۶۳ - ۴۴۷  
تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۲۸  
تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۶/۲۴

## اثر حاد تمرین مقاومتی کاتسو بر هورمون رشد، عامل شبه‌انسولینی - ۱ و لاکتات مردان جوان سالم

فائزه حیدری<sup>۱</sup> - سیدرضا عطارزاده حسینی<sup>۲</sup> - صادق عباسیان<sup>۳\*</sup>

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. ۲. استاد تمام گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. ۳. دکتری تخصصی فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

### چکیده

تمرینات کاتسو تمرینی مفید و مؤثر برای بهبود فاکتورهای جسمانی مختلف بوده و با آسیب و التهاب عضلانی کمتری همراه است. از این رو هدف از تحقیق حاضر مقایسه اثر دو روش تمرینی کاتسو و عدم محدودیت جریان خون بر تغییرات هورمون رشد، IGF-1 و سطح لاکتات مردان جوان سالم بود. این تحقیق از نوع تحقیقات نیمه تجربی با طرح اندازه‌های تکراری و همچنین استفاده از روش موازنه بود. در این مطالعه ۱۰ مرد جوان ۲۵ - ۳۰ ساله با نمایه توده بدنی ۲۱/۳۶ کیلوگرم بر متر مربع به صورت فراخوان عمومی انتخاب شدند. ۷۲ ساعت پس از تعیین یک تکرار بیشینه (IRM) افراد و همچنین ارزیابی فشار خون عضلات ناحیه ران، اولین جلسه تمرین مقاومتی کاتسو آغاز شد. سپس با گذشت یک هفته از اولین جلسه تمرین کاتسو، همان افراد تمرین مقاومتی بدون محدودیت جریان خون را انجام دادند. به منظور بررسی متغیرهای مورد نظر از افراد در سه وهله متفاوت نمونه‌گیری خونی به عمل آمد. نتایج نشان داد که سطوح لاکتات و هورمون رشد در هر دو گروه و طی وهله‌های دوم به طور معناداری افزایش می‌یابد ( $P < 0.05$ ). با وجود این، نتایج بیانگر آن بود که بلافاصله پس از فعالیت ورزشی، IGF-1 طی تمرین کاتسو نسبت به تمرین بدون محدودیت به طور معناداری افزایش می‌یابد ( $P < 0.05$ ). از این نتایج چنین برمی‌آید که الگوی تغییرات غلظت لاکتات خون و هورمون رشد در هر دو گروه شبیه به هم بود. ضریب همبستگی پیرسون بین سه فاکتور نیز نشان داد که تنها ارتباط بین hGH و لاکتات گروه تمرین کاتسو معنادار است. همچنین تمرین کاتسو به افزایش معنادار IGF-1 نسبت به گروه دیگر منجر شده بود.

### واژه‌های کلیدی

تمرین کاتسو، فاکتور رشد شبه‌انسولینی-۱ (IGF-1)، لاکتات، هورمون رشد انسانی (hGH).

**مقدمه**

در سال‌های اخیر تمرینات مقاومتی در بین افراد به‌ویژه جوانان رونق یافته است، به‌طوری‌که از این تمرینات برای ارتقای آمادگی جسمانی، بازتوانی ورزشکاران آسیب‌دیده و سلامت استفاده می‌شود (۱). تمرینات مقاومتی محرک قوی برای افزایش سنتز پروتئین عضله و متعاقباً افزایش اندازه عضله محسوب می‌شود که افزایش قدرت بیشینه و هایپرتروفی عضلانی را در پی دارد (۲،۳). دانشکده پزشکی ورزشی آمریکا توصیه می‌کند برای دستیابی به هایپرتروفی عضلانی طی تمرینات مقاومتی باید شدت تمرین حداقل ۶۵ درصد حداکثر یک تکرار بیشینه باشد و هر شدتی کمتر از این به‌ندرت سبب هایپرتروفی و کسب قدرت می‌شود (۴). اما اخیراً نشان داده شده است که هایپرتروفی عضلانی طی تمرین کم‌شدت (۲۰ درصد یک تکرار بیشینه) همراه با انسداد عروقی متوسط اتفاق می‌افتد (۵). تمرین انسداد خونی شامل کاهش جریان خون عضله با به‌کار بردن وسیله‌ای مانند کاف فشار خون است. براساس شواهد این روش تمرینی با وجود انجام فعالیت‌های بدنی با شدت کم (۱۰ تا ۳۰ درصد حداکثر ظرفیت کاری) سازگاری مثبت تمرینی ایجاد می‌کند و می‌تواند روش منحصربه‌فرد و سودمندی در زمینه پزشکی باشد (۶). حتی نشان داده شده است که اندازه و قدرت عضله در پی تمرین پیاده‌روی همراه با محدودیت جریان خون عضلات پا افزایش می‌یابد (۷).

براساس نتایج تحقیقات تغییر در میزان ترشح هورمون‌ها بر اثر تمرین اصلی‌ترین عامل در سنتز پروتئین پس از تمرینات قدرتی و ایجاد سازگاری‌های مثبت در ساختار عضلات اسکلتی است (۸،۹). تغییر در غلظت هورمون‌ها پس از تمرین، هم به‌صورت حاد (افزایش ناگهانی پس از تمرین - تأثیر پاسخی) و هم به طریق سازگاری (افزایش غلظت در طولانی‌مدت - تأثیر سازشی)، تأثیرات خود را بر توده عضلانی بر جای می‌گذارد (۱۰)، و به‌نظر می‌رسد که پاسخ حاد هورمونی به یک جلسه تمرین مقاومتی به نوع برنامه تمرین مقاومتی وابسته است و ملاک مهمی در هایپرتروفی عضلانی در تمرینات قدرتی طولانی‌مدت محسوب می‌شود (۱۱،۱۲). نتایج پژوهش‌های گذشته نشان دادند که هورمون‌های آنابولیکی از جمله هورمون رشد و فاکتور رشد شبه‌انسولین یک (IGF-1) در رشد و هایپرتروفی بافت‌های بدن اهمیت بسزایی دارند (۱۳،۱۴). هورمون رشد یکی از مهم‌ترین هورمون‌های آنابولیک است که هم به‌صورت مستقیم با تسهیل در انتقال اسیدهای آمینه به درون سلول‌ها و هم به‌صورت غیرمستقیم یعنی از طریق تولید پروتئین واسطه‌ای در کبد و دیگر سلول‌ها، به نام فاکتور رشد شبه‌انسولین یک (IGF-1) یا سوماتومدین C، رشد و هایپرتروفی عضله را افزایش می‌دهد (۱۵،۱۶).

ساختمان IGF-1 شبیه به پروانسولین است و به این دلیل شبه‌انسولین نامیده می‌شود (۱). گفته می‌شود که IGF-1 یکی از مهم‌ترین فاکتورهای رشد است که در فعال‌سازی سلول‌های ماهواره‌ای، افزایش سنتز پروتئین، کاهش تجزیه پروتئین، هایپرتروفی تار عضلانی و رشد عضلات نقش مهمی دارد (۱۵). از آنجا که نشان داده شده است که تمرینات ورزشی کم‌شدت همراه با محدودیت جریان خون روش تمرینی مفید و مؤثری برای افزایش سریع قدرت و هایپرتروفی است و آسیب و التهاب عضلانی در این تمرینات افزایش نمی‌یابد (۱۹-۱۶،۹،۷)، دانشمندان این نوع تمرینات را که تمرینات کاتسو خوانده می‌شود، مورد توجه و ارزیابی قرار داده‌اند (۶). در مطالعات انجام‌گرفته در این زمینه بیشتر از دو پروتکل تمرینی شامل تمرین مقاومتی همراه با بلند کردن وزنه (با یا بدون دستگاه) و تمرین پیاده‌روی استفاده می‌شود که در طول هر دو تمرین جریان خون به مقدار شایان توجهی کاهش می‌یابد. در پروتکل تمرین مقاومتی، پس از ایجاد محدودیت جریان خون، آزمودنی با ۱۰ تا ۳۰ درصد حداکثر قدرت بیشینه (1 RM) حرکتی را ۳۰ بار تکرار می‌کند. سپس ۳۰ ثانیه استراحت می‌کند و دوباره ۳ ست با ۱۵ تکرار انجام می‌دهد. همچنین، بین هر ست ۳۰ ثانیه استراحت داده می‌شود (۲، ۱۷، ۱۸، ۲۰، ۲۱).

در بیشتر مطالعات نشان داده شده است که در پی تمرینات همراه با محدودیت جریان خون عضله، لاکتات و هورمون رشد افزایش چشمگیری دارد، از این‌رو بیان شده است که تجمع لاکتات و محیط اسیدی باعث تحریک این هورمون می‌شود (۱۴، ۲۲)؛ به‌طوری‌که آتیانین و همکاران (۲۰۰۳) گزارش دادند مقدار غلظت هورمون رشد پس از تمرینات مقاومتی متفاوت به سطح لاکتات خون وابسته است (۲۳). اما برخی مطالعات نشان دادند با اینکه پس از تمرین، در هر دو گروه انسدادی و غیرانسدادی غلظت لاکتات خون افزایش معنادار یافته، ولی هورمون رشد تنها در گروه انسدادی افزایش معنادار داشته و در گروه دیگر تغییر نیافته است (۲، ۲۴). مطالعات اخیر در زمینه فعالیت ورزشی و تمرین نشان می‌دهد که وابستگی تنظیم حاد IGF-1 در پی فعالیت ورزشی به GH وابسته نیست (۲۵).

کرامر و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که عوامل مختلف در حالت اسید و باز خون می‌توانند به‌طور متفاوتی پاسخ‌های GH و IGF-1 را، به فعالیت ورزشی تنظیم کنند (۲۶). بدان معنا که واکنش IGF-1 به فعالیت ورزشی می‌تواند مستقل از GH تنظیم شود.

همچنین لوانک و همکاران (۲۰۱۰) در مقاله مروری خود اذعان کردند هنوز فعالیت IGF-1 طی تمرینات انسدادی آشکار نشده است و برخی مطالعات افزایش و برخی دیگر عدم تغییر مشاهده کردند که در این زمینه به تحقیقات بیشتر نیاز است (۶). از این‌رو هدف از تحقیق حاضر مقایسه اثر دو روش

تمرینی کاتسو و عدم محدودیت جریان خون بر تغییرات هورمون رشد، IGF-1 و سطح لاکتات مردان جوان سالم بود.

## روش تحقیق

### جامعه، نمونه آماری و ملاک‌های ورود به تحقیق

این تحقیق از نوع تحقیقات نیمه‌تجربی با طرح اندازه‌های تکراری بود. جامعه آماری تحقیق دانشجویان پسر ۲۰ تا ۲۵ سال دانشگاه شهید منتظری شهر مشهد بودند که واحد تربیت بدنی عمومی را انتخاب کرده بودند. با توجه به تکمیل فرم پرسشنامه اطلاعات فردی و سوابق پزشکی، دانشجویان شرکت‌کننده از سلامت جسمی کامل برخوردار بودند. همچنین آزمودنی‌ها سابقه فعالیت ورزشی منظم و سابقه تمرینات بدنسازی نداشتند. از میان آنها ۲۰ دانشجو براساس نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شد و در نهایت ۱۰ آزمودنی براساس معیارهای ورود به‌عنوان آزمودنی‌های نهایی انتخاب شدند. آنها طی دوره تحقیق در هیچ‌گونه فعالیت ورزشی سنگین و خسته‌کننده شرکت نکرده بودند. به آنها گفته شده بود تا از مصرف قهوه و چای پررنگ ۲۴ قبل از تمرین خودداری کنند. همچنین از رژیم‌های غذایی کم‌کالری و غذاهای پرچرب استفاده نکردند (۲۷،۲۴). همه افراد شب قبل از تمرین خواب کافی داشتند. شرکت‌کنندگان ۲ ساعت قبل از شروع هر جلسه آزمون هیچ‌گونه غذا یا مایعاتی غیر از آب مصرف نکردند. خصوصیات تن‌سنجی آزمودنی‌ها در جدول ۱ آمده است.

### روش اجرای تحقیق

روش اجرای تحقیق بدین شرح بود که در ابتدا اطلاعاتی عمومی همراه با ذکر شرایط ورود به تحقیق درج شد. سپس ثبت‌نام اولیه از افراد علاقه‌مند به همکاری، اندازه‌گیری شاخص توده بدن و تکمیل پرسشنامه‌ها به عمل آمد. پس از غربالگری اولیه، از بیست آزمودنی واجد شرایط دعوت به عمل آمد که در نهایت از ده تن برای ارزیابی تأثیرات تمرین کاتسو استفاده شد. به‌علاوه، اندازه‌گیری‌های تن‌سنجی، فشارخون، معاینه پزشکی، آشنایی و توضیح در مورد نحوه انجام پژوهش و تکمیل فرم رضایت‌نامه اخلاقی در محل دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه فردوسی مشهد انجام پذیرفت. سپس برای تعیین یک تکرار بیشینه (IRM) کلیه آزمودنی‌ها در حرکت باز کردن زانو (اکستنشن زانو) از فرمول واتن (۱۹۹۴) استفاده شد. به‌علاوه از آنجا که از روش موازنه استفاده شده بود (بدین ترتیب که در ابتدا تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون آزمایش شد و سپس همان گروه پس از یک هفته بدون انجام

هر گونه فعالیت ورزشی، تمرین مقاومتی بدون محدودیت را اجرا کردند، بین دو تمرین گروه مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون، یک هفته فاصله بود تا آثار متابولیکی و هورمونی ناشی از وهله اول تمرین از بین برود. همچنین بین مرحله تعیین یک تکرار بیشینه و اولین جلسه تمرین کاتسو ۷۲ ساعت زمان در نظر گرفته شده بود تا آثار متابولیکی و هورمونی یا کوفتگی عضلانی تأخیری احتمالی از بین برود و بازیافت قدرت عضلانی انجام پذیرد (۲۸).

تمام جلسات تمرینی بین ساعت ۱۷ تا ۱۹ و حداقل ۴ ساعت بعد از صرف ناهار انجام گرفت (۲۷،۲۰،۱۷). در هر جلسه، آزمودنی‌ها گرم کردن را به مدت ۱۰ دقیقه روی دوچرخه ارگومتر با ۵۰ درصد حداکثر ضربان قلب همراه با کشش گروه عضلات بزرگ انجام دادند (۲۹،۲۲). اولین نمونه‌گیری خونی پیش از شروع برنامه تمرین، نمونه دوم بلافاصله پس از اتمام تمرین و نمونه سوم، ۱۵ دقیقه پس از اتمام برنامه تمرینی در حالت نشسته و به کمک متخصص آزمایشگاه از ورید بازویی جمع‌آوری شد (۱۷،۲۲). آزمودنی‌ها در طول اجرای پژوهش هیچ‌گونه فعالیت ورزشی غیر از موارد ذکر شده در تحقیق حاضر را، انجام ندادند. از آنجا که آزمودنی‌ها دانشجوی و ساکن خوابگاه بودند، برنامه غذایی یکسانی داشتند. در ضمن پس از صرف ناهار از خوردن هر گونه ماده غذایی و خوراکی خودداری کردند. آنها تنها مجاز به نوشیدن آب بودند (۲۰). در تمرین کاتسو برای محدود کردن جریان خون پاها از کاف فشار خون استفاده شد (۳۰) و در تمام مدت تمرین جریان خون محدود بود، حتی در زمان استراحت بین ست‌ها، اما بلافاصله پس از اتمام تمرین جریان خون آزاد می‌شد (۱۸،۱۷،۷،۲،۲۱،۲۰). برای جلسات تمرینی همراه با محدودیت جریان خون، ابتدا فشار سیستولی بازوی آزمودنی‌ها با استفاده از فشارسنج جیوه‌ای اندازه‌گیری می‌شد. سپس فشار سیستول پاها تخمین زده می‌شد (گفته می‌شود فشار پاها ۱۲۰ درصد فشار بازوست) (۲۰). از آنجا که فشار وارد شده روی موضع باید از فشار سیستولی همان موضع بیشتر باشد، فشار ۱/۳ برابر فشار سیستولی برای پاها در نظر گرفته شد که حدود ۱۶۰ تا ۱۸۰ میلی‌متر جیوه بود، البته به فشار سیستولی هر فرد بستگی داشت (۲۷،۲۲). برای جلسات تمرینی همراه با محدودیت جریان خون، پیش از شروع تمرین ابتدا با فشار ۱۲۰ میلی‌متر جیوه جریان خون به مدت ۳۰ ثانیه محدود شده و سپس ۱۰ ثانیه آزاد می‌شد. پس از آن ۲۰ میلی‌متر جیوه به فشار قبلی اضافه می‌شد و دوباره با همان زمان جریان خون محدود شده و سپس آزاد می‌شد. این کار تا زمانی تکرار می‌شد که به فشار در نظر گرفته شده برای هر فرد، می‌رسید (۷،۲). اعتقاد بر این است که جریان خون مرکزی و محیطی شریان‌ها و وریدها ممکن است طی این نوع فرایند گرم کردن تحریک شود. بنابراین

فشار به صورت تدریجی افزایش می‌یابد، به جای آنکه فشار نهایی در ابتدا تنظیم شود (۷).

#### ابزار مورد استفاده در تحقیق

پروتکل تمرین مقاومتی شامل حرکت باز کردن زانو بود که به صورت، یک ست ۳۰ تکرار با ۳۰ ثانیه استراحت و در پی آن ۳ ست با ۱۵ تکرار و ۳۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها و در مجموع ۷۵ تکرار انجام گرفت (۲۱، ۲۰، ۱۸، ۱۷، ۲). تمرین مقاومتی با شدت ۳۰ درصد حداکثر قدرت بیشینه انجام گرفت (۲۴). درحالی‌که زانو در حالت ۹۰ درجه فلکشن قرار داشت، آزمودنی‌ها به صورت دوطرفه تمرین اکستنشن انجام دادند (۲۷) و حرکت در دامنه کامل حرکتی پا انجام گرفت (۲۲). برای اینکه مدت تمرین مقاومتی برای آزمودنی‌ها یکسان باشد، مدت هر انقباض با زمان سنج کنترل می‌شد، هر انقباض ۴ ثانیه، شامل ۲ ثانیه رفت و ۲ ثانیه برگشت، بود (۱۷). پس از اعمال روش موازنه طی تمرین مقاومتی بدون محدودیت جریان خون نیز همین پروتکل تمرینی انجام گرفت، با این تفاوت که افراد طی تمرین، محدودیت جریان خون نداشتند.

برای سنجش قد از قدسنج با مارک سکا (seca) ساخت آلمان با دقت ۰/۵ سانتی‌متر استفاده شد. برای تعیین درصد چربی بدن از دستگاه آنالیز ترکیب بدن In body مدل ۷۲۰ ساخت کره جنوبی استفاده شد. فشار خون افراد به وسیله فشارسنج جیوه‌ای به روش سمعی در شروع هر جلسه تمرینی اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین حداکثر قدرت با یک تکرار بیشینه از فرمول واتن (۱۹۹۴) استفاده شد:

$$\text{میزان تکرار بیشینه} = (100 \times W(\text{kg})) / (48.8 + [53.8 \times e^{(-0.075 \times \text{rep})}])$$

با توجه به اهداف پژوهش، خون‌گیری در سه مرحله اجرا شد. در هر بار حدود ۵ میلی‌لیتر خون از ورید بازویی آزمودنی‌ها در وضعیت نشسته و در حال استراحت گرفته شد. نمونه‌های خونی پس از جداسازی سرم در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد فریز شد و پس از گذشت پانزده روز در آزمایشگاه تخصصی برای تعیین غلظت لاکتات، هورمون رشد و IGF-1 تجزیه و تحلیل شد. اندازه‌گیری GH و IGF-1 با استفاده از روش الایزا و توسط کیت شرکت Diagnostics Biochem ساخت کانادا با درجه حساسیت ۰/۰۲ نانوگرم در میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد. لاکتات با استفاده از کیت Greiner ساخت آلمان، با درجه حساسیت ۰/۱ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر و با دستگاه اتوآنالایزر اندازه‌گیری شد.

### روش‌های آماری

برای توصیف داده‌های تحقیق از اندازه شاخص‌های گرایش مرکزی (میانگین) و پراکندگی (انحراف استاندارد)، به منظور بررسی پیش فرض طبیعی یا غیرطبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (Ks) و از آزمون لون برای ارزیابی همگنی واریانس‌ها استفاده شد. همچنین به دلیل آنکه طرح تحقیقی شامل تکرار سه سطح یا اندازه‌گیری مختلف بود (در مجموع شش سطح)، از اندازه‌های مکرر تحلیل واریانس (Repeated measures) درون گروهی، بین گروهی و اثر تعاملی عامل × گروه استفاده شد. به علاوه از آنجا که در اندازه‌های مکرر تحلیل واریانس باید قالب‌های واریانس - کوواریانسی در هر اندازه مساوی باشد، فرض کرورت توسط آزمون Mauchly's Test of Sphericity به عمل آمد. همچنین، در صورت معناداری در اثر تعاملی عامل × گروه، از آزمون تحلیل واریانس یکراهه برای تعیین مرحله‌ای که تغییرات معنادار رخ داده بود، استفاده شد. در نهایت هر کجا که نیاز به ارائه اندازه اثر متغیر بود، مقادیر آن ارائه شد. سطح معناداری آزمون‌ها با استفاده از نرم افزار تحلیل آماری SPSS نسخه ۱۶ در سطح  $\alpha \leq 0/05$  در نظر گرفته شده بود.

### یافته‌ها

در جدول ۱ مقادیر مربوط به شاخص‌های تن‌سنجی به همراه سن آزمودنی‌ها آورده شده است. نتایج حاصل از مقایسه تغییرات درون گروهی و بین گروهی لاکتات نشان از عدم تفاوت بین گروهی ( $P > 0/05$ ) و همچنین وجود تفاوت معنادار بین وهله‌های سه گانه تمرینی داشت ( $P < 0/05$ ) (جدول ۲). نتایج بیانگر آن بود که فعالیت ورزشی مقاومتی بدون محدودیت، بر لاکتات خون مردان جوان اثر دارد که این اثر به ویژه در وهله دوم یعنی بلافاصله پس از فعالیت ورزشی معنادار بود ( $P < 0/05$ ).

جدول ۱. آماره‌های گرایش مرکزی و پراکندگی سن و شاخص‌های تن‌سنجی آزمودنی‌ها (۱۰ تن)

آماره‌های گرایش مرکزی و پراکندگی			شاخص
میانگین	انحراف معیار	خطای معیار میانگین	
۲۰/۴	۲/۸۷	۰/۹	سن (سال)
۱۷۶	۵/۴۹	۱/۷۳	قد (سانتی‌متر)
۶۵/۹۳	۸/۶۱	۱/۷۳	وزن (کیلوگرم)
۳۱/۲	۲/۹۸	۰/۹۴	توده عضلانی اسکلتی (کیلوگرم)
۲۱/۳۶	۲/۹۸	۰/۹۴	نمایه توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)
۱۰/۳۷	۴/۶۳	۱/۴۶	چربی بدن (درصد)

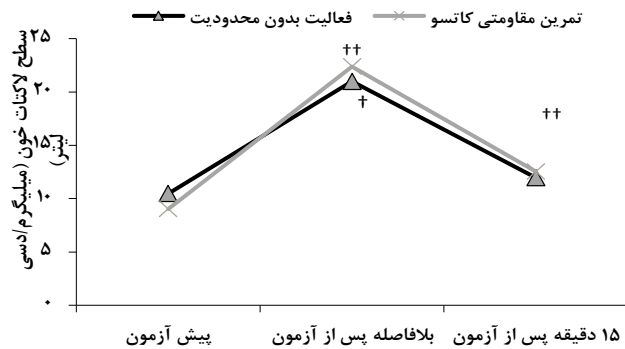
فعالیت ورزشی مقاومتی با محدودیت بر لاکتات خون مردان جوان اثر داشت که این اثر به ویژه در وهله دوم یعنی بلافاصله پس از فعالیت ورزشی معنادار بود ( $P < 0/05$ )؛ بدین معنا که هر دو تمرین افزایش معناداری در لاکتات بلافاصله پس از فعالیت ورزشی نسبت به دو وهله دیگر ایجاد کرده بودند. هرچند افزایش لاکتات در گروه با محدودیت (تمرین کاتسو) بیشتر از گروه دیگر بود، این افزایش بین دو گروه معنادار نبود ( $P > 0/05$ ) (جدول ۲ و نمودار ۱). در خصوص اثر تعاملی متغیر لاکتات به طور کلی هرچند نتایج معنادار نبود ( $P = 0/073$ )، یافته‌های دقیق‌تر (تحلیل واریانس یکراهه) بین گروه‌های تجربی نتایج بیانگر آن بود که بین لاکتات مرحله اول گروه بدون محدودیت و لاکتات مرحله دوم (بلافاصله پس از فعالیت ورزشی) گروه تمرین کاتسو تفاوت معناداری وجود داشت ( $-8/47$  تا  $-15/37$ ؛  $CI = 1/24 \pm 11/92$ )؛ بدین معنا که تمرین کاتسو توانسته بود به نسبت مرحله اول گروه بدون محدودیت، افزایش معناداری در لاکتات خون ایجاد کند. با این حال، این تفاوت بین مرحله اول گروه بدون محدودیت و لاکتات مرحله سوم (۱۵ دقیقه پس از فعالیت ورزشی) گروه تمرین کاتسو معنادار نبود ( $P > 0/05$ ). در خصوص لاکتات مرحله اول گروه با محدودیت (کاتسو) و لاکتات مرحله دوم گروه بدون محدودیت، نتایج بیانگر وجود تفاوت معناداری بود ( $-9/9$  تا  $-14/0$ ؛  $CI = 0/75 \pm 11/95$ )؛ بدین معنا که تمرین مقاومتی بدون محدودیت توانسته بود به نسبت مرحله اول گروه تمرین کاتسو، افزایش معناداری در لاکتات خون ایجاد کند. در خصوص لاکتات مرحله اول گروه با محدودیت (کاتسو) و لاکتات مرحله سوم گروه بدون محدودیت، نتایج بیانگر وجود تفاوت معناداری بود ( $-0/76$  تا  $-5/1$ ؛  $CI = 0/77 \pm 2/92$ )؛ بدین معنا که تمرین مقاومتی بدون محدودیت توانسته بود به نسبت مرحله دوم گروه تمرین کاتسو، ۱۵ دقیقه پس از فعالیت ورزشی افزایش معناداری در لاکتات خون ایجاد کند. در خصوص لاکتات مرحله دوم گروه بدون محدودیت و لاکتات مرحله سوم گروه با محدودیت، نتایج بیانگر وجود تفاوت معناداری بود ( $11/14$  تا  $5/76$ ؛  $CI = 0/96 \pm 8/45$ )، بدین معنا که تمرین مقاومتی بدون محدودیت توانسته بود به نسبت مرحله سوم گروه تمرین کاتسو (۱۵ دقیقه پس از فعالیت ورزشی)، افزایش معناداری در لاکتات خون (مرحله دوم) ایجاد کند. همچنین، در مورد لاکتات مرحله دوم گروه با محدودیت و لاکتات مرحله سوم گروه بدون محدودیت، نتایج بیانگر وجود تفاوت معناداری بود ( $14/16$  تا  $6/7$ ؛  $CI = 1/34 \pm 10/43$ )، بدین معنا که تمرین مقاومتی با محدودیت (کاتسو) توانسته بود به نسبت مرحله سوم گروه بدون محدودیت (۱۵ دقیقه پس از فعالیت ورزشی)، افزایش معناداری در لاکتات خون (مرحله دوم) ایجاد کند.



جدول ۲. مقایسه تغییرات درون گروهی میانگین‌های سطوح لاکتات، hGH و IGF-1 در تمرین کاتسو (۱۰ آزمودنی) و فعالیت ورزشی مقاومتی بدون محدودیت در جریان (۱۰ آزمودنی) خون طی وهله‌های سه‌گانه

گروه*	وهله های تمرینی	پس از فعالیت	۱۵ دقیقه پس از فعالیت	تغییرات درون گروهی		تغییرات بین گروهی		اثر تعاملی (عامل × گروه)	متغیر
				سطح معناداری	F	سطح معناداری	F		
لاکتات (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)	بدون محدودیت	پیش از فعالیت	-۱۰۵۳ <sup>†</sup>	-۱۴۹	۰/۰۰۰۱ <sup>†</sup>	۰/۰۶۲	۰/۸۰۶	۳/۶۳	۰/۰۷۳
	با محدودیت	پس از فعالیت	---	۹/۰۳ <sup>†</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>†</sup>	۰/۰۶۲	۰/۸۰۶	۳/۶۳	۰/۰۷۳
		پیش از فعالیت	-۱۳۳ <sup>†</sup>	-۳۵ <sup>†</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>†</sup>	۰/۰۶۲	۰/۸۰۶	۳/۶۳	۰/۰۷۳
		پس از فعالیت	---	-۹/۸۵ <sup>†</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>†</sup>	۰/۰۶۲	۰/۸۰۶	۳/۶۳	۰/۰۷۳
GH (نانوگرم بر میلی‌لیتر)	بدون محدودیت	پیش از فعالیت	-۱۱۸۳	-۱۳۷ <sup>†</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>†</sup>	۱/۷۴	۰/۳۰۴	۰/۰۹۸	۰/۷۵۸
	با محدودیت	پس از فعالیت	---	-۰/۴۶	۰/۰۰۰۱ <sup>†</sup>	۱/۷۴	۰/۳۰۴	۰/۰۹۸	۰/۷۵۸
		پیش از فعالیت	-۴۸۸ <sup>†</sup>	-۷۰۸ <sup>†</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>†</sup>	۱/۷۴	۰/۳۰۴	۰/۰۹۸	۰/۷۵۸
		پس از فعالیت	---	-۲۹ <sup>†</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>†</sup>	۱/۷۴	۰/۳۰۴	۰/۰۹۸	۰/۷۵۸
IGF-1 (نانوگرم بر میلی‌لیتر)	بدون محدودیت	پیش از فعالیت	-۷/۰۶	۱۹/۶۳	۰/۰۶۱	۴/۷۷۷	۰/۰۴۲ <sup>††</sup>	۳/۷۹	۰/۰۶۷
	با محدودیت	پس از فعالیت	---	۱۲/۵۶	۰/۰۶۱	۴/۷۷۷	۰/۰۴۲ <sup>††</sup>	۳/۷۹	۰/۰۶۷
		پیش از فعالیت	-۱۷/۸۱	-۱۱۳۶	۰/۰۶۱	۴/۷۷۷	۰/۰۴۲ <sup>††</sup>	۳/۷۹	۰/۰۶۷
		پس از فعالیت	---	۶۵۶	۰/۰۶۱	۴/۷۷۷	۰/۰۴۲ <sup>††</sup>	۳/۷۹	۰/۰۶۷

\* داده‌های جدول بر مبنای تفاوت میانگین‌های گروه‌هاست. †: تفاوت درون گروهی در  $P < 0.05$  و ††: تفاوت بین گروهی در  $P < 0.05$  و # اثر تعاملی (عامل × گروه) در  $P < 0.05$ .

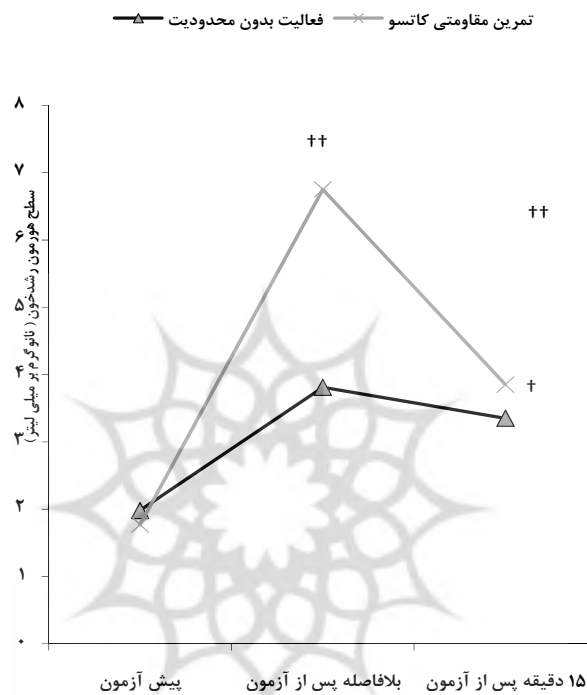


نمودار ۱. تغییرات بین‌گروهی میانگین‌های سطوح لاکتات خون در تمرین کاتسو (††: نسبت به پیش‌آزمون) و فعالیت ورزشی مقاومتی بدون محدودیت در جریان خون (†: نسبت به پیش‌آزمون) طی وهله‌های سه‌گانه

نتایج حاصل از مقایسه تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی هورمون رشد نیز نشان از عدم تفاوت بین‌گروهی ( $P > 0.05$ ) و همچنین وجود تفاوت معنادار بین وهله‌های سه‌گانه تمرینی داشت ( $P < 0.05$ ) (جدول ۲).

نتایج بیانگر آن بود که فعالیت ورزشی مقاومتی بدون محدودیت، بر هورمون رشد مردان جوان اثر دارد که این اثر به‌ویژه در وهله دوم یعنی بلافاصله پس از فعالیت ورزشی معنادار بود ( $P < 0.05$ ). همچنین فعالیت ورزشی مقاومتی با محدودیت بر هورمون رشد مردان جوان اثر داشت که این اثر به‌ویژه در وهله دوم یعنی بلافاصله پس از فعالیت ورزشی معنادار بود ( $P < 0.05$ ). در بررسی بیشتر اندازه اثر برابر ۰/۸۲ برای تفاوت‌های درون‌گروهی و همچنین اندازه اثر ۰/۳۱ برای تفاوت‌های بین‌گروهی به‌دست آمد؛ بدین معنا که هر دو تمرین توانسته بودند افزایش معناداری را در هورمون رشد بلافاصله پس از فعالیت ورزشی نسبت به دو وهله دیگر ایجاد کنند. هرچند افزایش لاکتات در گروه با محدودیت (تمرین کاتسو) بیشتر از گروه دیگر بود، این افزایش بین دو گروه معنادار نبود ( $P > 0.05$ ) (جدول ۲ و نمودار ۲). در خصوص اثر تعاملی متغیر هورمون رشد به‌طور کلی نتایج معنادار نبود ( $P = 0.758$ ). به‌عبارت دیگر، بین هیچ‌یک از مراحل تعاملی عامل × گروه تفاوت معناداری به لحاظ آماری وجود نداشت ( $P > 0.05$ ). نتایج حاصل از مقایسه تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی IGF-1 حاکی از وجود تفاوت

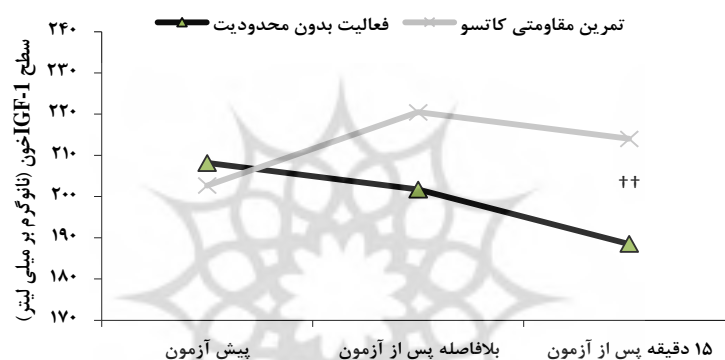
معناداری بین گروهی ( $P < 0.05$ ) و نبود تفاوت معنادار بین وهله‌های سه‌گانه تمرینی بود ( $P > 0.05$ ) (جدول ۲).



نمودار ۲. تغییرات بین گروهی میانگین‌های سطوح هورمون رشد در تمرین کاتسو (†††: نسبت به پیش‌آزمون) و فعالیت ورزشی مقاومتی بدون محدودیت در جریان خون (†: نسبت به پیش‌آزمون) طی وهله‌های سه‌گانه

در خصوص تفاوت‌های درون‌گروهی هرچند افزایش در IGF-1 در گروه تمرین کاتسو طی وهله‌های دوم و سوم مشاهده شد، به لحاظ آماری معنادار نبودند ( $P > 0.05$ ). با این حال، تفاوت بین گروهی حاکی از وجود تفاوت معنادار به‌ویژه ۱۵ دقیقه پس از فعالیت ورزشی بود؛ بدین معنا که سطح IGF-1 پس از فعالیت ورزشی به گونه‌ی معناداری در گروه تمرین کاتسو حفظ شده بود ( $P < 0.05$ ). هرچند در وهله‌ی دوم

نیز مقدار IGF-1 در گروه کاتسو بیشتر بود، به لحاظ آماری معنادار نبود ( $P > 0/05$ ) (جدول ۲ و نمودار ۳). در خصوص اثر تعاملی متغیر IGF-1 به طور کلی هرچند نتایج معنادار نبود ( $P = 0/067$ )، یافته‌های دقیق‌تر (تحلیل واریانس یکراهه) بین گروه‌های تجربی بیانگر آن بود که بین IGF-1 مرحله دوم گروه با محدودیت (کاتسو) و لاکتات سوم مرحله سوم گروه بدون محدودیت، تفاوت معناداری وجود دارد (۶۳/۶۳ تا ۵/۲۷؛  $CI = 11/34 \pm 31/95$ )؛ بدین معنا که تمرین مقاومتی با محدودیت (کاتسو) توانسته بود به نسبت مرحله سوم گروه بدون محدودیت (۱۵ دقیقه پس از فعالیت ورزشی)، افزایش معناداری در IGF-1 (مرحله دوم) ایجاد کند.



نمودار ۳. تغییرات بین گروهی میانگین‌های سطوح IGF-1 در تمرین کاتسو و فعالیت ورزشی مقاومتی بدون محدودیت در جریان خون طی وهله‌های سه‌گانه (††: تفاوت بین گروهی)

نتایج حاصل از ارتباط همبستگی بین سطوح لاکتات، GH و IGF-1 در گروه‌های دارای محدودیت و بدون محدودیت جریان خون بلافاصله پس از فعالیت، با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون، بیانگر آن بود که تنها ارتباط همبستگی بین سطوح هورمون GH و لاکتات به لحاظ آماری معنادار است ( $r = 0/672$  و  $P = 0/001$ ). درحالی‌که این ارتباط همبستگی در گروه بدون محدودیت به لحاظ آماری معنادار نبود ( $P > 0/05$ ).

### بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد که در پی تمرین مقاومتی (کاتسو و بدون محدودیت جریان خون) مقدار لاکتات خون افراد افزایش می‌یابد، اما آنچه مشهود است، افزایش لاکتات خون افراد در گروه تمرین مقاومتی کاتسو نسبت به گروه فعالیت ورزشی مقاومتی بدون محدودیت جریان خون بود. در مطالعه حاضر نشان داده شد که لاکتات خون مردان جوان طی تمرین مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون (تمرین کاتسو) بیش از تمرین دیگر افزایش یافت. افزایش به‌کارگیری تارهای عضلانی طی تمرین مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون (تمرین کاتسو) می‌تواند دلیل افزایش لاکتات در تمرین مقاومتی همراه با محدودیت نسبت به سایر تمرینات باشد. تاکارادا و همکاران (۲۰۰۰) در تحقیقی که همراه با محدودیت جریان خون بود (تمرین کاتسو)، افزایش غلظت لاکتات را مشاهده کردند، در حالی که در گروه بدون محدودیت افزایشی در غلظت لاکتات مشاهده نشد (۱۹). نتیجه این تحقیق با نتایج مطالعه حاضر همسو بود، اما اینکه چرا لاکتات در گروه بدون محدودیت جریان خون، در تحقیق تاکارادا افزایش نیافته است، احتمالاً به دلیل ورزشکار بودن آزمودنی‌های آنها بود. با توجه به اینکه در تحقیق حاضر آزمودنی‌ها غیرورزشکار بودند، تمرین مقاومتی موجب فشار بیشتری روی آنها شده بود و در نهایت موجب افزایش پاسخ لاکتات به تمرین مقاومتی شد.

نتایج تحقیقات حاکی از آن است که تمرین قدرتی با انسداد و شدت کم (تمرین کاتسو) به اندازه تمرین قدرتی با شدت زیاد موجب افزایش hGH می‌شود (۳۳). همچنین تمریناتی که موجب ایجاد نیازهای بی‌هوایی بیشتری شود، ممکن است ترشح hGH را به نسبت بیشتری تحریک کند (۲۷). افزایش لاکتات بیشتر پس از تمرین قدرتی با محدودیت (تمرین کاتسو) نسبت به فعالیت ورزشی مقاومتی بدون محدودیت می‌تواند تأییدکننده موضوع بالا باشد، زیرا محدودیت جریان خون سبب کاهش اکسیژن می‌شود و در نهایت افزایش تشکیل لاکتات را در پی دارد. لاکتات در محل عضله مورد نظر تجمع می‌یابد و محدودیت جریان خون از انتقال لاکتات به کبد و دیگر بافت‌ها جلوگیری می‌کند، در نتیجه تجمع لاکتات ممکن است موجب افزایش ترشح GH شود (۲۴). فوجیتا و همکاران (۲۰۰۷) در پی یک جلسه تمرین مقاومتی کاتسو مشاهده کردند که هورمون رشد پس از ده دقیقه به‌طور معناداری افزایش یافت، ولی در گروه بدون محدودیت تغییری در هورمون رشد مشاهده نشد (۲)، که نتایج آن با تحقیق حاضر همسو بود. ولی عدم تغییر هورمون رشد در گروه بدون محدودیت در تحقیق فوجیتا ممکن است به علت شدت تمرین پایین‌تر نسبت به تحقیق ما باشد، چراکه براساس یافته‌های لورنتینو و همکاران (۲۰۰۸)،

انقباض عضلانی با شدت بیشتر در هر ست ممکن است موجب ایجاد محدودیت جریان خون شود که شبیه به تمرین قدرتی با محدودیت جریان خون خواهد بود (۳۵) که در تحقیق فوجیتا به این مسئله کمتر توجه شده بود. تاکارادا و همکاران (۲۰۰۰) اظهار کردند پس از تمرین مقاومتی کاتسو افزایش در غلظت hGH به طور معناداری بسیار بیشتر از زمان استراحت بود (۱۹). نتیجه تحقیق مذکور با نتایج تحقیق حاضر همسو بود. ولی افزایش بیشتر hGH در مطالعه تاکارادا احتمالاً به دلیل تعداد ست‌های بیشتر آن بوده است، چراکه مطالعات نشان دادند هنگامی که شدت، حجم و استراحت بین ست‌ها در تمرین همراه با محدودیت تغییر کند، پاسخ‌های هورمونی به صورت حاد نیز متفاوت خواهد بود (۲۹).

با توجه به نتایج تحقیق مشخص شد که فاکتور رشد شبه‌انسولین-۱ (IGF-1) بلافاصله پس از تمرین کاتسو به طور معناداری بیش از فعالیت ورزشی بدون مقاومت جریان خون بود. فاکتور رشد شبه‌انسولین یک (IGF-1) یکی از مهم‌ترین فاکتورهای رشد است که نقش مهمی در فعال‌سازی سلول ماهواره‌ای، افزایش سنتز پروتئین، کاهش تجزیه پروتئین، هایپرتروفی تار عضلانی و رشد عضلات دارد (۱۵). با اینکه پژوهش‌های بیشتری لازم است تا ارتباط بین تولید IGF-1 و hGH متعاقب تمرینات ورزشی به خوبی روشن شود، برخی پژوهشگران این ارتباط مستقیم را رد می‌کنند و عده‌ای دلایلی حاکی از ارتباط تنگاتنگ این دو متغیر ارائه می‌کنند (۱۳). تاکانو و همکاران (۲۰۰۵) گزارش دادند IGF-1 به دنبال تمرین مقاومتی کاتسو به طور معناداری افزایش داشت و مقدار آن بالا بود، اما در تمرین بدون انسداد با همان شدت افزایش معناداری در مقدار IGF-1 مشاهده نشد (۲۷) که نتیجه آن با مطالعه ما همسو نبود و ممکن است به دلیل حجم تمرینی بیشتر در مطالعه تاکانو باشد. در مطالعه آنها آزمودنی‌ها در هر ست تمرینی، تمرین را تا حد واماندگی انجام می‌دادند، در صورتی که در مطالعه حاضر در هر ست ۱۵ تکرار انجام می‌گرفت. از آنجا که حجم تمرین می‌تواند روی مقدار IGF-1 تأثیر بگذارد، حجم تمرینی بیشتر در مطالعه آنها ممکن است دلیل بر همسو نبودن مقدار IGF-1 در دو مطالعه باشد. اب و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای گزارش کردند که دو هفته و روزی دو بار تمرین کم‌شدت کاتسو سبب افزایش ۲۴ درصدی در گردش IGF-1 می‌شود (۳۷)، که با نتیجه مطالعه ما همسو بود. از جمله محدودیت‌های تحقیق حاضر عدم امکان ارزیابی فعالیت الکتریکی عضله توسط EMG و همچنین عدم امکان بایوپسی و ارزیابی این فاکتورهای خونی در داخل عضله اسکلتی بود. با توجه به مطالعه ما و نتایج تحقیقات دیگر پژوهشگران می‌توان گفت که هنوز نمی‌توان به طور یقین در مورد چگونگی تغییر IGF-1 طی تمرینات کاتسو نتیجه‌گیری کرد. در مطالعه حاضر دریافتیم که نمودار تغییرات غلظت لاکتات خون

و هورمون رشد در هر دو گروه شبیه به هم بود. ضریب همبستگی پیرسون بین سه فاکتور نیز نشان داد که تنها ارتباط بین hGH و لاکتات معنادار است. از این رو پیشنهاد می‌شود تا مقایسه‌ای بین تمرینات مقاومتی و استقامتی با و بدون محدودیت جریان خون انجام گیرد و تغییرات هورمونی در قالب فاکتورهای درون عضله اسکلتی ارزیابی شوند.

تقدیر و تشکر: این مقاله حاصل پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد مصوب در دانشگاه فردوسی مشهد است. بدین وسیله محققان از تمامی شرکت‌کنندگان و به‌ویژه از آقای دکتر درزایی و همچنین آقای ابوالحسنی اعضای گروه تربیت بدنی دانشگاه شهید منتظری مشهد و همچنین آقای دکتر دقیقه رضایی عضو هیأت علمی دانشکده تربیت بدنی دانشگاه فردوسی مشهد تشکر می‌کنند.

### منابع و مأخذ

1. Abe T, Beekley M, Hinata S, Koizumi K, Sato Y. "Day-to-day change in muscle strength and MRI-measured skeletal muscle size during 7 days KAATSU resistance training: A case study". *Int J KAATSU Training Res* 1(2): 71-76, 2005.
2. Abe T, Kearns C, Sato Y. "Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training". *J Appl Physiol* 100: 1460-1466, 2006.
3. Abe T, Yasuda T, Midorikawa T, Sato Y, Kearns C, Inoue K, et al. "Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily "KAATSU" resistance training". *Int J KAATSU Training Res* 1(1): 6-12, 2005.
4. Ahtiainen J P, Pakarinen A, Alen M, Kraemer W J and Hakkinen K. "Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: Influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men". *J Strength Cond Res* 19(3): 572-52, 2005.
5. Ahtiainen J P, Pakarinen A, Alen M, Kraemer W J, and Hakkinen K. "Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs. maximum repetitions multiple resistance exercises". *Int J Sports Med* 24: 410-41, 2003.
6. American College of Sports Medicine. "Position stand: progression models in resistance training for healthy adults". *Med Sci Sports Exerc* 34: 364-380, 2002.
7. Bembien D A, Palmer I J, Abe T, Sato Y, Bembien M G. "Effects of a single bout of low intensity KAATSU resistance training on markers of bone turnover in young men". *Int J KAATSU Training Res* 3: 21-26, 2007.
8. Elj NE, Elloumi M, Zaouali M, Latiri I, Lac G and Tabka Z. "Discrepancy in IGF-1 and GH response to Submaximal exercise in young male Subjects". *Sci Sports* 22: 155- 159, 2007.
9. Fujita S, Abe T, Drummond M J, Cadenas J G, Dreyer H C, Sato Y, et al. "Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis". *J Appl Physiol* 103: 903-910, 2007.

10. Fujita T, Brechue W F, Kurita K, Sato Y, Abe T. "Increased muscle volume and strength following six days of low-intensity resistance training with restricted muscle blood flow". *Int J KAATSU Training Res* 4:1-8, 2008.
11. Gosselink KL, Grindeland RE, Roy RR, Zhony H, Bigbee AJ, Grossman EJ, Edgerton VR. "Skeletal muscle afferent regulation of bioassayable growth hormone in the rat pituitary". *J Appl Physiol* 84:1425-1430, 1998.
12. Goto K, Ishii N, Takamatsa K. "Growth hormone response to training regimen with combined high and low intensity exercise". *Int J Sport Health Sci* 2: 111-8, 2004.
13. Hakkinen K, Pakarinen A, Kraemer W J, Hakkinen A, Valkeinen H, Alen M. "Selective muscle hypertrophy, changes in EMG and force, and serum hormones during strength training in older women". *J Appl Physiol* 91(2): 569-80, 2001.
14. Hoffman JR. "Effect of muscle oxygenation during resistance exercise on anabolic hormone response". *Med Sci Sport Exerc* 35(11): 1929-1939, 2003.
15. Jennische E, and Hansson H A. "Regenerating skeletal muscle cells express insulin-like growth factor I". *Acta Physiol Scand* 130: 327-332, 1987.
16. Kargarfard M, Amiri E, Moradian K. "The Comparison of four Resistance Training Protocols on Level of Human Growth Hormone Secretion in Beginner Male Athletes". *J Isfahan Med Sch* 28(108): 327-388, 2010.
17. Kawada Sh, Ishii N. "Skeletal muscle hypertrophy after chronic restriction of venous blood flow in rats". *Med Sci Sports Exerc* 37(7): 1144-1150, 2005.
18. Kraemer W J, Aguilera B A, Terada M, Newton R U, Lynch J M, Rosendaal G, et al. "Responses of IGF-I to endogenous increases in growth hormone after heavy resistance exercise". *J Appl Physiol* 79: 1310-1315, 1995.
19. Kraemer W J, Harman F S, Vos N H, Gordon S E, Nindle B C, Marx J o, et al. "Effects of exercise and alkalosis on serum. Insulin-like growth factor-I and IGF-binding Protein -3". *Can J Appl Physiol* 25 (2): 127- 138, 2000.
20. Kraemer W J, Marchitelli S E, Gordon E, Harman J E, Dziados R, Mello P, et al. "Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols". *J Appl Physiol* 69: 1442-1450, 1990.
21. Kraemer WJ, Ratamess NA. "Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training". *Sports Med* 35(4): 339-6, 2005.
22. Laurentino G, Ugrinowitsch C, Aihara AY, Fernandes AR, Parcell AC, Richard M, et al. "Effects of strength training and vascular occlusion". *Int J Sports Med* 29(8): 664-667, 2008.
23. Loenneke J P, and Pujol T J. "The use of occlusion training to produce muscle hypertrophy". *Strength Cond J* 31(3): 77, 2009.
24. Loenneke J P, Wilson G J, Wilson J M. "A Mechanistic Approach to Blood Flow Occlusion". *Review Int J Sports Med* 31: 1-4, 2010.
25. Moore DR, Burgomaster KA, Schofield LM, Gibala MJ, Sale DG, Phillips SM. "Neuromuscular adaptations in human muscle following low intensity resistance training with vascular occlusion". *Eur J Appl Physiol* 92: 399-406, 2004.



26. Moraska A, "Sports massage. A comprehensive review". *J Sports Med Phys Fitness* 45: 370-80, 2005.
27. Reeves G V, Kraemer R R, Hollander D B, Clavier J, Thomas C, Francois M, Castracane V D. "Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion". *J Appl Physiol* 101: 1616-1622, 2006.
28. Sadeqi S, Rahimi R. "Acute GH and IGF-I responses to short vs. long rest period between sets during forced repetitions resistance training system". *SAJR SPER* 30(2): 31-38, 2008.
29. Sato Y, Yoshitomi A, Abe T. "Acute growth hormone response to low intensity KAATSU resistance exercise: Comparison between arm and leg". *Int J KAATSU Training Res* 1: 45-50, 2005.
30. Sheffield-Moore M, Urban RJ. "An overview of the endocrinology of skeletal muscle". *Trends Endocrinol Metab* 15(3): 105-110, 2004.
31. Sumide T, Sakuraba K, Sawaki K, Ohmura H, Tamura Y. "Effect of resistance exercise training combined with relatively low vascular occlusion". *J Sci Med Sport* 12(1): 107-112, 2009.
32. Takano H, Morita T, Iida H, Asada K, Kato M, Uno K, et al. "Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow". *Eur J Appl Physiol* 95: 65-73, 2005.
33. Takarada Y, Nakamura Y, Aruga S, Onda T, Miyazaki S, Ishii N. "Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion". *J Appl Physiol* 88: 61-65, 2000.
34. Takarada Y, Takazawa H, Sato Y, Takebayashi S, Tanaka Y, Ishii N. "Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscle function in humans". *J Appl Physiol* 88: 2097-2106, 2000.
35. Takarada Y, Tsuruta T and Ishii N. "Cooperative Effects of Exercise and Occlusive Stimuli on Muscular Function in Low-Intensity Resistance Exercise with Moderate Vascular Occlusion". *Jpn J Physiol* 54: 585-592, 2004.
36. Teramoto M, Golding L A. "Low-Intensity Exercise, Vascular Occlusion, and Muscular Adaptations". *Res Sports Med* 14: 259-271, 2006.
37. Wideman L, Weltman J, Hartman ML, Veldhuis JD, Weltman A. "Growth hormone (GH) release during acute and chronic aerobic and resistance exercise: Recent Findings". *Spotsr Med* 32(15): 987-1004, 2002.