Medical Journal
of
Tabriz University of Medical Sciences and Health Services

Original Article

Comparison of growth hormone and insulin-like growth factor-1 responses to high intensity and low intensity resistance training with and without blood flow restriction in adolescent male athletes

Sirous Choobineh, Ali Akbarnejad*, Vahidreza Kakavand, Morteza Yari

Department of Sports Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran
*Corresponding author; E-mail: a.akbarnejad@yahoo.com

Received: 13 May 2017 Accepted: 18 July 2017 First Published online: 7 September 2019
Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2019 October- November; 41(4):40-48

Abstract

Background: Resistance training is the most effective way to increase muscle mass. The hormonal axis of GH-IGF-1 is considered important for the health of the musculoskeletal system in both childhood and adulthood .The purpose of this study was to compare two types to resistance training with and without blood flow restriction on GH-IGF-1 axis after the exercise.

Methods: In this study, 36 adolescent gymnast boys aged 10 to 14 years participated in a quasi-experimental research design. The subjects (mean weight 37.11 ± 8.11 kg, height 145.16 ± 11.58 cm, body mass index 17.40 ± 1.77 kg m) were randomly divided into three groups; control (n=12), high intensity resistance training (n=12), and low intensity resistance training with blood flow restriction (n=12). Training protocol contained three motions included leg extension, elbow flexion and bench press. Blood samples were taken before and half an hour after training.

Results: The results of inter-group showed that a GH variable after acute exercise in resistance exercise with blood flow restriction group (p=0.195), traditional resistance training groups (p=0.182), and control (p=0.317) was not significant; But IGF-1 variable increased significantly in blood flow restriction group (P=0/004). There was no significant difference between groups in levels of GH and IGF-1 (p>0.05).

Conclusion: One session low intensity resistance training with blood flow restriction compared to high intensity resistance training, has a similar effect on increasing serum IGF-1 in children athletes. Such as high intensity resistance exercise seems appropriate to provide hypertrophy and increased in the muscle mass.

Keyword: Adolescent, Blood Flow Restriction, Growth Hormone, IGF-1, Resistance Training

How to cite this article: Choobineh S, Akbarnejad A, Kakavand V, Yari M. [A comparison of acute growth hormone and insulin-like growth factor-1 responses to high intensity resistance training and low intensity resistance training with blood flow restriction in adolescent athlete]. Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2019 October- November; 41(4):40-48. Persian.

© 2019 The Author(s). This is an Open Access article published by Tabriz University of Medical Sciences under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

مقاله پژوهشی

مقایسه پاسخ هورمون رشد و عامل رشد شبه انسولین-۱ به دو نوع تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خـون در پسران ورزشکار نوجوان

سیروس چوبینه، علی اکبرنژاد*، وحیدرضا کاکاوند، مرتضی یاری

گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران، تهران، ایران

* نویسنده مسوول؛ ایمیل: a.akbarnejad@yahoo.com

دریافت: ۱۳۹۶/۲/۲۳ پذیرش: ۱۳۹۶/۴/۲۷ انتشار برخط: ۱۳۹۸/۶/۱۶
مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی تبریز. مهر و آبان ۱۳۹۸؛ ۴۱(۴):۴۰-۴۸

چکیده

زمینه: تمرین مقاومتی به‌عنوان موثرترین روش برای افزایش توده عضلانی شناخته شده و محور هورمونی GH-IGF-1 در هر دو دوره کودکی و بزرگسالی برای سلامت سیستم اسکلتی- عضلانی مهم در نظر گرفته شده است. هدف از پژوهش حاضر مقایسه پاسخ هورمون رشد و عامل رشد شبه‌انسوبین-۱ به دو نوع تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خـون پس از یک جلسه فعالیت ورزشی بود.

روش‌کار: بـه این منظور ۳۶ پسر ژیمناستیک‌کار ۱۰ تا ۱۴ ساله در یک طرح تحقیق نیمه‌تجربی شرکت کردند. آزمودنی‌ها (با میانگین وزن ۸/۱۱±۳۷/۱۱ کیلوگرم، قد ۱۶/۵۸±۱۴۵/۱۱ سانتی‌متر، شاخص توده بدن ۱/۷۷±۱۷/۴۰ کیلوگرم بر مترمربع) به‌طور تصادفی به سه گروه ۱۲ نفره تمرین مقاومتی شدت‌بالا، تمرین مقاومتی کم‌شدت همراه با محدودیت جریان خون و کنترل تقسیم شدند. تمرین شامل سه حرکت بازشدن زانو، خم‌شدن آرنج و پرس‌سینه بود. نمونه‌های خونی قبل و نیم ساعت بعد از اجرای تمرین گرفته شد. سنجش مقدار هورمون رشد و فاکتور رشد شبه‌انسولینی-۱ به وسیلهٔ روش رادیو ایمونواسی و دستگاه گاماکانتر صورت گرفت. از آزمون آماری تی وابسته برای بررسی نتایج درون‌گروهی و از آنالیز واریانس یک‌راهه برای بررسی نتایج بین‌گروهی استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج درون‌گروهی نشان داد که پس از یک وهله فعالیت ورزشی متغیر GH در هیچ یک از گروه‌های مقاومتی شدت‌بالا (P= ۰/۱۸۲)، مقاومتی انسدادی (P= ۰/۱۹۵) و کنترل (P= ۰/۳۱۷) معنی‌دار نشد، لیکن متغیر IGF-1 تنها در گروه مقاومتی انسدادی (P= ۰/۰۰۴) افزایش معنی‌دار داشت. همچنین نتایج بین‌گروهی نشان داد در مقادیر GH و IGF-1 تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها وجود نداشت (p> ۰/۰۵).

بحث و نتیجه‌گیری: فعالیت مقاومتی کم‌شدت همراه با مداخله محدودیت جریان خون در مقایسه با فعالیت مقاومتی شدت‌بالا، تاثیر بیشتری در بیان IGF-1 در کودکان ورزشکار داشت، لذا این شیوه تمرینی به جهت سازگاری‌های عضلانی ناشی از محور هورمونی GH-IGF-1، همانند تمرینات مقاومتی شدت‌بالا مناسب بنظر می‌رسد.

کلید واژه‌ها: تمرین مقاومتی، نوجوان، محدودیت جریان خون، هورمون‌رشد، عامل رشد شبه‌انسولین-۱

نحوه استناد به این مقاله: چوبینه س، اکبرنژاد ع، کاکاوند و ر، یاری م. مقایسه پاسخ هورمون رشد و عامل رشد شبه انسولین- ۱ به دو نوع تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خـون در پسران ورزشکار نوجوان. مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی تبریز. ۱۳۹۸؛ ۴۱(۴):۴۰-۴۸

حق تألیف برای مؤلفان محفوظ است.
این مقاله با دسترسی آزاد توسط دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی تبریز تحت مجوز کریتیو کامنز (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0) منتشر شده که طبق مفاد آن هرگونه استفاده تنها در صورتی مجاز است که به اثر اصلی به نحو مقتضی استناد و ارجاع داده شده باشد.

مقدمه

تمرین مقاومتی اشاره به یک روش ویژه آماده‌سازی دارد که به‌موجب آن‌یک فرد علیه طیف گسترده‌ای از بارهای مقاومتی، به‌منظور افزایش سلامت، تناسب‌اندام و عملکرد، کار می‌کند. امروزه این نوع تمرینات اغلب توسط ورزشکاران جوان برای بهبود عملکرد استفاده می‌شود (۱). سطوح قدرت و توان عضلانی نوجوانان پس از مشارکت در تمرینات مقاومتی افزایش یافته و عملکرد ورزشی آن‌ها بهبود می‌یابد (۲). همچنین گزارش شده است که تمرینات مقاومتی در کودکان و نوجوانان دارای اثرات مفیدی بر قدرت و توان عضلانی، پیشگیری و توانبخشی صدمات، آمادگی قلب و عروق، ترکیب بدن، تراکم مواد معدنی استخوانی، پروفایل چربی خون و همچنین سلامت روان و عزت نفس است (۳). به‌طورکلی عقیده بر آن است که تمرینات مقاومتی با شدت زیاد یا تمرینات قدرتی سنتی (۷۰–۸۰ درصد یک تکرار بیشینه) برای هیپرتروفی و افزایش قدرت عضله موردنیاز است و تمرین با شدت کم، توانایی ایجاد تنش کافی به‌منظور افزایش قدرت و حجم عضلانی را نخواهد داشت (۴). کالج آمریکایی پزشکی ورزشی توصیه می‌کند که افراد برای دست‌یابی به افزایش قدرت و حجم عضلانی با شدتی معادل یا بیشتر از ۶۵ درصد یک تکرار بیشینه به فعالیت ورزشی بپردازند (۴). از طرفی تمرینات مقاومتی با شدت زیاد احتمال آسیب را افزایش می‌دهد و اجرای تمرینات مقاومتی با شدت بالا برای گروه‌های سنی خاص مانند کودکان به علت صدمات صفحات رشد و دیسک‌های کمر توصیه نمی‌شود (۵). تصورات گوناگون در رابطه با انجام تمرینات مقاومتی شدت‌بالا توسط کودکان وجود دارد. نگرانی‌های اولیه در مورد امنیت تمرینات مقاومتی شدت‌بالا در جوانان ریشه در داده‌های سال ۲۰۰۶ که شامل ۲۲۹۲۶ آسیب ورزشی مربوط به وزنه‌برداری یا کار با وزنه برای افراد ۸ تا ۱۹ سال در ایالات متحده دارد (۵). صدمات نادر صفحات رشد و صدمات وارده به دیسک‌های کمر معمولاً در نتیجه تکنیک ضعیف، وزنه‌های بیش از حد سنگین، یا لیفت‌های پرتابی است و بیشترین آسیب‌های جدی به کمر هنگام استفاده از وزنه‌های آزاد رخ می‌دهد (۵). همچنین تمرین مقاومتی با شدت بالا ممکن است برای برخی از افراد، از جمله افراد مبتلا به آرتروز یا پوکی استخوان یا کسانی که دوره نقاهت بعد از عمل جراحی را طی می‌کنند و یا سالمندان مشکل باشد. علاوه بر این، اغلب افراد تمایل زیادی به شرکت در تمرینات مقاومتی شدت بالا را ندارند (۶). بنابراین، مداخلات جایگزینی مورد نیاز است که فرد با انجام فعالیت ورزشی با شدت کم‌تر همچنان قادر به حفظ عملکرد عضلات اسکلتی باشد. از این‌سو محققان تمرینات مقاومتی انسدادی را که با شدت کم‌تر همچنان افزایش قدرت و بهبود توده عضلانی را در پی دارد، پیشنهاد کردند (۸،۷). علاوه بر این احتمال بروز آسیب‌های ناشی از تمرین با بارهای سنگین نیز به‌شدت کاهش می‌یابد (۸). درحالی‌که به نظر می‌رسد تمرینات مقاومتی انسدادی محرک فیزیولوژیک برای سازگاری‌های عضلانی را فراهم می‌کنند، استفاده از شدت پایین، آسیب عضلانی قابل‌توجهی به همراه ندارد. این استراتژی ممکن است برای ورزشکاران حرفه‌ای با کاهش ظرفیت برای ریکاوری ناشی از ورزش با شدت‌بالا مفید باشد (۸). در این شیوه تمرینی قسمت پروگزیمال توسط یک کاف الاستیک با فشار بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر جیوه بسته و با محدودیت یا انسداد در بازگشت وریدی جریان خون، باعث ایجاد حوضچه خونی در اطراف عضله درگیر می‌شود (۹). این عمل با ایجاد ایسکمی میزان متابولیت‌ها را افزایش می‌دهد (۱۰). مکانیسم احتمالی تمرینات مقاومتی کم‌شدت همراه با محدودیت جریان خون بر رشد و توسعه عضلانی را افزایش میزان متابولیت‌ها درون‌عضلانی (لاکتات، یون هیدروژن و آدنوزین مونو فسفات)، تحریک عوامل رشد موضعی و مسیرهای سیگنالی درون‌سلولی، و فراخوانی بیشتر تارهای تند انقباض در شرایط هایپوکسیک بیان کرده‌اند (۱۰). در نتیجه افزایش سوخت‌وساز بدن و استرس متابولیک منجر به پاسخ هورمونی آنابولیک قدرتمندی پس از ورزش می‌شود (۸). عوامل متعددی در هایپرتروفی و تنظیم سنتز و لیز پروتین‌های عضلانی شناسایی شده‌اند. به‌طورمعمول، مطالعه‌هایی که پاسخ‌های هورمونی کودکان به تمرین مقاومتی را بررسی کرده‌اند، بیشتر بر هورمون‌های درگیر در رشد و ترمیم بافت (تستوسترون، هورمون رشد، فاکتور رشد شبه انسولینی) و پاسخ به استرس (به‌عنوان‌مثال، کورتیزول، کاتکول‌آمین‌ها) متمرکز شده‌اند (۳). هورمون رشد (GH) یک هورمون پپتیدی چند اثر است که دارای چندین گونه (۲۲ کیلو دالتون، ۲۰ کیلو دالتون) است و می‌تواند پس از ترجمه به انواع زیرگونه‌های متراکم (مونومر،دایمر، ترایمر) تغییر شکل بدهد. نقش اولیه هورمون رشد تنظیم سوخت و ساز بدن، از طریق افزایش فراخوانی و اکسیداسیون چربی و بهبود سنتز کلاژن در بافت عضلات است. این هورمون اثرات خود را به‌صورت مستقیم و غیر مستقیم بر متابولیسم و سنتز پروتئین، از طریق دایمر گیرنده هورمون رشد و یا تحریک سیستمیک بافت ویژه و رهاسازی فاکتور رشد شبه انسولینی، می‌گذارد (۱۱). ترشح هورمون رشد تحت تاثیر تعدیل کننده‌های متعدد (کاتکول آمین‌ها، کورتیزول، گلوکز، و غیره) و همچنین با ورزش قرار می‌گیرد (۱۲). عامل رشد شبه‌انسولینی (IGF-1) در تکثیر سلولی، تمایز و آپوپتوز درگیر می‌شود. مقادیر زیادی از IGF-1 در گردش خون به پروتئین‌های خاص (BP) متصل است و تعامل بین IGF-1 و این پروتئین‌های حامل، اثرات فیزیولوژیک آن را تعیین می‌کند (۱۲). محور هورمونی GH-IGF-1 در کودکی و بزرگسالی برای سیستم اسکلتی عضلانی مهم در نظر گرفته شده است. این محور شامل هورمون (هورمون رشد)،

عوامل رشدی (فاکتور رشد شبه انسولینی)، پروتئین‌های متصل شونده و گیرنده‌های اختصاصی است. همه این عوامل نقش مهمی در فرآیندهای حیاتی فیزیولوژیکی رشد و توسعه، سوخت‌وساز بدن و بازسازی بافت دارند. هورمون رشد، سنتز فاکتور رشد شبه‌انسولینی را در کبد تحریک می‌کند. IGF-1، که به صورت موضعی در بافت تحریک شده، مانند عضله اسکلتی، تولید می‌شود، مسئول بسیاری از اعمال آنابولیک و رشدی هورمون رشد است. بااین‌حال، هورمون رشد نیز به‌طور مستقل از IGF-1 در متابولیسم بافت و تمایز عمل می‌کند (۱۲،۱۳). با توجه به دامنه گسترده اعمال سوخت‌وسازی، آنابولیکی و اثرات رشدی محور GH-IGF-1، مطالعه اثرات بالقوه تمرین مقاومتی بر این سیستم بسیار مورد علاقه قرار گرفته است. در کودکان، محور GH-IGF-1 عمدتاً در پاسخ به ورزش‌های هوازی مورد بررسی قرار گرفته است (۱۳). در پژوهش‌های مختلف، فعالیت مقاومتی شدت‌بالا سطوح هورمون رشد را در بزرگسالان افزایش می‌دهد. به طور مشابه، گزارش شده هورمون رشد به دنبال یک وهله ورزش مقاومتی در نوجوانان (۱۴) و کودکان (۱۵) افزایش می‌یابد. با این حال، این افزایش همواره مقدار ثابتی نیست. در یک مطالعه Pullinen و همکاران افزایش مشابهی در هورمون رشد پسران نوجوان و بزرگسالان پس از یک جلسه از ورزش مقاومتی نشان دادند (۱۴). با این حال، در یک مطالعه دیگر همان نویسندگان گزارش دادند که، طی یک جلسه ورزش مقاومتی وامانده ساز، افزایش هورمون رشد در مردان مشاهده شد، اما در پسران نوجوان این چنین نبود (۷). همچنین پس از یک جلسه تمرین مقاومتی شدت‌بالا، افزایش IGF-1 در نوجوانان و کودکان پسر مشاهده شده است (۱۳). از طرفی مطالعات مربوط به تاثیر تمرینات مقاومتی کم‌شدت همراه با محدودیت جریان خون بر هورمون رشد و IGF-1 در بزرگسالان محدود و تقریباً متناقض‌اند، به‌طوری که در پژوهشی یک وهله فعالیت ورزشی مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون در مردان جوان با شدت ۳۰٪ منجر به افزایش هورمون رشد، عامل رشد شبه انسولینی شد (۱۶). هر چند در مطالعه‌ای دیگر عدم تغییر قابل ملاحظه‌ای در سطوح سرمی IGF-1 پس از تمرینات مقاومتی انسدادی گزارش شد (۱۷).

بنابراین با توجه به مطالب ارائه شده، اولاً نتایج مربوط به محور هورمونی GH-IGF-1 در کودکان در پاسخ به تمرین مقاومتی محدود و دارای تناقض است و اکثر مطالعات در مردان بالغ به اجرا درآمده‌اند و از طرفی اهمیت تمرینات مقاومتی برای بهبود عملکرد ورزشکاران در سنین رشد به اثبات رسیده است. ثانیاً با توجه به این‌که تمرینات مقاومتی شدت‌بالا توسط کودکان در سنین رشد در صورت عدم اجرای تکنیک صحیح، ممکن است با صدمات جبران ناپذیر به دیسک‌های کمری و صفحات رشد همراه باشد، مطالعه حاضر با هدف مقایسه اثر بخشی تمرینات مقاومتی کم‌شدت همراه با محدودیت جریان خون با تمرینات مقاومتی شدت‌بالا طراحی و اجرا گردید.

روش‌کار

این تحقیق به روش نیمه‌تجربی و به صورت طرح تحقیقی در دو نوبت پیش‌آزمون و پس‌آزمون اجرا گردید و اثر پاسخ سنجیده شد. جامعه آماری این پژوهش را تعداد ۳۶ نفر از کودکان پسر ۱۰ تا ۱۴ ساله ژیمناستیک‌کار شهرستان قزوین با سابقه تمرینی بین ۳ تا ۵ سال، که حداقل در شش ماه اخیر بی‌تمرین نبوده‌اند، (با میانگین وزن ۸/۱۱±۳۷/۱۱ کیلوگرم، قد ۱۱/۵۸±۱۴۵/۱۶ سانتی‌متر، شاخص توده بدن ۱/۷۷±۱۷/۴۰ کیلوگرم بر مترمربع) تشکیل دادند. تمامی آزمودنی‌ها به همراه والدین در یک جلسه آشنایی با روند تحقیق شرکت کردند و تکمیل فرم رضایت‌نامه شرکت در تحقیق و پرسش‌نامه‌های سلامت توسط والدین انجام شد. پس از جمع‌آوری پرسش‌نامه‌ها و بررسی آن‌ها، ۳۶ نفر از افراد، دارای شرایط تعیین شده برای شرکت در مراحل بعدی تحقیق بودند، که به‌طور تصادفی به سه گروه تمرین مقاومتی شدت‌بالا (۱۲ نفر)، تمرین مقاومتی شدت‌پایین با محدودیت جریان خون (۱۲ نفر) و تمرین مقاومتی شدت‌پایین بدون محدودیت جریان خون (۱۲ نفر) تقسیم شدند. گروه کنترل در این تحقیق در واقع همان گروه تمرین مقاومتی شدت‌پایین بدون انسداد بود. هیچ یک از آزمودنی‌ها از مکمل ورزشی یا داروی خاصی تا یک ماه قبل از شروع دوره تحقیق نباید استفاده کرده باشند. همچنین از آن‌ها خواسته شد هیچ‌گونه مکمل غذایی یا دارویی از دو هفته قبل از اجرای پروتکل تمرینی مصرف نکند. البته برنامه غذایی ۲۴ ساعت قبل از آزمون ورزشکاران برای جلوگیری از مصرف کافئین، توسط پرسش‌نامه خود گزارشی و توصیه رژیم غذایی کنترل شد. آب آشامیدنی به صورت آزادانه و به اختیار آزمودنی‌ها با احساس تشنگی مصرف می‌گردید. آزمودنی‌ها در یک جلسه آشنایی با مراحل تمرین و آموزش تکنیک صحیح حرکت شرکت کردند و سه روز پس از آن سنجش حداکثر قدرت پویا انجام گرفت. فاصله آزمون حداکثر قدرت پویا و آزمون اصلی حداقل یک هفته بود. از آزمودنی‌ها خواسته شد که هیچ فعالیت ورزشی را ۲۴ ساعت قبل از آزمون اصلی انجام ندهند. برای محاسبه حداکثر ضربان قلب از روش متداول ۲۲۰ منهای سن استفاده گردید. همچنین تغییرات ضربان قلب آزمودنی‌ها در حین تمرین توسط ساعت ضربان سنج مچی پولار با استفاده از فرستنده هیبریدی (مدلPolar RCX5 Run) کنترل شد. حداکثر قدرت پویا در سه حرکت فلکشن آرنج، اکستنشن زانو و پرس خوابیده انجام گرفت. آزمودنی‌ها هر کدام با حرکات پویا و کشش عضلات درگیر و اجرای چند تکرار از حرکت با حدود ۵۰٪ یک تکرار بیشینه گرم کردند. سپس به دنبال

سه دقیقه استراحت افراد در آزمون حداکثر قدرت پویا شرکت کردند. مقدار وزنه توسط آزمودنی و با راهنمایی آزمون گیرنده انتخاب شد. اگر پس از انجام حرکت تا واماندگی، تعداد تکرار از ۵ بیشتر می شد به آزمودنی ۵ دقیقه استراحت داده شد و آزمون مجدد با وزنه‌ای سنگین‌تر گرفته شد. آزمون مجدد تا زمانی‌که تکرارها به زیر ۵ برسد، انجام شد. حرکاتی شمارش شدند که در دامنه کامل و بدون کمک انجام گیرند. از فرمول برزیسکی برای محاسبه حداکثر قدرت پویا استفاده شد (۵).

{ (تعداد تکرارها×۰/۰۲۷۸)− ۱/ ۰۲۷۸}/ مقدار وزنه=یک‌تکراربیشینه

برای تعیین انسداد نسبی، فشار خون افراد در ساعت ۸ تا ۹ صبح به صورت درازکش اندازه‌گیری شد. فشار نسبی انسداد بازو ۲۰ میلی‌متر جیوه زیر فشار خون سیستولی و فشار نسبی انسداد ران ۲۰ میلی‌متر بالاتر از فشار سیستولی افراد انتخاب شد (۱۸).

خون‌گیری‌ها از ورید کوبیتال میانی در دو مرحله (هر مرحله ۵ سی‌سی) برای سنجش هورمون رشد و فاکتور رشد شبه‌انسولینی−۱ (۳۰ دقیقه قبل و ۳۰ دقیقه بعد از اجرای پروتکل تمرینی) انجام گرفت. و نمونه‌های خونی در آزمایشگاه دانشگاه علوم پزشکی قزوین جهت جداسازی سرم و پلاسما با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه و به مدت ده دقیقه سانتریفیوژ و سپس بخش سرمی آن در دمای منفی ۲۰ درجه سانتی‌گراد فریز گردید. پس از جداسازی پلاسما براساس دستورالعمل کیت مربوط به شرکت ایمونوتک با حساسیت ۱/۱۰۰۰۰، عمل شد. سنجش مقدار هورمون رشد و فاکتور رشد شبه‌انسولینی−۱ به وسیلهٔ روش رادیو ایمونواسی و دستگاه گاماکانتر صورت گرفت.

پروتکل تمرینی: همه آزمودنی‌ها قبل از انجام تمرین اصلی به مدت ۱۰ دقیقه با شدت ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب روی تردمیل دویدند و سپس با دو ست چند تکراری با ۴۰ درصد یک تکرار بیشینه عضلات درگیر در برنامه تمرینی را گرم کردند و پس از پنج دقیقه استراحت در آزمون شرکت کردند. آهنگ اجرای حرکت برای همه آزمودنی‌ها با سرعت یک ثانیه در بخش برون‌گرای انقباض و یک ثانیه در بخش درون‌گرای انقباض بود. افراد به سه گروه، الف) تمرین مقاومتی شدت‌بالا (۷۵٪)، ب) تمرین مقاومتی شدت‌پایین (۳۰٪) همراه با محدودیت جریان خون، ج) تمرین مقاومتی شدت‌پایین (۳۰٪) تقسیم شدند. حجم تمرین آزمودنی‌ها (مقدار وزنه جابجا شده در کل جلسه آزمون) برای هر سه گروه تقریباً برابر شد:

(۱۵+۱۵+۱۵+۳۰)×٪۳۰= (۱۰+۱۰+۱۰)×٪۷۵

روش اجرا به این صورت بود که فشارسنج مانومتر را روی قسمت فوقانی بازوهای آزمودنی بسته و فشار را روی ۱۰۰ میلیمتر جیوه (۲۰میلی متر جیوه کمتر از فشار خون سیستولی) تنظیم کردیم. سپس فرد سه ست پرس سینه روی نیمکت با فاصله استراحتی ۴۵ ثانیه اجرا کرد. تا اتمام تمامی ست‌های پرس سینه کاف روی بازو بسته ماند (۲۰). پس از اتمام حرکت پرس سینه کاف‌ها از بازوها باز کردیم و بعد از سه دقیقه استراحت کاف‌ها را در قسمت فوقانی پاها بسته و به همین ترتیب حرکت اکستنشن زانو را انجام دادند. فشار کاف برای پاها ۱۴۰ میلی متر (۲۰ میلی متر جیوه بیشتر از فشار خون سیستولی) جیوه بود. دوباره کاف‌ها را به بازوها بسته تا فلکشن بازو را انجام دهند.

گروه تمرینی (ج) به عنوان گروه کنترل، همان پروتکل گروه (ب) را اجرا کردند. با این تفاوت که از کاف برای محدود کردن موضعی جریان خون استفاده نکردند.

تجزیه‌وتحلیل آماری: توزیع داده‌های پیش آزمون با استفاده از آزمون شاپیرو_ویلک بررسی و همگنی واریانس‌ها با آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت. به منظور تجزیه و تحلیل یافته‌های تحقیق از آمار توصیفی (شامل میانگین و انحراف استاندارد)، و از آزمون‌های تحلیل واریانس یک راهه برای بررسی تفاوت‌های بین گروهی و از آزمون تی وابسته برای بررسی تفاوت‌های درون گروهی استفاده شد. همچنین درصد تغییرات در هر گروه از مرحله پیش‌آزمون به پس‌آزمون محاسبه گردید. کلیه محاسبات آماری با بهره‌گیری از نرم‌افزار SPSS نگارش ۲۱ انجام گرفت.

یافته‌ها

آزمون شاپیرو_ویلک نرمال بودن توزیع داده‌ها را در سه گروه مورد مطالعه در مرحله پیش‌آزمون نشان داد. همچنین آزمون لون همگنی واریانس‌ها را تایید کرد. نتایج نشان داد که تغییرات درون‌گروهی هورمون رشد در پاسخ به یک جلسه فعالیت، در گروه‌های تمرین مقاومتی شدت‌بالا (P= ۰/۱۸۲)، تمرین مقاومتی انسدادی (P= ۰/۱۹۵) و کنترل (P= ۰/۳۱۷) علی‌رغم افزایش تغییر معنی‌داری را نشان نداد. همچنین تغییرات درون‌گروهی عامل رشد شبه‌انسولینی−۱ در پاسخ به یک جلسه فعالیت مقاومتی، در گروه‌های تمرین مقاومتی شدت‌بالا (P= ۰/۳۸۱) و کنترل (P= ۰/۵۷۴) عدم افزایش معنی‌دار و در گروه تمرین مقاومتی انسدادی (P= ۰/۰۰۴) افزایش معنی‌داری را نشان داد. در مقایسه بین‌گروهی، نتایج تحلیل واریانس یک راه عدم اختلاف معنی‌داری را بین هر سه گروه تمرینی در دو متغیر هورمون رشد (P= ۰/۱۹۵) و عامل رشد شبه‌انسولینی−۱ (P= ۰/۸۳۱) نشان داد.

جدول ۱: برنامه تمرینی گروه‌های مورد مطالعه

گروه‌ها	حرکت	تعداد ست	تعداد تکرار	استراحت بین ست	استراحت بین حرکت
گروه الف	پرس سینه نیمکت	۳	۱۰	۲ دقیقه	۵ دقیقه
	اکستنشن زانو	۳	۱۰	۲ دقیقه	۵ دقیقه
	فلکشن بازو	۳	۱۰	۲ دقیقه	۵ دقیقه
گروه ب	پرس سینه نیمکت	۴	۱۵*(۳)-۳۰	۴۵ ثانیه	۳ دقیقه
	اکستنشن زانو	۴	۱۵*(۳)-۳۰	۴۵ ثانیه	۳ دقیقه
	فلکشن بازو	۴	۱۵*(۳)-۳۰	۴۵ ثانیه	۳ دقیقه

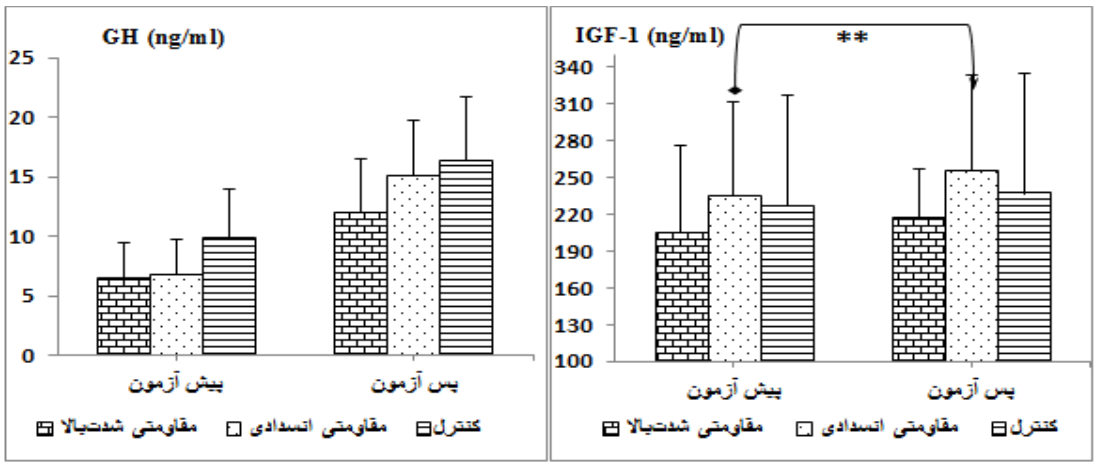
جدول ۳: ویژگی‌های فردی آزمودنی‌های مورد مطالعه

ویژگی‌ها / گروه	سن(سال)	قد(سانتی‌متر)	وزن(کیلوگرم)	شاخص توده بدن	تعداد آزمودنی‌ها
مقاومتی شدت‌بالا	۱۲/۸۹±۱/۲۱	۱۴۳/۱۲±۴/۵۷	۳۵/۱۵±۳/۴۸	۱۶/۹۴±۱/۷۵	۱۲
مقاومتی انسدادی	۱۱/۸۵±۱/۰۲	۱۴۸/۱۲±۴/۱۷	۳۸/۸۹±۳/۷۸	۱۸/۰۳±۱/۱۹	۱۲
کنترل	۱۲/۲۱±۱/۷۷	۱۴۴/۲۰±۶/۴۳	۳۶/۳۱±۴/۱۴	۱۷/۲۳±۱/۶۶	۱۲

جدول ۴: نتایج آزمون‌های تی وابسته (درون گروهی) و تحلیل واریانس یک راهه (بین گروهی) در گروه‌های مختلف تحقیق در مراحل پیش و پس آزمون

متغیر	گروه‌ها	پیش‌آزمون میانگین±انحراف معیار	پس‌آزمون میانگین±انحراف معیار	مقدار t	P درون گروهی	درصد تغییرات	مقدار f	P بین گروهی
GH (ng/mL)	مقاومتی شدت‌بالا	۶/۴۸±۳/۰۱	۱۲/۰۱±۴/۴۸	-۱/۴۰۲	۰/۱۸۲	۴۶/۰۴	۱/۷۳۹	۰/۱۹۵
	مقاومتی انسدادی	۶/۷۸±۲/۹۲	۱۵/۱±۴/۶۲	-۱/۴۴۸	۰/۱۹۵	۵۵/۰۹		
	کنترل	۹/۸۷±۴/۰۶	۱۶/۳۴±۵/۴۲	-۱/۰۵۹	۰/۳۱۷	۳۹/۵		
IGF-1 (ng/mL)	مقاومتی شدت‌بالا	۲۰۴/۶۳±۷۱/۴۹	۲۱۶/۸۳±۴۰/۶۰	-۲/۳۲۴	۰/۳۸۱	۵/۶	۰/۱۹۱	۰/۸۳۱
	مقاومتی انسدادی	۲۳۴/۴۶±۷۷/۷۱	۲۵۵/۶±۷۷/۵۱	-۱/۱۱۵	*۰/۰۰۴	۸/۲۷		
	کنترل	۲۲۶/۶۳±۸۹/۸۹	۲۳۶/۸۶±۹۸/۴۹	-۰/۶۶۶	۰/۵۷۴	۴/۳۱		

*نشانه معنی‌داری در سطح P<۰/۰۵



** تفاوت معنی‌دار در سطح p= ۰/۰۰۴ در مقایسه با پیش‌آزمون همان گروه (آزمون تی وابسته، درون‌گروهی).

نمودار-۱. اختلاف میانگین گروه‌های مختلف پژوهش از مرحله پیش‌آزمون به پس‌آزمون

بحث

تمرین مقاومتی به‌عنوان موثرترین روش برای افزایش توده عضلانی شناخته شده است. توصیه شده که افراد برای دست‌یابی به افزایش قدرت و حجم عضلانی با شدتی معادل یا بیشتر از ۶۵ درصد یک تکرار بیشینه به فعالیت ورزشی بپردازند (۴). به تازگی، مطالعات متعدد از افزایش مشابه در حجم عضلانی مردان بالغ در پاسخ به تمرینات مقاومتی انسدادی در مقایسه با تمرینات مقاومتی

شدت‌بالا حمایت کرده‌اند (۲۲-۲۰). به نظر می‌رسد تمرین مقاومتی شدت‌پایین به همراه محدودیت جریان خون یک جایگزین ایمن و موثر برای تمرینات با شدت بالاتر است، که ممکن است پتانسیل افزایش آسیب و امکان مبتلا شدن به پدیده بیش‌تمرینی را داشته باشد (۲۳). سه مکانیسم اولیه که تصور می‌شود تمرین مقاومتی انسدادی از طریق آن عمل کند: تورم سلولی، افزایش استرس متابولیک، و افزایش فراخوانی تارهای عضلانی است (۲۳). اگر چه مکانیسم تمرین مقاومتی انسدادی کاملا درک نشده است، ولی پیشنهاد شده که تورم سلول ممکن است از طریق تجمع خون، تجمع متابولیت، و پرخونی واکنشی رخ دهد (۲۳). تصور می‌شود که تورم سلولی باعث فعال شدن گیرنده‌های افزایش حجم سلولی می‌گردد، که ممکن است منجر به تحریک مسیرهای سیگنالینگی مختلف آنابولیک شود (۲۳). پژوهش‌ها همچنین نشان می‌دهد که تمرین مقاومتی شدت‌پایین با محدودیت جریان خون استرس متابولیک را افزایش می‌دهد، در نتیجه منجر به افزایش بیشتر در عوامل رشدی می‌گردد (۲۴). علاوه بر این، تجمع متابولیت‌ها می‌تواند فراخوانی تارهای عضلانی را از طریق تحریک گروه سوم و گروه پنجم اعصاب آوران افزایش دهد (۲۵). از آنجا که اجرای مداوم تمرینات شدید برای برخی از افراد قابل انجام نیست (۶)، این پژوهش با هدف تعیین این‌که آیا تمرین مقاومتی کم‌شدت همراه با محدودیت جریان خون می‌تواند یک جایگزین پیشنهادی برای تمرینات مقاومتی شدید باشد، طراحی و اجرا گردید. در نتیجه، مطالعه حاضر بعنوان اولین تلاش جهت بررسی اثر حاد تمرین مقاومتی کم‌شدت همراه با محدودیت جریان خون و مقایسه آن با تمرین مقاومتی شدید بر سطوح هورمون رشد و فاکتور رشد شبه‌انسولینی در آزمودنی‌های نوجوان ۱۰ تا ۱۴ ساله بود.

نتایج تحقیق حاضر بیانگر افزایش در سطوح سرمی GH پس از یک وهله فعالیت ورزشی مقاومتی نسبت به پیش آزمون در گروه‌های تمرینی مقاومتی شدت‌بالا (۴۶/۰۴درصد)، مقاومتی انسدادی (۵۵/۰۹درصد) و کنترل (۳۹/۵ درصد) بود. ترشح هورمون رشد تحت تاثیر تعدیل‌کننده‌های متعدد (کاتکول آمین‌ها، کورتیزول، گلوکز، و غیره) و همچنین با ورزش قرار می‌گیرد (۱۲). پاسخ هورمون رشد به ورزش و اثرات آن ممکن است تحت تاثیر تغییرات حساسیت گیرنده، تعامل اتصال با پروتئین‌ها، تغییرات در دیگر ایزوفرم هورمون رشد، و همچنین تغییر در پتانسیل IGF-1 باشد. علاوه بر این، هورمون رشد در یک الگوی ضربانی ترشح می‌شود، به خصوص در طول سال‌های در حال رشد ترشح این هورمون در اوج خودش است. در واقع، ترشح ضربانی هورمون رشد برای شتاب دادن به نرخ رشد در دوران بلوغ ضروری است (۱۲). بنابراین، هورمون رشد یک مجموعه هورمونی است که به علت طبیعت ضربانی آن، تفسیر سطح آن در خون، به‌ویژه در کودکان بسیار دشوار است (۱۲). هورمون رشد به شیوه‌ای ضربانی ترشح می‌شود، که با بالاترین ترشح در هنگام خواب، به خصوص در کودکان همراه است (۱۲). در مردان، یک جلسه ورزش مقاومتی در بعد از ظهر، الگوی ترشح هورمون رشد را در هنگام خواب تحت تاثیر قرار می‌دهد. در حالی که متوسط ترشح هورمون رشد را تغییر می‌دهد، یک نرخ پایین‌تر از ترشح در نیمه اول خواب و نرخ بالاتر از ترشح هورمون رشد در نیمه دوم خواب را به وجود می‌آورد. این می‌تواند یک اثر مستقیم تمرین مقاومتی بر روی ترشح هورمون رشد، یا یک اثر غیر مستقیم بر کیفیت خواب باشد (۲۶). با توجه به اهمیت ترشح هورمون رشد هنگام شب در طول دوران کودکی و نوجوانی، اثرات مختلف تمرین مقاومتی در طول زمان‌های مختلف روز ممکن است اثرات مهم بر کیفیت خواب یا به طور مستقیم در الگوی ترشح هورمون رشد بگذارد (۲۶). به همین ترتیب، ممکن است الگوی ترشح ضربانی هورمون رشد به طور بالقوه حتی رشد خطی را تحت تاثیر قرار دهد؛ با این حال، این اثرات مورد بررسی قرار نگرفته است (۲۶). یافته‌های مطالعه حاضر همسو با پژوهش Pullinen و همکاران (۲۰۱۱) (۷) و Rubin و همکاران (۲۰۱۴) (۱۵)، و ناهمسو Pullinen و همکاران (۲۰۰۲) (۱۴) بود. عدم افزایش قابل توجه هورمون رشد در پسران نوجوان می‌تواند به علت مقادیر پایه بالاتر، تنوع مشاهده شده در سطوح خونی در نوجوانان مختلف و بار تمرین باشد (۱۵). همچنین در یک وهله ورزش نسبتاً مشابه واحدهای حرکتی نوع II کودکان به میزان کمتر نسبت به بزرگسالان فعال می‌شود، که ممکن است سطح لاکتات به طور معمول کمتر کودکان را توجیح کند. بنابراین، انتظار می‌رود افزایش کم‌تری در هورمون رشد کودکان، حتی در بار کار بالا مشاهده شود (۲۸). همچنین شدت تمرین نیز در تغییر هورمون رشد موثر است، به‌طوری‌که افزایش هورمون رشد در مردان بزرگسال بر اثر یک جلسه ورزش مقاومتی با ۸۵٪ مشاهده شده است، در صورتی که هیچ افزایشی با شدت ۳۰٪ مشاهده نشد (۲۹). همچنین مطالعاتی که به مقایسه این دو شیوه تمرینی در بزرگسالان پرداخته‌اند، به دنبال یک جلسه تمرین‌مقاومتی کم‌شدت (۲۰٪ یک تکرار بیشینه) همراه با محدودیت جریان خون و تمرین شدت‌بالا (۸۰٪ یک تکرار بیشینه)، پاسخ GH بزرگتری در در گروه انسدادی گزارش کردند (۱۷،۳۰).

نتایج تحقیق حاضر افزایش IGF-1 در گروه تمرینی شدت‌بالا (۵/۶درصد)، گروه انسدادی (۸/۲۷درصد) و در گروه کنترل (۴/۳۱درصد) را نشان داد. عامل رشد شبه‌انسولینی (IGF-1) در طول روز نسبتا پایدار باقی می‌ماند و به‌طور ویژه در تکثیر سلولی، تمایز و آپوپتوز درگیر می‌شود. مقادیر زیادی از IGF-1 در گردش خون به پروتئین‌های خاص (BP) متصل است و تعامل بین IGF-1 و این پروتئین‌های حامل، اثرات فیزیولوژیک آن را تعیین می‌کند.

مستقل از هورمون رشد، افزایش IGF-1 ناشی از ورزش نیز پس از ورزش هوازی و بی‌هوازی در کودکان و نوجوانان دیده می‌شود (۱۳). نتایج این پژوهش با مطالعات Takano و همکاران (۲۰۰۵) (۱۶)، Eliakim و همکاران (۲۰۱۳) (۱۳)، همسو و با گزارش Manini و همکاران (۲۰۱۲) (۱۷)، ناهمسو بود. بیان شده ورزش حاد منجر به افزایش IGF-1 می‌شود ولی اگر ورزش به اندازه کافی شدید باشد ممکن است با عدم تغییر یا کاهش همراه باشد. افزایش آنی ممکن است در نتیجه رها شدن آن از ذخایر در دسترس‌تر و ترشح موضعی از عضلات فعال، از طریق مکانیسم پاراکرین یا اتوکرین باشد. سطوح خونی ممکن است نشان دهنده اثرات ورزش بر IGF-1 باشد و لزوما با سایر عوامل رشدی مرتبط نباشد (۱۳)؛ بنابراین، عوامل متعددی در ترشح و آزادسازی عامل رشد شبه‌انسولینی-۱ در خون موثر است و تحلیل نتایج را دشوار می‌گرداند.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان داد که یک وهله فعالیت مقاومتی کم‌شدت همراه با محدودیت جریان خون تاثیر به نسبت مشابهی با تمرینات مقاومتی شدت‌بالا بر سطوح سرمی GH و تاثیر بیشتری بر IGF-1 دارد و به همین دلیل، جهت سازگاری‌های هایپرتروفیک ناشی از GH و IGF-1، بهبود در عملکرد عضلانی متعاقب با آن، همانند تمرینات مقاومتی شدت‌بالا مناسب به‌نظر می‌رسد. از طرفی با توجه به احتمال بروز آسیب‌های ناشی از تمرین با وزنه‌های سنگین به علت تکنیک‌های نادرست و لیفت‌های پرتابی به دیسک‌های کمری و صفحات رشد، ورزشکاران جوان می‌توانند برای جلوگیری از بروز مشکلات وابسته، از این شیوه تمرینی بهره ببرند.

قدردانی

این مقاله منتج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد گرایش فیزیولوژی ورزشی با شماره رکورد ۳۰۵۲۹۹ دانشگاه تهران است که بدین‌وسیله از هیئت ژیمناستیک شهر قزوین و کلیه کسانی که در انجام این پژوهش به ما یاری رساندند، تقدیر و تشکر می‌گردد.

منافع متقابل

مؤلفان اظهار می‌دارند که منافع متقابلی از تالیف یا انتشار این مقاله ندارند.

مشارکت مؤلفان

س، چ؛ ع، ا و همکاران طراحی، اجرا و تحلیل نتایج مطالعه را بر عهده داشته و همچنین مقاله را تالیف نموده و نسخه نهایی آن را خوانده و تایید کرده‌اند.

ملاحظات اخلاقی

شامل نمی‌شود.

منابع مالی

ندارد.

References

1. Lee S, Deldin A R, White D, Kim Y, Libman I, Rivera-Vega M, et al. Aerobic exercise but not resistance exercise reduces intrahepatic lipid content and visceral fat and improves insulin sensitivity in obese adolescent girls: a randomized controlled trial. *Am J Physiol Endocrinal Metab* 2013; **305**(10): 1222-1229. doi: 10.1152/ajpendo.00285.2013
2. Faigenbaum A D, Kraemer W J, Blimkie C J, Jeffrey's I, Micheli L J, Nitka M, et al. Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning. *J Strength Cond Res* 2009; **23**(5): 60-79. doi: 10.1519/JSC.0b013e318 19df407
3. Young W K, Metzl J D. Strength training for the young athlete. *Pediatr Ann* 2010; **39**(5): 293-299. doi: 10.3928/00904481-20100422-10
4. American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2009; **41**(3): 687-708. doi: 10.1249/ MSS.0b013e3181915670
5. Dahab K S, McCambridge T M. Strength training in children and adolescents: raising the bar for young athletes?" *Sports Health* 2009; **1**(3): 223-226. doi: 10.1177/1941738109334215
6. Lees F D, Clarkr P G, Nigg C R, Newman P. Barriers to exercise behavior among older adults: a focus-group study. *J Aging Phys Act* 2005; **13**(1): 23-33. doi: 10.1123/japa.13.1.23
7. Pullinen T, Mero A, Huttunen P, Pakarinen A, Komi P V. Resistance exercise-induced hormonal response under the influence of delayed onset muscle soreness in men and boys. *Scand J Med Sci Sports* 2011; **21**(6): 184-194. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01238.x
8. Scott B R, Loenneke J P, Slattery K M, Dascombe B J. Blood flow restricted exercise for athletes: A review of available evidence. *J Sci Med Sport* 2015; **19**(5): 360-367. doi: 10.1016/j.jsams.2015.04.014
9. Abe T, Loenneke J P, Fahs C A, Rossow L M, Thiebaud R S, Bemben M G. Exercise intensity and muscle hypertrophy in blood flow-restricted limbs and non-restricted muscles: a brief review. *Clinical*

physiology and functional imaging 2012; **32**(4): 247-252. doi: 10.1111/j.1475-097X.2012.01126.x
10. Mohamadi Sh, Khoshdel A, Naserkhani F, Mehdizadeh R. The Effect of Low- Intensity Resistance Training with Blood Flow Restriction on Serum Cortisol and Testosterone Levels in Young Men. *J Arch Mil Med* 2015; **3**(3): 283-296. doi: 10.5812/jamm.28306
11. Doessing S, Holm L, Heinemeier K M, Feldt-Rasmussen U, Schjerling P, Qvortrup K, et al. GH and IGF1 levels are positively associated with musculotendinous collagen expression: experiments in acromegalic and GH deficiency patients. *Eur J Endocrinal* 2010; **163**(6): 853-862. doi: 10.1530/EJE-10-0818
12. Kraemer W J, Nindl B C, Gordon S E. *Resistance exercise: acute and chronic changes in growth hormone concentrations. In: The Endocrine System in Sports and Exercise, Vol. XI, WJ Kraemer and AD Rogol (Eds.).* Malden, MA: Blackwell Pub. 2006; PP: 110-121. doi: 10.1002/9780470757826.ch9
13. Eliakim A, Nemet D. The endocrine response to exercise and training in young athletes. *Pediatr Exerc Sci* 2013; **25**(4): 605-615. doi: 10.1123/pes.25.4.605
14. Pullinen T, Mero A, Huttunen P, Pakarinen A, Komi P V. Resistance exercise-induced hormonal responses in men, women, and pubescent boys. *Med Sci Sports Exerc* 2002; **34**(5): 806-813. doi: 10.1097/00005768-200205000-00013
15. Rubin D, Castner D, Pham H, Ng J, Adams E, Judelson D. Hormonal and metabolic responses to a resistance exercise protocol in lean children, obese children and lean adults. *Pediatr Exerc Sci* 2014; **26**(4): 444-453. doi: 10.1123/pes.2014-0073
16. 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* 2005; **95**(1): 65-73. doi: 10.1007/s00421-005-1389-1
17. Manini T M, Yarrow J F, Buford T W, Clark B C, Conover C F, Borst S E. Growth hormone responses to acute resistance exercise with vascular restriction in young and old men. *Growth Horm IGF Res* 2012; **22**(5): 167-172. doi: 10.1016/j.ghir.2012.05.002
18. Dorneles G P, Colato A S, Galvão S L, Ramis T R, Ribeiro J L, Romão P R, et al. Acute response of peripheral CCr5 chemoreceptor and NK cells in individuals submitted to a single session of low intensity strength exercise with blood flow restriction. *Clin Physiol Funct Imaging* 2015; **36**(4): 311-317. doi: 10.1111/cpf.12231
19. Fahs C A, Loenneke J P, Rossow L M, Thiebaud R, Bemben M G. Methodological considerations for blood flow restricted resistance exercise. *Journal of Trainology* 2012; **1**(14): 14-22. doi: 10.17338/trainology.1.1_14
20. Abe T, Yasuda T, Midorikawa T, Sato Y, Kearns C F, 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* 2005; **1**(4): 6-12. doi: 10.3806/ijktr.1.6
21. Takarada Y, Sato Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *Eur J Appl Physiol* 2002; **86**(4): 308-314. doi: 10.1007/s00421-001-0561-5
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. *Jpn J Physiol* 2004; **54**(6): 585-592. doi: 10.2170/jjphysiol.54.585
23. Loenneke J P, Fahs C A, Rossow L M, Abe T, Bemben M G. The anabolic benefits of venous blood flow restriction training may be induced by muscle cell swelling. *Med Hypotheses* 2012; **78**: 151-154. doi: 10.1016/j.mehy.2011.10.014
24. Loenneke J P, Abe T, Wilson J M, Thiebaud R S, Fahs C A, Rossow L M, et al. Blood flow restriction: An evidence based progressive model. *Acta Physiol Hung* 2012; **99**: 235-250. doi: 10.1556/APhysiol.99.2012.3.1
25. Yasuda T, Abe T, Brechue W F, Iida H, Takano H, Meguro K, et al. Venous blood gas and metabolite response to low-intensity muscle contractions with external limb compression. *Metabolism J* 2010; **59**: 1510-1519. doi: 10.1016/j.metabol.2010.01.016
26. Nindl B C, Hymer W C, Deaver D R, Kraemer W J. Growth hormone pulsatility profile characteristics following acute heavy resistance exercise. *J Appl Physiol* 2001; **91**(1): 163-172. doi: 10.1152/jappl.2001.91.1.163
27. Kraemer W J, Ratamess N A. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Med* 2005; **35**(4): 339-361. doi: 10.2165/00007256-200535040-00004
28. Dotan R, Ohana S, Bediz C, Falk B. Blood lactate disappearance dynamics in boys and men following exercise of similar and dissimilar peak-lactate concentrations. *J Pediatr Endocrinal Metab* 2003; **16**(3): 419-429. doi: 10.1515/jpem. 2003.16.3.419
29. Vanhelder W P, Radomski M W, Goode R C. Growth hormone responses during intermittent weight lifting exercise in men. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1984; **53**(1): 31-34. doi: 10.1007/BF00964686
30. Reeves G V, Kraemer R R, Hollander D B, Clavier J, Thomas C, Francois M, et al. Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion. *J Appl Physiol* 2006; **101**: 1616-1622. doi: 10.1152/japplphysiol.00440.2006