پژوهش در علوم ورزشی  شماره ۲۸، پاییز ۱۳۸۹، صص ۷۲-۵۷

# اثر حاد و مزمن دو نوع تمرین مقاومتی هرمی و هرمی واژگون بر عامل رشد شبه انسولین سرمی در دختران غیرورزشکار

*سحر رزمجو[۱]، دکتر حمید رجبی[۲]، معصومه جنتی[۳]

تاریخ دریافت مقاله: ۸۸/۲/۱۹  تاریخ پذیرش مقاله :۸۸/۷/۷

این مقاله با حمایت مالی پژوهشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی صورت گرفته است.

## چکیده

هدف از انجام مطالعه حاضر بررسی اثر حاد و مزمن دو نوع تمرین مقاومتی هرمی و هرمی واژگون بر عامل رشد شبه انسولین (IGF-1) سرمی دختران غیرورزشکار است. آزمودنی‌های تحقیق را ۲۷ نفر از دختران غیرورزشکار (سن ۲/۲۰ ± ۱۸/۵۵، وزن ۹/۸۶ ± ۵۶ کیلوگرم، قد ۵/۳۳ ± ۱۶۲سانتی‌متر) تشکیل می‌دادند که به‌طور تصادفی در سه گروه هرمی (۱۰ نفر)، هرمی واژگون (۱۰نفر) و کنترل (۷ نفر) قرار گرفتند. گروه هرمی و هرمی واژگون به مدت شش هفته، هفته‌ای سه جلسه به تمرین پرداختند. حرکت هر ایستگاه در سه ست و دو دقیقه استراحت بین ست‌ها انجام می‌شد. در گروه هرمی، ست اول با ۵۰٪ ده تکرار بیشینه و ست دوم با ۷۵٪ ده تکرار بیشینه و ست سوم با ۱۰۰٪ ده تکرار بیشینه و در گروه هرمی واژگون به‌صورت عکس اجرا شد. گروه کنترل نیز فعالیت عادی خود را انجام می‌دادند. از آزمودنی‌ها قبل و بلافاصله پس از جلسه اول و قبل و بلافاصله پس از جلسه آخر تمرینات نمونهٔ خون گرفته شد و غلظت عامل رشد شبه‌انسولین با استفاده از روش الایزا ارزیابی شد. قدرت حداکثر آزمودنی‌ها نیز، در پایان هفته سوم و ششم اندازه‌گیری شد. برای مقایسهٔ داده‌های درون‌گروهی از روش تجزیه و تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری و برای داده‌های بین گروهی از t مستقل و ANOVA استفاده شد. نتایج نشان داد IGF-1 پس از یک جلسه تمرین، در هر یک از گروه‌ها کاهش داشت، اما معنی‌دار نبود (هرمی۰/۸۵=p و هرمی واژگون ۱=p). IGF-1 بین گروه‌ها نیز تفاوت معنی‌داری نداشت (۰/۶۷=P). همچنین پس از یک دوره شش

۱. دانشجوی دکتری تربیت بدنی دانشگاه اوتاوا
۲. دانشیار دانشگاه تربیت معلم تهران
۳. کارشناس ارشد تربیت بدنی دانشگاه تهران

**هفته‌ای نیز IGF-1 درون گروه‌ها (هرمی ۱=P، هرمی واژگون ۰/۸۶=P) و بین گروه‌ها (۰/۵۸=P) تغییر معنی‌داری نداشت. قدرت حداکثر در تمامی حرکات دو گروه به‌طور یکسان و بدون تفاوت معنی‌دار، افزایش داشت، به جز در حرکت جلو بازو که در گروه هرمی واژگون افزایش بیشتری داشت (بین گروهی ۰/۰۰۹=P). ترکیب بدن افراد نیز پس از ۶ هفته، تغییر معنی‌داری نداشت. نتایج تحقیق نشان می‌دهد تمرین مقاومتی هرمی و هرمی واژگون، در مدت شش هفته اثرات مشابهی دارند و با توجه به این که ترکیب بدن تغییر نکرده است، افزایش قدرت احتمالاً در اثر سازگاری عصبی رخ داده و به نظر می‌رسد میزان این سازگاری عصبی در اثر تمرین مقاومتی هرمی و هرمی واژگون یکسان است. همچنین با توجه به این که IGF-1 (محرک اصلی افزایش پروتئین عضله) تغییر معنی‌داری نداشته است، مدت زمان تمرین، به‌ویژه برای دختران، برای هایپرتروفی کافی نیست.**

**کلیدواژه‌های فارسی:** **تمرین مقاومتی هرمی و هرمی واژگون، عامل رشد شبه انسولین، ترکیب بدن، قدرت حداکثر.**

## مقدمه

در سال‌های اخیر تمایل دختران به انجام تمرینات قدرتی افزایش یافته است و برای تندرستی و تناسب اندام از آن بهره می‌گیرند. ورزش‌های مقاومتی به‌طور گسترده در برنامه‌های بازتوانی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند و به عنوان روش یا مدل تمرینی مهمی برای حفظ سلامتی شناخته شده‌اند؛ بنابراین مکانیسم‌هایی که تأثیر انواع تمرینات مقاومتی را در رشد عضلانی– اسکلتی تبیین می‌کنند، مهم و همواره مورد توجه بوده است. بخشی از هایپرتروفی عضلهٔ اسکلتی به اثر کوتاه‌مدت و بلندمدت فاکتور رشد مربوط است (۱). فاکتور رشد، سوماتوستادین C یا عامل رشد شبه‌انسولین است که به‌عنوان محرک مثبت رشد عضلانی شناخته شده است. این هورمون در کبد و عضلات اسکلتی تولید می‌شود و دارای نقش اندوکرین و اتوکرین– پاراکرین می‌باشد. وزن مولکولی سوماتوستادین C حدود ۷۵۰۰ دالتون است. این هورمون تأثیر مهمی در افزایش همهٔ جنبه‌های رشد دارد (۲). در واقع IGF-1 اثر آنابولیکی قوی بر بافت عضلانی دارد (۳). تحقیقاتی در زمینهٔ تغییرات سطوح IGF-1 به دنبال تمرین مقاومتی صورت گرفته است که بعضی از آنها افزایش میزان IGF-1 را نشان دادند (۴- ۶)، برای مثال بورست و همکاران[1] (۲۰۰۱) تأثیر تمرین مقاومتی بر IGF-1 و IGFBPs را مطالعه کردند. هدف اصلی آنها تعیین اثرات تمرین مقاومتی بر IGF-1 گردش خون و دو پروتئین متصل اصلی آن بود. این برنامه شامل سه جلسه تمرین در هفته، به مدت ۲۵ هفته بود. نتایج نشان داد در خلال ۱۳

1. Borst, et al.

هفته تمرین مقاومتی، IGF-1 گردش خون تقریباً ۲۰ درصد افزایش یافت (۴). فیاتاروق سینق و همکاران (۱۹۹۹) نیز تأثیر تمرین مقاومتی را بر IGF-1 عضلات اسکلتی در سالخوردگان نحیف مطالعه کردند و نشان دادند ورزش باعث افزایش ۲/۵ برابری در میوزین‌های جدید و افزایش IGF-1 شد. واکنش سالخوردگان نحیف به تمرین مقاومتی، بازسازی اسکلتی عضلانی بوده و اندازهٔ عضله در اثر تمرین مقاومتی همراه با دریافت انرژی کافی، افزایش معنی‌داری می-یابد (۶). برخی تحقیقات نیز تغییری را در IGF-1 نشان ندادند (۷، ۸). برای مثال والکر و همکاران در سال ۲۰۰۴ اثر ۱۰ هفته تمرین قدرتی را بر IGF-1 و میوستاتین بررسی کردند. نتیجه این بود که تغییری در IGF-1 مشاهده نشد (۸). کرامر و همکاران نیز در سال ۱۹۹۲ پاسخ‌های هورمون رشد، IGF-1 و تستوسترون را به ورزش مقاومتی بررسی کردند. ۸ مرد سالم داوطلب به عنوان آزمودنی تجربی در این مطالعه شرکت کردند. هیچ‌کدام از آنها بدن‌ساز یا وزنه‌بردار نبودند و لااقل به مدت ۵ ماه، هیچ تمرینی منظمی نداشتند.در این تحقیق، غلظت IGF-1 و تستوسترون تغییر معنی‌داری نداشت (۳). کرامر در سال ۱۹۹۳ تغییرات هورمونی را در چند پروتکل تمرین قدرتی در زنان بررسی کرد. ۹ زن در ابتدای مرحله فولیکولار چرخه قاعدگی، شش پروتکل تمرین مقاومتی را در روزهای مختلف انجام دادند. GH، کورتیزول، IGF-1، تستوسترون، اوره و کراتینین آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد و در هیچ پروتکلی، تغییر معنی‌داری در آنها مشاهده نشد (۷). در مورد تمرین مقاومتی هرمی و هرمی واژگون نیز فیش و همکاران درسال ۲۰۰۳ به مقایسهٔ این دو روش پرداختند و نشان دادند تفاوت معنی‌داری در افزایش قدرت، بین دو گروه وجود ندارد و هر دو روش موجب بهبود و افزایش قدرت می شود (۹). درخصوص بررسی این دو روش تمرینی باید اشاره شود، این دو نوع تمرین (تمرین مقاومتی هرمی و هرمی واژگون) در باشگاه‌های بدن‌سازی بسیار رواج دارند و با توجه به این که شدیدترین ست این نوع تمرینات، ۷۰ تا ۷۵ درصد یک تکرار بیشینه (۱۰RM) است (۱۲) بیشتر برای افراد کم تجربه و مبتدی استفاده می‌شوند. ازطرفی تنها این دو روش دقیقاً از نظر حجم تمرین یکسان هستند و هر گونه مقایسه‌ای را امکان پذیر می کنند؛ از این رو در این پژوهش به مقایسه این دو روش پرداختیم.

تحقیقات انجام شده در مورد اهمیت و اثر IGF-1 در افزایش قدرت نتایج متناقضی داشته (۱) و رابطهٔ انواع تمرین قدرتی با IGF-1 به خوبی مشخص نشده است. هنوز روشن نیست که کدام نوع تمرین قدرتی محرک قوی‌تری برای تحریک سازه‌های رشدی و افزایش قدرت است؛ از این‌رو توجه به این مهم از اهمیت زیادی برخوردار است. علاوه بر این، بیشتر بررسی‌های انجام شده در مورد تمرین قدرتی، بر تستوسترون مردان متمرکز است و مطالعات کمتری در مورد

نقش احتمالی IGF-1 در افزایش آنابولیسم و رشد بافت‌ها صورت گرفته است. در این تحقیق، محققان درصددند اثر حاد و مزمن دو نوع تمرین مقاومتی هرمی و هرمی واژگون را بر عامل رشد شبه‌انسولین (IGF-1) سرمی در دختران غیرورزشکار بررسی کنند.

## روش شناسی

این تحقیق از نوع بنیادی است و با توجه به اهداف و استفاده از نمونه‌های انسانی و عدم کنترل تمام متغیرهای مزاحم، به روش نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و سه نوبت پس‌آزمون، در دو گروه تجربی و یک گروه کنترل انجام شد. تعداد ۲۷ نفر از دختران غیرورزشکار ۱۶تا ۲۲ سالهٔ شهر کرج، (سن ۲/۲۰ ± ۱۸/۵۵، وزن ۹/۸۶ ± ۵۶ کیلوگرم و قد ۵/۳۳ ± ۱۶۲سانتی‌متر) که از طریق فراخوانی در یکی از دبیرستان‌های کرج و دانشگاه تربیت معلم، آمادگی خود را برای شرکت در تحقیق اعلام کردند، به‌عنوان نمونهٔ تحقیق انتخاب شدند. آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی به دو گروه ۱۰ نفری تجربی و یک گروه ۷ نفری کنترل تقسیم شدند (جدول۱). آزمودنی‌های این تحقیق طبق تأیید پزشک، از سلامت جسمانی کامل برخوردار بودند و بر اساس پرسشنامه، سابقهٔ تمرین مقاومتی و بدن‌سازی نداشتند و به‌طور کلی به ورزش خاصی نمی‌پرداختند.

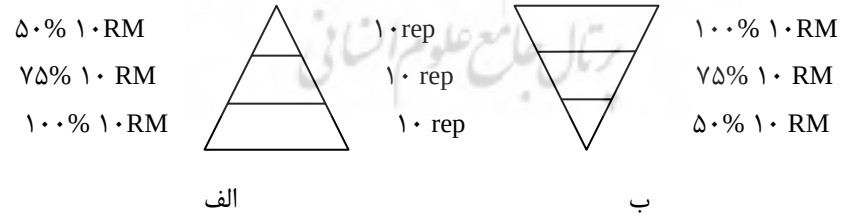
***جدول ۱. اطلاعات مربوط به آزمودنی‌های تحقیق***

| گروه | سن (سال) | وزن بدن (کیلوگرم) | قد (متر) | چربی( درصد ) |
|---|---|---|---|---|
| هرمی (۱۰نفر) | ۱۸/۵ ± ۲/۲۷ | ۵۸/۵۵ ± ۱۱/۴۸ | ۱۶۳ ± ۵/۰۴ | ۲۶/۲۸ ± ۶/۱۴ |
| هرمی واژگون (۱۰نفر) | ۱۸/۶ ± ۲/۲۲ | ۵۳/۲۰ ± ۸/۰۹ | ۱۶۲ ±۶/۵۸ | ۲۴/۸۲ ± ۴/۰۱ |
| کنترل (۷ نفر) | ۱۸/۵۷ ± ۲/۴۳ | ۵۳/۳۵ ± ۱۰/۰۹ | ۱۶۱ ± ۴/۱۸ | ۲۵/۹۹ ± ۴/۴۶ |
| کل (۲۷نفر) | ۱۸/۵۵ ± ۲/۲۰ | ۵۵ ± ۹/۸۶ | ۱۶۲ ± ۵/۳۳ | ۲۶/۶۷ ± ۴/۸۶ |

ابتدا اهداف، جزئیات و همچنین خطرات احتمالی اجرای تمرینات قدرتی برای آزمودنی‌ها تشریح و از آنها رضایت‌نامه کتبی دریافت شد. سپس با استفاده از ترازوی پزشکی مجهز به قدسنج (Seca mod:۲۲۰) ساخت کشور آلمان، قد و وزن آزمودنی‌ها ثبت شد. درصد چربی آزمودنی‌ها نیز با استفاده فرمول چهار نقطه‌ای چین پوستی، به‌وسیلهٔ کالیپر Skin Fold Caliper Baseline ساخت آمریکا، برآورد شد. قبل از دست‌کاری متغیر مستقل (تمرینات قدرتی) از آزمودنی‌ها پیش‌آزمون (نمونه گیری خونی) به عمل آمد. پس از آن، دو گروه آزمودنی‌ها تحت تأثیر متغیر مستقل قرار گرفتند. آنها به مدت شش هفته، سه جلسه در هفته در شش ایستگاه (جلوبازو، پشت بازو، کشش جانبی، جلوران، پشت ران، پرس پا) تمرین کردند.

قبل و بعد از جلسهٔ اول تمرین و قبل و پایان جلسهٔ آخر مجدداً نمونه‌گیری خونی در محل انجام شد و برای ارزیابی فعالیت سرمی عامل رشد شبه انسولین، به روش الایزا به آزمایشگاه منتقل شد. گروه کنترل فعالیتی نداشتند و در پایان جلسهٔ اول و پایان جلسهٔ آخر از آنها نمونه گیری خونی به‌عمل آمد. با استفاده از برنامهٔ رژیم غذایی که به آزمودنی‌ها داده شد، تغذیهٔ آنها، تاحدی کنترل شد و با تشویق آزمودنی‌ها، انگیزهٔ آنها حین اجرای حرکات افزایش یافت.

برای اجرای تمرین، ابتدا قدرت ۱۰ تکرار حداکثر آزمودنی‌ها (۱۰RM)، با استفاده از روش آزمون و خطا در هر ایستگاه مشخص شد و حداکثر قدرت آزمودنی‌ها از طریق جدول‌های نسبت بین تعداد تکرار حداکثر و درصد قدرت حداکثر برآورد گردید (۳). سپس برای هر فرد با توجه به قدرت حداکثر، برنامهٔ تمرین قدرتی تعیین شد. این برنامه شامل دو شیوهٔ هرمی[1] و هرمی واژگون[2] بود. در روش هرمی (سیستم سبک به سنگین)، در سِت اول وزنه‌ای که ۵۰ درصد ۱۰RM فرد بود در ۱۰ تکرار اجرا می‌شد، در سِت دوم ۷۵ درصد ۱۰RM فرد در ۱۰ تکرار و در نهایت سِت آخر۱۰۰ درصد ۱۰RM فرد در ۱۰ تکرار اجرا می‌شد. در روش هرمی واژگون (سیستم سنگین به سبک)، در ست اول وزنه‌ای که۱۰۰ درصد ۱۰RM فرد بود در ۱۰ تکرار اجرا می‌شد، در ست دوم ۷۵ درصد ۱۰RM در ۱۰ تکرار و در ست سوم ۵۰ درصد ۱۰RM فرد در ۱۰ تکرار انجام می‌شد. این روش‌ها به عنوان روش‌های متداول تمرین قدرتی به‌صورت مکرر در منابع مختلف استفاده شده است (۹، ۱۰). فاصلهٔ استراحت بین ست‌ها، با توجه به منابع (۱۱) و این‌که در روش هایپرتروفی، با وجود خستگی باید به تکرار حرکات ادامه داد (۱۲)، دو دقیقه در نظر گرفته شد. حرکات در ۶ ایستگاه شامل کشش جانبی، پرس پا، پشت پا، جلو پا، جلو بازو و پشت بازو انجام شد. (امکان اجرای این برنامه توسط آزمودنی‌ها در مطالعه‌ای مقدماتی تأیید شد) (شکل۱).




***شکل ۱. طراحی تمرین به دو شیوهٔ هرمی (الف) و هرمی واژگون (ب)***

1. DeLorme
2. Oxford

با استفاده از روش تجانس واریانس، همگنی متغیرها در گروه‌های تحقیق و با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، نرمال بودن داده‌ها تعیین شد. سپس برای تعیین وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین نمره‌های افراد در هر گروه، که بر تأثیر متغیر تجربی در متغیر وابسته دلالت دارد، از روش تجزیه و تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری استفاده شد؛ همچنین برای تعیین وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین نمره‌های افراد در هر یک از گروه‌های تمرینی هرمی و هرمی واژگون، از t درون گروهی همبسته استفاده شد. برای تعیین وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین نمره‌های افراد از t مستقل در نمرات افزوده (D اختلاف نمره‌ها) و ANOVA، در مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون ۳ استفاده شد. گروه کنترل تنها در مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون ۳ شرکت داشتند؛ بنابراین، روش ANOVA در این مراحل استفاده شد.

## نتایج

**عامل رشد شبه‌انسولین:** جدول ۲ میانگین و انحراف استاندارد عامل رشد شبه‌انسولین و میزان p را در چهار مرحلهٔ آزمون نشان می‌دهد.

***جدول ۲. میانگین عامل رشدی شبه‌انسولین (نانوگرم در میلی‌لیتر) در مراحل مختلف آزمون و مقادیر معنی‌داری***

| متغیر | گروه | پیش‌آزمون (پیش از اجرای اولین جلسه تمرین) | پس‌آزمون ۱ (پس از اجرای اولین جلسه تمرین) | پس‌آزمون ۲ (پیش از اجرای آخرین جلسه تمرین) | پس‌آزمون ۳ (پس از اجرای آخرین جلسه تمرین) | میزان p |
|---|---|---|---|---|---|---|
| عامل رشدی شبه انسولین | مقاومتی هرمی | ۶۹۸/۸۴±۱۴۳/۳۵ | ۶۷۶/۴۵±۱۱۴/۲۴ | *۵۲۷/۳۲±۸۹/۴۱ | ۵۵۱/۱۷±۱۵۸/۶۸ | ۰/۰۰۳ |
| | مقاومتی هرمی واژگون | ۶۷۵/۱۱±۱۷۶/۲۱ | ۶۲۵/۵۸±۱۷۸/۸۸ | ۵۴۴/۸۱±۱۵۳/۲۵ | ۵۹۷/۱۲±۱۵۵/۴۳ | ۰/۱۳ |
| | کنترل | ۵۶۷/۲۷±۱۲۵/۶۷ | - | - | ۵۷۰/۴۳±۳۲/۸۴ | ۰/۶۴ |

* تفاوت معنی‌دار بین پس‌آزمون ۲ و پس‌آزمون ۱ (P<۰/۰۵)

آزمون اندازه‌های تکراری (جدول۲) نشان داد که تغییرات مربوط به عامل رشدی شبه‌انسولین در گروه تمرینی مقاومتی هرمی، معنی‌دار بوده و در گروه تمرینی مقاومتی هرمی واژگون، در مراحل مختلف اندازه‌گیری، معنی‌دار نبوده است. آزمون بونفرونی نشان داد در گروه تمرینی

مقاومتی هرمی، تفاوت در مرحلهٔ پس‌آزمون ۲ و پس‌آزمون ۱ است که از اهداف این تحقیق محسوب نمی‌شود.

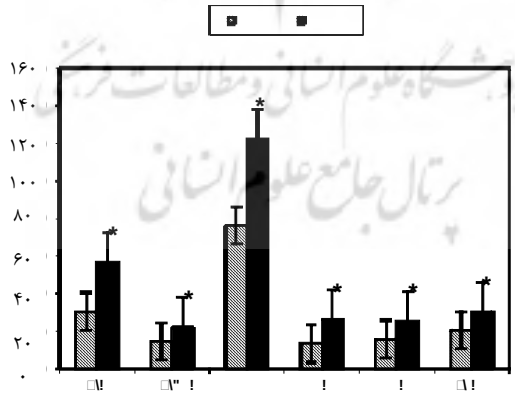
آزمون ANOVA نشان داد در مرحلهٔ پیش‌آزمون (P=۰/۲۱۲) و پس‌آزمون ۳ (P=۰/۷۸۵)، تفاوتی بین سه گروه کنترل، هرمی و هرمی واژگون وجود ندارد. همچنین آزمون t مستقل نشان داد تغییرات مربوط به عامل رشد شبه‌انسولین بین دو گروه تمرینی هرمی و هرمی واژگون، در مراحل پس‌آزمون ۱ و پیش‌آزمون (D۱)، پس‌آزمون ۳ و پس‌آزمون ۲ (D۲)، پس‌آزمون ۲ و پیش‌آزمون (D۳)، و در مرحلهٔ D۲ و D۱ (D۴) معنی‌دار نبوده است. (جدول ۳)

***جدول ۳. عامل رشدی شبه‌انسولین در مراحل مختلف آزمون (بین گروهی)***

| بین گروهی هرمی و هرمی واژگون | t | میزان P برای D1 | T | میزان P برای D2 | T | میزان P برای D3 | t | میزان P برای D4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| عامل رشدی شبه انسولین | ۰/۴۲۵ | ۰/۶۷۶ | -۰/۵۶۱ | ۰/۵۸۲ | -۰/۵۳۴ | ۰/۶۰۰ | -۰/۵۹۰ | ۰/۵۶۲ |

D۱: اختلاف پس‌آزمون ۱ و پیش‌آزمون، D۲: اختلاف پس‌آزمون ۳ و پس‌آزمون ۲، D۳: اختلاف پس‌آزمون ۲ و پیش‌آزمون، D۴: اختلاف D۱ و D۲ .

**قدرت بیشینه:** نمودار ۱ و ۲ میانگین و انحراف استاندارد قدرت‌های بیشینهٔ دو گروه را در دو مرحله، (ابتدای کار و پایان هفته ششم) نشان می‌دهد.




***شکل ۱. تغییرات قدرت بیشینه در گروه هرمی واژگون همهٔ حرکات افزایش معنی‌داری داشته‌اند.***
**** P < ۰/۰۵ ارزش‌ها به‌صورت میانگین ± خطای استاندارد هستند.***

***شکل ۲. تغییرات قدرت بیشینه در گروه هرمی همهٔ حرکات افزایش معنی‌داری داشته‌اند.***
**** P < ۰/۰۵ ارزش‌ها به‌صورت میانگین ± خطای استاندارد هستند.***

آزمون t همبسته نشان داد که در دو گروه تمرینی مقاومتی هرمی و هرمی واژگون، همهٔ قدرت‌های بیشینه معنی‌دار شده‌اند. (P=۰/۰۰)، اما گروه کنترل بدون تغییر بوده است. آزمون t مستقل نشان می‌دهد (جدول ۴) تغییرات مربوط به قدرت بیشینهٔ جلو بازو بین دو گروه تمرینی هرمی و هرمی واژگون، در مرحلهٔ D۲ (P=۰/۰۰۹) و D۳ (P=۰/۰۴۲) معنی‌دار بوده است. (D۱ اختلاف بین پس‌آزمون ۱ و پیش‌آزمون، D۲ اختلاف بین پس‌آزمون ۲ و پس‌آزمون ۱، D۳ اختلاف بین پس‌آزمون ۲ و پیش‌آزمون است).

***جدول ۴. قدرت بیشینه در مراحل مختلف آزمون (بین گروهی)***

| بین گروهی هرمی و هرمی واژگون | میزان P برای D1 | t | میزان P برای D2 | t | میزان P برای D3 | t |
|---|---|---|---|---|---|---|
| قدرت بیشینهٔ جلو ران | ۰/۱۶۱ | -۱/۴۳۶ | ۰/۰۶۵ | -۱/۹۹۳ | ۰/۰۵۶ | -۲/۰۴۳ |
| قدرت بیشینهٔ پشت ران | ۰/۴۵۶ | ۰/۷۶۲ | ۰/۸۳۹ | ۰/۲۰۷ | ۰/۵۷۳ | ۰/۵۷۵ |
| قدرت بیشینهٔ جلو بازو | ۰/۵۵۰ | -۰/۶۰۹ | ۰/۰۰۹ | -۲/۹۱۳ | ۰/۰۴۲ | -۲/۱۸۸ |
| قدرت بیشینهٔ پشت بازو | ۰/۲۴۸ | ۱/۱۹۳ | ۰/۸۳۴ | ۰/۲۱۲ | ۰/۴۰۵ | ۰/۸۵۷ |
| قدرت بیشینهٔ پرس پا | ۰/۹۷۱ | -۰/۰۳۷ | ۰/۱۱۲ | -۱/۶۷۰ | ۰/۱۱۶ | -۱/۶۵۳ |
| قدرت بیشینهٔ کشش جانبی | ۰/۰۹۵ | -۱/۸۰۲ | ۰/۴۶۱ | ۰/۷۵۴ | ۰/۷۳۱ | -۰/۳۴۹ |

D۱اختلاف بین پس‌آزمون۱ و پیش‌آزمون، D۲ اختلاف بین پس‌آزمون ۲ و پس‌آزمون ۱، D۳ اختلاف بین پس‌آزمون ۲ و پیش‌آزمون

**ترکیب بدن:** آزمون t همبسته نشان داد کـه در دو گـروه تمرینـی مقـاومتی هرمـی و هرمـی واژگون و همچنین گروه کنترل، هیچ‌یک از اجزای ترکیب بدن معنی‌دار نشده است (هفتهٔ صفر در مقایسه با هفتهٔ ششم). آزمون t مستقل نیز نشان داد که هیچ‌کدام از این تغییـرات، بـین دو گروه تمرینی مقاومتی هرمی و هرمی واژگون، معنی‌دار نبوده است (D اختلاف بین پس‌آزمـون و پیش‌آزمون است) (جدول ۵). میانگین و انحراف اسـتاندارد متغیرهـای ترکیـب بـدن نیـز در جدول ۶ ارائه شده است.

***جدول ۵. ترکیب بدن در مراحل مختلف آزمون (بین گروهی و درون‌گروهی)***

| بین گروهی هرمی و هرمی واژگون | میزان P برای D | میزان P درون‌گروهی هرمی | میزان P درون‌گروهی هرمی واژگون |
|---|---|---|---|
| وزن (کیلوگرم) | ۰/۵۴۸ | ۰/۸۵ | ۰/۴۶ |
| BMI (کیلوگرم بر متر مربع) | ۰/۵۰۴ | ۰/۸۷ | ۰/۳۸ |
| چربی کل بدن (درصد) | ۰/۰۵۵ | ۰/۲۱ | ۰/۶۴ |
| چین پوستی روی ران (میلی‌متر) | ۰/۲۰۹ | ۱ | ۰/۶۴ |
| چین پوستی روی بازو (میلی‌متر) | ۰/۱۳۹ | ۰/۵ | ۰/۸۱ |
| دور ران (سانتی‌متر) | ۰/۵۴۶ | ۰/۱۸ | ۰/۲۶ |
| دور بازو (سانتی‌متر) | ۰/۲۱۰ | ۰/۲۷ | ۰/۵۵ |

D اختلاف بین پس‌آزمون و پیش‌آزمون است

***جدول۶. میانگین و انحراف استانداردهای متغیرهای ترکیب بدن در پیش‌آزمون و پس‌آزمون***

| گروه | متغیر | پیش‌آزمون | پس‌آزمون |
|---|---|---|---|
| مقاومتی هرمی | وزن (کیلوگرم) | ۵۸/۵۵±۱۱/۴۸ | ۵۸/۴۵±۱۰/۲۵ |
| | BMI (کیلوگرم بر متر مربع) | ۲۱/۹۴±۳/۹۷ | ۲۱/۹۱±۳/۴۸ |
| | چربی کل بدن (درصد) | ۲۶/۲۸±۶/۱۴ | ۲۵/۹۳±۵/۶۶ |
| | چین پوستی روی ران (میلی‌متر) | ۳۱/۸۰±۷/۹۲ | ۳۱/۸۰±۶/۸۱ |
| | چین پوستی روی بازو (میلی‌متر) | ۱۶±۷/۸۰ | ۱۵/۴۰±۷/۳۹ |
| | دور ران (سانتی‌متر) | ۵۱/۲۰±۴/۸۸ | ۵۱/۶۰±۴/۴۵ |
| | دور بازو (سانتی‌متر) | ۲۶/۸۵±۳/۲۶ | ۲۶/۶۰±۲/۸۰ |
| مقاومتی هرمی واژگون | وزن (کیلوگرم) | ۵۳/۲۰±۸/۰۹ | ۵۳/۵۰±۶/۷۶ |
| | BMI(کیلوگرم بر متر مربع) | ۲۰/۰۱±۲/۰۴ | ۲۰/۱۵±۲/۰۹ |
| | چربی کل بدن (درصد) | ۲۴/۸۲±۴/۰۱ | ۲۴/۹۳±۳/۷۰ |
| | چین پوستی روی ران (میلی‌متر) | ۲۸/۶۰±۵/۵۶ | ۲۸/۸۰±۵/۳۴ |
| | چین پوستی روی بازو (میلی‌متر) | ۱۵/۶۰±۵/۴۴ | ۱۵/۵۰±۵/۳۵ |
| | دور ران (سانتی‌متر) | ۴۸/۲۵±۳/۷۵ | ۴۸/۴۵±۳/۷۵ |
| | دور بازو (سانتی‌متر) | ۲۵/۲۵±۲/۱۱ | ۲۵/۳۵±۲/۴۷ |

## بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد پس از یک جلسه فعالیت بدنی،IGF-1 در هر یک از گروه‌های هرمی و هرمی واژگون، تفاوت معنی‌داری نداشته است. برخی از تحقیقات پیشین نتایجی موافق (۳، ۷، ۱۵، ۱۶) و برخی دیگر نتایجی مغایر (۵، ۶) با تحقیق حاضر داشته‌اند. یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج به‌دست آمده توسط کرامر و همکاران (۱۹۹۲، ۱۹۹۳، ۱۹۹۵) هم‌خوانی دارد. کرامر در سال ۱۹۹۲ پاسخ‌های هورمون رشد، IGF-1 و تستوسترون را به ورزش مقاومتی بررسی کرد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، غلظت IGF-1 و تستوسترون تغییر معنی‌داری نداشت (۳). کرامر در سال ۱۹۹۳ تغییرات هورمونی را در چند پروتکل تمرین قدرتی در زنان بررسی کرد. ۹ زن در ابتدای مرحلهٔ فولیکولار چرخه قاعدگی، شش پروتکل تمرین مقاومتی را در روزهای مختلف انجام دادند. تمرین‌ها شامل دو دسته از سه پروتکل بود: دسته اول قدرتی و دسته دوم هایپرتروفی. GH، کورتیزول، IGF-1، تستوسترون، اوره و کراتینین آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد و در هیچ پروتکلی، تغییر معنی‌داری در آنها مشاهده نشد (۷). همچنین کرامر در سال ۱۹۹۵ اثر حاد تمرین مقاومتی سنگین را بر GH، IGF-1، لاکتات و CK بررسی کرد و نشان داد GH، CK و لاکتات به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، اماIGF-1 تغییر معنی‌داری نداشت (۱۵). کانسیت و همکاران (۲۰۰۱) نیز به نتایج مشابهی رسیدند؛ آنها واکنش‌های هورمونی نسبت به ورزش مقاومتی را در برابر ورزش استقامتی در زنان، پیش از قاعدگی مطالعه کردند (۱۶). نتیجهٔ تحقیق حاضر در خصوص عدم تغییر IGF-1 با نتایج کاپن و همکاران (۱۹۹۴)، هم‌خوانی ندارد. آنها تأثیر ورزش کوتاه‌مدت را بر IGF-1 بررسی کردند و نشان دادند در اثر ده دقیقه رکاب زدن روی چرخ کارسنج با شدت بالاتر از آستانهٔ لاکتات، IGF-1 در گروه‌ها افزایش می‌یابد (۵). از دلایل احتمالی این عدم هم‌خوانی می‌توان به این نکته اشاره کرد که در تحقیق کاپن و همکاران، دست‌کاری‌های تغذیه‌ای هم در کنار ورزش، به عنوان متغیر مستقل مطرح بوده و این امر می‌تواند از عوامل اثرگذار باشد، ضمناً این محققان میزان IGF-1 را در بافت عضلانی اندازه‌گیری کرده، ذکر کرده‌اند که ممکن است این تغییرات در پلاسما منعکس نشود. فیاتاروق سینق و همکاران (۱۹۹۹) نیز نتایج متفاوتی را گزارش کرده‌ند. آنها تأثیر تمرین مقاومتی را بر IGF-1 عضلات اسکلتی در سالخوردگان نحیف مورد مطالعه قرار دادند. ورزش باعث افزایش ۲/۵ برابری در میوزین‌های جدید و افزایش IGF-1 شد. واکنش سالخوردگان نحیف به تمرین مقاومتی به‌صورت بازسازی اسکلتی عضلانی بوده و اندازه عضله در اثر تمرین مقاومتی همراه با دریافت انرژی کافی، به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (۶). در تحقیق فیاتارون سینق و همکاران نیز ترکیب وزنهٔ تمرینی و مکمل غذایی، متغیر مستقل تحقیق در

نظر گرفته شده بود که با متغیر مستقل تحقیق حاضر تفاوت دارد. ضمناً گروه سنی آزمودنی‌ها هم در دو تحقیق متفاوت است. در مورد عدم تغییر عامل رشد شبه‌انسولین باید اشاره شود، چندین عامل بر میزان IGF-1 اثرگذار هستند، از جمله IGFBPs که شش نوع هستند. این پروتئین‌ها بر عملکرد فیزیولوژیکی IGF-1 اثر دارند. آنها از یک سو باعث افزایش نیمه عمر عامل رشد شبه‌انسولین در خون می‌شوند و از تجزیهٔ آن جلوگیری می‌کنند و از سوی دیگر موجب کاهش IGF-1 آزاد می‌شوند و از اثرات آنابولیک آن می‌کاهند(۲). تحقیقات متعددی نشان داده‌اند که در اثر ورزش میزان IGFBPs افزایش می‌یابد (۱۳، ۱۴)؛ بنابراین، این احتمال وجود دارد که در تحقیق حاضر میزان IGF-1 زیاد شده باشد، اما احتمالاً میزان IGFBPs نیز افزایش یافته و از آن‌جا که IGF-1 میل ترکیبی برای اتصال به IGFBPs دارد (۲)، تغییری در میزان آن مشاهده نشده است.

یافته‌های تحقیق حاضر نشان می‌دهد که در پی یک دوره فعالیت بدنی، IGF-1 در هر یک از گروه‌های هرمی و هرمی واژگون، تفاوت معنی‌داری نداشته است. بر طبق مطالعات محققان دیگر، IGF-1 سرمی به صورت دو مرحله‌ای به فعالیت ورزشی پاسخ می‌دهد؛ در واقع میزان IGF-1 سرمی در اوایل برنامهٔ تمرین کاهش دارد و سپس، در حدود هفته دوازدهم به بعد، افزایش می‌یابد که این افزایش با افزایش تودهٔ عضلانی در ارتباط است. به عبارت دیگر، همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، افزایش قدرت در هفته‌های اول تمرین مقاومتی در اثر سازگاری عصبی است درحالی‌که افزایش بعدی قدرت در اثر تغییرات ساختاری مثل هایپرتروفی و افزایش پروتئین عضله است، درست زمانی که IGF-1 (محرک اصلی افزایش پروتئین عضله) افزایش می‌یابد (۱۷). در تحقیق حاضر نیز پس از شش هفته دورهٔ تمرینی، در جلسهٔ آخر تمرینات، میزان عامل رشد شبه‌انسولین افزایش یافته، اما این افزایش به لحاظ آماری، معنی‌دار نیست. به نظر می‌رسد اگر دورهٔ تمرینی طولانی‌تر بود، احتمالاً این افزایش نیز معنی‌دار می‌شد. محققان دیگر نیز نشان دادند تمرین کوتاه‌مدت باعث کاهش IGF-1 و تمرین بلندمدت باعث افزایش آن می‌شود؛ مثلاً راستاد و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند IGF-1 پس از هشت روز تمرین مقاومتی کاهش می‌یابد. آنها تغییرات هورمونی و عصبی عضلانی را در ۱۸ مرد تمرین کرده، به مدت دو هفته بررسی کردند. میزان IGF-1 و تستوسترون در روز هشتم، به ترتیب ۱۱٪ و ۱۲٪ کاهش یافت (۱۸). بورست و همکاران (۲۰۰۱) نیز تأثیر تمرین مقاومتی را بر IGF-1 و IGFBPs مطالعه کردند. هدف اصلی آنها، تعیین اثرات تمرین مقاومتی بر IGF-1 گردش خون و دو پروتئین متصل اصلی آن بود. این برنامه شامل سه روز تمرین در هفته، به مدت ۲۵ هفته بود. نتایج نشان داد در خلال ۱۳ هفته تمرین مقاومتی، IGF-1 گردش خون

تقریباً ۲۰ درصد افزایش یافت. بین ۱۳ تا ۲۵ هفته افزایش بیشتری مشاهده نشد (۴)؛ بنابراین به نظر می‌رسد تمرینات کوتاه مدت با کاهش و تمرینات بلند مدت با افزایش IGF-1 همراه باشد. توجیهی که در خصوص پاسخ دو مرحله‌ای IGF-1 می‌توان داشت، فرضیهٔ التهابی است. به‌نظر می‌رسد در اوایل برنامهٔ تمرینی، غلظت سرمی سایتوکاین‌های متعدد افزایش می‌یابد که به افزایش التهاب منجر می‌شود و این امر باعث کاهش IGF-1 را در پی دارد. اسچت و همکاران (۲۰۰۲) نیز نشان دادند پس از یک ساعت و نیم فوتبال سخت، سایتوکاین‌هایی مانند TNF افزایش می‌یابند، در حالی که IGF-1 کاهش می‌یابد (۱۷). به نظر می‌رسد، افراد به مرور زمان با برنامهٔ تمرین سازگار می‌شوند و میزان ترشح سایتوکاین‌ها کاهش می‌یابد، این امر با اثری آنابولیکی و افزایش IGF-1 همراه است (۱۷).

در تحقیق حاضر نشان داده شد تمرین قدرتی هرمی و هرمی واژگون به مدت شش هفته و هفته‌ای سه جلسه، باعث افزایش قدرت بیشینهٔ جلو ران، پشت ران، جلو بازو، پشت بازو، پرس پا و کشش جانبی در دختران غیرورزشکار می‌شود، بدون این که تغییری در ترکیب بدن افراد (درصد چربی بدن، وزن، چین پوستی و دور ران و بازو) ایجاد شود. بعضی از تحقیقات پیشین نتایجی موافق (۱۹) و برخی دیگر نتایجی مغایر (۲۰) با تحقیق حاضر داشته‌اند؛ برای مثال کملر و همکاران (۲۰۰۴) به نتایج مشابهی رسیدند، آنها نشان دادند قدرت زنان پس از تمرین مقاومتی افزایش می‌یابد، بدون این که تغییری در ترکیب و تودهٔ بدن رخ دهد. آنها اثر یک سِت تمرین مقاومتی را در مقابل چند سِت تمرین مقاومتی در ۷۱ زن تمرین کرده، به مدت ۱۲ هفته بررسی کردند (۱۹). اما نیکلاس و همکاران (۱۹۹۵) افزایش قدرت و تغییر ترکیب بدن را، پس از تمرینات قدرتی کوتاه‌مدت، در مردان مسن نشان دادند که به نظر می‌رسد سازگاری عصبی در اینجا عاملی تعیین کننده باشد. آزمودنی‌های تحقیق نیکلاس، ۱۳ مرد (۴۰ ± ۶۰ سال) بودند که ۱۶ هفته به تمرین مقاومتی پرداختند. برنامهٔ تمرین باعث ۳۷٪ افزایش قدرت در اندام فوقانی و ۳۹٪ افزایش قدرت در اندام تحتانی شد. تودهٔ خالص بدن به‌طور قابل توجهی افزایش یافت و درصد چربی در اثر تمرین کاهش یافت (۲۰). اما در تحقیق حاضر تغییری در ترکیب بدن افراد مشاهده نشده است، ممکن است این امر به دلیل تفاوت در مدت زمان تمرین باشد؛ زیرا مدت پروتکل تمرین در تحقیق نیکلاس ۱۶ هفته، اما در تحقیق حاضر ۶ هفته بود. از طرفی، آزمودنی‌های تحقیق حاضر را دختران تشکیل می‌دهند در حالی که آزمودنی‌های تحقیق نیکلاس مردان مسن بودند. به هر حال به‌نظر می‌رسد محدودیت اصلی، کوتاه بودن دورهٔ تمرین باشد. توسعهٔ بهینهٔ قدرت زمانی رخ می‌دهد که عضله، برخلاف درجه‌ای از مقاومت، منقبض شود. میزان این درجه باید به اندازهٔ تلاش بیشینه یا نزدیک به بیشینه باشد تا بتواند

عضله را خسته کند (۹). با توجه به الگوی موریتانی و دوریس، افزایش در قدرت عضلانی در هفته‌های ابتدایی مربوط به سازگاری عصبی است که به یادگیری، هماهنگی حرکات و توانایی مغز در به کار گرفتن واحدهای حرکتی بیشتر مربوط می‌شود و در هفته‌های بعد علاوه بر سازگاری عصبی، هایپرتروفی نیز در این افزایش تأثیر می‌گذارد و نقش اصلی را در افزایش قدرت ایفا می‌کند (۱). با توجه به این که در تحقیق حاضر قدرت افزایش یافته، اما تغییری در ترکیب بدن افراد مشاهده نشده است، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش قدرت در اثر سازگاری عصبی رخ داده است و تمرین مورد استفاده در این تحقیق در مدت شش هفته نتوانسته باعث هایپرتروفی عضلانی شود.

مقایسه اثرات دو نوع تمرین در تحقیق حاضر نشان داد که افزایش قدرت بین دو گروه هرمی و هرمی واژگون تفاوتی ندارد. با وجود این که تمرین هرمی از فشار کم شروع می‌شود و به تدریج افزایش می‌یابد و تمرین هرمی واژگون از فشار زیاد شروع می‌شود و به تدریج فشار کاهش می‌یابد، اما به نظر می‌رسد فشار میانگین فیزیولوژیکی این دو نوع تمرین یکسان است. فیش و همکاران (۲۰۰۳) نیز در تحقیقی به بررسی کارآیی دو روش تمرین قدرتی دلورم و آکسفورد پرداختند. در تحقیق آنها ۶۰ آزمودنی به مدت ۹ هفته، سه جلسه در هفته به تمرین پرداختند. تمرین شامل سه سِت و هر سِت ۱۰ تکرار باز کردن زانو بود که بر اساس ۱۰RM آزمودنی‌ها اجرا می‌شد و هر هفته ۱۰RM ارزیابی می‌شد. میانگین ۱۰RM هر دو گروه افزایش یافت و تفاوت معنی‌داری بین دو گروه مشاهده نشد. آنها نشان دادند هر دو روش موجب بهبود و افزایش قدرت به‌طور مشابه می‌شود (۹). به هر حال در تحقیق حاضر قدرت، تفاوتی نداشت به جز در حرکت جلو بازو که گروه هرمی واژگون افزایش قدرت بیشتری را نشان دادند. به نظر می‌رسد فشار تمرین روی عضلهٔ دو سر بازو به دلیل ضعف این عضله، بیشتر بوده است.

به طور خلاصه می‌توان نتیجه‌گیری کرد، تمرین مقاومتی هرمی و هرمی واژگون در مدت شش هفته اثرات مشابهی بر IGF-1 دارند. با توجه به این که ترکیب بدن تغییر نکرده است، احتمال دارد که افزایش قدرت در اثر سازگاری عصبی رخ داده باشد و به نظر می‌رسد میزان این سازگاری عصبی در اثر تمرین مقاومتی هرمی و هرمی واژگون یکسان است. همچنین مدت زمان تمرین، به‌ویژه برای دختران، مدت زمان کافی برای هایپرتروفی نیست.

## منابع:


۱.ویلمور، جک اچ، کاستیل، دیوید ال، (۱۳۸۱). «فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی». ترجمهٔ ضیاء معینی و همکاران. ج ۱ و ۲. تهران: مبتکران

۲.مرندی، محمد، محبی، حمید، قراخانلو، رضا، نادری، غلامعلی. (۱۳۸۵). تاثیر دوازده هفته تمرین مقاومتی بر پاسخ برخی از هورمون های آنابولیک، پژوهش در علوم ورزشی، ۴ (۱۱): ۷۹-۹۱.

3. Kraemer, R.R., Kilgore, J.L., Kraemer, G.R., Castracane, V.D. (1992). Growth hormone, IGF-1 and testosterone responses to resistive exercise. Med & Sci in Sports & Exe, 24 (12): 1346-1352.

4. Borst, S.E., De hoyos, D.V., Garzarella, L., Vincent, K., Pollock, B.P., Lawenthal, D.T., Pollock, M. (2001). Effects of resistance training on IGF-1and IGF binding proteins. Med & Sci in Sports Exerc, 33 (4): 648-653.

5. Cappon, J., Brasel, J.A., Mohan, S., Cooper, D.M. (1994). Effect of brief exercise on circulating IGF-1. J Appl Physiol, 76 (6): 2490-2496.

6. Fiataronesingh, M.A., Ding, W., Manfredi, T.J., Solares, G.S., O'Neill, E.F., Clements, K.M., Ryan, N.D., Kehayias, J.J., Pielding, R.A., Evans, W.J. (1999). Insulin-like growth factor I in skeletal muscle after weight-lifting exercise in frail elders. Am J Physiol Endocrin Metab, 277: 135-143.

7. Kraemer, W.J., Fleck, S.J., Dziados, J.E., Harman, E.A., Marchitelli, L,J., Gordon, S.E., Mello, R., Frykman, P.N., Koziris, L.P., Triplett, N.T. (1993). changes in hormonal concentrations after different heavy-resistance exercise protocols in women. J Appl Physiol, 75 (2): 594-604.

8. Walker, K.S., Kambadur, R., Sharma, M., Smith, H.K. (2004). resistance training alters plasma myostatin but not IGF-1 in healthy men. Med & Sci in Sports Exer, 36 (5): 787-793

9. Fish, D.E., Krabak, B.J., Johnson-Greene, D., deLateur, B.J., (2003). Optimal resistance training: comparison of Delorme with Oxford techniques. Am J of Physical Med and Rehab, 82 (12): 903-909

10. Fleck, S.J., Kraemer, W.J., (2004). Designing resistance training programs. Second edition. 124

11. Willardson, J.M.,and Burkett, L.N. (2006). The effect of rest interval length on bench press performance with heavy vs. light loads. J Strength Cond Res, 20 (2): 396-399

۱۲.بومپا، تئودور، (۱۳۸۵). «زمان بندی تمرین». ترجمهٔ معرفت سیاه‌کوهیان، حمید آقا علی نژاد، حمید رجبی، تهران: دنیای حرکت

13. Hopkins, N.J., Jakeman, P. M., Cwyfan Hughes, S., Holly, J. M. P.(1994). Changes in circulating insulin-like growth factor-binding protein-1 (IGFBP-1) during prolonged exercise: effect of carbohydrate feeding. J. Clin. Endocrinol. Metab, 79: 1887-1890

14. Koistinen, H., Koistinen, R., Selenius, L., Ylikorkala, O., Seppala, M. (1996). Effect of marathon run on serum IGF-I and IGF-binding protein 1 and 3 levels. J. Appl. Physiol, 80: 760-764

15. Kraemer, W.J., Aguilera, B.A., Terada, M. (1995). Responses of IGF-1 to endogenous increase in growth hormone after heavy exercise. J App Physiol, 79: 1310-1315.

16. Consitt, L.A., Copeland, J.L., Tremblay, M.S., (2001). Hormonal responses to resistance vs. endurance exercise in premenopausal females. Can J Appl Physiol, 26 (6): 574-587.

17. Scheett, T.P., Nemet, D., Stoppani, J., Maresh, C.M., Newcomb, R., Cooper, D.M. (2002). The effect of endurance-type exercise training on growth mediators and inflammatory cytokines in pre-pubertal and early pubertal males. Pediatr Res, 52 (4): 491-7.

18. Raastad, T., Glomsheller,T., Bjoro, T., Hallén, J. (2001). Changes in human skeletal muscle contractility and hormone status during 2 weeks of heavy strength training. Eur J Appl Physiol, 84 (1-2): 54-63

19. Kemmler, W.K., Lauber, D., Weineck,J. (2004). Effects of single-vs. multiple-set resistance training on maximum strength and body composition in trained postmenopausal women. J Strength Cond Res,18 (4): 689-94.

20. Nicklas, B.J., Ryan, A.J., Treuth, M.M., Harman, S.M., Blackman, M.R., Hurley, B.F., Rogers, M.A. (1995) Testosterone, growth hormone and IGF-1 responses to acute and chronic resistive exercise in men aged 55-70years. Int J of Sports Med,16 (7): 445-450