

علوم زیستی ورزشی - تابستان ۱۳۹۳  
دوره ۶، شماره ۲، ص: ۱۶۱-۱۷۳  
تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۰۷  
تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۲/۳۱

## مقایسه تأثیر یک جلسه فعالیت ورزشی مقاومتی به دو شیوه سوپرست های معکوس و ترکیبی بر پاسخ کراتین کیناز، فاکتور رشد شبه انسولینی و هورمون رشد پلازما در مردان تمرین کرده

حسین سلیمانی\*<sup>۱</sup> - رضا قراخانو<sup>۲</sup> - حمید رجبی<sup>۳</sup>

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش دانشگاه تربیت مدرس، ۲. دانشیار گروه تربیت بدنی دانشگاه تربیت مدرس، ۳.

دانشیار گروه فیزیولوژی دانشگاه تربیت معلم

### چکیده

تمرینات سوپر نوعی از تمرینات قدرتی اند که در آن استراحت بین ستی محدود است. هدف از پژوهش حاضر بررسی پاسخ تمرینات سوپر نوعی به دو نوع سوپرست ترکیبی و معکوس بود. چهارده مرد تمرین کرده با میانگین شاخص توده بدن  $23/25 \pm 2/59$  و میانگین سنی  $24 \pm 2/32$  سال در این پژوهش شرکت کردند. آزمودنی ها به دو گروه هفت نفری تقسیم شدند و از شیوه تمرینی متقاطع برای اجرای تمرینات استفاده شد. تمرینات به صورت سوپرست های معکوس و ترکیبی و با شدت 10RM اجرا و نمونه های خونی در محل تمرین از آزمودنی ها گرفته شد. بررسی نتایج به روش آماری t test جفتی نشان داد که تنها CK بین دو روش تفاوت معناداری دارد ( $P=0/006$ ) (در تمرین ترکیبی بیش از معکوس) و ( $P=0/191$ ) IGF-1 و ( $P=0/256$ ) تفاوت معناداری بین دو شیوه تمرینی نشان ندادند. از این رو ممکن است تمرینات مقاومتی سوپر ترکیبی و معکوس پاسخ های رشدی مشابهی داشته باشند، اما به لحاظ پاسخ آسیب متفاوت باشند، یعنی تمرین ترکیبی پاسخ آسیب بیشتری را ایجاد کند.

### واژه های کلیدی

تمرین مقاومتی، سوپرست ترکیبی، سوپرست معکوس، 10 RM.

## مقدمه

تمرین قدرتی تأثیرات زیادی در ارتقای قدرت و اندازه عضلات دارد که این تأثیرات می‌تواند ناشی از استرس‌های مکانیکی واردشده، سازگاری‌های متابولیکی و فعالیت‌های غدد درون‌ریز باشد. اجرای برنامه سنگین مقاومتی، با رعایت اصل اضافه‌بار، می‌تواند پاسخ‌هایی چون افزایش در غلظت هورمون‌های آنابولیک و بهبود عملکرد عصبی-عضلانی را در پی داشته باشد. از این‌رو اندازه این پاسخ‌ها ممکن است نشانه مهم اثر متنوع تمرینات سنگین مقاومتی قلمداد شود. در طول یک دوره بلندمدت از تمرین مقاومتی پاسخ‌های هورمونی ناشی از تمرینات هر جلسه سهم بسزایی در هایپرتروفی عضلانی دارند (۱). هورمون‌هایی چون تستوسترون، هورمون رشد و فاکتور رشد شبه‌انسولینی برای آنابولیسم عضله اهمیت زیادی دارند. افزایش آنی این هورمون‌ها پس از اجرای تمرین مقاومتی شدید، نقش زیادی در کسب هایپرتروفی و قدرت عضلانی دارد (۲).

تمرینات سوپر بنا بر ماهیتشان شامل اجرای تمرینات یا حرکات متوالی بدون استراحت بین‌ستی هستند، از این‌رو ممکن است پاسخ‌های فیزیولوژیک منحصر به فردی را شامل شوند. در اجرای سوپرست‌های معکوس دو گروه عضلانی به‌طور متوالی تحت فشار و انقباضات مکرر قرار می‌گیرند، درحالی‌که در سوپرست‌های ترکیبی یک گروه عضلانی فشار سنگین تمرین مقاومتی را تا رسیدن به واماندگی متحمل می‌شود (۳). سوپرست‌ها قادرند فشار فیزیولوژیک مضاعفی را به‌همراه اختلالات متابولیکی بارز در عضلات در حال فعالیت تحمیل کنند (۳) که نوع سوپرست به‌کاررفته نیز ممکن است عاملی برای تعیین مقدار این فشارها و اختلال‌ها باشد.

بررسی پاسخ‌های رشدی می‌تواند نشان دهد که نقش سوپرست‌ها در تأثیرات آنابولیکی عضله تا چه حد است. کیت استوک در یک مقاله مروری عنوان می‌کند برای رسیدن به بیشترین پاسخ هورمون رشد استراحت بین‌ستی ۳۰ تا ۶۰ ثانیه می‌تواند بسیار مؤثر واقع شود (۴). از سوی دیگر ثابت شده است تمریناتی که شامل چندین گروه از عضلات بوده یا گروه‌های عضلانی بزرگ را درگیر می‌سازند، بیشترین پاسخ حاد متابولیکی را در پی خواهند داشت (۵،۶).

مقدار افزایش هورمون‌های آنابولیک اغلب به شاخص‌های تمرین مقاومتی وابسته است. افزایش این هورمون‌ها بلافاصله پس از یک جلسه تمرین مقاومتی که شامل بارهای سنگین باشد، به ثبت رسیده است (۱۰-۱۷). علاوه بر این در تمرینات سنگین که تناوب‌های استراحتی کوتاهی وجود دارد و توسط گروه‌های عضلانی بزرگ صورت می‌پذیرد، افزایش چشمگیر این هورمون‌های آنابولیکی را شاهدیم (۳،۴،۸). در حقیقت اصول

تمرینی بر این اساس پایه‌ریزی شده‌اند که بتوانند حداکثر افزایش در هورمون‌های آنابولیک را داشته باشند، زیرا این هورمون‌ها نقش کلیدی در ارتقای حجم عضلانی دارند (۱۰).

نتایج تحقیقاتی که پاسخ‌های متابولیکی (کراتین کیناز و لاکتات) و هورمونی (هورمون رشد، IGF-1 و کورتیزول) تمرینات مقاومتی با استراحت‌های متفاوت بین‌ستی را بررسی کرده‌اند، حاکی از آن است که هرچه زمان استراحت بین ست‌ها کمتر و شدت و حجم تمرین بیشتر باشد، فشار وارده بر گروه‌های عضلانی بیشتر بوده و از این رو پاسخ هورمونی و متابولیکی معنادارتری را شاهدیم (۱۱،۱۲،۱۴). اندرو و همکاران روش‌های تمرین مقاومتی را در سه گروه (تمرین مقاومتی سنتی، تمرین مقاومتی دایره‌ای و سوپرست) دسته‌بندی کردند (۴). تمرین سنتی شامل یک ست کامل از تکرارها تا رسیدن به واماندگی بود که استراحت مناسبی قبل از آغاز ست بعدی انجام می‌پذیرد. تمرین دایره‌ای روشی دیگر است که در آن تمرین‌های مختلفی در یک جلسه مداخله دارند. زمان‌های استراحتی در آن کمتر یا به اندازه تمرین سنتی است. در مقایسه با تمرین سنتی این روش توجه بیشتری به افزایش شدت تمرین (به معنای کار بیشتر در واحد زمان) با کوتاه کردن استراحت بین ست‌ها دارد. در تمرینات سوپر دو ست تمرینی به‌طور متوالی و بدون استراحت به اجرا در می‌آید (۳). در پژوهش‌های اندکی از سوپرست‌ها به‌عنوان پروتکل تمرینی استفاده شده است. این تحقیقات نشان داده‌اند که سوپرست‌ها می‌توانند موجب افزایش قدرت ایستا، سرعت توسعه نیرو و استقامت عضلانی شوند (۳،۱۵). اندرو و همکاران با مقایسه تمرینات سنتی و سوپر نتیجه گرفتند که سوپرست‌ها شامل انرژی مصرفی بیشتر در واحد زمان و نیز اختلالات متابولیکی بیشتر نسبت به هموستاز در قیاس با تمرین سنتی‌اند. غلظت لاکتات به‌طور معناداری چه در حین اجرای تمرین و چه پس از پایان تمرین در گروهی که به‌صورت سوپرست تمرین کرده بودند، بیشتر است (۳). تمرینات سوپر به دو روش ترکیبی و معکوس قابل اجرا هستند. در سوپرست‌های ترکیبی یک گروه عضلانی (عضلات موافق) و در سوپرست‌های معکوس دو گروه عضلانی مخالف طی دو ست جفت‌شده تمرین داده می‌شوند.

تا کنون مطالعات اندکی در مورد تمرینات سوپر صورت گرفته است. از سوی دیگر پاسخ‌های آنابولیک و کاتابولیک هورمونی و نیز پاسخ‌های آسیب بافتی تمرینات سوپر تاکنون بررسی نشده‌اند. پاسخ انرژی مصرفی تمرینات مقاومتی سوپرترکیبی نسبت به تمرینات مقاومتی سنتی بررسی و نیز نتایج مربوط به سازگاری‌های عملکردی تمرینات مقاومتی سوپر ارزیابی شده‌اند. با وجود این انواع شیوه‌های اجرایی تمرینات سوپر از ابعاد

گوناگون (پاسخ‌های آنابولیکی، کاتابولیکی، آسیب بافتی و ...) مغفول واقع شده‌اند. از این رو سؤال اصلی تحقیق، عبارت است از اینکه کدام نوع از سوپرست‌ها پاسخ‌های رشدی را بیشتر تحریک کرده و میزان پاسخ آسیب بافتی در هر مورد به چه شکل است؟ در همین راستا هدف از تحقیق حاضر مقایسه پاسخ‌های آسیب و رشد دو نوع سوپرست ترکیبی و معکوس است.

### روش تحقیق

در این پژوهش چهارده مرد بالغ که به صورت تفریحی بدنسازی انجام می‌دادند و در برنامه تمرینی خود از حرکات سوپر استفاده نمی‌کردند، همکاری کردند. افراد واجد شرایط انتخاب و مشخصات فردی شامل سن، وزن، توده بدنی و سابقه تمرینی آنها ثبت شد. هیچ‌یک از آزمودنی‌ها بیماری خاصی نداشتند و پس از اخذ رضایت‌نامه که به آنان اجازه می‌داد در هر مرحله از تمرینات در صورت عدم رضایت انصراف دهند، در اجرای تحقیق شرکت کردند. پس از انتخاب آزمودنی‌ها و توجیه آنها از شرایط اجرای تحقیق ۵ سی‌سی نمونه خونی اولیه توسط تکنیسین آزمایشگاه در حالت ناشتا (ساعت ۱۰ صبح) و در شرایطی که افراد هیچ‌گونه تمرینی طی ۴۸ ساعت قبل از آن اجرا نکرده بودند، برای پیش‌آزمون و در آزمایشگاه جهاد دانشگاهی شهرستان نیشابور از آنها گرفته و در دمای ۲۰- درجه فریز شد. طی یک جلسه، تست یک تکرار بیشینه برای کلیه حرکاتی که در پروتکل تمرین آمده بود برای هر یک از آزمودنی‌ها به اجرا در آمد. در تلاش‌هایی که برای رسیدن به یک تکرار بیشینه صورت می‌گرفت، بین ۱ تا ۲ دقیقه استراحت جهت پیشگیری از تأثیر خستگی بر نتایج تعیین یک تکرار بیشینه منظور شد (۳). نوع طراحی تحقیق برای اجرای دو پروتکل به صورت متقاطع بود. به این صورت که آزمودنی‌ها به صورت تصادفی در دو گروه A و B قرار گرفتند. طی اولین جلسه تست، گروه A تمرین سوپرست معکوس و گروه B تمرین سوپرست ترکیبی را اجرا کردند. بلافاصله پس از اتمام تمرین (ساعت ۱۰ صبح) از هر دو گروه نمونه‌های خونی به اندازه ۵ سی‌سی توسط تکنیسین آزمایشگاه در محل گرفته و در دمای ۲۰- درجه فریز شد. در دومین جلسه تمرین (که با فاصله ۱ هفته اجرا شد) گروه‌ها تمرینات خود را جابه‌جا کردند؛ یعنی گروه B تمرین سوپرست معکوس و گروه A تمرین سوپرست ترکیبی را اجرا کردند و در انتها نمونه‌گیری بلافاصله پس از اتمام تمرین انجام گرفت.

جدول ۱. برنامه تمرین

تمرین سوپرست ترکیبی	تمرین سوپرست معکوس
پرس سینه هالتر×پرس سینه دمبل ۳×۱۰	پرس سینه هالتر×زیر بغل سیم کش ۳×۱۰
زیر بغل سیم کش×زیر بغل قایقی ۳×۱۰	پرس سینه دمبل×زیر بغل قایقی ۳×۱۰
سیم کش جلو ران×هاگ پا دستگاه ۳×۱۰	سیم کش جلو ران×سیم کش پشت ران ایستاده ۳×۱۰
سیم کش پشت ران خوابیده×سیم کش پشت ران ایستاده ۳×۱۰	سیم کش پشت ران خوابیده×هاگ پا دستگاه ۳×۱۰
حجم تمرینات برابر با 10 RM است.	حجم تمرینات برابر با 10 RM است.

## نمونه

میانگین شاخص توده بدنی و نیز میانگین سنی آزمودنی‌ها به ترتیب عبارت بود از:  $۲۳/۲۵ \pm ۲/۵۹$  و  $۲۴ \pm ۲/۳۲$  سال.

## ابزار و تکنیک‌های آزمایشگاهی

پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه نمونه‌ها با ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و پلاسمای آن جدا شد و برای اندازه‌گیری فاکتورهای مورد نظر براساس دستورالعمل کیت‌های مربوط اقدام شد.

برای تعیین مقدار کراتین کیناز از کیت شرکت پارس آزمون با حساسیت ۱ واحد بین‌المللی در لیتر و از روش فتومریک (رنگ‌سنجی) استفاده شد (۱۱). شایان ذکر است که سنجش مقدار کراتین کیناز توسط دستگاه اتو آنالایزر BT3000 صورت پذیرفت. برای تعیین مقدار هورمون‌های رشد و فاکتور رشد شبه‌انسولینی نمونه‌ها با سانتریفیوژ آنها در دور ۳۰۰۰ دور در دقیقه جداسازی شد. پس از جداسازی پلاسما براساس دستورالعمل کیت که مربوط به شرکت ایمونوتک با حساسیت ۱/۱۰۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر بود، عمل شد. سنجش مقدار هورمون رشد و فاکتور رشد شبه‌انسولینی به وسیله روش رادیو ایمونو آسی و دستگاه گاماکانتر صورت گرفت.

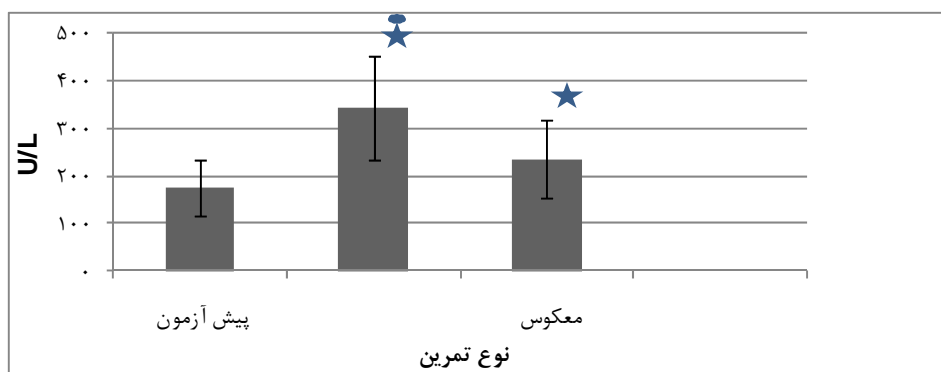
## روش‌های آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و استنباط از نرم‌افزار SPSS ویراست ۱۶ و برای تعیین نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف استفاده شد و نرمال بودن آنها ثابت شد (IGF-1 پیش‌آزمون = ۰/۹۵۴ و داده‌های پس‌آزمون = ۰/۷۶۲؛ CK پیش‌آزمون = ۰/۸۵۳ و پس‌آزمون = ۰/۳۶۵؛ GH پیش‌آزمون = ۰/۸۳۶ و پس‌آزمون = ۰/۳۶۵).

برای مقایسه هر متغیر (GH, CK, IGF-1) بین دو گروه نمونه از آزمون t جفتی و برای مقایسه هر فاکتور با پیش‌آزمون خودش از آزمون t مستقل استفاده شد.

## نتایج

تغییرات سطوح کراتین کیناز بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون هر دو روش تمرینی معنادار بود. از این رو سطوح پلاسمایی کراتین کیناز در پیش‌آزمون از  $175 \pm 59$  U/L به  $235 \pm 81$  U/L با تمرینات معکوس و  $108 \pm 342$  با تمرینات ترکیبی رسید. از سوی دیگر با مقایسه مقدار افزایش کراتین کیناز پس از اجرای دو نوع تمرین شاهد بودیم که تمرینات ترکیبی با رهایش کراتین کیناز بارزتری مواجهند (شکل ۱).



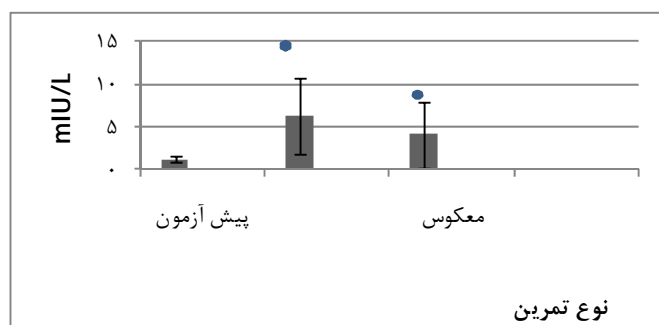
☆: تفاوت معنادار بین پیش‌آزمون و تمرین ترکیبی و معکوس  $P < 0.05$

❖: تفاوت معنادار با تمرین معکوس  $P < 0.05$

شکل ۱. غلظت سرمی کراتین کیناز در پیش‌آزمون پس از اجرای تمرینات سوپرست‌های ترکیبی و معکوس. هر دو تمرین با پیش‌آزمون تفاوت معناداری داشته و بین دو روش تمرینی نیز تفاوت معنادار است.

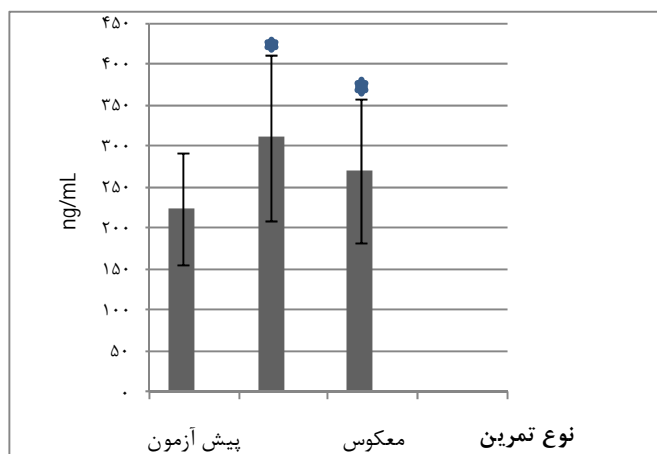
رهایش هورمون رشد و فاکتور رشد شبه‌انسولینی با اجرای هر دو نوع سوپرست افزایش معناداری را نسبت به پیش‌آزمون نشان داد. به طوری که سطوح هورمون رشد در پیش‌آزمون از  $38 \pm 117$  mIU/L به  $405 \pm 318$  mIU/L در تمرین معکوس و  $417 \pm 445$  mIU/L در تمرین ترکیبی رسید. سطوح فاکتور رشد شبه‌انسولینی از  $67 \pm 223$  ng/mL در پیش‌آزمون به  $269 \pm 187$  ng/mL در تمرین معکوس و  $310 \pm 102$  ng/mL در تمرین ترکیبی رسید. نتایج تحلیل داده‌ها حاکی از این بود که بین تمرین ترکیبی و معکوس از

نظر رهایش IGF-1, GH با وجود بیشتر بودن غلظت پلاسمایی این فاکتورها پس از تمرین ترکیبی، تفاوت معناداری وجود ندارد (شکل های ۳ و ۲).



☆: تفاوت معنادار تمرین معکوس و ترکیبی با پیش آزمون  $P < 0.05$

شکل ۲. غلظت سرمی هورمون رشد در پیش آزمون پس از اجرای تمرینات سوپرست های ترکیبی و معکوس. هر دو تمرین با پیش آزمون تفاوت معناداری داشت، اما بین دو روش تمرینی تفاوت معنادار نیست



☆: تفاوت معنادار تمرین معکوس و ترکیبی با پیش آزمون  $P < 0.05$

شکل ۳. غلظت سرمی فاکتور رشد شبه انسولینی در پیش آزمون پس از اجرای تمرینات سوپرست های ترکیبی و معکوس. هر دو تمرین با پیش آزمون تفاوت معناداری داشت، اما بین دو روش تمرینی تفاوت معنادار نیست

## بحث و نتیجه‌گیری

پاسخ‌ها و سازگاری‌های ناشی از تمرین مقاومتی بر فاکتورهای کاتابولیک و آنابولیک عضلانی در پژوهش‌های فراوانی بررسی شده است (۱۰،۱۱،۱۶). پروتکل‌های تمرین مقاومتی از نظر تمریناتی که طی آنها به اجرا در می‌آید، بسیار متنوعند. علاوه بر این شدت، سرعت، تعداد ست‌ها و تکرارها در هر تمرین می‌توانند بر پاسخ‌های ناشی از تمرین بسیار مؤثر باشند. پاسخ‌های کاتابولیکی و آنابولیکی در مورد تمرینات سنتی (۱۶)، دایره‌ای (۱۷) و انفجاری (۱۱) بررسی شده‌اند، اما این پاسخ‌ها در مورد تمرینات سوپرست مورد تحقیق قرار نگرفته‌اند. یافته اصلی این پژوهش این بود که سوپرست‌های ترکیبی و معکوس از نظر پاسخ‌های رشدی تفاوت معناداری با هم ندارند، اما ممکن است پاسخ‌های آسیب متفاوتی (تمرین ترکیبی بیش از تمرین معکوس) را در پی داشته باشند. بسیاری از مطالعات صورت‌گرفته در زمینه بررسی تأثیر تمرین بدنی بر غلظت در گردش GH حتی با پروتکل‌های تمرینی مختلف همگی حاکی از افزایش آن بودند (۷،۸،۱۰،۱۸). نتایج پژوهش‌های گوناگون به‌خوبی ثابت کرده‌اند که تمرینات مقاومتی شدید (تمریناتی با حجم بالا، بار سنگین و زمان استراحتی محدود) تأثیر روشن‌تری بر رهایش هورمون رشد از هیپوفیز قدامی دارند (۷،۸،۱۹). نتایج پژوهش حاضر مؤید نتایج تحقیقات گذشته است، زیرا تمرینات سوپر غلظت سرمی GH را افزایش دادند. تفاوت معنادار بین غلظت سرمی GH پس از اجرای هر دو مدل تمرین معکوس و ترکیبی ممکن است به دلیل درگیر بودن گروه‌های عضلانی بزرگ پایین‌تنه باشد. در این پژوهش تفاوت معناداری بین GH تمرینات معکوس و ترکیبی به ثبت نرسید. بنابراین ممکن است با تمرین هر گروه عضلانی شاهد رهایش GH تقریباً مشابهی باشیم و ترتیب درگیر شدن گروه‌های عضلانی (در تمرین با ماهیت افزایش حجم) و با توجه به اینکه زمان استراحت بین سوپرست‌ها مشابه (۶۰ ثانیه) بوده و گروه‌های عضلانی درگیر یکسانند، تأثیری در پاسخ GH نداشته باشند.

یکی از مهم‌ترین دستاوردهای این تحقیق افزایش معنادار IGF-1 بلافاصله پس از اجرای تمرین مقاومتی است. نتایج بیشتر تحقیقات قبلی حاکی از آنند که تمرین مقاومتی می‌تواند سبب افزایش IGF-1 شود (۱۰،۱۹،۲۰). به‌طور مثال کاپن و همکاران افزایش ۴۲ درصدی در کل IGF-1 سرمی را پس از اجرای رکاب‌زنی بالاتر از آستانه لاکتات گزارش کردند (۱۹).



تمرین مقاومتی با شدت متوسط موجب افزایش تقریباً ۹۰ درصدی در IGF-1 در افراد کهنسال شد (۲۰). رویی و همکاران افزایش معنادارتری در غلظت IGF-1 کل در گروه تمرین کرده نسبت به گروه تمرین نکرده را پس از اجرای پروتکل تمرین مقاومتی سنگین گزارش کردند (۱۰).

با وجود این در برخی پژوهش‌ها که شامل درگیری بی‌وقفه و شدید عضلات در تمرین هستند، شاهد کاهش IGF-1 هستیم. در یک تست تمرینی پارونزی با حداکثر توان (۱۸) و رکاب‌زنی وامانده‌ساز به مدت ۲۵ دقیقه و نه ۴۰ دقیقه کاهش در IGF-1 آزاد سرمی مشاهده شد (۸). شرایط اجرای آزمایش‌ها، نوع و شدت تمرینات بر نتایج به‌دست‌آمده بسیار مؤثر است، البته وجود تفاوت‌های فردی و پاسخ‌های درون‌ریز متفاوتی که بدن افراد نسبت به یک جلسه تمرینی از خود بروز می‌دهد و بر سازگاری‌های تمرینی تأثیر می‌گذارند نیز حائز اهمیت است (۹).

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که هر دو نوع سوپرست موجب افزایش معناداری در غلظت IGF-1 پلاسمایی شده است. سوپرست بودن تمرینات و زیاد بودن تعداد گروه‌های عضلانی درگیر می‌تواند توجیه‌کننده افزایش ۱۳۸ درصدی برای تمرین ترکیبی و ۱۲۰ درصدی برای تمرین معکوس باشد. از این رو ممکن است تمرینات سوپر حتی اندکی بیش از تمرینات سنتی بر پاسخ IGF-1 تأثیرگذار باشند. همان‌گونه که در مورد هورمون رشد برای توجیه عدم تفاوت پاسخ تمرین ترکیبی و معکوس ذکر شد، می‌توان گفت تفاوت در تقدم و تأخر درگیری گروه‌های عضلانی با تمرینات به‌صورت سوپر تأثیر معناداری بر پاسخ فاکتور رشد شبه‌انسولینی ندارد؛ یعنی ممکن است نوع درگیر شدن گروه‌های عضلانی برای پاسخ‌های رشدی مانند IGF-1, GH مؤثر نباشد.

اغلب مطالعات انجام‌گرفته در مورد تأثیر تمرین مقاومتی بر رهایش IGF-1 حاکی از افزایش این فاکتور است (۱۰،۲۰) که نتایج تحقیق حاضر نیز مؤید این گروه تحقیقات است. با اینکه میانگین IGF-1 تمرین ترکیبی از تمرین معکوس بیشتر است، تفاوت معناداری بین این دو روش تمرینی به لحاظ رهایش فاکتور رشد شبه‌انسولینی دیده نشد. از سوی دیگر تفاوت معناداری از نظر اندازه تغییرات به ثبت نرسید. بنابراین تحقیق حاضر تفاوت معناداری بین سوپرست‌های ترکیبی و معکوس از نظر پاسخ فاکتور رشد شبه‌انسولینی در پی نداشت. با وجود این هر دو روش تمرینی ارائه‌شده قادر بودند IGF-1 را افزایش دهند، از این رو تمرینات سوپر طراحی‌شده ممکن است در تحریک هایپر تروفی مؤثر باشند.

نتایج به دست آمده حاکی از آن است که سوپرست‌های ارائه شده نه تنها موجب افزایش معناداری در کراتین کیناز شده، بلکه غلظت در گردش آن پس از اجرای سوپرست ترکیبی به طور معناداری بیش از سوپرست معکوس است. درصد تغییرات کراتین کیناز برای تمرین معکوس و ترکیبی نسبت به پیش‌آزمون به ترتیب عبارت است از ۱۳۴ و ۱۹۵ درصد. بالا بودن این درصدها ممکن است به دلیل تعداد بیشتر تمرینات نسبت به تحقیقات قبلی و نیز سوپرست بودن تمرینات ارائه شده باشد. از این رو ممکن است ماهیت تمرین ترکیبی مورد استفاده با توجه به فشار مضاعفی که طی اجرای دو ست از تمرینات با بار کاری سنگین تارهای ماهیچه‌ای را در معرض کشش‌های مکانیکی و استرس‌های متابولیکی (۱۴) و نیز تولید رادیکال‌های آزاد (۲۱) بیشتری نسبت به تمرین معکوس قرار دهد. ممکن است چنین تمریناتی با حجم زیاد و زمان استراحتی کم و بار تمرینی سنگین، آسیب‌های بافتی زیادی را در پی داشته باشند.

کراتین کیناز، لاکتات دهیدروژناز و مایوگلوبین اغلب به عنوان مارکرهای آسیب ریز عضلانی شناخته می‌شوند (۲۲). کشش‌های فیزیکی و استرس‌های متابولیکی ناشی از فعالیت بدنی ممکن است موجب افزایش آسیب‌های عضلانی شود (۱۳). کانتر و همکاران گزارش کردند که انقباضات شدید ناشی از تمرین مقاومتی ممکن است با ایجاد کم‌خونی در عضلات فعال موجب تولید رادیکال‌های آزاد شود که رهایش آنها به غشای فیبرها آسیب می‌رساند (۲۳) تخریب فیبرهای عضلانی ممکن است به رهایش محتوای درون سلولی تارها منجر شود (۱۴). فعالیت‌های شدید بدنی ممکن است موجب خروج آنزیم کراتین کیناز از فیبرهای ماهیچه‌ای به جریان خون شود (۲۳). از این رو ممکن است تمرینات سوپری که به صورت ترکیب شده اجرا می‌شوند، با توجه به اینکه به گروه عضلانی درگیر حرکت، فرصت رهایی عروق موضعی از فشارهای ناشی از انقباضات درون‌گرا و برون‌گرای متوالی را کمتر می‌دهند، با ایجاد کم‌خونی موضعی و فشارهای مکانیکی مضاعف عوامل تخریب‌کننده غشای سلولی را بیشتر تحریک کنند.

به هر حال نتایج حاکی از آن است که تمرینات سوپر با اینکه در مدت زمان کوتاه‌تری اجرا می‌شوند، می‌توانند به اندازه سایر روش‌های تمرین مقاومتی پاسخ‌های آنابولیک را برانگیزند، بنابراین می‌توانند برای ورزشکارانی که زمان تمرینی محدودی دارند، مؤثر واقع شوند و آنان را در رسیدن به دستاوردهای مورد نظرشان کمک کنند. تمرینات سوپرست معکوس به اندازه تمرینات ترکیبی پاسخ‌های آنابولیک را با آسیب بافتی

خفیف‌تری در پی دارند، از این رو تصور بر این است که این گروه تمرینات نسبت به تمرینات ترکیبی برای تحریک پاسخ‌های رشد عضلانی مفیدتر باشند.

### قدردانی

از مدیریت محترم باشگاه پرورش اندام ایران و همچنین کارکنان آزمایشگاه جهاد دانشگاهی شهرستان نیشابور که در اجرای تحقیق حاضر همکاری داشتند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

### منابع و مأخذ

1. Ahtiainen, J.P., et al. (2005). "**Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men**". The Journal of Strength & Conditioning Research, 19(3): p. 572-582.
2. West, D.W., et al. (2010). "**Elevations in ostensibly anabolic hormones with resistance exercise enhance neither training-induced muscle hypertrophy nor strength of the elbow flexors**". Journal of Applied Physiology, 108(1): p. 60-67.
3. Kelleher, A.R., et al. (2010). "**The metabolic costs of reciprocal supersets vs. traditional resistance exercise in young recreationally active adults**". The Journal of Strength & Conditioning Research, 24(4): p. 1043-1051.
4. Willardson, J.M. (2006). "**A brief review: factors affecting the length of the rest interval between resistance exercise sets**". The Journal of Strength & Conditioning Research, 20(4): p. 978-984.
5. Ballor, D.L., M.D. Becque, and V.L. Katch. (1987). "**Metabolic responses during hydraulic resistance exercise**". Medicine and science in sports and exercise, 19(4): p. 363-367.
6. Hagberg, J.M., et al. (1988). "**Metabolic responses to exercise in young and older athletes and sedentary men**". Journal of Applied Physiology, 65(2): p. 900-908.
7. Stokes, K., et al. (2005). "**Human growth hormone responses to repeated bouts of sprint exercise with different recovery periods between bouts**". Journal of Applied Physiology, 99(4): p. 1254-1261.
8. De Palo, E.F., et al. (2008). "**Effects of two different types of exercise on GH/IGF axis in athletes. Is the free/total IGF-I ratio a new investigative approach?**" Clinica Chimica Acta, 387(1): p. 71-74.

9. Kraemer, R., et al. (2004). "**Rigorous running increases growth hormone and insulin-like growth factor-I without altering ghrelin**". *Experimental Biology and Medicine*, 2004. 229(3): p. 240-246.
10. El Elj, N., et al. (2007). "**Discrepancy in IGF-1 and GH response to submaximal exercise in young male subjects**". *Science & sports*, 22(3): p. 155-159.
11. Rahimi, R., et al. (2010). "**Acute IGF-1, cortisol and creatine kinase responses to very short rest intervals between sets during resistance exercise to failure in men**". *World Appl Sci J.*, 8: p. 1287-93.
12. Proske, U. and D. Morgan (2001). "**Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications**". *The Journal of physiology*, 537(2): p. 333-345.
13. Hootman, J.M., et al. (2002). "**Epidemiology of musculoskeletal injuries among sedentary and physically active adults**". *Medicine and science in sports and exercise*, 34(5): p. 844-883.
14. Brancaccio, P., N. Maffulli and F.M. Limongelli (2007). "**Creatine kinase monitoring in sport medicine**". *British Medical Bulletin*, 81(1): p. 209-230.
15. Jamurtas, A.Z., et al. (2004). "**The effects of a single bout of exercise on resting energy expenditure and respiratory exchange ratio**". *European Journal of applied physiology*, 92(4-5): p. 393-398.
16. Thornton, M.K. and J.A. Potteiger (2002). "**Effects of resistance exercise bouts of different intensities but equal work on EPOC**". *Medicine and science in sports and exercise*, 34(4): p. 715-722.
17. Binzen, C.A., P.D. Swan and M.M. Manore (2001). "**Postexercise oxygen consumption and substrate use after resistance exercise in women**". *Medicine and science in sports and exercise*, 33(6): p. 932-938.
18. Rubin, M.R., et al. (2005). "**High-affinity growth hormone binding protein and acute heavy resistance exercise**". *Med Sci Sports Exerc*, 37(3): p. 395-403.
19. Cappon, J., et al. (1994). "**Effect of brief exercise on circulating insulin-like growth factor I**". *Journal of Applied Physiology*, 76(6): p. 2490-2496.
20. Bermon, S., et al. (1999) "**Responses of total and free insulin-like growth factor-I and insulin-like growth factor binding protein-3 after resistance exercise and training in elderly subjects**". *Acta physiologica scandinavica*, 165: p. 51-56.

21. Güzel, N.A., S. Hazar, and D. Erbas (2007). "**Effects of different resistance exercise protocols on nitric oxide, lipid peroxidation and creatine kinase activity in sedentary males**". Journal of sports science & medicine, 6(4): p. 417.
22. Machado, M., et al. (2009). "**Creatine supplementation: effects on blood creatine kinase activity responses to resistance exercise and creatine kinase activity measurement**". Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences, 45(4): p. 751-757.
23. Kanter, M., L. Nolte, and J. Holloszy (1993). "**Effects of an antioxidant vitamin mixture on lipid peroxidation at rest and postexercise**". Journal of Applied Physiology, 74(2): p. 965-969.