

بررسی اثر دو برنامه وزنه تمرینی با ایجاد خستگی متفاوت بر افزایش قدرت عضلانی

دکتر حمید اراضی^۱

محسن ابراهیمی^۲

چکیده

هدف از این تحقیق، بررسی نقش ایجاد خستگی بر کسب قدرت عضلانی با استفاده از دو برنامه وزنه تمرینی بوده است. ۳۰ مرد ورزشکار سالم (سن = $21/26 \pm 2/14$ سال؛ قد = $174/06 \pm 4$ سانتی متر؛ وزن = $71/8 \pm 5/83$ کیلوگرم) با سابقه حداً اقل ۶ ماه تمرین با وزنه، داوطلب شرکت در این تحقیق شدند. آزمودنی‌ها پس از همسان‌سازی به صورت تصادفی به سه گروه ۱۰ نفره خستگی زیاد (۴ نوبت ۱۰ تکراری با ۳۰ ثانیه استراحت بین نوبت‌ها)، خستگی کم (۴۰ تکرار مجزا با ۳۰ ثانیه استراحت بین هر تکرار) و کنترل (بدون تمرین) تقسیم شدند. گروه‌های تمرینی، سه روز در هفته و به مدت ۱۰ هفته پرس سینه را با وزنه معادل ۷۵ درصد یک تکرار بیشینه انجام دادند و یک تکرار بیشینه در پایان هر هفته تعیین می‌شد. بررسی آماری داده‌ها، نشان داد تمرین پرس سینه، موجب افزایش معناداری در قدرت عضلات سینه‌ای در هر دو گروه تمرینی در مقایسه با گروه کنترل شد ($p \leq 0/01$). اما در میزان یک تکرار بیشینه (قدرت) عضلات بین دو روش تمرینی، تفاوت معناداری مشاهده نشد. به نظر می‌رسد ایجاد خستگی در هر نوبت از تمرین با وزنه لازمه توسعه قدرت محسوب نمی‌شود و بدون تحمل رنج خستگی و اعمال نیروی شدید می‌توان به نتایج مشابهی دست یافت.

واژه‌های کلیدی: تمرین با وزنه، خستگی، پرس سینه، قدرت عضلانی.

The Effect of Two Weight Training Programs with Different Fatigue on Strength Gains

Arazi, H (PhD)

Ebrahimi, M (Msc)

Abstract

The purpose of this study was to investigate the role of fatigue on strength gain in resistance training by comparing high fatiguing and low fatiguing training protocols. Thirty healthy adults (age 21.26 ± 2.14 yr, height 174 ± 4 cm, weight 71.80 ± 5.83 kg) with a history of greater than 6 month weight training, were matched and then randomly assigned to either a high fatigue (HF: four sets of 10 repetitions with 30 seconds rest between sets), low fatigue (LF: 40 repetitions with 30 seconds between each repetition) or control (C: without training) groups. Subjects in the two training groups undertook bench press training three times a week on average 75% of their 1 repetition maximum (1RM), for 10 weeks. The 1RM load was determined at the end of each week. Results indicated that bench press training *causes* a significant increase in pectoral muscle strength in Both HF and LF groups compared with C group ($p \leq 0.01$). But, Both HF and LF resulted in similar strength gains in 1-repetition maximum bench press. It seems that fatigue in each set does not appear to be a critical stimulus for strength gain in weight training and we can reach the same results without severe discomfort and acute physical effort.

Keywords: Strength training, Fatigue, Bench press, Muscle strength.

مقدمه

افزایش قدرت عضلانی، یکی از دغدغه‌های مهم اغلب مربیان ورزشی محسوب می‌شود و تمرین مقاومتی به عنوان ابزاری برای افزایش قدرت و هایپرتروفی عضلانی شناخته شده است. در جستجو برای انتخاب بهترین نوع تمرین مقاومتی که بیشترین افزایش قدرت را در کمترین زمان لازم موجب شود، تحقیق زیادی انجام شده است (۱۸، ۱۶، ۱۵، ۱۴، ۱۳، ۱۲، ۲، ۱)؛ اما مکانیزم‌هایی که در پی تمرین مقاومتی موجب افزایش قدرت می‌شود، کاملاً مشخص نشده است (۱۰، ۹، ۳).

یکی از ابهامات موجود در این زمینه، این است، آیا با انجام تمرین مقاومتی، تحریک متابولیکی یا افزایش متابولیتها در عضله، باعث هایپرتروفی و افزایش قدرت عضلانی می‌شود؟ یا این که صرفاً فشاری که به عضله وارد میشود، به عنوان تحریک مکانیکی موجب ایجاد سیگنالهایی برای هایپرتروفی و افزایش قدرت می‌شود؟ بحث‌های زیادی پیرامون فواید تحریک متابولیکی و تحریک مکانیکی تمرین بر روی توسعه قدرت وجود دارد. برای مثال، شینوهارا و همکاران^۱ (۲۱) نشان دادند، تحریک متابولیکی ناشی از تجمع متابولیتها در داخل و خارج تارهای عضلانی در مقایسه با اعمال نیروی زیاد، اهمیت بیشتری در افزایش قدرت دارد. هم‌چنین، اسکات و همکاران^۲ (۲۰) نشان دادند که انقباض ایزومتریک مستمر که موجب تحریک متابولیکی بیشتری میشود نسبت به انقباض ایزومتریک منقطع که موجب تجمع کمتر متابولیتها میشود، قدرت ایزومتریکی را بیشتر افزایش میدهد؛ اما ولش و رودرفورد^۳ (۲۳) در افراد مسن تر (۵۵ ساله) نشان دادند، تجمع متابولیکی بالا، نمیتواند عامل مهمتری محسوب شود.

در زمینه تمرین کانسنتریک، رونی و همکاران^۴ با شش هفته تمرین جلو بازو دریافتند، آزمودنیهایی که بدون استراحت بین تکرارها تمرین کردند (تکرار تا سرحد واماندگی^۵) نسبت به آزمودنیهایی که با استراحت تمرین کردند، قدرت بیشتری را کسب کردند (۱۹). بر این اساس، آن‌ها ابراز داشتند که استراحت نکردن بین تکرارها که موجب تجمع بیشتر متابولیتها میشود نسبت به زمانی که با استفاده از استراحت میزان پالایش متابولیتها بیشتر میگردد، تحریک بهتری را برای کسب قدرت فراهم میکند. هم‌چنین، درینکووتر و همکاران^۶ (۵) با ۶ ماه تمرین مقاومتی بر روی بسکتبالیست‌های نخبه نشان دادند در حرکت پرس سینه، ۴ نوبت ۶ تکراری بیشتر از ۸ نوبت ۳ تکراری می‌تواند موجب افزایش قدرت شود، و چنین نتیجه‌گیری کردند، تمرین با وزنه ۴ نوبت ۶ تکراری که در هر نوبت، واماندگی ایجاد کند، مؤثرتر از تمرینی است که در آن واماندگی اتفاق نمی‌افتد. در این تحقیق نیز ایجاد واماندگی که یکی از دلایل اصلی آن، تجمع بیش از حد متابولیتها در عضله است، موجب افزایش بیشتری در قدرت شد.

اما متفاوت با این یافته‌ها، درینکووتر و همکاران، در ادامه تحقیقاتشان در پژوهش دیگری (۶) به این

نتیجه رسیدند، پس از شش هفته تمرین پرس سینه در کسب قدرت بین برنامه تمرینی ۴ نوبت ۶ تکراری، ۸

1. Shinohara et al.
2. Schott et al.
3. Welsh and Rutherford.
4. Rooney et al.
5. repetition failure
6. Drinkwater et al.

نوبت ۳ تکراری و ۱۲ نوبت ۳ تکراری تفاوت معناداری وجود ندارد. ایزکویردو و همکاران^۱ نیز نتایج مشابهی را با مقایسه دو برنامه تمرینی شامل ۳ نوبت ۱۰ تکراری و ۶ نوبت ۵ تکراری در تمرین ۶ هفته‌ای پرس سینه به دست آوردند (۱۱). همچنین، فولند و همکاران^۲ (۷) با به کار گیری دو پروتکل خستگی زیاد (۴ نوبت ۱۰ تکراری با ۳۰ ثانیه استراحت بین تکرارها) و خستگی کم (۴۰ تکرار با ۳۰ ثانیه استراحت بین هر تکرار) بر روی عضلات پا نشان دادند، خستگی و تجمع متابولیت‌ها نمی‌تواند به عنوان یک محرک حیاتی برای افزایش قدرت محسوب شود، و تمرین قدرتی می‌تواند بدون رنج زیاد و فشار جسمانی شدید، مؤثر واقع شوند. نتایج این تحقیقات نشان می‌دهد که با وجود متفاوت بودن پروتکل‌های تمرینی از لحاظ ایجاد فشار متابولیکی، نتیجه به دست‌آمده در مورد افزایش قدرت مشابه بوده است. از این رو با توجه به این که تعداد کل تکرارها بین گروهها در پروتکل‌های این تحقیقات یکسان بوده است، آن‌ها چنین نتیجه گرفتند، برای افزایش قدرت عضله، بدون توجه به نحوه اعمال نیرو، فقط باید فشار کافی به عضله وارد شود. به طور کلی دو دیدگاه و نظریه در این باره وجود دارد. برخی از محققان بر این باورند که برای افزایش قدرت، باید در عضله واماندگی ایجاد کرد تا با تجمع متابولیتها، عضله برای افزایش قدرت تحریک شود و برخی دیگر معتقدند که برای افزایش قدرت، نیازی به ایجاد واماندگی در عضله نیست. با وجود این، هنوز شواهد کافی برای تأیید یا رد هر یک از این نظریهها وجود ندارد. در بین تحقیقات انجام‌شده، تحقیق فولند و همکاران با توجه به ماهیت پروتکل تمرینی آن به نظر می‌رسد که از روش کاملتری برای بررسی این موضوع استفاده نموده است؛ اما تحقیق آن‌ها علاوه بر نداشتن گروه کنترل، فقط روی عضلات تحتانی (حرکت اسکات) انجام پذیرفته است. از این رو، تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر دو برنامه وزنه تمرینی با ایجاد خستگی متفاوت بر افزایش قدرت عضلانی طراحی شد تا نتایج آن برای رد یک فرضیه و تأیید دیگری مورد استفاده قرار گیرد.

روش تحقیق

آزمودنی‌ها

۳۰ مرد غیر ورزشکار با دامنه سنی ۱۸ تا ۲۶ سال داوطلب شرکت در این تحقیق شدند و به وسیله پرسش‌نامه، اطلاعات فردی و سوابق پزشکی و ورزشی آن‌ها جمع‌آوری شد. این آزمودنی‌ها حداکثر ۶ ماه سابقه تمرین با وزنه داشتند و تا زمان انجام پژوهش، تمرین قدرتی اختصاصی برای عضلات سینه‌ای انجام نداده بودند. هدف از انتخاب افراد با سابقه تمرینی، حذف اثر یادگیری حرکات با وزنه در افراد تمرین نکرده و تعدیل‌های اولیه بر نتایج تحقیق بوده است. آزمودنی‌ها به ۳ گروه ۱۰ نفری که از لحاظ قدرت (یک تکرار بیشینه) همسان‌سازی شده بودند، تقسیم شدند. اختصاص گروه‌ها به گروه‌های تمرینی مختلف یا کنترل تصادفی بوده است.

1. Izquierdo et al.

2. Folland et al.

اندازه‌گیری قدرت

در مرحله پیش‌آزمون (قبل از شروع دوره تمرینی) آزمودنی‌ها ۱۰ دقیقه گرم کردن شامل نرمش و حرکات کششی بالاتنه را انجام دادند و یک تکرار بیشینه آن‌ها در تمرین پرس سینه روی نیمکت با استفاده از فرمول: (تعداد تکرار) $0.2 - 1$ / مقدار بار (وزنه) $1RM =$ محاسبه و تعیین شد. در پایان هر هفته تمرینی نیز یک تکرار بیشینه جدید (قدرت) با همین روش تعیین و ثبت می‌شد و برای تعیین ۷۵ درصد در هفته بعدی استفاده می‌شد.

پروتکل تمرینی

شامل ۳ جلسه تمرین در هفته با فاصله زمانی ۴۸ ساعت از هم بود که برای مدت ۱۰ هفته ادامه یافت. گروه عضلات انتخابی برای تمرین، عضلات درگیر در حرکت پرس سینه و مقدار بار تمرینی معادل ۷۵ درصد یک تکرار بیشینه در نظر گرفته شد. مدت هر تکرار برای هر دو گروه تمرینی، ۴-۳ ثانیه در دامنه حرکتی کامل بود. از وزنه‌های تمرینی، نیمکت پرس سینه و میله المپیک استاندارد برای اجرای تمرین، و زمان سنج سیتی زن برای محاسبه و کنترل تناوب‌های استراحتی و مترونوم برای اجرای یکسان هر تکرار به وسیله آزمودنی‌ها استفاده شد.

در همه جلسات تمرینی، آزمودنی‌ها قبل از آغاز تمرین اصلی، گرم کردن عمومی و در پایان تمرین سرد کردن عمومی را به مدت ۱۰-۵ دقیقه انجام دادند. به آزمودنی‌های هر سه گروه توصیه شد تغذیه و فعالیت‌های معمول قبلی خود را در طول تحقیق حفظ کنند.

گروه‌ها

گروه‌ها شامل گروه خستگی زیاد، گروه خستگی کم و گروه کنترل بود (جدول ۱). گروه تمرینی خستگی زیاد، تمرین پرس سینه را در چهار نوبت ۱۰ تکراری با ۳۰ ثانیه استراحت بین هر نوبت انجام دادند. در این گروه تعداد تکرارها ۱۰ تکرار تعیین شده بود؛ اما برای حصول اطمینان از ایجاد خستگی از آزمودنی‌ها خواسته شد تکرارها را تا سر حد واماندگی انجام دهند. در مواردی که آزمودنی‌ها با تعداد تکرار کمتر به واماندگی می‌رسیدند، بلافاصله مقدار وزنه کاهش می‌یافت تا تعداد تکرارها کامل شود. گروه خستگی کم، تمرین شبیه به تمرین گروه خستگی زیاد را انجام دادند، با این تفاوت که در هر جلسه ۴۰ تکرار مجزاً را با ۳۰ ثانیه استراحت بین هر تکرار انجام دادند. گروه کنترل در طول مدت انجام پروتکل تمرینی، هیچ گونه برنامه تمرینی نداشتند.

روش آماری

پس از پایان ۱۰ هفته تمرین، یک تکرار بیشینه اولیه و یک تکرار بیشینه به دست آمده از هفته‌های تمرینی برای تحلیل آماری مورد استفاده قرار گرفت. برای تحلیل داده‌ها در سه گروه از روش آماری آنالیز واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر (3×10) و برای بررسی تفاوت بین گروه‌ها از آزمون تعقیبی LSD استفاده شد.

نتایج تحقیق

قبل از شروع تمرین با استفاده از آزمون آماری آنالیز واریانس مشخص شد که آزمودنی در سه گروه (کنترل، خستگی زیاد و خستگی کم) از لحاظ سن، قد، وزن، شاخص توده بدنی (BMI) و قدرت عضلات سینه‌ای تفاوت معناداری با هم ندارند. مشخصات آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

بررسی آماری داده‌ها نشان داد، تمرین پرس سینه، موجب افزایش معناداری در قدرت عضلات سینه‌ای در هر دو گروه تمرینی خستگی زیاد ($p \leq 0/001$) و خستگی کم ($p \leq 0/000$) می‌شود. معناداری تفاوت از هفته دوم در هر دو گروه تمرینی نسبت به گروه کنترل آشکار شد و افزایش قدرت پس از ۱۰ هفته تمرین، در گروه خستگی زیاد برابر با ۱۹/۵۵ کیلوگرم (۵۹/۸۷ درصد) و در گروه خستگی کم برابر با ۲۳/۱ کیلوگرم (۶۸/۵۴ درصد) حاصل شد. همچنین با استفاده از آزمون t همبسته مقایسه‌ای بین قدرت عضلانی گروه‌های تمرینی پیش و پس از برنامه تمرینی انجام شد، نشان داد افزایش معناداری در قدرت بعد از تمرین به دست آمده است؛ اما در کسب قدرت بین دو برنامه تمرینی داده شده، تفاوت معناداری مشاهده نشد. به عبارت دیگر از لحاظ آماری، دو روش تمرینی داده شده کسب قدرت مشابهی در پی داشت (جدول ۲ و نمودار ۱).

جدول ۱ - مشخصات آزمودنی‌ها

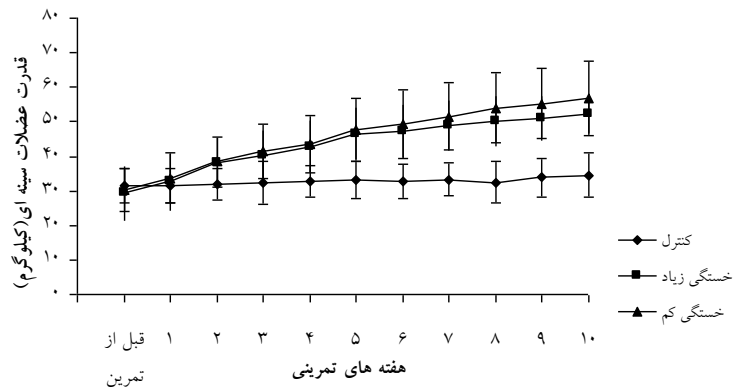
سن (سال)	قد (سانتیمتر)	وزن (کیلوگرم)	BMI (کیلوگرم بر متر مربع)	IRM (کیلوگرم) اولیه حرکت پرس سینه
±۱/۷۹	± ۴/۲۷	± ۴/۶۶	۲۴/۰۰ ± ۱/۱۸	۳۱/۶۰ ± ۴/۹۰
۲۰/۹۰	۱۷۳/۵۰	۷۲/۲۵		
± ۲/۵۱	± ۵/۲۷	± ۵/۰۲	۲۴/۱۰ ± ۱/۸۰	۲۹/۳۰ ± ۸/۰۰
۲۱/۹۰	۱۷۵/۷۰	۷۴/۴۰		
± ۲/۱۶	± ۵/۰۵	± ۶/۶۸	۲۲/۹۷ ± ۲/۱۶	۳۰/۳۰ ± ۶/۰۷
۲۱/۰۰	۱۷۳/۰۰	۶۸/۷۵		

جدول ۲ - میانگین قدرت عضلانی قبل از آغاز، هفته پنجم و پس از پایان دوره تمرین

گروه کنترل	قبل از آغاز دوره تمرین	هفته پنجم	پس از پایان دوره تمرین
۳۱/۶۰ ± ۴/۹۰	۳۳/۲۰ ± ۵/۴۱	۳۳/۲۰ ± ۵/۴۱	۳۴/۶۰ ± ۶/۴۱
۲۹/۳۰ ± ۸/۰۰	۴۶/۶۰ ± ۷/۶۶*	۴۶/۶۰ ± ۷/۶۶*	۵۲/۲۰ ± ۵/۷۱*
۳۰/۳۰ ± ۶/۰۷	۴۷/۶۰ ± ۹/۰۸*	۴۷/۶۰ ± ۹/۰۸*	۵۶/۸۰ ± ۱۰/۶۱*

مقادیر به شکل میانگین ± انحراف استاندارد بیان شده است.

* $P \leq 0/01$ در مقایسه با اندازه گیری قبلی



نمودار ۱- مقایسه یک تکرار بیشینه در گروه های خستگی کم، خستگی زیاد و کنترل در مدت ۱۰ هفته

بحث و بررسی

در تحقیق حاضر با توجه به این که نتایج کسب قدرت در دو گروه خستگی زیاد و خستگی کم، تفاوت معناداری نداشت، به نظر می‌رسد تجمع متابولیکی نمی‌تواند تنها یا مهم‌ترین محرک برای ایجاد تغییر سازشی عضله بر اثر تمرین باشد. بر اساس مطالعات انجام‌شده، محرک‌هایی که برای به حد اکثر رسیدن افزایش قدرت عضلانی پیشنهاد شده‌اند، شامل ایجاد تنش روی عضله (۲۲)، مدتی که عضله تحت تنش قرار می‌گیرد (۲۰)، افزایش زمانی که عضله در معرض متابولیت‌ها قرار می‌گیرد (۱۷ و ۷) و خستگی (۱۹) است. در تحقیق حاضر، مقدار زمانی که عضله تحت تنش قرار می‌گیرد، بین دو گروه تمرینی یکسان بوده است؛ اما دو گروه تمرینی از لحاظ زمانی که عضله در معرض متابولیت‌ها قرار می‌گیرد و ایجاد خستگی با هم تفاوت داشته‌اند، زیرا در گروه خستگی زیاد به دلیل ادامه حرکت، بدون استراحت بین تکرارها در هر نوبت، تجمع متابولیکی و خستگی بیشتر بوده است. با توجه به این نکات و این که نتیجه افزایش قدرت بین دو گروه خستگی زیاد و خستگی کم با هم برابر بوده است؛ شاید بتوان چنین نتیجه گرفت که مهم‌ترین عامل در به حد اکثر رسیدن افزایش قدرت عضلانی، مقدار زمانی است که عضله تحت تنش قرار می‌گیرد.

نتایج تحقیق حاضر با نتایج کاری و همکاران^۱ (۴) و اسکات و همکاران (۲۰) که عنوان کردند، تجمع متابولیکی عامل اصلی کسب قدرت محسوب می‌شود ناهمسو است؛ اما با نتایج درینکواتر و همکاران (۶) ایزکویردو و همکاران (۱۱) و فولند و همکاران (۷) که نشان داده‌اند خستگی و تجمع متابولیت‌ها نمی‌تواند به عنوان یک محرک حیاتی برای افزایش قدرت محسوب شود، همخوانی دارد. به نظر می‌رسد علت برخی از تناقضات بین تحقیقات انجام‌شده، ناشی از تفاوت‌های موجود بین روش‌های تحقیق باشد. تفاوت‌هایی از قبیل تفاوت در حجم و شدت تمرین، متغیرهای مورد بررسی، عضلاتی که مورد تحقیق قرار گرفتند، نوع انقباض، وضعیت تمرین قبلی آزمودنی‌ها، و مدت تمرین در بین تحقیقات انجام‌شده به چشم می‌خورد؛ اما روش

تحقیق حاضر با روش تحقیق فولند و همکاران (۷) شباهت زیادی دارد و عمده‌ترین تفاوت آن، شامل عضلات درگیر و نداشتن گروه کنترل در تحقیق فولند و همکاران است که در قسمت مقدمه ارائه شده است و البته نتایج این دو تحقیق نیز با هم همسو است.

با وجود این که برخی از مربیان باتجربه، معتقدند تداوم حالت خستگی از طریق کاهش یا حذف مراحل بازیافت بین دوره‌ها یا وهله‌های تمرینی با تحمیل فشار زیاد تمرین، عملاً می‌تواند موجبات توسعه قدرت عضلانی را فراهم آورد؛ اما نتایج این تحقیق نشان می‌دهد نمی‌توان ایجاد خستگی در تمرین با وزنه را به عنوان یک عامل ضروری برای توسعه قدرت عضلانی به حساب آورد؛ زیرا در گروهی که با انجام هر تکرار، استراحت می‌کرد، نیز همان مقدار کسب قدرت و حتی بیشتر (از لحاظ آماری غیر معنادار) مشاهده شد (نمودار ۱). بدیهی است، فشار زیاد بر عضله، موجب کوفتگی در عضله می‌شود و برای ورزشکار رنج و دردی را هنگام و پس از تمرین به همراه دارد. همچنین، آسیب عضله می‌تواند موجب کاهش قدرت برای روزها و حتی هفته‌ها شود (۱۷ و ۸). از طرف دیگر بر اثر فشار زیاد بر عضله، این احتمال وجود دارد که ورزشکار نتواند همان نیروی اولیه را در نوبت‌های بعدی اعمال کند. همچنین با فشار بیش از حد به مفاصل، احتمال آسیب‌دیدگی نیز افزایش می‌یابد. از این رو، می‌توان از نتایج تحقیق حاضر چنین استنباط کرد که می‌توان بدون تحمل این دشواری‌ها، قدرت عضلانی را افزایش داد.

همچنین، این احتمال وجود دارد که گروه خستگی کم بتواند حرکات پرس سینه را با بار کاری (وزنه) بیشتری نسبت به گروه خستگی زیاد به انجام برساند و در این صورت ممکن بود نتایج بهتری در گروه خستگی کم به دست آید. البته بحث در این مورد نیازمند انجام تحقیق بیشتری می‌باشد.

برخی از ورزشکاران حرفه‌ای در تیم‌های ورزشی نیز به دلیل این که مجبور هستند تمرین مقاومتی را در کنار تمرین‌های مهارتی انجام دهند، نیازهای متابولیکی بدنشان افزایش می‌یابد و اگر دوره‌های تمرین با وزنه را تا سر حد واماندگی انجام دهند، ممکن است دچار بیش‌تمرینی بشوند و افت اجرا را تجربه کنند. ایزکویردو و همکاران در تحقیق خود نشان دادند تمرین مقاومتی که در آن تکرارها تا سر حد واماندگی انجام نمی‌شوند در مقایسه با تمرینی که در آن تکرارها تا سر حد واماندگی انجام می‌شوند، موجب کاهش سطوح کورتیزول و افزایش سطوح تستوسترون استراحتی پلازما می‌شود (۱۱). از آنجایی که افزایش سطوح هورمون کورتیزول با بیش‌تمرینی در ارتباط است، بر این اساس و اطلاعات به دست آمده از تحقیق حاضر، می‌توان به ورزشکاران و مربیان توصیه کرد که برای افزایش قدرت عضلانی به ویژه عضلات بالاتنه، ضرورتی ندارد که تمرین قدرتی با وزنه را تا سر حد خستگی انجام دهند و از این طریق، احتمال بروز بیش‌تمرینی کاهش می‌یابد.

خلاصه از نتایج این تحقیق می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که به نظر می‌رسد، ایجاد خستگی در هر نوبت از تمرین با وزنه لازمه توسعه قدرت محسوب نمی‌شود و بدون تحمل رنج خستگی و اعمال نیروی شدید می‌توان به نتایج مشابهی دست یافت.

منابع

۱. صادقی بروجردی سعید، رحیمی رحمان، (۱۳۸۸)، واکنش هورمون‌های GH و IGF-1 نسبت به دو برنامه مقاومتی شدید هم حجم با استراحت‌های متفاوت بین ست‌ها. فصل‌نامه المپیک؛ ۱۷(۱) (پیاپی ۴۵): ۵۷-۶۸.
۲. صابری یاسر، میرزایی بهمن، اراضی حمید، (۱۳۸۷)، تأثیر فاصله‌های استراحتی مختلف بر حفظ تکرارهای حرکت پرس سینه در نوبت‌های متوالی، فصل‌نامه المپیک؛ ۱۶ (۱) (پیاپی ۴۱): ۷۹-۸۷.
3. Aagaard P, Andersen JL, Dyhre-Poulsen P, Leffers AM, Wagner A, Magnusson SP, Halkjaer-Kristensen J, and Simonsen EB. (2001). A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: Changes in muscle architecture. *J. Physiol.* 534:613-623.
4. Carey Smith R, Rutherford OM. (1995). The role of metabolites in strength training. I. A comparison of eccentric and concentric contractions. *Eur J Appl Physiol.* 71:332-6.
5. Drinkwater EJ, Lawton TW, Lindsell RP, Pyne DB, Hunt PH, McKenna MJ. (2005). Training leading to repetition failure enhances bench press strength gains in elite junior athletes. *J Strength Cond Res.* 19:382-8.
6. Drinkwater EJ, Lawton TW, McKenna MJ, Lindsell RP, Hunt PH, Pyne DB. (2007). Increased number of forced repetitions does not enhance strength development with resistance training. *J Strength Cond Res.* 21:841-7.
7. Folland J P, Irish C S, Roberts J C, Tarr J E, Jones D A. (2002). Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training. *Br J Sports Med.* 36:370-374.
8. Gibala MJ, MacDougall JD, Tarnopolsky MA, et al. (1995). Changes in human muscle ultrastructure and force production after acute resistance exercise. *J Appl Physiol.* 78:702-8.
9. Häkkinen K. (1989). Neuromuscular and hormonal adaptations during strength and power training. A review. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 29:9-26.
10. Hunter S, Duchateau J, and Enoka R. (2004). Muscle fatigue and the mechanisms of task failure. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 32:44-49.
11. Izquierdo M, Javier I, Juan J. G-B, Häkkinen K, Ratamess N A, Kraemer W J, French DN, Jesus E, Aritz Altadill, Xabier Asiain, and Esteban M. Gorostiaga. (2006). Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. *J Appl Physiol.* 100: 1647-1656.
12. Kanehisa H, Nagareda H, Kawakami Y, Akima H, Masani K, Kouzaki M, and Fukunaga T. (2002). Effects of equivolume isometric training programs comprising medium or high resistance on muscle size and strength. *Eur. J. Appl. Physiol.* 87:112-119.

13. Kramer JB, Stone MH, O'Bryant HS, Conley MS, Johnson RL, Nieman DC, and Honeycutt DR. (1997). Effects of single vs. multiple sets of weight training: Impact of volume, intensity, and variation. *J. Strength Cond. Res.* 11:143–147.
14. Lawton T, Cronin J, Drinkwater E, Lindsell R, and Pyne D. (2004). The effect of continuous repetition training and intra-set rest training on bench press strength and power. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 44:361–367.
15. Maffiuletti NA, and Martin A. (2001). Progressive versus rapid rate of contraction during 7 wk of isometric resistance training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33:1220–1227.
16. Moss BM, Refsnes PE, Abildgaard A, Nicolaysen K, and Jensen J. (1997). Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 75:193–199.
17. Newham DJ, Jones DA, Clarkson PM. (1987). Repeated high-force eccentric exercise: effects on muscle pain and damage. *J Appl Physiol.* 63:1381–6.
18. Rhea MR, Alvar BA, Burkett LN, and Ball SD. (2003). A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Med. Sci. Sports Exerc.* 35:456–464.
19. Rooney KJ, Herbert RD, Balnave RJ. (1994). Fatigue contributes to the strength training stimulus. *Med Sci Sports Exerc.* 26:1160-4.
20. Schott J, McCully K, Rutherford OM. (1995). The role of metabolites in strength training. II. Short versus long isometric contractions. *Eur J Appl Physiol.* 71:337–341.
21. Shinohara M, Kouzaki M, Yoshihisa T, et al. (1998). Efficacy of tourniquet ischemia for strength training with low resistance. *Eur J Appl Physiol.* 77:189–91.
22. Vandenburg HH. (1987). Motion into mass: How does tension stimulate muscle growth? *Med. Sci. Sports Exerc.* 19:142–149.
23. Welsh L, Rutherford OM. (1996). Effects of isometric strength training on quadriceps muscle properties in over 55 year olds. *Eur J Appl Physiol.* 72:219–23.

