

علوم زیستی ورزشی - بهار ۱۳۹۵
دوره ۸، شماره ۱، ص: ۱۲۳-۱۴۱
تاریخ دریافت: ۱۸ / ۰۶ / ۹۳
تاریخ پذیرش: ۰۷ / ۱۱ / ۹۳

مقایسه تأثیر سه شیوه تمرین ترکیبی بر غلظت تستوسترون، کورتیزول و قدرت عضلانی زنان سالمند

لاله باقری^۱ - محمد فرامرزی^۲ - ابراهیم بنی طالبی^{۳*} - زهرا مردان پور شهرکردی^۴
۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران ۲. دانشیار، دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران ۳. استادیار، دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران ۴. کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزش، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

چکیده

هدف این مطالعه مقایسه تأثیر سه شیوه تمرین ترکیبی بر غلظت تستوسترون، کورتیزول، نسبت تستوسترون به کورتیزول و قدرت عضلانی زنان سالمند بود. به این منظور ۴۰ نفر از زنان سالمند (دامنه سنی ۶۰/۳۴±۰/۸۲ سال) به طور تصادفی ساده در یکی از چهار گروه تمرین استقامتی+ قدرتی (E+S) (n=9)، قدرتی+ استقامتی (S+E) (n=10)، ترکیبی چرخشی (ACT) (n=12) و کنترل (n=9) قرار گرفتند. برنامه‌های تمرینی به مدت ۸ هفته و ۳ روز در هفته انجام گرفت. برنامه تمرین استقامتی شامل کار روی دوچرخه ثابت و برنامه تمرین قدرتی شامل چندین تمرین منتخب بالاتنه و پایین تنه بود. از آزمون تی وابسته و آزمون آنالیز واریانس یکطرفه به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد ۸ هفته تمرین تغییری در میزان تستوسترون گروه S+E و ACT نداشت، اما کاهش معناداری در میزان تستوسترون در گروه E+S مشاهده شد (P=۰/۰۰۷). نتایج نشان‌دهنده وجود اختلاف معنادار در میزان تستوسترون بین گروه‌های E+S و ACT بود (P=۰/۰۱). علاوه بر این، در میزان کورتیزول و نسبت تستوسترون به کورتیزول (T/C) پس از تمرین تغییر معناداری مشاهده نشد. همچنین، افزایش معنادار قدرت بالاتنه فقط در گروه‌های E+S و ACT و قدرت پایین تنه در همه گروه‌های تمرین مشاهده شد. با توجه به عدم تغییر شایان توجه در سطح پایه هورمون‌ها در سه گروه تمرین ترکیبی، این افراد وضعیت کاتابولیکی مزمنی را تجربه نکردند و از آنجا که قدرت در همه گروه‌ها افزایش یافته است، به نظر می‌رسد بین وضعیت هورمونی و کسب قدرت در این مطالعه رابطه‌ای وجود ندارد.

واژه‌های کلیدی

تمرین ترکیبی، تستوسترون، قدرت، کورتیزول، نسبت تستوسترون به کورتیزول.

مقدمه

سالمندی با کاهش ظرفیت عملکردی سیستم عصبی عضلانی و غدد درون‌ریز همراه است که به کاهش ظرفیت تولید نیرو و توان و کاهش آمادگی قلبی-عروقی منجر می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد کاهش توده عضلات با افزایش سن با کاهش سطح هورمون‌های گردش خون مرتبط است. با افزایش سن، به‌ویژه در زنان، غلظت هورمون‌های آنابولیک گردش خون و عوامل رشد مانند تستوسترون، هورمون رشد و عامل رشد شبه‌انسولین کاهش می‌یابد. کاهش سطح پایه تستوسترون خون در زنان سالمند ممکن است به کاهش تأثیرات آنابولیک بر توده عضلات منجر شود که با آتروفی عضلات و کاهش قدرت همراه است (۱۷). برای مقابله با این امر، مطالعات مختلف نشان دادند تمرین قدرتی، قدرت و توان را در طول سالمندی بهبود می‌بخشد. همچنین تمرین استقامتی آمادگی هوازی را در این افراد افزایش می‌دهد. از این‌رو، ترکیب هر دو تمرین استقامتی و قدرتی برای بهبود ظرفیت عملکردی در افراد سالمند توصیه می‌شود (۷). یکی از سازگاری‌های مهم فیزیولوژیک پس از فعالیت بدنی، سازگاری سیستم غدد درون‌ریز است (۴). پاسخ هورمونی به فعالیت بدنی تابع شدت، مدت، نوع برنامه تمرینی و سطح آمادگی جسمانی آزمودنی‌هاست (۴). اصل اختصاصی بودن تمرین، مؤید تأثیر بر تارهای عضلانی فعال و درگیر است. تارهای عضلانی به‌طور ویژه و اختصاصی با نوع فعالیت سازگار می‌شوند. سازگاری‌های میتوکندریایی و عروقی در پاسخ به تمرین استقامتی یا سازگاری پروتئین‌های انقباضی در پاسخ به تمرین مقاومتی گزارش شده است. تمرین قدرتی موجب افزایش غلظت تستوسترون و کورتیزول و تمرین استقامتی موجب کاهش غلظت تستوسترون و افزایش غلظت کورتیزول می‌شود (۲۹،۳۰). نسبت تستوسترون به کورتیزول شاخص مناسبی برای نشان دادن روند آنابولیک و کاتابولیک است (۱۷). تمرین ترکیبی^۱ تعادل آنابولیک و کاتابولیک هورمون‌ها را تغییر می‌دهد و احتمالاً از افزایش هیپرتروفی عضلانی حاصل از تمرین قدرتی می‌کاهد. در مقابل، کرامر (۲۰۰۵) و بل (۲۰۰۰) نشان دادند انجام تمرین ترکیبی می‌تواند در نسبت تستوسترون به کورتیزول تغییر ایجاد کند و فرد را به سمت روند آنابولیسیم پیش برد (۵،۳۰). بخش استقامتی تمرین ترکیبی می‌تواند برتری سیستم کاتابولیک را موجب شود که این روند می‌تواند توسعه قدرت عضلانی را مختل کند. تمرین ترکیبی می‌تواند در آخرین مراحل انجام دادن تمرین به سطوح بالاتر کورتیزول منجر شود (۵،۱۷،۲۵). تا به امروز مطالعات اندکی به شرح سازوکارهای سازگاری

در عضلات اسکلتی با محرک‌های همزمان استقامتی و مقاومتی پرداخته‌اند (۶،۸،۱۱،۱۵،۱۶). علاوه بر این، نتایج تحقیقات در زمینه تغییرات سازگاری و عملکرد در افرادی که تمرین ترکیبی (مقاومتی و استقامتی) انجام داده‌اند، یکسان نیست (۶،۸،۱۱،۱۵،۱۶). برای مثال، تحقیق کلاسیک هیکسون^۱ (۱۹۸۰) و مطالعات پس از آن، هنگام ترکیب تمرین قدرتی با استقامتی سازگاری گوناگونی را گزارش کردند (۲۳). به نظر می‌رسد، سازوکارهای سازگاری مولکولی و ژنتیکی القاشده توسط تمرین مقاومتی و استقامتی متفاوت‌اند، با هر نوع فعالیت ورزشی مجموعه‌ای از مسیرهای سیگنالینگ سلولی و ژن‌های ویژه‌ای فعال می‌شوند (۲۳). تمرین مقاومتی شدید به بیوزنز میتوکندریایی منجر نمی‌شود و سطح مقطع بزرگ‌تر تارها مسافت انتشار اکسیژن و سوبستراها را افزایش می‌دهد (۲۴). بنابراین، با توجه به تغییر در محیط عضله، این سازگاری مطلوب ظرفیت استقامتی نیست. به همین نحو، تمرین استقامتی طولانی‌مدت تأثیر چشمگیری بر اندازه تار ندارد و عضله تغییر کرده و خستگی باقی‌مانده تأثیر منفی بر سنتز پروتئین عضله و توانایی تولید نیرو دارد (۲۴). در نتیجه سازگاری مساعدی برای افزایش اندازه و قدرت ایجاد نمی‌کند. پوتمن^۲ و همکاران (۲۰۰۴) کاهش توسعه قدرت، تبدیل بیشتر تارهای تند به کندانقباض و کاهش هیپرتروفی تارهای نوع ۱ را با تمرین ترکیبی در مقایسه با تمرین قدرتی به‌تنهایی مشاهده کردند (۳۸). به هر صورت پژوهشگران سعی در درک این موضوع دارند که چرا این پدیده وجود دارد (۱۱). بنابراین، ترتیب تمرین، یعنی ترتیبی که تمرین قدرتی و استقامتی انجام می‌گیرد، ممکن است بر سازگاری‌های ناشی از تمرین به‌ویژه رفتار سلول‌های اقماری تأثیر داشته باشد. اگرچه، مطالعات اندکی گزارش کرده‌اند که در یک جلسه تمرین، آیا تمرین قدرتی باید قبل یا پس از تمرین استقامتی انجام گیرد (۱۵). واضح است رفتار سلول‌های اقماری به‌دنبال ورزش می‌تواند به ماهیت تحریک ورزشی بستگی داشته باشد که ممکن است ناشی از شرایط مختلف هورمونی، فشار مکانیکی و شرایط انرژی باشد. در تحقیق دکین^۳ و همکاران (۲۰۰۴) که دو ترتیب تمرین وزنه و دوچرخه‌سواری حاد را با یکدیگر مقایسه کردند، نشان دادند ترتیب وزنه - دوچرخه دارای نسبت تستوسترون به کورتیزول (T/C) کمتری در مقایسه ترتیب دوچرخه - وزنه داشت (۱۵). در تحقیق دیگری نشان داده شد که یک جلسه تمرین با ترتیب متفاوت به اختلاف معناداری در نسبت T/C منجر شد، به طوری که تمرین قدرتی - استقامتی در مقایسه با استقامتی - قدرتی به کاهش بیشتر در نسبت T/C انجامید (۳۴). پس به نظر

1. Hickson
2. Putman
3. Deakin

می‌رسد که ترتیب تمرین استقامتی - قدرتی استرس متابولیکی کمتری ایجاد می‌کند. در تحقیقی که تمرین استقامتی - قدرتی با تمرین قدرتی تنها مقایسه شد، مشاهده شد که اضافه کردن بخش استقامتی قبل از یک جلسه تمرین قدرتی می‌تواند به افزایش و تقویت یک محیط آنابولیکی منجر شود (۳۳). بر عکس، ورنن^۱ و همکاران (۲۰۰۹)، پس از یک وهله تمرین ترکیبی در عضله پهن جانبی مردان نشان دادند که انجام تمرین استقامتی قبل از قدرتی ممکن است پاسخ‌های آنابولیکی را کاهش دهد، در صورتی که انجام تمرین استقامتی بعد از قدرتی ممکن است عوامل التهابی و تجزیه پروتئین را افزایش دهد (۱۳). تیپال^۲ (۲۰۱۳) نشان داد یک جلسه تمرین ترکیبی با ترتیب مقاومتی - استقامتی (S+E) و استقامتی - مقاومتی (E+S) پاسخ‌های هورمونی و عصبی - عضلانی متفاوت ایجاد می‌کند. آنها نشان دادند در مردان میزان کورتیزول پس از تمرین استقامتی - مقاومتی افزایش یافت. همچنین، غلظت تستوسترون به‌طور شایان توجهی کمتر از تمرین مقاومتی - استقامتی بود. در تحقیق آنها میزان تستوسترون، کورتیزول و هورمون رشد تحت تأثیر ترتیب تمرین ترکیبی قرار گرفتند، در صورتی که IGF-1 و IGF-3 تحت تأثیر ترتیب تمرین قرار نگرفت (۴۴). احتمالاً تناقض در نتایج مطالعات تمرین ترکیبی به عوامل مختلفی چون روش‌های تمرین، شدت، حجم، تواتر تمرین و ترتیبی که این دو تمرین انجام می‌گیرد، بستگی دارد.

از طرف دیگر، مطالعات مختلفی نشان دادند میزان تستوسترون و پارامترهای مربوط به این هورمون (نسبت تستوسترون به کورتیزول) با افزایش قدرت عضلات مرتبطاند (۲۰۱۰، ۱۱). کادره و همکاران (۲۰۱۰) ارتباط چشمگیری بین بهبود قدرت پایین‌تنه و غلظت تستوسترون و نسبت تستوسترون به کورتیزول در گروه استقامتی مشاهده کردند (۱۱). جوها و همکاران (۲۰۰۳) پس از فعالیت قدرتی بین غلظت تستوسترون و افزایش قدرت ارتباط مثبتی گزارش کردند (۲). همچنین انجام تمرین ترکیبی نه تنها موجب اختلال در روند سازگاری هورمونی در عضلات فعال نمی‌شود، بلکه احتمالاً می‌تواند موجب بهبود سازگاری بین سیستم آندوکراین و عملکرد عضلانی شود (۳۱).

با توجه به نتایج متناقض تحقیقات مختلف، دستکاری ترتیب تمرین ترکیبی (استقامتی و قدرتی) بر الگوی سازگاری‌های ناشی از تمرین همچنان بحث‌برانگیز باقی می‌ماند.

1. Vernon
2. Taipale

به دلیل اینکه انجام هر دو پروتکل تمرین استقامتی و قدرتی با هدف بهبود قدرت عضلات و آمادگی قلبی تنفسی در بین افراد سالمند رایج شده است، تعیین تأثیر انجام همزمان تمرین قدرتی و استقامتی بر عوامل منجر به هیپرتروفی و آتروفی عضلات که نقش مهمی در عوامل عملکردی مربوط از جمله قدرت و استقامت عضلانی دارند، اهمیت دارد. علاوه بر این، تعیین بهترین ترتیب انجام تمرین ترکیبی برای بهبود و پیشرفت پاسخ‌های آنابولیک و کاهش عوامل کاتابولیک می‌تواند عامل مهمی در تجویز تمرین ترکیبی باشد.

با توجه به مطالعات انجام گرفته، به نظر می‌رسد ترتیب تمرین بر میزان سازگاری‌های هورمونی ناشی از تمرین مؤثر باشد. در نتیجه، برای تعیین تأثیر ترتیب تمرین در پاسخ و سازگاری به تمرین، به مطالعات بیشتری نیاز است. علاوه بر این، به منظور پیشگیری از تأثیرات برجای مانده از خستگی یا منابع دیگر از تداخل، زمان بندی جلسات تمرین نیاز به بررسی دارد. از طرف دیگر، در مجموع مطالعات انجام گرفته در مورد تأثیر ترتیب تمرین ترکیبی بر سازگاری هورمونی و عضلانی محدود است. لیکن با توجه به اهمیت مطالب ذکر شده، این تحقیق در نظر دارد به بررسی مقایسه تأثیر سه شیوه ترتیب تمرین ترکیبی (مقاومتی و استقامتی)، با حجم یکسان تمرین بر میزان تغییرات تستوسترون، کورتیزول، نسبت تستوسترون به کورتیزول و همچنین قدرت عضلانی در زنان سالمند بپردازد.

روش تحقیق

جامعه آماری این پژوهش زنان سالمند سالم غیرفعال بودند. با استفاده از فراخوان از افراد واجد شرایط برای شرکت در تحقیق حاضر دعوت به همکاری شد. از بین ۱۲۰ نفر از افراد مراجعه کننده به پایگاه قهرمانی شهرستان شهرکرد، ۶۰ نفر براساس شاخص‌های ورود به تحقیق و به صورت هدفمند انتخاب شدند. افراد انتخاب شده در انجام کارهای روزانه خود مستقل بودند و بیماری خاص (مانند بیماری‌های قلبی و عروقی، فشار خون بالا، دیابت، بیماری‌های کلیوی) یا سابقه فعالیت بدنی منظم نداشتند، سیگار نمی‌کشیدند، از هورمون درمانی استفاده نمی‌کردند و آمادگی لازم برای شروع فعالیت بدنی را داشتند، که این موارد با استفاده از پرسشنامه PARQ و پرسشنامه پیشینه پزشکی ارزیابی شد. کلیه شرکت کنندگان اطلاعات مکتوب در خصوص پژوهش را که حاوی فواید و خطرهای احتمالی بود، دریافت و پس از مطالعه، از آنها درخواست شد رضایت نامه کتبی را امضا کنند. همچنین کلیه مراحل این پژوهش زیر نظر پزشک متخصص و متخصصان فیزیولوژی ورزشی انجام گرفت. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به

چهار گروه ۱۵ نفره تقسیم شدند. آزمودنی‌ها در یک جلسه با نحوه انجام فعالیت ورزشی آشنا شدند. ۲۰ نفر از آزمودنی‌ها با توجه به ملاک خروج از مطالعه یا موارد شخصی از ادامه تمرین بازماندند و در مجموع تعداد افراد نمونه به ۴۰ نفر، گروه تمرین استقامتی+قدرتی (E+S) (n=9)، قدرتی+استقامتی (S+E) (n=10)، گروه تمرین ترکیبی چرخشی (ACT) (n=12) و گروه کنترل (n=9) تقلیل یافتند.

تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی با سه گروه E+S، S+E، ACT و یک کنترل با پیش‌آزمون و پس‌آزمون است. اطلاعات مربوط به تحقیق به صورت میدانی و آزمایشگاهی گردآوری شد. قبل از تمرین و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرینی قد، وزن، شاخص توده بدن^۱ (BMI)، حداکثر قدرت، VO₂max و درصد چربی آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. اطلاعات مربوط به قد و وزن آزمودنی‌ها با استفاده از متر نواری و ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. برای محاسبه درصد چربی بدن، ابتدا ضخامت چربی زیر پوستی سه نقطه‌ای سه سربازو، روی ران و فوق‌خاصه آزمودنی‌ها با استفاده از کالیپر (بیس لاین ساخت آمریکا) اندازه‌گیری شده و سپس با استفاده از فرمول درصد چربی بدن محاسبه شد. همچنین درصد چربی هر نقطه سه مرتبه و به صورت چرخشی اندازه‌گیری شد (۱۲).

برای برآورد حداکثر قدرت، ابتدا آزمودنی با انتخاب وزنه‌های بسیار سبک خود را گرم کردند و سپس براساس برآورد خود آزمودنی وزنه‌ای انتخاب شد که آزمودنی بتواند حداقل یک‌بار و حداکثر ۱۰ بار آن را به صورت کامل و صحیح انجام دهد. با جایگذاری مقدار وزنه و تعداد تکرارها در فرمول زیر، قدرت بیشینه آزمودنی‌ها در حرکت پرس سینه و جلو ران برای تعیین حداکثر قدرت بالاتنه و پایین‌تنه به دست آمد (۱۲).

$$\text{تعداد تکرارها} \times 0.278 - 0.278 = 1 \div \text{مقدار وزنه} = 1 \text{RM}^2$$

برای برآورد VO₂max، آزمودنی‌ها از آزمون اصلاح‌شده بروس بر روی نوار گردان طبق فرمول (۸/۵۴۵) + (کل زمان طی شده) × ۲/۲۸۲ (VO₂max) استفاده شد (۱۲).

اندازه‌گیری شاخص‌های بیوشیمیایی پس از ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه آزمودنی‌ها رأس ساعت ۹ صبح در محل آزمایشگاه تخصصی حضور یافتند و نمونه خون اولیه به میزان ۵ سی‌سی از ورید قدامی بازویی توسط متخصصان خون‌گیری آزمایشگاه از آنها گرفته شد. سپس نمونه خون سانتریفیوژ شده و نمونه سرمی آن جدا شد و برای آنالیز در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. پس از جمع‌آوری

1. Body Mass Index
2. One repet max

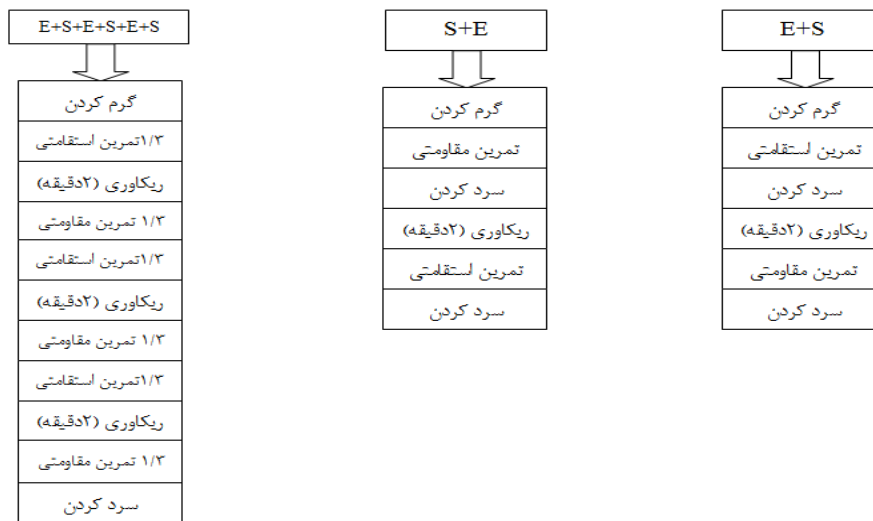
داده‌های اولیه، برنامه تمرین از روز بعد به مدت ۸ هفته در محل سالن ورزشی آغاز شد. بعد از اتمام دوره تمرین، پس از ۴۸ ساعت از آخرین جلسه تمرین بار دیگر اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریک و آزمایشگاهی در شرایط و زمان آزمون‌های اولیه و با همان ابزار توسط محقق و متخصص آزمایشگاه انجام پذیرفت. اندازه‌گیری غلظت تستوسترون تام براساس نانوگرم در میلی‌لیتر با استفاده از کیت DiaPlus ساخت آمریکا، ضریب تغییرات درون‌سنجی و برون‌سنجی به ترتیب $0.4/5\%$ و $0.6/3\%$ و حساسیت 0.38 نانوگرم در میلی‌لیتر و کورتیزول براساس میکروگرم در دسی‌لیتر با استفاده از کیت DiaPlus ساخت آمریکا، ضریب تغییرات درون‌سنجی و برون‌سنجی به ترتیب $0.3/9\%$ و $0.4/6\%$ و حساسیت 0.4 میکروگرم درصد میلی‌لیتر با به‌کارگیری روش الایزا به مرحله اجرا درآمد.

برنامه تمرین: برنامه‌های تمرینی به مدت ۸ هفته از تمرینات ساده به مشکل و از شدت کم به شدت بالا با در نظر گرفتن اصل اضافه‌بار و افزایش شدت تمرین بود. برنامه تمرینی استقامتی شامل کار روی دوچرخه ثابت با شدت ۶۰ درصد حداکثر ضربان قلب^۱ (MHR) به مدت ۱۶ دقیقه در هفته اول که به 0.88 MHR به مدت ۳۰ دقیقه در هفته هشتم رسید، انجام گرفت. همچنین در مورد کنترل شدت تمرین، این کار با تعیین ضربان قلب آزمودنی‌ها قبل از شروع تمرینات، حین اجرا و پس از انجام فعالیت در هر جلسه توسط پژوهشگران با استفاده از ضربان‌سنج پولار انجام شد (۴۵). برنامه تمرینی مقاومتی شامل پرس سینه، جلوپا، پشت‌ران، کشش زیر بغل، جلوپا و کشش دوطرفه به پایین دربرگیرنده عضلات بزرگ بالاتنه و پایین‌تنه بود. برنامه تمرین این گروه از ۲ دور با ۱۸-۱۶ تکرار و ۴۰ درصد یک تکرار بیشینه در ابتدای دوره به ۳ دور با ۱۰-۸ تکرار و ۷۵ درصد یک تکرار بیشینه و با استراحت‌های ۲ دقیقه‌ای در پایان دوره تمرینی رسید (جدول ۱) (۱۱،۴۵).

گروه تمرینی E+S در ابتدا برنامه تمرین استقامتی و پس از ۲ دقیقه استراحت برنامه تمرین قدرتی را انجام دادند. گروه تمرین S+E در ابتدا برنامه تمرین قدرتی و پس از ۲ دقیقه استراحت برنامه تمرین استقامتی را انجام دادند، و گروه ACT به‌صورت چرخشی تمرینات مقاومتی و استقامتی را انجام دادند، بدین صورت که برنامه قدرتی به سه قسمت و زمان برنامه استقامتی هم به سه قسمت تقسیم شد (نمودار ۱) (۱۶).

جدول ۱. برنامه تمرین قدرتی و استقامتی

تمرین استقامتی			تمرین قدرتی			تعداد جلسه در هفته	ست	تکرار	شدت	حجم	شدت برحسب vo2max	شدت براساس ضربان قلب بیشینه	شدت براساس میزان درک فشار
شدت	براساس	میزان درک فشار	شدت	تکرار	شدت								
۱۱	%۶۰ HRmax	%۴۵ VO2max	۱۶ دقیقه	۱۶-۱۸	%۴۰ 1RM	۲	۳	۱					
۱۱	%۶۶ HRmax	%۵۰ VO2max	۱۶ دقیقه	۱۶-۱۸	%۴۵ 1RM	۲	۳	۲					
۱۳	%۷۰ HRmax	%۵۵ VO2max	۲۰ دقیقه	۱۲-۱۴	%۵۰ 1RM	۲	۳	۳					
۱۳	%۷۴ HRmax	%۶۰ VO2max	۲۰ دقیقه	۱۲-۱۴	%۵۵ 1RM	۲	۳	۴					
۱۵	%۷۷ HRmax	%۶۵ VO2max	۲۵ دقیقه	۱۰-۱۲	%۶۰ 1RM	۳	۳	۵					
۱۵	%۸۱ HRmax	%۷۰ VO2max	۲۵ دقیقه	۱۰-۱۲	%۶۵ 1RM	۳	۳	۶					
۱۵	%۸۵ HRmax	%۷۵ VO2max	۳۰ دقیقه	۸-۱۰	%۷۰ 1RM	۳	۳	۷					
۱۷	۸۸% HRmax	%۸۰ VO2max	۳۰ دقیقه	۸-۱۰	%۷۵ 1RM	۳	۳	۸					



نمودار ۱. ترتیب تمرین در سه گروه مختلف

روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

پس از کسب اطمینان از طبیعی بودن توزیع داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و همگن بودن داده‌ها با آزمون لون، برای بررسی اثر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته از آزمون تی وابسته و تحلیل واریانس یکطرفه استفاده شد و در صورت معناداری از آزمون تعقیبی توکی برای تعیین تفاوت بین گروه‌ها استفاده شد. شایان ذکر است برای مقایسه چهار گروه در آزمون تحلیل واریانس یکطرفه از تفاضل پیش‌آزمون و پس‌آزمون (دلتا) استفاده شد. تمام عملیات آماری تحقیق با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام گرفت و سطح معناداری $p < 0.05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

نتایج این تحقیق نشان داد وزن و شاخص توده بدنی در گروه‌های تجربی S+E, E+S و ACT کاهش معناداری داشت ($P < 0.05$). همچنین مشاهده شد مقدار VO_2max در گروه‌های E+S ($P=0.003$)، S+E ($P=0.003$) و ACT ($P=0.024$) افزایش معناداری داشت، به علاوه، داده‌ها نشان داد هشت هفته تمرین ترکیبی به افزایش معنادار قدرت بالاتنه در گروه‌های تمرین ترکیبی E+S ($P=0.005$) و ACT ($P=0.025$) و عدم تغییر معنادار در گروه S+E ($P=0.06$) منجر شد. همچنین، قدرت پایین‌تنه در همه گروه‌های تمرین ترکیبی افزایش معناداری یافت ($P < 0.05$). نتایج آزمون تحلیل واریانس یکطرفه نشان داد در متغیر وزن، BMI، VO_2max و قدرت پایین‌تنه بین گروه‌ها اختلاف معناداری وجود دارد ($P < 0.05$) (جدول ۲). نتایج آزمون توکی نشان داد در متغیر وزن بین گروه S+E و کنترل ($P=0.02$) و ACT و کنترل ($P=0.03$) اختلاف معناداری وجود دارد. در مورد متغیر BMI و VO_2max فقط بین گروه S+E و کنترل اختلاف معناداری وجود دارد. در متغیر قدرت پایین‌تنه بین گروه E+S و کنترل و همچنین ACT و کنترل اختلاف معناداری مشاهده شد.

همچنین نتایج نشان داد ۸ هفته تمرین تغییر در میزان تستوسترون گروه S+E ($P=0.047$) و ACT ($P=0.027$) نداشت، اما در گروه E+S کاهش معناداری مشاهده شد ($P=0.007$). نتایج آزمون تحلیل واریانس یکطرفه نشان داد بین میزان تستوسترون در گروه‌های مختلف اختلاف معناداری وجود دارد ($P=0.02$) (جدول ۳). نتایج آزمون توکی نشان‌دهنده وجود اختلاف معنادار در میزان تستوسترون بین گروه‌های E+S و ACT بود ($P=0.01$). علاوه بر این، در میزان کورتیزول و نسبت تستوسترون به کورتیزول (T/C) پس از گروه‌های تمرینی تغییر معناداری مشاهده نشد ($P \geq 0.05$).

جدول ۲. تغییرات ویژگی‌های آنتروپومتریکی آزمودنی‌ها در درون گروه‌ها و بین گروه‌ها

P	Control	ACT	S+E	E+S	مرحله	متغیرها
* / ۰.۱۷	۷۶/۸۸±۳/۷۸	۶۶/۴۱±۲/۶۹	۷۰/۸۰±۳/۹۰	۷۴/۶۶±۴/۶۸	پیش‌آزمون	وزن (kg)
	۷۶/۶۶±۴/۰۵	۶۴/۴۱±۲/۴۴	۶۸/۶۰±۳/۸۶	۷۲/۷۷±۴/۶۷	پس‌آزمون	
	۰/۵۱	* / ۰.۰۰	* / ۰.۰۳	* / ۰.۰۵	P درون گروهی	
* / ۰.۲۳	۳۱/۷۵±۰/۹۱	۲۷/۵۷±۰/۹۲	۲۹/۲۳±۱/۷۱	۲۹/۸۹±۱/۲۰	پیش‌آزمون	شاخص توده بدن (kg/m ²)
	۳۱/۶۳±۱/۰۱	۲۶/۷۶±۰/۸۶	۲۸/۳۰±۱/۵۶	۲۹/۱۲±۱/۲۱	پس‌آزمون	
	۰/۴۲	* / ۰.۰۰	* / ۰.۰۳	* / ۰.۰۵	P درون گروهی	
* / ۰.۲۹	۲۴/۷۷±۳/۰۳	۲۳/۷۰±۱/۷۸	۲۴/۶۰±۱/۳۵	۲۹/۰۷±۱/۸۸	پیش‌آزمون	V _{O2max} (mL/kg)
	۲۴/۲۵±۳/۰۱	۲۷/۹۳±۲/۱۸	۳۱/۸۱±۱/۰۵	۳۴/۰۱±۲/۰۵	پس‌آزمون	
	۰/۴۳	* / ۰.۲۴	* / ۰.۰۳	* / ۰.۰۳	P درون گروهی	
۰ / ۰.۷	۱۸/۳۳±۳/۲۲	۱۸/۵۸±۲/۳۲	۲۸/۶۰±۱/۸۸	۱۷/۱۱±۳/۴۶	پیش‌آزمون	قدرت بالاتنه
	۱۸/۸۸±۳/۰۹	۲۵/۰۸±۳/۴۲	۳۰/۳۰±۲/۲۲	۲۵/۶۶±۳/۰۵	پس‌آزمون	
	۰/۳۴	* / ۰.۲۵	۰ / ۰.۶	* / ۰.۰۵	P درون گروهی	
* / ۰.۰۰	۳۲/۷۷±۴/۵۷	۳۰/۲۵±۵/۲۵	۲۶/۴۰±۳/۳۹	۲۹/۶۶±۵/۳۷	پیش‌آزمون	قدرت پایین تنه
	۳۴/۶۶±۴/۲۵	۵۱/۹۱±۸/۷۸	۶۸/۵۰±۷/۸۷	۶۷/۲۲±۷/۷۳	پس‌آزمون	
	۰/۱۸	* / ۰.۱۴	* / ۰.۰۰	* / ۰.۰۲	P درون گروهی	

جدول ۳. تغییرات سطوح هورمون‌های آزمودنی‌ها در درون گروه‌ها و بین گروه‌ها

P	Control	ACT	S+E	E+S	مرحله	متغیرها
* / ۰.۰۲	۰/۷۱±۰/۰۳	۰/۷۱±۰/۰۵	۰/۷۸±۰/۰۷	۰/۹۵±۰/۰۹	پیش‌آزمون	تستوسترون
	۰/۶۱±۰/۰۵	۰/۷۸±۰/۰۷	۰/۷۳±۰/۰۳	۰/۷۶±۰/۰۶	پس‌آزمون	
	۰/۰۸	۰/۲۷	۰/۴۷	* / ۰.۰۷	P درون گروهی	
۰ / ۰.۲۰	۲۶/۷۷±۱/۸۳	۱۹/۳۶±۲/۹۰	۲۱/۴۴±۴/۲۸	۰/۷۱±۳/۲۷	پیش‌آزمون	کورتیزول
	۲۵/۹۴±۱/۳۳	۲۵/۲۶±۳/۳۲	۲۱/۳۰±۳/۸۰	۰/۹۰±۳/۹۸	پس‌آزمون	
	۰/۴۶	۰/۲۰	۰/۹۵	۰/۲۶	P درون گروهی	
۰ / ۰.۹۱	۰/۰۲۸±۰/۰۰	۰/۰۴۳±۰/۰۰	۰/۰۵۴±۰/۰۱	±۰/۰۰	پیش‌آزمون	نسبت تستوسترون به کورتیزول (T/C)
	۰/۰۲۴±۰/۰۰	۰/۰۳۸±۰/۰۰	۰/۰۴۵±۰/۰۰	±۰/۰۰	پس‌آزمون	
	۰/۵۰	۰/۵۹	۰/۲۹	۰/۶۱	P درون گروهی	

معناداری در سطح $\alpha \leq 0.05$

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد، هشت هفته تمرین ترکیبی به کاهش سطح تستوسترون در گروه E+S و S+E منجر شد که این کاهش فقط در گروه E+S معنادار بود. برخی مطالعات نتایج متناقضی را در میزان تستوسترون پس از تمرین ترکیبی E+S و S+E نشان دادند. اسپامن^۱ و همکاران (۲۰۱۳) و همچنین ورنن و همکاران (۲۰۰۹) کاهش معناداری را در میزان تستوسترون در گروه E+S مشاهده کردند (۱۳). در مطالعه دیگری، دکین و همکاران (۲۰۰۴) تفاوت معناداری را در میزان تستوسترون بین دو گروه مشاهده نکردند. با وجود این، در مقایسه با S+E، گروه E+S پاسخ کاهشی بیشتری به میزان تستوسترون نشان داد (۳۵). بر خلاف یافته‌های مطالعه حاضر، بل و همکاران (۲۰۰۰)، هرن و همکاران (۱۹۹۷) تغییری در مقدار تستوسترون پس از تمرین E+S مشاهده نکردند (۵،۲۵). از سوی دیگر، هاکینن و همکاران (۲۰۰۴) و کادوره و همکاران (۲۰۱۲) افزایش شایان توجه تستوسترون را پس از تمرین ترکیبی E+S نشان دادند (۸،۲۰). بیشترین غلظت تستوسترون سرم پس از تمرین مقاومتی سنگین با استراحت‌های کوتاه بین آنها و همچنین با استرس متابولیکی بالا مشاهده شده است (۲۱،۲۸). در صورتی که تمرین استقامتی کوتاه‌مدت هورمون‌های آنابولیک را افزایش می‌دهد، تمرین استقامتی با شدت بالا و طولانی‌مدت ممکن است به کاهش غلظت تستوسترون منجر شود (۴۶). در پاسخ به تمرین هوازی، مطالعات نشان دادند که ورزشکاران استقامتی در مقایسه با افراد بی‌حرکت میزان تستوسترون کمتری دارند. استرادر^۲ و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند میزان تستوسترون در مردان دوندۀ سالمند در مقایسه با همسالان بی‌حرکت خود کمتر است (۴۳). همچنین، کادوره و همکاران (۲۰۱۰) کاهش معناداری را در تستوسترون آزاد مردان سالمند پس از ۱۲ هفته تمرین هوازی روی دوچرخه کارسنج ۳ روز در هفته با شدت بین ۵۵ تا ۸۵ درصد توان هوازی نشان دادند (۱۱). علت کاهش تستوسترون آزاد در طول تمرین هوازی به‌طور دقیق مشخص نشده است، ممکن است سیستم عدد درون‌ریز به مدت زمان بیشتری نیاز داشته باشد تا با حجم و شدت تمرین سازگار شود (۱۱). مکانیسم‌هایی مانند افزایش حجم خون، افزایش استفاده از هورمون به‌وسیله عضلات و افزایش تجزیه هورمون توسط کبد، ممکن است مسئول کاهش تستوسترون ناشی از تمرین هوازی باشد (۲۶).

-
1. Schumann
 2. Strüder

با توجه به مطالب مذکور در مورد کاهش میزان تستوسترون پس از تمرین هوازی و همچنین با توجه به اینکه در تحقیقات مشابه کاهش شایان توجهی در میزان تستوسترون سرم در بین تمرین E+S مشاهده شد، کاهش غلظت تستوسترون ممکن است ناشی از تمرین استقامتی باشد (۱۱). مکانیسم آن ممکن است ناشی از خستگی باقیمانده از بخش استقامتی تمرین ترکیبی باشد که ممکن است افزایش تستوسترون را در بخش قدرتی تمرین ترکیبی به مخاطره اندازد. در مطالعاتی که تمرین استقامتی قبل از تمرین قدرتی انجام گرفت، ممکن است مقداری خستگی باقی مانده در بخش تمرین قدرتی دیده شود (۳۲). پروتکل تمرین استقامتی در این تحقیق شامل دوچرخه سواری مداوم با شدت متوسط تا زیاد بود. دوچرخه سواری مداوم با شدت متوسط به بالا بلافاصله قبل از تمرین قدرتی ممکن است بر عملکرد غدد درون ریز پس از تمرین (طی ریکاوری) تأثیر زیادی داشته باشد. در عملکرد دوچرخه سواری به علت نیاز به توانایی قلبی-عروقی و همچنین تلاش عضلانی مداوم به ویژه توسط عضله چهارسر، میزان خستگی در آن افزایش می یابد. مشابه با تمرین قدرتی، تمرین استقامتی ممکن است به خستگی عصبی-عضلانی منجر شود (۳۲). علاوه بر این، دلیل ممکن برای کاهش عملکرد عصبی-عضلانی در پاسخ به هر دو تمرین قدرتی و استقامتی ممکن است به طور کلی به خستگی مرکزی، محیطی یا هر دو مربوط باشد. کاهش غلظت تستوسترون می تواند نشان دهنده آن باشد که این هورمون برای فرایندهای فیزیولوژیکی استفاده می شود یا ممکن است حضور یک وضعیت کاتابولیک پروتئین را مطرح کند (۱)، که در صورت ادامه ممکن است نامطلوب باشد. شایان ذکر است که کاهش میزان تستوسترون در این تحقیق با افزایش کورتیزول در طول ریکاوری همراه نبوده است. از طرف دیگر، ویژگی افرادی که در تمرین شرکت می کنند، یکی از عواملی است که پاسخ هورمونی به تمرین را تحت تأثیر قرار می دهد. مطالعاتی که این پاسخ را در گروه های سنی ویژه بررسی کردند، اساساً پاسخ کمتری را در افراد سالمند مشاهده کردند (۲۷). برای مثال، هنگام مقایسه حد پاسخ تستوسترون تام و آزاد در مردان ۳۰ و ۶۲ سال، کرامر و همکاران (۱۹۹۹) در تحقیق خود نشان دادند که میزان تستوسترون آزاد در هر دو گروه افزایش می یابد، اما این افزایش در افراد سالمند کمتر بود (۲۷).

نتایج این تحقیق نشان داد پس از ۸ هفته تمرین بین سطوح تستوسترون گروه E+S و ACT اختلاف معناداری وجود داشت. میزان تستوسترون پس از تمرین E+S کاهش معناداری داشته و پس از تمرین ACT افزایش اندک غیرمعناداری دیده شده است. دلیل احتمالی آن این است که در تمرین چرخشی ترکیبی (ACT) به علت استراحت های بیشتری که بین تمرینات قدرتی و استقامتی بوده است،

آزمودنی‌ها دچار خستگی‌ای که پس از تمرین استقامتی مداوم در گروه E+S شده‌اند، نشده‌اند و تنوع تمرینی در گروه چرخشی ترکیبی بیشتر بوده است. مکانیسم افزایش غلظت سطوح استراحتی تستوسترون متعاقب تمرین چرخشی ترکیبی به‌خوبی مشخص نشده است، ولی پژوهشگران، افزایش تجمع لاکتات یا اثر تحریکی مستقیم لاکتات بر ترشح تستوسترون، همچنین افزایش فعالیت سمپاتیک ناشی از تمرین را از مکانیسم‌های اثرگذار مطرح کرده‌اند (۹).

میزان کورتیزول به‌دنبال هشت هفته تمرین ترکیبی در هر سه گروه تمرینی در تحقیق حاضر تغییر معناداری را نشان نداد. هاکینن و همکاران (۲۰۰۴)، اراضی و همکاران (۲۰۱۱) تفاوت چشمگیری را در مقدار کورتیزول پس از تمرین S+E مشاهده نکردند (۳،۲۰). با وجود این، برخی مطالعات تغییر در مقدار کورتیزول را پس از تمرین ترکیبی مشاهده کردند. اسپچمن و همکاران (۲۰۱۴) و رزا و همکاران (۲۰۱۱) کاهش در مقدار کورتیزول را پس از هر دو ترتیب تمرین ترکیبی مشاهده کرد (۳۹،۴۱). بر عکس، بل و همکاران (۲۰۰۰) و هرن و همکاران (۱۹۹۷) افزایش کورتیزول را پس از تمرین E+S مشاهده کردند (۵،۲۵). کورتیزول تحت تأثیر شدت و مدت فعالیت بدنی، شرایط فعالیت مثل رقابت یا ارائه محرک روان‌شناسی و چرخه‌های روزانه قرار می‌گیرد. شدت عامل مهمی در پاسخ کورتیزول به فعالیت بدنی است (۵،۴۱). برای مثال در پاسخ به فعالیت با شدت متوسط (۶۰ تا ۷۰ درصد VO_2max) میزان کورتیزول افزایش نیافته است. به‌عبارت دیگر تمرین قدرتی با شدت بالا می‌تواند به افزایش چشمگیری در کورتیزول منجر شود. هرچند، پس از تمرین زیربیشینه کاهش تدریجی در افراد ورزشکار قدرتی و استقامتی در مقابل افراد تمرین‌نکرده دیده شد (۱۴). بیشتر مطالعات انجام‌گرفته روی افراد سالمند عدم تغییر معنادار کورتیزول را در پاسخ به تمرین مقاومتی، استقامتی یا ترکیبی مشاهده کردند. هاکینن و همکاران پس از شش ماه تمرین مقاومتی-استقامتی با وجود افزایش قدرت تغییری در میزان کورتیزول مردان و زنان سالمند مشاهده نکرد (۲۰). افراد سالمند برای سازگاری به هورمون‌ها به مدت زمان بیشتری نیاز دارند (۹). پاسخ کورتیزول به تمرین به شدت، مدت، حجم تمرین و دوره‌های استراحت بستگی دارد. هرچه شدت، مدت و حجم تمرین بالا و دوره‌های استراحت کوتاه باشد، پاسخ کورتیزول به تمرین بیشتر است (۳۷). احتمالاً، عدم تغییر در میزان کورتیزول در تحقیق حاضر نشان می‌دهد که شرایط متابولیک ناشی از تمرین عامل آنابولیسم و سنتز پروتئین بوده است.

نسبت مقادیر تستوسترون به کورتیزول سرم برای ارزیابی پاسخ و پیشگویی عملکرد تمرین به‌کار می‌رود. افزایش بیشتر از ۳۰ درصد این مقدار نسبت به حالت اولیه، نشان‌دهنده برتری فرایند آنابولیسم

است. کاهش بیشتر از ۳۰ درصد این مقدار نسبت به حالت اولیه، نشان‌دهنده برتری فرایند کاتابولیسم و ابتلا به سندروم بیش‌تمرینی است. انجام تمرین سنگین، بدون در نظر گرفتن دوره‌های کافی بازگشت به حالت اولیه، می‌تواند موجب اختلالات ماندگار در تعادل نسبت تستوسترون به کورتیزول شود (۱۹). کاهش نسبت تستوسترون به کورتیزول به‌عنوان یکی از نشانه‌های بالا بودن حجم تمرین و خستگی ورزشکاران در نظر گرفته شده است. این کاهش ممکن است یا در اثر افزایش کورتیزول یا در اثر کاهش تستوسترون به‌وجود آید (۴۲). درباره تغییر نسبت تستوسترون به کورتیزول، یافته‌های این تحقیق تفاوت شایان توجهی را بین نسبت تستوسترون و کورتیزول در هر سه ترکیب نشان نداد. به‌طور مشابه، تفاوت چشمگیری بین سه گروه نیز دیده نشد که با نتایج دکین و همکاران (۲۰۰۴) و مرادی و همکاران (۲۰۱۲) همخوانی دارد (۱۵). کادوره و همکاران (۲۰۱۲) و دکین و همکاران و نیز ورنن و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که در مقایسه با ترتیب S+E، ترتیب E+S به وضعیت آنابولیکی بیشتری منجر می‌شود (۸، ۱۳). هرچند در مطالعه دیگری تیپل و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند ترتیب E+S به شرایط کاتابولیکی بیشتری منجر می‌شود (۴۴). تناقض گزارش‌های موجود در خصوص این تأثیر می‌تواند در تفاوت گروه‌های مورد مطالعه، روش‌های ارزیابی و اندازه‌گیری شدت و مدت تمرین، نوع برنامه‌های تمرین، زمان خون‌گیری و فاصله استراحت بین جلسات تمرین ریشه داشته باشد.

اظهار شده است که تعادل بین هورمون‌های آنابولیک (تستوسترون) و کاتابولیک (کورتیزول) ممکن است نقش مهمی در تأثیر تداخلی تمرین ترکیبی داشته باشد (۶). هرچند، تغییر زیادی در سطح پایه هورمون‌ها در گروه‌های تمرین ترکیبی دیده نشد، نشان‌دهنده این است که این افراد وضعیت کاتابولیکی مزمنی را تجربه نمی‌کنند و از آنچه قدرت در همه گروه‌ها افزایش یافته است، رابطه‌ای بین وضعیت هورمونی و کسب قدرت در این مطالعه وجود ندارد. با وجود این، میزان تستوسترون پس از تمرین E+S کاهش یافت، احتمالاً این ترتیب تمرینی به وضعیت کاتابولیکی بیشتری منجر می‌شود. هرچند، در کاربرد نتایج این تحقیق باید احتیاط کرد، زیرا حجم نمونه‌ها در این تحقیق کم بوده‌اند. علاوه بر این، گیرنده‌های آندروژن در این تحقیق اندازه‌گیری نشده و تعامل هورمون گیرنده ممکن است نتایج موجود را تحت تأثیر قرار دهد.

انجام تمرین همزمان قدرتی و استقامتی در طول ۸ هفته اختلالی در کسب قدرت در تمامی گروه‌ها در افراد سالمند ایجاد نکرد. سازوکار افزایش قدرت ناشی از تمرین قدرتی به‌واسطه افزایش در تعدادی از ایمپالس‌های عصبی واحدهای حرکتی، افزایش در اندازه تار عضلانی نوع I و II و افزایش در هورمون‌های

آنابولیکی است (۲۲). سازوکارهای احتمالی افزایش قدرت ناشی از تمرین استقامتی می‌تواند با سازگاری‌های عصبی-عضلانی و بهبود در توزیع جریان خون عضلانی مرتبط باشد که در نتیجه انجام تمرین استقامتی اتفاق می‌افتد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق کادوره و همکاران (۲۰۱۲) و نیدل و همکاران (۲۰۰۰) همخوانی داشت (۳۶). در مطالعه حاضر، توده عضلانی بالاتنه در هر سه گروه تمایل به افزایش داشت، اما فقط در گروه E+S (۴۹/۹۷٪) و ACT (۳۴/۹۸٪) افزایش معناداری مشاهده شد؛ دلیل روشنی برای این موضوع وجود ندارد. ممکن است تمرین استقامتی با شدت و مدت متوسطی انجام گرفته باشد، به طریقی که با تأثیر گرم کردن بدن مرتبط است. افزایش در دمای بدن، تحریک CNS، هماهنگی سیستم فیزیکی، افزایش جریان خون محیطی و تحویل اکسیژن به عضلات می‌تواند موجب بهبود قدرت گروه E+S در مقایسه با گروه S+E شود. هنگام اجرای تمرین مقاومتی با نسبت پایینی از شدت بار، بیشترین تلاش در هر ست، به گروه E+S و ACT اجازه تحریک سنتز پروتئینی انقباضی در سطح مطلوب را می‌دهد که در نهایت به سطح تقریباً یکسانی از سازگاری مورفولوژیکی می‌انجامد.

نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقاتی که نشان دادند ترتیب تمرین تأثیر ویژه‌ای بر بهبود حداکثر قدرت پایین‌تنه افراد ندارد، همخوانی ندارد (۸،۶). احتمالاً علت افزایش بیشتر حداکثر قدرت پایین‌تنه در گروه S+E (۱۵۹/۴۶٪) نسبت به گروه ACT (۷۱/۶۰٪) و حتی E+S (۱۲۶/۶۳٪) خستگی برجامانده از تمرین استقامتی در این دو گروه باشد. علاوه بر این، کسب بیشتر قدرت در گروه S+E ممکن است با سازگاری‌های عصبی ایجادشده در این گروه مرتبط باشد. در تحقیقی علت افزایش بیشتر قدرت در گروه S+E، ناشی از سازگاری عصبی بیان شده، زیرا اقتصاد عصبی-عضلانی عضله راست رانی در گروه S+E آن تحقیق بهبود پیدا کرد.

نتایج نشان می‌دهد که انجام تمرین مقاومتی قبل از تمرین استقامتی به کسب قدرت پایین‌تنه بیشتر در افراد سالمند منجر می‌شود. افزایش کمتر قدرت پایین‌تنه در گروه ACT و E+S ممکن است ناشی از انجام کار کمتر با پا در این دو گروه باشد.

از آنجا که در تحقیق حاضر با وجود افزایش قدرت تغییر چندانی در میزان هورمون‌های آنابولیک و کاتابولیک مشاهده نشد، می‌توان افزایش قدرت را ناشی از سازگاری‌های دیگر (مانند سازگاری عصبی عضلانی) دانست.

در نتیجه، برای تعیین تأثیری که ترتیب تمرین در پاسخ و سازگاری هورمون‌ها به تمرین دارد، به مطالعات بیشتری نیاز است. علاوه بر این، به منظور پیشگیری از تأثیرات برجای مانده از خستگی یا منابع دیگر از تداخل، زمان بندی جلسات تمرین نیاز به بررسی دارد. همچنین، دانش بیشتر در مورد سازگاری ناشی از ورزش در عضله اسکلتی، به استفاده از مداخلات تمرینی جدید و نو برای ترویج و گسترش درک فعلی ما از رویدادهای سازگاری نیاز دارد که ممکن است در نهایت به شیوه‌های تمرینی جدید برای افراد سالمند انتقال یابد. درک اختصاصی بودن سازگاری ممکن است اهداف درمانی برای درمان بیماری‌های حاد و مزمن در عضلات اسکلتی را فراهم کند و مؤثرترین شیوه برای پیشگیری یا بهبود آتروفی ناشی از سالمندی را نشان دهد.

منابع و مآخذ

1. Adlercreutz, H, Härkönen, M, Kuoppasalmi, K, Näveri, H, Huhtaniemi, & et al., (1986). Effect of training on plasma anabolic and catabolic steroid hormones and their response during physical exercise. *International journal of sports medicine*, 7, 27-28.
2. Ahtiainen, Juha P, Pakarinen, Arto, Alen, Markku, Kraemer, & et al., (2003). Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. *European journal of applied physiology*, 89(6), 555-563.
3. Arazi, H, Damirchi, A, & Mostafaloo, A. (2011). Variations of hematological parameters following repeated bouts of concurrent endurance-resistance exercise. *Journal of Jahrom University of Medical Sciences*, 9(2), 48-54.
4. Astrand, Per-Olof, & Rodahl, Kåre. (1970). *Textbook of work physiology*. New York : McGraw-Hill, 105-110.
5. Bell, GJ, Syrotuik, Dan, Martin, TP, Burnham, R, & Quinney, HA. (2000). Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *European journal of applied physiology*, 81(5), 418-427.
6. Bell, Gordon, Syrotuik, Dan, Socha, Teresa & et al. (1997). Effect of strength training and concurrent strength and endurance training on strength, testosterone, and cortisol. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 11(1), 57-64.
7. Cadore, Eduardo L, Pinto, Ronei S, Pinto, Stephanie S, Alberton, Cristine L, Correa, Cleiton S, Tartaruga, Marcus P & et al., (2011). Effects of strength, endurance, and concurrent training on aerobic power and dynamic neuromuscular economy in elderly men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(3), 758-766.
8. Cadore, Eduardo Lusa, Izquierdo, Mikel, Dos Santos, Mariah Gonçalves, & et al., (2012). Hormonal responses to concurrent strength and endurance training with different exercise orders. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(12), 3281-3288.

9. Cadore, Eduardo Lusa, & Kruel, Luiz Fernando Martins. (2012). Acute and Chronic Testosterone Responses to Physical Exercise and Training. Federal University of Rio Grande do Sul Brazil. 277-292.
10. Cadore, Eduardo Lusa, Lhullier, Francisco Luiz Rodrigues, Brentano, & et all,. (2008). Hormonal responses to resistance exercise in long-term trained and untrained middle-aged men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(5), 1617-1624.
11. Cadore, EL, Pinto, RS, Lhullier, FLR, Correa, CS, Alberton, CL, Pinto, SS, & et all,. (2010). Physiological effects of concurrent training in elderly men. *International journal of sports medicine*, 31(10), 689-702.
12. Coburn, Jared W, & Malek, Moh H. (2012). NSCA's essentials of personal training: Human Kinetics, 110-115.
13. Coffey, Vernon G, Pilegaard, Henriette, Garnham, Andrew P, & et all,. (2009). Consecutive bouts of diverse contractile activity alter acute responses in human skeletal muscle. *Journal of applied physiology*, 106(4), 1187-1197.
14. Copeland, Jennifer L, Chu, Samuel Y, & Tremblay, Mark S. (2004). Aging, physical activity, and hormones in women-a review. *Journal of aging and physical activity*, 12(1), 101-116.
15. Deakin, Glen Bede. (2004). Concurrent training in endurance athletes: the acute effects on muscle recovery capacity, physiological, hormonal and gene expression responses post-exercise. Southern Cross University, Thesis.
16. Di Blasio, Andrea, Gemello, Eugenio, Di Iorio, Angelo, & et all,. (2012). Order effects of concurrent endurance and resistance training on post-exercise response of non-trained women. *Journal of sports science & medicine*, 11(3), 393-401.
17. Docherty, David, & Sporer, Ben. (2000). A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training. *Sports Medicine*, 30(6), 385-394.
18. Doherty, Timothy J. (2003). Invited review: aging and sarcopenia. *Journal of applied physiology*, 95(4), 1717-1727.
19. Duke Jr, Joseph W. (2008). Influence of Exercise Training on the Free Testosterone to Cortisol Ratio: A thesis submitted to the faculty of the University of North Carolina at Chapel Hill in partial fulfillment of the requirement for the degree of Master of Arts in the Department of Exercise and Sport Science.
20. Häkkinen, A, Pakarinen, Arto, Hannonen, P, Kautiainen, H, Nyman, K, Kraemer, WJ, & et all. (2004). Effects of prolonged combined strength and endurance training on physical fitness, body composition and serum hormones in women with rheumatoid arthritis and in healthy controls. *Clinical and experimental rheumatology*, 23(4), 505-512.
21. Häkkinen, K, & Pakarinen, A. (1995). Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in men and women at different ages. *International journal of sports medicine*, 16(08), 507-513.

22. Hennessy, Liam C, & Watson, Anthony WS. (1994). The interference effects of training for strength and endurance simultaneously. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 8(1), 12-19.
23. Hickson, Robert C. (1980). Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 45(2-3), 255-263.
24. Hood, David A. (2001). Invited Review: contractile activity-induced mitochondrial biogenesis in skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 90(3), 1137-1157.
25. Horne, Lorrie, Bell, Gordon, Fisher, Brian, Warren, Sharon, & Janowska-Wieczorek, RAnna. (1997). Interaction between cortisol and tumour necrosis factor with concurrent resistance and endurance training. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 7(4), 247-251.
26. Izquierdo, Mikel, Ibáñez, Javier, Häkkinen, Keijo, & et all. (2004). Maximal strength and power, muscle mass, endurance and serum hormones in weightlifters and road cyclists. *Journal of sports sciences*, 22(5), 465-478.
27. Kraemer, William J, Häkkinen, Keijo, Newton, Robert U, & et all. (1999). Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. *Journal of Applied Physiology*, 87(3), 982-992.
28. Kraemer, William J, Loebel, Chad C, Volek, Jeff S, Ratamess, & et all. (2001). The effect of heavy resistance exercise on the circadian rhythm of salivary testosterone in men. *European journal of applied physiology*, 84(1-2), 13-18.
29. Kraemer, William J, & Ratamess, Nicholas A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(4), 674-688.
30. Kraemer, William J, & Ratamess, Nicholas A. (2005). Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Medicine*, 35(4), 339-361.
31. Kütismaa, Maria. (2013). Effects of 24 weeks of single session combined strength and endurance training on body composition and fitness: examination of order effect. Thesis, University of Jyväskylä.
32. Lepers, Romuald, Millet, Guillaume Y, & Maffiuletti, Nicola A. (2001). Effect of cycling cadence on contractile and neural properties of knee extensors. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(11), 1882-1888.
33. Lundberg, Tommy R, Fernandez-Gonzalo, Rodrigo, Gustafsson, Thomas, & Tesch, Per A. (2012). Aerobic exercise alters skeletal muscle molecular responses to resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 44(9), 1680-1688.
34. Moradi, Hamzeh, Sasan, Ramin Amir, & Sarraf, Vahid Sari. (2012). The Effect of Concurrent Exercises on Cell Damage Serum Indices and Testosterone to Cortisol Ratio in Non-Athlete Males. *Scholars Research Library Annals of Biological Research*, 3 (5):2318-2324.
35. Moradi, Hamzeh, Sasan, Ramin Amir, & Sarraf, Vahid Sari. (2012). The effect of concurrent exercises on testosterone to cortisol ratio in non-athlete males. *Scholars Research Library Annals of Biological Research*, 3 (6): 2776-2780.

36. Nindl, Bradley C, Harman, Everett A, Marx, James O, Gotshalk, Lincoln A, & et all. (2000). Regional body composition changes in women after 6 months of periodized physical training. *Journal of Applied Physiology*, 88(6), 2251-2259.
37. Powers, SK, & Howley, ET. (2009). *Exercise physiology: Theory and application to fitness*: New York, NY: McGraw-Hill.
38. Putman, Charles T, Xu, Xinhao, Gillies, Ellen, MacLean, Ian M, & Bell, Gordon J. (2004). Effects of strength, endurance and combined training on myosin heavy chain content and fibre-type distribution in humans. *European journal of applied physiology*, 92(4-5), 376-384.
39. Rosa, Guilherme, Dantas, Estélio HM, & Mello, DB. (2011). The response of serum leptin, cortisol and zinc concentrations to concurrent training. *Hormones*, 10(3), 216-222.
40. Schumann, Moritz, Eklund, Daniela, Taipale, Ritva S, Nyman, Kai, Kraemer, William J, & et all. (2013). Acute neuromuscular and endocrine responses and recovery to single-session combined endurance and strength loadings: "order effect" in untrained young men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(2), 421-433.
41. Schumann, Moritz, Walker, Simon, Izquierdo, Mikel, & et all. (2014). The order effect of combined endurance and strength loadings on force and hormone responses: effects of prolonged training. *European journal of applied physiology*, 114, 867-880.
42. Smilios, ILIAS, Pilianidis, THEOPHILOS, Karamouzis, MICHALIS, & et all. (2003). Hormonal responses after various resistance exercise protocols. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(4), 644-654.
43. Strüder, HK, Hollmann, W, Platen, P, Rost, R, Weicker, H, Kirchhof, O, & Weber, K. (1999). Neuroendocrine system and mental function in sedentary and endurance-trained elderly males. *International journal of sports medicine*, 20(03), 159-166.
44. Taipale, Ritva S, & Häkkinen, Keijo. (2013). Acute hormonal and force responses to combined strength and endurance loadings in men and women: the "order effect". *PloS one*, 8(2), e55051.
45. TANG, Qing-Hua, & XIE, Xiang-Ru. (2008). Research Of The Physical Function And Fitness Of Elder Intellectuals By Health Qigong· Baduanjin [J]. *Journal Of Physical Education Institute Of Shanxi Teachers University*, 1,43-48.
46. Tremblay, Mark S, Chu, Samuel Y, & Mureika, Roman. (1995). Methodological and statistical considerations for exercise-related hormone evaluations. *Sports Medicine*, 20(2), 90-108.