پژوهش‌های فیزیولوژی و مدیریت در ورزش
دورهٔ ۱۵، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۴۰۲
ص ص : ۱۷۱ - ۱۵۹

بررسی تأثیر دو الگوی درون‌جلسه‌ای تمرین موازی (هوازی و مقاومتی) بر ترکیب بدنی و آمادگی جسمانی مردان جوان دارای اضافه‌وزن

مصطفی قاسمی [۱] – علی صمدی*[۲] – مریم خالصی [۳]
۱.کارشناسی‌ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران۲. دانشیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران۳. استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران
(تاریخ دریافت : ۰۹/ ۱۴۰۱/۱۲ ، تاریخ تصویب : ۲۷/ ۰۴/ ۱۴۰۲)

چکیده

ترکیب فعالیت ورزشی هوازی و مقاومتی راهکار مناسبی برای مقابله با اضافه‌وزن و چاقی به‌شمار می‌رود. لذا، هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر دو الگوی متفاوت از ترکیب درون جلسه‌ای تمرینات هوازی و مقاومتی بر ترکیب بدنی و آمادگی جسمانی مردان جوان دارای اضافه‌وزن بود. آزمودنی‌های این پژوهش ۲۴ مرد جوان دارای اضافه‌وزن که به‌طور تصادفی در دو گروه مساوی تمرین متوالی و ترکیبی قرار گرفتند (n=۱۲). دو گروه ۳ جلسه در هفته به‌مدت ۶ هفته تمرین کردند که شامل جلسات تمرین متوالی (ابتدا تمرینات مقاومتی و سپس تمرینات هوازی) و ترکیبی (انجام تمرین هوازی در فواصل استراحت بین تمرینات مقاومتی) بود. ترکیب بدن (شاخص توده بدن، نسبت دور کمر به لگن، درصد چربی و توده بدون چربی بدن) و آمادگی جسمانی (حداکثر اکسیژن مصرفی، استقامت بالاتنه، قدرت بالاتنه و پایین‌تنه) در ابتدا و انتهای دوره تمرین سنجیده شد. یافته‌ها نشان داد هر دو الگوی تمرین باعث بهبود معنادار همه شاخص‌های ترکیب بدن، به‌جز شاخص دور کمر به لگن، و متغیرهای آمادگی جسمانی شد (P<۰/۰۵). با وجود این، تفاوت معناداری از نظر میزان تأثیرگذاری دو الگوی تمرین موازی متوالی و ترکیبی بر متغیرهای مذکور مشاهده نشد (P>۰/۰۵). بر اساس نتایج پژوهش حاضر هر دو الگوی درون جلسه‌ای تمرین موازی (متوالی و ترکیبی) در بهبود ترکیب بدن و آمادگی جسمانی مؤثر است. این یافته‌ها می‌تواند در تنوع بخشی به تمرینات موازی برای مدیریت بهینه وزن و بهبود آمادگی جسمانی در افراد مبتلا به اضافه‌وزن و چاقی کمک کننده باشد.

واژه‌های کلیدی

آمادگی جسمانی، تمرین مقاومتی، تمرین هوازی، کنترل وزن.

* نویسنده مسئول : پست الکترونیکی:a.samadi@shahed.ac.ir

مقدمه

اضافه‌وزن و چاقی، در قرن حاضر، به ابعاد یک اپیدمی رسیده است. علی‌رغم تلاش‌های سازمان‌های بهداشتی برای آگاهی‌بخشی در مورد عواقب سلامتی و خطر بالای مرگ و میر زودرس وابسته به آن، آمار چاقی در ۳۰ سال گذشته تقریباً دو برابر شده است (۱). نزدیک به یک سوم جمعیت جهان اکنون به اضافه‌وزن یا چاقی مبتلا هستند (۲). اگر روند فعلی ادامه یابد، انتظار می‌رود موج بیماری‌ها و اختلالات مرتبط با این اپیدمی (بیماری‌های قلبی عروقی، دیابت نوع ۲، دیس‌لیپیدمی، پرفشار خونی، اختلالات روان و...) نیز در دهه آینده به‌طور قابل توجهی افزایش یابد (۳). علاوه بر این، افراد مبتلا به اضافه‌وزن و چاقی به‌دلیل اختلال در آمادگی قلبی- تنفسی، قدرت عضلانی، عملکرد فیزیکی و ظرفیت انجام فعالیت‌های روزمره زندگی به‌طور قابل توجهی کیفیت زندگی مرتبط با سلامتی پایین‌تری را تجربه می‌کنند (۴). بنابراین، به‌کارگیری اقدامات مقرون به صرفه برای کنترل و مدیریت این اپیدمی و بار بهداشتی مرتبط با آن از اهمیت بالینی برخوردار است.

در بین استراتژی‌های مختلفی که برای مقابله با اضافه وزن و چاقی مطرح می‌شود فعالیت بدنی و ورزش یک رویکرد کارآمد، نه‌تنها برای برقراری تعادل منفی انرژی و کاهش وزن، بلکه با هدف بهبود آمادگی و سلامت قلبی- عروقی، حفظ و بهبود توده عضلانی و کاهش مرگ‌ومیر ناشی از همه علل و بیماری‌های مرتبط با چاقی مطرح است (۵). جدیدترین رویکردهای تمرینی و توصیه‌های ورزشی در بحث مدیریت وزن و ترکیب بدن به انجام ترکیبی از تمرینات هوازی و مقاومتی تأکید دارند (۶). به‌عبارتی، هرچند مزایای فیزیولوژیک فعالیت ورزشی هوازی و مقاومتی، هرکدام به‌تنهایی، بر ترکیب بدن و پروفایل لیپیدی، مقاومت به انسولین، فشار خون و سطح گلوکز خون ناشتایی به‌خوبی مستند شده است اطلاعات اندکی در مورد بهره‌مندی از مزایای استفاده تلفیقی / همزمان از این تمرینات در حوزه سلامت دسترس است. انجام تمرین مقاومتی و هوازی در یک بازه زمانی، تمرین موازی نامیده می‌شود که امروزه به‌عنوان یک روش کارآمد و مؤثر برای کاهش وزن و توسعه جنبه‌های مختلف قابلیت‌های فیزیولوژیکی و زیست حرکتی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (۷). شماری از مطالعات نشان داده‌اند که تمرینات موازی می‌تواند ابزار کارآمدی برای کاهش وزن و توده چربی، افزایش توده بدون چربی و به‌طور کلی بهبود ترکیب بدن باشد (۱۰-۸). کاهش وزن ناشی از این تمرینات حتی بدون رسیدن به وزن ایده‌آل در درمان یکسری بیماری‌های همراه با چاقی و اضافه‌وزن از جمله پرفشارخونی (۱۱)، مدیریت عوامل خطر قلبی متابولیکی (۱۲) و عوامل التهابی (۱۳) نیز مورد توجه است. تمرینات مقاومتی با هدف افزایش قدرت و توده عضلانی و تمرینات هوازی عمدتاً برای ایجاد تعادل منفی کالری، افزایش استقامت عضلانی و بهبود ظرفیت قلبی -تنفسی انجام‌می شود (۱۴). اگرچه مزایای این تمرینات، به‌تنهایی، به‌خوبی مستند شده است اما، ارائه یک ترکیب درون جلسه‌ای مناسب از تمرینات هوازی و مقاومتی و همچنین ترتیب انجام این دو نوع تمرین به‌طور همزمان، با هدف استفاده از مزایای هر دو تمرین، به‌صورت ویژه‌ای چالش‌برانگیز است. برخی شواهد نشان‌می‌دهد الگوی تمرینات موازی به‌صورت انجام تمرینات هوازی و مقاومتی در روزها یا جلسات تمرینی مختلف، در مقایسه با یک جلسه تمرینی همزمان، ارجحیت دارد (۱۵, ۱۶). برخی پژوهشگران با استناد به اثر تداخل تمرین همزمان، انجام جداگانه این تمرینات را موجب سازگاری بالاتری در ظرفیت استقامتی، قدرت و توده عضلانی در ورزش‌کاران می‌دانند (۷, ۱۷). در مقابل، شواهدی وجود دارد که نشان‌می‌دهد ترکیب تمرینات

هوازی و مقاومتی راهکار مناسبی برای کاهش شاخص توده بدن، درصد چربی و بهبود پروفایل لیپیدی در افراد مبتلا به چاقی است (۱۸). با این وجود، انجام حداقل سه جلسه در هفته تمرینات هوازی به‌همراه دو جلسه تمرینات مقاومتی، در جلسات تمرینی جداگانه، به‌لحاظ زمانی به صرفه نیست. به‌خصوص در دنیای امروز که کمبود وقت مانع اصلی مشارکت بسیاری از افراد در فعالیت‌های ورزشی است (۱۹). لذا، علی‌رغم اینکه در افراد ورزشکار با هدف بهره‌برداری حداکثری از سازگاری‌های ناشی از تمرینات موازی بیشتر توصیه‌های کنونی بر جلسات جداگانه تمرینات هوازی و مقاومتی تاکید دارد، اما با رویکرد کاهش وزن و دستیابی به مزایای سلامتی، تمرینات همزمان هوازی و مقاومتی در یک جلسه تمرین از نظر زمانی مقرون به صرفه‌تر بوده و می‌تواند با صرف زمان کمتر پای‌بندی بیشتری را برای افراد چاق یا دارای اضافه وزن ایجاد کند. با این وجود، بنا به بررسی محقق پژوهش انتشار یافته‌ای که به بررسی الگوی تمرین هوازی و مقاومتی در یک جلسه تمرین و تأثیر آن بر آمادگی جسمانی و ترکیب بدنی پرداخته باشد یافت نشد. از این رو، در پژوهش حاضر به بررسی و مقایسه آثار دو الگوی درون جلسه‌ای متفاوت تمرین موازی یعنی تمرین متوالی (ابتدا تمرینات مقاومتی و سپس تمرینات هوازی) و ترکیبی (انجام حرکات هوازی و مقاومتی بصورت یک در میان) بر ترکیب بدنی و آمادگی جسمانی مردان جوان مبتلا به اضافه وزن پرداخته شد.

روش‌شناسی پژوهش

مطالعه حاضر از نوع نیمه‌تجربی بود که با طرح پیش آزمون و پس‌آزمون و به شیوه میدانی انجام شد. آزمودنی های این مطالعه شامل ۲۴ مرد دارای اضافه‌وزن بودند که پس از دعوت از طریق فراخوان و بر اساس ملاک‌های ورود به مطالعه انتخاب شدند. ملاک‌های ورود به مطالعه شامل سن بین ۲۰ تا ۲۷ سال، شاخص توده بدنی (BMI) بالاتر از ۲۵ و حداکثر ۳۰، غیرفعال بودن و عدم شرکت در فعالیت های ورزشی منظم طی ۶ ماه گذشته، عدم ابتلا به بیماری های قلبی-عروقی، تنفسی و دیابت بود. سلامت آزمودنی‌ها از طریق پرسش‌نامه آمادگی فعالیت بدنی[1] (PAR-Q) و پرسش‌نامه پشینه سلامت[2] (HHQ) مورد بررسی قرار گرفت. رژیم غذایی، هرگونه استفاده از مکمل و داروی مؤثر بر وزن، مصرف الکل، و مشکلات ارتوپدی (که مانع شرکت در تمرینات ورزشی شود)، عدم همکاری لازم و غیبت بیش از ۳ جلسه در تمرین و شرکت در برنامه‌های ورزشی خارج از مطالعه نیز به‌عنوان ملاک‌های خروج از مطالعه در نظر گرفته شد (۱۸).

این مطالعه پیش از اجرا مورد تأیید کمیته اخلاق پژوهشی دانشگاه شاهد با شماره شناسه IR.SHAHED.REC.1400.155 قرار گرفت و اجرای تمام مراحل آن طبق اصول مندرج در اعلامیه هلسینکی بود. پیش از شروع مطالعه یک جلسه توجیهی برای ارائه اطلاعاتی در مورد طرح پژوهش، روند تمرین و آزمون و همچنین اخذ رضایت‌نامه کتبی آگاهانه از تمام آزمودنی‌ها برگزار شد. در پایان جلسه اطلاعات افراد از جمله سن، قد و وزن ثبت شد. در طی دو هفته آشناسازی آزمودنی‌ها با پروتکل‌های تمرینی، نحوه انجام صحیح حرکات، رکوردگیری و انجام تست‌های لازم برای مرحله پیش‌آزمون انجام شد که شامل سنجش محیط کمر و لگن، درصد چربی سه نقطه‌ای (سینه، شکم و ران)، آمادگی قلبی-تنفسی (تست پله کوپین کالج)، قدرت بالاتنه (پرس سینه)، قدرت پایین‌تنه (پرس پا) و استقامت عضلانی بالاتنه (شنای سوئدی) بود. سپس، آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی به دو گروه

1 Physical Activity Readiness Questionnaire

2 Health history questionnaire

مساوی (n=۱۲) تمرین موازی متوالی و ترکیبی تقسیم شدند. در گروه تمرین موازی متوالی، ابتدا تمرینات مقاومتی به‌صورت ۲-۳ چرخه (بسته به تعداد ست تمرین) انجام می‌شد و سپس تمرینات هوازی به‌شکل چرخه‌ای انجام می‌شد. در گروه تمرین موازی ترکیبی، آزمودنی‌ها حرکات مقاومتی و هوازی را به‌صورت یک در میان (یک حرکت تمرین مقاومتی و در فاصله استراحت یک حرکت تمرین هوازی) با تعداد ست‌های مشابه با تمرین موازی متوالی انجام می‌دادند. ترتیب حرکات تمرین مقاومتی نیز عبارت بود از ۱. پرس سینه با دستگاه، ۲. پرس پا، ۳. سرشانه دستگاه از جلو، ۴. لیفت مرده دمبل، ۵. لت از جلو دست باز و ۶. پشت‌پا دستگاه بود و حرکات تمرین هوازی به‌ترتیب شامل ۱. طناب زدن، ۲. رکاب زدن با دست، ۳. دویدن درجا (زانو بالا)، ۴. مشت زدن، ۵. رکاب زدن با پا و ۶. حرکت پروانه بود. در ابتدا و انتهای هر جلسه تمرین حدود ۱۰ دقیقه گرم کردن و سرد کردن (شامل، دویدن نرم و انجام حرکات کششی) انجام شد. طرح مطالعه به‌مدت ۶ هفته به طول انجامید و در پایان هفته ششم کلیه تست های انجام شده در مرحله پیش‌آزمون مجدداً از آزمودنی‌ها گرفته شد. در جدول شماره ۱ جزئیات دو پروتکل تمرینی مورد استفاده در پژوهش حاضر ارائه شده است.

جدول ۱. پروتکل تمرین موازی متوالی و ترکیبی

	زمان‌بندی / متغیرهای تمرینی	هفته ۱	هفته ۲	هفته ۳	هفته ۴	هفته ۵	هفته ۶
پروتکل تمرین موازی متوالی	**ست**	۲	۲	۳	۳	۳	۳
	تکرار	۱۲-۱۰	۱۲-۱۰	۱۴-۱۲	۱۴-۱۲	۱۵-۱۳	۵-۱۳
	شدت (درصد ۱RM)	۴۵-۴۰	۵۰-۴۵	۵۵-۵۰	۵۵-۵۰	۶۰-۵۵	۶۰-۵۵
	فواصل استراحت	۶۰ تا ۹۰ ثانیه					
	مدت تمرین هوازی (ثانیه)	۷۵	۷۵	۹۰	۹۰	۱۰۵	۱۰۵
	ضربان قلب هدف (ضربه در دقیقه)	۱۲۵-۱۲۰	۱۲۵-۱۲۰	۱۳۰-۱۲۵	۱۳۵-۱۳۰	۱۴۰-۱۳۵	۱۴۵-۱۴۰
	مدت زمان کل (دقیقه)	۱۵	۱۵	۲۷	۲۷	۳۲	۳۲
پروتکل تمرین موازی ترکیبی	**ست**	۲	۲	۳	۳	۳	۳
	تکرار	۱۲-۱۰	۱۲-۱۰	۱۴-۱۲	۱۴-۱۲	۱۵-۱۳	۵-۱۳
	شدت (درصد ۱RM)	۴۵-۴۰	۵۰-۴۵	۵۵-۵۰	۵۵-۵۰	۶۰-۵۵	۶۰-۵۵
	فاصله استراحتی	~ ۶۰ ثانیه					
	مدت زمان کل (دقیقه)	۱۵	۱۵	۲۷	۲۷	۳۲	۳۲
	ضربان قلب هدف (ضربه در دقیقه)	۱۲۵-۱۲۰	۱۲۵-۱۲۰	۱۳۰-۱۲۵	۱۳۵-۱۳۰	۱۴۰-۱۳۵	۱۴۵-۱۴۰

ارزیابی‌های ترکیب بدنی

این ارزیابی‌ها شامل محاسبه نمایه توده بدنی (BMI) با استفاده از تقسیم وزن (بر حسب کیلوگرم) به قد (بر حسب متر)، شاخص دور کمر به لگن (WHR) و همچنین، درصد چربی و توده بدون چربی بدن بود. محاسبه شاخص WHR از تقسیم محیط کمر به لگن و اندازه‌گیری محیط کمر و لگن در قسمت ناف و حداکثر اندازه محیط باسن با استفاده از متر نواری انجام شد. برای ارزیابی درصد چربی بدن نیز از روش سه نقطه‌ای جکسون و پولاک استفاده شد. این ارزیابی بر اساس میزان ضخامت چین پوستی در نواحی سینه، شکم و ران و با استفاده از کالیپر (با دقت ۰/۵ میلی متر) انجام شد. برای افزایش دقت، اندازه‌گیری‌ها در هر

نقطه سه مرتبه تکرار و میانگین سه اندازه به‌دست آمده برای هر نقطه ثبت گردید. تمامی اندازه‌گیری‌ها از سمت راست بدن صورت گرفت. سپس با قرار دادن اعداد حاصل در فرمول سه نقطه‌ای جکسون و پولاک[1] درصد چربی بدن آزمودنی‌ها مشخص شد. همچنین، محاسبه توده بدون چربی هر آزمودنی با استفاده از وزن و درصد چربی بدن انجام شد. فرمول محاسبه درصد چربی به شرح زیر می‌باشد.

درصد چربی بدن = [(۴/۹۵ / چگالی بدن) − ۴/۵] × ۱۰۰

چگالی بدن (D_b) = ۰/۰۰۹۳۸ − (۰/۰۰۰۸۲۶۷ × S) + (۰/۰۰۰۰۰۱۶ × S^2) − (۰/۰۰۰۲۵۷۴ × سن)

S = ناحیه سینه + ناحیه شکم + ناحیه ران

ارزیابی آمادگی جسمانی

فاکتورهای آمادگی جسمانی مورد بررسی در مطالعه حاضر شامل سنجش آمادگی قلبی- تنفسی (VO_2max)، قدرت و استقامت عضلانی آزمودنی‌ها بود. سنجش VO_2max با استفاده از تست پله کویین کالج[2] انجام شد. برای این کار پیش از شروع شیوه انجام آزمون، نحوه قدم گذاری روی پله و پایین آمدن از آن و تنظیم سرعت گام برداری به‌طور کامل برای آزمودنی‌ها توضیح داده شد. مدت زمان آزمون حدوداً ۳ دقیقه بود و با استفاده از یک پله با ارتفاع حدوداً ۴۰ سانتی‌متر انجام شد. تنظیم ارتفاع پله متناسب با قد هر آزمودنی و به‌صورتی بود که در زمان قرار دادن پا روی پله، لگن با زاویه ۷۰ درجه در وضعیت فلکشن قرار گیرد. یک دستگاه مترونوم برای تنظیم ریتم بالا و پایین رفتن با سرعت ۱۰۴ پالس در دقیقه در کنار آزمودنی ها قرار داشت. آزمودنی‌ها باید با شنیدن هر پالس یک گام بر می‌داشتند و سرعت پالس‌ها به‌گونه‌ای بود که در هر دقیقه فرد ۲۶ بار از پله بالا می‌رفت. بلافاصله پس از پایان تست، فرد بر روی یک صندلی نشسته و بعد از ۵ ثانیه تعداد ضربان قلب وی در مدت یک دقیقه شمارش می‌شد. با استفاده از فرمول زیر میزان VO_2max هر آزمودنی محاسبه گردید.

VO_2max (۲۰) = ۱۱۱/۳۳ − (۰/۴۲ × ضربان قلب)

برای سنجش قدرت حداکثر نیز از فرمول زیر استفاده شد. برای تخمین قدرت بالاتنه از حرکت پرس سینه و قدرت پایین‌تنه از پرس پا استفاده شد. به این صورت که ابتدا با در نظر گرفتن این دو حرکت (پرس سینه و پرس پا) و تخمینی از قدرت عضلانی آزمودنی وزنه‌ای به دلخواه انتخاب می‌شد با این هدف که فرد قادر به انجام حدوداً ۴ تا ۶ تکرار از آن مقاومت باشد. سپس با جاگذاری تعداد تکرار صحیح از هر حرکت در فرمول، حداکثر قدرت برای عضله یا گروه عضلانی در حرکت تمرینی مورد نظر برآورد گردید.

$$\text{قدرت حداکثر (۲۱)} = \frac{\text{وزن مقاومت}}{(\text{تعداد تکرارها} \times ۰/۰۲۷۸ - ۱/۰۲۷۸)}$$

1Jackson & Pollock

2College s'Queen

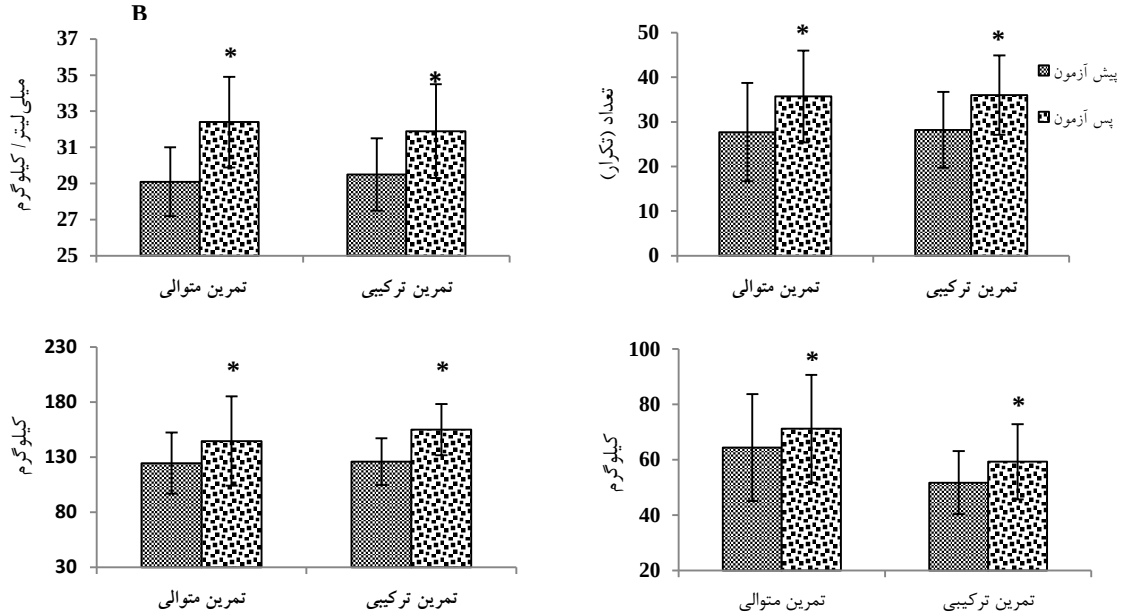
یافته‌ها بر اساس میانگین ± انحراف استاندارد گزارش شده است. برای تعیین طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک و برای بررسی تغییرات درون‌گروهی از آزمون تی زوجی استفاده شد. همچنین، برای بررسی تغییرات بین گروهی از آزمون آنکوا، با اعمال پیش‌آزمون به‌عنوان عامل کوریت، استفاده شد. کلیه محاسبات آماری توسط نرم افزارSPSS نسخه ۲۶ انجام در سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ انجام شد.

یافته‌ها

میانگین و انحراف‌معیار متغیرهای آنتروپومتریک و ترکیب بدن آزمودنی‌ها (سن، قد، وزن، شاخص توده بدن، درصد چربی، توده بدون چربی و WHR) و نتایج بررسی تغییرات درون‌گروهی متغیرها در جدول شماره ۲ ارائه شده است. تغییرات درون‌گروهی و بین گروهی متغیرهای آمادگی جسمانی نیز در شکل شماره ۲ نیز نشان داده‌شده است.

جدول ۲. تغییرات درون و بین‌گروهی شاخص‌های آنتروپومتریک آزمودنی‌ها در مراحل مختلف تحقیق در گروه‌های تمرین متوالی و ترکیبی

متغیرها / تمرین	تغییرات درون‌گروهی				تغییرات بین گروهی		تغییرات درون‌گروهی			
	تمرین متوالی				F اثر تعاملی		تمرین ترکیبی			
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	٪تغییرات	مقدارP			پیش‌آزمون	پس‌آزمون	٪تغییرات	مقدارP
قد (cm)	۱۷۸/۷ ±۴						۱۷۵/۲±۲/۴			
وزن (kg)	۹۰/۶± ۸	۸۶/۷±۵/۸		<۰/۰۰۱	۰/۵۱	۰/۴۸۳	۸۲/۲± ۳/۴	۷۸/۶ ±۳/۵		<۰/۰۰۱
BMI(kg/m²)	۲۸/۳ ±۱/۸	۲۷ ±۱/۸	-۴/۳۲	<۰/۰۰۱	۰/۳۹	۰/۵۳۷	۲۶/۸ ±۱/۵	۲۵/۶ ±۱/۴	-۳/۵۸	<۰/۰۰۱
WHR	۱/۰±۰۶/۰۷	۱/۰±۰۲/۰۷	-۱/۰۱	۰/۱۴	۳/۳۱	۰/۰۸۳	۱/۰±۰۸/۰۵	۱/۰±۰۷/۰۴	-۰/۶۱	۰/۱۵
٪ چربی‌بدن	۲۷/۸ ±۴/۵	۲۶ ±۴/۹	-۵/۹۳	<۰/۰۰۱	۰/۰۷	۰/۷۹۳	۲۴/۵ ±۲/۹	۲۲/۶ ±۲/۹	-۶/۵۵	<۰/۰۰۱
توده‌بدون چربی	۵۰/۳۶±۰/۵	۵۱/۲±۰/۸	۱/۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۵	۰/۴۲	۵۳/۲±۸۳/۳	۵۴/۱ ±۱/۷	۱/۰۱	<۰/۰۰۱



شکل ۱. تغییرات شاخص‌های استقامت بالاتنه (A)، ظرفیت هوازی (B)، قدرت بالاتنه (C) و قدرت پایین‌تنه (D) در گروه‌های تمرین موازی متوالی و ترکیبی

*** نشان‌دهنده تفاوت معنادار بین مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون**

همان طور که در جدول قابل مشاهده است هر دو نوع تمرین ورزشی متوالی و ترکیبی پس از شش هفته، به‌جز شاخص WHR، تأثیر معناداری بر تمام متغیرهای مورد بررسی داشته است (p< ۰/۰۵). با وجود نتایج آزمون آنکوا برای مقایسه تفاوت‌های بین گروهی نشان داد تفاوت معناداری از نظر میزان اثرگذاری دو الگوی تمرین متوالی و ترکیبی بر متغیرهای ترکیب بدنی وجود نداشته‌است (۰/۰۵ <p). همچنین، بررسی درون‌گروهی تغییرات متغیرهای آمادگی جسمانی نشان داد تمام شاخص‌های آمادگی جسمانی مورد مطالعه در هر دو گروه تمرین متوالی و ترکیبی به‌طور معناداری بهبود یافته‌است (P≤۰/۰۰۱) (شکل ۱). با این وجود، نتایج بررسی‌های بین‌گروهی نشان داد بین تفاوت معناداری در حداکثر اکسیژن مصرفی (P=۰/۱۱۲)، قدرت بالاتنه (P=۰/۵۶۵) و پایین‌تنه (P=۰/۳۰۹) و همچنین استقامت بالاتنه (P=۰/۹۷۷) در پس آزمون وجود نداشته‌است. به‌عبارتی هر دو نوع تمرین متوالی و ترکیبی در مطالعه حاضر به بهبود تقریباً یکسان متغیرهای آمادگی جسمانی منجر شده‌اند.

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر به بررسی و مقایسه تأثیر دو تمرین متوالی و ترکیبی با ترکیب درون جلسه‌ای متفاوت از تمرینات مقاومتی و هوازی بر ترکیب بدنی و آمادگی جسمانی مردان جوان دارای اضافه‌وزن پرداخت. نتایج به دست آمده نشان داد هر دو نوع تمرین متوالی و ترکیبی مورد استفاده این پتانسیل را دارد که شاخص‌های ترکیب بدنی (به‌جز WHR) و آمادگی جسمانی را به‌طور معناداری بهبود بخشد. با وجود این بررسی‌های بین گروهی نیز نشان داد که هر دو روش تمرینی، با وجود ترکیب متفاوت درون جلسه‌ای تمرینات هوازی و مقاومتی، تقریباً به یک میزان بر شاخص‌های مورد مطالعه تأثیر داشته و تفاوت معناداری از نظر میزان تأثیرگذاری این دو نوع تمرین بر متغیرهای مورد مطالعه در گروه‌های مورد مطالعه وجود نداشته‌است.

بررسی پیشینه موجود نشان‌می‌دهد مطالعات متعددی با هدف بررسی اجرای تمرینات موازی همزمان در مقایسه با اجرای مستقل روش‌های تمرین سنتی (مقاومتی و هوازی) یا تمرینات تناوبی با شدت بالا بر شاخص‌های ترکیب بدن و آمادگی جسمانی انجام شده است و نتایج آن ها همسو با مطالعه حاضر بیانگر آثار و مزایای مثبت تمرینات موازی همزمان بر بهبود ترکیب بدن، کاهش چربی و سلامت قلب و عروق بوده است. در یکی از این مطالعات لی و همکاران (۲۰۱۹) تأثیر تمرینات ورزشی مختلف بر آمادگی جسمانی و ترکیب بدنی نوجوانان مبتلا به اضافه وزن و چاقی را مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های حاصل از مطالعه این پژوهشگران نشان داد تلفیق همزمان دو نوع تمرین هوازی و مقاومتی در یک جلسه تمرین منجر به کاهش معناداری در شاخص توده بدنی، درصد چربی کل بدن و چربی درون عضلانی و همچنین افزایش VO2max و شاخص قدرت عضلانی شده است. در این پژوهش جلسات تمرینی (۳ جلسه در هفته به‌مدت ۶ ماه) شامل ۳۰ دقیقه دویدن بر روی تردمیل با شدت متوسط ۵۰ تا ۶۰ درصد VO2peak به‌همراه ۳۰ دقیقه تمرین مقاومتی شامل ۸ حرکت مختلف با ۱۲ تا ۱۵ تکرار از هر حرکت بود که نسبت به انجام این تمرینات به‌صورت جداگانه آثار مثبت بیشتری را در بهبود عملکرد جسمانی و فیزیولوژیک به‌همراه داشت (۲۲). واترز و همکاران (۲۰۲۲) نیز در بررسی تأثیر تلفیق تمرینات هوازی و مقاومتی در هر جلسه تمرینی اینطور نتیجه‌گیری کردند که تمرینات ترکیبی با همراه داشتن آثار مستقل هر دو نوع تمرین هوازی و مقاومتی تأثیر قوی‌ای در مدیریت مناسب چاقی به‌همراه داشت. به‌طوری‌که منجر به کاهش معنادار بافت چربی احشایی و بافت چربی بین

عضلانی و همچنین افزایش VO2peak و حساسیت به انسولین شد. بر این اساس تمرینات ترکیبی راه حل مناسبی در کنترل اختلالات عملکردی ناشی از چاقی و حفظ توده عضلانی در طی فرایند کاهش وزن معرفی شد (۲۳).

مرور این یافته‌ها نشان‌می‌دهد همسو با نتایج مطالعه حاضر تمرینات موازی همزمان راهکار مؤثری برای بهبود شاخص‌های آنتروپومتریک و عملکردی است. در واقع، تمرینات استقامتی با تحریک مسیرهای مولکولی مانند کینازهای وابسته به PGC-1، Ca^{+2}/کالمودولین (CaMK)، کلسینورین، پروتئین کیناز فعال شده با آدنوزین مونو فسفات (AMPK) و پروتئین کینازهای فعال شده با میتوژن (ERK1/2، p38 MAPK) فرآیندهای سلولی درگیر در بیوژنز میتوکندریایی و رگ‌زایی را تحریک می‌کند و سازگاری‌های متابولیکی‌ای را فراهم می‌کند که به افزایش ظرفیت استقامتی منجر می‌شوند (۲۴). در مقابل، تمرینات مقاومتی بیشتر باعث افزایش هایپرتروفی و قدرت عضلانی از طریق مسیر AKT-mTOR می‌شود که سنتز پروتئین‌های میوفیبریلار را تحریک می‌کند. برهم کنش تأثیر همزمان این آثار مولکولی نقش مؤثری در مقاله با آثار مضر ایجاد شده در ترکیب بدنی، نیم‌رخ متابولیکی، سلامت قلبی- عروقی و عملکردی جسمانی ناشی از چاقی ایفا می‌کند (۶).

هرچند اکثر مطالعات پیشین مؤید آثار مثبت تمرینات موازی همزمان در مدیریت وزن و بهبود ترکیب بدن و همچنین مزایای فیزیولوژیک آن نسبت به دیگر شیوه‌های تمرینی است با این وجود، یکی از چالش‌های پیش روی محققان آن است که توالی انجام تمرینات هوازی و مقاومتی را در یک جلسه تمرین به‌گونه‌ای متعادل کنند تا مزایای عملکردی هر دو روش تمرینی را به حداکثر و تداخل بین این تمرینات را به حداقل برسانند. بررسی‌های محقق نشان می‌دهد در مورد مقایسه روش‌های متفاوت تمرینات موازی همزمان مطالعات اندک است و اطلاعات موجود بیشتر بر انجام تمرینات استقامتی پیش یا پس از تمرینات مقاومتی متمرکز شده‌اند. در برخی مطالعات با بررسی انجام تمرینات هوازی پیش از تمرینات مقاومتی یا بالعکس نتیجه‌گیری شده است که توالی متفاوت تمرینات موازی در یک جلسه تمرینی تفاوت قابل‌توجهی در سازگاری‌های ناشی از این تمرینات ایجاد نمی‌کند، زیرا هر دو ترکیب باعث بهبودهای مشابه در ترکیب بدن، آمادگی قلبی تنفسی و عضلانی می‌شوند (۲۵, ۲۶). این نتایج همسو با یافته‌های پژوهش حاضر مبنی بر عدم تفاوت معنادار بین دو شیوه تمرین موازی متوالی و ترکیبی بر شاخص‌های ترکیب بدن و آمادگی جسمانی است. در مطالعه دیگری گ که انجام درون جلسه‌ای تمرینات هوازی و سپس تمرینات مقاومتی و ترتیب معکوس انجام این تمرینات، هر دو، موجب بهبود قابل توجهی در VO_2max آزمودنی‌ها می‌شود (۲۷). مطالعه باقری و همکارانش نیز نشان داد هر دو الگوی تمرینی به‌صورت انجام تمرینات هوازی در ابتدای جلسه و سپس تمرینات مقاومتی و بالعکس، BMI، درصد چربی بدن، توده عضلانی و VO_2max آزمودنی‌ها را به‌طور معناداری بهبود می‌بخشد و تفاوت معناداری بین این شاخص‌ها در دو گروه تمرینی وجود ندارد (۲۵).

با این حال، برخی از مطالعات نشان داده‌اند که الگوی درون جلسه‌ای متفاوت تمرینات استقامتی و مقاومتی می تواند مزایا و معایب منحصربه‌فرد خود را داشته باشد (۲۸). در این زمینه، کادور و همکارانش (۲۰۱۱) نشان دادند هرچند توالی متفاوت تمرینات استقامتی و هوازی در یک جلسه تمرین (به‌مدت ۱۲ هفته و ۳ جلسه در هفته) نتایج یکسانی در افزایش VO2peak و قدرت عضلانی به‌همراه دارد اما، گروهی که ابتدا با تمرینات مقاومتی شروع کردند به حداکثر سرعت بالاتری در VO2peak دست یافتند (۲۹). چارا و همکارانش نیز در یافته‌هایی متفاوت افزایش

بیشتر VO2max را بر اثر توالی تمرین هوازی / مقاومتی نسبت به گروه ابتدا تمرین مقاومتی گزارش کردند (۲۷). در مطالعه دیگری از آزمودنی‌ها خواسته شد تا پیش از شروع هر ست تمرین مقاومتی (با ۵۰ تا ۶۵ درصد 1RM) به‌مدت یک دقیقه با شدت ۶۰ تا ۸۴ درصد ضربان قلب ذخیره بدوند. این پژوهش‌گران نتیجه‌گیری کردند افزایش ضربان قلب ناشی از تمرینات هوازی می‌تواند به افزایش جریان خون به عضله فعال در طول ست‌ها بعدی تمرین مقاومتی و در نتیجه حذف درد عضلانی تاخیری آزمودنی ها تا هفته چهارم تمرین منجر شود (۳۰). از سوی دیگر، به لحاظ عملکردی خستگی عصبی عضلانی و تخلیه انرژی ناشی از تمرینات استقامتی می‌تواند اجرا و در نتیجه تأثیر تمرینات مقاومتی متعاقب آن را کاهش دهد (۱۷). همان طور که مطالعه گوتو و همکاران نشان داد شروع جلسه با تمرین استقامتی با شدت ۵۰ درصد VO_2max پاسخ حاد هورمون رشد به تمرینات مقاومتی بعدی را کاهش می‌دهد. این یافته نشان‌می‌دهد که برای ایجاد پاسخ‌های هورمونی مطلوب‌تر، بهتر است تمرین مقاومتی پیش از تمرینات هوازی انجام شود (۳۱). تصور بر این است که تمرینات استقامتی در شروع جلسه احتمالاً با مهار پروتئین کیناز-Bهدف پستانداران فعال شدن مسیر راپامایسین و پروتئین کیناز فعال شده با آدنوزین مونو فسفات (AMPK) بر سازگاری‌های ناشی از تمرین مقاومتی تأثیر منفی می‌گذارد (۱۷).

با این حال، برخی یافته‌ها کاهش عملکرد تمرینات مقاومتی در نتیجه یک تمرین هوازی قبلی را به یکسان بودن گروه‌های عضلانی فعال در حین تمرین نسبت داده اند. اثرگذاری هر دو الگوی درون جلسه‌ای متفاوت تمرین موازی (به‌صورت تمرین مقاومتی سپس هوازی یا تمرین هوازی سپس مقاومتی) بر شاخص‌ها قلبی-تنفسی و آمادگی عضلانی در مطالعه کادور و همکاران (۲۰۱۲) نیز تأیید شد. با تأکید بر اینکه ارتقا سطح قدرت و هایپرتروفی عضلانی در گروه تمرین قدرتی / استقامتی نسبت به گروه استقامتی / قدرتی بیشتر بود. همچنین، افزایش بار کار در آستانه تهویه‌ای تنها در گروه تمرین قدرتی / استقامتی گزارش شد که به افزایش بیشتر نیرو در هر واحد توده عضلانی در این گروه نسبت داده شد (۳۲). مطالعات پیشین ارتباط مثبتی را بین عملکرد عصبی عضلانی و بیشینه ظرفیت استقامتی و همچنین اقتصاد حرکتی به‌هنگام فعالیت‌های ورزشی هوازی گزارش کرده‌اند. با پذیرش این موضوع، به‌لحاظ عملی اجرای تمرینات قدرتی پیش از تمرینات استقامتی می‌تواند با بهبود عملکرد عصبی عضلانی تأثیر بیشتری بر بهبود ظرفیت هوازی داشته‌باشد (۳۳) زیرا، اغلب فعالیت‌های عملکردی از نوع فعالیت‌های هوازی کم شدت می‌باشد.

با این حال، یک مطالعه سیستماتیک نیز با هدف ارزیابی دو توالی متفاوت تمرین قدرتی- استقامتی و استقامتی- قدرتی در یک جلسه تمرین بر روی پارامترهای مهم فیزیولوژیک و عملکردی گزارش کرد که هرچند انجام تمرینات مقاومتی پیش از استقامتی در افزایش قدرت عضلات پایین‌تنه مؤثرتر است اما، بهبود ظرفیت هوازی تحت‌تأثیر توالی تمرین قرار نمی‌گیرد (۲۶). همسو با این موضوع در یافته‌هایی مطالعه حاضر، نشان داده شد شاخص VO2max و قدرت بالاتنه در دو گروه تمرینی به‌طور نسبتاً یکسانی افزایش یافته‌است و این شاخص‌ها تحت‌تأثیر توالی متفاوت تمرین موازی قرار نگرفتند. این عدم تأثیرپذیری از تمرین متوالی و ترکیبی همچنین در شاخص‌های ترکیب بدنی (وزن بدن، BMI، درصد چربی و توده بدون چربی بدن) و قدرت پایین‌تنه نیز مشاهده شد. در واقع، برخلاف تئوری فیزیولوژیک مبنی بر اینکه واکنش‌های پیام‌رسانی مولکولی مختلف ناشی از انجام درون جلسه‌ای تمرینات استقامتی و مقاومتی به‌طور همزمان می‌تواند مانعی برای

مسیرهای تنظیم‌کننده سنتز پروتئین یا سازگاری‌های متابولیکی ناشی از این تمرین‌ها باشد شواهد حاصل از دنیای واقعی نشان‌دهنده آن است که سازگاری‌های ناشی از انجام این تمرینات به‌طور همزمان از طریق شبکه پیچیده‌ای از چندین مسیر مولکولی که به‌طور خاص در طول تمرین تحریک می‌شوند، رخ می‌دهد که فواید زیادی به‌خصوص در بحث ارتقا سطح سلامت به‌همراه دارد.

در مجموع نتایج مطالعه حاضر نشان داد تمرینات همزمان مقاومتی و هوازی با دو الگوی درون جلسه‌ای متفاوت متوالی و ترکیبی تأثیر معناداری در بهبود شاخص های ترکیب بدنی و آمادگی جسمانی دارد. لذا، با کم‌رنگ شدن اصل تداخل در دنیای واقعی، به‌خصوص با هدف ارتقا سطح سلامت، تأثیر توالی متفاوت دو تمرین مقاومتی و هوازی در یک جلسه تمرینی را در مدیریت بهینه ترکیب بدن و افزایش فاکتورهای آمادگی جسمانی نشان‌می‌دهد. همچنین، یافته‌های حاضر از این جهت حائز اهمیت است که اطلاعات موجود برای تجویز و تنوع بخشی به تمرینات همزمان را برای بهینه‌سازی سازگاری‌های قلبی عروقی و عصبی- عضلانی در افراد مبتلا به اضافه‌وزن گسترش می‌دهد.

تشکر

بدین وسیله از تمام افرادی که به‌عنوان آزمودنی در مطالعه حاضر شرکت کردند سپاس‌گزاری می‌شود.

References

1. Baxter J, Armijo PR, Flores L, Krause C, Samreen S, Tanner T. Updates on monogenic obesity in a multifactorial disease. Obesity surgery. 2019;29:4077-83.
2. Chooi YC, Ding C, Magkos F. The epidemiology of obesity. Metabolism. 2019;92:6-10.
3. Amaro-Gahete FJ, Ponce-González JG, Corral-Pérez J, Velázquez-Díaz D, Lavie CJ, Jiménez-Pavón D. Effect of a 12-week concurrent training intervention on cardiometabolic health in obese men: a pilot study. Frontiers in Physiology. 2021;12:630831.
4. Pazzianotto-Forti EM, Moreno MA, Plater E, Baruki SBS, Rasera-Junior I, Reid WD. Impact of physical training programs on physical fitness in people with class II and III obesity: a systematic review and meta-analysis. Physical therapy. 2020;100(6):963-78.
5. Tchang BG, Saunders KH, Igel LI. Best practices in the management of overweight and obesity. Medical Clinics. 2021;105(1):149-74.
6. García-Hermoso A, Ramírez-Vélez R, Ramírez-Campillo R, Peterson MD, Martínez-Vizcaíno V. Concurrent aerobic plus resistance exercise versus aerobic exercise alone to improve health outcomes in paediatric obesity: a systematic review and meta-analysis. British journal of sports medicine. 2018;52(3):161-6.
7. Ghahramani MH, Agha-Alinejhad H, Molanouri Shamsi M. Effect of Different Concurrent Training Protocols on Muscle Strength, Serum Testosterone and Cortisol Level in Young Wrestlers. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology. 2022;9(1):1-11.
8. Antunes BdMM, Christofaro DGD, Monteiro PA, Silveira LS, Fernandes RA, Mota J, et al. Effect of concurrent training on gender-specific biochemical variables and adiposity in obese adolescents. Archives of endocrinology and metabolism. 2015;59:303-9.
9. Amaro-Gahete FJ, De-la-O A, Jurado-Fasoli L, Ruiz JR, Castillo MJ, Gutierrez A. Effects of different exercise training programs on body composition: A randomized control trial. Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2019;29(7):968-79.
10. Dupuit M, Rance M, Morel C, Bouillon P, Boscaro A, Boisseau N, et al. Impact of concurrent training on body composition and gut microbiota in postmenopausal women with overweight or obesity. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2021;54(3):517-29.
11. Corso LM, Macdonald HV, Johnson BT, Farinatti P, Livingston J, Zaleski AL, et al. Is concurrent training efficacious antihypertensive therapy? A meta-analysis. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2016;48(12):2398-406.
12. Monteiro-Lago T, Cardoso M, Henriques I, Mello D, Fortes M, Vale R, et al. Impact of eight weeks of concurrent training on obesity-related biochemical parameters and cardiometabolic risk factors: a case report. Advances in Obesity, Weight Management & Control. 2019;9(4):98-103.

13. Bizuti MR, de Camargo Schwede E, Haag FB, Marafon F, da Silva Rosa Bonadiman B, Bagatini MD, et al. Concurrent training is able to increase the activity of adenosine deaminase in platelets in young women. Sport Sciences for Health. 2022:1-11.

14. Pito PG, Cardoso JR, Tufano J, Guariglia D. Effects of concurrent training on 1RM and VO2 in adults: systematic review with meta-analysis. International Journal of Sports Medicine. 2021.

15. Robineau J, Babault N, Piscione J, Lacome M, Bigard AX. Specific training effects of concurrent aerobic and strength exercises depend on recovery duration. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2016;30(3):672-83.

16. Schumann M, Yli-Peltola K, Abbiss CR, Häkkinen K. Cardiorespiratory adaptations during concurrent aerobic and strength training in men and women. PloS one. 2015;10(9): e0139279.

17. Methenitis S. A brief review on concurrent training: from laboratory to the field. Sports. 2018;6(4):127.

18. Jalali Z, Shabani R, Nazari M. Effects of concurrent resistance-endurance training on body composition, lipid profile and blood glucose homeostasis in obese girls: A clinical trial. Journal of Pediatric Nursing. 2018;4(4):24-34.

19. Samadi A, Rahmani M. Effect of short-term sprint interval training (SIT) on sperm parameters and spermatogenesis indexes in adult male wistar rats. Daneshvar Medicine. 2021;28(6).

20. Nabi T, Rafiq N, Qayoom O. Assessment of cardiovascular fitness [VO2 max] among medical students by Queens College step test. Int j Biomed adv res. 2015;6(5):418-21.

21. Hejazian MB, Barari A, Abbasi-Daloii A, Hasrak K. The Effect of a Period of Physical Exercise on the Plasma and Gene Expression Levels of Hypoxia-Inducible Factor-1 (HIF-1) and Serum Prostate Specific Antigen Levels in Men with Prostate Cancer. Journal of Isfahan Medical School. 2019;36(505):1434-43.

22. Lee S, Libman I, Hughan K, Kuk JL, Jeong JH, Zhang D, et al. Effects of exercise modality on insulin resistance and ectopic fat in adolescents with overweight and obesity: a randomized clinical trial. The Journal of pediatrics. 2019;206:91-8. e1.

23. Waters DL, Aguirre L, Gurney B, Sinacore DR, Fowler K, Gregori G, et al. Effect of aerobic or resistance exercise, or both, on intermuscular and visceral fat and physical and metabolic function in older adults with obesity while dieting. The Journals of Gerontology: Series A. 2022;77(1):131-9.

24. Hawley JA, Hargreaves M, Joyner MJ, Zierath JR. Integrative biology of exercise. Cell. 2014;159(4):738-49.

25. Bagheri R, Moghadam BH, Church DD, Tinsley GM, Eskandari M, Moghadam BH, et al. The effects of concurrent training order on body composition and serum concentrations of follistatin, myostatin and GDF11 in sarcopenic elderly men. Experimental gerontology. 2020;133:110869.

26. Murlasits Z, Kneffel Z, Thalib L. The physiological effects of concurrent strength and endurance training sequence: A systematic review and meta-analysis. Journal of sports sciences. 2018;36(11):1212-9.

27. Chtara M, Chamari K, Chaouachi M, Chaouachi A, Koubaa D, Feki Y, et al. Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. British journal of sports medicine. 2005;39(8):555-60.

28. Kang J, Ratamess N. Which comes first? Resistance before aerobic exercise or vice versa? ACSM's Health & Fitness Journal. 2014;18(1):9-14.

29. Cadore EL, Pinto RS, Pinto SS, Alberton CL, Correa CS, Tartaruga MP, et al. Effects of strength, endurance, and concurrent training on aerobic power and dynamic neuromuscular economy in elderly men. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2011;25(3):758-66.

30. Davis WJ, Wood DT, Andrews RG, Elkind LM, Davis WB. Elimination of delayed-onset muscle soreness by pre-resistance cardioacceleration before each set. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2008;22(1):212-25.

31. Goto K, Higashiyama M, Ishii N, Takamatsu K. Prior endurance exercise attenuates growth hormone response to subsequent resistance exercise. European journal of applied physiology. 2005;94:333-8.

32. Cadore EL, Izquierdo M, Alberton CL, Pinto RS, Conceição M, Cunha G, et al. Strength prior to endurance intra-session exercise sequence optimizes neuromuscular and cardiovascular gains in elderly men. Experimental gerontology. 2012;47(2):164-9.

33. Cadore EL, Pinto RS, Alberton CL, Pinto SS, Lhullier FLR, Tartaruga MP, et al. Neuromuscular economy, strength, and endurance in healthy elderly men. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2011;25(4):997-1003.