

تأثیر تمرینات مقاومتی با دو حجم متفاوت بر روی سطح سرمی عامل رشدی فیبروبلاست - ۲۱، درصد چربی بدن و تحرک پذیری

زنان سالمند چاق

زینب فتاحی^۱، دکتر حسین طاهری چادر نشین^{۲*}، دکتر عصمت رشیدی^۳، دکتر

سید حسین ابطحی ایوری^۴

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران.
۲. استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران.
۳. استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، مرکز آموزش عالی کاشمر، کاشمر، ایران.
۴. دانشیار گروه بیوشیمی بالینی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱۰

خلاصه

مقدمه: عامل رشدی فیبروبلاست-۲۱ (FGF۲۱)، لیپولیز و اکسیداسیون اسیدهای چرب را افزایش می‌دهد. اثر حجم‌های متفاوت تمرین مقاومتی روی FGF۲۱ به خوبی مشخص نشده است، بنابراین مطالعه حاضر با هدف مقایسه اثرات تمرین مقاومتی با حجم پایین و بالا بر سطح سرمی FGF۲۱، ترکیب بدن و تحرک‌پذیری زنان سالمند چاق غیرفعال انجام شد.

روش کار: ۳۰ زنان سالمند چاق غیرفعال (سن $64/57 \pm 4/50$ سال؛ نمایه توده بدنی $32/34 \pm 2/69$ کیلوگرم بر متر مربع و درصد چربی $40/93 \pm 2/11$) ساکن شهر مشهد برای شرکت در این مطالعه نیمه‌تجربی فراخوانی شدند. آزمودنی‌ها به طور تصادفی به سه گروه برابر تمرین مقاومتی حجم پایین (LVRT) و تمرین مقاومتی حجم بالا (HVRT) و کنترل تقسیم شدند. آزمودنی‌ها پروتکل‌های LVRT (یک نوبت) و HVRT (سه نوبت) برای ۱۲ هفته و دو جلسه در هفته انجام دادند. اندازه‌های تن‌سنجی و ارزیابی بیوشیمیایی یک هفته قبل از اولین و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرینی انجام شد. همچنین آزمون‌های ۳۰ ثانیه بلند شدن از صندلی، آرم کرل، دو دقیقه استپ و هشت فوت آپ - اند - گو ارزیابی شد. به ترتیب از آزمون تی وابسته و تحلیل کواریانس برای ارزیابی تفاوت درون و بین گروهی استفاده شد.

یافته‌ها: متعاقب دوره تمرینی، درصد چربی بدن در گروه HVRT نسبت به گروه LVRT ($p=0/001$) به‌طور معنی‌داری پایین‌تر بود. برعکس، نتایج ۳۰ ثانیه بلند شدن از صندلی ($p=0/001$) و آرم کرل ($p=0/001$) در گروه HVRT نسبت به گروه LVRT به‌طور معنی‌داری بالاتر بود. بر اساس نتایج، تفاوت معنی‌داری بین وزن ($p=0/997$)، شاخص توده بدنی ($p=0/999$)، FGF۲۱ ($p=0/999$)، دو دقیقه استپ ($p=0/072$) و ۸ فوت آپ - اند - گو ($p=0/231$) بین دو گروه LVRT و HVRT در انتهای دوره تمرینی وجود نداشت.

نتیجه‌گیری: تمرین مقاومتی با سه نوبت نسبت به تمرین مقاومتی با یک نوبت موجب دستاوردهای بیشتری در بهبود ترکیب بدن و تحرک‌پذیری در زنان سالمند چاق می‌شود.

کلمات کلیدی: تمرین مقاومتی، عامل رشدی فیبروبلاست - ۲۱، چاقی، سالمند

* نویسنده مسئول مکاتبات: دکتر حسین طاهری چادر نشین؛ دانشکده علوم انسانی، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران. تلفن: ۰۵۸-۲۲۲۰۱۰۰۰ پست الکترونیک: h.taheeri@ub.ac.ir

مقدمه

با کاهش نرخ مرگومیر و باروری و افزایش امید به زندگی، جهان به سرعت به سمت پیر شدن پیش می‌رود. بر اساس آمار سازمان ملل، جمعیت سالمند دنیا در سال ۲۰۰۰ حدود ۶۰۰ میلیون نفر (۱۰٪ کل جمعیت جهان) بود که تخمین زده شده است این مقدار در سال ۲۰۵۰ به ۲ برابر برسد (۱). سالمندی پیامدهای ناگوار متعددی از جمله افزایش خطر بیماری‌های متابولیک و به دنبال آن هزینه‌های بالای مراقبت‌های سلامتی را به همراه دارد. سالمندی همچنین موجب تغییرات فیزیولوژیکی متعددی می‌شود که تغییرات ترکیب بدنی (بافت‌های عضلانی، استخوانی و چربی) در آن بارزتر هستند (۲). به‌طور طبیعی با افزایش سن، سطح فعالیت بدنی و کیفیت زندگی کاهش می‌یابد. کاهش فعالیت موجب کاهش توده عضلانی و استخوانی و به تبع آن کاهش عملکرد عضلانی-اسکلتی می‌شود (۳). برخلاف بافت عضلانی و استخوانی، بافت چربی با افزایش سن افزایش یافته، سپس به فلات رسیده و ممکن است در سالمندی کاهش اندکی داشته باشد، اما در سالمندی تغییر در توزیع چربی مهم‌تر از افزایش بافت چربی است. با افزایش سن، چربی احشایی و نفوذ چربی در بافت عضله اسکلتی افزایش می‌یابد که پیامد آن کاهش قدرت، عملکرد و کیفیت عضله اسکلتی است (۴).

چاقی اثرات منفی زیادی بر سلامتی داشته و با بیماری‌های مختلفی از جمله دیابت نوع ۲، اختلال لیپیدهای خونی، بیماری‌های قلبی-عروقی و انواع مختلف سرطان‌ها مرتبط است. متابولیسم گلوکز و چربی توسط تعداد زیادی از هورمون‌های متابولیکی مترشح از غدد درون‌ریز اندام‌های مختلف کنترل می‌شود (۵، ۶). فاکتور رشدی فیبروبلاست-۲۱ (FGF۲۱)^۱ پروتئینی است که به‌طور گسترده از کبد ترشح می‌شود و همچنین تأثیر آن بر روی متابولیسم چربی و گلوکز شناخته شده است (۵، ۶). القاء سیستمی FGF از چاقی جلوگیری می‌کند، هایپرگلیسمی و مقاومت انسولینی را کاهش می‌دهد و نیمرخ چربی را در جوندگان و مدل‌های حیوانی شبیه انسان بهبود می‌بخشد (۷). همچنین

FGF۲۱ اثرات متابولیکی خود را از طریق تأثیر بر تعدادی از بافت‌های هدف اصلی مانند کبد، بافت چربی، مغز و پانکراس اعمال می‌کند (۸). مطالعات نشان می‌دهد که FGF۲۱ لیپولیز را در سلول‌های چربی تعدیل و تنظیم می‌کند و بر کاهش وزن و بافت چربی اثرگذار است (۹، ۱۰). علاوه بر این نشان داده شده است که سطح FGF۲۱ در گردش خون در افراد چاق افزایش می‌یابد (۱۱). درمان دارویی با FGF۲۱ سبب بهبود اختلالات متابولیکی مرتبط با سن مانند مقاومت به انسولین، دیس لیپیدمی و چاقی در مدل‌های حیوانی می‌شود. همچنین درمان با FGF۲۱ در انسان اثرات مفیدی بر هایپرلیپیدمی و وزن بدن دارد (۱۲). به‌علاوه، FGF۲۱ همراه با افزایش سن افزایش می‌یابد. هرچند سطوح پایین‌تر FGF۲۱ در پیری نشانگر سالمندی سالم‌تر است. در افراد چاق و دیابتی سطح FGF۲۱ بالا رفته و یک حالت مقاومت به FGF۲۱ در این اختلالات متابولیکی مشاهده می‌شود (۱۳).

تمرین ورزشی می‌تواند اثرات مفیدی بر کاهش توده چربی احشایی، مقاومت انسولینی و دیگر عوامل خطرزای قلبی-عروقی و متابولیکی مرتبط با چاقی داشته باشد که این اثرات مفید می‌تواند تا حدی ناشی از تغییرات هپاتوکاین‌ها (عناصر مترشحه از کبد) باشد. به‌عنوان مثال در مطالعه شبخیز و همکاران (۲۰۲۰)، ۱۲ هفته تمرین مقاومتی منجر به کاهش معنی‌دار سطوح FGF۲۱ در افراد مسن دیابتی و غیردیابتی شد (۱۴). همچنین در مطالعه تانیگوجی و همکاران (۲۰۱۶)، ۵ هفته تمرین استقامتی علی‌رغم عدم تغییر در وزن مردان سالمند، منجر به کاهش معنی‌دار در سطوح سرم FGF۲۱ گردید (۱۵). در مطالعه بس پاتین و همکاران (۲۰۱۴) پس از ۸ هفته تمرین استقامتی در مردان چاق غیردیابتی تغییرات معنی‌داری در FGF۲۱ در عضلات مشاهده نشد (۱۶). همچنین یانگ و همکاران (۲۰۱۱) کاهش در مقادیر FGF۲۱ در نتیجه تمرینات ترکیبی (استقامتی و قدرتی) را نشان دادند (۱۷). جانسن و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که FGF۲۱ تحت تأثیر تمرین قرار می‌گیرد؛ چراکه تمرینات شدید موجب استرس (فشار) شبکه آندوپلاسمی شده و انجام تمرینات

¹ Fibroblast Growth Factor-21

ارزیابی توسط پزشک عمومی، آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی ساده (قرعه‌کشی) به ۳ گروه ۱۰ نفره کنترل (C)، گروه تمرین مقاومتی حجم پایین (LVRT)^۱ و تمرین مقاومتی حجم بالا (HVRT)^۲ تقسیم شدند. حجم نمونه و تفکیک آن به گروه‌ها بر پایه مطالعات قبلی در این زمینه انجام گرفت (۲۴). معیارهای ورود به مطالعه شامل: سن بالای ۶۰ سال، یائسه بودن، چاق بودن (چاقی نوع یک با شاخص توده بدنی بین ۳۰-۳۴/۹ کیلوگرم بر مترمربع)، ساکن مشهد و عدم شرکت منظم در تمرینات مقاومتی و فعالیت‌های ورزشی در یک سال گذشته بود. معیارهای خروج از مطالعه شامل: غیبت بیش از ۳ جلسه در سرتاسر دوره تمرین و وجود هر گونه آسیب دیدگی عضلانی-اسکلتی محدودکننده تمرین مقاومتی در طی دوره پژوهش بود. این مطالعه در گروه تخصصی فیزیولوژی ورزش دانشگاه بجنورد و کمیته اخلاق در پژوهش‌های علوم زیستی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد با

IR.IAU.BOJNOURD.REC.1398.012

به‌ترتیب از لحاظ علمی و اخلاقی به تصویب رسیده است. بعد از تشریح اهداف، فواید و خطرات احتمالی و مراحل اجرای تحقیق و خون‌گیری، همسر و خود آنها فرم رضایت‌نامه آگاهانه تأیید شده توسط کمیته اخلاق را امضاء کردند. به شرکت‌کنندگان این اطمینان داده شده بود که تمامی اطلاعات حاصل از مطالعه محرمانه حفظ خواهد شد و یافته‌های پژوهش در قالب اطلاعات گروه گزارش خواهد شد. همچنین به آنها اطمینان داده شد که با هرگونه رنجش و نارضایتی از مطالعه می‌توانند پژوهش را ترک کنند.

برای ارزیابی ترکیب بدن از دستگاه بادی کامپوزیشن (مدل ایکس کانتکت ۳۵۶، شرکت جاون مدیکال^۴، کره جنوبی) استفاده شد. وزن شرکت‌کنندگان در شرایطی که مثانه آنها تخلیه بود، با حداقل پوشش لباس و در شرایط ناشتا اندازه‌گیری شد.

به‌صورت مکرر، سازگاری را ایجاد می‌کند که خود دلیل پایین بودن مقادیر FGF۲۱ را توضیح می‌دهد. البته با توجه به‌مدت زمان، تعداد تکرار، نوع تمرین، ترکیب بدن و رژیم غذایی پاسخ متفاوتی رخ می‌دهد (۱۸). بنابراین طراحی رویکردهای جدید به‌منظور درک نقش FGF۲۱ در فواید متابولیکی ناشی از تمرین، نه تنها در افراد چاق و دارای اضافه وزن، بلکه حتی در افراد تمرین کرده، با هدف بهبود عملکرد FGF۲۱ در عضله اسکلتی مورد نیاز است (۱۹).

به‌علاوه هرچند تحقیقات نشان داده‌اند که تمرینات مقاومتی یک روش ایمن و مؤثر جهت بهبود قدرت، هایپرتروفی و پارامترهای مرتبط با سلامتی در افراد سالمند است، اما مطالعات نشان می‌دهد که بین میزان پاسخ با حجم تمرین مقاومتی ارتباط وجود دارد (۲۰، ۲۱). اگرچه پیشنهاد می‌شود که افراد سالمند تمرینات مقاومتی را در چند ست انجام دهند، اما شواهد کافی برای تأیید این موضوع وجود ندارد. تحقیقاتی که به بررسی تمرینات مقاومتی با حجم کم و بالا پرداخته‌اند، نتایج متناقضی را نشان می‌دهند. برخی بیان کردند که تمرین با حجم بالا بهتر است (۲۱-۲۳)، درحالی‌که برخی تفاوتی بین حجم بالا و پایین مشاهده نکردند (۲۰، ۲۴). بنابراین مطالعات بیشتر در این زمینه مورد نیاز است. بنابراین مطالعه حاضر با هدف مقایسه اثرات تمرین مقاومتی با حجم پایین و بالا با گروه کنترل بر سطح سرمی FGF۲۱، ترکیب بدن و تحرک‌پذیری زنان سالمند چاق غیرفعال انجام شد.

روش کار

این مطالعه نیمه تجربی در سال ۱۳۹۸ بر روی زنان سالمند چاق غیرفعال (میانگین سنی $64/57 \pm 4/50$ سال، شاخص توده بدنی $32/34 \pm 2/69$ کیلوگرم بر مترمربع، درصد چربی $40/93 \pm 2/11$) در شهر مشهد انجام شد. بعد از پخش اعلامیه در سالن‌های ورزشی، اطلاع‌رسانی از طریق رسانه‌های اجتماعی (از قبیل تلگرام و واتساپ) و مراجعه حضوری پژوهشگر در پارک و امکان ورزشی، ۳۰ شرکت‌کننده برای شرکت در مطالعه حاضر فراخوانی شدند. بعد از تکمیل پرسشنامه سلامت و

¹ Low Volume Resistance Training

² High Volume Resistance Training

³ X-Contact 356 model

⁴ Jawon Medical

پروتکل تمرین مقاومتی بدین صورت بود که دو گروه تجربی، پروتکل LVRT (یک نوبت) و HVRT (سه نوبت) را برای ۱۲ هفته و ۲ جلسه در هفته و با فاصله زمانه ۴۸ ساعت در سالن بدن‌سازی مرکز پایش تندرستی (شهرداری منطقه چهار، مشهد) انجام دادند (۲۰، ۲۱). مدت زمان استراحت بین هر نوبت ۲ دقیقه بود (۲۰، ۲۱، ۲۵). شدت تمرین برای هر دو گروه به‌طور مشابه بر حسب تکرارهای بیشینه (RM) تغییر کرد. بنابراین، بالاترین وزنه ممکن برای تکرارهای حداکثری در نظر گرفته شد (۲۵). در طی ۴ هفته اول، آنها با ۲۰-۱۵ RM، در طی هفته ۸-۴ با ۱۵-۱۲ RM و در هفته ۱۲-۹ با ۱۲-۱۰ RM تمرین کردند. زمانی که شرکت‌کنندگان قادر به اجرای بیش از تکرارهای تعیین شده بودند، بار تمرینی برای جلسه بعد ۵-۲/۵ کیلوگرم افزایش می‌یافت (۲۷-۲۵). آنها هر تکرار را برای ۹-۶ ثانیه انجام می‌دادند (بالا کشیدن وزنه در ۳-۲ ثانیه، مکث برای ۳-۲ ثانیه، پایین آوردن وزنه ۳-۲ ثانیه). آزمودنی‌ها بین هر تکرار ۴-۲ ثانیه مکث می‌کردند. قبل و بعد از هر جلسه تمرینی آزمودنی‌ها به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه گرم کردن و سرد کردن را با رکاب زدن روی دوچرخه، حرکات کششی و کار با وزنه‌ها سبک انجام می‌دادند. آزمودنی‌ها ۴ حرکات بالاتنه و چهار حرکت پایین‌تنه را پشت سر هم و به‌صورت یک در میان به‌صورت: لگ اکستنشن^۱، لت پول دن^۲، لگ پرس^۳، آرم کرل^۴، خم کردن ران^۵، پرس سینه^۶، باز کردن سه سر بازویی^۷، بلند شدن روی پنجه^۸، باز کردن پایین کمر^۹ و کرانچ شکمی^{۱۰} اجرا کردند (۲۰). بعد از اتمام هر جلسه تمرین، شرکت‌کنندگان مجاز به انجام امور برنامه زندگی خود بودند و از هر گونه تمرین مقاومتی در طی دوره تمرینی منع شدند (۲۵، ۲۷). از تمامی شرکت‌کنندگان خواسته شد که در حین اجرای هر تکرار

از مانور والسالوا خوداری کنند. تمامی جلسات تمرینی بین ساعات ۱۳-۱۰ اجرا شد. گروه کنترل در طول دوره تمرینی هیچ‌گونه مداخله تمرینی دریافت نکردند و از شرکت منظم در هر گونه تمرین ورزشی منع شدند. برای ارزیابی قدرت عضلانی بالاتنه از اندازه‌های یک تکرار بیشینه (۱RM)^{۱۱} پرس سینه و برای ارزیابی قدرت پایین‌تنه از اندازه ۱RM اسکات قبل و بعد از دوره تمرینی استفاده شد. قبل از تعیین ۱RM در سالن بدن‌سازی مرکز پایش تندرستی (شهرداری منطقه چهار، مشهد)، شرکت‌کنندگان در طی ۴ جلسه با تجهیزات و اجرای صحیح تکنیک‌های ورزشی آشناسازی شدند و تمرین مقاومتی با شدت پایین تا متوسط را انجام دادند. یک هفته قبل از شروع و ۳ جلسه بعد از اتمام پروتکل تمرینی، ۱RM شرکت‌کنندگان در دو روز مجزا تعیین شد. قبل از شروع تعیین ۱RM آنها به‌مدت ۵ دقیقه روی دوچرخه ثابت گرم کردن عمومی را انجام دادند. سپس هر گروه عضلانی را با ۱۰ تکرار با وزنه‌های سبک گرم کردند (۲۰). بعد از ۳ دقیقه استراحت، افزایش بار تا زمانی که آنها قادر به بلند کردن وزنه اضافی در دامنه کامل حرکت با تکنیک صحیح را نداشتند، ادامه یافت. سرعت انقباض درون‌گرا (کانسنتریک) ۲ ثانیه و سرعت انقباض برون‌گرا (اکسنتریک) برای هر تکرار ۲ ثانیه بود (۲۰). مقادیر ۱RM دو حرکت در طی ۵-۳ تلاش تعیین شد و استراحت بین هر تلاش ۳ دقیقه بود (۲۵). مشارکت‌کنندگان برای انجام آزمون ۳۰ ثانیه بلند شدن از روی صندلی^{۱۲} در حالی که دست‌های آنها به‌صورت ضربدری روی سینه قرار داشت، به‌مدت ۳۰ ثانیه نشست و بلند شدن از صندلی را انجام دادند و تعداد آن شمارش شد. آنها برای اجرای آزمون آرم کرل^{۱۳}، حرکت خم کردن آرنج را با وزنه ۲/۲ کیلوگرمی به‌مدت ۳۰ ثانیه با دست برتر انجام دادند و تعداد صحیح حرکات (خم کردن و باز کردن کامل آرنج) شمارش شد. برای اجرای آزمون هشت فوت آپ - اند - گو^{۱۴}، آزمودنی از روی صندلی بلند شده و با حداکثر سرعت به‌سمت مخروطی

¹ Leg extension

² Lat pull-down

³ Leg press

⁴ Arm curl

⁵ Leg curls

⁶ Bench press

⁷ Triceps extension

⁸ Calf raises

⁹ Low back extension

¹⁰ Crunch abdomen

¹¹ One-repetition maximum (1RM)

¹² 30-second chair stand

¹³ Arm curl

¹⁴ Eight foot up-and-go tests

به صورت انحراف استاندارد میانگین نمایش داده شده‌اند. میزان p کمتر از $0/05$ معنی‌دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

تفاوت معنی‌داری بین میانگین سنی آزمودنی‌ها در گروه‌های C ($65/75 \pm 4/65$ سال)، LVRT ($63/60 \pm 5/44$ سال) و HVRT ($64/60 \pm 3/50$ سال) مشاهده نشد ($p=0/621$). به علاوه، ارزیابی بین‌گروهی نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین مقادیر BMI در ابتدای دوره تمرینی بین سه گروه مشاهده نشد ($p=0/729$). در جدول ۱ نتایج ارزیابی درون و بین‌گروهی شاخص‌های ترکیب بدن متعاقب دو نوع مداخله LVRT و HVRT نشان داده شده است. بر اساس نتایج، مقادیر وزن (به ترتیب $p=0/999$ و $p=0/999$ برای گروه LVRT و HVRT) و شاخص توده بدنی (به ترتیب $p=0/999$ و $p=0/999$ برای گروه LVRT و HVRT) نسبت به گروه C تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین، تفاوت معنی‌داری بین وزن ($p=0/997$) و شاخص توده بدنی ($p=0/999$) بین دو گروه LVRT و HVRT مشاهده نشد. اگرچه مقادیر درصد چربی بدن در گروه LVRT نسبت به C تفاوت معنی‌داری نداشت ($p=0/507$)، ولی مقادیر درصد چربی بدن در گروه HVRT نسبت به گروه C ($p=0/001$) و LVRT ($p=0/001$) به‌طور معنی‌داری پایین‌تر بود.

که در فاصله ۸ فوتی صندلی قرار داشت حرکت کرده، مخروط را دور می‌زند و به سمت صندلی برگشته و روی آن می‌نشیند و زمان ثبت می‌شود (۲۸، ۲۹). برای انجام آزمون دو دقیقه استپ^۱، نقطه‌ای روی ران شرکت‌کنندگان (فاصله بین کشک و ستیغ خاصه) علامت‌گذاری و مشخص شد. نقطه‌ای هم‌راستا با نقطه علامت‌گذاری شده روی ران، روی دیوار مشخص شد. سپس، آزمون با رساندن زانو تا نقطه علامت‌گذاری شده عمل گام برداشتن درجا را با حداکثر سرعت برای ۲ دقیقه انجام دادند. تعداد دفعاتی که زانو تا نقطه علامت‌گذاری شده بالا آمد، شمارش و ثبت شد (۲۹).

خون‌گیری و ارزیابی بیوشیمیایی. در این پژوهش ۵ سی‌سی خون ناشتایی (۸ ساعت) از ورید بازویی مشارکت‌کنندگان قبل و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرینی در آزمایشگاه طبی آراد (مشهد، ایران) در حالت نشسته گرفته شد. سپس، بر اساس دستورالعمل کیت تجاری نمونه‌های خونی به مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق به منظور ایجاد لخته نگهداری شدند. در ادامه، نمونه‌های خونی به مدت ۱۰ دقیقه و با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد توسط دستگاه هتیج^۲ (مدل رتوفیکس ۳۲۸، آلمان) سانتریفیوژ شدند. ارزیابی بیوشیمیایی غلظت سرمی FGF۲۱ توسط کیت تجاری ۹۶ تایی (شرکت زل بایو^۴، آلمان، شماره کاتالوگ: کاتالوگ: ZB-۱۱۹۸۳C-H۹۶۴۸) و با حساسیت ۲/۵ پیکوگرم بر میلی‌لیتر و به روش ساندویچ الایزا و بر مبنای واکنش آنتی‌بادی آنتی‌ژن در دانشگاه علوم پزشکی گناباد به اجرا درآمد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۱۶) انجام شد. بعد از تأیید توزیع طبیعی داده‌ها توسط آزمون شاپیروویلک، برای ارزیابی تفاوت درون‌گروهی از آزمون تی وابسته و برای ارزیابی تغییرات بین‌گروهی در مرحله پس‌آزمون از روش آماری تحلیل کواریانس و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. نتایج

¹ Two minute step

² Hettich

³ Rotofix 32A

⁴ ZellBio GmbH

جدول ۱. نتایج ارزیابی‌های درون و بین‌گروهی متغیرهای ترکیب بدن

سطح معنی‌داری	انحراف معیار ± میانگین			گروه	متغیر
	درون گروهی	بعد از اجرا	قبل از اجرا		
p=۰/۶۱۰ F=۰/۵۰۴	t=۰/۳۱۴, p=۰/۷۶۳	۷۸/۳۷±۹/۵۸	۷۸/۵۰±۹/۲۷	C	وزن (کیلوگرم)
	t=۰/۰۹۰, p=۰/۹۳۰	۷۸/۸۷±۶/۸۷	۷۸/۸۵±۷/۱۶	LVRT	
	t=۱/۱۷۳, p=۰/۲۷۱	۷۹/۴۹±۸/۳۹	۸۰/۰۵±۸/۶۴	HVRT	
p=۰/۸۷۷ F=۰/۱۳۲	t=۰/۲۱۲, p=۰/۸۳۸	۳۱/۸۸±۲/۲۷	۳۱/۹۱±۲/۴۱	C	شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)
	t=۰/۷۵۲, p=۰/۴۷۱	۳۱/۹۲±۲/۲۹	۳۲/۱۳±۲/۹۰	LVRT	
	t=۱/۲۶۲, p=۰/۲۳۹	۳۲/۵۹±۲/۶۹	۳۲/۸۹±۲/۸۷	HVRT	
p=۰/۰۰۱ F=۳۸/۳۹۸	t=۰/۹۳۷, p=۰/۳۸۰	۴۰/۶۵±۲/۱۶	۴۰/۳۶±۲/۴۴	C	چربی بدن (درصد)
	t=۱/۲۲۳, p=۰/۲۵۲	۴۰/۶۸±۱/۹۴	۴۰/۹۵±۲/۰۳	LVRT	
	t=۱۱/۷۵۳, p=۰/۰۰۱	۳۸/۷۸±۲/۰۱ ^{S#*}	۴۱/۳۷±۲/۰۲	HVRT	

نسبت به گروه C تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین، تفاوت معنی‌داری بین FGF۲۱ و دو گروه LVRT و HVRT مشاهده نشد (p=۰/۹۹۹).

در جدول ۲ نتایج ارزیابی درون و بین‌گروهی سطوح سرمی FGF-۲۱ متعاقب دو نوع مداخله LVRT و HVRT نشان داده شده است. غلظت FGF۲۱ در گروه LVRT (p=۰/۷۴۱) و HVRT (p=۰/۲۴۸)

جدول ۲- نتایج ارزیابی‌های درون و بین‌گروهی FGF۲۱

سطح معنی‌داری	انحراف معیار ± میانگین			گروه	متغیر
	درون گروهی	بعد از اجرا	قبل از اجرا		
p=۰/۲۰۶ F=۱/۷۱۶	t=۱/۷۵۷, p=۰/۱۲۹	۴۴/۳۷±۱۶/۵۸	۳۴/۴۷±۱۵/۰۴	C	FGF-۲۱ (پیکوگرم بر میلی‌لیتر)
	t=۰/۳۲۱, p=۰/۷۵۸	۳۶/۰۳±۱۲/۱۳	۳۸/۳۳±۱۴/۶۸	LVRT	
	t=۰/۴۵۷, p=۰/۶۶۱	۳۰/۶۸±۱۳/۶۰	۳۳/۷۴±۱۲/۰۸	HVRT	

نداشت (p=۰/۶۶۶)، ولی میانگین قدرت پایین‌تنه گروه HVRT نسبت به C به‌طوری معنی‌داری بالاتر بود (p=۰/۰۱۸). برعکس، تفاوت معنی‌داری بین قدرت عضلانی بالاتنه (p=۰/۱۳۰) و پایین‌تنه (p=۰/۱۷۳) بین دو گروه LVRT و HVRT مشاهده نشد.

در جدول ۳ نتایج ارزیابی درون و بین‌گروهی قدرت بیشینه بالاتنه و پایین‌تنه نشان داده شده است. بر اساس نتایج مطالعه، میانگین قدرت عضلانی بالاتنه در گروه LVRT (p=۰/۰۰۴) و HVRT (p=۰/۰۰۱) نسبت به C به‌طور معنی‌داری بالاتر بود. اگرچه میانگین قدرت پایین‌تنه گروه LVRT نسبت به C تفاوت معنی‌داری

جدول ۳- نتایج ارزیابی‌های درون و بین‌گروهی قدرت بیشینه بالا و پایین‌تنه

سطح معنی‌داری	انحراف معیار ± میانگین			گروه	متغیر
	درون گروهی	بعد از اجرا	قبل از اجرا		
p=۰/۰۰۱ F=۱۷/۵۳۲	t=۰/۹۹۹, p=۰/۳۵۱	۱۹/۳۷±۴/۱۷	۱۸/۷۵±۴/۴۳	C	قدرت عضلانی بالاتنه
	t=۵/۳۰۰, p=۰/۰۰۱	۲۲/۰۱±۲/۵۸ ^{#*}	۱۶/۳۰±۲/۱۶	LVRT	
	t=۱۰/۳۷۱, p=۰/۰۰۱	۲۸/۰۱±۵/۳۷ ^{#*}	۱۹/۹۰±۴/۲۲	HVRT	
p=۰/۰۲۰ F=۴/۷۲۷	t=۰/۸۶۱, p=۰/۴۱۸	۴۷/۸۷±۹/۷۷	۴۵/۸۷±۱۰/۵۸	C	قدرت عضلانی پایین‌تنه
	t=۲/۷۶۲, p=۰/۰۲۲	۵۰/۶۰±۸/۲۶ [*]	۴۴/۵۰±۱۰/۹۱	LVRT	
	t=۵/۰۹۰, p=۰/۰۰۲	۶۴/۰۱±۱۵/۰۱ ^{#*}	۵۲/۵۷±۱۰/۸۶	HVRT	

LVRT به‌طور معنی‌داری بالاتر بود ($p=0/001$). نتایج ۸ فوت آپ-اند-گو در گروه HVRT نسبت به C تفاوت معنی‌داری داشت ($p=0/002$). برعکس، نتایج ۸ فوت آپ-اند-گو در گروه LVRT نسبت به C تفاوت معنی‌داری نداشت ($p=0/218$). تفاوت معنی‌داری بین نتایج ۸ فوت آپ-اند-گو بین دو گروه HVRT و LVRT مشاهده نشد ($p=0/231$). در پایان، نتایج ۲ دقیقه استپ در گروه‌های LVRT ($p=0/005$) و HVRT ($p=0/001$) نسبت به گروه C به‌طور معنی‌داری بالاتر بود. به‌علاوه، تفاوت معنی‌داری در نتایج ۲ دقیقه استپ بین دو گروه LVRT و HVRT مشاهده نشد ($p=0/072$).

در جدول ۴ نتایج ارزیابی درون و بین‌گروهی روی مقادیر ۳۰ ثانیه بلند شدن از روی صندلی، آرم کرل، ۸ فوت آپ-اند-گو و ۲ دقیقه استپ متعاقب دو نوع مداخله LVRT و HVRT نشان داده شده است. نتایج ۳۰ ثانیه بلند شدن از صندلی در گروه‌های LVRT ($p=0/007$) و HVRT ($p=0/001$) نسبت به گروه C به‌طور معنی‌داری بالاتر بود. همچنین، نتایج بلند شدن از صندلی در گروه HVRT نسبت به گروه LVRT به‌طور معنی‌داری بالاتر بود ($p=0/001$). نتایج آرم کرل در گروه‌های LVRT ($p=0/001$) و HVRT ($p=0/001$) نسبت به گروه C به‌طور معنی‌داری بالاتر بود. همچنین، نتایج آرم کرل در گروه HVRT نسبت به گروه

جدول ۴- نتایج ارزیابی‌های درون و بین‌گروهی آزمون‌های تحرک‌پذیری

متغیر	گروه	انحراف معیار \pm میانگین		سطح معنی‌داری
		قبل از اجرا	بعد از اجرا	
۳۰ ثانیه بلند شدن از صندلی	C	۱۱/۵۰±۱/۹۲	۱۱/۱۲±۲/۰۳	$p=0/001$ $F=29/454$
	LVRT	۱۰/۵۰±۱/۶۴	۱۲/۷۰±۱/۸۸ ^{#*}	
	HVRT	۱۱/۰۱±۲/۶۶	۱۵/۹۰±۲/۵۱ ^{S#*}	
آرم کرل	C	۱۵/۵۰±۴/۴۴	۱۵/۳۷±۵/۵۰	$p=0/001$ $F=54/980$
	LVRT	۱۹/۲۰±۳/۴۲	۲۲/۸۰±۳/۲۹ ^{#*}	
	HVRT	۱۷/۵۰±۳/۸۰	۲۵/۷۰±۳/۷۱ ^{S#*}	
۸ فوت آپ-اند-گو	C	۶/۸۳±۱/۱۳	۶/۵۵±۰/۶۹	$p=0/003$ $F=7/414$
	LVRT	۷/۷۱±۱/۱۳	۶/۲۹±۰/۹۷ [*]	
	HVRT	۶/۶۷±۰/۹۰	۵/۲۶±۰/۵۳ ^{#*}	
۲ دقیقه استپ	C	۵۸/۸۷±۱۵/۵۱	۶۰/۸۷±۱۶/۹۸	$p=0/001$ $F=15/857$
	LVRT	۶۸/۷۷±۱۴/۰۸	۸۲/۶۶±۱۴/۰۲ ^{#*}	
	HVRT	۷۶/۹۰±۲۰/۶۹	۹۸/۰۱±۱۶/۸۷ ^{#*}	

در این مطالعه ۱۲ هفته تمرین مقاومتی موجب کاهش معنی‌دار درصد چربی در گروه HVRT نسبت به قبل اجرای تمرین شد. همچنین تفاوت معنی‌داری بین درصد چربی در گروه HVRT نسبت به دو گروه دیگر مشاهده شد. هم‌راستا با سایر تحقیقات، این مطالعه نیز مزایای استفاده از تمرینات مقاومتی در ترکیب بدن و عملکرد بدنی را نشان داد (۳۱). کاهش درصد چربی بدن فقط در گروه HVRT مشاهده شد که این نتیجه هم‌راستا با سایر تحقیقات است. یکی از راهکارهای مفید برای بهبود ترکیب بدن و افزایش قدرت عضلانی، تمرینات مقاومتی است. مطالعات مختلف نشان می‌دهد

بحث

هدف این پژوهش مقایسه اثرات دو نوع پروتکل LVRT و HVRT با گروه کنترل بر سطح سرمی FGF۲۱، درصد چربی بدن و تحرک‌پذیری زنان سالمند چاق غیرفعال بود. پیری فرآیندی ذاتی است که با افت عملکرد در سیستم‌های مختلف مرتبط بوده و به‌دلیل ناتوانی در اجرای فعالیت‌های روزمره بر کیفیت زندگی اثر می‌گذارد. علاوه بر این، زنان نسبت به مردان به‌دلیل تغییرات هورمونی مرتبط با یائسگی که باعث ضعف سیستم عضلانی شده و خطر مرگ‌ومیر را افزایش می‌دهد، بیشتر تحت تأثیر پیری قرار می‌گیرند (۳۰).

برای کاهش و حفظ وزن، تمرینات مقاومتی نیز می‌تواند مؤثر بوده و باعث کاهش توده چربی شود (۲۰، ۲۱). دولزال و همکار (۱۹۹۸) تأثیر ۱۰ هفته تمرینات مقاومتی را بر ترکیب بدن مردان فعال بررسی کردند و نشان دادند که درصد چربی و توده چربی آنها به میزان قابل توجهی کاهش یافت (۳۲). ورزش مقاومتی با ایجاد خستگی عضلانی، سرعت سوخت‌وساز را در حالت استراحت افزایش می‌دهد؛ به طوری که در پژوهش‌های اخیر نشان داده شده است که تمرینات مقاومتی و افزایش بعدی در توده عضله اسکلتی ناشی از آن موجب افزایش قدرت، بهبود سطح قند خون و کاهش چربی احشایی می‌شود (۳۳). در مطالعه ما کاهش درصد چربی بدن در گروه تمرین مقاومتی با حجم پایین مشاهده نشد که یکی از دلایل آن، حجم پایین تمرین در این گروه است. به علاوه زنان پس از یائسگی با افزایش چربی شکمی روبرو هستند و برای کاهش مؤثر توده چربی باید تمرینات مقاومتی با محدودیت کالری نیز همراه باشد (۳۴). همچنین نشان داده شده است که بیشترین کاهش درصد چربی در تمرینات مقاومتی با شدت متوسط و تکرارهای بالا رخ می‌دهد که ویژه افراد بدن‌ساز است و عدم کاهش درصد چربی بدن در این گروه در مطالعه حاضر قابل انتظار بود. در مورد متابولیسم چربی در پاسخ به تمرینات مقاومتی اختلاف نظر وجود دارد. به طور مثال، در پژوهش کیول^۱ و همکاران (۱۹۸۷) اجرای ۳ حرکت با وزنه در یک جلسه فعالیت مقاومتی به شکل هرمی (کاهش تعداد تکرار) و با زمان‌های استراحت ۲ و ۵ دقیقه به ترتیب بین ست‌ها و حرکات، اسید چرب آزاد، تری‌گلیسیرید، گلیسرول، لیپید تام و گلوکز تغییر معنی‌داری نداشت و نتیجه‌گیری شد که انرژی مورد نیاز برای یک فعالیت مقاومتی طراحی شده برای رقابت با وزنه، از طریق تجزیه فسفات‌های پارانرژی در عضله اسکلتی تأمین می‌شود (۳۵). با این حال، جلسه تمرینی اجرا شده توسط بدن‌سازان برای افزایش حجم عضله به افزایش اسید چرب آزاد پلاسما، گلوکز و گلیسرول منجر شد. این نتایج نشان می‌دهد که تغییرات پارامترهای فوق در

پاسخ به فعالیت مقاومتی به شدت، زمان فعالیت و زمان استراحت بین نوبت‌ها و حرکات در هر جلسه بستگی دارد (۳۶). گزارش شده است که درمان حاد آدیپوسیت‌های L۱ - ۳T۳ با FGF۲۱ موجب افزایش لیپولیز می‌شود (۸). به علاوه، نشان شده است که FGF۲۱ لیپولیز را در سلول‌های چربی تعدیل و تنظیم می‌کند و بر کاهش وزن و بافت چربی اثرگذار است (۹، ۱۰). به علاوه گزارش شده است که اثرات لیپولیزی هورمون رشد از طریق افزایش بیان mRNA و پروتئین FGF۲۱ صورت می‌پذیرد (۳۸). برعکس، عنوان شده است که درمان مزمن آدیپوسیت‌های انسانی یا آدیپوسیت‌های L۱ - ۳T۳ با FGF۲۱ برای دوره زمانی ۳ روزه، اثرات چشمگیری روی آزاد شدن گلیسرول پایه ندارد (۳۸). با وجود این، در این پژوهش تغییری در سطوح FGF۲۱ متعاقب هیچ‌کدام از تمرینات مقاومتی مشاهده نشد، لذا به نظر می‌رسد که کاهش درصد چربی بدن متعاقب پروتکل HVRT مستقل از تأثیرات FGF۲۱ بوده باشد.

در مطالعه ما هیچ‌کدام از روش‌های تمرینی تأثیری بر FGF۲۱ نداشت. مطالعه‌ای که به بررسی حجم‌های مختلف تمرین مقاومتی در مورد FGF۲۱ بپردازد، یافت نشد. اما هم راستا با این پژوهش، بس پاتین و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که ۸ هفته تمرین استقامتی در مردان سالمند چاق تأثیری بر FGF۲۱ ندارد (۱۶)، اما در مطالعه شبخیز و همکاران (۲۰۲۰) که به بررسی ۱۲ هفته تمرین مقاومتی در زنان سالمند دیابتی و غیردیابتی پرداختند، بعد از دوره تمرینی مقادیر FGF۲۱ کاهش معنی‌داری پیدا کرد (۱۴). تفاوت بین مطالعه حاضر با یافته‌های پژوهش شبخیز در ارتباط با تعداد جلسات تمرین در هفته و شدت تمرین است. در مطالعه شبخیز و همکاران (۲۰۲۰) سالمندان ۳ جلسه در هفته و با شدت ۷۰٪ ۱RM به فعالیت پرداختند که نسبت مطالعه حاضر بیشتر بود. به علاوه شاخص توده بدنی در مطالعه شبخیز و همکاران کمتر از این پژوهش بود. همچنین تانیگوچی و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیق خود نشان دادند که ۵ هفته تمرین استقامتی موجب کاهش معنی‌دار

¹ Keul

به دلایل مختلفی مختل می‌شود. سازوکارهای واسطه‌ای بین فعالیت بدنی و افزایش عملکرد عضلات با افزایش سن، کاهش یافته و یا به تأخیر می‌افتد. تغییرات ایجاد شده در سیستم‌های غدد درون‌ریز، سیستم ایمنی و متابولیک به دلیل افزایش سن منجر به پاسخ‌های ناسازگار نسبت به محرک می‌شود (۴۳). علاوه بر این، حالت التهابی که همراه با پیری است، با چاقی تشدید می‌شود و عملکرد سلول‌های ماهیچه‌ای و چربی را مختل می‌کند. در سالمندان چاق، ترکیب توده عضلانی کم و چربی فراوان موجب کاهش کیفیت و کارایی انقباضات عضلانی می‌شود (۴۴). بنابراین حجم بالاتری از تمرین نسبت به افراد سالمند غیرچاق برای مشاهده تأثیرات تمرین نیاز است. از این رو، بخشی از بهبود نتایج آزمون‌های عملکردی در این پژوهش ممکن است در ارتباط با بهبود پارامترهای ترکیب بدن باشد. یکی از محدودیت‌های مطالعه حاضر، عدم کنترل وضعیت تغذیه‌ای آزمودنی‌ها در طول دوره تمرینی بود، لذا پیشنهاد می‌شود که در مطالعات بعدی وضعیت تغذیه‌ای آزمودنی‌ها کنترل شود.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد که ۱۲ هفته تمرین مقاومتی با حجم بالا نسبت به تمرین مقاومتی با حجم پایین اثربخشی بیشتری بر ترکیب بدن و تحرک‌پذیری زنان سالمند چاق دارد. چگونگی تأثیر تمرینات مقاومتی بر FGF۲۱ نیاز به بررسی بیشتری دارد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی مصوب دانشگاه بجنورد می‌باشد. بدین‌وسیله از حمایت مالی معاونت آموزشی-پژوهشی دانشگاه بجنورد و تمامی افراد مورد مطالعه و سایر کسانی که به نوعی در این پژوهش همکاری داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود. از نظر تعارض منافع، هیچ‌گونه تضاد منافع توسط پژوهشگران گزارش نشده است.

FGF۲۱ در مردان سالمند می‌شود (۱۵). نمونه‌های مطالعه تانیگوچی نیز افراد چاق نبوده و نوع تمرین به کار رفته نیز استقامتی بود. یانگ و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان دادند که ۳ ماه تمرین ترکیبی (تمرینات هوازی همراه با تمرینات مقاومتی) موجب کاهش FGF۲۱ در زنان چاق می‌شود. در مطالعه مذکور نیز شرکت‌کنندگان زنان چاق بودند، اما دامنه سنی آنها بین ۳۰-۶۰ سال بود و نیز نوع تمرین و مدت زمان آن متفاوت با مطالعه حاضر بود. به نظر می‌رسد که سن، شدت، مدت و نوع تمرین و نیز شاخص توده بدنی بر مقادیر FGF۲۱ اثرگذار است (۱۷).

همچنین در این مطالعه ۱۲ هفته تمرین مقاومتی با حجم بالا و پایین، سبب بهبود تحرک‌پذیری در گروه‌های تمرینی شد و گروه HVRT عملکرد بهتری نسبت به گروه LVRT از خود نشان دادند. هم‌راستا با این پژوهش، مارکوس پارادو و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که ۱۲ هفته تمرین مقاومتی در مردان و زنان سالمند موجب بهبود ظرفیت عملکردی آنها می‌شود (۳۱). همچنین، سایر مطالعات نشان دادند که تمرین مقاومتی سبب بهبود ظرفیت عملکردی افراد سالمند می‌شود (۴۱-۳۹).

در مطالعه سیلوا و همکاران (۲۰۱۸) نیز تمرین مقاومتی به مدت ۱۶ هفته و هفته‌ای ۲ جلسه در زنان سالمند چاق و غیرچاق موجب بهبود عملکرد آرم کرل در هر دو گروه زنان سالمند چاق و غیرچاق شد، اما در حرکت ۸ فوت آپ-اند-گو فقط گروه زنان سالمند غیرچاق بهبود عملکرد را از خود نشان دادند. آنها در تحقیق خود بیان کردند که زنان سالمند چاق نیاز به جلسات تمرینی بیشتر از ۲ هفته برای تقویت عملکرد دارند. به علاوه بیان کردند برنامه‌های تمرینی ترکیبی (هوازی و مقاومتی) که رژیم غذایی را نیز کنترل نمایند، سبب بهبود بیشتر ظرفیت عملکردی و تحرک‌پذیری سالمندان چاق می‌شود (۴۲). در مطالعه حاضر بهبود ظرفیت عملکردی در گروه LVRT نسبت به HVRT کمتر بود. پژوهش‌ها نشان می‌دهد در افراد مسن، پاسخ‌های فیزیولوژیکی به محرک‌های آنابولیک

1. Nodehi Moghadam A, Rashid N, Hosseini Ajdad Niaki SJ, Hosseinzadeh S. Evaluation of Quality of Life and its Related Factors in Elderly in Mashhad in 1396. *Iranian Journal of Ageing* 2019; 14(3):310-9.
2. Ormsbee MJ, Prado CM, Ilich JZ, Purcell S, Siervo M, Folsom A, et al. Osteosarcopenic obesity: the role of bone, muscle, and fat on health. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 2014; 5(3):183-92.
3. Shirazi-Fard Y, Kupke JS, Bloomfield SA, Hogan HA. Discordant recovery of bone mass and mechanical properties during prolonged recovery from disuse. *Bone* 2013; 52(1):433-43.
4. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing* 2010; 39(4):412-23.
5. Li LI, Tang L. Multiple roles of fibroblast growth factor 21 in metabolism. *Curr Pharm Des* 2015; 21(21):3041-50.
6. Wilson GJ, Lennox BA, She P, Mirek ET, Al Baghdadi RJ, Fusakio ME, et al. GCN2 is required to increase fibroblast growth factor 21 and maintain hepatic triglyceride homeostasis during asparaginase treatment. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2015; 308(4):E283-93.
7. Kharitonkov A, Shiyanova TL, Koester A, Ford AM, Micanovic R, Galbreath EJ, et al. FGF-21 as a novel metabolic regulator. *J Clin Invest* 2005; 115(6):1627-35.
8. Inagaki T, Dutchak P, Zhao G, Ding X, Gautron L, Parameswara V, et al. Endocrine regulation of the fasting response by PPARalpha-mediated induction of fibroblast growth factor 21. *Cell Metab* 2007; 5(6):415-25.
9. Li X, Ge H, Weiszmann J, Hecht R, Li YS, Véniant MM, et al. Inhibition of lipolysis may contribute to the acute regulation of plasma FFA and glucose by FGF21 in ob/ob mice. *FEBS letters* 2009; 583(19):3230-4.
10. Dutchak PA, Katafuchi T, Bookout AL, Choi JH, Yu RT, Mangelsdorf DJ, et al. Fibroblast growth factor-21 regulates PPARγ activity and the antidiabetic actions of thiazolidinediones. *Cell* 2012; 148(3):556-67.
11. Gómez-Ambrosi J, Gallego-Escuredo JM, Catalán V, Rodríguez A, Domingo P, Moncada R, et al. FGF19 and FGF21 serum concentrations in human obesity and type 2 diabetes behave differently after diet- or surgically-induced weight loss. *Clin Nutr* 2017; 36(3):861-868.
12. Gaich G, Chien JY, Fu H, Glass LC, Deeg MA, Holland WL, et al. The effects of LY2405319, an FGF21 analog, in obese human subjects with type 2 diabetes. *Cell Metab* 2013; 18(3):333-40.
13. Villarroya J, Gallego-Escuredo JM, Delgado-Anglés A, Cairó M, Moure R, Gracia Mateo M, et al. Aging is associated with increased FGF21 levels but unaltered FGF21 responsiveness in adipose tissue. *Aging Cell* 2018; 17(5):e12822.
14. Shabkhiz F, Khalafi M, Rosenkranz S, Karimi P, Moghadami K. Resistance training attenuates circulating FGF-21 and myostatin and improves insulin resistance in elderly men with and without type 2 diabetes mellitus: A randomised controlled clinical trial. *Eur J Sport Sci* 2020; 1-10.
15. Taniguchi H, Tanisawa K, Sun X, Kubo T, Higuchi M. Endurance Exercise Reduces Hepatic Fat Content and Serum Fibroblast Growth Factor 21 Levels in Elderly Men. *J Clin Endocrinol Metab* 2016; 101(1):191-8.
16. Besse-Patin A, Montastier E, Vinel C, Castan-Laurell I, Louche K, Dray C, et al. Effect of endurance training on skeletal muscle myokine expression in obese men: identification of apelin as a novel myokine. *Int J Obes (Lond)* 2014; 38(5):707-13.
17. Yang SJ, Hong HC, Choi HY, Yoo HJ, Cho GJ, Hwang TG, et al. Effects of a three-month combined exercise programme on fibroblast growth factor 21 and fetuin-A levels and arterial stiffness in obese women. *Clin Endocrinol (Oxf)* 2011; 75(4):464-9.
18. JanssenDuijghuijsen LM, Keijer J, Mensink M, Lenaerts K, Ridder L, Nierkens S, et al. Adaptation of exercise-induced stress in well-trained healthy young men. *Exp Physiol* 2017; 102(1):86-99.
19. Torre-Villalvazo I, Alemán-Escondrillas G, Valle-Ríos R, Noriega LG. Protein intake and amino acid supplementation regulate exercise recovery and performance through the modulation of mTOR, AMPK, FGF21, and immunity. *Nutrition research*. 2019; 72:1-7.
20. Radaelli R, Botton CE, Wilhelm EN, Bottaro M, Lacerda F, Gaya A, et al. Low- and high-volume strength training induces similar neuromuscular improvements in muscle quality in elderly women. *Exp Gerontol* 2013; 48(8):710-6.
21. Radaelli R, Wilhelm EN, Botton CE, Rech A, Bottaro M, Brown LE, et al. Effects of single vs. multiple-set short-term strength training in elderly women. *Age (Dordr)* 2014; 36(6):9720.
22. American College of Sports Medicine, Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, Minson CT, Nigg CR, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc* 2009; 41(7):1510-30.
23. Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, Pina FL, Souza MF, Nascimento MA, dos Santos L, et al. Resistance training in older women: Comparison of single vs. multiple sets on muscle strength and body composition. *Isokinetics and Exercise Science* 2015; 23(1):53-60.
24. Rashidi E, Hosseini Kakhak SA, Askari R. The Effect of 8 Weeks Resistance Training With Low Load and High Load on Testosterone, Insulin-Like Growth Factor-1, Insulin-Like Growth Factor Binding Protein-3 Levels, and Functional Adaptations in Older Women. *Iranian Journal of Ageing* 2019; 14(3):356-67.



25. Radaelli R, Botton CE, Wilhelm EN, Bottaro M, Brown LE, Lacerda F, et al. Time course of low- and high-volume strength training on neuromuscular adaptations and muscle quality in older women. *Age (Dordr)* 2014; 36(2):881-92.
26. Hanssen KE, Kvamme NH, Nilsen TS, Rønnestad B, Ambjørnsen IK, Norheim F, et al. The effect of strength training volume on satellite cells, myogenic regulatory factors, and growth factors. *Scand J Med Sci Sports* 2013; 23(6):728-39.
27. 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. *Exp Gerontol* 2012; 47(2):164-9.
28. Rose DJ, Jones CJ, Lucchese N. Predicting the probability of falls in community-residing older adults using the 8-foot up-and-go: a new measure of functional mobility. *Journal of Aging and Physical Activity* 2002; 10(4):466-75.
29. Pedrosa R, Holanda G. Correlation between the walk, 2-minute step and TUG tests among hypertensive older women. *Brazilian Journal of Physical Therapy* 2009; 13(3):252-6.
30. Lima ID, de Resende-Neto AG, Aragao-Santos JC, Nogueira AC, Vasconcelos AB. Effects of Different Methods of Resistance Training on Indicators of Daily Physical Fitness in Physically Active Elderly Women. *Int J Sports Exerc Med* 2019; 5(7):136.
31. Marcos-Pardo PJ, Orquin-Castrillón FJ, Gea-García GM, Menayo-Antúnez R, González-Gálvez N, Vale RGS, et al. Effects of a moderate-to-high intensity resistance circuit training on fat mass, functional capacity, muscular strength, and quality of life in elderly: A randomized controlled trial. *Sci Rep* 2019; 9(1):7830.
32. Dolezal BA, Potteiger JA. Concurrent resistance and endurance training influence basal metabolic rate in nondieting individuals. *J Appl Physiol (1985)* 1998; 85(2):695-700.
33. Hawley JA. Exercise as a therapeutic intervention for the prevention and treatment of insulin resistance. *Diabetes Metab Res Rev* 2004; 20(5):383-93.
34. Amamou T, Normandin E, Pouliot J, Dionne IJ, Brochu M, Riesco E. Effect of a High-Protein Energy-Restricted Diet Combined with Resistance Training on Metabolic Profile in Older Individuals with Metabolic Impairments. *J Nutr Health Aging* 2017; 21(1):67-74.
35. Keul J, Haralambie G, Bruder M, Gottstein HJ. The effect of weight lifting exercise on heart rate and metabolism in experienced weight lifters. *Med Sci Sports* 1978; 10(1):13-5.
36. Tesch PA. Acute and long-term metabolic changes consequent to heavy-resistance exercise. In *Muscular function in exercise and training* 1987; 26:67-89.
37. Chen W, Hoo RL, Konishi M, Itoh N, Lee PC, Ye HY, et al. Growth hormone induces hepatic production of fibroblast growth factor 21 through a mechanism dependent on lipolysis in adipocytes. *J Biol Chem* 2011; 286(40):34559-66.
38. Arner P, Pettersson A, Mitchell PJ, Dunbar JD, Kharitonov A, Rydén M. FGF21 attenuates lipolysis in human adipocytes - a possible link to improved insulin sensitivity. *FEBS Lett.* 2008; 582(12):1725-30.
39. Coetsee C, Terblanche E. The time course of changes induced by resistance training and detraining on muscular and physical function in older adults. *Eur Rev Aging Phys Act* 2015; 12:7.
40. Van Roie E, Delecluse C, Coudyzer W, Boonen S, Bautmans I. Strength training at high versus low external resistance in older adults: effects on muscle volume, muscle strength, and force-velocity characteristics. *Exp Gerontol* 2013; 48(11):1351-61.
41. Pinto RS, Correa CS, Radaelli R, Cadore EL, Brown LE, Bottaro M. Short-term strength training improves muscle quality and functional capacity of elderly women. *Age (Dordr)* 2014; 36(1):365-72.
42. de Oliveira Silva A, Dutra MT, de Moraes WMAM, Funghetto SS, Lopes de Farias D, Dos Santos PHF, et al. Resistance training-induced gains in muscle strength, body composition, and functional capacity are attenuated in elderly women with sarcopenic obesity. *Clin Interv Aging* 2018; 13:411-417.
43. Peterson MD, Rhea MR, Sen A, Gordon PM. Resistance exercise for muscular strength in older adults: a meta-analysis. *Ageing Res Rev* 2010; 9(3):226-37.
44. Vasconcelos KS, Dias JM, Araújo MC, Pinheiro AC, Moreira BS, Dias RC. Effects of a progressive resistance exercise program with high-speed component on the physical function of older women with sarcopenic obesity: a randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther* 2016; 20(5):432-440.