مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد
دوره سی و دو، شماره یازدهم، بهمن ۱۴۰۳
تاریخ دریافت:۱۴۰۳/۰۸/۱۸
تاریخ پذیرش:۱۴۰۳/۰۹/۰۴

مقایسه تأثیر الگوهای تمرینی مقاومتی، شنا و ترکیبی بر تراکم استخوان در رت‌های ماده استئوپروتیک

فاطمه زیدآبادی[۱]، مریم بان‌پروری[۲]، امید محمددوست[۲*]

مقاله پژوهشی

مقدمه: هدف پژوهش، مقایسه تأثیر الگوهای تمرینی مقاومتی، شنا و ترکیبی بر تراکم ماده معدنی مهره L5 در رت‌های ماده استئوپروتیک بود.

روش بررسی: در این پژوهش تجربی، ۳۶ سر رت ماده ویستار با وزن ۱۹۰-۱۷۰ گرم به‌عنوان نمونه انتخاب و جهت تأیید القای استئوپروسیس، ۱۲ رت به‌صورت تصادفی، به دو گروه سالم و تزریق الکل (۶ سر رت) تقسیم شدند. القای استئوپروسیس با تزریق ۳ هفته‌ای صفاقی محلول اتانول و سالین انجام شد. ۲۴ سر رت، به‌صورت تصادفی به ۴ گروه (۶ سر رت)، ۱.تمرین مقاومتی، ۲.تمرین شنا، ۳.تمرین ترکیبی ۴.کنترل تقسیم شدند. تمرین شنا (۹۰ دقیقه در روز، ۵ روز هفته طی ۱۲ هفته) و پروتکل مقاومتی (۵ روز هفته در ۱۲ هفته، هر جلسه ۸ ست با ۱۲-۸ تکرار بالارفتن از نردبان) و گروه ترکیبی، تمرین مقاومتی را در ۴ ست با ۱۲-۸ تکرار بالارفتن از نردبان و تمرین شنا را با نصف مدت گروه شنا، انجام دادند. پایان ۱۲ هفته، برداشت نمونه‌ها از ستون مهره‌ها انجام و جهت ارزیابی تراکم L5 از دستگاه دگزا استفاده شد. داده‌ها با آزمون تی‌مستقل، واریانس یک‌راهه و توکی در سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ در SPSS-16 تحلیل شدند (P<۰/۰۵).

نتایج: در مقایسه درون‌گروهی، تمرین مقاومتی و تمرین ترکیبی باعث افزایش معنی‌داری تراکم L5 شدند (p=۰/۰۰). در بررسی بین‌گروهی، تراکم L5 گروه ترکیبی افزایش معنی‌داری با گروه تمرین و کنترل نشان داد (p=۰/۰۰). گروه مقاومتی افزایش معنی‌داری را در این متغیر با گروه شنا و کنترل نشان داد (p=۰/۰۰).

نتیجه‌گیری: تمرین ترکیبی به‌عنوان یک روش درمانی می‌تواند سبب افزایش تراکم استخوان شود؛ لذا به‌عنوان یک راهکار مؤثر در بهبود استئوپروسیس است.

واژه‌های کلیدی: تمرین مقاومتی، تمرین شنا، تمرین ترکیبی، تراکم معدنی استخوان، رت ماده.

ارجاع: زیدآبادی فاطمه، بان‌پروری مریم، محمددوست امید. **مقایسه تأثیر الگوهای تمرینی مقاومتی، شنا و ترکیبی بر تراکم استخوان در رت‌های ماده استئوپروتیک**. مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد ۱۴۰۳؛ ۳۲ (۱۱): ۸۴۰۳-۸۳۹۰.

۱- دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
۲- گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
*(نویسنده مسئول)؛ تلفن: ۰۵۴۳۱۱۳۶۷۲۶، پست الکترونیکی: Mo.omid@ped.usb.ac.ir، صندوق پستی: ۹۸۱۶۷۴۵۶۳۹

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2025-02-25]

[DOI: 10.18502/ssu.v32i11.17782]

مقدمه

روند پیری جمعیت به سرعت در حال افزایش و احتمالاً پوکی استخوان (osteoporosis) در این جمعیت به یکی از بیماری‌های سالمندان تبدیل می‌شود (۱). استخوان بخش اصلی سیستم اسکلتی و بافت متابولیکی فعال است که با دو فرآیند بازجذب و تشکیل، بازسازی می‌شود. از بین رفتن تعادل بین این دو فرآیند، موجب کاهش توده استخوانی خواهد شد. بیماری‌های متعددی سیستم اسکلتی را تهدید می‌کند که از بین آن‌ها پوکی استخوان شایع‌ترین است؛ که به‌وسیله توده پایین استخوانی و از بین رفتن ریزساختارهای استخوان مشخص و سبب افزایش خطر شکستگی استخوان می‌گردد (۲). شکستگی استخوان در زنان حدود ۳۰ درصد است که منجر به تغییر سبک زندگی آن‌ها می‌شود (۳). شیوع پوکی و میزان مرگ و میر ناشی از آن، مساوی با بیماری‌های قلبی عروقی و دیابت است. شکستگی استخوان ران و مهره‌ها به‌عنوان شایع‌ترین شکستگی‌ها و با افزایش خطر مرگ و میر ارتباط دارند. علت عمده پیدایش استئوپروز وجود عدم تعادل و تناسب بین سلول‌های استخوان‌ساز و استخوان‌شکن می‌باشد (۴). بافت همبند استخوان یک ماده ساختمانی خود ترمیم است که قادر به تطابق شکل و خواص خود نسبت به تغییرات مکانیکی بوده و فعالیت‌های فیزیکی ارادی زندگی را بدون شکسته شدن یا بروز درد تحمل می‌نماید. بیشترین میزان توده استخوانی در سن ۲۵ سال و بعد آن رشد استخوان‌ها متوقف و استخوان در بالاترین میزان چگالی قرار می‌گیرد (۵) خطر شکستگی استخوان بعد از ۳۰ سالگی افزایش می‌یابد. در حدود ۵۵-۴۵ سالگی زنان وارد مرحله‌ای به نام یائسگی می‌شوند. مشکل اصلی در یائسگی، از دست رفتن مواد معدنی استخوان به علت کاهش ترشح استروژن تخمدان‌ها است، که موجب افزایش خطر استئوپروز و شکستگی استخوان می‌شود (۶). باید گفت با شروع یائسگی سرعت کاهش تراکم استخوان در زنان چند برابر افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که در ۱۰ سال اول یائسگی، زنان حدود ۱۰ درصد از تراکم استخوان خود را از دست می‌دهند (۶). جلوگیری از پوکی استخوان، باعث افزایش طول عمر و زندگی سالم‌تر، همراه با کیفیت بهتر می‌شود. گزینه‌های درمان دارویی و غیردارویی به‌منظور حفظ تراکم ماده معدنی استخوان (Bone Mineral Density) در دوران جوانی گسترش داده شده‌اند. روش‌های درمانی بسیاری مانند جایگزینی استروژن و ترکیبات بیس فوسفانات، با هدف پیشگیری و درمان پوکی استخوان توسعه یافته‌اند، اما استفاده بلند مدت از این داروها، به دلیل عوارض جانبی دارای محدودیت است (۷)، از این‌رو محققان به دنبال استراتژی‌های درمانی غیردارویی هستند. درمان‌های غیردارویی مانند فعالیت‌بدنی که برای بیماران استئوپروتیک به‌طور ویژه طراحی شده‌اند، می‌توانند BMD را افزایش و یا حفظ کند، اما با وجود تعیین اثر مثبت فعالیت‌بدنی بر استخوان بعضاً تناقضات بسیاری در خصوص ویژگی‌های تمرین از قبیل شدت، مدت، تکرار و نوع تمرین، در اثرگذاری بر بهبود استخوان وجود دارد. فعالیت‌بدنی، می‌تواند به‌عنوان یک مداخله‌ی غیردارویی مهم بدون عوارض جانبی و با هزینه‌های کم، برای پیشگیری و درمان از دست دادن توده استخوانی در نظر گرفته شود. به‌علاوه، تقویت عضلات باعث افزایش ثبات قامتی، قدرت و ظرفیت عملکردی و تعادل می‌گردد و در نهایت از سقوط و شکستگی جلوگیری می‌نماید (۸) و از طریق سازگاری‌های حاصل از اعمال بار مکانیکی بر استحکام استخوان تأثیر بگذارد. توجه به این نکته ضروری است که تنها تمرین معینی می‌توانند سبب حفظ یا تشکیل استخوان شود (۹). ورزش با تحریک کردن استخوان سبب بهبود توده استخوانی و با تنظیم هورمون‌هایی مانند استروژن سبب بازسازی استخوان می‌شود (۱۰)؛ بنابراین برای دستیابی به بهترین نوع برنامه مداخله‌ای بر بهبود توده استخوان، لازم است پروتکل‌های متفاوت تمرین مورد مقایسه قرار گیرند تا بتوان به یک شیوه‌ی تمرینی مطلوب و بهینه دست یافت. برخی مطالعات، ورزش منظم را ابزاری برای بهبود سلامت استخوان پیشنهاد کرده‌اند (۱۱). Rulu و همکاران در سال ۲۰۱۹ نشان دادند: فعالیت‌بدنی عامل مهمی در کاهش نقص تراکم معدنی استخوان زنان است (۱۲). محققان مشاهده کرده‌اند که تمرین ترکیبی به‌طور معناداری در تراکم استخوان سالمندان اثرگذار

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2025-02-25]

[DOI: 10.18502/ssu.v32i11.17782]

CC BY-NC 4.0

است (۱۳). Holubiac و همکاران در سال ۲۰۱۹ در تحقیقی نشان دادند: تمرین مقاومتی با استفاده از وزنه، تأثیرات مثبتی بر مواد معدنی استخوان دارد (۱۴). Olstad و همکاران در سال ۲۰۲۰ گزارش کردند، تمرین ورزشی در ساده‌ترین سطح، باعث بهبود عملکرد افراد دارای پوکی استخوان می‌شود (۱۵). Stanghelle و همکاران در سال ۲۰۲۰ بیان نمودند، دوازده هفته تمرین مقاومتی و تعادلی باعث کاهش ترس از سقوط در زنان با کاهش تراکم استخوان می‌گردد (۱۶). Souza و همکاران در سال ۲۰۲۰ گزارش نمودند که تمرین مقاومتی سبب بهبود تراکم استخوان مهره‌های کمری می‌شود (۱۷). بیک و همکاران در سال ۲۰۲۲ اثربخشی ترکیب ویبرشن و تمرین مقاومتی بر ارتقاء سلامتی و بهبود ریسک فاکتورهای پوکی استخوان را تأیید کرده‌اند (۱۸). در مطالعه‌ای با هدف مقایسه اثر پاسخ دوز تمرینات مقاومتی بر BMD مهره‌های کمری در سالمندان، نتایج نشان داد، برنامه‌ی تمرین مقاومتی بسته به شدت و تکرارشان باعث بهبودی تراکم مهره کمری می‌شود (۱۹). یک تحقیق بیان داشت که اجرای هشت هفته تمرین تناوبی با شدت بالا باعث بهبود تراکم معدنی استخوان می‌شود (۲۰). پژوهشی با هدف بررسی اینکه آیا ورزش شنا می‌تواند تجمع استخوانی را بهبود بخشد، نشان داد هشت هفته ورزش شنا باعث بهبود تراکم استخوان می‌شود (۲۱). مطالعه پاپادوپولز و همکاران در سال ۲۰۲۰ نشان داد، شش ماه تمرین هوازی به‌همراه تمرین مقاومتی سبب بهبود تراکم استخوان نمی‌شود (۲۲). پیس‌زینس و همکاران در سال ۲۰۲۱ در پژوهشی دریافتند که هیچ تفاوت معنی‌داری در توده اسکلتی بعد از فعالیت ورزشی منظم مشاهده نمی‌شود (۲۳). در تحقیقی هاری‌جانتو و همکاران در سال ۲۰۲۲ به این نتیجه رسیدند که تمرین مقاومتی اثرات هم‌افزایی معنی‌داری بر تراکم معدنی استخوان در ستون فقرات ندارد (۲۴). یافته‌های سنیجدرز و همکاران در سال ۲۰۱۹ نشان می‌دهد: اگر چه تمرین مقاومتی طولانی‌مدت سبب بهبود نشانگرهای استخوانی در افراد مسن می‌شود، اما در صورت عدم ادامه برنامه حرکتی، این بهبود از بین خواهد رفت (۲۵). با وجود اثر مثبت تمرین ورزشی بر استخوان و بعضاً تناقضات موجود، هنوز ویژگی‌های تمرین از قبیل شدت، مدت و نوع تمرین، که به‌طور مؤثرتری توده استخوان را افزایش و یا تخریب آن را کاهش دهد، به‌طور قطع تعیین نشده است. لذا توجه به این نکته، ضروری است که تنها تمرین معینی می‌توانند تشکیل استخوان را بهبود بخشند. جمع‌بندی انجام شده بیان می‌دارد که هنوز فرآیندهای بیولوژیکی در پاسخ استئوژنیک بافت استخوانی به فشارهای مکانیکی اعمال شده توسط ورزش کاملاً شناخته نشده‌اند؛ لذا در این تحقیق، با ترکیب دو نوع برنامه تمرینی مستقل با شدت، مدت و نوع مشخص، درصدد برآمدیم تا علاوه بر اثرگذاری جداگانه هر کدام از برنامه‌های تمرینی، اثرگذاری همزمان دو تمرین را بررسی نمائیم. بنابراین پژوهش حاضر به‌دنبال پاسخ این سؤال است که آیا تمرین مقاومتی، شنا و ترکیبی (مقاومتی+شنا) بر تراکم ماده معدنی L5 در رت‌های ماده ویستار دارای پوکی استخوان تأثیر معنی‌داری دارد؟ یا خیر؟

روش بررسی

نوع پژوهش حاضر، تجربی و جامعه آماری شامل تمامی رت‌های ماده سالم نژاد ویستار بودند؛ نمونه تحقیق، شامل ۳۶ سر رت ویستار ماده سالم یک‌ونیم ماهه با میانگین وزن اولیه ۱۹۰-۱۷۰ گرم بودند. رت‌ها به مدت دو هفته تا رسیدن به سن بلوغ اسکلتی و ورود به فاز رمودلینگ در آزمایشگاه نگهداری شدند. کلیه رت‌ها در گروه‌های ۳ و ۴ تایی در قفس‌های پلی‌کربنات و ابعاد ۱۵× ۱۵× ۳۰ سانتی‌مترمکعب نگهداری و ظرف آب استاندارد ۵۰۰ میلی‌لیتر مخصوص رت استفاده شد. اتاق آن‌ها براساس سیکل روشنایی تناوبی، ۱۲ ساعت نور و ۱۲ ساعت خاموشی داشت. برای پیشگیری از شیوع بیماری در آزمایشگاه، با نصب فن، تهویه آزمایشگاه به صورت دائم صورت می‌گرفت. با استفاده از رطوبت‌سنج و دستگاه بخور، رطوبت هوا ۵۵-۵۰ درصد نگهداشته و دمای آزمایشگاه ۲۲±۲ درجه سانتی‌گراد بود. پوشال‌ها به‌صورت روزانه تعویض و اجزای خوراک رت‌ها شامل ذرت، چربی گیاهی، دی‌کلسیم‌فسفات، لیزین هیدروکلراید، متیونین، کنجاله

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2025-02-25]

[DOI: 10.18502/ssu.v32i11.17782]

CC BY-NC 4.0

سویا، گندم، کربنات کلسیم، نمک، آنتی‌اکسیدان، پودر ماهی و مکمل ویتامین و معدنی و دسترسی به آب نامحدود بود. تعداد ۱۲ سر رت در مطالعه اولیه و ۲۴ رت باقی مانده در مطالعه اصلی پژوهش، تقسیم‌بندی شدند. جهت تأیید القای استئوپروسیس در مطالعه اولیه، ۱۲ سر رت به‌صورت تصادفی، به دو گروه سالم و تزریق الکل (هر گروه ۶ سر رت) تقسیم و القای استئوپروسیس با تزریق ۳ هفته‌ای صفاقی محلول ۲۰٪ الکل اتانول و سالین با دوز ۳ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن رت، یک نوبت در روز و ۴ روز در هفته انجام شد. ۲۴ سر رت باقی مانده در مطالعه اصلی، پس از القای استئوپروسیس به‌صورت تصادفی به ۴ گروه (۱.گروه تمرین مقاومتی، ۲.گروه تمرین شنا، ۳.گروه تمرین ترکیبی و ۴.گروه کنترل) (هر گروه ۶ سر رت) تقسیم شدند. برای همسان‌سازی وزن بدن گروه کنترل با گروه‌های تمرین، گروه کنترل تنها مقدار متوسط غذای مصرف شده به‌وسیله گروه‌های تمرینی در طی روز قبل را مصرف کردند. وزن بدن و غذای دریافتی به‌صورت روزانه قبل از تمرین اندازه‌گیری می‌شد. پس از پایان ۱۲ هفته تمرین، تمامی رت‌ها، به‌وسیله تزریق زایلازین و کتامین بیهوش و نمونه‌های استخوانی جهت ارزیابی دنسیتومتریک در گازهای آغشته به سالین برای جلوگیری از دهیدراسیون قرار داده و تا زمان انجام تست در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد در فریزر نگهداری شدند. جهت وزن‌کشی روزانه رت‌ها از ترازوی mettle pc 2000 ساخت کشور سوئیس استفاده و جهت انجام تزریق اتانول برای القای پوکی استخوان و نیز برداشت نمونه‌های استخوانی از ستون مهره‌ها و جداسازی بافت‌های نرم، از ست کامل لوازم جراحی و وسائل بهداشتی نظیر الکل، بتادین، گاز استریل، سرنگ و ... استفاده شد؛ جهت ارزیابی تراکم ماده معدنی مهره‌های L5 از دستگاه دگزا (LEXXOS, USA) که برای اندازه‌گیری در حیوانات کوچک تطبیق داده و به یک کامپیوتر جهت انتقال داده‌ها لینک شده بود، استفاده شد. متغیرهای وابسته تحقیق در مطالعه اولیه "در وضعیت‌های سالم و القاء استئوپروتیک(پیش آزمون)" (حداکثر نیروی شکست، سفتی و تراکم ماده معدنی در ناحیه فمور) و متغیر تراکم ماده معدنی L5 در مطالعه اصلی بررسی شدند.

پروتکل‌های تمرین: یک هفته پس از القای پوکی استخوان در نمونه‌های تحقیق، پروتکل‌های تمرینی شامل ۵ جلسه در هفته و به مدت ۱۲ هفته به‌صورت زیر اعمال گردید:

پروتکل تمرین مقاومتی: پروتکل آشناسازی به مدت ۳ روز شامل سه تلاش در روز بود. پیش از پروتکل مقاومتی، برنامه آشناسازی رت‌ها با تمرین مقاومتی روی نردبان عمودی (۱۱۰ سانتی‌متر طول و ۳۵ سانتی‌متر عرض و ۲ سانتی‌متر فواصل پله‌ای) با زاویه ۸۰ درجه نسبت به سطح افق بود. یک جعبه با مشخصات (طول×عرض×ارتفاع=۲۰×۲۰×۲۰سانتی‌متر) در بالای نردبان تعبیه گردید تا رت‌ها در فواصل بین ست‌های بالا رفتن از نردبان در آن استراحت کنند. در اولین مرحله، حیوان در استراحت‌گاه تعبیه شده در بالای نردبان به مدت ۶۰ ثانیه قرار داده می‌شد. در تلاش اول، حیوان در یک‌سوم بالایی نردبان، در مرحله دوم در نیمه نردبان و در تلاش سوم، حیوان در پایین‌ترین ارتفاع قرار می‌گرفت. این تلاش به‌عنوان عملکرد اصلی حرکت در نظر گرفته شد (۲۶). هر جلسه پروتکل مقاومتی، یک پروتکل پیشرونده بود که شامل ۸ ست بالارفتن از نردبان با اضافه بار پیشرونده متصل شده به پروگزیمال دم رت بود که وزنه‌های فلزی به تدریج درون یک کیسه متصل به دم رت که به‌وسیله یک نوار به دم حیوان متصل شده بود، اضافه می‌شدند. هر ست شامل ۸ تا ۱۲ تکرار تا رسیدن به جعبه استراحت فوقانی بود. وزنه اضافه شده به دم رت‌ها در ست‌های اول و دوم، برابر با ۵۰٪ وزن بدن حیوان، در ست‌های سوم و چهارم ۷۵٪ وزن بدن حیوان، ۹۰٪ برای ست‌های پنجم و ششم و در لود نهایی ۱۰۰٪ بود. در فواصل بین ست‌ها، رت‌ها به مدت ۶۰ ثانیه در جعبه فوقانی استراحت می‌کردند. وزنه‌های در نظر گرفته شده به شکل براده‌های فلزی مستطیل شکل کوچکی به وزن تقریبی ۳ گرم بودند که درون یک کیسه و توسط نوار چسب به پروگزیمال دم رت‌ها بسته می‌شد. جلسات تمرین برای هر حیوان بین ۲۰ تا ۳۰ دقیقه بود.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2025-02-25]

[DOI: 10.18502/ssu.v32i11.17782]

CC BY-NC 4.0

پروتکل تمرین شنا: پروتکل تمرین شنا به‌وسیله رت‌ها ۴۵ دقیقه در روز برای ۵ روز در هفته و به مدت ۱۲ هفته در آبی یا دمای هوای محیط انجام شد.

وان شنا (0.5 m × 0.45 m × 0.45 m) بود که با ۲۰ سانتی‌متر عمق آب پر و رت‌ها جهت انجام تمرین در آن قرار داده شدند. در پایان تمرین شنا، حیوانات کاملاً خشک شده و به قفس‌ها منتقل می‌شدند (۲۷).

پروتکل تمرین ترکیبی: پروتکل تمرین ترکیبی شامل ترکیب دو تمرین مقاومتی و تمرین شنا بود. در طول یک جلسه رت‌های گروه ترکیبی، در نیمه ابتدای هر جلسه، تمرین مقاومتی و در نیمه دوم آن، تمرین شنا را انجام می‌دادند. در پروتکل ترکیبی، رت‌ها تمرین مقاومتی را در ۴ ست ۸ تا ۱۲ تکراری با اضافه بار معادل ۵۰٪ وزن بدن رت برای ست اول، ۷۵٪ برای ست دوم، ۹۰٪ برای ست سوم و سرانجام ۱۰۰٪ وزن حیوان برای ست چهارم، انجام می‌دادند. سپس نصف مدت زمان گروه شنا، به تمرین شنا می‌پرداختند. تمرین مقاومتی همواره پیش از تمرین شنا طراحی شد تا از خستگی زودرس حیوان ناشی از تمرین شنا جلوگیری شود (۲۷).

نمونه‌برداری استخوانی: جهت ارزیابی نمونه‌های استخوانی، ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین، رت‌ها به‌وسیله زایلازین (۴ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) و کتامین (۵۰میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) بیهوش شده، میز جراحی توسط اتانول ۷۰٪ ضدعفونی و وسایل جراحی نیز قبلاً توسط اتوکلاو استریل گردید. سپس نمونه‌های استخوانی مربوط به مهره L5، پس از جداسازی بافت نرم و بدون آسیب رسیده به بافت استخوان، جداسازی و جهت جلوگیری از دهیدراسیون در گاز آغشته به سالین قرار داده و به‌صورت جداگانه بسته‌بندی و تا زمان انجام تست‌ها در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد در فریزر نگهداری شدند.

نحوه انجام تراکم سنجی ماده معدنی استخوان: برای انجام دنسیتومتری نمونه‌های استخوانی مهره‌های L5 تمامی گروه‌های مورد مطالعه که پس از جداسازی از بافت‌های نرم که در دمای ۸۰- سانتی‌گراد تا زمان انجام تست در فریزر نگهداری شده بودند، ۳ ساعت پیش از انجام تست دنسیتومتری در دمای طبیعی اتاق اسکن قرار داده و جهت جلوگیری از دهیدراسیون به سالین آغشته و مرطوب شدند. مهره‌ها به‌صورت قدامی–خلفی بروی میز دستگاه قرار گرفته و به‌وسیله دستگاه جذب‌سنجی دوگانه اشعه ایکس (دگزا) اسکن شدند.

تجزیه و تحلیل آماری

برای بررسی توزیع نرمال داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک و همگنی واریانس‌ها از آزمون لون استفاده گردید. مقایسهٔ میانگین‌های متغیرها در مطالعه اولیه با آزمون تی‌مستقل و متغیر تراکم ماده معدنی L5 با آزمون آنالیز واریانس یک‌راهه (ANOVA) و از آزمون تعقیبی توکی نیز برای بررسی تفاوت گروه‌های کنترل و آزمایش استفاده شد. کلیه روش‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS version 16 در سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ تحلیل شدند ($p<0/05$).

نتایج

تغییرات وزن گروه‌های مداخله، در مقایسه با وضعیت پایه افزایش داشت، اما تفاوت آماری معنی‌داری در اندازه وزن بدن رت‌ها در پایان مداخله ورزش مشاهده نشد (جدول ۱).

میانگین متغیرهای وابسته در وضعیت پس آزمون (پس از القاء استئوپروز) با وضعیت سالم (قبل از القاء استئوپروز)، در دو گروه سالم و القاء استئوپروز (تزریق الکل) با آزمون تی‌مستقل مقایسه شدند (جدول۲).

براساس نتایج جدول ۲ با مقایسه میانگین متغیرهای وابسته دو گروه سالم و القاء استئوپروز در وضعیت پایه، جهت بررسی تأثیر الکل بر ایجاد استئوپروسیس در گروه‌های مورد مطالعه، نتایج مطالعه اولیه (آزمون تی‌مستقل) وقوع پوکی استخوان در رت‌ها پس از تزریق اتانول به شکل ایجاد تغییرات در دانسیته ماده معدنی استخوان فمور، حداکثر نیروی شکست فمور، سفتی استخوان فمور و سطح سرمی آلکالین فسفاتاز به نشانه شرایط استئوپروتیک آشکار گردید و می‌توان گفت که تزریق صفاقی الکل با دوز مطرح شده موجب القای استئوپروسیس در نمونه‌های مورد مطالعه گردید. میانگین مقادیر تراکم ماده معدنی L5 در نمودار ۱ ارائه شده است. جهت بررسی تأثیر

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2025-02-25]

[DOI: 10.18502/ssu.v32i11.17782]

CC BY-NC 4.0

تمرینات مقاومتی، شنا و ترکیبی بر تراکم ماده معدنی L5 رت‌های ماده ویستار استئوپروتیک در گروه‌های پژوهش از آزمون تی‌مستقل استفاده شد (جدول ۳).

با توجه به جدول ۳، چون سطح معنی‌داری به‌دست آمده در گروه‌های تمرین مقاومتی و ترکیبی کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد (p=0/00)، بنابراین تفاوت معنی‌داری در میانگین تراکم ماده معدنی L5 پایه و پس‌آزمون در گروه‌های تمرین مقاومتی و ترکیبی وجود دارد؛ ولی در گروه‌های تمرین شنا و کنترل سطح معنی‌داری به دست آمده بیشتر از ۰/۰۵ می‌باشد (p=1/00)، بنابراین تفاوت معنی‌داری در میانگین تراکم ماده معدنی L5 پایه و پس‌آزمون در این گروه‌ها وجود ندارد؛ لذا تأثیر تمرینات مقاومتی، شنا و ترکیبی بر تراکم ماده معدنی L5 رت‌های ماده ویستار استئوپروتیک با یکدیگر متفاوتند. بررسی تغییرات تراکم ماده معدنی L5، در چهار گروه تحقیق با استفاده از تحلیل واریانس یک‌راهه انجام و از آزمون لون برای همگنی واریانس‌ها استفاده شد. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه در جدول ۴ ارائه شده است.

با توجه به جدول ۴، چون سطح معنی‌داری به‌دست آمده کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد (p=0/00)، بنابراین تفاوت معنی‌داری در میانگین‌های پس‌آزمون تراکم ماده معدنی L5 بین چهار گروه تمرین شنا، مقاومتی، ترکیبی و گروه کنترل وجود دارد. برای مقایسهٔ زوجی گروه‌ها از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد (جدول۵). بر اساس جدول ۵، تراکم ماده معدنی L5 گروه ترکیبی افزایش معنی‌داری را در مقایسه با دو گروه تمرین شنا و گروه کنترل نشان داد (p=0/00)؛ این افزایش در مقایسه با گروه مقاومتی نیز وجود داشت هر چند از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (p=0/08). گروه مقاومتی افزایش معنی‌داری را در این متغیر در مقایسه با گروه شنا (p=0/00) و کنترل (p=0/00) نشان داد. از طرفی، تراکم ماده معدنی L5 گروه شنا به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از گروه کنترل بود (p=0/00).

جدول۱: مقایسه وزن گروه‌های مورد مطالعه قبل و پس از برنامه تمرین با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه

وزن(گرم) گروه	سالم	القاء استئوپروز	کنترل	شنا	مقاومتی	ترکیبی	P
پیش‌آزمون	۲۵۸/۷ ± ۸/۶	۲۴۶/۵ ± ۱۱/۷	۲۵۰/۵ ± ۱۶	۲۳۸ ± ۱۵/۲	۲۵۰/۸ ± ۱۴/۲	۲۵۹ ± ۱۲/۶	۰/۵۹۵
پس‌آزمون	------	---------	۴۰۵/۱ ± ۸	۳۸۹ ± ۱۴/۳	۴۰۹/۲ ± ۱۱/۱	۳۸۸/۱ ± ۱۴/۹	۰/۱۹۷

* اختلاف در سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ است ($p<0/05$).

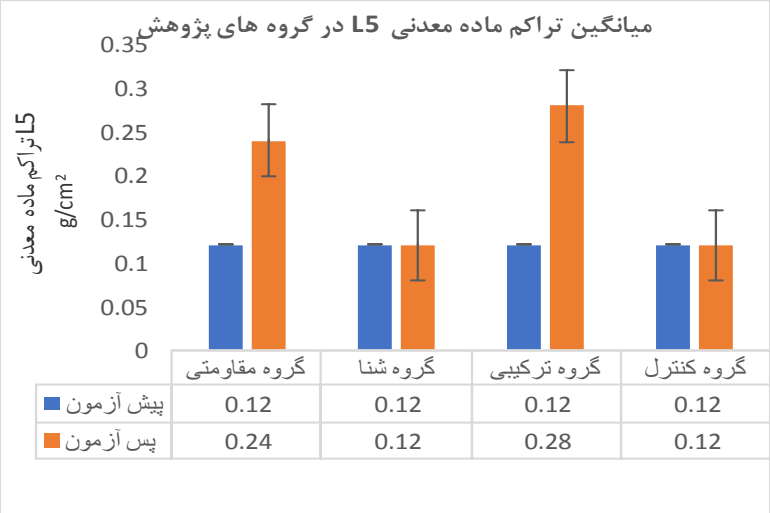
جدول۲: مقایسه متغیرها در دو گروه سالم و القاء استئوپروز با استفاده از آزمون تی‌مستقل

متغیرها	گروه	انحراف معیار ± میانگین	اختلاف میانگین‌ها	آماره t	P
حداکثر نیروی شکست فمور (نیوتن)	سالم	۱۳۲/۰۶ ±۱۵/۵۶	- ۵۸/۱۸	- ۶/۵۹	*۰/۰۰۰
	القاء استئوپروز	۷۳/۸۸ ± ۶/۱۶			
سفتی استخوان فمور (نیوتن بر میلی‌متر)	سالم	۱۹۶/۰۹ ± ۸/۴۲	- ۹۴/۲۱	- ۱۷/۹۱	*۰/۰۰۰
	القاء استئوپروز	۱۰۱/۸۸ ± ۶/۸۵			
دانسیته ماده معدنی فمور (گرم بر سانتی‌مترمربع)	سالم	۰/۲۳ ± ۰/۰۱	- ۰/۱۲	- ۱۲/۸۸	* ۰/۰۰۰
	القاء استئوپروز	۰/۱۱ ± ۰/۰۰			
آلکالین فسفاتاز ویژه استخوان (واحد بین‌المللی بر لیتر)	سالم	۹۹/۷۴ ± ۴/۶۶	- ۳۸/۶۵	- ۱۴/۱۲	*۰/۰۰۰
	القاء استئوپروز	۶۱/۰۹ ± ۵/۲۲			

* اختلاف در سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۱ است ($p<0/01$).

CC BY-NC 4.0

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2025-02-25]
[DOI: 10.18502/ssu.v32i11.17782]



نمودار ۱: میانگین مقادیر تراکم ماده معدنی L5

جدول ۳: مقایسه تراکم ماده معدنی L5 گروه مقاومتی، شنا و ترکیبی در دو مرحله پیش و پس از مداخله با استفاده از آزمون تی‌مستقل

متغیر	گروه	مرحله	انحراف‌معیار ± میانگین	اختلاف میانگین‌ها (پیش‌آزمون- پس‌آزمون)	آماره t	P
تراکم ماده معدنی L5 (گرم بر سانتی‌مترمربع)	گروه مقاومتی	پیش‌آزمون	۰/۱۲ ± ۰/۰۱	-۰/۱۲	-۱۷/۳۰	٭۰/۰۰۰
		پس‌آزمون	۰/۲۴ ± ۰/۰۱			
	گروه شنا	پیش‌آزمون	۰/۱۲ ± ۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰۰
		پس‌آزمون	۰/۱۲ ± ۰/۰۱			
	گروه ترکیبی	پیش‌آزمون	۰/۱۲ ± ۰/۰۱	-۰/۱۶	-۲۴/۲۰	٭۰/۰۰۰
		پس‌آزمون	۰/۲۸ ± ۰/۰۰			
	گروه کنترل	پیش‌آزمون	۰/۱۲ ± ۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰۰
		پس‌آزمون	۰/۱۲ ± ۰/۰۱			

٭ اختلاف در سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ است ($p<0/05$).

جدول ۴: مقایسه تراکم ماده معدنی L5 در مرحله پس‌آزمون در گروه‌های مورد مطالعه با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه

متغیر	گروه	مرحله	انحراف‌معیار ± میانگین	آماره آزمون F	P
تراکم ماده معدنی L5 (گرم بر سانتی‌مترمربع)	گروه مقاومتی	پس‌آزمون	۰/۲۴ ± ۰/۰۱	۴۶/۱۲	٭۰/۰۰۰
	گروه شنا	پس‌آزمون	۰/۱۲ ± ۰/۰۱		
	گروه ترکیبی	پس‌آزمون	۰/۲۸ ± ۰/۰۰		
	گروه کنترل	پس‌آزمون	۰/۱۸ ± ۰/۰۴		

٭ اختلاف در سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ است ($p<0/05$).

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2025-02-25]

[DOI: 10.18502/ssu.v32i11.17782]

CC BY-NC 4.0

جدول ۵: مقایسه میانگین تراکم ماده معدنی L5 در مرحله پس از مداخله با استفاده از آزمون تعقیبی توکی

متغیر	گروه	مرحله	اختلاف میانگین‌ها	P
تراکم ماده معدنی L5 (گرم بر سانتی‌مترمربع)	گروه ترکیبی	گروه مقاومتی	۰/۰۳	۰/۰۸۰
		گروه شنا	۰/۱۶	٭۰/۰۰۰
		گروه کنترل	۰/۰۹	٭۰/۰۰۰
	گروه مقاومتی	گروه شنا	۰/۱۲	٭۰/۰۰۰
		گروه کنترل	۰/۰۵	٭۰/۰۰۳
	گروه شنا	گروه کنترل	-۰/۰۶	٭۰/۰۰۱

٭ اختلاف در سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ است ($p<0/05$).

بحث

دستاورد اولیه پژوهش مقدماتی و قبل از مداخلات تمرینی مشاهده شد که تراکم مواد معدنی استخوان فمور، حداکثر نیروی شکست و سفتی استخوان فمور رت‌های ماده‌ای که تزریق داخل صفاقی اتانول را انجام دادند در قیاس با رت‌های سالم، کاهش معنی‌داری داشته، که با نتایج تحقیق Maurel و همکاران مطابقت دارد (۲۸). مداخله‌ی تمرین ترکیبی و تمرین مقاومتی باعث افزایش معنی‌داری در مقادیر تراکم ماده معدنی L5 در مقایسه با مرحله پیش آزمون رت‌های ماده ویستار استئوپروتیک گردید؛ در حالی‌که این افزایش در گروه تمرین شنا از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. در راستای نتایج پژوهش حاضر، در تحقیقی نشان داده شد که یک برنامه تمرینی مؤثر می‌تواند از کاهش تراکم ماده معدنی مهره‌های کمری جلوگیری کرده و باعث افزایش توده استخوانی گردد (۲۹). عباسی و همکاران در سال ۲۰۱۸ نشان داده‌اند که تمرین شدید ورزشی بر تراکم استخوان زنان اثر مثبت دارد (۲۰). رولو و همکاران در سال ۲۰۱۹ در مطالعه‌ی زنان عنوان کردند که فعالیت‌بدنی عامل مهمی در کاهش نقص تراکم معدنی استخوان است (۱۲). هم‌چنین به‌نظر می‌رسد فعالیت‌بدنی به‌عنوان یک مداخله‌ی غیردارویی برای افزایش تراکم معدنی و جلوگیری از پوکی استخوان است (۳۰). در مطالعه حاضر تمرین ترکیبی (مقاومتی+شنا) باعث افزایش تراکم ماده معدنی L5 در موش‌های ماده ویستار استئوپروتیک شد و بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر می‌توان بیان کرد این نوع تمرین یک مداخله‌ی غیردارویی جهت پیشگیری و بهبود شکستگی‌های استئوپروتیک در سنین بالا است و سرعت از دست رفتن توده استخوانی را کاهش دهد. اعمال بار مکانیکی همچون ورزش به عنوان محرک آنابولیک برای استخوان عمل می‌کند و آنچه بیشتر اهمیت دارد آن است که، تحریک استخوان‌سازی را بیشتر در مناطقی از استخوان ایجاد می‌کند که نیاز بیشتری به افزایش استحکام استخوانی وجود دارد. زمانی و همکاران (۱۳۸۷)، به مقایسه تراکم استخوان در خانم‌های ورزشکار و غیرورزشکار پرداختند؛ یافته‌های آن‌ها نشان داد که ورزش منظم قبل از یائسگی با افزایش تراکم استخوان‌ها می‌تواند سبب کاهش ریسک شکستگی شود (۳۱). طی گزارش ساگاما و همکاران در سال ۲۰۲۰ ورزشکاران جوان با عضلات قوی میزان تراکم معدنی استخوان و محتوای مواد معدنی استخوان در مقایسه با غیر ورزشکاران افزایش یافته است (۳۲). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که فعالیت‌بدنی منظم می‌تواند بر ساختار استخوان و عضلات تأثیر مثبت بگذارد. در مطالعه حاضر، تراکم ماده معدنی مهره کمری L5 بررسی شد که نتایج، حاکی از اثر تمرینات ورزشی ترکیبی و مقاومتی بر روی افزایش تراکم ماده معدنی مهره کمری گروه تمرین بود که با نتایج مطالعات گزارش شده؛ همخوانی دارد. در خصوص هم‌خوانی مطالعات ذکر شده با مطالعه حاضر می‌توان گفت که همسانی شدت برنامه تمرین در تحقیقات می‌تواند مؤید نتایج همسان باشد. تمرینات ترکیبی (مقاومتی و شنا) و مقاومتی به‌طوری‌که عضلات و استخوان‌ها بیشتر تحت فشار مکانیکی قرار می‌گیرند در افزایش تراکم و قدرت مکانیکی استخوان‌ها مؤثرتر هستند. برخی مطالعات ناهمسو با نتایج تحقیق حاضر هستند از جمله: پاپادوپولز و

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2025-02-25]

[DOI: 10.18502/ssu.v32i11.17782]

CC BY-NC 4.0

همکاران در سال ۲۰۲۰ نشان دادند، شش ماه تمرین هوازی به همراه تمرین مقاومتی سبب بهبود تراکم استخوان نمی‌شود (۲۲). پیس زینس و همکاران در سال ۲۰۲۱ هیچ تفاوت آماری معنی‌داری در توده اسکلتی بعد از فعالیت ورزشی منظم مشاهده نکردند (۲۳). هاری‌جانتو و همکاران در سال ۲۰۲۲ بیان کردند: تمرین مقاومتی اثرات هم‌افزایی معنی‌داری بر تراکم معدنی استخوان در ستون فقرات ندارد (۲۴)؛ هم‌چنین در سال ۲۰۱۸، آکاگاوا گزارش داد که ورزش منظم روی تردمیل نمی‌تواند تراکم ماده معدنی استخوان را در بیماران دیابتی بهبود بخشد (۳۳). عدم هم‌خوانی نتایج برخی مطالعات با یافته‌های این پژوهش شاید ناشی از نوع جامعه، جنسیت، تفاوت در شدت، مدت و بار مکانیکی تمرین‌ها باشد. در تفسیر نتایج پژوهش می‌توان گفت که انقباض عضلات با تحریک بازسازی بافت می‌تواند تراکم ماده معدنی استخوان را افزایش دهند (۳۴). عموماً فعالیت‌هایی مقاومتی به دلیل نوع تمرینی که با وزن اجرا می‌شود، اثرات مثبت بیشتری را نشان می‌دهد و اجرای تمرین این شانس را ایجاد می‌نماید تا استخوان‌هایی که فعالیت روزمره کمتر تحت فشار مکانیکی قرار دادند، استحکام بیشتری پیدا کنند (۳۵) به‌نظر می‌رسد که تحریکات مکانیکی اعمال شده به‌وسیله تمرین ورزشی مقاومتی، یک استراتژی مناسب و مفید برای بی اثر کردن مرگ استئوسیتی مرتبط با افزایش سن، کاهش استروژن، مصرف مزمن الکل و ... که همگی منجر به پوکی استخوان می‌شوند، باشد (۳۶). موارد احتمالی متعددی در خصوص تأثیر تمرین مقاومتی بر افزایش تراکم ماده معدنی استخوان وجود دارد که عبارتند از: کاهش تخریب استخوان از طریق کاهش تعداد استئوکلاست‌ها و افزایش تشکیل استخوان از طریق افزایش تعداد استئوبلاست‌ها، بار مکانیکی بهینه در تمرین مقاومتی و میزان بالای استرین (تغییر در استخوان) تمرین مقاومتی و توزیع غیرمعمول آن (۳۷). از سوی دیگر احتمال افزایش بار فشاری مهره L5 به دلیل اتصال وزنه به دم حیوان بر روی ناحیه کمر می‌باشد. به‌طور کلی، فعالیت ورزشی و تمرین قدرتی با حفظ BMD از طریق، افزایش فعالیت استئوبلاست مرتبط است، که تأثیر مستقیمی بر تولید استئوکلسین، نشانگر بازسازی استخوان و پروتئین اختصاصی استئوبلاست دارد (۳۸). نکته قابل توجه دیگر در این مطالعه، هم‌سو نبودن نتیجه تراکم ماده معدنی گروه‌های تمرین بود که لزوم توجه به ارزیابی‌های مختلف استخوان را ضروری می‌نماید. این یافته حاوی این نتیجه کلینیکی است که علیرغم اینکه دگزا یک روش ارزیابی غیر تهاجمی در انسان است، اما نتایج تراکم ماده معدنی حاصل از آن، تنها یکی از عوامل تعیین کننده استحکام استخوان است و مواردی چون هندسه استخوان، خواص بیوفیزیکی و بیومکانیکی استخوان، ممکن است مستقل از تراکم ماده معدنی در کاهش یا افزایش خطر شکستگی نقش داشته باشند و ظاهراً این تکنیک به تنهایی برای ارزیابی مداخله‌ی نقش فعالیت‌بدنی بر بافت استخوانی چندان کار آمد نیست. این شاخص، به‌طور عمده مقدار مواد معدنی رسوب شده و فقط کمیت بافت استخوانی را نشان می‌دهد. در حالی‌که، برای ارزیابی قدرت استخوان در برابر شکستگی‌های مرتبط با پوکی استخوان، پارامترهای کیفی متعدد مانند نسبت مواد و اجزاء تشکیل دهنده اصلی استخوان، شکل و اندازه استخوان، جنس مواد تشکیل‌دهنده و ریز ساختارهای بافت ترابیکولار و کوموشیکال، سطوح مؤلفه‌های تشکیل استخوان، همه بر قدرت و استحکام مکانیکی استخوان تأثیرگذار می‌باشند (۳۸). در همین راستا یافته‌های مطالعه فونسیکا و همکاران در سال ۲۰۱۴ نشان داد که تمرین مقاومتی از کاهش حجم ترابکولار L5 موش‌های اوراکتومی جلوگیری نمود، اما تغییر قابل ملاحظه‌ای در تراکم ماده معدنی ایجاد نکرد (۳۹). بیان شده است علی‌رغم اینکه تراکم ماده معدنی یک استاندارد برای ارزیابی استخوان است، اما این ابزار به‌عنوان یکی از شاخص‌های سلامت استخوان، تنها کمیت بافت استخوان را اندازه می‌گیرد، در حالیکه استخوان یک ساختار مجموعه کامل بوده و مقاومت آن در برابر شکستگی، به اثر متقابل ویژگی‌های مختلف آن مربوط می‌شود (۳۹). نتیجه قابل توجه دیگر در مطالعه ما این بود که ایجاد فشار مکانیکی بالا همراه توزیع غیریکنواخت آن در تمرین مقاومتی و همراهی

CC BY-NC 4.0

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2025-02-25]
[DOI: 10.18502/ssu.v32i11.17782]

آن با پروتکل ورزشی شنا "در تمرین ترکیبی" با پاسخ مثبت استخوان همراه بود به‌طوری‌که تراکم ماده معدنی در موش‌های گروه برنامه تمرین ترکیبی افزایش بیشتری را در مقایسه با دو گروه مقاومتی و شنا نشان داد.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه بیانگر این مسئله است که، تمرین ترکیبی (مقاومتی+ شنا) ممکن است یک اثر هم‌افزایی بر تراکم ماده معدنی L5 رت‌های ماده استئوپروتیک داشته و استحکام و قدرت استخوان را بهتر از اجرای محض تمرین مقاومتی و شنا افزایش دهد؛ لذا حفاظت بهینه‌تری را در برابر شکستگی و پوکی استخوان فراهم نماید. بنابراین انجام فعالیت‌بدنی منظم به دلیل حفظ سلامت جامعه و نیز با توجه به هزینه‌های سرسام‌آور درمان بیماری پوکی استخوان و بار مالی سنگین بر کیفیت زندگی افراد اهمیت پیشگیری از بروز آن قبل از نیاز به درمان، بیش از پیش نمایان و توصیه به اجرای تمرین ترکیبی و تمرین مقاومتی به افراد مبتلا به شکستگی استئوپروتیک می‌شود که در کنار سایر روش‌های تمرینی و درمانی از این تمرینات نیز جهت بهبود تراکم ماده معدنی استخوان استفاده و گسترش آن را مد نظر قرار دهند و می‌توان انتظار داشت که این تغییرات بتواند از خطرات و آسیب‌های احتمالی بکاهد.

ملاحظات اخلاقی

در پژوهش حاضر جهت رعایت ملاحظات اخلاقی از کمیته اخلاق دانشگاه سیستان و بلوچستان کد اخلاق به شماره IR.USB.REC.1400.038 دریافت شد.

سپاس‌گزاری

این مطالعه برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد گرایش فیزیولوژی ورزشی دانشگاه سیستان و بلوچستان است، از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان، اساتید محترم گروه علوم ورزشی تشکر و قدردانی می‌گردد.

حامی مالی: دانشگاه سیستان و بلوچستان

تعارض در منافع: وجود ندارد.

مشارکت نویسندگان

تمامی نویسندگان معیارهای استاندارد نویسندگی را بر اساس پیشنهادهای کمیتهٔ بین‌المللی ناشران مجلات پزشکی دارا و در طراحی، اجرا آنالیز داده‌ها و نگارش این پژوهش مشارکت فعال و به‌صورت مساوی داشتند.

References:

1- Vásquez-Araneda E, Solís -Vivanco RI, Mahecha -Matsudo S, Zapata -Lamana R, Cigarroa I. ***Characteristics of Physical Exercise Programs for Older Adults in Latin America: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials.*** Int J Environ Res Public Health 2021; 18(6): 2812.

2- Farazmand A, Shabani M, Akhlaghi F, Ramezanpour M. ***Comparison of The Bone Tissue Status of Lumbar Vertebrae of Menopausal Women Athletes (Yoga and Walking) and Non-Athletes.*** IJOGI 2013; 16(82): 16-23. [Persian]

3- Watts NB. ***Postmenopausal Osteoporosis: A Clinical Review.*** J Womens Health 2018; 27(9): 1093-6.

4- Boonen S, Wahl D, Nauroy L, Brandi M, Bouxsein M, Goldhahn J, et al. ***Balloon Kyphoplasty and Vertebroplasty in the Management of Vertebral Compression Fractures.*** Osteopor Int 2011; 22(12): 2915-34.

5- Malmir H, Saneei P, Larijani B, Esmaillzadeh A. ***Adherence to Mediterranean Diet in Relation to Bone Mineral Density and Risk of Fracture: A Systematic***

CC BY-NC 4.0

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2025-02-25]

[DOI: 10.18502/ssu.v32i11.17782]

Review and Meta-Analysis of Observational Studies. Eur J Nutr 2018; 57(6): 2147-60.

6- Pajouhi M, Hosseinnejad A, Soltani A, Maghbooli J, Madani Fes, Ardeshirlarijani M. ***Bone Mineral Density and Osteoporosis in Women Aged 10 to 75 Living in Tehran.*** ZJRMS 2013; 5(1): 21-8. [Persion]

7- Dabidi Roshan va, Hemti Safarshahi I, Nooredini H. ***The Interactive Effect of 8 Weeks of Endurance Training and Turmeric Extract on the Mineral Density of Different Areas of the Femur.*** Horizon of Knowledge 2012; 18(2): 56-62. [Persion]

8- Daly RM, Dalla Via J, Duckham RL, Fraser SF, Helge EW. ***Exercise for the Prevention of Osteoporosis in Postmenopausal Women: An Evidence-Based Guide to the Optimal Prescription.*** Braz J Phys Ther 2019; 23(2): 170-80.

9- Zhang S, Huang X, Zhao X, Li B, Cai Y, Liang X, et al. ***Effect of Exercise on Bone Mineral Density among Patients with Osteoporosis and Osteopenia: A Systematic Review and Network Meta- Analysis.*** J Clin Nurs 2022; 31(15-16): 2100-11.

10- Varahra A, Rodrigues IB, MacDermid JC, Bryant D, Birmingham T. ***Exercise to Improve Functional Outcomes in Persons with Osteoporosis: A Systematic Review and Meta-Analysis.*** Osteoporos Int 2018; 29(2): 265-86.

11- Marin -Puyalto J, Gomez -Cabello A, Gonzalez -Agüero A, Gomez -Bruton A, Matute -Llorente A, Casajus JA, et al. ***Is Vibration Training Good for Your Bones? An Overview of Systematic Reviews.*** Biomed Res Int 2018; 2018: 5178284.

12- Rulu P, Dhall M, Tyagi R, Devi KS, Feroz N, Kapoor S, et al. ***Factors Influencing Bone Mineral Density Among Adults of Delhi: A Gender Differential.*** J Health Manag 2019; 21(2): 199-209.

13- Ghasemi S, Sadeghi H. ***Effect of Different Exercises on the Bone Mineral Density, Pain and Quality of Life in People with Osteoporosis.*** The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine 2015; 4(3): 156-65. [Persian]

14- Holubiac IȘ, Grosu VT. ***An Explorative Literature Review of the Influence of Physical Exercises on Bone Mineral Density.*** Arena: Journal of Physical Activities 2019; 8.

15- Olstad OK, Gautvik VT, LeBlanc M, Kvernevik KJ, Utheim TP, Runningen A, et al. ***Postmenopausal Osteoporosis is a Musculoskeletal Disease with a Common Genetic Trait which Responds to Strength Training: A Translational Intervention Study.*** Ther Adv Musculoskelet Dis 2020; 12: 1759720X20929443.

16- Stanghelle B, Bentzen H, Giangregorio L, Pripp AH, Skelton D, Bergland A. ***Effects of a Resistance and Balance Exercise Programme on Physical Fitness, Health-Related Quality of Life and Fear of Falling in Older Women with Osteoporosis and Vertebral Fracture: A Randomized Controlled Trial.*** Osteoporos int 2020; 31(6): 1069-78.

17- Souza D, Barbalho M, Ramirez-Campillo R, Martins W, Gentil P. ***High and Low-Load Resistance Training Produce Similar Effects on Bone Mineral Density of Middle-Aged and Older People: A Systematic Review with Meta-Analysis of Randomized Clinical Trials.*** Exp Gerontol 2020; 138: 110973.

18- Beck B, Rubin C, Harding A, Paul S, Forwood M. ***The Effect of Low -Intensity Whole -Body Vibration with or Without High -Intensity Resistance and***

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2025-02-25]

[DOI: 10.18502/ssu.v32i11.17782]

CC BY-NC 4.0

Impact Training on Risk Factors for Proximal Femur Fragility Fracture in Postmenopausal Women with Low Bone Mass: Study Protocol for the VIBMOR Randomized Controlled Trial. Trials 2022; 23(1): 15.

19- Bemben DA, Bemben MG. ***Dose–Response Effect of 40 Weeks of Resistance Training on Bone Mineral Density in Older Adults.*** Osteoporos Int 2011; 22(1): 179-86.

20- Abbasi T, Nazarali P, Hedayati M, Alizadeh R. ***The Effect of Eight Weeks of High Intensity Interval Training on Osteoponetin and Some Bone Mineral Indices in Young Women.*** JPES 2018; 18(1): 532-5. [Persian]

21- Kang YS, Kim JC, Kim JS, Kim SH. ***Effects of Swimming Exercise on Serum Irisin and Bone FNDC5 in Rat Models of High-Fat Diet-Induced Osteoporosis.*** JSSM 2019; 18(4): 596-603.

22- Papadopoulos E, Santa Mina D, Culos-Reed N, Durbano S, Ritvo P, Sabiston CM, et al. ***Effects of Six Months of Aerobic and Resistance Training on Metabolic Markers and Bone Mineral Density in Older Men on Androgen Deprivation Therapy for Prostate Cancer.*** J Geriatr Oncol 2020; 11(7): 1074-77.

23- Pieczyńska A, Zasadzka E, Trzmiel T, Pyda M, Pawlaczyk M. ***The Effect of a Mixed Circuit of Aerobic and Resistance Training on Body Composition in Older Adults —Retrospective Study.*** Int J Environ Res Public Health 2021; 18(11): 5608.

24- Harijanto C, Lim A, Vogrin S, Duque G. ***Does Whole -Body Vibration Training Have a Concurrent Effect on Bone and Muscle Health? A Systematic Review and Meta -Analysis.*** Gerontology 2022; 68(6): 601-11.

25- Snijders T, Leenders M, de Groot L, van Loon LJ, Verdijk LB. ***Muscle Mass and Strength Gains Following 6 Months of Resistance Type Exercise Training are Only Partly Preserved within One Year with Autonomous Exercise Continuation in Older Adults.*** Exp Gerontol 2019; 121: 71-8.

26- Callaci JJ, Juknelis D, Patwardhan A, Sartori M, Frost N, Wezeman FH. ***The Effects of Binge Alcohol Exposure on Bone Resorption and Biomechanical and Structural Properties are Offset by Concurrent Bisphosphonate Treatment.*** Alcohol Clin Exper Res 2004; 28(1): 182-91.

27- Rigi S, Banparvari M, Rezaipoor MR, Mohammadoost O. ***Study of the Effect of 12 Weeks of Swimming, Resistance and Combined (Resistance+ Swimming) Training Patterns on the Mechanical Strength of Bone Tissue in Female Wistar Rats.*** Daneshvar Medicine 2024; 32(5): 77-90.

28- Maurel DB, Boisseau N, Pallu S, Rochefort GY, Benhamou C-L, Jaffre C. ***Regular Exercise Limits Alcohol Effects on Trabecular, Cortical Thickness and Porosity, and Osteocyte Apoptosis in the Rat.*** Joint Bone Spine 2013; 80(5): 492-8.

29- Zehnacker CH, Bemis-Dougherty A. ***Effect of Weighted Exercises on Bone Mineral Density in Post Menopausal Women A Systematic Review.*** J Geriatr Phys Ther 2007; 30(2): 79-88.

30- Gay C ,Chabaud A, Guilley E, Coudeyre E. ***Educating Patients about the Benefits of Physical Activity and Exercise for their Hip and Knee Osteoarthritis.*** Systematic Literature Review. APRM 2016; 59(3): 174-83.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2025-02-25]

[DOI: 10.18502/ssu.v32i11.17782]

CC BY-NC 4.0

31- Salek Zamani Y, Shakoori SK, Bahrami A, Mobaseri M, Qhasemi M, Ahadi T, et al. ***Comparison of Body Balance and Bone Density in Postmenopausal Women Who are Athletes and Non-Athletes.*** Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services 2000; 30(2): 59-62. [Persian]

32- Sagayama H, Yamada Y, Tanabe Y, Kondo E, Ohnishi T, Takahashi H. ***Validation of Skeletal Muscle Mass Estimation Equations in Active Young Adults: A Preliminary Study.*** Scand J Med Sci Sports 2021; 31(10): 1897-907.

33- Akagawa M, Miyakoshi N, Kasukawa Y, Ono Y, Yuasa Y, Nagahata I, et al. ***Effects Of Activated Vitamin D, Alfacalcidol, And Low-Intensity Aerobic Exercise On Osteopenia And Muscle Atrophy In Type 2 Diabetes Mellitus Model Rats.*** PloS one 2018; 13(10): e0204857.

34- Francucci C, Romagni P, Camilletti A, Fiscaletti P, Amoroso L, Cenci G, et al. ***Effect of natural early menopause on bone mineral density.*** Maturitas 2008; 59(4): 323-8.

35- Whalen R, Carter D, Steele C. ***Influence of Physical Activity on the Regulation of Bone Density.*** J Biomec 1988; 21(10): 825-37.

36- Kulkarni RN, Bakker AD, Everts V, Klein-Nulend J. ***Mechanical Loading Prevents the Stimulating Effect of IL-1β on Osteocyte-Modulated Osteoclastogenesis.*** Biochem Biophys Res Commun 2012; 420(1): 11-6.

37- Aldahr MHS. ***Bone Mineral Status Response to Aerobic Versus Resistance Exercise Training in Postmenopausal Women.*** World Appl Sci J 2012; 16(6): 806-13.

38- Naghizadeh H, Azizbeigi K. ***Effect of 12 weeks of progressive resistance training on the serum levels of liver enzymes Aspartate Aminotransferase, Alanine Aminotransferase, Alkaline Phosphatase in sedentary obese men.*** JME 2019; 9(2): 163-85. [Persian]

39- Fonseca H, Moreira-Gonçalves D, Coriolano H-JA, Duarte JA. ***Bone Quality: the Determinants of Bone Strength and Fragility.*** Sports Med 2014; 44(1): 37-53.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2025-02-25]

[DOI: 10.18502/ssu.v32i11.17782]

CC BY-NC 4.0

Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences
Vol 32| NO 11 | Feb 2025

Received: 8 Nov 2024
Accepted: 24 Nov 2024

Comparison of the Effect of Resistance, Swimming, and Combination Training Patterns on Bone Density in Female Osteoporotic Rats

Fatemeh Zeidabadi[1], Maryam Banparvari[2], Omid Mohammaddoost[*2]

Original Article

Introduction: The aim of the study was to compare the effects of resistance, swimming, and combined training patterns on L5 vertebral mineral density in osteoporotic rats.

Methods: In this experimental study, 36 female Wistar rats, each weighing between 170-190 grams, were selected as samples. To verify the induction of osteoporosis, 12 rats were randomly divided into two groups: healthy and alcohol-injected (6 rats). Osteoporosis induction was induced through intraperitoneal injection of a saline solution combined with ethanol over a period of 3 weeks. 24 rats were randomly divided into 4 groups (6 rats): 1. Resistance training, 2. Swimming training, 3. Combined training, and 4. Control. Swimming training (90 minutes per day, 5 days in 12 weeks) and resistance protocol (5 days in 12 weeks, each session 8 sets with 8-12 repetitions of climbing the ladder) and the combined group performed resistance training in 4 sets with 8-12 repetitions of climbing the ladder and swimming training with half the duration of the swimming group. After 12 weeks, samples were collected from the spine and the density of L5 was evaluated using a DEXA machine. Data were analyzed using independent t-test, one-way ANOVA, and Tukey's test with a significance threshold of less than 0.05 in SPSS-16 ($P<0.05$).

Results: In the intragroup comparison, resistance training and combined training significantly increased L5 density ($P=0.00$). In the intergroup comparison, L5 density of the combined group showed a significant increase compared to the training and control groups ($P=0.00$). The resistance group showed a significant increase in this variable compared to the swimming and control groups ($P=0.00$).

Conclusion: Using combined exercise as a therapeutic approach can increase bone density; therefore, it serves as an effective strategy for improving osteoporosis.

Keywords: Resistance training, Swimming training Combined training, Bone mineral density, Female rat.

Citation: Zeidabadi F, Banparvari M, mohammaddoost M. **Comparison of the Effect of Resistance, Swimming, and Combination Training Patterns on Bone Density in Female Osteoporotic Rats.** J Shahid Sadoughi Uni Med Sci 2025; 32(11): 8390-8403.

[1]Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.

[2]Exercise Physiology Department, Faculty of Education and Psychology, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.

***Corresponding author: Tel:** 05431136726**, email:** Mo.omid@ped.usb.ac.ir

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2025-02-25]

[DOI: 10.18502/ssu.v32i11.17782]

CC BY-NC 4.0