

اثر تمرین هوازی با شدت متوسط و یک دوره بی‌تمرینی بر ریزساختارها و استحکام استخوان فمور در موش‌های اووفورکتومی شده

سارا جنتی^۱، فرزاد ناظم^{۱*}، دکتر فرهاد دریانوش^۲

^۱ گروه فیزیولوژی ورزش، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران، ^۲ گروه فیزیولوژی ورزش، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۵/۱۵

تاریخ وصول: ۱۳۹۴/۲/۱۲

چکیده

زمینه و هدف: تمرین‌های ورزشی قادر هستند تا چگالی استخوان را افزایش دهند، اما اثر ترک ورزش و بی‌تمرینی بر پوکی استخوان در افراد فعالی که به صورت منظم به ورزش می‌پردازند، هنوز به درستی شناخته نشده است. هدف این مطالعه بررسی اثر تمرین دویدن روی نوارگردان به همراه یک دوره بی‌تمرینی بر پوکی استخوان در موش‌های اووفورکتومی بود.

روش بررسی: در این مطالعه تجربی ۵۰ سر موش ماده به طور تصادفی در گروه‌های کنترل؛ تجربی ۱ (موش‌های اووفورکتومی شده به مدت ۱۲ هفته)؛ تجربی ۲ (موش‌های اووفورکتومی شده به مدت ۲۲ هفته)؛ تجربی ۳ (موش‌های اووفورکتومی شده تحت تمرین دویدن روی نوارگردان) و تجربی ۴ (موش‌های اووفورکتومی شده تحت تمرین دویدن روی نوارگردان به همراه یک دوره بی‌تمرینی) تقسیم شدند. موش‌های گروه کنترل در ابتدا قربانی شدند. گروه تجربی ۳ و ۴ به مدت ۱۰ هفته به تمرین پرداختند. بعد از دوره تمرین، موش‌های گروه تجربی ۱ و ۲ قربانی شدند در حالی که موش‌های گروه تجربی ۳ و ۴ به مدت ۱۰ هفته تحت شرایط بی‌تمرینی قرار گرفتند. برنامه ی تمرینی شامل دویدن بر نوارگردان (۳ بار در هفته به مدت ۱۰ هفته) بود. مدت تمرین از ۱۰ دقیقه در هفته اول آغاز و به ۶۴ دقیقه در هفته دهم رسید. در پایان تمامی موش‌ها قربانی شدند و استخوان‌های فمور برای بررسی ریز ساختارهای بافت استخوان (ضخامت استخوان‌های کورتیکال، تراکولار و فواصل بین تراکولارها) و استحکام استخوان فمور برداشته شد. پس از بررسی همسانی واریانس‌ها با استفاده از آزمون شاپیروویک، از آزمون آماری تحلیل واریانس یک راهه و آزمون تعقیبی شفه برای مقایسه گروه‌ها استفاده گردید. سطح $p \leq 0.05$ به لحاظ آماری معنی‌دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: ضخامت استخوان تراکولار در گروه تجربی ۱ و ۲ نسبت به گروه کنترل کاهش یافت ($p < 0.05$). کاهش معنی‌داری در استحکام استخوان فمور و ضخامت استخوان کورتیکال در گروه تجربی ۲ در مقایسه با گروه کنترل مشاهده شد ($p < 0.01$). استحکام و ریزساختارهای بافت استخوان در گروه تجربی ۳ نسبت به گروه تجربی ۱ و در گروه تجربی ۴ نسبت به گروه تجربی ۲ بهبود یافت ($p < 0.001$). ضخامت کورتیکال در گروه تجربی ۴ به صورت قابل توجهی نسبت به گروه تجربی ۳ پایین‌تر بود ($p < 0.025$).

نتیجه‌گیری: تمرین دویدن با شدت متوسط می‌تواند اثر پروفیلاکسی بر پوکی استخوان داشته باشد که حتی بعد از دوره بی‌تمرینی نیز این اثر پایدار می‌باشد. جلوگیری از استئوپروز منجر به کاهش شکستگی‌های پاتولوژیک می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: پوکی استخوان، اووفورکتومی، تمرین هوازی، بی‌تمرینی، استحکام استخوان

* نویسنده مسئول: فرزاد ناظم، همدان، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده تربیت بدنی، گروه فیزیولوژی

Email: Farzadnazem2@gmail.com

مقدمه

ریسک فاکتورها است. تراکم مواد معدنی استخوان نیز در آزمون سنجش استخوان^۱ اندازه گیری می شود که مقدار آن نشان دهنده میزان استحکام استخوان است (۴). بسیاری از شکستگی ها، به خصوص در افراد سالمند، یا به دلیل افتادن که از اثرات محیطی است و یا به دلایل بالینی مانند اختلال در بینایی، قدرت عضلانی و تعادل رخ می دهد (۵). درمان شکستگیهای ناشی از استئوپروز و مراقبت های پزشکی در بیمارستان هزینه های درمانی گزافی را به همراه دارد، بنابراین پیشگیری از عواملی که خطر شکستگی را افزایش می دهند، در ردیف اقدامات مهم قرار می گیرد.

روش های مختلفی جهت جلوگیری از پوکی استخوان پیشنهاد شده است، از جمله داشتن یک رژیم غذایی مناسب که مشتمل بر مقدار کافی کلسیم، پروتئین و ویتامین D باشد. استفاده از روش های دارویی نظیر؛ بیسفسفونات درمانی، آلدرونیت درمانی، استروژن به پروژسترون درمانی می باشد که به دلیل عوارض جانبی از طرفداران کمتری برخوردارند. به همین دلیل استفاده از روش های غیر دارویی در اولویت قرار گرفته اند (۶ و ۷). فعالیت جسمانی به عنوان یکی از روش های غیر دارویی مطرح است که می تواند منجر به کاهش عوارض ناشی از پوکی استخوان شده و تراکم استخوان را افزایش دهد (۸).

استئوپروز به شرایطی گفته می شود که خطر شکستگی استخوان به دلیل کاهش تراکم بافت استخوان افزایش می یابد (۱).

به طور کلی بی تحرکی طولانی مدت و عدم فشار بر سیستم اسکلتی بدن موجب کاهش تراکم استخوان می گردد، در حالی که فشار مکانیکی که به واسطه تمرین ایجاد می شود می تواند تراکم بافت استخوان را افزایش دهد. شکستگی های مرتبط با استئوپروز منجر به افزایش موربیدیتی، مورتالیتی دردهای مزمن، کاهش کیفیت زندگی و هزینه های درمانی سنگین می شود (۲).

در کشورهای توسعه یافته شکستگی های ناشی از استئوپروتیک تا ۴۰ درصد و شکستگی های استخوان لگن حدود ۲۰ درصد در زنان ۵۰ ساله افزایش می یابد، که با توجه به افزایش میانگین طول عمر جمعیت جهان، میزان این نوع شکستگی ها نیز رو به افزایش است (۱ و ۳). پیشگیری از شکستگی های ناشی از استئوپروز به توانایی تخمین احتمال وقوع شکستگی بستگی دارد که این عمل به وسیله ارزیابی فاکتورهای خطر مانند کاهش کیفیت استخوان صورت می گیرد. کیفیت استخوان (خصوصیات استخوان که بر مقاومت استخوان در برابر شکستگی اثر می گذارند) به وسیله شکل هندسی استخوان، ضخامت استخوان کورتیکال و تراکولار و ویژگی های بافت استخوان تعیین می شود. تراکم استخوان پایین به وسیله دنسیتومتری استخوان تعیین می شود که یکی از

1- Dual X-ray absorptiometry

به نظر می‌رسد که تحریک مکانیکی ناشی از تمرین ورزشی با دو سازوکار متضاد استخوان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از یک سو استحکام استخوان به دلیل تحریکات تکرار شونده افزایش می‌یابد و از سوی دیگر استخوان بر اثر مواجهه با ضربات متعدد دچار آسیب‌های جزئی^(۱) می‌شود (۹). مطالعه‌هایی که اخیراً در این رابطه صورت گرفته است اثرات مختلف تمرین‌های ورزشی را بر روند جلوگیری از پوکی استخوان گزارش کرده اند، به طوری که سیمونز و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که ۱۲ هفته تمرین هوازی به دنبال اوو فورکتومی می‌تواند از کاهش ارتفاع مهره‌ها جلوگیری نماید و مقاومت استخوان در برابر شکستگی‌ها افزایش می‌یابد (۱۰). فونسکا و همکاران اثر تمرین ارادی را بر دوام استئوسیت‌ها و قدرت استخوان در موش‌های اوو فورکتومی شده بررسی کردند و نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که تمرین داوطلبانه می‌تواند از مرگ استئوسیت‌ها پیشگیری نماید و این اثر حفاظتی با افزایش قدرت استخوان فمور مرتبط است (۱۱). محققان دیگر نشان دادند که تحریکات مکانیکی با شدت پایین و فرکانس بالا قادر است تا استحکام استخوان را افزایش دهد و به عنوان یک روش غیردارویی جهت پیشگیری از فرایند پوکی استخوان در نظر گرفته شود (۱۲). تحقیق‌های دیگر به بررسی نقش تمرین هوازی همراه با اضافه بار و نیز بدون آن بر متابولیسم استخوان در زنان یائسه غیر فعالی پرداختند که در معرض پوکی استخوان قرار داشتند، نتایج نشان داد که هر دو

برنامه‌ی تمرین پیاده روی می‌تواند سنتز استخوان را تحریک کرده و منجر به کاهش بازجذب استخوان شوند. اگرچه پیاده روی همراه با اضافه بار نسبت به پیاده روی ساده مؤثرتر می‌باشد (۱۳).
مطالعه‌ای دیگر نشان داد که اثرات سودمند تمرین روی نوار گردان بر تراکم مواد معدنی استخوان در موش‌های اوو فورکتومی شده پس از ۱۶ هفته بی‌تمرینی کاهش می‌یابد (۱۴). به علاوه واردن و همکاران نشان دادند که اجرای ۴ هفته تمرین ورزشی قادر است از ضخامت استخوان‌های کورتیکال و تراپکولار تا ۲۶ هفته پس از یائسگی در موش‌ها محافظت نماید (۱۵). مطالعه دیگر نشان داد که اجرای تمرین‌های ورزشی در دوران قبل از یائسگی می‌تواند اثر پروفیلاکسی خود را با ترک تمرین در دوره یائسگی حفظ نماید (۱۶).

شواهد مبتنی بر آن است که تمرین‌های ورزشی قادر هستند تا از پوکی استخوان جلوگیری نمایند، اما اثر ترک ورزش و بی‌تمرینی بر پوکی استخوان در افراد فعالی که به صورت منظم در برنامه‌های ورزشی شرکت می‌کرده‌اند هنوز به درستی شناخته نشده است. اگرچه تحقیق‌ها نشان داده‌اند که بی‌حرکی و عدم فعالیت‌های جسمانی هزینه‌های گزافی را بر جوامع گوناگون تحمیل می‌نماید و یکی از فاکتورهای خطر ابتلا به استئوپروز می‌باشد (۱۷ و ۱۸). بر این اساس با توجه افزایش وقوع استئوپروز و شکستگی‌های ناشی از آن در زنان

1- Microdamages

گرم ۱۰۰/ میلی گرم ۱/۳ وزن بدن، بیهوش شدند. قبل از آغاز جراحی، محل عمل با بتادین اسکراب ضد عفونی شد. سپس شکافی در ناحیه شکم به اندازه ۳ سانتی متر روی خط سفید وسط شکم^(۲) از کلیه به پایین ایجاد گردید. بعد از ایجاد برش در لایه های عضلانی و پرده صفاق، تخمدان ها و رحم مشاهده و با قیچی جراحی، جدا گردیدند. آنگاه شکاف مربوطه با الگوی بخیه ساده تکی با نخ ویکریل ۳ صفرو پوست حیوان با نخ جراحی نایلن ۲ صفرو، دوخته شد (۱۹). جهت جلوگیری از عفونت از محلول اُتی سی^(۳) در محل جراحی استفاده گردید.

دو هفته پس از اووورکتومی، گروه تجربی ۳ و ۴ به مدت ۱۰ هفته، سه جلسه در هفته، تحت تمرین ورزشی دویدن روی نوارگردان (نوارگردان مکانیکی-الکتریکی هفت کاناله، ویژه جوندگان، ساخت کشور ایران) قرار گرفتند، درحالی که سایر گروهها در شرایط کنترل شده نگهداری شدند.

نوارگردان با سرعت ثابت ۱۲ متر بر دقیقه (۶۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی^(۴)) تنظیم شد و مدت زمان تمرین از ۱۰ دقیقه در هفته اول شروع و هر هفته ۶ دقیقه به زمان تمرین اضافه شد، به طوری که زمان تمرین به ۶۴ دقیقه در هفته دهم رسید (جدول ۱). این شدت از تمرین در محدوده تمرینها با شدت متوسط قرارداشت (۲۰). جلسه های تمرین صبحها اجرا شد و از هیچ گونه تحریک الکتریکی و یا

یائسه، هدف این مطالعه بررسی اثر تمرین دویدن روی نوارگردان به همراه یک دوره بی تمرینی بر پوکی استخوان در موش های اووورکتومی شده بود.

روش بررسی

در این مطالعه تجربی تعداد ۵۰ سر موش ماده از نژاد اسپراگ - داوولی با سن ۱۰ هفته و با وزن $211/34 \pm 3/78$ گرم در این مطالعه شرکت کردند. موشها به صورت تصادفی در ۵ گروه ۱۰ تایی تقسیم شدند؛ گروه کنترل، گروه تجربی ۱ (موش های اووورکتومی شده به مدت ۱۲ هفته)، گروه تجربی ۲ (موش های اووورکتومی شده به مدت ۲۲ هفته)، گروه تجربی ۳ (موش های اووورکتومی شده تحت تمرین دویدن روی نوارگردان) و گروه تجربی ۴ (گروه موش های اووورکتومی شده تحت تمرین دویدن روی نوار گردان به همراه یک دوره بی تمرینی). حیوانات در قفس های پلاستیکی (۱۵×۲۲×۳۹ سانتی متر) در گروه های ۵ تایی قرار گرفتند و دسترسی آزادانه به آب و غذای استاندارد پلت داشتند. دمای اتاق محل نگهداری 20 ± 2 درجه سانتی گراد و رطوبت 60 ± 5 درصد بود در حالی که چرخه ی بیداری-خاموشی ۱۲ ساعت به ۱۲ ساعت در نظر گرفته شد. موش های گروه کنترل (۱۰ موش) در ابتدا با دوز بالای داروهای بیهوشی، کشته شدند. سپس سایر موشها تحت اووورکتومی (عمل برداشت تخمدان) قرار گرفتند. برای برداشت تخمدان از راه شکم^(۱)، ابتدا موشها با محلول کتامین گرم ۱۰۰/ میلی گرم ۸/۷ و لیدوکائین

1-Transabdominalapproach

2- Linea Alba

3- OTC

4- Vo₂max

گروه‌ها به وسیله تنها یک متخصص پاتولوژیست اندازه‌گیری شد، در حالی که جهت جلوگیری از سوگیری از نوع گروه‌ها اطلاعی نداشتند.

برای بررسی تست استحکام استخوان، حداکثر مقاومت استخوان‌های فمور سمت چپ حیوانات با استفاده از دستگاه تست کننده مواد (H505ks, Hounsfield, England) اندازه‌گیری شد. به صورتی که هر استخوان به صورت افقی بین دو صفحه استاندارد قرار گرفت. سپس یک اره الکتریکی که با سرعت ثابت ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه حرکت می‌کرد بر ناحیه میانی دیافیز استخوان نیرو وارد نمود و حداکثر مقاومت استخوان علیه شکستگی به وسیله کامپیوتر متصل به دستگاه ثبت گردید (۲۲).

پروتکل این تحقیق بر اساس قوانین بین‌المللی در مورد حیوانات آزمایشگاهی انجام گردید و در کمیته اخلاق دانشگاه به تصویب رسید.

داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS و نتایج بر اساس میانگین \pm انحراف معیار گزارش شده‌اند. در همه آنالیزهای آماری، پس از بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها به وسیله آزمون شاپیروویک و نیز هم‌سانی واریانس‌ها به وسیله آزمون لون از آزمون آماری تحلیل واریانس یک راه جهت مقایسه گروه‌ها استفاده شد. سپس از تست تعقیبی شفه جهت شناسایی تفاوت‌ها تجزیه و تحلیل شدند.

محرك‌های مصنوعی در طول تمرین استفاده نگردید. پس از پایان پروتکل تمرین، موش‌های گروه تجربی ۱ و ۳ با استفاده از دوز بالای عوامل بیهوش کننده قربانی شدند در حالی که گروه تجربی ۲ و ۴ به مدت ده هفته در شرایط کنترل نگهداری شدند. در پایان ۲۲ هفته از اجرای پروتکل تمامی موش‌ها قربانی شدند و استخوان‌های فمور هر دو سمت بدن حیوانات جهت آنالیز ریزساختارهای بافت استخوان (ضخامت استخوان‌های کورتیکال، تراکولار و نیز فواصل بین تراکولوها) و استحکام استخوان فمور برداشته و از بافت‌های نرم اطراف پاک گردیدند. استخوان‌های فمور سمت راست در محلول فرمالین ۱۰ درصد ثابت شد سپس جهت دکلسیفیه شدن در محلول اسید فورمیک ۵۰ درصد و سیترات سدیم ۲۰ درصد قرار گرفتند. سپس از استخوان‌ها بلوک‌های پارافینی تهیه شد و به وسیله میکروتوم از آن‌ها برش‌های ۴ میکرونی تهیه گردید و بر روی آن‌ها رنگ‌آمیزی هماتوکسیلین - ائوزین (H&E) صورت گرفت. سپس، جهت اندازه‌گیری ضخامت استخوان‌های تراکولار و کورتیکال و فواصل استخوان‌های تراکولار از میکروسکوپ المپوس^(۱) (مدل CX22، ژاپن) و نرم‌افزار آنالیز تصویری المپوس^(۲) ویرایش ۱/۹/۳ (توکیو، ژاپن) مطابق با روش‌ها و روش‌ها استفاده شد (۲۱). به این صورت که ضخامت استخوان‌های تراکولار و کورتیکال و فواصل بین استخوان‌های تراکولار در فاصله ۲ میلی‌متری زیر صفحه رشد در ده فیلد میکروسکوپی اندازه‌گیری شد. سپس اندازه‌ها جمع زده شد و میانگین آن‌ها به عنوان اندازه نهایی گزارش شد. جهت کاهش خطای اندازه‌گیری، تمام

1-Olympus Microscope

2-Olympus Image Analysis Software

جدول ۱. پروتکل تمرین دویدن بر روی نوارگردان با شدت متوسط (۶۰٪ حداکثر اکسیژن مصرفی)

هفته	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
زمان (دقیقه)	۱۰	۱۶	۲۲	۲۸	۳۴	۴۰	۴۶	۵۲	۵۸	۶۴
سرعت (متر بر دقیقه)	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲

یافته‌ها

شاخصه‌های توصیفی ضخامت استخوان‌های تراپیکولار و کورتیکال، فواصل بین استخوان‌های تراپیکولار، استحکام استخوان فمور در گروه‌های مختلف در جدول ۲ آورده شده است.

آزمون آماری تحلیل واریانس یک راهه نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها وجود داشت ($p < 0/001$ ، جدول ۳).

نتایج آزمون تعقیبی شفه نشان داد که ضخامت استخوان‌های تراپیکولار در گروه‌های تجربی ۱ و ۲ در مقایسه با گروه کنترل به صورت قابل توجهی کاهش یافت (به ترتیب، $p = 0/001$ ، $p < 0/001$). همچنین کاهش معنی‌داری در ضخامت کورتیکال در گروه تجربی ۲ در مقایسه با گروه کنترل مشاهده شد ($p < 0/001$).

فواصل بین استخوان‌های تراپیکولار در گروه‌های تجربی ۱ و ۲ نسبت به گروه کنترل افزایش یافت، اما این تغییرات از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (به ترتیب، $p = 0/37$ ، $p = 0/19$).

همچنین نتایج نشان داد که ضخامت استخوان‌های کورتیکال و تراپیکولار در گروه تجربی ۳ نسبت به گروه تجربی ۱ بالاتر بود ($p < 0/001$). فاصله بین استخوان‌های تراپیکولار نیز در گروه تجربی ۳ نسبت به گروه تجربی ۱ پایین‌تر بود ($p < 0/001$).

نتایج، افزایش قابل توجهی در ضخامت

استخوان‌های کورتیکال و تراپیکولار در گروه تجربی ۴ نسبت به گروه تجربی ۲ نشان داد ($p < 0/001$). همچنین فاصله بین استخوان‌های تراپیکولار در گروه تجربی ۴ نسبت به گروه تجربی ۲ پایین‌تر بود ($p < 0/001$). ضخامت استخوان کورتیکال نیز در گروه تجربی ۳ به صورت قابل توجهی بالاتر از گروه تجربی ۴ بود ($p = 0/025$). ضخامت استخوان تراپیکولار در گروه تجربی ۳ بالاتر از گروه تجربی ۴ بود، اما این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود ($p = 0/15$). همچنین تفاوت معنی‌داری در فاصله بین استخوان‌های تراپیکولار در گروه تجربی ۳ نسبت به گروه تجربی ۴ مشاهده نشد ($p = 0/54$).

در ارتباط با استحکام استخوان فمور، تفاوت معنی‌داری بین گروه کنترل در مقایسه با گروه تجربی ۲ مشاهده شد ($p = 0/009$). نتایج افزایش معنی‌داری را در گروه تجربی ۳ نسبت به گروه تجربی ۱ نشان داد ($p < 0/001$). افزایش قابل توجهی نیز بین گروه تجربی ۴ در مقایسه با گروه تجربی ۲ مشاهده گردید ($p < 0/001$). اگرچه تفاوت معنی‌داری در گروه تجربی ۳ نسبت به گروه تجربی ۴ مشاهده نشد ($p = 0/13$).

جدول ۲: شاخصه های توصیفی گروه ها از نظر ریز ساختارها و استحکام استخوان فمور در میان گروه های موش نژاد اسپراگ - داوولی

گروه ها (هر گروه ۱۰ سر موش)	ضخامت استخوان کورتیکال (میکرومتر) میانگین \pm انحراف معیار	ضخامت استخوان تراپکولار (میکرومتر) میانگین \pm انحراف معیار	فاصله بین تراپکولارها (میکرومتر) میانگین \pm انحراف معیار	استحکام استخوان (کیلوگرم بر سانتی متر) میانگین \pm انحراف معیار
کنترل	۲۳۲/۳۶ \pm ۵/۱۳	۱۰۰/۵۰ \pm ۵/۰۶	۱۲۳/۴۰ \pm ۳/۴۷	۶/۹۵ \pm ۱/۱۶
تجربی ۱	۲۲۶/۶۰ \pm ۱/۹۵	۹۱/۲۰ \pm ۵/۵۵	۱۲۶/۷۰ \pm ۴/۲۴	۵/۶۳ \pm ۰/۷۳
تجربی ۲	۲۲۰/۸۰ \pm ۵/۹۰	۹۰/۳۴ \pm ۵/۷۳	۱۲۷/۴۰ \pm ۴/۷۴	۵/۱۵ \pm ۱/۰۷
تجربی ۳	۲۴۴/۴۰ \pm ۴/۷۶	۱۰۶/۳۰ \pm ۱/۴۹	۱۱۶/۳۰ \pm ۲/۴۰	۸/۶۷ \pm ۰/۷۸
تجربی ۴	۲۳۷/۳۰ \pm ۳/۷۴	۱۰۱/۰۱ \pm ۲/۵۸	۱۱۹/۱۰ \pm ۲/۱۳	۷/۴۲ \pm ۱/۲۵

کنترل؛ گروه تجربی ۱ (اووفورکتومی شده به مدت ۱۲ هفته)؛ گروه تجربی ۲ (اووفورکتومی شده به مدت ۲۲ هفته)؛ گروه تجربی ۳ (اووفورکتومی شده تحت تمرین دویدن روی نوار گردان به مدت ۱۰ هفته)؛ گروه تجربی ۴ (اووفورکتومی شده تحت تمرین دویدن روی نوار گردان به مدت ۱۰ هفته به همراه ۱۰ هفته بی تمرینی).

جدول ۳: شاخص های آماری تحلیل واریانس یک راهه در متغیر های ضخامت استخوان های کورتیکال ، تراپکولار ، فاصله بین استخوان های تراپکولار و استحکام استخوان فمور در موش های نژاد اسپراگ داوولی

متغیر های اندازه گیری شده	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معناداری
ضخامت استخوان کورتیکال (میکرومتر)	بین گروهی	۳۳۶۱/۵۳	۴	۴۱/۲۹۶	۰/۰۰۰
	درون گروهی	۹۱۵/۷۶	۴۵		
ضخامت استخوان تراپکولار (میکرومتر)	بین گروهی	۱۸۹۰/۵۶	۴	۲۴/۰۴۳	۰/۰۰۰
	درون گروهی	۸۸۴/۶۲	۴۵		
فاصله بین تراپکولارها (میکرومتر)	بین گروهی	۹۲۴/۲۸	۴	۱۸/۳۷	۰/۰۰۰
	درون گروهی	۵۶۵/۹۰	۴۵		
استحکام استخوان (کیلوگرم بر سانتی متر)	بین گروهی	۷۹/۷۴	۴	۱۸/۹۸۵	۰/۰۰۰
	درون گروهی	۴۷/۲۵	۴۵		

بحث

همکاران در یک مقاله مروری به بررسی اثر تمرین های ورزشی با شدت متفاوت بر بافت استخوان و عملکرد جسمانی زنان یائسه پرداختند (۲۳). مطالعه آنها نشان داد که معمولاً تمرین های ورزشی با دامنه شدت های متوسط تا شدید که با فواصل کوتاه در محیط آب یا خشکی اجرا می شود، می توانند به عنوان بخشی از برنامه های پیشگیری و درمان استئوپروز زنان یائسه مورد استفاده قرار گیرند (۲۳). مطالعه های دیگر بیان می کنند که برنامه های ورزشی با شدت کم قادر به جلوگیری از استئوپروز نمی باشند. این در حالی است که از سوی دیگر ورزش های با شدت زیاد

نتایج این مطالعه نشان داد که اووفورکتومی منجر به پوکی استخوان در موش ها می شود و تمرین دویدن روی نوارگردان با شدت متوسط قادر است تا از کاهش تراکم استخوان جلوگیری کند و این اثر حفاظتی تا ۱۰ هفته پس از قطع تمرین پایدار می ماند. از نظر شدت تمرین، پروتکل دویدن در مطالعه حاضر که با سرعت ثابت ۱۲ متر بر دقیقه تنظیم شد و مدت زمان تمرین از ۱۰ دقیقه در هفته اول آغاز و به ۶۴ دقیقه در هفته دهم رسید، در دامنه تمرین ها با شدت متوسط قرار داشت (۲۰). در سال ۲۰۱۴، موریرا و

اما زمان شروع تمرین و اعمال بار مکانیکی لازم برای حداکثر رساندن پاسخ گیرنده‌ها و در نتیجه به حداکثر رساندن توده استخوان نیز حایز اهمیت است (۲۷). متعاقب آن پیشنهاد شده است تمرین در سنینی صورت گیرد که استخوان‌ها هنوز به حداکثر توده خود نرسیده‌اند (۲۸). در مطالعه حاضر موش‌ها با سن ۱۰ هفته در دسته موش‌های بالغ قرار داشتند که نشان دهنده این موضوع است که تمرین‌های استقامتی در سنین بالا نیز می‌تواند منجر به بهبود ریز ساختارهای استخوانی گردد. سایر تحقیقاتی نیز که بر روی موش‌های مسن‌تر صورت پذیرفته است، شاهد اثرات ورزش و بهبود بافت استخوان در نتیجه تمرین بوده‌اند (۲۹). علت توجیه کننده آن که بافت اسکلتی موش‌های مسن‌تر نیز قادر بود تا با فشارهای مکانیکی وارده سازگار شود، می‌تواند این موضوع باشد که عملکرد اصلی سیستم اسکلتی بدن حمایت از عضلات جهت ایجاد حرکت در فضا است بنابراین خصوصیات ساختاری سیستم اسکلتی بدن مانند اندازه و شکل استخوان‌ها برای این عمل سازگار می‌شوند، در هر سنی، هر استخوانی به تناسب بار مکانیکی وارد شده بر آن سفت و محکم می‌شود در حالی که بسیار حجیم نیز نمی‌شود.

از دیگر نتایج مطالعه حاضر، پایدار ماندن اثرات ده هفته تمرین بعد از یک دوره ده هفته بی‌تمرینی بر ریز ساختارهای بافت استخوان بود. اگرچه این مطالعه نشان داد که به دنبال ده هفته بی‌تمرینی ضخامت استخوان کورتیکال در مقایسه با

ممکن است اثرات منفی بر جای گذاشته و منجر به کاهش ضخامت استخوان‌های تراپکولار و کورتیکال گردد (۲۰).

علاوه بر شدت تمرین‌ها، مدت زمان اجرای تمرین‌ها نیز از موارد مهم دیگر در پرداختن به اثر فعالیت‌های ورزشی بر جلوگیری از استئوپروز است. در این مطالعه تمرین دوییدن به مدت ۱۰ هفته و سه بار در هفته اجرا شد که قادر بود تا ضخامت استخوان‌های کورتیکال و تراپکولار را افزایش و فواصل بین تراپکولارها را کاهش دهد. دیگر شواهد علمی نشان داده است که ۸ و ۱۲ هفته تمرین استقامتی، قادر است تا از کاهش تراکم مواد معدنی استخوان در موش‌هایی که در معرض استئوپروز بودند، جلوگیری نماید و نیز منجر به افزایش استحکام استخوان گردند (۲۴، ۱۱، ۱۰). اگرچه باید توجه نمود مطالعه‌ها گزارش کرده‌اند که شدت تمرین از مدت زمان اجرای تمرین مهم‌تر است (۲۵). در نهایت تعیین برنامه ورزشی با شدت و مدت مناسب نکته مهمی در اجرای پروتکل ورزشی در پیشگیری از استئوپروز می‌باشد که از این لحاظ مطالعه حاضر توانسته است با فراهم نمودن شدت متوسط و مدت مناسب نقش مؤثری در مقابله با استئوپروز ایفا نماید. اگر چه میزان بار مکانیکی وارده بر استخوان‌ها بسیار حائز اهمیت است به طوری که این فشار وارده قادر است تا آبخاری از وقایع سلولی را به راه بیندازد و در نتیجه کلسیم درون سلولی افزایش یافته و بیان فاکتورهای رشد و تولید ماتریکس استخوان نیز افزایش یابد (۲۶)،

قبل از دوره بی تمرینی به شدت کاهش می‌یابد، اما با وجود این کاهش، همچنان ضخامت کورتیکال از گروه اوو فورکتومی شده بالا تر بود. مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۴ اجرا شد، گزارش کرد که اثرات سودمند تمرین روی نوار گردان بر تراکم مواد معدنی استخوان در موش‌های اوو فورکتومی شده نمی‌تواند بعد از ۱۶ هفته همچنان پایدار باقی بماند (۱۴). از دلایل نتایج متفاوت این محققان با مطالعه حاضر می‌تواند پروتکل تمرینی آن‌ها و نیز مدت زمان بی تمرینی موش‌ها باشد. چرا که این محققان تمریناتی با شدت بالاتر را بر آزمودنی‌های خود اعمال کردند. در مطالعه دیگری نتایج مطالعه دیگر نشان داد که اگر چه تمرین قادر است تا تراکم، اندازه و قدرت استخوان کورتیکال تیبیا را افزایش دهد، اما توده و ضخامت استخوان کورتیکال تنها تا ۲۶ هفته بی‌تمرینی پایدار باقی می‌ماند و پس از آن به صورت قابل توجهی کاهش می‌یابد. اگرچه استحکام استخوان کورتیکال و خصوصیات مورفولوژی و ضخامت استخوان ترابکولار تا پایان ۵۲ هفته همچنان بالا بود. این پژوهشگران گزارش کردند که اثرات مثبت تمرین‌های با تحمل وزن قادر است با تغییراتی که در بافت‌های استخوان کورتیکال و ترابکولار در نتیجه افزایش سن یا فرآیند یائسگی رخ می‌دهد، مقابله نموده و به صورت طولانی مدت به صورت پایدار باقی بماند (۱۵). نتایج این مطالعه با مطالعه حاضر که اثرات مثبت تمرین حداقل تا ده هفته پس از قطع آن ادامه می‌یابد، همخوانی دارد، اگر چه در مطالعه حاضر دوره‌های

متفاوت بی تمرینی بررسی نشد و بنابراین قادر به اظهار نظر در مورد پایدار ماندن اثر تمرین دویدن تا پس از ۱۰ هفته نمی‌باشد.

از جمله نتایج دیگر مطالعه حاضر مشاهده کاهش ضخامت استخوان کورتیکال در گروه تجربی ۴ در مقایسه با گروه تجربی ۳ بود که می‌تواند به این دلیل باشد که بر طبق مطالعه‌های کاهش تراکم استخوان عمدتاً در استخوان‌های کورتیکال رخ می‌دهد تا ترابکولار (۳۰).

همچنین مطالعه حاضر نشان داد که تمرین دویدن روی نوارگردان با شدت متوسط به مدت ۱۰ هفته قادر است تا استحکام و مقاومت استخوان را در برابر شکستگی افزایش دهد و یک اثر حفاظتی حتی تا ۱۰ هفته پس از قطع تمرین ایجاد نماید. این نتایج با مطالعه‌های دیگری که مشاهده کردند تمرین‌های ورزشی می‌تواند از مرگ استئوسیت‌ها جلوگیری نمایند که این امر با افزایش استحکام استخوان همراه است (۲۴ و ۱۱، ۱۰)، همخوانی دارد. در توضیح این نتیجه می‌توان گفت از آنجا که مقاومت یک ماده به وسیله ویژگی، مقدار و توزیع فضای ماده تشکیل دهنده آن تعیین می‌شود (۳۱). همچنین برای به حداکثر رساندن مقاومت، مواد استخوان می‌توانند توزیع آنها را تغییر دهند، بنابراین اندازه و شکل استخوان در پاسخ به فشارهای مختلف سازگار می‌شود. ارزیابی ویژگی‌های مواد و ساختار استخوان برای پیش‌بینی مقدار مقاومت استخوان در برابر فشار وارده ضروری است. به عنوان مثال در افراد سالمند، کاهش

استحکام به جا می‌گذارد. تمرین دویدن با شدت متوسط قادر است با بهبود این ریز ساختارها و افزایش استحکام استخوان نقش حفاظتی در برابر استئوپروز و شکستگی‌های ناشی از آن ایفا نماید که پس از ۱۰ هفته بی‌تمرینی پایدار می‌ماند. این موضوع نشان می‌دهد، افراد می‌توانند با انجام تمرینات ورزشی یک اثر پروفیلاکسی در مواجهه با پوکی استخوان ایجاد کنند و از خطرات استئوپروز و شکستگی‌های ناشی از آن بکاهند.

تقدیر و تشکر

این مطالعه حاصل طرح تحقیقاتی.....
مصوب بود که با حمایت مالی این دانشگاه انجام شد.

حجم تراکم استخوان کورتیکال (نشان دهنده ویژگی ماده استخوان) یا کاهش مقدار استخوان کورتیکال (توده استخوان) با توزیع ماده استخوان که منجر به افزایش اندازه استخوان می‌شود، در ارتباط است (۳۲). استخوان‌هایی که با فشارهای وارده به خوبی سازگار می‌شوند باعث می‌شوند تا حرکات با حداقل احتمال وقوع شکستگی رخ دهند. به طور کلی مکانیسم‌های فیزیولوژیک متعدد و گسترده‌ای در رابطه با پاسخ بافت عضلانی-اسکلتی به نیروهای مکانیکی وجود دارند و در هر حال با توجه به غیر دارویی بودن آنها، نقش مفیدی در مقابله با استئوپروز دارا می‌باشند. از محدودیت‌های مطالعه حاضر عدم دسترسی به تست دنسیتومتری مخصوص حیوانات کوچک جهت بررسی چگالی استخوان در دوره‌های زمانی مختلف، بدون قربانی کردن موش‌ها بود. پیشنهاد می‌شود در صورت امکان برای بررسی روند استئوپروز و فاکتورهای مؤثر بر آن از تکنیک‌های رادیولوژی استفاده گردد.

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های این پژوهش می‌توان گفت که اووفورکتومی اثرات منفی بر ریز ساختارهای بافت استخوان (ضخامت استخوان‌های ترابکولار و کورتیکال و نیز فواصل بین استخوان‌های ترابکولار) و

REFERENCES

1. Melton LJ, Chrischilles EA, Cooper C, Lane AW, Riggs BL. How many women have osteoporosis? *Journal Of Bone And Mineral Research* 2005; 20(5): 886-92.
2. Cella D, Fallowfield LJ. Recognition and management of treatment-related side effects for breast cancer patients receiving adjuvant endocrine therapy. *B. reast Cancer Research And Treatment* 2008; 107(2): 167-80.
3. Bessette L, Ste-Marie LG, Jean S, Davison KS, Beaulieu M, Baranci M, et al. The care gap in diagnosis and treatment of women with a fragility fracture. *Osteoporosis International* 2008; 19(1): 79-86.
4. Ammann PRR. Bone strength and its determinants. *Osteoporosis International* 2003; 14(3): 13-8.
5. Gillespie LD, Robertson MC, Gillespie WJ, Lamb SE, Gates S, Cumming RG, et al. Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2009; 15;(2):CD007146.
6. Tang BMEG, Nowson C, Smith C, Bensoussan A. Use of calcium or calcium in combination with vitamin D supplementation to prevent fractures and bone loss in people aged 50 years and older: a meta-analysis. *The Lancet* 2007; 370(9588): 657-66.
7. Birkhäuser M, Panay N, Archer D, Barlow D, Burger H, Gambacciani M, et al. Updated practical recommendations for hormone replacement therapy in the peri-and postmenopause. *Climacteric* 2008; 11(2): 108-23.
8. Gusi NRA, Leal A. Low-frequency vibratory exercise reduces the risk of bone fracture more than walking: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2006; 7(1): 92.
9. Klein-Nulend JBR, Bakker A. Mechanical loading and how it affects bone cells: the role of the osteocyte cytoskeleton in maintaining our skeleton. *Eur Cell Mater* 2012; 24: 278-91.
10. Simoes PA Z A, Bloes P, Mazzocato FC. Effect of treadmill exercise on lumbar vertebrae in ovariectomized rats: anthropometrical and mechanical analyses. *Acta Bioeng Biomech.* 2008; 10: 39-41.
11. Fonseca H, Moreira-Gonçalves D, Esteves JLS, Viriato N, Vaz M, Mota MP, et al. Voluntary exercise has long-term in vivo protective effects on osteocyte viability and bone strength following ovariectomy. *Calcified Tissue International* 2011; 88(6): 443-54.
12. Tezval M, M. Biblis, Sehmisch S, Schmelz U, Kolios L, Rack T, et al. Improvement of femoral bone quality after low-magnitude, high-frequency mechanical stimulation in the ovariectomized rat as an osteopenia model. *Calcified Tissue International* 2011; 88(1): 33-40.
13. Roghani TTG, Movassegh S, Hedayati M, Goosheh B, Bayat N. Effects of short-term aerobic exercise with and without external loading on bone metabolism and balance in postmenopausal women with osteoporosis. *Rheumatology International* 2013; 33(2): 291-8.
14. D'souza CA, Sandhya T. Effects of yoga training and detraining on physical performance measures in prepubertal children--a randomized trial. *Indian J Physiol Pharmacol* 2014; 58(1): 61-8.
15. Warden SJ, Galley MR, Hurd AL, Richard JS, George LA, Guildenbecher EA, et al. Cortical and Trabecular Bone Benefits of Mechanical Loading Are Maintained Long Term in Mice Independent of Ovariectomy. *Journal of Bone and Mineral Research* 2014; 29(5): 1131-40.
16. Warden SJ, Galley MR, Hurd AL, Wallace JM, Gallant MA, Richard JS, et al. Elevated mechanical loading when young provides lifelong benefits to cortical bone properties in female rats independent of a surgically induced menopause. *Endocrinology* 2013; 154(9): 3178-87.
17. Al-Nozha MM, Al-Hazzaa HM, Arafah MR, Al-Khadra A, Al-Mazrou YY, Al-Matouq MA, et al. Prevalence of physical activity and inactivity among Saudis aged 30-70 years: a population-based cross-sectional study. *Saudi Medical Journal* 2007; 28(4): 559-68.
18. Altin G, Teuta B, Sadet G. Prevalence and correlates of osteoporosis in elbasan region, albania. *Management in Health* 2015; 18(4): 11-13.
19. Khajuria DK RR MD. Description of a new method of ovariectomy in female rats. *Rev Bras Reumatol* 2012; 52(3): 462-70.
20. Iwamoto J TT, Sato Y. Effect of treadmill exercise on bone mass in female rats. *Experimental Animal* 2005; 54(1): 1-6.
21. Haworth CS, Webb AK, Egan JJ, Selby PL, Hasleton PS, Bishop PW, et al. Bone histomorphometry in adult patients with cystic fibrosis. *CHEST Journal* 2000; 118(2): 434-9.
22. Freidouni M, Nejati H, Salimi M, Bayat M, Amini A, Noruzian M, et al. Evaluating glucocorticoid administration on biomechanical properties of rats' tibial diaphysis. *Iranian Red Crescent Medical Journal* 2015; 17(3); e19389.

23. Moreira LDF, Oliveira MLd, Lirani-Galvão AP, Marin-Mio RV, Santos RNd, Lazaretti-Castro M. Physical exercise and osteoporosis: effects of different types of exercises on bone and physical function of postmenopausal women. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia* 2014; 58(5): 514-22.
24. Sharifi G DF, Jafari M, Tanideh N, Rafati Fard M. The effect of weight-bearing exercise on the strength of femur bone in ovariectomized rats. *Armaghane-danesh* 2011; 16(3): 254-61.
25. Tromp A, Bravenboer N, Tanck E, Oostlander A, Holzmann P, Kostense P, et al. Additional weight bearing during exercise and estrogen in the rat: the effect on bone mass, turnover, and structure. *Calcified Tissue International* 2006; 79(6): 404-15.
26. Turner C, Robling A. Exercises for improving bone strength. *British Journal of Sports Medicine* 2005; 39(4): 188-9.
27. Lorentzon M, Mellström D, Ohlsson C. Association of amount of physical activity with cortical bone size and trabecular volumetric BMD in young adult men: the GOOD study. *Journal of Bone and Mineral Research* 2005; 20(11): 1936-43.
28. Burrows M. Exercise and bone mineral accrual in children and adolescents. *Journal of Sports Science & Medicine* 2007; 6(3): 305.
29. Ocarino N, Silva J, Santiago L, Rocha C, Marubayashi U, Serakides R. Treadmill training before and/or after ovariectomy is more effective in preventing osteopenia in adult female rats. *Science & Sports* 2009; 24(1): 52-5.
30. Zebaze RG-ZA, Bohte A, Iuliano-Burns S, Mirams M, Price RI, Mackie EJ, Seeman E. Intracortical remodelling and porosity in the distal radius and postmortem femurs of women: a cross-sectional study. *The Lancet* 2010; 375(9727): 1729–36.
31. JD C. Bone strength: what are we trying to measure?. *Calcif Tissue Int* 2001; 68: 205–21.
32. Russo CR, Lauretani F, Seeman E, Bartali B, Bandinelli S, Di Iorio A, et al. Structural adaptations to bone loss in aging men and women. *Bone* 2006; 38: 112-8.

The Effect of a Moderate Intensity Aerobic Exercise Followed by a Period of Detraining on Femoral Micro structures and It's Strength in Oophorectomized Rats

Hojjati S¹, Nazem F^{1*}, Daryanoosh F²

¹Department of Sport Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, ²Department of Sport Physiology, Faculty of Education and Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran

Received: 2 May 2015

Accepted: 6 Aug 2015

Abstract

Background and aim: Exercise activities increase bone mass, however, the effect of detraining and inactivity on osteoporosis in active people who take part in regular physical activity, are still not well understood. The purpose of this study was to investigate the effect of treadmill running exercise together with detraining on osteoporosis in Oophorectomized rats.

Methods: Fifty female rats divided randomly into control; experimental 1 (oophorectomized rats for 12 weeks); experimental 2 (oophorectomized rats for 22 weeks); experimental 3 (oophorectomized rats undergoing treadmill running exercise); and experimental 4 (oophorectomized rats undergoing treadmill running exercise together with a period of detraining) groups. Control group sacrificed in the beginning of the study. The experimental groups of 3 and 4 exercised for 10 weeks. After the training period, The experimental groups of 1 and 3 were sacrificed, while, experimental groups 4 and 2 remained detraining. The exercise program consisted of running on a treadmill (3 days/week for 10 weeks). The speed of treadmill was adjusted constant at 12 m/min and the duration of exercise began from 10 min in the first week and reached up to 64 min in the 10th week of exercise. At the end of study, all rats were sacrificed and their femurs were removed for bone micro structures (cortical and trabecular thickness, and trabecular separation) and bone strength analysis. We used One-Way ANOVA and post hoc Scheffe test to compare the groups after evaluation of Homology of variances by Shapiro wilk test. $P \leq 0.05$ considered significant.

Results: Trabecular thickness decreased significantly in experimental groups of 1 and 2 compared with control group ($P < 0.05$). Bone strength and cortical thicknesses decreased significantly in experimental groups of 2 compared with control group ($P < 0.01$). Bone strength and femoral micro structures improved in experimental group of 3 compared with experimental group of 1 and in experimental group of 4 compared with experimental group of 2 ($P < 0.001$). cortical thickness decreased significantly in experimental group of 4 compared with experimental group of 3 ($P < 0.025$).

Conclusion: Moderate intensity treadmill running exercise has a prophylactic effects on osteoporosis which remain after detraining. Prevention of osteoporosis leads to reduce of pathological fractures.

Keywords: Osteoporosis, Oophorectomy, Aerobic Exercise, Detraining, Microstructures

*Corresponding Author: Nazem F, Department of Sport Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Email: Farzadnazem2@gmail.com

Please cite this article as follows:

Hojjati S, Nazem F, Daryanoosh F. The Effect of a Moderate Intensity Aerobic Exercise Followed by a Period of Detraining on Femoral Micro structures and It's Strength in Oophorectomized Rats. *Armaghane-danesh* 2015; 20 (7): 572-584.