



مقایسه‌ی تاثیر تمرینات مقاومتی و هوازی بر میزان تغییرات مواد معدنی استخوان دانشجویان دختر

پوکی استخوان، از شایع‌ترین بیماری‌های زندگی امروزی است. امروزه اثر فعالیت‌های ورزشی بر افزایش BMD استخوان، در تمام سنین و حفظ آن در کهنسالی، به خوبی ثابت شده است.

مقایسه‌ی تاثیر تمرینات مقاومتی و هوازی بر تغییرات دانسیته معدنی استخوان موضعی دختران غیرورزشکار

آزمودنی‌های این پژوهش ۳۶ دختر غیرورزشکار با میانگین سنی $22/58 \pm 1/65$ سال و شاخص توده‌ی بدنی $22/85 \pm 2/71$ در سه گروه مقاومتی، هوازی و کنترل انتخاب شدند. تمرین‌های گروه هوازی شامل ۳۶ جلسه دویدن (۳ جلسه در هفته)، به مدت ۴۰ دقیقه و با شدت ۷۰ تا ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب بود. گروه مقاومتی نیز در ۳۶ جلسه، تمرین‌های خود را به صورت دایره‌ای و با شدت ۷۰ تا ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه (۶ تا ۸ تکرار در ۳ نوبت و ۲ دقیقه استراحت بین نوبت‌ها)، انجام دادند.

هر دو نوع تمرین مقاومتی و هوازی، سبب ایجاد تغییرات معنی‌داری در دانسیته معدنی استخوان ناحیه‌های کمر، گردن استخوان ران و مچ دست شدند ($P < 0/05$). در مورد کمر، تمرینات مقاومتی نسبت به تمرینات هوازی اثر بهتری داشت، در حالی که در مورد گردن استخوان ران، فقط تمرین هوازی اثر بهتری ایجاد کرد ($P < 0/05$).

نتایج کلی این تحقیق نشان داد که در مقایسه‌ی اثر تمرینات مقاومتی و هوازی بر دانسیته مواد معدنی استخوان، تفاوت‌های برجسته‌ای وجود ندارد.

Resistance and aerobic training, Bone mineral density, Girls

مقدمه

هدف

مواد و روش‌ها

نتایج

نتیجه‌گیری

واژه‌های کلیدی

سید محمود حجازی

دکتری فیزیولوژی ورزش، استادیار
دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی
واحد مشهد

محمود سلطانی

فوق لیسانس تربیت بدنی و علوم
ورزشی، هیئت علمی دانشگاه آزاد
اسلامی مشهد

یلدا غلامی

فوق لیسانس فیزیولوژی ورزش

نگارنده پاسخگو: دکتر سید محمود
حجازی

آدرس: دانشکده تربیت بدنی و علوم
ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد،
بلوار امامیه، مشهد ایران
پست الکترونیک:

Smhejazi37@Gmail.com

تلفن: ۰۵۱۱-۶۰۶۶۶۴۴

نمابر: ۰۵۱۱-۶۶۱۹۲۴۵

تاریخ وصول: ۱۳۸۹/۳/۱۳

تاریخ تایید: ۱۳۸۹/۵/۱۹

مقدمه

پوکی استخوان، از شایع‌ترین بیماری‌های زندگی امروزی است. به طور طبیعی، اوج توده‌ی استخوانی تا سنین ۴۰ تا ۴۵ سال حفظ شده و پس از آن، به ازای هر سال بین ۰/۵ تا ۱ درصد کاهش وجود دارد (۱). خطر ابتلا به پوکی استخوان در زنان به خاطر افزایش سرعت اتلاف توده‌ی استخوانی (۲ تا ۶/۵٪ در سال)، در طی ۳ تا ۵ سال اول بعد از یائسگی، بیشتر است (۲). به علاوه، عواملی مانند سن بالا (شروع از ۳۰ سالگی، تشدید بعد از ۵۰ سالگی)، نوع نژاد (سفید پوست)، اعتیاد به الکل و دخانیات، فقر کلسیم و ویتامین D در رژیم غذایی، بی‌حرکی، سابقه‌ی پوکی استخوان و یا اختلال هورمون‌های جنسی در والدین و وجود برخی بیماری‌های هورمونی (پرکاری تیروئید و بیماری کوشینگ) و التهاب مفصلی می‌توانند بر استخوان تاثیر داشته باشند (۲، ۳).

امروزه اثر فعالیت‌های ورزشی بر افزایش BMD¹ استخوان، در تمام سنین و حفظ آن در کهنسالی، به خوبی ثابت شده است (۳-۶). مطالعه‌های مقطعی نشان داده‌اند که BMD، همبستگی بالایی با فعالیت‌های دارای ماهیت تحمل وزن و تنش عضلانی بالا دارد (۷-۱۱). اگرچه ورزش‌هایی که با فشارهای پویا همراه هستند (مانند پرش‌ها)، کارآمدترین نوع فعالیت بدنی برای جوانان در حال رشد محسوب می‌شوند و ممکن است برای افزایش اوج استحکام استخوانی و جلوگیری از بروز استئوپنی به کار روند (۱۲، ۱۳)، شاید این کار در مورد همه‌ی آزمودنی‌ها امکان‌پذیر نباشد و در این موارد، تمرین مقاومتی ممکن است فواید بیشتری به دست دهد (۴). در این راستا، بیشتر مطالعه‌ها گزارش کرده‌اند که اثر فعالیت بدنی بر استخوان‌های متصل به عضلات درگیر، اختصاصی هستند (۱۱، ۱۴، ۱۵). این مشاهده‌ها هم‌چنین در مطالعه‌های حیوانی نیز تایید شده‌اند (۱۶). با این حال، هنوز در مورد راه‌کارهای تمرینی مطلوب، توافق نظر وجود ندارد. به طور کلی، عموماً عقیده بر آن است که باید تمرین‌ها برای هر جامعه به صورت اختصاصی انجام شود (۱۷). مثلاً دیده شده ورزش‌هایی که در

زنان پیش از یائسگی کارآمد هستند، پس از یائسگی، اثر چندانی بر استخوان ندارند (۱۸، ۱۹). با این حال، با وجود این که احتمالاً مقدار، نوع (فعالیت دارای تحمل وزن) و شدت فعالیت‌های مختلف (۲۲-۲۰)، مسئول چنین سازگاری‌های متفاوتی در ترکیب استخوان هستند، در حال حاضر، در مورد این که تاثیر کدام نوع فعالیت ورزشی مقاومتی (تمریناتی که بر اساس اصل اضافه بار و در مقابل مقاومتی بیش از حد معمول انجام می‌شود مثل تمرین با وزنه) و هوازی (تمریناتی که بر اکسیژن در دقیقه و توان هوازی انجام گیرد و معمولاً مدت آن بیش از ۲۰ دقیقه است) و در کدام بخش از بدن، مناسب‌تر است توافق نهایی وجود ندارد. به عنوان مثال گزارش شده است که تمرین‌های ورزشی، سبب افزایش BMD برجستگی بزرگ ران و لگن می‌شوند، در حالی که در ناحیه‌ی ستون فقرات چنین اثری دیده نمی‌شود (۲۴-۲۱). از سویی برخی مطالعه‌ها نیز افزایش BMD مهره‌های کمری و استخوان ران را در اثر تمرین، گزارش کرده‌اند. در مطالعه‌ی هایند و همکاران بین مسافت دویده شده در هفته و BMD دوندگان استقامتی، رابطه‌ی معکوسی مشاهده شد و هم‌چنین مقدار خطر در مردان بیشتر بود (۲۵، ۲۶). از سوی دیگر، در مطالعه‌ی شوارتز و همکاران، به این نتیجه رسیدند که تمرین هوازی در مقایسه با بی‌تمرینی، سبب حفظ بهتر BMD می‌شود.

بنا بر این به دلیل وجود تناقض مطالعه‌های موجود و با توجه به کمبود اطلاعات مستقیم، در مورد فواید اختصاصی هر کدام از انواع تمرین‌ها (مقاومتی و هوازی) در جایگاه‌های مختلف بدن، این مطالعه با هدف مقایسه‌ی تاثیر یک دوره‌ی فعالیت مقاومتی و هوازی بر تغییرات موضعی BMD (گردن استخوان ران، مهره‌های کمری و مچ دست دختران) انجام شد که آن را از سایر پژوهش‌های موجود در این زمینه، متمایز می‌کند. به نظر می‌رسد که در صورت شناسایی شایع‌ترین جایگاه‌های اتلاف استخوانی در بدن، یافته‌های این مطالعه می‌تواند جایگاه بسیار ارزشمندی در طراحی برنامه‌های ویژه‌ی تمرینی داشته باشد.

روش کار

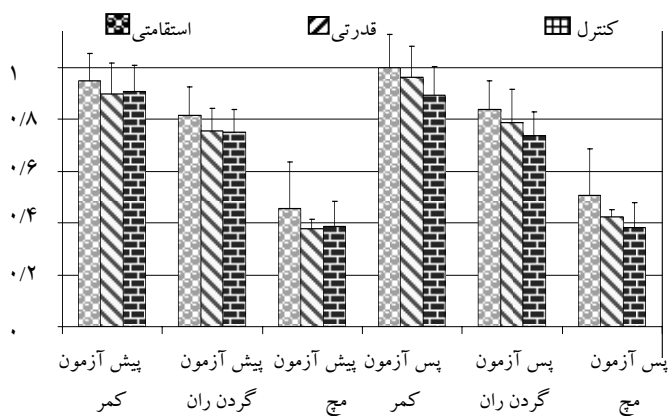
از بین دانشجویان دختر دانشگاه آزاد اسلامی تبریز که بالغ بر

¹ Bone Mineral Density

شد. گروه کنترل در فاصله‌ی ۱۲ هفته از انجام هر گونه تمرینات ورزشی، اجتناب کردند. چگالی‌سنجی استخوان از طریق جذب‌سنجی انرژی اشعه‌ایکس (DEXA) توسط دستگاه دانسیتومتری ساخت شرکت نورلند آمریکا و به روش استاندارد در مهره‌های L۲ تا L۴، گردن استخوان ران و انتهای ساعد (مچ) انجام شد. پس از کسب اطمینان از توزیع طبیعی و نرمال داده‌ها با استفاده از آزمون K-S داده‌ها با استفاده از طرح نیمه تجربی سه گروهی پیش‌آزمون و پس‌آزمون و آزمون آماری تحلیل واریانس یک‌طرفه و آزمون تی در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ تجزیه و تحلیل شدند.

نتایج

یافته‌های حاصل از مقایسه‌ی داده‌های پیش‌آزمون با پس‌آزمون نمودار (۱) نشان داد که هر دو نوع تمرین مقاومتی و استقامتی، سبب ایجاد تغییرات معنی‌داری در BMD نواحی مورد اندازه‌گیری می‌شوند ($P < 0/05$). جدول (۱ و ۲) مقایسه‌ی میانگین و نتایج آماری به دست آمده از آزمون تی و آنوارا بین دو گروه قبل و پس از آزمون نشان می‌دهد.



نمودار ۱: مقادیر چگالی ماده معدنی استخوان سه گروه در نواحی

مورد اندازه‌گیری شده در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

در نمودار (۲) اختلاف میانگین در مچ، گردن، ران، کمر اندازه‌گیری در فاصله‌ی بین پیش‌آزمون تا پس‌آزمون آمده است. هم‌چنین روند تغییرات شاخص‌های اندازه‌گیری شده در سه گروه، در (نمودار ۱) آمده است.

۳۲۰۰ نفر بودند بر اساس جدول مورگان ۳۵۲ دانشجو به عنوان نمونه‌ی آماری انتخاب شدند. مطالعه‌ی مقدماتی برای یکسان‌سازی تغذیه و معاینات پزشکی انجام شد و سپس با روش تصادفی ۳۶ آزمودنی دختر غیرورزشکار (افرادی که در هفته به صورت مرتب ۳ جلسه تمرین نداشته باشند) در سه گروه (کنترل- مقاومتی و هوازی هر گروه ۱۲ نفر) با میانگین سن $22/58 \pm 1/65$ سال، شاخص توده‌ی بدنی $22/85 \pm 2/71$ کیلوگرم بر مترمربع) که فاقد هرگونه بیماری قلبی- تنفسی، متابولیک و اختلالات قاعدگی بودند و در زمان اجرای مطالعه، دارو، سیگار و الکل مصرف نمی‌کردند (این موارد از طریق معاینه‌ی پزشکی و پرسش‌نامه مشخص شدند) تقسیم شدند. برای کسب اطمینان از دریافت کافی کلسیم در رژیم غذایی تمام آزمودنی‌ها سه بار در هفته ۲۵۰ میلی‌لیتر شیر دریافت کردند. تمرین‌ها در زمان معینی از روز اجرا شدند (۴ تا ۶ بعدازظهر) و هر دو گروه تمرینی، با ۲۰ دقیقه گرم کردن (دویدن و تمرین‌های کششی) فعالیت خود را آغاز کردند و در پایان نیز ۱۰ دقیقه سرد کردن انجام شد. تمرین‌های گروه هوازی شامل ۱۲ هفته دویدن روی نوارگردان (۳ بار در هفته)، به مدت ۴۰ دقیقه و با شدت ۷۰ تا ۸۰ درصد از MHR^1 بود و گروه تمرین مقاومتی نیز ۱۲ هفته (۳ جلسه در هفته)، با شدت ۷۰ تا ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه و با ۶ تا ۸ تکرار در ۳ نوبت (۲ دقیقه استراحت بین نوبت‌ها)، به ترتیب حرکات پرس سینه، جلو بازو، اسکات، پارالل، پشت پا^۲، کول^۳، دراز و نشست، پرس بالای سر، جلو پا، کمر^۴ و بارفیکس/ پارویی (در صورت نداشتن توانایی انجام بارفیکس، حرکت پارویی انجام شد) را به صورت دایره‌ای انجام دادند. لازم به ذکر است که یک هفته قبل از آغاز اجرای پژوهش، یک جلسه‌ی آشنایی با تمرین‌ها وجود داشت و یک تکرار بیشینه در گروه تمرین مقاومتی در هر حرکت، طبق روش استاندارد اندازه‌گیری شد. این کار هر ۳ هفته یک بار نیز، دوباره تکرار

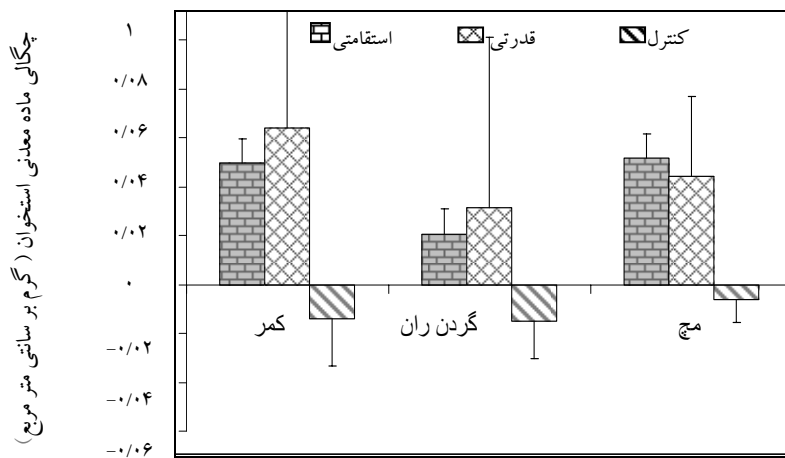
¹Maximum Heart Rate

²Leg Curls

³Shoulder Raises

⁴Back Extension

نمودار ۲: نمودار اختلاف میانگین در میچ، گردن ران، کمر اندازه گیری در فاصله بین پیش آزمون تا پس آزمون



جدول ۱: نتایج مربوط به آزمون آنووا در مورد مقایسه میانگین اختلاف گروه ها در فاصله پیش آزمون تا پس آزمون

| گروه | مجموع میانگین مربعات | **F | Sig | نتایج آزمون تعقیبی LSD*** | |
|----------|----------------------|--------|---------|---------------------------|-----------------|
| | | | | مقایسه دو به دو گروه ها | میانگین اختلاف |
| کمر | ۰/۱۰۱ | ۱۱/۵۵۴ | * ۰/۰۰۱ | هوازی - قدرتی | - ۰/۰۱۴ ± ۰/۰۱۷ |
| | | | | هوازی - کنترل | * ۰/۰۶۳ ± ۰/۰۱۷ |
| | | | | قدرتی - کنترل | * ۰/۰۷۸ ± ۰/۰۱۷ |
| گردن ران | ۰/۰۷۲ | ۴/۰۹۸ | * ۰/۰۲۶ | هوازی - قدرتی | - ۰/۰۱۰ ± ۰/۰۱۷ |
| | | | | هوازی - کنترل | * ۰/۰۳۶ ± ۰/۰۱۷ |
| | | | | قدرتی - کنترل | * ۰/۰۴۶ ± ۰/۰۱۷ |
| میچ | ۰/۰۵۰ | ۱۵/۴۹۴ | * ۰/۰۰۱ | هوازی - قدرتی | ۰/۰۰۷ ± ۰/۰۱۱ |
| | | | | هوازی - کنترل | * ۰/۰۵۸ ± ۰/۰۱۱ |
| | | | | قدرتی - کنترل | * ۰/۰۵۰ ± ۰/۰۱۱ |

تفاوت آماری معنی دار ($P < ۰/۰۵$) ** F آزمون تحلیل واریانس یک طرفه می باشد. LSD*** آزمون تعقیبی برای بررسی بیشتر گروه ها می باشد ($P < ۰/۰۵$)

جدول ۲: نتایج مربوط به آزمون تی در مورد مقایسه میانگین هر کدام از فاکتورهای مورد اندازه گیری مربوط به هر ناحیه، در پیش آزمون تا پس آزمون

| گروه | کمر | | گردن ران | | میچ | |
|---------|----------------|-------|----------------|-------|----------------|-------|
| | میانگین اختلاف | t | میانگین اختلاف | t | میانگین اختلاف | t |
| هوازی | ۰/۰۴۹ ± ۰/۰۵۲ | ۳/۳۱۴ | ۰/۰۲۰ ± ۰/۰۱۴ | ۵/۰۸۲ | ۰/۰۵۱ ± ۰/۰۳۴ | ۵/۱۶۴ |
| مقاومتی | ۰/۰۶۴ ± ۰/۰۴۷ | ۴/۶۲۸ | ۰/۰۳۱ ± ۰/۰۶۹ | ۱/۵۷۴ | ۰/۰۴۴ ± ۰/۰۳۲ | ۴/۷۷۶ |
| کنترل | ۰/۰۱۴ ± ۰/۰۱۹ | ۲/۵۱۶ | ۰/۰۱۵ ± ۰/۰۱۵ | ۳/۴۲۴ | ۰/۰۰۶ ± ۰/۰۰۸ | ۲/۴۵۲ |

تفاوت آماری معنی دار ($P < ۰/۰۵$) ** F آزمون تحلیل واریانس یک طرفه می باشد. LSD*** آزمون تعقیبی برای بررسی بیشتر گروه ها می باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

لازم به ذکر است که در فاصله‌ی بین پیش‌آزمون تا پس‌آزمون (جدول ۲) به جز در مورد اثر تمرین مقاومتی بر BMD گردن استخوان ران، تغییرات معنی‌داری در هر سه گروه، در BMD ناحیه‌های مورد اندازه‌گیری مشاهده شد و در گروه کنترل، BMD در هر سه ناحیه کاهش معنی‌داری داشت، در حالی که در گروه‌های تمرینی، افزایش یافته بود. به هر حال، این مشاهدات شاید نشانگر حاکم بودن شرایط غیرطبیعی چون وضعیت پاتولوژیکی در بین آزمودنی‌ها باشد. در یک مطالعه‌ی مشابه سایمون و همکاران نیز، اثر دراز مدت تمرین‌های قدرتی و توانی مقایسه شد و یافته‌های آن حاکی از برتری تمرین‌های توانی نسبت به قدرتی در افزایش BMD در ناحیه‌ی ستون فقرات کمری بود (۲۵). هم‌چنین در آن مطالعه، BMD ناحیه‌ی کمر در گروه تمرین توانی در طی یک سال افزایش یافت، در حالی که پس از آن تمایل به کاهش جزئی مشاهده شد. پژوهشگران از این امر، به عنوان اثر عادت یاد کردند و آن را مربوط به قابلیت سازگاری سلولی استخوان نسبت به تغییرات محیط مکانیکی دانستند. لازم به ذکر است که اثر عادت در سایر مطالعه‌ها نیز به خوبی اثبات شده است (۲۷-۲۹). در این مطالعه‌ها نیز تصور می‌شود از آن‌جا که آزمودنی‌ها افراد غیرورزشکار بودند، احتمالاً هر دو پروتکل تمرین مقاومتی و هوازی برای آن‌ها تازگی داشت و به نوعی سبب شکستن سقف سازگاری و تحریک افزایش BMD شد. در این راستا با توجه به موارد مذکور، به نظر می‌رسد که برای نتیجه‌گیری دقیق‌تر در این زمینه، بایستی لااقل در پروتکل‌های تمرینی مورد استفاده در برنامه‌ی تمرینات مقاومتی و هوازی، از لحاظ مدت و شدت اجرای تمرینات، همسان‌سازی به عمل آید و مقدار بار اعمال شده به موضع مورد تمرین در هر بازه‌ی زمانی، یکسان باشد.

در مورد گردن استخوان ران، تنها تمرین مقاومتی اثر بهتری نسبت به گروه کنترل داشت، در حالی که در مورد کمر برعکس این امر مشاهده شد. شاید بتوان معنی‌دار نبودن تغییرات گروه مقاومتی نسبت به گروه کنترل را به بالا بودن

انحراف از میانگین ربط داد که می‌تواند ناشی از تفاوت‌های فردی در پاسخ به این تمرین‌ها باشد. با این حال، به نظر می‌رسد که در حال حاضر نسبت به این نکته باید با احتیاط نگریسته شود. در یک مطالعه‌ی دیگر نیز، ۱۴ هفته کاهش وزن ناشی از رژیم غذایی سبب کاهش مختصر BMD کل بدن شد، اما پس از افزودن یک برنامه‌ی تمرین قدرتی به برنامه‌ی کاهش وزن، هیچ تاثیری بر BMD کل بدن و یا BMD موضعی مشاهده نشد (۳۰) که به نوعی با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی ندارد. مگ‌دوگال و همکاران، گزارش کردند که BMD استخوان با ۲۰ دقیقه دویدن در هفته، افزایش می‌یابد، ولی با افزایش مدت دویدن این مقدار تغییری نمی‌کند. تحقیقات صالحی‌کیا و همکاران نیز از گزارش پیروی می‌کنند (۲۰). هایند و همکاران نیز گزارش کرده‌اند که کمبود انرژی در کوتاه مدت، ممکن است تشکیل استخوان در ورزشکاران استقامتی را متوقف کند یا باعث اختلال در تشکیل استخوان‌ها شود (۲۶). به بیان دیگر، هنگام انجام فعالیت‌های استقامتی، مقدار زیادی از املاح بدن به ویژه کلسیم از طریق تعریق دفع می‌شود و بنا بر این، سطح کلسیم خون کاهش می‌یابد. به این ترتیب، سیستم‌های هورمونی حساس به سطح کلسیم خون، مانند هورمون پاراتورمون فعال می‌شوند که نتیجه‌ی آن فعال شدن استئوکلاست‌ها و کاتابولیسم استخوان برای جبران کلسیم مورد نیاز است. بنا بر این، کلسیم به طور مرتب از بانک اسکلتی برداشته می‌شود و شاید این هم یکی از دلایل کاهش تراکم مواد معدنی استخوانی در دوندگان مسافت‌های طولانی باشد.

بنا بر این، با توجه به این که در این مطالعه، در گروه استقامتی نسبت به گروه قدرتی، تغییرات کمتری در BMD گردن استخوان ران و نیز مهره‌های کمری مشاهده شد (غیرمعنی‌دار)، این مطلب فرضیه‌ی کاهش انرژی را تقویت می‌کند. از سویی، به نظر می‌رسد که تمرین‌های مقاومتی به علت فشار بالایی که بر استخوان‌ها وارد می‌کند، محرک مطمئنی برای استخوان‌سازی می‌باشند. بنا بر این تمرین‌هایی مانند وزنه‌برداری و بدن‌سازی که شامل فعالیت‌های پرشدت هستند، ممکن است در

فعالیت‌ها، درگیر نبوده است. شاید این امر، مانند آن‌چه در تمرین‌های جسمی و مهارتی دیده می‌شود، حاکی از وجود نوعی اثر انتقال باشد یا این که به واسطه‌ی فرآیندهای هورمونی به انجام می‌رسد. به بیان دیگر، یافته‌های مطالعه‌ی ما در این مورد، از تأثیر به نسبت کلی تمرین‌های استقامتی بر BMD کل بدن حمایت می‌کند و در این مورد، تأثیر تمرین‌ها فقط منحصر به موضع مورد تمرین نیست. در این راستا، مایمون و همکاران، گزارش کردند که متعاقب تمرین پیاده‌روی با شدت متوسط، سطح کلسیتونین سرم در زنان یائسه افزایش می‌یابد (۳۵). هم‌چنین به دنبال انجام ورزش، قدرتی افزایش معنی‌دار سطح هورمون پاراتیروئید مشاهده شده است (۳۶،۵). با این حال در بیشتر مطالعه‌های موجود در این زمینه و حتی در موارد مقایسه‌ی اندام‌های برتر و غیربرتر (۳۷،۱۶) توافق کلی بر این است که BMD در موضع مورد تمرین بالاتر است. به این ترتیب، سازوکارهای مسئول این مشاهده‌ها (افزایش BMD ناحیه‌ی مچ دست همراه با انجام تمرین‌های استقامتی)، ناشناخته باقی مانده‌اند و به نظر می‌رسد که نیازمند بررسی بیشتر باشند.

نتایج کلی این تحقیق نشان داد که احتمالاً در مورد پاسخ موضعی سیستم اسکلتی به تمرینات مقاومتی و استقامتی، تفاوت‌های برجسته‌ای وجود ندارد. با این حال، با توجه به نتایج ادبیات ذکر شده، پیشنهاد می‌شود که برای نتیجه‌گیری دقیق‌تر در این زمینه، لااقل در مورد مقدار و شرایط اعمال بار تمرینی به موضع مورد تمرین، یکسان‌سازی به عمل آید.

دختران جوان فرصت‌های بهتری را برای به حداکثر رساندن تراکم استخوان فراهم نمایند. در همین راستا، لازم به یاد آوری است که زانکر گزارش کرده است حداقل فشار لازم برای ایجاد تحریک استخوانی، بالاتر از ۲/۵ برابر وزن بدن است، ولی هنگام انجام فعالیت‌هایی مانند راه رفتن و آهسته دویدن، نیروی وارده بر استخوان‌ها تقریباً برابر وزن بدن یا کمی بیشتر از آن است که به نظر می‌رسد مقدار آن در حد آستانه‌ی تحریک سلول‌های استخوانی نباشد (۳۱). به علاوه در دو مطالعه‌ی دیگر (۳۳،۳۲)، گزارش شده است که پرش‌های عمقی تنها کمی بیشتر از راه رفتن و دویدن، سبب وارد شدن فشار مکانیکی بر استخوان می‌شوند (به ترتیب ۱۳٪ و ۱۱٪)، در حالی که سرعت تغییرات فشار آن‌ها خیلی بالاتر است (به ترتیب ۲۵/۶٪ و ۷۴٪). بنا بر این به نظر می‌رسد که شاید در این تحقیق، علت تأثیر بهتر تمرین‌های مقاومتی نسبت به استقامتی بر تغییر BMD ناحیه‌ی گردن استخوان ران مربوط به تفاوت در سرعت تغییرات وارده به استخوان هنگام انجام این تمرین‌ها باشد. به علاوه، هم‌چنان که روبلینگ و همکاران گزارش کرده‌اند وهله‌های تکراری اعمال بار کوتاه مدت، سبب افزایش بیشتر BMD می‌شوند (۳۴). شاید ماهیت اعمال بار تکراری و کوتاه مدت در تمرین مقاومتی، به کسب چنین یافته‌هایی منجر شده است، اما چون اندازه‌گیری مستقیمی در این زمینه انجام نشده است، باید با کمی احتیاط به آن نگریسته شود.

جالب‌ترین نکته‌ای که در یافته‌های این مطالعه به چشم می‌خورد، تأثیر تمرین استقامتی (دویدن) بر افزایش BMD ناحیه‌ی دیستال ساعد (مچ) است، در حالی که بالاتر در انجام

| کاربرد بالینی | یافته‌ی نوین |
|--|---|
| در مورد کمر، تمرینات مقاومتی نسبت به تمرینات هوازی اثر بهتری داشت، در حالی که در مورد گردن استخوان ران، فقط تمرین هوازی اثر بهتری ایجاد کرد. | اثر تمرینات مقاومتی و هوازی بردانسیته مواد معدنی استخوان، تفاوت‌های برجسته‌ای وجود ندارد. |

References

1. Shin H, Hur N, Pender H, Jang HJ, Kim MS. Exercise self-efficacy, exercise benefits and barriers, and commitment to a plan for exercise among Korean women with osteoporosis and osteoarthritis. *International Journal of Nursing studies* 2006; 43: 3-10.
2. Pouilles MJ, Tremollieres F, Ribot C. The effects of menopause on longitudinal bone loss from the spine. *Calcified Tissue International* 1993; 52:340-3.
3. Shibata Y, Ohsawa I, Watanabe T, Miura T, Sato Y. Effects of Physical Training on Bone Mineral Density and Bone Metabolism. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci* 2003; 22: 203-8.
4. Figard H, Mouglin F, Nappey M, Davicco MJ, Lebecque P, Coxam V, et al. Effects of isometric strength training followed by no exercise and Humulus lupulus L-enriched diet on bone metabolism in old female rats. *Metabolism* 2007; 56: 1673-81.
5. Martyn-St James M, Carrol S. High-intensity resistance training and postmenopausal bone loss: a meta-analysis. *Osteoporosis Int* 2006; 17: 1225-40.
6. Wolff I, van Croonenborg JJ, Kemper HC, Kostense PJ, Twisk JW, The effect of exercise training programs on bone mass: a meta-analysis of published controlled trials in pre- and postmenopausal women. *Osteoporosis Int* 1999; 9: 1-12.
7. Chein MY, Wu YT, Hsu RS, Kat GS. Efficiency of 24 week aerobic programs for osteopenic postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 2000; 67: 443-48.
8. Morel J, Combe B, Francisco J, Bernard J. Bone mineral density of 407 amateur sportsmen involved in different physical activities. *Osteoporosis Int* 2001; 12: 152-7.
9. Risser WL, Lee EJ, Leblance A, Poindexter HB, Risser MJ, Schneider V. Bone density in eumenorrheic female college athletes. *Med Sci Sport Exerc* 1990; 22: 570-74.
10. Heinonen A, Oja P, Kannus P, Sievanen H, Manttari A, Vuora I. Bone mineral density of female athletes in different sports. *Bone Miner* 1993; 23: 1-14
11. Heinrich CH, Going SB, Pamentier RW, Perry CD, Boyden TW, Lohman TG, Bone mineral content of cyclically menstruating female resistance and endurance trained athletes. *Med Sci Sport Exerc* 1990; 22: 558-63.
12. Petit MA, McKay HA, Mac Kelvie KJ, Heinonen A, Khan KM, Beck TJ. A randomized school-based jumping intervention confers site and maturity-specific benefits on bone structural properties in girls. *J Bone Miner Res* 2002; 17: 363-72.
13. Tsuzuku S, Shimokata H, Ikegami Y, Yabe K, Wasnich RD. Effects of high versus low-intensity in young males. *Calcified Tissue Int* 2001; 68: 342-7.
14. Rahimiyan mashhadi M. The comparison of referred & unpreferred hand BMD in Iranian national female athletes. *Olympic* 2004; 25: 107-18. (Persian)
15. Snow-Harter C, Bouxsein ML, Lewis BT, Carter DR, Marcus R. Effects of resistance and endurance exercise on bone mineral status of young women: a randomized exercise intervention trial. *J Bone Miner Res* 1992; 7: 761-7.
16. Karlsson MK, Johnell O, Obrant KJ. Bone mineral density in weight lifters. *Calcified Tissue Int* 1993; 52: 212-15.
17. Stengel SV, Kemmler W, Pintag R, Beeskow C, Weineck J, Lauber D, et al. Power training is more effective than strength training for maintaining bone mineral density in postmenopausal women. *J Appl Physiol* 2005; 99: 181-88.
18. Sugiyama T, Yamaguchi A, Kawai S. Effects of skeletal loading on bone mass and compensation mechanism in bone: a new insight into the "mechanostat" theory. *J Bone Miner Metab* 2002; 20: 196-200.
19. Bseye EJ, Rothwell MC, Littlewood JJ, Pye DW. Pre- and postmenopausal women have different bone mineral density responses to the same high-impact exercise. *J Bone Miner Res* 1998; 13: 1805-13.

20. Salehkiya A, Khayyambashi Kh, Marandi S, Banpharvari M. Chronic effects of endurance, speed and resistance training on BMD in elite male athletes. *Olympic* 2008; 43: 7-17. (Persian)
21. Maddalozzo GF, Snow CM. High intensity resistance training: effect of older men and women. *Journal of calcified Tissue International* 2000; 66: 399-404.
22. Wolman RL, Faulmann L, Clark P, Hesp R, Harries MG. Different training patterns and bone mineral density of femoral shaft in elite, female athletes. *J Ann Rheum Dis* 1991; 50: 487-99.
23. Bayraoglu M, Sozay S, Kratas M, Kilinc S. Relationship between muscle strength and bone and bone mineral density of three body regions in sedentary postmenopausal women. *Rheumato Inte* 2005; 25: 513-17.
24. Park H, Kim KJ, Komatsu T, Park SK, Mouth Y. Effect of combined exercise training on bone body balance and gait ability : a randomized controlled study in community-dwelling elderly women. *J Bone Miner Metab* 2008; 26: 254-59.
25. Simon von Stengel, Wolfgang Kemmler, Willi A Kalender, Klaus Engelke, Dirk Lauber Differential effects of strength versus power training on bone mineral density in postmenopausal women: a 2-year longitudinal study. *Br J Sports Med* 2007; 41: 649-55.
26. Hind K, Truscott JG, Evans JA, Low lumbar spine bone mineral density in both male and female endurance runners. *Journal of Bone* 2006; 39: 880-85.
27. Schwartz AL, Winters-stone K, Gallucci B. Exercise effects on bone mineral density in women with breast cancer receiving adjuvant chemotherapy. *Oncol Nurs Forum* 2007; 34: 627- 33.
28. Heikkinen J, Kyllonen E, Kurttila Matero E, wilen Rosenqvist G, Lankinen K S, Rita S, et al. HRT and exercise: effects on bone density, muscle strength and lipid metabolism. A placebo controlled 2-year prospective trial on two estrogen-progestin regimens in healthy postmenopausal women. *Mturitas* 1997; 26:139-49.
29. Kerr D, Ackland T, Maslen B, Morton A, Price R. Resistance training over 2 years increases bone mass in calcium-replete postmenopausal women. *J Bone Miner Res* 2001; 16: 175-81.
30. Nakata Y, Ohkawara K, Lee DJ, Okura T, Tanaka K. effects of additional resistance training during diet-induced weight loss on bone mineral density in overweight premenopausal women. *J Bone Miner Metab* 2008; 26: 172-770
31. Judex S, Zernicke RF. High-impact exercise and growing bone: relation between high strain rates and enhanced bone formation. *J Appl physiol* 2000; 88: 2183-91.
32. Judex S, Zernicke RF. Does the mechanical milieu associated with high-speed running lead to adaptive changes in diaphyseal growing bone? 2000; 26: 153-59.
33. Robling AG, Hinant FM, Burr DB, Turner CH. Shorter, more frequent mechanical loading sessions enhance bone mass. *Med Sci. Sports Exerc* 2002; 34: 196-202.
34. Rong H, Berg U, Topping O, Sundberg CJ, Granberg B, Bucht E. Effect of acute endurance and strength exercise on circulating calcium-regulating hormones and bone markers in young healthy males. *Scand J Med Sci Sport* 1997; 7: 152-59.
35. Maimoun L, Simar D, Malatesta D, Caillaud C, Peruchon E, Coure I, et al. Reponse of bone metabolism related hormones to a single session of strenuous exercise in active elderly subjects. *Br J Sport Med* 2005; 39:497-502.
36. Sone T, Imai Y, Onodera S, Tomomitsu T, Fukunaga M. side-to-side differences in cortical bone mineral density of tibiae in young male athlete. *Bone* 2006; 38: 708-13.
37. Senol Dane, Sedat Akar; Ibrahim Hcibeyoglu, Erhan Varoglu. Difference between right- and left femoral bone mineral densities in right- and left-handed men and women. *Int J Neurosci* 2001; 111: 187-92.