Journal of Birjand University of Medical Sciences

Birjand University of Medical Sciences

Original Article

Bone biochemical marker response to a plyometric exercise session with and without blood flow restriction in inactive adolescent females

Fatemeh Fakhri[1], **Abdolhamid Habibi**[1], **Mohsen Ghanbarzadeh**[1], **Rouhollah Ranjbar**[1]

ABSTRACT

Background and Aims: Physical activity and blood flow restriction (BFR) training can affect bone metabolism. This study aimed to investigate the effect of a plyometric exercise session with and without blood flow restriction on bone metabolism markers, such as bone alkaline phosphatase (BALP) and C-terminal telopeptide of type 1collagen (CTX), as the markers of bone formation and destruction, respectively, among inactive adolescent females.

Materials and Methods: This study was conducted using a quasi-experimental design with pretest-posttest. The participants (n=48) were randomly divided into four groups of high-intensity training (n=12), low-intensity training (n=12), low-intensity training+restricted blood flow (n=12), and control (n=12). The training protocol included 68 jumping movements. The intensity of the exercise was less than two and more than four times the body weight for low intensity groups with and without obstruction and the high-intensity group, respectively. Blood samples were taken before and immediately after the exercise to evaluate BALP and CTX. Data analysis was performed using dependent t-test and one-way ANOVA. A p-value of ≤0.05 was considered statistically significant.

Results: A significant decrease was observed in CTX serum levels in high-intensity exercise group (P=0.04) and low-intensity exercise group with limited blood flow (P=0.03), compared to those in the pre-test. However, there was no significant within-group and intergroup changes in serum levels of bone formation marker (P≥0.05).

Conclusion: According to the results, a low-intensity plyometric exercise session with blood BFR can be as effective as high-intensity plyometric exercises in altering bone metabolism (reducing bone absorption marker).

Keywords: Blood Flow Restriction, Bone Metabolism, Plyometric Training

Citation: Fakhri F, Habibi A, Ghanbarzadeh M, Ranjbar R. [Bone biochemical markers response to a plyometric exercise session with and without blood flow restriction in inactive girls]. J Birjand Univ Med Sci. 2021; 28(1): 24-31. [Persian]

DOI http://doi.org/10.32592/JBirjandUnivMedSci.2021.28.1.102

Received: August 31, 2020 **Accepted:** November 9, 2020

[1] Department of Exercise Physiology, Faculty of Sports Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Corresponding author: Department of Exercise Physiology, Faculty of Sports Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran Tel: +989175363741, E-mail: fakhri.fatemeh@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقاله اصیل پژوهشی

پاسخ مارکرهای بیوشیمیایی متابولیسم استخوان به یک جلسه تمرین پلایومتریک با و بدون محدودیت جریان خون در دختران غیرفعال

فاطمه فخری[1]، عبدالحمید حبیبی[1]، محسن قنبرزاده[1]، روح الله رنجبر[1]

چکیده

زمینه و هدف: فعالیت بدنی و تمرینات محدودیت جریان‌خون می‌تواند متابولیسم استخوان را تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین هدف پژوهش حاضر بررسی تاثیر یک جلسه تمرین پلایومتریک با و بدون محدودیت جریان خون بر نشانگرهای متابولیسم استخوان ازجمله آلکالین‌فسفاتاز استخوانی (BALP) و C تلوپپتید کلاژن نوع۱ (CTx) به‌ترتیب به‌عنوان مارکرهای تشکیل و تخریب استخوان در دختران غیرفعال بود.

روش تحقیق: پژوهش حاضر نیمه‌تجربی با طرح پیش- پس‌آزمون بود. آزمودنی‌ها ۴۸ دانشجوی دختر غیرفعال بودند که به‌طور تصادفی به۴ گروه تمرین با شدت زیاد (۱۲ نفر)، گروه شدت کم (۱۲نفر)، گروه شدت کم+ محدودیت جریان خون (۱۲ نفر) و کنترل (۱۲نفر) تقسیم شدند. پروتکل تمرین شامل ۶۸ حرکت پرشی بود. شدت تمرین برای گروه‌های شدت کم با و بدون انسداد کمتر از ۲ برابر وزن بدن و در گروه شدت زیاد بیش از ۴ برابر وزن در نظر گرفته شد. نمونه خونی قبل و بلافاصله پس از تمرین برای ارزیابی BALP و CTXگرفته شد. تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون‌های آماری تی‌وابسته و تحلیل واریانس یک‌راهه در سطح P≤۰/۰۵ انجام شد.

یافته‌ها: در پژوهش حاضر کاهش معنی‌داری در سطوح سرمی CTx در گروه تمرین با شدت زیاد (P=۰/۰۴) و گروه تمرین با شدت کم همراه با محدودیت جریان خون (P=۰/۰۳) نسبت به پیش آزمون مشاهده شد. هرچند هیچ تغییر معنی‌دار درون و بین‌گروهی در سطوح سرمی مارکر تشکیل‌دهنده استخوانی (BALP) وجود نداشت (P≥۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: یک جلسه تمرین پلایومتریک با شدت کم به‌همراه محدودیت جریان خون می‌تواند به‌اندازه تمرینات پلایومتریک با شدت زیاد در تغییرات متابولیسم استخوان (کاهش مارکر جذب استخوان) مؤثر واقع شود.

واژه‌های کلیدی: محدودیت جریان خون، متابولیسم استخوان، تمرینات پلایومتریک

مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی بیرجند. ۱۴۰۰؛ ۲۸(۱): ۲۴-۳۱.

دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۱۰ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۱۹

[1] گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

نویسنده مسئول: گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

آدرس: اهواز- دانشگاه شهید چمران اهواز- دانشکده علوم ورزشی

تلفن: ۰۹۱۷۵۳۶۳۷۴۱ پست الکترونیکی: fatemeh@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

استئوپروز و خطر شکستگی در میان افراد کم تحرک رواج دارد (۱). در حالی‌که اجرای فعّالیت بدنی با افزایش تراکم توده استخوانی مرتبط است (۳، ۲). . کم‌تحرّکی و رژیم غذایی نامناسب ریسک فاکتورهای قابل‌تغییر استئوپروز هستند. چنانچه سبک زندگی فعال و رژیم مناسب برای افزایش سلامتی استخوان افراد جامعه پیشنهاد شده است (۴). تاثیر کوتاه‌مدّت مداخلاتی نظیر فعالیت بدنی و رژیم غذایی بر متابولیسم و نوسازی استخوان توسط مارکرهای تشکیل و جذب استخوان ارزیابی می‌شود. ازجمله نشانگرهای تشکیل استخوان، آلکالین فسفاتاز استخوانی (BALP[1]) است که یک گلیکوپروتئین تترامریک می‌باشد. سلول‌های استئوبلاست استخوانی، منشأ عظیمی از آلکالین فسفاتاز هستند و سطوح سرمی آنها منعکس‌کننده فعالیت استئوبلاستیکی می‌باشد. همچنین C تلوپپتید کلاژن نوع ۱(CTX[2]) یک نشانگر میزان تحلیل و جذب استخوان است که منعکس‌کننده تخریب کلاژن نوع ۱ توسط استئوکلاست‌هاست و برای اندازه‌گیری میزان بازسازی استخوان مورد استفاده قرار می‌گیرد (۵). پاسخ‌های نشانگرهای استخوان به تمرین سریع‌تر از پاسخ‌های تراکم استخوان (BMD[3]) به تمرین است. بنابراین، از این نشانگرها برای تعیین وضعیت نوسازی استخوان و اثربخشی برنامه‌های آموزشی برای بهبود متابولیسم استخوان استفاده می‌شود.

در میان انواع مختلف ورزش‌ها تمرینات با ضریب نفوذ بالا (High impact) مؤثرترین ورزش برای افزایش حجم استخوان و تغییرات متابولیسم استخوان است (۶). تمرینات پرشی پلایومتریک به‌عنوان یک تمرین با ضریب نفوذ بالا در موش‌ها منجر به بیان فاکتور رونویسی کلیدی مرتبط با تمایز استئوبلاست‌ها ($Runx_2$) در سلول‌های دودمانی استئوبلاست‌ها و افزایش بیان پروتئین‌های ماتریکس استخوان و تمایز استئوبلاست‌ها می‌گردد (۷). کالج پزشکی ورزشی امریکا برای افزایش سلامت استخوان‌ها، تمرینات مقاومتی با شدت متوسط و زیاد و تمرینات با ضریب نفوذ بالا مانند پرش‌ها را توصیه می‌کند (۸) امّا بسیاری از افراد تحمل فشار مکانیکی ناشی از تمرینات مقاومتی بر مفاصل را ندارند (۹). همچنین ورزش با شدت زیاد منجر به واماندگی عضلانی زودرس می‌گردد (۱۰). از طرفی فعّالیت بدنی با شدّت کم به‌ندرت منجر به تغییر متابولیسم و افزایش تراکم استخوان می‌گردد در حالی که فعالیت بدنی با شدت های بالا منجر به بهبود متابولیسم استخوان و ایجاد سازگاری‌های مطلوبی می‌گردد (۱۱). بنابراین برای رفع نقطه ضعف بالقوه تمرینات با شدت کم در افزایش تراکم و سازگاری استخوان، تمرینات ترکیبی با محدودیت جریان خون که به عنوان تمرینات کاتسو شناخته شده، توصیه می‌گردد. در این تمرینات فشار کاف پنوماتیک بر روی پاها اعمال می‌شود که در هنگام باد شدن منجر به کاهش جریان وریدی و تجمع جریان وریدی در پاها می‌گردد. این تغییرات موقّت در جریان خون منجر به تغییرات فیزیولوژیکی در استخوان‌ها می‌گردد که احتمالاً از طریق فعال‌سازی مسیر عامل القایی هیپوکسی و فعال شدن فاکتور رشد آندوتلیال عروقی و یا از طریق افزایش فشار اینترامدولاری مایع بینابینی درون استخوان بر سلامت استخوان تأثیرگذار است (۱۲،۱۳). چنانچه برخی مطالعات با آنالیز آلکالین فسفاتاز استخوانی و آمینوتلوپپتیدها به ترتیب به‌عنوان مارکرهای تشکیل و تخریب استخوان دریافتند که محدودیت جریان خون متابولیسم استخوان را شتاب می‌بخشد (۱۵، ۱۴). بنابراین از آنجا که تحقیقی تاثیر تمرینات پلایومتریک با شدّت کم به همراه محدودیت جریان خون را در افراد غیرفعال (به ویژه در زنان که بیش از مردان در معرض ابتلا به پوکی استخوان هستند) مورد بررسی قرار نداده‌اند، بنابراین هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر تمرینات حاد پلایومتریک با و بدون محدودیت جریان خون بر سطوح سرمی نشانگرهای تشکیل و تخریب استخوان ازجمله BALP و CTx بود.

روش تحقیق

پژوهش حاضر به روش نیمه‌تجربی و از نوع کاربردی با طرح پیش آزمون- پس آزمون و دارای کد اخلاق EE/97.24.3.70342/scu.ac.ir از دانشگاه شهید چمران اهواز

[1] Bone specific alkalin phosphatase
[2] C terminal telopeptides of type 1 collagen
[3] Bone Mineral Density

www.SID.ir

Archive of SID

بود که به بررسی تأثیر یک جلسه تمرین پلایومتریک با و بدون محدودیت جریان خون بر مارکرهای بیوشیمیایی متابولیسم استخوان پرداخت. جامعه آماری این پژوهش را دانشجویان دختر دانشگاه شهید چمران اهواز که فعالیت ورزشی منظم نداشتند تشکیل می‌داد که از طریق اطلاعیه از آن‌ها دعوت به عمل آمد. آزمودنی‌ها ۴۸ دانشجوی دختر با میانگین سنی (۱/۰۳۷±۲۲/۹۶) سال و BMI (۰/۷۵±۲۲/۷۱) کیلوگرم بر متر مربع بودندکه قبل از ورود به تحقیق توسط پزشک (از نظر سلامت عمومی، سلامت قلبی-عروقی، فشارخون و هر بیماری دیگری) معاینه شدند و براساس اطلاعات و پرسشنامه‌های تکمیل شده به‌طور تصادفی در گروه تمرین پلایومتریک با شدت زیاد (۱۲نفر)، گروه پلایومتریک با شدت کم (۱۲نفر)، پلایومتریک با شدت کم به همراه محدودیت جریان خون (۱۲ نفر) و گروه کنترل (۱۲ نفر) قرار گرفتند. قبل از شروع دوره تمرینی، به منظور آمادگی و آشنایی با برنامه تمرینی در سالن ورزشی دانشگاه حضور یافتند. همچنین با تکمیل فرم‌های پرسش‌نامه پزشکی و آمادگی شرکت در فعالیت بدنی و رضایت کتبی همراه با تعهدات اخلاقی متقابل محقق و آزمودنی‌ها و با توجه به شرایط گزینش داوطلبان که خود شامل عدم مصرف دارو، الکل، سیگار، عدم ابتلا به استئوپنی و استئوپورز، التهاب مفصلی، بیماری‌های دیابت، تیروئید، بیماری‌های قلبی تنفسی و بی‌نظمی قاعدگی (آمنوره) بود، آمادگی خود را جهت شرکت در پروتکل تمرین اعلام نمودند و سنجش‌های آنتروپومتریک و ترکیب بدن از آزمودنی‌ها صورت گرفت.

برنامه تمرین

برنامه تمرین شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن، برنامه تمرین اصلی و ۱۰ دقیقه سرد کردن بود. برنامه تمرین اصلی از چهار حرکت پرشی از جمله پرش عمقی (۳ ست ۶ تکراری)، استپ جامپ (۳ ست ۶ تکراری)، پرش جفت پا به جلو (۲ ست ۸ تکراری)، پرش جفت پا به پهلو (۲ ست ۸ تکراری) تشکیل شده بود. استراحت بین ست‌ها یک دقیقه بود. در گروه محدودیت جریان خون قبل از تمرین اصلی ابتدا قسمت فوقانی پروگزیمال هر دو ران با یک کاف تورنیکت پنوماتیک بسته شد و با فشاری معادل ۱۶۰ میلیمتر جیوه به انجام ست‌های تمرین می‌پرداختند و در زمان استراحت یک دقیقه ای بین ست‌ها فشار کاف به ۵۰ میلیمتر جیوه کاهش داده می‌شد. شدت تمرین براساس نیروی واکنش زمین ارزیابی شد بدین صورت که نیروی کمتر از ۲ برابر وزن بدن، تمرینی با شدت کم و نیروی بیش از ۴ برابر وزن بدن، تمرینی با شدت زیاد برای بارگذاری استخوان در نظر گرفته شد (۱۱). از این رو آزمودنی‌ها برای تعیین میزان نیروی اعمال شده بر بدن، ابتدا پرش‌ها را بر دستگاه فورس‌پلیت یا صفحه نیروسنج[1] (ساخت ایران، شرکت دانش سالار ایرانیان) انجام دادند سپس براساس مقیاس درک فشار ۰-۱۰ بورگ (۱۶، ۱۷) گروه‌ها، تمرینات خود را بر تخته استپ‌هایی به ارتفاع۲۰ و ۳۰ سانتی‌متری به ترتیب در گروهای تمرین پلایومتریک با شدت کم با و بدون محدودیت جریان خون و در گروه تمرین با شدت زیاد اجرا کردند.

خونگیری از آزمودنی‌ها قبل از شروع جلسه تمرینی و بلافاصله پس از تمرینات انجام شد و از آزمودنی‌ها مقدار ۱۰ میلی‌لیتر خون جهت اندازه‌گیری BALP و CTx گرفته شد. در پژوهش حاضر سطوح سرمیBALP و CTx به روش الیزا با استفاده از کیت تجاری Zell Bio ساخت کشور آلمان با ضریب تغییرات درون اندازه‌گیری به ترتیب ۰/۵ IU/L و ۰/۰۱ ng/mL اندازه‌گیری شد.

روش تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها پس از جمع‌آوری توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ پردازش و تحلیل شدند. طبیعی بودن توزیع داده‌ها توسط آزمون شاپیرووِیلک بررسی شد. از آنجایی‌که داده‌ها طبیعی بود برای بررسی تغییرات درون‌گروهی از آزمون t وابسته و برای بررسی تغییرات بین گروهی از آزمون تحلیل واریانس یک راهه با $P\leq ۰/۰۵$ استفاده شد.

یافته‌ها

مشخصّات فردی افراد مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است. نتایج آماری مربوط به تغییرات آنتروپومتریک و ترکیب بدن، هیچ تغییر معنی‌دار بین گروهی (بر اساس آزمون تحلیل واریانس

[1] Force Plate

www.SID.ir

Archive of SID

یک راهه) را در شاخص‌های سن، وزن، قد و شاخص توده بدنی نشان نداد (P≥۰/۰۵). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از آزمون t وابسته (جدول ۲)، کاهش معنی‌داری در سطوح سرمی مارکر جذب استخوان (CTx) در گروه شدت زیاد نسبت به سطح پایه (P=۰/۰۴) و گروه تمرین+محدودیت جریان خون نسبت به پیش‌آزمون (P=۰/۰۳) مشاهده شد. اما تغییرات معنی‌داری در سطوح سرمی BALP در هیچ‌یک از گروه‌ها نسبت به سطوح پایه مشاهده نشد (P≥۰/۰۵). همچنین برای بررسی تغییرات بین‌گروهی پس از اینکه مشاهده شد در مقادیر پیش آزمون تفاوت معنی‌داری وجود ندارد از آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه استفاده شد و بر اساس این آزمون تغییرات معنی‌داری در سطوح سرمیBALP و CTx بین گروه‌ها وجود نداشت (P≥۰/۰۵).

جدول ۱- مقایسه معیار شاخص‌های آنتروپومتریکی در چهار گروه

گروه‌ها	(انحراف معیار±میانگین) سن (سال)	(انحراف‌معیار±میانگین) قد (cm)	(انحراف‌معیار±میانگین) وزن (kg)	(انحراف‌معیار±میانگین) شاخص توده بدن (kg/m^2)
پلایومتریک با شدت زیاد	۲۴/۳۳±۰/۸۶	۱۶۰±۲/۷۱	۵۹/۳۴±۳/۲۶	۲۳/۰۷±۱/۴۳
پلایومتریک با شدت‌کم+انسداد	۲۴/۸۸±۰/۸	۱۵۹/۸۸±۱/۳۳	۵۵/۷۳±۱/۳۸۸	۲۱/۸۴±۰/۶۹
پلایومتریک با شدت‌کم	۲۲/۶۴±۱/۱۵	۱۵۶/۲±۱/۱۵	۵۷/۰۲±۰/۲۵	۲۳/۲۲±۰/۱۸
کنترل	۲۴±۱/۳۴	۱۵۷/۶۶ ±۱/۲۰	۵۶/۵۳±۲/۱۴	۲۲/۷۱±۰/۷
P.value نتایج مقایسه بین‌گروهی	۰/۲۷	۰/۱۴	۰/۴۹	۰/۰۷

سطح معنی‌داری (P≤۰/۰۵) در نظر گرفته شد.

جدول ۲- نتایج آزمون t وابسته و تحلیل واریانس یک راهه در چهار گروه

متغیرها	گروه	انحراف‌معیار± میانگین پیش‌آزمون	انحراف‌معیار± میانگین پس‌آزمون	P درون گروهی	P بین‌گروهی
BALP (Iu/L)	پلایومتریک با شدت کم با انسداد	۱۱۰/۰۴±۱۳/۴	۱۰۸/۹۲±۱۳/۵	۰/۲۲	۰/۳۳
	پلایومتریک با شدت زیاد	۱۰۷/۵۳۰±۱۵/۲	۱۰۷/۰۷±۱۵	۰/۳۵	
	پلایومتریک با شدت کم	۱۰۵/۶۳±۱۱/۲۵	۱۰۶/۱±۱۱/۳۴	۰/۱۹	
	کنترل	۱۰۴/۷۲±۱۶/۴۳	۱۰۴/۹۴±۱۶/۳۲	۰/۳۴	
CTX (ng/mL)	پلایومتریک با شدت کم با انسداد	۲/۶۵±۰/۱۵	۲/۳±۰/۱۷	*۰/۰۳	۰/۰۷
	پلایومتریک با شدت بالا	۲/۸۳±۰/۱۶	۲/۵۳۰±۰/۱۵	*۰/۰۴	
	پلایومتریک با شدت کم	۲/۵۵±۰/۰۸	۲/۶±۰/۰۹	۰/۳۶	
	کنترل	۲/۵۳±۰/۱۶	۲/۵۵±۰/۱۹	۰/۳۹	

* نتایج P درون گروهی براساس آزمون t وابسته
سطح معنی‌داری (P≤۰/۰۵) در نظر گرفته شد.

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان داد یک جلسه تمرین پلایومتریک همراه با محدودیت جریان خون و تمرین پلایومتریک با شدت زیاد منجر به کاهش معنی‌دار سطوح سرمی مارکر جذب استخوان (CTx) می‌گردد. درحالی‌که در سطوح مارکر تشکیل استخوان (BALP) دختران جوان تغییری مشاهده نشد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق Sherk و همکاران (۱۸) و Gombos و همکاران (۱۹) که کاهش معنی‌داری را در سطوح سرمی CTx گزارش کردند همسو است و با نتایج تحقیق Morgan و همکاران (۲۰) ناهمسو است. از جمله دلایل ناهمخوانی می‌توان ذکر کرد که سطوح پایه مارکرهای بیوشیمایی استخوان مهم است بنابراین ازآنجا که نمونه‌های تحقیق مذکور زنان فعال بودند که دارای سطوح پایه بالای این مارکرها هستند بنابراین می‌تواند از دلایل ناهمخوانی نتایج باشد. Kish و همکاران (۲۱) و Rogers و همکاران (۲۲) نیز هیچ تغییری را در سطوح سرمیBALP و CTx پس از تمرینات مقاومتی گزارش نکرد (۲۰). در تحقیقی دیگر نیز افزایش معنی‌دار سطوح آلکالین فسفاتاز نشان داده شد (۲۳) که با نتایج تحقیق حاضر ناهمسو است. به طور کلی یافته‌های ضد و نقیض مطالعه‌هایی که به بررسی اثرات تمرینات ورزشی بر متابولیسم استخوان پرداخته‌اند نشان می‌دهد که عوامل متعددی مانند نوع فعالیت ورزشی، سن و جنس آزمودنی‌ها ممکن است پاسخ شاخص‌های متابولیسم استخوان به تمرینات را تحت تأثیر قرار دهد. علاوه بر این به‌نظر می‌رسد عوامل دیگری مانند ویژگی‌های ژنتیکی، تغذیه و وضعیت هورمونی آزمودنی‌ها، اثرات فعالیت ورزشی بر بافت استخوان را میانجی کند (۲۴- ۲۶).

ساختار استخوان توسط یک سیستم بازخوردی حفظ می‌شود، بنابراین یک افزایش فشار دینامیکی و مکانیکی منجر به تحریک سلول‌های استخوانی می‌شود که رشد و توسعه استخوانی را به همراه دارد. این تئوری به نام نظریه وضعیت مکانیکی شناخته شده است. براساس این نظریه فشار مکانیکی برای دستیابی به تشکیل استخوان باید در سطح خاصی باشد که میزان تشکیل استخوان از میزان جذب در فرآیند نوسازی استخوان پیشی بگیرد که به این فشار مکانیکی حداقل آستانه مؤثر گفته می‌شود (۲۱).

نتایج تحقیق حاضر همچنین نشان داده است که اجرای تمرینات پلایومتریک با محدودیت جریان خون منجر به کاهش معنی‌دار سطوح سرمی CTX می‌گردد که با نتایج پژوهش Bemben و همکاران (۱۴) همسو و با نتایج تحقیق Kim و همکارن (۲۷) و Beekly و همکاران (۲۸) ناهمسو است. از آنجا که در تحقیق حاضر تأثیرات حاد تمرینات بررسی شده است و در دو مطالعه مذکور تأثیر کوتاه مدّت مداخلات مورد ارزیابی قرار گرفته است می‌تواند از جمله دلایل ناهمسویی نتایج باشد. همچنین تحقیقات نشان داده‌اند که در فرآیند نوسازی استخوان مرحله جذب استخوان بر مرحله تشکیل استخوانی مقدم است، بنابراین نشانگرهای جذب استخوان می‌توانند خیلی سریع‌تر از نشانگر تشکیل استخوان به محرک یا فعالیت بدنی پاسخ دهند. این الگوی پاسخ‌دهی در تحقیقات به خوبی مستند شده است. زیرا نشانگرهای جذب می‌توانند سریع‌تر به درمان‌های دارویی پاسخ دهند و به دنبال آن تغییر در نشانگرهای تشکیل استخوان مشاهده شده است (۱۴).

مطالعات گذشته نشان داده‌اند فیزیولوژی گردش خون استخوان و نقش آن در معدنی‌سازی استخوان و ترمیم شکستگی اهمیت قابل توجهی برای سلامت استخوان‌ها دارد. رگ‌های خونی واقع در واحدهای استخوانی (BSU)[1] نقش مهمی در جفت فرآیند نوسازی استخوان دارد (۲۹). شواهد اخیر نشان داده‌اند عروق خونی از طریق ترشح مواد وازودیلاتور عروق و عوامل تنظیم‌کننده موضعی (نظیر: اینترلوکین ۶، اندوتلین ۱، نیتریک اکساید) که تعدیل‌کننده فعّالیت استخوان هستند، نقش مهمی در استئوژنز دارند (۲۹، ۳۰). این عوامل ممکن است سلول‌های استئوبلاست استخوانی را به کار گیرد و فعالیت استئوکلاستی را به‌طور مستقیم مهار کند (۲۹). از آنجا که تمرینات محدودیت جریان خون کاتسو، جریان خون اندام‌های تحتانی را محدود می‌کند، ممکن است عملکردهای ترشحی سلول‌های اندوتلیال عروقی تحت تأثیر قرار گیرد و باعث تغییر در جفت فرایند جذب و تشکیل استخوان گردد. همچنین این تمرینات باعث کاهش اکسیژن‌رسانی به ماهیچه‌ها و افزایش سطح لاکتات

[1] Bone structural units

www.SID.ir

Archive of SID

خون می‌شود. چنانچه تغییرات در pH و هیپوکسی، شرایط فیزیولوژیکی است که فعالیت استئوکلاستی را تنظیم می‌کند (۱۴، ۳۰).

نتیجه‌گیری

یک جلسه تمرین پلایومتریک با شدت کم به همراه محدودیت جریان خون می‌تواند به اندازه تمرینات پلایومتریک با شدت زیاد در تغییرات متابولیسم استخوان (کاهش مارکر جذب استخوان) مؤثر واقع شود.

تقدیر و تشکر

مقاله حاضر برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد رشته فیزیولوژی ورزشی (کد۹۵۴۲۶۵۰) دانشگاه شهید چمران اهواز می‌باشد. بدین‌وسیله نویسندگان مقاله از کلیه افرادی که در این پژوهش همکاری داشته‌اند تشکّر و قدردانی به‌عمل می‌آورند.

تضاد منافع

نویسندگان مقاله اعلام می‌دارند که هیچ گونه تضاد منافعی در پژوهش حاضر وجود ندارد.

منابع:

1- Koedijk JB, van Rijswijk J, Oranje WA, van den Bergh JP, Bours SP, Savelberg HH, Schaper NC. Sedentary behaviour and bone health in children, adolescents and young adults: a systematic review. Osteoporos Int. 2017; 28(9): 2507-19. DOI: 10.1007/s00198-017-4076-2

2- Rauch F, Bailey DA, Baxter-Jones A, Mirwald R, Faulkner R. The 'muscle-bone unit'during the pubertal growth spurt. Bone. 2004; 34(5):771-5. DOI: 10.1016/j.bone.2004.01.022

3- Chastin SF, Mandrichenko O, Helbostadt JL, Skelton DA. Associations between objectively-measured sedentary behaviour and physical activity with bone mineral density in adults and older adults, the nhanes study. Bone. 2014; 64: 254-62. DOI:10.1016/j.bone.2014.04.009

4- Korpi-Steiner N, Milhorn D, Hammett-Stabler C. Osteoporosis in men. Clin Biochem. 2014; 47(10-11): 950-9. DOI: 10.1016/j.clinbiochem.2014.03.026

5- Ghasemalipour H, Eizadi M. The Effect of Aerobic Training on Some Bone Formation Markers (Osteocalcin, Alkaline Phosphatase) in Asthma Treated with Inhaled Corticosteroids. Zahedan J Res Med Sci. 2018; 20(1): e58477. DOI: 10.5812/zjrms.58477.

6- Notomi T, Okazaki Y, Okimoto N, Saitoh S, Nakamura T, Suzuki M, et al. A comparison of resistance and aerobic training for mass, strength and turnover of bone in growing rats. Eur J Appl Physiol. 2000; 83(6): 469-74. DOI: 10.1007/s004210000316

7- Komori T. Regulation of skeletal development by the Runx family of transcription factors. J Cell Biochem. 2005 Jun 1; 95(3): 445-53. DOI: 10.1002/jcb.20420

8- Bittar ST, Pfeiffer PS, Santos HH, Cirilo- Sousa MS. Effects of blood flow restriction exercises on bone metabolism: a systematic review. Clin Physiol Funct Imaging. 2018; 38(6): 930-5. DOI: 10.1111/cpf.12512

9- Porsesh MA, Habibi AH, Ahmadi Barati S, Fatemi SR. Comparison of the Effect of 6 Weeks Resistance Training with and without Vascular Occlusion, on Serum Levels of CRP and LDH in Active Girls. J Shahid Sadoughi Univ Med Sci. 2016; 24(9): 706-15. [Persian]

10- Bloomfield SA, Little KD, Nelson ME, Yingling VR. American College of Sports Medicine position stand: physical activity and bone health. Med Sci Sports Exerc. 2004; 36(11): 1985-96. DOI: 10.1249/01.mss.0000142662.21767.58

11- Witzke KA, Snow CM. Effects of polymetric jump training on bone mass in adolescent girls. Med Sci Sports Exerc. 2000 Jun 1; 32(6): 1051-7. DOI: 10.1097/00005768-200006000-00003

12- Loenneke JP, Young KC, Fahs CA, Rossow LM, Bemben DA, Bemben MG, et al. Blood flow restriction: rationale for improving bone. Med Hypotheses. 2012; 78(4): 523-7. DOI: 10.1016/j.mehy.2012.01.024

www.SID.ir

Archive of SID

13- Parfitt AM. The mechanism of coupling: a role for the vasculature. Bone. 2000; 26(4): 319-23. DOI: 10.1016/S8756-3282(00)80937-0.

14- DA B, IJ P, Abe T, Sato Y, MG B. Effects of a single bout of low intensity KAATSU resistance training on markers of bone turnover in young men. Int J KAATSU Train Res. 2007; 3(2): 21-6.

15- Sato Y, Ishii N, Nakajima T, Abe T. KAATSU training theoretical and practical perspectives. goudan co. 2007.

16- Asadi A. Monitoring plyometric exercise intensity using rating of perceived exertion scale. Phys. Act. Rev. 2014(2):10-5.

17- Singh F, Foster C, Tod D, McGuigan MR. Monitoring different types of resistance training using session rating of perceived exertion. Int J Sports Physiol Perform. 2007; 2(1): 34-45. DOI: 10.1123/ijspp.2.1.34

18- Sherk VD, Chrisman C, Smith J, Young KC, Singh H, Bemben MG, et al. Acute bone marker responses to whole-body vibration and resistance exercise in young women. J Clin Densitom. 2013 Jan 1; 16(1): 104-9. DOI: 10.1016/j.jocd.2012.07.009

19- Gombos GC, Bajsz V, Pék E, Schmidt B, Sió E, Molics B, et al. Direct effects of physical training on markers of bone metabolism and serum sclerostin concentrations in older adults with low bone mass. BMC Musculoskelet Disord. 2016; 17(1): 254. DOI: 10.1186/s12891-016-1109-5

20- Morgan AL, Weiss J, Kelley ET. Bone turnover response to acute exercise with varying impact levels: a preliminary investigation. Int J Exerc Sci. 2015; 8(2): 6.

21- Kish K, Mezil Y, Ward WE, Klentrou P, Falk B. Effects of plyometric exercise session on markers of bone turnover in boys and young men. Eur J Appl Physiol. 2015 Oct 1; 115(10): 2115-24. DOI: 10.1007/s00421-015-3191-z

22- Rogers RS, Dawson AW, Wang Z, Thyfault JP, Hinton PS. Acute response of plasma markers of bone turnover to a single bout of resistance training or plyometrics. J Appl Physiol. 2011 Nov; 111(5): 1353-60. DOI: 10.1152/japplphysiol.00333.2011

23- Rahmanian M J, Ghanbarzadeh M, Shakerian S. Acute Effects of Plyometric Exercises Performed on Land and in Water on the Parameters of Bone Metabolism in Middle-Aged Males. Ann Mil Health Sci Res. 2017; 15(1): e57232. DOI: 10.5812/amh.57232.

24- Ghorbanian B, Barani A. Study the Effect of Exercise on Bone Markers, Glycemic and Anthropometric Indices in Postmenopausal Women with Diabetes. J Arak Uni Med Sci. 2017; 20(1): 107-17. [Persian]

25- Lester ME, Urso ML, Evans RK, Pierce JR, Spiering BA, Maresh CM, Hatfield DL, Kraemer WJ, Nindl BC. Influence of exercise mode and osteogenic index on bone biomarker responses during short-term physical training. Bone. 2009; 45(4): 768-76. DOI: 10.1016/j.bone.2009.06.001

26- Vainionpää A, Korpelainen R, Väänänen HK, Haapalahti J, Jämsä T, Leppäluoto J, et al. Effect of impact exercise on bone metabolism. Osteoporos Int. 2009; 20(10): 1725-33. DOI: 10.1007/s00198-009-0881-6

27- Kim S, Sherk VD, Bemben MG, Bemben DA. Effects of short term low intensity resistance training with blood flow restriction on bone markers and muscle cross-sectional area in young men. Int J Exerc Sci. 2012; 5(2): 6.

28- Sato Y, Abe T. KAATSU-walk training increases serum bone-specific alkaline phosphatase in young men. Int J KAATSU Train Res. 2005; 1(2): 77-81. DOI: 10.3806/ijktr.1.77

29- Parfitt AM. The mechanism of coupling: a role for the vasculature. Bone. 2000; 26(4): 319-23. DOI: 10.1016/S8756-3282(00)80937-0

30- McCarthy I. The physiology of bone blood flow: a review. JBJS. 2006; 88(suppl_3): 4-9. DOI: 10.2106/JBJS.F.00890

www.SID.ir