پژوهش‌های فیزیولوژی و مدیریت در ورزش
دورهٔ ۱۶، شمارهٔ ۱، بهار ۱۴۰۳
ص ص : ۱۷۵- ۱۶۱

تأثیر چهار هفته تمرینات پلایومتریک و تناوبی شدید به‌همراه مکمل‌دهی روی بر عوامل رشد استخوانی در نوجوانان پسر والیبالیست

علی قاسمی کهریزسنگی [*۱] – حجت الله امینی [۲]
۱. استادیار گروه علوم ورزشی دانشگاه قم، قم، ایران ۲.کارشناسی‌ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه قم، قم، ایران

(تاریخ دریافت : ۲۴/ ۱۴۰۲/۰۵ ، تاریخ تصویب : ۲۶/ ۱۲/ ۱۴۰۲)

چکیده

تمرینات منظم و طولانی‌مدت مانند والیبال می‌تواند به‌عنوان روشی مؤثر در توسعه رشد اسکلتی و استخوانی، جهت افزایش استخوان سازی و همچنین جلوگیری از پوکی استخوان مورد استفاده قرار گیرد. همچنین در اجرای برخی مهارت‌های ویژه در والیبال، ناگزیر به انجام تمرینات پلایومتریک و تناوبی شدید است. هدف از تحقیق حاضر مقایسه دو شیوه تمرین پلایومتریک و تناوبی شدید طی چهار هفته مکمل‌دهی روی بر دو عامل رشد توده استخوانی پسران والیبالیست نوجوان در سن جهش سرعت رشد اسکلتی بود. بدین‌منظور تعداد ۵۷ نفر از بازیکنان والیبالیست نوجوان فعال و سالم (سن: ۱۳/۰±۰/۹۴ سال، قد: ۱/۷۷±۰/۰۸ متر، وزن: ۵۹/۱۰±۲۸/۰۴ کیلوگرم و BMI: ۱۸/۷۶±۲/۱۳ کیلوگرم بر متر مربع) به‌عنوان شرکت کننده انتخاب و به‌طور تصادفی در شش گروه شامل: ۱-تمرین پلایومتریک و مصرف مکمل روی (۱۰ نفر)، ۲-تمرین پلایومتریک و مصرف دارونما (۸ نفر)، ۳- تمرین والیبال و مصرف مکمل روی (۹ نفر)، ۴- مصرف دارونما (۱۱ نفر)، ۵- تمرین بسیار شدید تناوبی و مصرف مکمل روی (۱۰ نفر) و ۶- تمرین بسیار شدید تناوبی و دارونما (۹ نفر) تقسیم بندی شدند. برنامه تمرینات سه جلسه در هفته بود. گروه‌های مکمل نیز قرص ۱۵ میلی‌گرم گلوکونات روی تولید شرکت **Nature made** انگلستان و گروه‌های شبه دارو قرص حاوی نشاسته و فروکتوز برای مصرف روزانه دریافت کردند. نتایج بین گروهی افزایش معنی‌داری در مقادیر آلکالین فسفاتاز و استئوکلسین سرم پس از چهار هفته در گروه‌های تحقیقی را نشان داد (P<۰/۰۰۱). نتایج آزمون تعقیبی تفاوت بین گروه کنترل با سایر گروه‌های مطالعه را نشان داد (P<۰/۰۵). بنابراین با توجه به افزایش میزان عوامل رشد توده استخوانی در ورزشکاران نوجوان والیبالیست هر دو شیوه تمرینات پلایومتریکی و تناوبی شدید و همچنین مصرف مکمل روی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی

آلکالین فسفاتاز سرم، استئوکلسین سرم، پسران والیبالیست نوجوان، تمرین پلایومتریک، تمرین تناوبی شدید، مکمل‌دهی روی.

[*] نویسنده مسئول : پست الکترونیکی:Email: a.ghasemi@qom.ac.ir

مقدمه

استخوان بافتی همبند، پر عروق، زنده و در حال تغییرات دائمی است. آنچه این بافت را از سایر بافت‌ها متمایز می‌سازد استحکام، در عین حال انعطاف، مکانیسم رشد اختصاصی و قابلیت ترمیم آن است. ساختمان این بافت از سلول‌های استخوانی قرار گرفته در ماتریکس ارگانیک و غیرارگانیک تشکیل شده است و با ژنتیک، محیط، سن فرد، موقعیت آناتومیکی، میزان فعالیت‌بدنی و خصوصیات طبیعی استخوان تغییر می‌کند. حاصل این چرخه متابولیسم مداوم در دهه‌های اولیه عمر، افزایش طول و توده استخوانی است، به‌نحوی که حداکثر توده استخوانی مورد انتظار بین ۲۰ تا ۳۵ سالگی به‌دست می‌آید که پیشینه ارثی افراد، عامل اصلی در اکتساب حداکثر توده استخوانی می‌باشد (۱). تمرینات منظم و طولانی‌مدت می تواند به‌عنوان روشی مؤثر در توسعه رشد اسکلتی، جهت افزایش استخوان‌سازی و همچنین جلوگیری از پوکی استخوان مورد استفاده قرار گیرد و دلیل این امر آن است که فشار وزن وارد شده بر استخوان می‌تواند موجب افزایش فعالیت چرخه استخوان‌سازی و در نتیجه افزایش رشد و میزان توده استخوانی گردد (۲). تمرینات HIIT و پلایومتریک نمونه‌ای از آخرین روش‌های تمرینی طراحی شده است که در رشته‌های ورزشی قدرتی، سرعتی و انفجاری مورد استفاده مربیان قرار می‌گیرد. تمرینات HIIT شامل تمرین با سرعت حداکثر تلاش در وهله‌های تکراری و استراحت‌های تناوبی در بین وهله‌های فعالیت می‌باشد. تمرینات پلایومتریک نیز تمرینات جهشی و پرشی است که توانایی ورزشکار را در ترکیب قدرت و سرعت افزایش می دهد. در اثر این تمرینات ورزشکار شروعی سریع‌تر و قوی تر و تغییر جهت‌های تندتر، پرش‌های بلندتر و طولانی‌تر خواهد داشت (۳). والیبال نیز یکی از رشته‌های ورزشی پر شدت دارای حرکات پرشی و ضربه زدن‌های با قدرت و سرعت بالا می‌باشد که به‌دلیل ماهیت این مهارت‌ها و اهمیت اجرای آن در ارتفاع بالاتر از تور، در عین اهمیت قد، ورزشکار ناگزیر به شرکت در تمرینات پلایومتریک و HIIT، حتی در دوره‌های بحرانی رشد اسکلتی می‌باشد. اثرات این فشارهای تمرینی و همچنین ضربات ناشی از پرش‌ها و فرودها بر سیستم اسکلتی ورزشکار و روند رشد آن، ابهامات و نکات راز آلودی را ایجاد کرده که ذهن مربیان، ورزشکاران و محققین را به خود مشغول نموده است (۴). نمو بطئی رشد اسکلتی انسان از بدو تولد شروع شده تا اینکه در دوره جهش رشد (در دختران در سن ۱۱ تا ۱۲ سالگی با ۸ سانتی‌متر رشد در سال و در پسران در سن ۱۲ تا ۱۴ سالگی با ۹ تا ۱۰ سانتی‌متر رشد در سال) به اوج سرعت خود می رسد و بعد از آنبه‌صورت تدریجی از سرعت آن کاسته می شود تا در دختران در سن ۱۶ تا ۱۷ سال و در پسران در سن ۱۹ تا ۲۰ سال تقریباً متوقف می‌شود (۵). استئوکلسین و آلکالین فسفاتاز استخوانی یکی از نشانه‌های سنتز استخوان و شاخصی دقیق برای عملکرد استئوبلاست می باشد. فعالیت بدنی موجب می‌شود، مارکرهای تشکیل استخوان (استئوکلسین و آلکالین فسفاتاز) اثر آنابولیکی بر متابولیسم استخوان داشته باشد (۶). عنصر روی[1] نیز از مهم ترین عناصر مؤثر در رشد اسکلتی می‌باشد و در روند رشد سیستم اسکلتی و استخوان‌سازی از اهمیت فراوانی برخوردار است و در ساختمان بیش از ۳۰۰ آنزیم نقش حیاتی دارد و کمبود آن می‌تواند اختلالات متعددی در متابولیسم و عملکرد ارگان‌ها ایجاد کند (۷). عنصر روی اساساً در سوخت و ساز استخوان تأثیر مستقیم دارد، بنابراین کمبود روی تأثیر منفی در رشد و نمو استخوان دارد (۸). روند رشد همه جانبه و آماده‌سازی ورزشکاران

[1] .Zinc

والیبال و حفظ آن نقش بسیار زیادی در دستیابی به اوج توانایی و تداوم اجرای ورزشی بهینه در سراسر فصل مسابقات و آینده بلندمدت ورزشکار دارد و در بسیاری از موارد سن ورزشکاران و فشردگی برنامه‌های مسابقاتی و یا کمبود زمان برای آماده‌سازی قبل از مسابقات محدودیت هایی را از جنبه زمان در دسترس و دوره‌های سنی حساس، برای آماده‌سازی ورزشکاران ایجاد می‌کند، که باید با ملاحظات علمی دقیق سلامت این روند مراقبت شود (۴). در این روند یک ورزشکار والیبالیست علاوه بر تمرینات تخصصی مهارتی، ناگزیر به شرکت در تمرینات HIIT و پلایومتریک است. از همین رو ورزشکاران ناگزیر به شرکت در تمرینات سخت و سنگین و تحمل فشارهای بالای تمرینی، از سنین قبل از نوجوانی هستند که این خود دغدغه‌هایی از قبیل فشار تمرین متناسب با دوره‌های حساس جهش رشد و رشد اسکلتی را برای مربیان و محققین ایجاد کند. با توجه به موارد بیان شده و همچنین روند روبه‌رشد مسائل مربوط به پوکی استخوان در جوامع مختلف، جهت درک صحیح پاسخ عوامل رشد اسکلتی و متابولیسم استخوان به فعالیت ورزشی در پیشبرد راهبردهای بهینه سازی رشد استخوانی مهم هستند. از جمله عواملی که در رشد و متابولیسم استخوان اثرگذار است، می‌توان به آلکالین فسفاتاز ویژه استخوان و استئوکلسین اشاره کرد که هر دو از مارکرهای تشکیل استخوان می‌باشند، فعالیت این دو مارکر استخوانی نشانه تشکیل و جذب مواد معدنی استخوان است (۹). در استخوان، استئوبلاست‌ها منشأ عظیمی از آلکالین فسفاتاز هستند (۹، ۱۰) فعالیت‌بدنی موجب می‌شود آلکالین فسفاتاز ویژه استخوان اثرات آنابولیکی بر متابولیسم استخوان داشته باشد. همچنین در برخی مطالعات نشان داده شده است که انجام فعالیت‌های بسیار شدید می‌تواند بر تراکم استخوانی و بعضی شاخص‌های دیگر مرتبط با بافت استخوانی تأثیر منفی داشته باشد (۱۱ و ۱۲). با توجه به دوره رشدی و اینکه در دامنه سنی انجام مطالعه حاضر مصادف با دوران بلوغ یا نزدیکی به بلوغ است و همچنین تغییرات گسترده در هورمون‌ها و شاخص‌های بدنی و عملکردی از جمله عوامل مرتبط با رشد و نمو توده استخوانی همانند آلکالین فسفاتاز و استئوکلسین در این دوره از رشد و نمو و اینکه نتایج برخی مطالعات اثربخشی مفید انواع فعالیت‌های بدنی را نشان داده و در برخی مطالعات تأثیر منفی فعالیت‌های ورزشی به‌ویژه ورزش‌های شدید و انفجاری دیده شده و نتایج ضد و نقیض در این زمینه وجود دارد و از طرفی به‌دلیل عدم آنجا پژوهشی که به‌طور همزمان به بررسی دو نوع تمرین شدید و انفجاری همراه با مصرف مکمل در پسران ورزشکار در آستانه بلوغ را بررسی کند لذا، در مطالعه حاضر محقق بر آن است تا تأثیر چهار هفته تمرینات پلایومتریک و تناوبی شدید به‌همراه مکمل‌دهی روی بر آلکالین فسفاتاز و استئوکلسین سرم را در نوجوانان پسر والیبالیست در آستانه دوره جهش رشدی را بررسی کرده و بتوان خلأ تحقیقاتی در این زمینه را پاسخ گو بود.

روش شناسی تحقیق

جامعه آماری، نمونه و روش تحقیق

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی با استفاده از گروه مکمل، دارونما و کنترل بود. جامعه آماری بر اساس تعداد نمونه‌های در دسترس محقق در این پژوهش شامل ۱۰۰ بازیکن نوجوان فعال و سالم ۱۱ تا ۱۵ سال (بر اساس شاخص سن جهش رشد اسکلتی) والیبالیست شهر اصفهان با حداقل دو سال سابقه فعالیت تمرینی در رشته والیبال و بدون هیچ‌گونه شکستگی استخوان یا بیماری‌های مربوط به پوکی استخوان و سوابق مصرف الکل، سیگار، مکمل و عدم

مصرف داروهای ضد تشنج و کورتون طی یکسال گذشته بود، که آمادگی خود جهت شرکت در این طرح پژوهشی را به‌صورت داوطلبانه اعلام نمودند. پس از تکمیل پرسش‌نامه سوابق پزشکی و آسیب‌های ورزشی، آمادگی شروع فعالیت جسمانی، پرسش‌نامه سنجش آمادگی جسمانی و پرسش نامه یاد آمد تغذیه‌ای توسط آزمودنی‌هایی که داوطلب شرکت در پژوهش بودند، تعداد ۷۲ نفر آزمودنی انتخاب شدند که در نهایت تعداد ۵۷ نفر به‌عنوان آزمودنی باقی ماندند که بر اساس معیارهای ورود انتخاب شدند. سپس آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی ساده در ۶ گروه شامل: ۱- تمرین پلایومتریک و مصرف مکمل روی (۱۰ نفر)، ۲- تمرین پلایومتریک و مصرف دارونما (۸ نفر)، ۳- تمرین والیبال و مصرف مکمل روی (۹ نفر)، ۴- مصرف دارونما (۱۱ نفر)، ۵- تمرین بسیار شدید تناوبی و مصرف مکمل روی (۱۰ نفر) و ۶- تمرین بسیار شدید تناوبی و دارونما (۹ نفر) تقسیم‌بندی شدند. لازم به ذکر است تمامی آزمودنی ها تمرینات تخصصی والیبال را به‌مدت دو جلسه در هفته با مشورت با مربی آنها انجام می‌دادند و تمرینات پلایومتریک و HIIT علاوه بر تمرینات تخصصی والیبال آزمودنی‌ها بود.

روش اجرای تمرین

در اولین جلسه بعد از اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریکی، اولین نمونه‌گیری خونی آزمودنی‌ها از ورید بازویی انجام شد. سپس مکمل روی (قرص ۱۵ میلی گرم گلوکونات روی تولید شرکت Nature made انگلستان) و شبه دارو (قرص حاوی نشاسته و فروکتوز) برای مصرف روزانه به‌مدت ۲۸ روز در اختیار ورزشکاران قرار گرفت. آزمودنی‌های گروه‌های تمرینات پلایومتریک و HIIT علاوه بر شرکت در برنامه تمرینات تخصصی و روتین والیبال، در روزهای مخالف به‌صورت اختصاصی در پروتکل تمرینات پلایومتریک و HIIT شرکت نمودند. گروه کنترل نیز فقط تمرینات تخصصی والیبال را انجام می‌دادند و برنامه تمرینی دیگری نداشتند.

برای یکسان سازی شدت تمرین بین گروه‌های تمرین پلایومتریک و HIIT، در مطالعه‌ای آزمایشی با تغییر زمان های کار و استراحت و تعداد تکرارها و ست‌ها، میزان شدت فعالیت و استراحت، در هفته اول تا چهارم به‌ترتیب ۹۰، ۹۲، ۹۴ و ۹۶ درصد حداکثر ضربان قلب بر اساس معادله حداکثر ضربان قلب= ۲۲۰- سن، در زمان کار و شدت‌های ۶۴، ۶۶، ۶۸، ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب، در زمان‌های استراحت تنظیم شد. جهت کنترل رژیم غذایی آزمودنی‌ها اطلاعات مربوط به رژیم غذایی آزمودنی‌ها توسط پرسش نامه یادآمد ۲۴ ساعته غذایی، چهار نوبت (۲۴ ساعت قبل از اولین نمونه‌گیری، در روز اول، چهاردهم و بیست و هشتم طرح) در طول دوره ۲۸ روزه طرح، در برگه مخصوص رژیم غذایی توسط آزمودنی‌ها ثبت گردید (۱۳). از آزمودنی‌ها خواسته شد تا تمام غذاها و آشامیدنی‌هایی را که در طول ۲۴ ساعت قبل مصرف کرده‌اند را ثبت کنند. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها ابتدا مواد غذایی مصرف شده به گرم تبدیل و سپس اطلاعات مربوط به رژیم غذایی با استفاده از نرم افزار Food Processor تجزیه و تحلیل، و میزان ریز مغذی ها و درشت مغذی‌ها تعیین شد. در طول دوره تمرینی جهت یکسان سازی رژیم غذایی، آزمودنی‌ها به استفاده از رژیم غذایی جایگزین، توصیه شدند. آزمودنی‌ها در طول دوره طرح، از یک رژیم غذایی استاندارد (۵۵ تا ۶۰ درصد کربوهیدرات، ۳۰ تا ۳۵ درصد چربی ۱۲ تا ۱۵ درصد پروتئین) استفاده کردند. اما جهت کنترل بیشتر و یکسان سازی رژیم غذایی در دو نوبت نمونه‌گیری، آزمودنی‌ها فرم سه روزه پرسشنامه یادآمد خود را (قبل از نمونه‌گیری اول، روز اول و چهاردهم طرح) کپی گرفته و نزد خود نگه‌داشته، تا سه روز مانده به نمونه‌گیری دوم، همان رژیم غذایی اولیه را داشته‌باشند. پس از پایان چهار هفته تمرین جهت ارزیابی

سازگاری‌های حاصل شده در متغیرهای وابسته تحقیق آلکالین فسفاتاز و استئوکلسین نمونه‌های خونی سرم آزمودنی‌ها در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد.

پروتکل تمرینات پلایومتریک و HIIT

هر جلسه تمرین شامل سه مرحله ۱) گرم کردن به مدت ده دقیقه، ۲) تمرین اصلی فعالیت شامل چهار هفته اجرای تمرینات پلایومتریک یا HIIT با حداکثر تلاش و تمرینات تخصصی والیبال بود که متناسب با گروه و طبق پروتکل مشخص‌شده، آزمودنی‌ها آن را دنبال نمودند و ۳) مرحله سرد کردن شامل دویدن آهسته با ۴۵-۵۵ درصد ضربان قلب بیشینه، راه رفتن سریع و حرکات کششی به مدت ده دقیقه بود. پروتکل تمرینات پلایومتریک شامل: ۱۰ حرکت (۶ حرکت مخصوص پایین تنه و ۴ حرکت مخصوص بالا تنه) شامل حرکات: پرش بالا زانو جمع (Knee tuck)، پرش اسکوات (Squat Jump)، تاب عمودی دست‌ها به بالا (دمبل ۵ کیلوگرمی)، پرش جانبی با یک‌پا (متوالی)، شنای سوئدی پرشی روی زانو (Porne Knee Fall)، پرش عمقی (Depth Jump)، پرتاب توپ مدیسین (۱ کیلوگرمی) از کنار به‌سمت جلو، پرش قیچی (Longe Jumps)، پرتاب توپ مدیسین (۱ کیلوگرمی) از بالای سر و پرش طول جفت‌پا به‌صورت متوالی (Double-Leg speed hope) بود، که جهت رعایت اصول تمرین، حرکات پایین تنه و بالاتنه به‌صورت متناوب انجام شد (جدول ۱). در این تمرینات نیز با تغییر تعداد تکرارها و ست‌ها و همچنین ارتفاع پرش‌ها و مسافت پرتاب‌ها میزان شدت تمرین در محدوده مورد نظر حفظ شد. تمرینات HIIT نیز شامل: سه ست پروتکل RAST، در بر گیرنده‌ی دو سرعت به مسافت ۳۵ متر برای ۶ تکرار با فاصله استراحت ۱۰ ثانیه بین هر تکرار آغاز و با توجه به سطح آمادگی نمونه‌ها، به‌صورت تناوبی طراحی و اجرا شد (۱۴). جهت تنظیم زمان فعالیت به استراحت نیز از نسبت ۱ به ۳ استفاده شد، لذا مدت زمان هر وهله حدود ۹۰ ثانیه بود، استراحت بین هر ست نیز سه دقیقه بود. برای اعمال اصل اضافه‌بار و اجرای تمرین با شدت مورد نظر، به‌طور فزاینده در هر هفته یک ست اضافه شد، به گونه‌ای که در هفته‌ی چهارم شش ست پروتکلRAST با سه دقیقه استراحت بین هر ست اجرا شد. تمرینات هفته‌ای سه جلسه و همه جلسات تمرین ساعت ۱۸ تا ۲۰ عصر انجام شد. برای اطمینان از مناسب بودن شدت و حجم این پروتکل برای بازیکنان نوجوان والیبال، قبل از شروع، یک دوره تمرینی آزمایشی انجام شد. پروتکل کامل تمرین در جدول ۱، ارائه شده است (۱۴).

جدول ۱: طرح کلی اجرای تمرینات پلایومتریک و HIIT

زمان	تمرینات پلایومتریک	HIIT تمرینات
هفته اول	سه جلسه در هفته شامل ۱۰ حرکت با ست، تکرار و استراحت (۶۰) ۸×۲	سه وهله اجرای RAST با فاصله‌ی استراحتی سه‌دقیقه‌ای [(۳۵ متر دو سرعت+۱۰ ثانیه استراحت)×۶]+۳ دقیقه استراحت)×۳
هفته دوم	سه جلسه در هفته شامل ۱۰ حرکت با ست، تکرار و استراحت(۶۰) ۶×۳	چهار وهله اجرای RAST با فاصله‌ی استراحتی سه‌دقیقه‌ای [(۳۵ متر دو سرعت+۱۰ ثانیه استراحت)×۶]+۳ دقیقه استراحت)×۴
هفته سوم	سه جلسه در هفته شامل ۱۰ حرکت با ست، تکرار و استراحت(۶۰) ۸×۴	پنج وهله اجرای RAST با فاصله‌ی استراحتی سه‌دقیقه‌ای [(۳۵ متر دو سرعت+۱۰ ثانیه استراحت)×۶]+۳ دقیقه استراحت)×۵
هفته چهارم	سه جلسه در هفته شامل ۱۰ حرکت با ست، تکرار و استراحت(۶۰) ۱۰×۴	شش وهله اجرای RAST با فاصله‌ی استراحتی سه‌دقیقه‌ای [(۳۵ متر دو سرعت+۱۰ ثانیه استراحت)×۶]+۳ دقیقه استراحت)×۶

خون‌گیری و نمونه‌های خونی

برای بررسی متغییرهای بیوشیمیایی، در مرحله اول، از آزمودنی‌های هر گروه خواسته شد تا ۴۸ ساعت قبل از اجرای آزمون، هیچ فعالیت ورزشی انجام ندهند و رژیم غذایی معمول خود را حفظ کنند. به‌منظور تهیه سرم و بررسی متغیرهای پژوهش طی دو مرحله، در حالت پایه (قبل از مداخله) و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرینات چهار هفته‌ای و مداخلات تمرین و مکمل‌دهی، توسط کارشناس خبره علوم آزمایشگاهی و با رعایت کامل اصول بهداشتی، در آزمایشگاه پاتوبیولوژی، از سیاهرگ قدامی آرنج (Antecubital vein) دست راست آزمودنی‌ها در هر یک از دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون ۵ سی سی خون گرفته شد. خون‌گیری بین ساعت ۸ تا ۱۰ صبح در حالت ناشتا انجام شد. سپس نمونه‌های جدا شده در مرحله پیش آزمون در شرایط آزمایشگاهی مناسب فریز شده و با نمونه های جدا شده مرحله پس‌آزمون به‌صورت همزمان ارزیابی شدند.

تعیین غلظت آلکالین فسفاتاز و استئوکلسین سرم

برای اندازه‌گیری غلظت آلکالین فسفاتاز از کیت تشخیص کمی آلکالین فسفاتاز استخوانی پلاسما (Biosistem) ساخت کشور آمریکا و روش DGKC (استاندارد انجمن بیوشیمی آلمان) استفاده شد. این کیت تا تغییرات جذب نوری ۰/۲۵ در دقیقه طراحی شده و در مواردی که مقدار تغییرات جذب نوری بیش از ۰/۲۵ در دقیقه باشد نمونه به نسبت ۱ به‌علاوه ۹ با سرم فیزیولوژی رقیق و جواب آزمایش در عدد ۱۰ ضرب می‌شود. روش آزمایش به این صورت است که طول موج ۴۰۵ نانومتر، قطر کووت ۱ سانتی‌متر، دما ۳۷ درجه سانتی‌گراد و فوتومتر با بلانک هوا روی صفر تنظیم می‌شود.

اساس آزمایش:

$$\text{P-Nitrophenylphosphat+H2O} \xrightarrow{\text{B-ALP}} \text{Phosphat+P-Nnitrophenol}$$

همچنین برای اندازه‌گیری غلظت استئوکلسین سرم نیز از کیت Biosource h OST Easia و با استفاده از آنتی بادی مونوکلونال (MABs) استفاده شد.

روش تجزیه و تحلیل آماری

به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری، ابتدا جهت اطمینان از وضعیت طبیعی داده‌ها (میانگین و انحراف استاندارد) و تجانس واریانس‌ها از آزمون شاپیروویلک (Shapiro-wilk) و لون (Levene) به‌ترتیب استفاده شد. جهت بررسی تغییرات بین گروهی از آزمون تحلیل کوواریانس و در صورت معنی‌داری از آزمون تعقیبی بونفرونی (Bonferroni) استفاده شد. تغییرات درون‌گروهی نیز، با استفاده از آزمون جفت‌های مرتب (t زوج) انجام شد. کلیه تحلیل‌های آماری در سطح معنی‌داری α=۰/۰۵ با استفاده از نرم افزارهای آماری Excel 2013 و SPSS/PASW 26 انجام شد.

نتایج و یافته‌های تحقیق

پس از انتخاب آزمودنی‌ها با در نظر داشتن شرایط مورد نظر مطالعه، از بین جامعه آماری مورد نظر، تمامی مشخصات عمومی و آنتروپومتریکی آزمودنی‌ها (سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی) به‌دقت اندازه‌گیری شد در جدول ۲ میانگین و انحراف‌معیار برخی ویژگی‌های آنتروپومتریکی (پیکرشناسی) آزمودنی‌های مطالعه شامل: سن، قد، وزن و BMI در شش گروه مطالعه به تفکیک آورده شده است.

جدول ۲. مشخصات ویژگی‌های آنتروپومتریکی آزمودنی‌های تحقیق (میانگین ± انحراف‌معیار)

گروه / متغیر	تمرین پلایومتریک و مصرف روی	تمرین پلایومتریک	تمرین والیبال و مصرف روی	کنترل (تمرین والیبال)	تمرین HIIT و مصرف روی	تمرین HIIT	کل آزمودنی‌ها
تعداد (نفر)	۱۰	۸	۹	۱۱	۱۰	۹	۵۷
سن (سال)	۱۴/۱۱±۰/۷۹	۱۳/۷۳±۰/۵۴	۱۲/۸۲±۰/۸۸	۱۳/۴۹±۰/۹۶	۱۴/۲۴±۰/۶۸	۱۴/۵۸±۰/۸۸	۱۳/۸۱±۰/۹۴
قد (متر)	۱/۸۴±۰/۰۴	۱/۷۳±۰/۰۵	۱/۶۷±۰/۰۸	۱/۷۶±۰/۰۹	۱/۸۱±۰/۰۸	۱/۷۸±۰/۷	۱/۷۷±۰/۰۸
وزن (کیلوگرم)	۶۵/۰۵±۵/۷۱	۵۴/۷۵±۱۰/۰۱	۴۷/۹۸±۷/۹۰	۵۸/۶۰±۹/۷۶	۶۳/۹۶±۶/۷۲	۶۳/۸۴±۹/۵۷	۵۹/۲۸±۱۰/۰۴
شاخص توده بدنی(kg/m^2)	۱۹/۰۲±۱/۲۵	۱۸/۱۲±۲/۴۱	۱۶/۹۲±۱/۴۳	۱۸/۷۳±۱/۹۹	۱۹/۵۳±۲/۱۳	۲۰/۰۶±۲/۴۲	۱۸/۷۶±۲/۱۳

مقادیر آلکالین فسفاتاز و استئوکلسین سرم بر حسب میانگین و انحراف‌معیار و نتایج آزمون‌های تحلیل کوواریانس و مفروضه‌های آن شامل: توزیع طبیعی داده‌ها (آزمون شاپیروویلک)، تجانس واریانس (آزمون لوین) و آزمون شیب رگرسیون و همچنین نتایج درون‌گروهی (t وابسته) به‌ترتیب در جداول ۳ و ۴ آورده شده است.

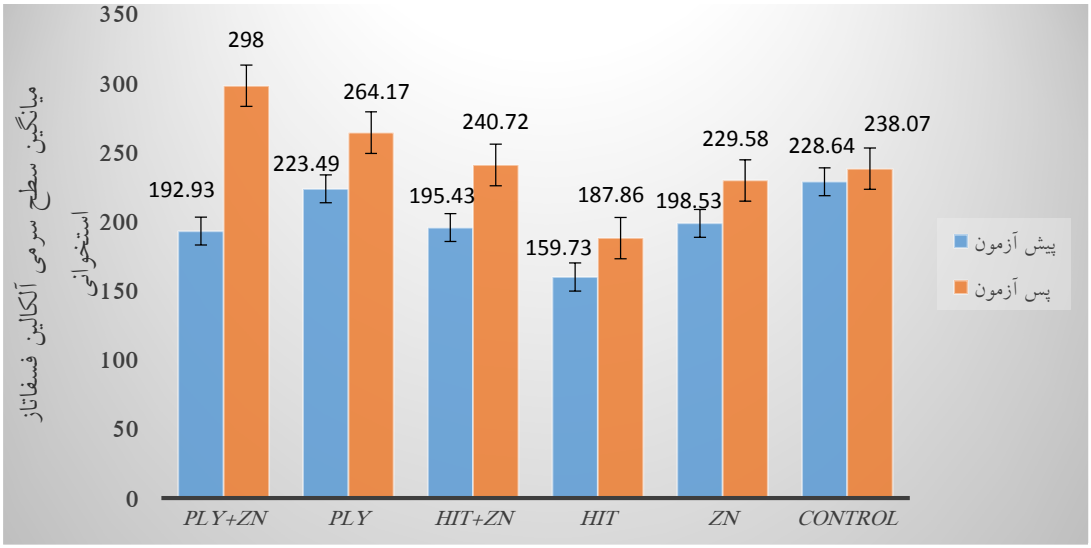
جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس و آزمون t وابسته مقادیر آلکالین فسفاتاز سرمی در گروه‌های مطالعه

متغیر		آلکالین فسفاتاز سرم (میانگین± انحراف‌معیار)		آزمون شاپیروویلک	P
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون		
گروه	تمرین پلایومتریک و مکمل روی	۱۹۲/۹۳±۳۸/۵۴	۲۹۸/۰۰±۸۲/۳۶*	۰/۸۷۷	۰/۰۰۰
	تمرین پلایومتریک	۲۲۳/۴۹±۱۲۴/۵۵	۲۶۴/۱۷±۱۲۴/۵۳*	۰/۸۹۸	۰/۰۰۰
	مکمل روی	۱۹۸/۵۳±۸۰/۶۲	۲۲۹/۵۸±۸۸/۵۵†	۰/۵۳۴	۰/۰۰۰
	کنترل (تمرین والیبال)	۲۲۸/۶۴±۸۰/۶۷	۲۳۸/۰۷±۸۷/۵۸‡†	۰/۹۹۹	۰/۰۸۷
	تمرین HIIT و مکمل روی	۱۹۵/۴۳±۴۹/۹۶	۲۴۰/۷۲±۵۳/۸۳*	۰/۳۸۶	۰/۰۰۰
	تمرین HIIT	۱۵۹/۷۲±۶۴/۰۵	۱۸۷/۸۶±۶۵/۳۵*	۰/۵۶۷	۰/۰۰۰
آزمون آماری	آزمون لوین		۰/۰۶۸		
	شیب رگرسیون		۰/۰۵۹		
	تحلیل کوواریانس		۰/۰۰۰		

* نتایج تعقیبی تفاوت بین گروه کنترل با سایر گروه‌های مطالعه
† نتایج تعقیبی تفاوت بین گروه پلایومتریک با سایر گروه‌های مطالعه
‡ نتایج تعقیبی تفاوت بین گروه HIIT با سایر گروه‌های مطالعه
کلیه نتایج بر اساس (P< ۰/۰۵) می‌باشد.

مطابق جدول ۳ نتایج تحلیل کوواریانس جهت بررسی تفاوت بین‌گروهی تفاوت معنی‌داری را در میزان آلکالین فسفاتاز سرم در مرحله پس‌آزمون نشان داد (P=۰/۰۰۰). بر اساس آزمون تعقیبی بونفرونی این معنی‌داری بین گروه پلایومتریک+روی با سایر گروه‌ها و همچنین بین گروه HIIT+روی با گروه پلایومتریک+روی مشاهده گردید (P<۰/۰۵).

همچنین نتایج درون‌گروهی t زوج تفاوت معنی‌داری در همه گروه‌ها به‌جز گروه کنترل مشاهده شد (P=۰/۰۰۰).



شکل ۱. تغییرات آلکالین فسفاتاز سرمی در والیبالیست‌های نوجوان در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه‌های مطالعه (نانوگرم بر میلی‌لیتر)

جدول ۴. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس و آزمون t وابسته مقادیر استئوکلسین سرمی در گروه‌های مطالعه

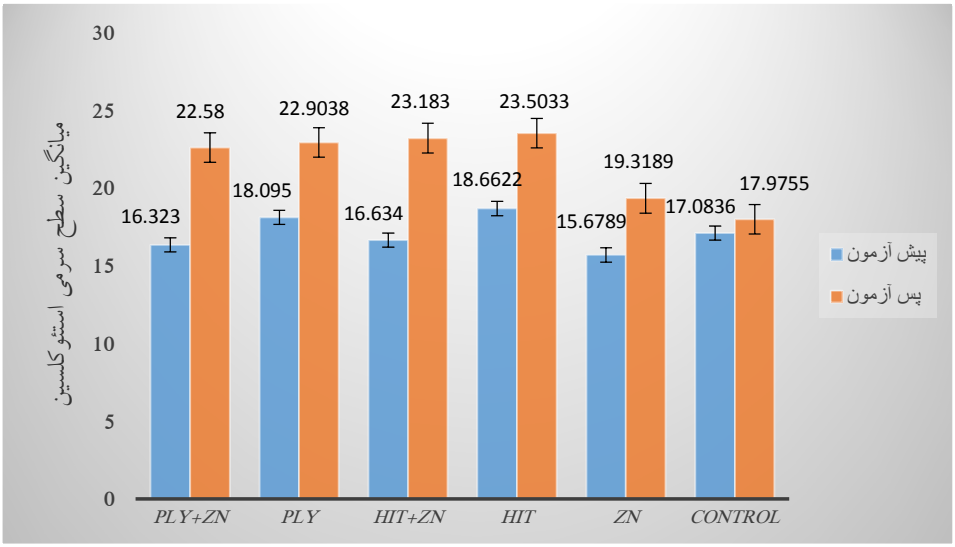
متغیر		استئوکلسین سرم (میانگین± انحراف‌معیار)		آزمون شاپیروویلک	P
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون		
گروه	تمرین پلایومتریک و مکمل روی	۱۶/۳۲±۲/۲۱	٭۲۲/۵۸±۲/۵۷	۰/۸۴۹	۰/۰۰۰
	تمرین پلایومتریک	۱۸/۰۹±۱/۷۴	۲۲/۹۰±۲/۰۵	۰/۹۶۹	۰/۰۰۰
	مکمل روی	۱۵/۶۷±۱/۷۸	‡†٭۱۹/۳۱±۲/۱۷	۰/۵۴۶	۰/۰۰۰
	کنترل (تمرین والیبال)	۱۷/۰۸±۱/۲۸	‡†۱۷/۹۷±۱/۱۲	۰/۷۱۹	۰/۰۶۴
	تمرین HIIT و مکمل روی	۱۶/۶۳±۲/۱۵	٭۲۳/۱۸±۲/۱۸	۰/۷۵۸	۰/۰۰۰
	تمرین HIIT	۱۸/۶۶±۲/۰۲	٭۲۳/۵۰±۲/۲۷	۰/۹۷۹	۰/۰۰۰
آزمون آماری	آزمون لوین		۰/۰۸۲		
	شیب رگرسیون		۰/۹۵۸		
	تحلیل کوواریانس		۰/۰۰۰		

٭ نتایج تعقیبی تفاوت بین گروه کنترل با سایر گروه‌های مطالعه

† نتایج تعقیبی تفاوت بین گروه پلایومتریک+روی با سایر گروه‌های مطالعه

‡ نتایج تعقیبی تفاوت بین گروه HIIT+روی با سایر گروه‌های مطالعه

مطابق جدول ۴ نتایج تحلیل کوواریانس جهت بررسی تفاوت بین‌گروهی تفاوت معنی‌داری را در میزان استئوکلیسن سرم در مرحله پس‌آزمون نشان داد (P=۰/۰۰۰). بر اساس آزمون تعقیبی بونفرونی این معنی داری بین گروه کنترل با سایر گروه‌ها و همچنین بین گروه HIIT+روی با گروه مکمل روی و گروه کنترل مشاهده گردید (P<۰/۰۵). همچنین نتایج درون‌گروهی t زوج تفاوت معنی‌داری در همه گروه‌ها به‌جز گروه کنترل مشاهده شد (P=۰/۰۰۰).



شکل ۲. تغییرات استئوکلسین سرمی در والیبالیست‌های نوجوان در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه‌های مطالعه (نانوگرم بر میلی‌لیتر)

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از اجرای این مطالعه بررسی تأثیر مکمل‌دهی روی طی چهار هفته تمرین پلایومتریک و HIITروی دو عامل مؤثر بر رشد و توده استخوانی آلکالین فسفاتاز و استئوکلسین سرم والیبالیست‌های نوجوان در سن جهش سرعت رشد اسکلتی بود. نتایج تحقیق حاکی از افزایش معنی‌دار آلکالین فسفاتاز و استئوکلسین سرم پس از چهار هفته تمرین پلایومتریک وHIIT به‌همراه مکمل‌دهی روی در پسران والیبالیست نوجوان در سن جهش رشدی بود. این افزایش نشان دهنده اثربخشی مصرف مکمل روی و هر دو شیوه تمرین پلایومتریک و روی برخی عوامل رشد استخوانی بود، بین دو روش تمرین پلایومتریک وHIIT تفاوتی بر مقادیر عوامل رشدی وجود نداشت، و هر دو روش منجر به افزایش در عوامل مؤثر بر رشد استخوانی گردید. نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های ترتیبی ان و همکاران ۲۰۰۹ (۱۵)، اسکات و همکاران ۲۰۱۱ (۱۶)، خودکاران ۱۳۹۱ (۱۰)، Li B ۲۰۱۵ (۱۷)، Che-Fu Lin و همکاران ۲۰۱۲ (۱۸)، Kish ۲۰۱۵ (۱۹)، Oh T و همکاران ۲۰۱۷ (۲۰) همسو بوده و با یافته‌های Huang ۲۰۱۰ (۲۱)، Zamoscinska ۲۰۱۹ (۲۲)، یوسفی ۲۰۱۲ (۲۳) و معظمی ۱۳۹۲ (۲۴) غیرهمسو بود.

Huang ۲۰۱۰ نشان داد نوع تمرین بر مقادیر آلکالین فسفاتاز (ALP) تأثیر دارد. علت تناقض یافته‌های هوانگ با پژوهش حاضر را می‌توان در تفاوت برنامه تمرینی و سن آزمودنی یافت. از آن جایی که تمرین‌های متحمل وزن به دلیل فشار و کشش وارده بر دستگاه عضلانی اسکلتی می تواند مقادیر ALP را افزایش دهد، ولی برنامه تمرینی هوانگ و همکارانش تمرین شنا با دو شدت کم و زیاد بوده است (۲۱). Morris و همکارانش ۲۰۰۷، اشاره کردند مقادیرALP در پاسخ به دو ساعت دوچرخه سواری با شدت ۸۰ درصدVo2max افزایش داشته است (۲۵). ترتیبان و همکارانش ۲۰۰۹، نشان دادند شدت زیاد فعالیت (۷۰ تا ۸۰ درصد HRmax) می‌تواند مقادیرALP را افزایش دهد (۱۵). افزایش سرمیALP به کشش و فشارهای وارده به دستگاه عضلانی وابسته است که موجب انتقال فشارهای مکانیکی و تبدیل آن به سیگنال‌های بیوشیمیایی می‌شود و معدنی سازی مواد استخوانی را افزایش می‌دهد (۲۶). شریفی و همکاران (۱۳۹۵) نشان

دادند یکی دیگر از عوامل مؤثر بر مقادیرALP مدت دوره تمرینی می‌باشد. آنها گزارش کردند ALP که در گروه تمرینی هوازی در هفته چهارم کاهش یافته‌بود، اما در پایان هفته هشتم افزایش یافت (۲۷). این تناقض با تحقیق حاضر می‌تواند به‌دلیل سوابق آزمودنی‌ها باشد که حداقل دو سال در تمرینات ورزشی حضور داشتند، به‌عبارت دیگر آزمودنی های مورد نظر ما کاهش ALP را در دوره‌های تمرینی قبل پشت‌سر گذاشته‌اند. تمرینات در مرحله اول از تحلیل استخوان جلوگیری می‌کند، یعنی در این مرحله شاخص های باز جذب استخوان کاهش می‌یابند و در مرحله بعد تشکیل استخوان شروع می‌شود. ALP نقشی دو مرحله‌ای دارد: مرحله اول آن تبدیل کلسیم و فسفات به هیدروکسی آپاتیت و در مرحله بعد معدنی سازی استخوان را افزایش می‌دهد (۲۷). تبیین این فرضیه در توجیه چنین افزایش ناپایداری، قابل تأمل است و دال بر آن است که آلکالین فسفاتاز استخوانی احتمالاً در مراحل ابتدایی سازگاری با تمرینات ورزشی، به‌علت افزایش ترشح هورمون‌های استرس، به‌ویژه گلوکوکورتیکوئیدها، به‌طور موقت کاهش می‌یابد (۲۸) در مقابل Foong و همکاران ۲۰۱۲، در اجرای دو نوع تمرین مقاومتی مختلف، این گونه گزارش کردند که سطوح سرمی آلکالین فسفاتاز استخوانی پس از ۸ هفته تمرین به‌ترتیب در گروه‌های تمرینی، بدون تغییر باقی‌ماند و افزایش قابل توجهی در توده استخوانی در موش های جوان به‌دنبال ۸ هفته تمرین مقاومتی سنگین با تغییرات در سطوح سرمی استئوکلسین، آلکالین فسفاتاز همراه نبود (۲۹). به‌علاوه، نتایج پژوهش حاضر از این نظریه که نشانگرهای بیولوژیکی استخوان، منعکس کننده مراحل مختلف تکثیر سلول‌های استئوبلاست و عملکرد آن‌ها است، حمایت می‌کند. تمرینات پویا که در این تحقیق از تمرینات پلایومتریک و HIITبا شدت‌های بالا می‌باشد، به‌طور مستقیم با اعمال فشار مکانیکی از مسیر انقباضات عضلانی و انتقال نیرو از طریق تماس با زمین در پرش‌ها و فرودها بر بافت استخوان، یا به‌طور غیر مستقیم با افزایش یافتن توده عضلانی و انتقال نیرو از طریق مفاصل برای اعمال بار بر استخوان، بر هر دو بافت استخوانی کورتیکال و ترابکولار، تأثیر مثبت می‌گذارند (۱۹، ۲۰). احتمالاً بارهای مکانیکی اعمال شده بر استخوان در سطح آستانه تحریک، شیبی را در مایع استخوانی پر شده در شبکه لاکونار -کانالیکولار ایجاد می‌نمایند که منجر به یک آبشار از وقایع درون‌سلولی شامل بالا رفتن سطوح کلسیمی داخل سلول، بیان عوامل رشدی، افزایش تولید ماتریکس استخوانی و در نهایت، استخوان سازی خواهد شد (۱۹). به نظر می‌رسد که عوامل متعدد مانند الگوی فعالیت ورزشی، شدت کار، مدت و تکرار فعالیت‌بدنی، ممکن است پاسخ شاخص‌های متابولیسم استخوان به مداخله ورزش را تحت‌تأثیر قرار دهند. همچنین، تولید فشار مکانیکی بالا با توزیع غیر معمول و غیر یکنواخت آن در ترکیب دو نوع تمرین ورزشی پلایومتریک و HIIT و اجرای همزمان آن با تمرینات والیبال، با نتایج مثبتی در پاسخ مکانیکی و بیوشیمیایی فرآیند بازسازی استخوان همراه است، به‌طوری که سطوح سرمی آلکالین فسفاتاز استخوانی نیز در گروه تمرینات پلایومتریک و HIIT افزایش بیشتری نسبت به گروه تمرینات والیبال نشان داد. شواهد علمی از حساسیت بیشتر آلکالین فسفاتاز به فشار تمرینی حکایت دارند (۳۰). تمرینات تناوبی خیلی شدید و پلایومتریک به‌دلیل برخورداری از شدت خیلی زیاد احتمالاً از راه افزایش عوامل هورمونی، پروتئینی و مکانیکی کنترل کننده حجم و تراکم استخوان، بر سوخت و ساز استخوان تأثیر داشته باشد . برنامه تمرینی پژوهش حاضر مؤید این است که تمرینات با شدت بالا و طولانی‌مدت، شاید تأثیری روی برخی شاخص های نوسازی استخوان از راه تغییر عوامل مؤثر بر استخوان همانند آلکالین فسفاتاز و استئوکلسین داشته باشد. با توجه

به این موضوع که بازجذب استخوان از مراحل عمده در بازسازی استخوان است، به نظر می‌رسد که بررسی دقیق‌تر اثرات تمرینات ورزشی بر بافت اسکلتی و انعکاس واقعی تغییرات متابولیسم استخوان، نیازمند سنجش همزمان شاخص‌های بیوشیمیایی تشکیل و بازجذب استخوان است. برآیند فرآیندهای متابولیکی تشکیل و بازجذب استخوان، باعث افزایش خواص بیومکانیکی استخوان و بهبود کیفیت استخوان می‌گردد. از این رو، می‌توان اظهار داشت که نتایج ارزیابی شاخص‌های تشکیل استخوان، نشانه تأثیر این گونه فعالیت‌های بدنی بر تعادل استخوان است و پیشنهاد می شود که در کنار شاخص‌های تشکیل استخوان، عوامل مؤثر در بازجذب نیز اندازه‌گیری شوند، تا همزمان هم شرایط آنابولیک و هم شرایط کاتابولیک متابولیسم استخوان، مورد بررسی قرار گیرد. از جمله دلایل همسو نبودن نتایج حاضر با یافته‌های این محققان می‌توان به‌گونه، سن، جنس، دوره بلوغ و سلامت و سطح آمادگی جسمانی آزمودنی‌ها و نوع، مدت و شدت برنامه تمرینی آنها اشاره کرد. امام اوغلو و همکاران ۲۰۰۵، تأثیر روی را در شرایط سنی کودکی و قبل از بلوغ بررسی و اعلام‌کردند که هر چند مصرف مکمل روی موجب افزایش معنی‌دار آلکالین فسفاتاز شد ولی تغییری در رشد خطی بدن در ۶ ماه پیگیری ایجاد نکرد (۳۱). میزان ترشح ALP در شرایط حضور مناسب روی افزایش می‌یابد. یافته‌های لی بینبین و همکاران ۲۰۱۵، نشان‌می‌دهد که مصرف مکمل روی باعث افزایش سطوح آلکالین فسفات و میزان فعالیت آن شده که منجر به رشد و تمایز بیشتر استئوبلاست‌ها شد، که خود این موضوع باعث افزایش تراکم مواد معدنی استخوانی شد. این یافته‌ها حاکی از آن است که روی در رشد استئوبلاست‌ها و کیفیت بالاتر استخوان نیز مؤثر می‌باشد. لی بینین، ۲۰۱۵ از استئوکلسین به‌عنوان شاخص تعیین کننده سرعت و میزان تشکیل استخوان درون ارگانیسم یاد می‌کنند و نشان دادند که افزایش سطح این نشانگر بیوشیمیایی به افزایش تشکیل استخوان منجر می‌شود (۱۷). فونگ و همکاران (۲۰۱۲) در اجرای دو نوع تمرین مقاومتی مختلف، این گونه گزارش کردند که سطوح سرمی استئوکلسین پس از ۸ هفته تمرین، بدون تغییر باقی می‌ماند (۲۹). با توجه به ارتباط شدت تمرین با استئوکلسین یافته‌های تحقیق ما نیز تأیید شد. از سوی دیگر استئوکلسین به‌عنوان یک هورمون درگیر در تنظیم متابولیسم انرژی مورد توجه قرار گرفته است. امام اقلو و همکاران ۲۰۰۵، در مطالعه‌ای اظهار داشتند علی‌رغم افزایش میزان استئوکلسین در پاسخ به مصرف روی در سنین قبل از بلوغ تغییری در پارامترهای رشد خطی بدن ایجاد نکرد (۳۱). رائیلن و همکاران ۲۰۰۸، دریافتند که پاسخ استئوکلسین به مصرف روی، با میزان مصرف روی و جنس در ارتباط تنگاتنگی قرار دارد، تا جایی که در مردان بین مصرف روی و سطح استئوکلسین همبستگی بالایی وجود داشت (۳۲).

امام اوغلو و همکاران ۲۰۰۵، تأثیر روی را در شرایط سنی کودکی و قبل از بلوغ بررسی و اعلام‌کردند که هر چند مصرف مکمل روی موجب افزایش معنی‌دار آلکالین فسفاتاز شد ولی تغییری در رشد خطی بدن در ۶ ماه پیگیری ایجاد نکرد (۳۱). افزایش فعالیت آلکالین فسفاتاز (ALP) وابسته به غلظت روی می‌باشد، همچنین میزان ترشح ALP در شرایط حضور مناسب روی افزایش می‌یابد. شواهدی وجود دارد که از منظر اتفاقات بیولوژیکی و درون‌سلولی، افزایش تولید و تکثیر آلکالین فسفاتاز در شرایط آزمایشگاهی در پاسخ به حضور ترکیبات روی را تأیید می‌کند. یافته‌های لی بینبین و همکاران ۲۰۱۵، نشان‌می‌دهد که مصرف مکمل روی باعث افزایش سطوح آلکالین فسفات و استئوکلسین شده که منجر به رشد و تمایز بیشتر استئوبلاست‌ها نیز شد، که خود این موضوع باعث افزایش تراکم مواد معدنی استخوانی شد (۱۷). این یافته‌ها حاکی از آن است که روی

در رشد استئوبلاست‌ها و کیفیت بالاتر استخوان نیز مؤثر می‌باشد. به‌طور کلی، روی به توده استخوان کمک می‌کند تا با تکثیر و تحریک تمایز استئوبلاست‌ها، به‌طور مؤثر مانع از تمایز استئوکلاستیک و آدیپوسیت سلول‌های بنیادی مزانشیمی استخوان‌ها می‌شود. میزان اثر خالص هر یک از متغیرهای مستقل در سطوح سرمی آلکالین فسفاتاز و استئوکلسین، با بررسی تفاوت‌های بین گروهی تغییرات از پیش‌آزمون به پس‌آزمون به‌ترتیب در گروه تمرینات پلایومتریک ۲۰/۲۳ درصد، در گروه تمرینات HIIT ۱۵/۷۷ درصد و در گروه تمرینات عمومی والیبال با مصرف مکمل روی ۱۲/۷۳ درصد بیشتر از گروه کنترل بود. این نتایج نشان دهنده بیشترین اثر مربوط به تمرینات پلایومتریک، سپس تمرینات HIIT و کمترین اثر مربوط به مصرف مکمل روی می‌باشد. به‌طور کلی از نتایج تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که مکمل‌دهی روی در حین تمرین پلایومتریکی و تناوبی شدید می‌تواند در طولانی‌مدت باعث افزایش عوامل مؤثر بر رشد و توده استخوانی در والیبالیست های نوجوان در سن جهش رشدی شود. همچنین با توجه به اینکه بین دو روش تمرینی پلایومتریکی و تناوبی شدید در مطالعه حاضر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، لذا هیچ کدام از این دو روش تمرینی مزیت نسبت به‌هم جهت اثربخشی بیشتر بر عوامل مؤثر بر رشد و توده استخوانی در والیبالیست‌های نوجوان ندارد. بنابراین، می‌توان از هر دو شیوه تمرینی در نوجوانان والیبالیست پسر استفاده‌کرد. همچنین با توجه به اثربخشی استفاده از مکمل روی بر عوامل مؤثر بر رشد و توده استخوانی می‌توان به پسران نوجوان والیبایست مکمل روی یا ترکیبات غذایی که حاوی روی است پیشنهاد کرد.

یافته‌های این پژوهش نشان داد که مصرف مکمل روی، تمرینات پلایومتریک و HIIT به‌مدت ۴ هفته، هر یک به‌صورت مجزا افزایش معنی‌داری بر شاخص‌های رشد توده استخوانی آلکالین فسفاتاز و استئوکلسین در سن جهش رشد اسکلتی داشت که بین اثر انواع تمرین پلایومتریک و HIIT تفاوت معنی داری دیده نشد. بنابراین می‌توان از هر دو روش تمرینی پلایومتریک و HIIT به‌همراه مصرف مکمل روی در والیبالیست‌های پسر نوجوان استفاده‌کرد.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد است. از کلیه شرکت کنندگان و پسران نوجوان والیبالیست شهر اصفهان و مدیریت و پرسنل آزمایشگاه سینا شهر نجف‌آباد جهت همکاری در این پروژه تشکر می‌شود. در کلیه مراحل انجام مطالعه قبل، حین و پس از مطالعه می‌توانستند از پروژه خارج شوند، همچنین به کلیه والدین و آزمودنی‌ها در رابطه با تأثیرات مطالعه حاضر بر روی آزمودنی‌ها توضیحات کامل توسط محققین ارائه شده بود و با رضایت کامل و با کنترل عوامل پزشکی و سلامتی در مطالعه حاضر شرکت کردند.

References

1. Seibel MJ. Nutrition and molecular markers of bone remodelling. Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care. 2002 Sep 1;5(5):525-31. https://journals.lww.com/co-clinicalnutrition

2. Rasha A. Alfawaz. Ghadeer S. Aljuraiban.Mezna A. AlMarzooqi etal. The recommended amount of physical activity, sedentary behavior, and sleep duration for healthy Saudis: A joint consensus statement of the Saudi Public Health Authority2021. doi: 10.4103/atm.atm_33_21

3.Fukutani A,Isaka T,Herzog W,Evidence for Muscle Cell-Based Mechanisms of Enhanced Per formance in Stretch – shortening Cycle in Skeletal Muscle.Front physiol.2021.8;11:609553. doi:10.3389/fphys

4. Ali Niya, N., Shabani, R., Ali óóóAkbari, A. Comparison of the effects of plyometric and resistance circuit training on body mass index and physical fitness of male teenage student volleyball players. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology, 2016; 3(1): 104-114. doi: 20.1001.1.26766507.1395.3.1.7.6

5. Rowland, T. W. Children's Exercise Physiology. United Kingdom: Human Kinetics. 2005. https://www.google.com/books/edition

6. Whyte MP, Ma NS, Mumm S, Gottesman GS, McAlister WH, Nenninger AR, Bijanki VN, Ericson KL, Magnusson P. Persistent idiopathic hyperphosphatasemia from bone alkaline phosphatase in a healthy boy. Bone. 2020, 1;138:115459. doi: 10.1016/j.bone.2020.115459

7. Hernández-Camacho JD, Vicente-García C, Parsons DS, Navas-Enamorado I. Zinc at the crossroads of exercise and proteostasis. Redox Biol. 2020; 35:101529. doi: 10.1016/j.redox.2020.101529.

8. Weyh C, Krüger K, Peeling P, Castell L. The Role of Minerals in the Optimal Functioning of the Immune System. Nutrients. 2022 .2;14(3):644.doi: 10.3390/nu14030644

9. Kalali Junqani, N; guide, rare; Faramarezi, M; Bombay Chi, Eft and Riyahi. The effect of resistance training - plyometrics on biochemical markers of bone formation in football players. Olympic Quarterly; 2011, 20: (1)57. 109-118. https://www.magiran.com/paper/1063725 [In Persian]

10. Khodkaran MH, Hosseini A, Ghasemi A. Effect of resistance training and intake of calcium and phosphorous on bone density of the nonathletic adolescents. European Journal of Experimental Biology. 2014;4(5):72-5. https://www.primescholars.com/articles

11. Ghardashi Afousi A, Choobineh S, Gaeini AA, Javidi M, Fallahi AA. High Intensity Interval Training (HIIT): Beneficial or Harmful? An Investigation of Bone Mass Density Changes after High Intensity Interval Training in Adult Male Wistar Rats. Journal of Sport

Biosciences.2015;7(2):211-23. https://jsb.ut.ac.ir/article_55226_cf22eae08525e34ebec5780e833b46b6.pdf

12. Daneshjoo A, Raeisi S. Effect of Eight Weeks Plyometric Training on Some Kinematic Parameters, Horizontal Jumping Power, Agility, and Body Composition in Elite Parkour Athletes. J Sport Biomech 2020; 6 (1) :54-65. http://biomechanics.iauh.ac.ir/article-1-217-fa.html

13. Hazhir MS, Reshadmanesh N, Shahsavari S, Senobar Tahaee N, Rashidi K. Survey of the nutritional regimen of the female students in Kurdistan University of medical sciences regarding energy, macronutrients and micronutrients intake in the second half of 1384. Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences. 2006;11(3):26-34. http://sjku.muk.ac.ir/article-1-129-en.html [In Persian]

14. vakili, J., Amirsasan, R., nourmohammadi, O. The effect of four weeks HIIT training with ginseng supplementation on aerobic, anaerobic powers and body composition of Overweight and obese females. Journal of Sport and Exercise Physiology, 2019; 12(2): 45-54.doi.org/10.52547/joeppa.12.2.45 [In Persian]

15. Tartibian B, Motab Saei N. The effect of 9 weeks of intense aerobic training on parathyroid hormone and markers of bone metabolism formation in young women. Olympic Quarterly. 4(44), 79-88. . magiran.com/p575162 [In Persian]

16. Scott JP, Sale C, Greeves JP, Casey A, Dutton J, Fraser WD. The role of exercise intensity in the bone metabolic response to an acute bout of weight-bearing exercise. Journal of Applied Physiology. 2011 Feb;110(2):423-32. doi.org/10.1152/japplphysiol.00764.2010

17. Li B, Liu H, Jia S. Zinc enhances bone metabolism in ovariectomized rats and exerts anabolic osteoblastic/adipocytic marrow effects ex vivo. Biological trace element research. 2015 Feb;163:202-7. doi.org/10.1590/1806-9061-2022-1722

18. Che-Fu Lin., Tsang-hai Huang., Kuo-Cheng Tu., Linda L. Lin., Yi-Hsuan Tu., Rong-Sen Yang. Acute effects of plyometric jumping and intermittent running on serum bone markers in young males**.** European Journal of Applied Physiology.April 2012, 4(112), 1475–1484. https://link.springer.com/article/10.1007 / s00421-011-2108-8

19. 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. European journal of applied physiology. 2015, (10)115, 2115–2124. doi.org/10.1007 / s00421-015-3191-z

20. Oh T, Naka T. Comparison of bone metabolism based on the different ages and competition levels of junior and high school female rhythmic gymnasts. Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry. 2017 Jun 6;21(2):9. doi: 10.20463/jenb.2017.0019

21. Huang TH, Hsieh SS, Liu SH, Chang FL, Lin SC, Yang RS. Swimming training increases the post-yield energy of bone in young male rats. Calcified tissue international. 2010 Feb;86:142-53. doi.org/10.1007 / s00223-009-9320-0

22. Zamoscinska M, Faber IR, Büsch D. Do Older Adults With Reduced Bone Mineral Density Benefit From Strength Training? A Critically Appraised Topic. J Sport Rehabil. 2019. doi: 10.1123/jsr.2019-0170

23. Yousefi MR, Ahmad N, Abbaszadeh MR, Rokhsati S. The effect of isometric training on prevention of bone density reduction in injured limbs during an immobilization period. Research in Medicine. 2012 Feb 10;35(4):195-9. URL: http://pejouhesh.sbmu.ac.ir/article-1-971-en.html [In Persian]

24. Moazzami, M; Jamali, F.S. The effect of six months of aerobic training on parathyroid hormone and bone-specific alkaline phosphatase in inactive obese women. 2014; 10, 71-79. https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/1073551[In Persian]

25. Morris MS. The association between serum thyroid-stimulating hormone in its reference range and bone status in postmenopausal American women. Bone. 2007 Apr 1;40(4):1128-34. https://doi.org/10.1016/j.bone.2006.12.001

26. Wherry SJ, Swanson CM, Kohrt WM. Acute catabolic bone metabolism response to exercise in young and older adults: A narrative review. Exp Gerontol. 2022 Jan;157:111633. doi: 10.1016/j.exger.2021.111633

27. Sharifi M, Fathi Moghadam O, Nagibi M. Response of liver enzymes AST, ALP, ALT to plyometric exercises with overload. The First National Conferences on Physical Education and Sport Sciences. Larestan, Shiraz. 2017. https://civilica.com/doc/823865 [In Persian]

28. Mera P, Laue K, Ferron M, Confavreux C, Wei J, Galán-Díez M, Lacampagne A, Mitchell SJ, Mattison JA, Chen Y, Bacchetta J. Osteocalcin signaling in myofibers is necessary and sufficient for optimum adaptation to exercise. Cell metabolism. 2016 Jun 14;23(6):1078-92. https://doi.org/10.1016/j.cmet.2016.05.004

29. Foong, K.O., Singh, R.J., & Singh, H.J. Changes in bone turnover markers and bone mass with reducing levels of jumping exercise regimens in female rats. Asian Journal of Sports Medicine. 2012; 3(4), 225-232. PMID: 23342220; PMCID: PMC3525818. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3525818/

30. Banfi, G., Lombardi, G., Colombini, A., & Lippi, G. Bone metabolism markers in sports medicine. Sports Medicine. 2010; 40(8), 697-714. https://link.springer.com/article/10.2165

31. Imamoğlu, S., Bereket, A., Turan, S, Taga,. Y., Haklar, G. (2005). Effect of zinc supplementation on growth hormone secretion, IGF-I, IGFBP-3, somatomedin generation, alkaline phosphatase, osteocalcin and growth in prepubertal children with idiopathic short stature. J Pediatr Endocrinol Metab. 2005 Jan;18(1):69-74. https://doi.org/10.1515/JPEM.2005.18.1.69

32. Raelene, E Maser., John, N Stabley., James, Lenhard., Phyllis, Owsun-Griffin., Michelle, A., Williams, B Farquhar.. Zinc Intake and Biochemical Markers of Bone Turnover in Type 1 Diabetes. J Diabetes Care. 2008; 31(12):2279–80.

The effect of four weeks of intense Plyometric and Intermittent Exercises with Zinc supplementation on bone growth factors in male volleyball players

Ali Ghasemi Kahrizsangi*[1] - Hojatollah Amini[2]
1. Assistant Professor, Department of Sport Sciences, University of Qom, Qom, Iran 2. M.SC. Exercise Physiology, Qom University, Qom, Iran
(Received:2023/08/15;Accepted:2024/03/16)

Abstract
Regular and long-term exercises such as volleyball can be used as an effective method to develop skeletal and bone growth, to increase bone formation and also to prevent osteoporosis. Also, in the execution of some special skills in volleyball, it is necessary to perform intense plyometric and periodic exercises. The aim of the current research was to compare two methods of plyometric and intense interval training during four weeks of zinc supplementation on two factors of bone mass growth in teenage volleyball players at the age of skeletal growth spurt. For this purpose, the number of 57 active and healthy teenage volleyball players (age: 13.0±0.94 years, height: 1.77±0.08 m, weight: 59.10±28.04 kg, and BMI: 18/76 ±2/13 kg/m2) were randomly selected as participants in six groups including: 1- plyometric exercise and zinc supplement (10 people), 2- plyometric exercise and placebo (8 people), 3 - Volleyball training and taking zinc supplements (9 people), 4- Placebo use (11 people), 5- Very intense intermittent exercise and zinc supplement use (10 people) and 6- Very intense intermittent exercise and placebo (9 people) were divided. The training schedule was three sessions a week. The supplement groups also received 15 mg gluconate tablets produced by Nature made in England and the pseudo-drug groups received tablets containing starch and fructose for daily consumption. The within group results showed a significant increase in serum alkaline phosphatase and osteocalcin levels after four weeks in the research groups ($P < 0.001$). The post-test results showed the difference between the control group and other study groups ($P < 0.05$). Therefore, due to the increase in the amount of bone mass growth factors in young volleyball athletes, both plyometric and intense interval training methods as well as zinc supplementation are recommended.

Keywords
Adolescent Volleyball Males, HIIT training, Plyometric Training, Serum ALP, Serum OC, Zinc Supplementation.

* Corresponding author E-mail: a.ghasemi@qom.ac.ir