مجله علوم پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی
دوره ۲۳، شماره ۴، زمستان ۹۲، صفحات ۲۳۰ تا ۲۳۹

Original Article

تاثیر مصرف اسیدهای چرب، مواد مغذی و انجام فعالیت جسمانی منظم بر خواص مکانیکی استخوان در موش صحرایی

محمدرضا نقی‌ئی[۱]، یوسف ابراهیم پور[۲]، پیمان درویشی[۲]، گیتی ترکمان[۳]، محمود مفید[۴]، مهدی هدایتی[۵]

[۱] استاد ، مرکز تحقیقات فیزیولوژی ورزشی و گروه تغذیه، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه ا.... (عج)
[۲] کارشناس ارشد، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه ا.... (عج)
[۳] استاد، گروه فیزیوتراپی، دانشکده پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس
[۴] مربی، گروه آناتومی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه ا.... (عج)
[۵]دانشیار، مرکز تحقیقات سلولی مولکولی غدد، پژوهشکده علوم غدد درون ریز، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

چکیده

سابقه و هدف: *هدف این مطالعه بررسی مقایسه‌ای تاثیر مصرف اسیدهای چرب ، مواد مغذی انتخابی (کلسیم ، ویتامینD و بورون) و انجام فعالیت جسمانی منظم بر خواص مکانیکی استخوان در موش صحرایی بود.*

روش بررسی: *۵۶ سر موش صحرایی نر در گروه کنترل با رژیم غذایی نرمال؛ گروه ۲ مشابه گروه کنترل با فعالیت جسمانی؛ گروه ۳ مشابه گروه ۲ با کلسیم، ویتامین D و بورون؛ گروه ۴ مشابه گروه ۳ با روغن کلزا؛ گروه ۵ مشابه گروه ۳ با روغن آفتابگردان؛ گروه ۶ مشابه گروه ۳ با روغن آفتابگردان-کلزا؛ گروه ۷ مشابه گروه ۳ با روغن نارگیل به مدت ۸ هفته مورد مطالعه قرار گرفتند. نمونه‌های پلاسما آنالیز و خواص مکانیکی استخوان‌های فمور، تیبیا و مهره کمری تعیین شد. از آنالیز واریانس یک طرفه برای تحلیل داده‌ها استفاده شد.*

یافته‌ها: *مقایسه نتایج گروه های روغنی(گروه ۴ تا ۷) با گروه کنترل نشان داد که تفاوت معنی‌دار در غلظت استرادیول گروه ۷ نسبت به سایر گروه‌ها وجود دارد. افزایش ۱۶درصدی غلظت Vit D در گروه‌های ۴ و۵ و افزایش ۱۴درصدی در غلظت تستوسترون گروه‌های ۴ و ۷ و تستوسترون آزاد در گروه ۷ مشاهده شد. تفاوت معنی‌دار در سفتی و حداکثر استحکام استخوان فمور درگروه ۷ و حداکثر استحکام استخوان مهره کمری در گروه‌های کنترل، ۴، ۵ و نزدیک به سطح معنی‌داری با گروه ۶ نسبت به گروه ۷ به دست آمد.*

نتیجه‌گیری: *اثرات مثبت روغن نارگیل بر بعضی از متغیرهای مورد مطالعه می‌تواند این روغن را نسبت به سایر روغن‌های اشباع متمایز کند که بررسی آثار مفید بیشتر آن توصیه می‌گردد.*

واژگان کلیدی: *اسیدهای چرب، کلسیم، بورون، ویتامین D ، خواص مکانیکی استخوان، موش صحرایی.*

مقدمه

مشکلات استخوانی نظیر استئومالاسی، پوکی استخوان و شکستگی از مشکلات عمده بهداشتی در اکثر جوامع و کشورهای توسعه یافته هستند که در ۲۲-۱۳٪ مردان و۵۰-۴۰٪ زنان در طی زندگی دیده می‌شود و در کشورهای در حال توسعه همگام با افزایش رفاه با رشد صعودی همراه است (۱).

عدم تعادل در تنظیم دو پروسه بازسازی استخوان و جذب و تشکیل استخوان منجر به بروز بیماریهای متابولیک استخوان می شود. در میان عوامل متعدد، تغذیه کافی و مناسب نقش مهمی در پیشگیری و درمان داشته و موجب حفظ قدرت و سلامت استخوانها می شود و برای دستیابی به استخوان سالم و مقاوم نیاز به یک رژیم غذایی متعادل جهت حفظ سلامت

آدرس نویسنده مسئول: تهران، مرکز تحقیقات فیزیولوژی ورزشی و گروه تغذیه- دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه ا.... (عج)، دکتر محمدرضا نقی ئی (**email**: naghiimr@yahoo.com)
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۴/۱۰
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۵/۲۸

استخوان است (۲). با وجود اینکه از کلسیم، فسفر و ویتـامین D به عنوان اجزای اصلی مینرالیزاسـیون اسـتخوان نـام بـرده می‌شود، اما مواد مغذی دیگری مثل بورون نیز می تواند کاربرد بنیانی مواد مغذی را تحت تأثیر قرار دهد و از عملکرد کلسیم، منیزیم و ویتامین د حمایت کند. کمبود بورون در رژیم باعـث مهار تشکیل استخوان در حیوان می شود (۳).

بورون یک ماده مغذی ضروری بـرای گیاهـان مـی‌باشـد و بـه عنوان یک عنصر با مقادیر بسیار ناچیز برای سلامت رت‌ها نیز ضروری است. احتمالا بورون برای سایر پستانداران نیز ضروری می‌باشد. هیچگونه سـندرم ناشـی از کمبـود بـورون در انسـان توصیف نشده اسـت. مقـادیر بسـیار کمـی از بـورون در رژیـم غذایی وجود دارد و همـین مقـدار کـم در رژیـم دارای نقـش اساسی می باشد. افزایش سطح استروژن اندوژن توسط بورون، نقش پیشگیری از ایجاد نارسایی یا بروز بیماری مزمن را بیان می کند (۴). افزایش دریافت بورون و در نتیجه افزایش سطح تستوسترون پلاسما و ویتامین D در موش گزارش شده است و به نظر می‌رسد که بورون به صورت بالقوه در برخورد با تعدادی از فرایندهای متابولیک به طور معنی‌دار و موثر عمل مـی‌کنـد که نیاز به بررسی بیشتری دارد (۵).

ورزش و تغذیه صـحیح بـرای رشـد سـالم اسـتخوان در تمـام مراحل زندگی نقش حیاتی دارند. از جمله عوامل خطر ابتلا به پوکی اسـتخوان محـدود کـردن فعالیـت ورزشـی، جنسـیت و عوامل رژیمی می‌باشد. بـی تحرکـی در درجـات متفـاوت، بـه عنوان عاملی جهت کاهش توده استخوانی در نظر گرفته مـی-شود. کاهش فعالیت ورزشی و هم چنین عدم تحرک در طـول زندگی، به طور معنی داری باعث کاهش توده استخوانی مـی-شود، به عبارت دیگر تاثیر ایـن عـدم تحـرک افـزایش ناکـافی ذخیره توده استخوانی است (۶).

انجام فعالیت فیزیکی توام با تحمـل وزن و مصـرف اسـیدهای چرب (امگا ۳ و۶) وضعیت تراکم استخوان را بهبود می بخشد (۷، ۸). امـروزه از ویبراسـیون کـل بـدن (Whole Body Vibration) به عنوان یک روش درمانی برای افزایش موضـعی در توده استخوانی و دانسیته استخوانی استفاده می‌شود (۹).

بافت استخوان یک منبع مهم ذخیرهٔ نمک‌های کلسیم و تولید کننده سلول‌های خونی اسـت و تغییـر در شـکل و سـاختمان استخوان به جذب و آزادسازی مـادهٔ اسـتخوانی بسـتگی دارد. عوامل کنترل کننـده تحـت تـاثیر فعالیـت انـواع سـلول‌هـا و هورمون‌های متابولیکی می‌باشند (۲).

لذا در این پژوهش سعی شـد کـه بـه بررسـی و ارتبـاط بـین ساختار استخوان و عوامل مداخلـه‌گـر مطـرح فـوق در ایجـاد مقاومت و وضعیت بهتر این بافت حیاتی و ارتقاء اسـتحکام آن پرداخته شود.

مواد و روشها

در این مطالعه مداخله‌ای- تجربی، موش‌های صحرایی نـر (۳۰ روزه)، از نژاد ویستار(Wistar) در دامنه وزنی ۱۳۰ تا ۱۸۰ گرم که در حیوان خانه وابسته به گروه فیزیولوژی دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله(عج) تولید و پرورش یافته بودند بررسی شدند و برنامه مداخله‌ای ۲ ماهه بـرای رت‌هـا طراحـی شد. رت‌ها به ۷ گروه ۸ تایی تقسیم بندی شـدند و وزن بـدن آنها در هر گروه اندازه گیری و ثبت گردید.

برای تغذیه روزانه از غذای پلـت سـاخت شـرکت خـوراک دام پارس (سـهامی عـام) - تهـران اسـتفاده شـد. توسـط شـرکت مذکور، مقدار کلسیم ۶۵۰ mg و ویتامین D3، ۸۰ IU در ۱۰۰ گرم ماده غذایی ذکر شده است. میزان عنصر بورون بـه دلیـل عدم اندازه گیری در ایران گزارش نمی شود ولی در غذای پلت خارجی مقدار جزئی بورون اندازه گیری شده به میزان µg/kg ۷۰ گزارش شده است (۱۰).

برای مکمل سـازی غـذای رت‌هـا بـا کلسـیم و ویتـامین D از قرص‌های کربنات کلسیم + ویتامین D3 (ساخت شـرکت دارو پخش– تهران؛ هر عدد قـرص حـاوی ۵۰۰ mg کلسـیم و IU ۲۰۰ ویتامین D3)، بورون از پودر اسید بوریـک (H3BO3) بـا وزن مولکولی ۶۱/۸ (ساخت شرکت مرک - آلمان) و اسیدهای چرب مورد نظر به ترتیب از روغن کلزا (به عنـوان منبـع غنـی اسیدهای چرب غیر اشباع مونـو حـاوی امگـا ۳) [روغـن کلـزا ورامین، ساخت شرکت روغن کشی خرمشهر- تهـران]، روغـن آفتابگردان (به عنوان منبع اسیدهای چـرب غیـر اشـباع پلـی حاوی امگا۶) [روغن آفتابگردان ورامین، ساخت شرکت روغـن کشی خرمشهر- تهران] و روغن نارگیل (به عنوان منبـع غنـی اسیدهای چرب اشباع) [روغن نارگیل (pure white coconut oil) بـا برچسـب Ceylon Big Coconuts (C.B.C.) سـاخت شرکت Sime Darby Edible کشور سنگاپور] استفاده شد.

مقدار روغن اضافه شده به پلـت هـا بـه میـزان ۵ درصـد وزن غذای مصرفی در روز و دوز مصرفی کلسیم به صورت روزانـه ۲۱۰ mg (۱۱۰ mg از طریق غذای عادی و ۱۰۰ mg از طریق مکمل سـازی آب)، ویتـامین D بـه میـزان ۵۵ IU (۴۰ IU از طریق مکمـل سـازی آب و ۱۵ IU از طریـق غـذای عـادی) و بورون به میزان ۱ mg از طریق مکمل سازی آب بـه ازای هـر رت در روز تنظیم شد.

جدول۱. چگونگی انجام فعالیت جسمانی در مدت زمان مداخله

روز	مدت (دقیقه)	دفعات فعالیت	زمان استراحت بین دفعات فعالیت
۱	۶	۲*۳´	۱ دقیقه
۲	۸	۲*۴´	" "
۳	۱۰	۲*۵´	" "
۶	۱۵	۳*۵´	" "
۸	۲۵	۲*۸´ و ۱*۹´	" "
۲۲-۱۰(۶ جلسه)	۳۰	۳*۱۰´	" "
۲۴	۴۵	۴*۱۰´و ۱*۵´	" "
۴۶-۲۷ (۹ جلسه)	۶۰	۶*۱۰´	۲ دقیقه
از روز ۴۹ تا پایان مطالعه (۱۰ جلسه)	۶۰	۶*۱۰´	" "

در ابتدا رت‌ها به مدت ۵ روز جهت تطبیق یا سازگاری با شرایط محیط در قفس‌ها نگهداری شدند. شرایط اتاق دارای دمای ۲۰ تا ۲۲درجه سانتی گراد و رطوبت ۶۵ درصد بود. مقدار غذای معمولی و آب مصرفی رت ها در این ۵ روز اندازه گیری و ثبت گردید. سپس آب مکمل سازی شده با کلسیم، ویتامین D و بورون و غذای مکمل سازی شده یا آغشته شده با روغن‌های مربوطه (کلزا، آفتابگردان، کلزا - آفتابگردان و نارگیل) در هر گروه در اختیار رت‌ها قرار داده شد. مقدار آب و غذای مصرفی رت ها سه بار در هفته اندازه گیری و ثبت گردید. به منظور پرهیز از اکسیده شدن روغن افزودنی به غذای رت ها، غذای تازه به صورت ۳ بار در هفته تهیه و در اختیار حیوانات قرارگرفت. با توجه به کنترل آب و غذای مصرفی، حیوانات از آب و غذای کافی بهره مند بودند.

برای انجام فعالیت جسمانی از ویبراتور مدل Vibration Platform ساخت کشور چین استفاده شد. چگونگی انجام فعالیت جسمانی در مدت زمان مداخله (دو ماه) در جدول ۱ ارائه شده است.

در ابتدا به منظور خوگیری و سازگاری، در روز اول تمرین فعالیت فیزیکی (لرزش) توسط ویبراتور با وضعیت ۱(mode 1) به مدت ۵ دقیقه انجام گرفت و تا روز دهم با اضافه شدن ۵ دقیقه زمان در هر نوبت به ۳۰ دقیقه در روز افزایش یافت و تا پایان روز ۲۲ به صورت ۳ ست ۱۰ دقیقه ای روی mode1 به میزان ۳ روز در هفته و در روز ۲۴ تا ۴۵ دقیقه و سپس به مدت ۶۰ دقیقه در روز به میزان ۵ روز در هفته انجام گرفت. ما بین فعالیت ها به مدت ۲-۱ دقیقه به رت ها استراحت داده شد. شدت یا فرکانس (Frequency) ویبراسیون ۱۰ تا ۵۰ هرتز و دامنه (Amplitude) آن ۱ تا ۱۰ میلی متر بود. شایان ذکر است که وضعیت ۱(mode 1) ترکیبی از شدت و مدت ویبراسیون است که در این حالت و در مدت زمان تعیین شده ابتدا لرزش با شدت کمتر و سپس در بازه های زمانی تقسیم شده به صورت تدریجی یا پلکانی افزایش می یابد و در اواسط مدت زمان تعیین شده به صورت تدریجی کاهش و در نهایت متوقف می‌شود.

پس از ۴ هفته از شروع مداخله و در پایان مدت مطالعه (پس از ۸ هفته) وزن رت ها مجددا اندازه گیری شد و آب و غذای مصرفی نیز اندازه‌گیری و ثبت گردید.

در جدول ۲ خلاصه روش کار انجام شده و مداخله گری مکمل سازی در هر گروه تجربی به طور جداگانه نشان داده شده است.

پس از اتمام دوره ۸ هفته ، مرحله خون گیری با رعایت ۱۲

جدول ۲. خلاصه روش کار انجام شده و مداخله گری مکمل سازی در هر گروه تجربی

گروه۱ کنترل	گروه ۲ Sp	گروه ۳ SpM	گروه ۴ Co	گروه ۵ Af	گروه ۶ AC	گروه ۷ N
رژیم غذایی نرمال	رژیم غذایی نرمال + فعالیت جسمانی	رژیم غذایی نرمال + فعالیت جسمانی + کلسیم + ویتامین D + بورون	رژیم غذایی نرمال + فعالیت جسمانی + کلسیم + ویتامین D + بورون + روغن کلزا	رژیم غذایی نرمال + فعالیت جسمانی +کلسیم + ویتامین D + بورون +روغن آفتابگردان	رژیم غذایی نرمال + فعالیت جسمانی + کلسیم + ویتامین D + بورون + روغن کلزا و آفتابگردان	رژیم غذایی نرمال + فعالیت جسمانی + کلسیم + ویتامین D + بورون + روغن نارگیل

جدول ۳. مقدار غذای مصرفی روزانه و وزن بدن رت‌ها در روز اول، هفته ۴ و هفته ۸

	Control(1)	Sp(2)	SpM(3)	Co(4)	Af(5)	AC(6)	N(7)
دریافت غذا (g/d)	۱۷/۱	۱۷/۸	۱۷/۸	۱۶/۶	۱۵/۵	۱۶/۳	۱۶/۷
وزن بدن (gr) : روز اول	۱۴۵±۱۰	۱۴۹±۶	۱۴۳±۸	۱۵۱±۱۵	۱۵۲±۱۴	۱۵۵±۵	۱۶۰±۱۲
هفته چهارم	۲۲۹±۲۷	۲۴۲±۳۴	۲۳۰±۱۱	۲۴۰±۲۲	۲۲۷±۲۰	۲۴۳±۱۵	۲۵۳±۲۴
هفته هشتم	۲۸۰±۳۱	۳۰۶±۴۱	۲۸۵±۲۱	۲۹۶±۳۷	۲۷۲±۲۴	۲۹۳±۲۶	۳۰۴±۲۹
*تغییر در وزن بدن (gr)	۱۳۵±۲۱	۱۵۷±۳۶	۱۴۲±۱۳	۱۴۵±۲۴	۱۲۰±۱۱	۱۳۷±۲۱	۱۴۴±۱۸

* تفاوت بین روز اول و هفته ۸

جدول ۴. مقدار اسیدهای چرب مصرفی (mg در روز) به ازای هر رت در گروه های روغنی

	کلزا (4)	آفتابگردان (5)	کلزا+آفتابگردان (6)	نارگیل (7)
اشباع تام (mg)	۶۰	۸۰	۷۱	۷۱۳
غیر اشباع مونو یا تک باندی تام (mg)	۵۲۳	۱۵۰	۳۳۲	۴۸
غیر اشباع پلی یا چند باندی تام (mg)	۲۳۲	۵۰۹	۳۸۰	۱۵
نسبت پلی:مونو: اشباع (S:M:P Ratio)	۱ :۸/۷ :۳/۸	۱ :۱/۹ :۶/۴	۱ :۴/۷ :۵/۳	۱ :۳/۸ :۴۷/۵

ساعت ناشتا انجام گرفت. با توجه به نوسان هورمون های استروئیدی مطابق با ریتم ساعات شبانه روز، این هورمون ها در رت ها در ساعت ۱۶-۱۴ در بالاترین سطح یا میزان شبانه روزی قرار دارند؛ لذا شروع خون گیری بطنی از گروه های مورد نظر در ساعات فوق انجام شد و پلاسمای جمع آوری شده در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد نگهداری شد.

با جدا سازی پلاسما سطوح فراسنج های خونی شامل کلسیم (Ca)، ویتامین D (Vit D)، پاراتورمون (PTH)، کلسیتونین (CT)، آلکالین فسفاتاز (ALP)، استرادیول (E2)، تستوسترون (T) و تستوسترون آزاد (FT) در آزمایشگاه مرکز غدد دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی اندازه‌گیری شد.

پس از سنجش و جمع آوری کامل داده های فراسنج های مورد مطالعه در تمامی گروه ها نتایج وارد بانک اطلاعاتی نرم افزار PASW 18 گردید.

متغیرهای T, Free T, E2 به روش ELISA با استفاده از کیت Diagnostics Biochem Canada Inc, Ontario, Canada اندازه گیری شد. ضریب پراکندگی آزمایش ٪ (CVs) و حساسیت آزمون به ترتیب برای T ۵/۶٪ و ng/ml ۰/۰۲۲، Free T ۶/۲٪ و pg/ml ۰/۱۷، E2 ۴/۴٪ و pg/ml ۱ بود.

Vit. D به روش EIA و با استفاده از کیت Immunodiagnostics System Ltd (IDS) Boldon, UK و با ضریب پراکندگی ٪ (CVs) و حساسیت آزمون به ترتیب ۶/۸٪ و nmol/l ۵ آنالیز شد.

فراسنج‌های CT وPTH به روش ELISA و با استفاده از کیت Rat CT / Rat PTH, USCN Life Science Inc.Wuhan, China و با ضریب پراکندگی ٪ (CVs) و حساسیت آزمون به ترتیب برای Ct ۵/۷٪ و pg/ml ۳/۷۵ و برای PTH ۳/۱٪ و pg/ml ۶/۲ مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

فراسنج Alk.Ph به روش Kinetic Photometric test و با استفاده از کیت Pars Azmun, Tehran, Iran اندازه گیری شد. ضریب پراکندگی آزمایش ٪ (CVs) ۱/۹٪ و حساسیت آزمون U/L ۳ بود.

آزمون‌های مکانیکی با استفاده از دستگاه testing- machine Z Zwick materials 2.5, Germany در آزمایشگاه بیومکانیک بافت گروه فیزیوتراپی دانشگاه تربیت مدرس تهران انجام گرفت.

برای مطالعه خواص مکانیکی استخوان نیز، استخوانهای فمور و تیبیا و پنجمین مهره کمری موش‌ها جدا شد. پس از برداشتن و پاکسازی بافت‌های نرم، نمونه‌ها در محلول سالین ۰/۹٪ در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد تا زمان ارزیابی نگهداری شدند. خواص مکانیکی نمونه‌های فمور و تیبیا با تست خمش سه نقطه‌ای (The three-point bending test) و خواص مکانیکی پنجمین مهره کمری با انجام تست فشاری (The axial compression test) بررسی شد.

جدول ۵. میانگین و انحراف معیار فراسنج های مورد مطالعه در پلاسمای گروه کنترل و گروه‌های تجربی

	کنترل (۱)	(۲) Sp	(۳) SpM
Alp (U/L)	۲۱۵ ± ۱۹/۵	۲۱۴/۷ ± ۳۱/۷	۲۱۱/۰ ± ۲۴/۸
Vit D (nmol/L)	۹۱/۲ ± ۱۸/۹	۱۰۷/۹ ± ۲۲/۰*	۱۰۶/۷ ± ۱۴/۸
CT (pg/ml)	۸۰/۳± ۱۱/۵	۸۱/۰ ± ۱۰/۳	۷۹/۸ ± ۱۰/۸
PTH (pg/ml)	۳۶/۰ ± ۸/۹	۳۸/۶ ± ۵/۵	۳۹/۲± ۷/۴۴
T (ng/ml)	۱/۸۴ ± ۰/۴۰	۱/۸۸ ± ۰/۶۳	۱/۸۳ ± ۰/۷۷
Free T (pg/ml)	۰/۴۴ ± ۰/۱۹	۰/۴۰ ± ۰/۱۷	۰/۳۸ ۰/۱۵
E2 (pg/ml)	۸/۳۵ ± ۱/۳۲	۹/۸۲ ± ۲/۲۲*	۸/۶۰ ± ۰/۹۰

* افزایش نزدیک به سطح معنی‌دار در مقایسه با کنترل؛ (Vit D، P = ۰/۰۹)، (E2، P =۰/۰۷)؛

Alp= Alkaline phosphatase, Vit D= Vitamin D, CT= Calcitonin, PTH= Parathyroid hormone, T= Testosterone, Free T= Free Testosterone, E2= Estradiol

جدول ۶. میانگین و انحراف معیار پارامترهای بیومکانیکی در استخوان‌های فمور، تی بیا و پنجمین مهره کمری گروه‌های کنترل و تجربی

فراسنج‌های مکانیکی بافت استخوان	استخوان	کنترل (۱)	(۲) Sp	(۳) SPM
سفتی استخوان (N/mm)	فمور	۷۶/۲ ±۲۱/۲	۹۰/۳ ± ۲۱/۶	۸۷/۵ ± ۹/۲
	تی بیا	۲۶/۹ ± ۹/۳	۲۷/۴ ± ۷/۶	۳۰/۶ ± ۸/۴
	مهره کمر	۳۳۳/۰ ± ۹۸/۰	۳۰۵/۶ ± ۱۱۱/۳	۳۴۵/۵ ± ۹۱/۵
حداکثر استحکام (N)	فمور	۷۵/۰ ± ۱۳/۴	۸۳/۷ ± ۱۳/۷	۷۸/۴ ± ۶/۷
	تی بیا	۴۳/۴ ± ۱۱/۴	۴۹/۵ ± ۱۰/۱	۴۶/۲ ± ۷/۰
	مهره کمر	۲۵۶/۴ ± ۳۹/۴	۲۸۳/۹ ± ۴۷/۸	۲۵۷/۴ ± ۳۲/۰
انرژی جذب شده تا نقطه حداکثر استحکام(N/mm)	فمور	۴۷/۳± ۱۲/۴	۵۵/۹ ± ۸/۵	۴۹/۹ ± ۸/۵
	تی بیا	۳۷/۷ ± ۱۶/۵	۴۸/۵ ± ۱۱/۵	۴۳/۶ ± ۵/۶
	مهره کمر	۱۹۷/۱ ± ۶۴/۴	۲۱۴/ ± ۱۲۸/۱	۲۰۴/۲ ± ۵۷/۹
تغییر شکل تا نقطه حداکثر استحکام (mm)	فمور	۱/۹۰ ± ۰/۴۷	۲/۱۳ ± ۰/۳۰	۱/۸۵ ± ۰/۲۸
	تی بیا	۲/۸۶ ± ۰/۵۳	۲/۹۱ ± ۰/۳۷	۳/۰۸ ± ۰/۴۴
	مهره کمر	۱/۸۳ ±۰/۲۷	۱/۸۳ ± ۰/۶۳	۱/۸۳ ± ۰/۳۱

پارامترهای بررسی شده در استخوان‌ها شامل سفتی استخوان، حداکثر استحکام، انرژی جذب شده تا نقطه حداکثر استحکام، تغییر شکل تا نقطه حداکثر استحکام بود.

آنالیز آماری: آنالیز داده ها با استفاده از آمار توصیفی برای تعیین میانگین و فاصله اطمینان ۹۵ ٪ برای هر متغیر انجام گرفت. پس از جمع آوری داده ها تمامی آنها به صورت میانگین و انحراف معیار بیان شد و تغییرات شاخص‌ها از روش آنالیز واریانس یک طرفه (One Way ANOVA) و با تست تکمیلی LSD برای آزمون مقایسه میانگین‌ها در بین گروه‌ها محاسبه گردید که برای انجام این موارد از نرم افزار PASW Statistics 18 استفاده شد.

یافته‌ها

در جدول ۳ مقدار غذای مصرفی رت‌ها و میانگین و انحراف معیار وزن در روز اول، هفته چهارم و هفته هشتم و اختلاف در بین گروه‌ها ارائه شده است. با توجه به اختلاف وزن مشاهده شده گروه ۲ از بیشترین افزایش وزن و گروه ۵ یا مصرف کننده روغن آفتاب از کمترین افزایش وزن برخوردار بودند. لازم به ذکر است که گروه ۵ روزانه غذای کمتری در مقایسه با سایر گروه‌ها مصرف کرده‌اند.

با توجه به ترکیبات و محتوی روغن‌ها، میزان اسیدهای چرب موجود در روغن‌های مورد استفاده، در جدول ۴ نشان داده شده است. در این جدول نوع و مقدار اسیدهای چرب مصرفی به ازای mg در روز توسط هر رت در گروه‌های روغنی مختلف

جدول ۷. میانگین و انحراف معیار فراسنج‌ها در گروه‌های کنترل و تجربی

متغییر	کنترل (۱)	(۴) Co	(۵) Af	(۶) AC	(۷) N
Alp (U/L)	۲۱۵ ± ۱۹/۵	۲۳۱/۷ ± ۳۴/۸	۲۳۲/۰ ± ۳۴/۶	۲۳۶/۶ ± ۲۹/۵	۲۴۳/۴ ± ۴۲/۴
Vit D(nmol/L)	۹۱/۲ ± ۱۸/۹	۱۰۸/۲± ۱۵/۳*	۱۰۹/۰ ± ۲۱/۶*	۱۰۶/۷ ± ۱۹/۸	۹۶/۹ ± ۲۱/۹
CT (pg/ml)	۸۰/۳± ۱۱/۵	۷۷/۶ ± ۹/۷	۷۹/۸ ± ۹/۰	۷۴/۴ ± ۱۳/۱	۷۶/۳ ± ۱۲/۳
PTH (pg/ml)	۳۶/۰ ± ۸/۹	۳۷/۷ ± ۵/۴	۳۴/۳ ± ۵/۸	۳۰/۹ ± ۱۵/۰	۳۴/۷ ± ۸/۳
T (ng/ml)	۱/۸۴ ± ۰/۴۰	۲/۴ ± ۰/۵۸	۱/۸۵ ± ۰/۶۵	۱/۷۵ ± ۰/۵۱	۲/۱۴ ± ۰/۷۴*
Free T (pg/ml)	۰/۴۴ ± ۰/۱۹	۰/۴۲ ± ۰/۱۶	۰/۳۹ ±۰/۱۶	۰/۴۳ ± ۰/۲۴	۰/۵۱ ± ۰/۲۶*
E2 (pg/ml)	۸/۳۵ ± ۱/ ۳۲	۸/۳۲ ± ۱/ ۴۷	۸/۷ ± ۰/ ۹۴	۸/۸۲ ±۰/۹۹	۱۰/۰۱ ± ۰/۸۷†

* ویتامین D، ۱۶٪ افزایش ؛ T، ۱۴٪ افزایش ؛ Free T، ۱۴٪ افزایش در مقایسه با گروه کنترل؛ † افزایش معنی‌دار در مقایسه با گروه‌های دیگر ($P \leq ۰/۰۵$)

Alp= Alkaline phosphatase, Vit D= Vitamin D, CT= Calcitonin, PTH= Parathyroid hormone, T= Testosterone, Free T= Free Testosterone, E2= Estradiol

جدول ۸. میانگین و انحراف معیار فراسنج‌های خواص مکانیکی در استخوانهای فمور، تی بیا و پنجمین مهره کمری در گروه‌های کنترل و تجربی

فراسنج‌های خواص مکانیکی بافت استخوان	استخوان	کنترل (۱)	Co(۴)	Af(۵)	AC(۶)	N(۷)
سفتی استخوان (N/mm)	فمور	۷۶/۲ ±۲۱/۲*	۸۹/۰± ۱۴/۵†	۸۱/۲ ± ۶/۹†	۷۹/۸±۱۴/۳*	۹۷/۴ ± ۶/۴
	تی بیا	۲۶/۹ ± ۹/۳	۳۰/۹ ± ۱۷/۲	۲۸/۵ ± ۶/۴	۳۴/۲۶± ۸/۳†	۳۴/۵± ۸/۵†
	مهره کمر	۳۳۳±۹۸	۳۱۱/۳±۷۴/۷	۴۲۳/۵±۱۵۷/۶	۳۱۹/۳±۸۴/۸	۳۹۷/۰±۲۳۳/۴
حداکثر استحکام (N)	فمور	۷۵/۰ ± ۱۳/۴*	۷۸/۴ ± ۱۱/۲	۷۳/۷ ± ۶/۷*	۸۱/۵ ± ۸/۳	۸۵/۷ ± ۷/۵
	تی بیا	۴۳/۴ ± ۱۱/۴	۴۶/۹ ± ۸/۴	۴۳/۷ ± ۶/۳	۴۵/۲ ± ۷/۴	۴۸/۷ ± ۵/۹
	مهره کمر	۲۵۶/۴±۳۹/۴*	۲۶۵/۹±۳۰/۲*	۲۶۳/۵±۲۹/۸*	۲۶۸/۸±۴۲/۳‡	۳۰۶/۱ ± ۴۹/۹
انرژی جذب شده تا نقطه حداکثر استحکام (N/mm)	فمور	۴۷/۳±۱۲/۴	۴۶/۶ ± ۹/۱	۴۸/۷ ± ۶/۷	۵۵/۳ ± ۸/۳	۵۲/۷ ± ۱۰/۰
	تی بیا	۳۷/۷ ±۱۶/۵	۴۴/۴ ± ۹/۲	۴۱/۳±۱۰/۱	۳۸/۲ ± ۷/۵	۴۲/۶ ± ۹/۳
	مهره کمر	۱۹۷/۱ ± ۶۴/۴	۱۶۶/۴±۵۱*	۱۷۰/۵±۳۴/۹§	۱۷۹/۸±۷۲/۳	۲۲۷/۷ ± ۷۸/۴
تغییر شکل تا نقطه حداکثر استحکام (mm)	فمور	۱/۹۰±۰/۴۷	۲/۰۲ ± ۰/۲۰	۲/۱۲± ۰/۳۲	۲/۱۴ ±۰/۲۸	۱/۹۳ ± ۰/۵۱
	تی بیا	۲/۸۶ ± ۰/۵۳	۲/۶۸ ± ۰/۳۷	۲/۷۲ ±۰/۲۶	۲/۴۳ ±۰/۱۷	۲/۵۲±۰/۳۴
	مهره کمر	۱/۸۳ ±۰/۲۷	۱/۷۴ ± ۰/۴۱	۱/۷۴ ±۰/۴۰	۱/۷۱ ±۰/۲۹	۱/۹۷±۰/۵۱

* اختلاف معنی‌دار با گروه ۷ (نارگیل)، † اختلاف نزدیک به سطح معنی‌دار با گروه کنترل ($P<۰/۰۶$)، ‡ اختلاف نزدیک به سطح معنی دار با گروه کنترل ($P<۰/۰۶$)، § اختلاف نزدیک به سطح معنی دار با گروه کنترل ($P<۰/۰۷$)

ارائه شده است. به علاوه، نسبت اسیدهای چرب اشباع: غیراشباع مونو: غیر اشباع پلی نیز نشان داده شده است.

در ادامه جداول میانگین و انحراف معیار فراسنج‌های بیوشیمیایی مربوط به استخوان و پارامترهای بیو مکانیکی (سفتی استخوان، حداکثر استحکام، انرژی جذب شده تا نقطه حداکثر استحکام و تغییر شکل تا نقطه حداکثر استحکام) استخوان های انتخابی (فمور، تیبیا و پنجمین مهره کمری) در گروه‌های تجربی و کنترل (شاهد) ارایه شده است.

الف- در جدول ۵ میانگین و انحراف معیار فراسنج های مورد مطالعه در گروه کنترل (۱) و گروه‌های تجربی ۲ و۳ به منظور مطالعه تأثیر ورزش یا فعالیت فیزیکی منظم از نوع ویبراسیون به تنهایی و همراه با مصرف عناصر و ویتامین D در گروه‌های تجربی در مقایسه با گروه کنترل ارایه شده است.

میانگین و انحراف معیار فراسنج های مورد بررسی نشان می‌دهد که در مجموع، فعالیت فیزیکی به همراه و بدون عناصر (کلسیم و بورون) و ویتامین D تاثیر معنی‌داری بر فراسنج‌های مورد مطالعه نداشته و فقط تفاوت نزدیک به سطح معنی‌دار آماری در غلظت Vit D گروه (۲) Sp ($P = ۰/۰۹$) و غلظت E2 در گروه(۲) Sp ($P = ۰/۰۷$) نسبت به گروه کنترل مشاهده شد.

در جدول ۶ داده های مربوط به خواص مکانیکی در استخوانهای فمور، تی بیا و پنجمین مهره کمری موشها در

گروه های تجربی(۲)Sp و(۳)SpM با کنترل (۱) ارایه شده است .

تفاوت نزدیک به سطح معنی‌دار آماری در خواص مکانیکی استخوان تیبیا (انرژی جذب شده تا نقطه حداکثر استحکام) در گروه Sp(P = ۰/۰۹) نسبت به گروه کنترل وجود داشت.

همچنین در سفتی استخوان فمور در گروه های Sp و SpM و حداکثر استحکام استخوان‌های فمور و پنجمین مهره کمری نسبت به گروه کنترل افزایش غیر معنی‌دار وجود داشت.

ب- در جدول ۷ میانگین، انحراف معیار فراسنج های مورد مطالعه در پلاسمای گروه‌های تجربی دریافت کننده عناصر و ویتامین D و دارای فعالیت ویبراسیون تغذیه شده با روغن‌های افزوده شده به رژیم غذایی [Co(۴)،Af(۵)، AC(۶) و N(۷)] با گروه کنترل (۱) ارایه شده است. شایان ذکر است که با در نظر گرفتن این نکته که مصرف عناصر و ویتامین D و انجام فعالیت فیزیکی در گروه‌های تجربی زیر یکسان بوده است و براساس جدول ۷ تاثیر معنی‌داری بر فراسنج‌ها نداشته‌اند، لذا نتایج زیر به منظور نشان دادن تاثیر انواع روغن‌های مصرفی مقایسه و ارائه شده است.

تفاوت معنی‌دار آماری در غلظت E2 پلاسما، در گروه N نسبت به سایر گروه‌ها و نیز نسبت به گروه کنترل وجود دارد ($P \leq ۰/۰۵$). تفاوت نزدیک به سطح معنی دار آماری در غلظت Vit D در گروه‌های Co (P =۰/۰۹)، Af (P =۰/۰۸) نسبت به گروه های کنترل و N مشاهده شد. همچنین در غلظت T پلاسمای گروه Co و N نسبت به سایر گروهها و Free T سرم در گروه N نسبت به سایر گروه‌ها و نیز گروه کنترل افزایش غیر معنی دار وجود داشت.

جدول ۸ نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌دار آماری در پارامترهای مربوط به مقاومت مکانیکی استخوان‌های فمور، تیبیا و پنجمین مهره کمری شامل سفتی استخوان فمور درگروه ۷ نسبت به گروه کنترل؛ گروه‌های ۵ و ۶ نسبت به ۷ و حداکثر استحکام استخوان فمور در گروه ۵ نسبت به گروه ۷ و گروه ۷ نسبت به گروه کنترل ؛ حداکثر استحکام استخوان پنجمین مهره کمری در گروه های ۴ ، ۵ و ۶ نسبت به گروه ۷ و گروه ۷ نسبت به گروه کنترل و انرژی جذب شده تا نقطه حداکثر استحکام پنجمین مهره کمری در گروه ۴ نسبت به ۷ وجود داشت ($P<۰/۰۵$). همچنین تفاوت نزدیک به معنی‌دار آماری در پارامترهای سفتی استخوان فمور درگروه Co (P=۰/۰۶۸) نسبت به گروه کنترل، سفتی استخوان تی بیا در گروه‌های AC (P = ۰/۰۷۶) و N (P = ۰/۰۶۷) نسبت به گروه کنترل، انرژی جذب شده تا نقطه حداکثر استحکام استخوان پنجمین مهره کمری در گروه Af (P=۰/۰۷۵) نسبت به گروه N دیده شد.

بحث

مواد غذایی، به ویژه کلسیم، فسفر، ویتامین D و هورمون کافی (ازجمله هورمون رشد، هورمون پاراتیروئید، کلسی تونین و هورمون های جنسی) بر رشد استخوان تاثیر دارند (2).

در این طرح چند عامل موثر بطور همزمان مورد بررسی قرار گرفت. با عنایت به اینکه در مطالعات مختلف هر کدام از این عوامل به تنهایی بررسی شده‌اند، لذا در این پژوهش مجموعه چند عامل در کنار هم مورد بررسی قرار گرفت که از لحاظ طرح موضوع شیوه ترکیبی بررسی همزمان اثر اسیدهای چرب با ویتامین D، بورون و کلسیم به همراه فعالیت جسمانی مورد مطالعه قرار گرفت.

نتایج به دست آمده از داده‌های این پژوهش نشان داد که افزایش وزن در گروه۲ (Sp) نسبت به گروه کنترل معنی‌دار است (جدول ۳) که این امر را می‌توان به دو دلیل نسبت داد: ۱- فعالیت فیزیکی می‌تواند باعث افزایش وزن (به صورت افزایش توده عضلانی) در گروه Sp شده باشد. ۲- فعالیت فیزیکی باعث افزایش مصرف غذا در گروه Sp (۱۷/۸گرم) نسبت به گروه کنترل (۱۷/۱ گرم) شده باشد. در خصوص احتمال اول پیشنهاد می‌شود که این نکته با اندازه گیری تغییرات احتمالی در نسبت توده عضلانی، چربی یا استخوان مورد ارزیابی قرار گیرد. البته نتایج گزارش مطالعه Maddalozzo و همکاران(۲۰۰۸) حاکی از این بود که WBV بر وزن گیری رت های بالغ اثر معکوس دارد و باعث کاهش وزن می شود (۱۱).

در مورد احتمال دوم با عنایت به توزین غذای این گروه و مقایسه با گروه های دیگر مشاهده شد که مصرف غذا باعث افزایش وزن نبوده است، چون مقدار غذای دریافتی این گروه تقریبا مانند سایر گروه‌ها است. در مطالعه‌ای که همسو با این نتیجه گیری است گزارش شد که WBV روی مصرف غذا تاثیری ندارد (۱۱).

کاهش وزن در گروه ۵ (Af) نسبت به گروه ۲، ۳، ۴ و ۷ معنی دار است (جدول ۳) که این امر می‌تواند به این دلیل باشد که روغن آفتابگردان باعث کاهش وزن یا باعث کاهش اشتها در این گروه شده باشد. حتی مقایسه گروه ۵ (۱۱± ۱۲۰) با گروه کنترل (۲۱± ۱۳۵) و آفتاب- کلزا (۲۱± ۱۳۷) نشان می‌دهد که کاهش وزن در گروه ۵ مشهود است. بررسی غذای مصرفی

در این گروه ها نشان می‌دهد که گروه آفتابگردان نسبت به گروه‌های کلزا ، آفتاب- کلزا و نارگیل[روغنی ها] ۶٪ کمتر غذا مصرف کرده است (جدول ۳) و در مقایسه با گروه کنترل، Sp و SpM (غیر روغنی ها) گروه آفتابگردان ۱۲٪ کمتر غذا مصرف کرده است. در نتیجه می‌توان گفت که روغن آفتابگردان ممکن است به دلیل تاثیرات فیزیولوژیکی/ متابولیکی از جمله کاهش اشتها و یا افزایش احساس سیری و تغییرات هورمونی باعث کاهش دریافت غذا در این گروه شده باشد. در مطالعه Silva و همکاران (۲۰۰۶) با مصرف روغن‌های گیاهی هیدروژنه و اشباع و غیر اشباع وزن بدن رت‌ها در گروهی که با روغن غیر اشباع تغذیه کرده بود کمتر بود (۱۲) که با نتیجه این طرح همخوانی دارد.

در گروه ۳ (SpM) مشاهده شد که کاهش وزن در این گروه (۱۳± ۱۴۲) نسبت به گروه ۲ (Sp) (۶۳± ۱۵۷) علی رغم مصرف غذای یکسان وجود دارد ولی معنی دار نیست که این امر احتمالا این نکته را که عناصر بورون، کلسیم و ویتامین D باعث کاهش وزن شده باشند را تقویت می کند که نیاز به بررسی دقیق تر و جزئی تر دارد. در این خصوص شواهد آزمایشگاهی نشان داده اند که کلسیم رژیمی نقش مهمی را در تنظیم وزن بدن ایفا می کند (۱۳). مکانیسم کاهش وزن بدن از طریق کلسیم شامل افزایش ترشح لیپیدی و یا کاهش جذب انرژی در روده در حضور کلسیم یا نتیجه اثر کلسیم روی متابولیسم سلول های چربی و متابولیسم بافت چربی است (۱۴).

افزایش ۱۵ درصدی Free T و T در گروه نارگیل نسبت به سایر گروه ها مشاهده شد ولی معنی دار نبوده است (جدول ۷). همچنین نتایج مطالعه Hurtado de Catalfo و همکاران(۲۰۰۹) نشان دادند که با مصرف روغن نارگیل مقدار T افزایش یافته بود که نتایج طرح حاضر را تایید می کند (15). مکانیسم عمل این افزایش صورت گرفته به این صورت است که در صورت مصرف روغن نارگیل احتمالا فعالیت آنزیم‌های اصلی درگیر در بیوسنتز تستوسترون اعم از ۳ بتا HSD و ۱۷ بتا HSD (HSD: هیدروکسی استروئید دهیدروژناز) افزایش می یابد، این آنزیم ها باعث افزایش تولید تستوسترون به وسیله سلول های لیدیگ می‌شود (۱۶).

افزایش E2 در گروه نارگیل نسبت به گروه کنترل، SpM، کلزا و آفتابگردان- کلزا معنی‌دار است (جدول ۷).

افزایش E2 در گروه Sp نسبت به گروه های کنترل و کلزا معنی‌دار است (جدول ۷) که احتمالا به دلیل نقش فعالیت جسمانی در این گروه (Sp) است. کاهش E2 در گروه کلزا احتمالا به دلیل نقش اسیدهای چرب غیراشباع مونو در کاهش E2 می باشد.

با توجه به مطالعه نقی یی و همکاران (۱۹۹۷) و Nielsen و همکاران (۱۹۹۹)، مصرف عنصر بورون باعث افزایش سطح استروژن اندوژن و β-oestradiol 17 می‌شود (۴، ۱۷) و با عنایت به اینکه در گروه کلزا بورون مصرف شده است، انتظار می‌رفت که مقدار E2 بالا باشد، ولی این یافته مشاهده نشد. نقی یی و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیق خود دریافتند که مصرف بورون به مدت یک هفته باعث کاهش استرادیول، اما افزایش تستوسترون تام و آزاد می‌شود (۱۸)، در حالی که در مطالعه دیگری (۱۹۹۷) مصرف بورون به مدت چهار هفته در مردان سالم باعث افزایش غلظت استرادیول پلاسما به طور معنی داری شده بود (۴). در مطالعه حاضر سطوح E2 در اکثر گروه های روغنی مصرف کننده بورون افزایش داشته است که به طور ویژه در گروه نارگیل معنی‌دار بوده است.

با توجه به جدول ۷ مشاهده می شود که ویتامین D در کلیه گروه ها به جز نارگیل در مقایسه با گروه کنترل افزایش ۱۵ در صدی داشته است که البته معنی دار نیست. به نظر می رسد افزایش ویتامین D در این گروه ها در اثر مصرف ویتامین D و بورون خوراکی بدست آمده است. در گزارش Samman و همکاران(۱۹۹۸) بیان شد که دریافت بورون باعث افزایش سطح ویتامین D در موش‌ها شده است (۵) که با نتایج مشاهده شده در همه گروه ها به غیر از گروه نارگیل در این طرح همخوانی دارد.

در ارتباط با سفتی استخوان فمور در گروه های Sp (گروه ۲) و SpM (گروه ۳) و حداکثر استحکام استخوان های فمور و پنجمین مهره کمری نسبت به گروه کنترل افزایش مشاهده شد که این افزایش معنی‌دار نبود. مطالعات مشابه نیز نتایج و یافته‌های مشابه را تایید می‌کنند که از آن جمله می‌توان به مطالعه Yang و همکاران (۲۰۰۹) اشاره نمود که با مطالعه بر روی موش‌ها نشان دادند که پس از ۲۸ روز ویبراسیون کامل بدن از دست‌دهی (اتلاف) دانسیته را در فمور و تیبیای موش‌ها به ترتیب از ۱۸/۸ ٪ به ۱۰/۱ ٪ و از ۱۶/۷ ٪ به ۷/۱ ٪ کاهش داد و از کاهش سفتی در قسمت برجستگی فمور پیشگیری کرد (۱۹).

نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که بورون به عنوان یک عنصر دارای نقش فیزیولوژیک در تغذیه حیوانی و انسانی است که خواص مکانیکی استخوانی و درصد خاکستر آن با این عنصر افزایش می‌یابد. همچنین این حقیقت به خوبی پذیرفته شده است که کلسیم بخشی از ترکیب مهم ساختمانی استخوان

سالم است. شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد مصرف بورون بر متابولیسم استخوان و خاکستر آن موثر است و گزارش شده مصرف این مکمل همراه با کلسیم و فسفر اثرات مطلوب‌تری بر جای می‌گذارد (۵). در مطالعه نقی‌ئی و همکاران (۱۳۸۶) مکمل‌سازی با بورون، استحکام مکانیکی استخوانهای تیبیا، فمور و پنجمین مهره کمری را افزایش داد. افزایش حداکثر استحکام، سفتی و انرژی جذب شده استخوانها در گروه بورون نسبت به گروه مکمل‌سازی کلسیم و ترکیب کلسیم و بورون مشهود بود و نشان داد ترکیب دو عنصر کلسیم و بورون اثر هم‌افزایی برای افزایش قدرت مکانیکی استخوان نداشته است (۲۰). Nielsen و همکاران (۱۹۸۷) گزارش کردند که مکمل‌سازی ۳ میلیگرم بورون به ازای هر کیلوگرم غذا در انسان باعث کاهش دفع کلسیم و فسفر ادراری می شود (۲۱). در این ارتباط، افزایش معنی‌دار غلظت هورمون‌های استروئیدی پلاسما در رت و انسان نیز گزارش شده است (۴، ۲۲). این عنصر در سنتز ویتامین D نیز نقش دارد (۱۷).

در مجموع، این مطالعه نشان داد که مکمل‌سازی بورون با کلسیم و ویتامین D به همراه انجام فعالیت بدنی ویبراسیون باعث افزایش خواص بیومکانیکی استخوانها در مقایسه با گروه کنترل شده و کارآمدی این اثر در استخوان‌های فمور و مهره کمری بارزتر است. ولی با این حال برای کسب نتایج مشهودتر پیشنهاد می‌شود که مطالعاتی با حجم بیشتر و دوره پیگیری طولانی‌تر به منظور تعیین اثرات مکمل‌سازی بورون با مقادیر مختلف کلسیم و ویتامین D و حتی با عناصر دیگری که در خواص بیومکانیکی استخوان موثر هستند، بر روی مدل‌های حیوانی نظیر موش انجام گیرد و در بررسی نتایج نیز از روش‌های هیستولوژی و هیستومورفومتری نیز بهره گرفته شود.

علی رغم وجود اسیدهای چرب اشباع در روغن نارگیل اثرات مثبت این روغن بر بعضی از متغیر های مورد مطالعه می تواند این روغن را از سایر روغن های اشباع متمایز کند. به علاوه استفاده از روغن نارگیل همراه با فعالیت جسمانی نیز نکته قابل ارائه است که انجام کار آزمایی های پژوهشی بیشتر در ارتباط با تاثیر آن بر مقاومت واستحکام استخوان توصیه می‌شود.

REFERENCES

1. Johnell O, Kanis J. Epidemiology of osteoporotic fractures. Osteoporos Int 2005; 16:S3-7.
2. Grgurevic A, Gledovic Z, Vujasinovic-Stupar N. Factors associated with postmenopausal osteoporosis: a case-control study of Belgrade women. Women Health 2010; 50:475-90.
3. Gorustovich AA, Steimetz T, Nielsen FH, Guglielmotti MB. A histomorphometric study of alveolar bone modeling and remodeling in mice fed a boron-deficient diet. Arch Oral Bio 2008; 53: 677-682.
4. Naghii MR, Samman S. The effect of boron supplementation on its urinary excretion and selected cardiovascular risk factors in healthy male subjects. Biol Trace Elem Res 1997; 56:273-86.
5. Samman S, Naghii MR, Lyons Wall PM, Verus AP. The nutritional and metabolic effects of boron in humans and animals. Biol Trace Elem Res 1998; 66:227-35.
6. Nahas EA, Kawakami MS, Nahas-Neto J, Buttros Dde A, Cangussu L, Rodrigues AB. Assessment of risk factors for low bone mineral density in Brazilian postmenopausal women. Climacteric 2011; 14:220-27.
7. Tervo T, Nordström P, Nordström A. Effects of badminton and ice hockey on bone mass in young males: a 12-year follow-up. Bone 2010; 47:666-72.
8. Watkins BA, Li Y, Seifert MF. Dietary ratio of n-6/n-3 PUFAs and docosahexaenoic acid: actions on bone mineral and serum biomarkers in ovariectomized rats. J Nutr Biochem 2006; 17:282-89.
9. Leung KS, Shi HF, Cheung WH, Qin L, Ng WK, Tam KF, et al. Low-magnitude high-frequency vibration accelerates callus formation, mineralization, and fracture healing in rats. J Orthop Res 2009; 27:458-65.
10. Nielsen FH. Dietary fat composition modifies the effect of boron on bone characteristics and plasma lipids in rats. Biofactors 2004; 20:161-71.
11. Maddalozzo GF, Iwaniec UT, Turner RT, Rosen CJ, Widrick JJ. Whole-body vibration slows the acquisition of fat in mature female rats. Int J Obes 2008; 32:1348-54.
12. Silva AP, Guimaraes DE, Mizurini DM, Maia IC, Ortiz-Costa S, Sardinha FL, et al. Dietary fatty acids early in life affect lipid metabolism and adiposity in young rats. Lipids 2006; 41: 535-41.
13. Pereira MA, Jacobs DR Jr, Van Horn L, Slattery ML, Kartashov AI, Ludwig DS. Dairy consumption, obesity, and the insulin resistance syndrome in young adults: the CARDIA Study. JAMA 2002; 287:2081-89.

14. Papakonstantinou E, Flatt WP, Huth PJ, Harris RB. High dietary calcium reduces body fat content, digestibility of fat, and serum vitamin D in rats. Obes Res 2003; 11: 387-94.

15. Hurtado de Catalfo GE, de Alaniz MJ, Marra CA. Influence of commercial dietary oils on lipid composition and testosterone production in interstitial cells isolated from rat testis. Lipids 2009; 44:345-57.

16. McVey MJ, Cooke GM, Curran IH, Chan HM, Kubow S, Lok E, et al. Effects of dietary fats and proteins on rat testicular steroidogenic enzymes and serum testosterone levels. Food Chem Toxicol 2008; 46: 259-69.

17. Nielsen F, Penland J, Boron supplementation of peri-menopausal women affects boron metabolism and indices associated with macromineral metabolism, hormonal status and immune function. Trace Elem Exp Med 1999; 12:251-61.

18. Naghii M, Mofid M, Asgari A, Hedayati M, Daneshpour M. Comparative effects of daily and weekly boron supplementation on plasma steroid hormones and proinflammatory cytokines. J Trace Elem Med Biol 2011; 25: 54-58.

19. Yang P, Jia B, Ding C, Wang Z, Qian A, Shang P. Whole-body vibration effects on bone before and after hind-limb unloading in rats. Aviat Space Environ Med 2009; 80: 88-93.

20. Naghii MR, Torkaman G, Mofid M. Effects of boron and calcium supplementation on mechanical properties of bone in rats. Biofactors 2006; 28: 195-201.

21. Nielsen FH, Hunt CD, Mullen LM, Hunt JR. Effect of dietary boron on mineral, estrogen, and testosterone metabolism in postmenopausal women. FASEB J 1987; 1:394-97.

22. Lee IP, Sherins RJ, Dixon RL. Evidence for induction of germinal aplasia in male rats by environmental exposure to boron. Toxicol Appl Pharmacol 1978; 45: 577-90.