

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

محمد رضا نقی‌ئی<sup>۱</sup>، یوسف ابراهیم پور<sup>۲</sup>، پیمان درویشی<sup>۲</sup>، گیتی ترکمان<sup>۳</sup>، محمود مفید<sup>۴</sup>، مهدی هدایتی<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup> استاد، مرکز تحقیقات فیزیولوژی ورزشی و گروه تغذیه، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه ا... (عج)  
<sup>۲</sup> کارشناس ارشد، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه ا... (عج)  
<sup>۳</sup> استاد، گروه فیزیوتراپی، دانشکده پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس  
<sup>۴</sup> مربی، گروه آناتومی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه ا... (عج)  
<sup>۵</sup> 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، ویتامین D 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 پلازما 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 گروه‌های 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 ۱۶ درصدی غلظت Vit D در گروه‌های ۴ و ۵ و افزایش ۱۴ درصدی در غلظت تستوسترون گروه‌های ۴ و ۷ و تستوسترون آزاد در گروه ۷ مشاهده شد. تفاوت معنی‌دار در سفتی و حداکثر استحکام استخوان فمور در گروه 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

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 می‌شود. در میان عوامل متعدد، تغذیه کافی و مناسب نقش مهمی در پیشگیری و درمان داشته و موجب حفظ قدرت و سلامت استخوانها می‌شود و برای دستیابی به استخوان سالم و مقاوم نیاز به یک رژیم غذایی متعادل جهت حفظ سلامت

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 و ۵۰-۴۰٪ زنان در

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

مقاومت و وضعیت بهتر این بافت حیاتی و ارتقاء استحکام آن پرداخته شود.

### مواد و روشها

در این مطالعه مداخله‌ای- تجربی، موش‌های صحرایی نر (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 برای رت‌ها طراحی شد. رت‌ها به ۷ گروه ۸ تایی تقسیم بندی شدند و وزن بدن آنها در هر گروه اندازه گیری و ثبت گردید.

برای تغذیه روزانه از غذای پلت ساخت شرکت خوراک دام پارس (سهامی عام) - تهران استفاده شد. توسط شرکت مذکور، مقدار کلسیم ۶۵۰ mg و ویتامین D<sub>3</sub>، IU ۸۰ در ۱۰۰ گرم ماده غذایی ذکر شده است. میزان عنصر بورون به دلیل عدم اندازه گیری در ایران گزارش نمی شود ولی در غذای پلت خارجی مقدار جزئی بورون اندازه گیری شده به میزان  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ۷۰ گزارش شده است (۱۰).

برای مکمل سازی غذای رت‌ها با کلسیم و ویتامین D از قرص‌های کربنات کلسیم + ویتامین D<sub>3</sub> (ساخت شرکت دارو پخش- تهران؛ هر عدد قرص حاوی ۵۰۰ mg کلسیم و IU ۲۰۰ ویتامین D<sub>3</sub>)، بورون از پودر اسید بوریک (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) با وزن مولکولی ۶۱/۸ (ساخت شرکت مرک - آلمان) و اسیدهای چرب مورد نظر به ترتیب از روغن کلزا (به عنوان منبع غنی اسیدهای چرب غیر اشباع مونو حاوی امگا ۳) [روغن کلزا ورامین، ساخت شرکت روغن گشی خرمشهر- تهران]، روغن آفتابگردان (به عنوان منبع اسیدهای چرب غیر اشباع پلی حاوی امگا۶) [روغن آفتابگردان ورامین، ساخت شرکت روغن گشی خرمشهر- تهران] و روغن نارگیل (به عنوان منبع غنی اسیدهای چرب اشباع) [روغن نارگیل (pure white coconut) oil با پرچسب Ceylon Big Coconuts (C.B.C.) ساخت شرکت Sime Darby Edible کشور سنگاپور] استفاده شد.

مقدار روغن اضافه شده به پلت‌ها به میزان ۵ درصد وزن غذای مصرفی در روز و دوز مصرفی کلسیم به صورت روزانه ۲۱۰ mg (۱۱۰ mg) از طریق غذای عادی و ۱۰۰ mg از طریق مکمل سازی آب، ویتامین D به میزان ۵۵ IU (۴۰ IU) از طریق مکمل سازی آب و ۱۵ IU از طریق غذای عادی) و بورون به میزان ۱ mg از طریق مکمل سازی آب به ازای هر رت در روز تنظیم شد.

استخوان است (۲). با وجود اینکه از کلسیم، فسفر و ویتامین D به عنوان اجزای اصلی مینرالیزاسیون استخوان نام برده 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 باعث مهار تشکیل استخوان در حیوان می شود (۳).

بورون یک ماده مغذی ضروری برای گیاهان می‌باشد و به عنوان یک عنصر با مقادیر بسیار ناچیز برای سلامت رت‌ها نیز ضروری است. احتمالاً بورون برای سایر پستانداران نیز ضروری می‌باشد. هیچگونه سندرم ناشی از کمبود بورون در انسان توصیف نشده است. مقادیر بسیار کمی از بورون در رژیم غذایی وجود دارد و همین مقدار کم در رژیم دارای نقش 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 پلازما 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 می‌کند که نیاز به بررسی بیشتری دارد (۵).

ورزش و تغذیه صحیح برای رشد سالم استخوان در تمام مراحل زندگی نقش حیاتی دارند. از جمله عوامل خطر ابتلا به پوکی استخوان محدود کردن فعالیت ورزشی، جنسیت و عوامل رژیمی می‌باشد. بی تحرکی در درجات متفاوت، به عنوان عاملی جهت کاهش توده استخوانی در نظر گرفته می- شود. کاهش فعالیت ورزشی و هم چنین عدم تحرک در طول زندگی، به طور معنی داری باعث کاهش توده استخوانی می- شود، به عبارت دیگر تأثیر این عدم تحرک افزایش ناکافی ذخیره توده استخوانی است (۶).

انجام فعالیت فیزیکی توام با تحمل وزن و مصرف اسیدهای چرب (امگا ۳ و ۶) وضعیت تراکم استخوان را بهبود می بخشد (۷، ۸). امروزه از ویراسیون کل بدن ( Whole Body Vibration) به عنوان یک روش درمانی برای افزایش موضعی در توده استخوانی و دانسیته استخوانی استفاده می‌شود (۹). بافت استخوان یک منبع مهم ذخیره نمک‌های کلسیم و تولید کننده سلول‌های خونی است و تغییر در شکل و ساختمان استخوان به جذب و آزادسازی ماده استخوانی بستگی دارد. عوامل کنترل کننده تحت تأثیر فعالیت انواع سلول‌ها و هورمون‌های متابولیکی می‌باشند (۲).

لذا در این پژوهش سعی شد که به بررسی و ارتباط بین ساختار استخوان و عوامل مداخله‌گر مطرح فوق در ایجاد

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 mode 1 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) و 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 می شود.

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 اندازه گیری 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 ۱. 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'	" "
۱۰-۲۲ (۶ جلسه)	۳۰	۳*۱۰'	" "
۲۴	۴۵	۴*۱۰' و ۱*۵'	" "
۲۷-۴۶ (۹ جلسه)	۶۰	۶*۱۰'	۲ دقیقه
از روز ۴۹ تا پایان مطالعه (۱۰ جلسه)	۶۰	۶*۱۰'	" "

در ابتدا رت ها به مدت ۵ روز جهت تطبیق با سازگاری با شرایط محیط در قفس ها نگهداری شدند. شرایط اتاق دارای دمای ۲۰ تا ۲۲ درجه 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 با آغشته شده با روغن های مربوطه (کلزا، آفتابگردان، کلزا - آفتابگردان و نارگیل) در هر گروه در اختیار رت ها 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 قرار گرفت. با توجه به کنترل آب و غذای مصرفی، حیوانات از آب و غذای کافی بهره مند بودند.

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

گروه ۱ کنترل	گروه ۲	گروه ۳	گروه ۴	گروه ۵	گروه ۶	گروه ۷
Sp	SpM	Co	Af	AC	N	N
رژیم غذایی نرمال	رژیم غذایی نرمال	رژیم غذایی نرمال	رژیم غذایی نرمال	رژیم غذایی نرمال	رژیم غذایی نرمال	رژیم غذایی نرمال
+	+	+	+	فعالیت جسمانی	+	فعالیت جسمانی
فعالیت جسمانی	فعالیت جسمانی	فعالیت جسمانی	فعالیت جسمانی	فعالیت جسمانی	فعالیت جسمانی	فعالیت جسمانی
+	+	+	+	کلسیم	+	کلسیم
+	+	+	+	ویتامین D	+	ویتامین D
+	+	+	+	بورون	+	بورون
+	+	+	+	روغن کلزا و آفتابگردان	+	روغن نارگیل

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

N(7)	AC(6)	Af(5)	Co(4)	SpM(3)	Sp(2)	Control(1)	
۱۶/۷	۱۶/۳	۱۵/۵	۱۶/۶	۱۷/۸	۱۷/۸	۱۷/۱	دریافت غذا (g/d)
۱۶۰±۱۲	۱۵۵±۵	۱۵۲±۱۴	۱۵۱±۱۵	۱۴۳±۸	۱۴۹±۶	۱۴۵±۱۰	وزن بدن (gT) : روز اول
۲۵۳±۲۴	۲۴۳±۱۵	۲۲۷±۲۰	۲۴۰±۲۲	۲۲۰±۱۱	۲۴۲±۳۴	۲۲۹±۲۷	هفته چهارم
۳۰۴±۲۹	۲۹۳±۲۶	۲۷۲±۲۴	۲۹۶±۳۷	۲۸۵±۲۱	۳۰۶±۴۱	۲۸۰±۳۱	هفته هشتم
۱۴۴±۱۸	۱۳۷±۲۱	۱۲۰±۱۱	۱۴۵±۲۴	۱۴۲±۱۳	۱۵۷±۳۶	۱۳۵±۲۱	*تغییر در وزن بدن (gT)

\* تفاوت بین روز اول و هفته ۸

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

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

فراسنج‌های CT و PTH 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 ۳/۷۵ pg/ml و برای PTH ۳/۱٪ و ۶/۲ pg/ml مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

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

ساعت ناشتا انجام گرفت. با توجه به نوسان هورمون‌های استروئیدی مطابق با ریتم ساعات شبانه روز، این هورمون‌ها در رت‌ها در ساعت ۱۶-۱۴ در بالاترین سطح یا میزان شبانه روزی قرار دارند؛ لذا شروع خون‌گیری بطنی از گروه‌های مورد نظر در ساعات فوق انجام شد و پلاسما جمع‌آوری شده در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

با جدا سازی پلاسما سطوح فراسنج‌های 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 جمع‌آوری کامل داده‌های فراسنج‌های مورد مطالعه در تمامی گروه‌ها 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 اندازه‌گیری شد. ضریب پراکندگی آزمایش % (CVs) و حساسیت آزمون به ترتیب برای T ۵/۶٪ و ۰/۰۲۲ ng/ml، Free T ۶/۲٪ و ۰/۱۷ pg/ml، E2 ۴/۴٪ و ۱ pg/ml بود.

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

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

کنترل (۱)	Sp (۲)	SpM (۳)	
215 ± 19/5	214/7 ± 31/7	211/0 ± 24/8	Alp (U/L)
91/2 ± 18/9	107/9 ± 22/0*	106/7 ± 14/8	Vit D (nmol/L)
80/3 ± 11/5	81/0 ± 10/3	79/8 ± 10/8	CT (pg/ml)
36/0 ± 8/9	38/6 ± 5/5	39/2 ± 7/44	PTH (pg/ml)
1/84 ± 0/40	1/88 ± 0/63	1/83 ± 0/77	T (ng/ml)
0/44 ± 0/19	0/40 ± 0/17	0/38 ± 0/15	Free T (pg/ml)
8/35 ± 1/32	9/82 ± 2/22*	8/60 ± 0/90	E2 (pg/ml)

\* افزایش نزدیک به سطح معنی دار در مقایسه با کنترل: (P = 0/09, Vit D), (P = 0/07, E2).

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 استخوان های فمور، تی بیا و پنجمین مهره کمری گروه های کنترل و تجربی

استخوان	کنترل (۱)	Sp (۲)	SPM (۳)	فراسنج های مکانیکی بافت استخوان
فمور	76/2 ± 21/2	90/3 ± 21/6	87/5 ± 9/2	سفتی استخوان (N/mm)
تی بیا	26/9 ± 9/3	27/4 ± 7/6	30/6 ± 8/4	
مهره کمر	333/0 ± 98/0	305/6 ± 111/3	345/5 ± 91/5	حداکثر استحکام (N)
فمور	75/0 ± 13/4	83/7 ± 13/7	78/4 ± 6/7	
تی بیا	43/4 ± 11/4	49/5 ± 10/1	46/2 ± 7/0	
مهره کمر	256/4 ± 39/4	283/9 ± 47/8	257/4 ± 32/0	انرژی جذب شده تا نقطه حداکثر استحکام (N/mm)
فمور	47/3 ± 12/4	55/9 ± 8/5	49/9 ± 8/5	
تی بیا	37/7 ± 16/5	48/5 ± 11/5	43/6 ± 5/6	
مهره کمر	197/1 ± 64/4	214/1 ± 128/1	204/2 ± 57/9	تغییر شکل تا نقطه حداکثر استحکام (mm)
فمور	1/90 ± 0/47	2/13 ± 0/30	1/85 ± 0/28	
تی بیا	2/86 ± 0/53	2/91 ± 0/37	3/08 ± 0/44	
مهره کمر	1/83 ± 0/27	1/83 ± 0/63	1/83 ± 0/31	

### یافته ها

در جدول ۳ مقدار غذای مصرفی رت ها و میانگین و انحراف معیار وزن در روز اول، هفته چهارم و هفته هشتم و اختلاف در بین گروه ها 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 گروه ها مصرف کرده اند.

با توجه به ترکیبات و محتوی روغن ها، میزان اسیدهای چرب موجود در روغن های 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 گروه های روغنی مختلف

پارامترهای بررسی شده در استخوان ها 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 شاخص ها از روش آنالیز واریانس یک طرفه (One Way ANOVA) و با تست تکمیلی LSD برای آزمون مقایسه میانگین ها در بین گروه ها محاسبه گردید که برای انجام این موارد از نرم افزار PASW Statistics 18 استفاده شد.

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

متغیر	کنترل (۱)	Co (۴)	Af (۵)	AC (۶)	N (۷)
Alp (U/L)	215 ± 19/5	231/7 ± 34/8	232/0 ± 34/6	236/6 ± 29/5	242/4 ± 42/4
Vit D (nmol/L)	91/2 ± 18/9	108/2 ± 15/3*	109/0 ± 21/6*	106/7 ± 19/8	96/9 ± 21/9
CT (pg/ml)	80/3 ± 11/5	77/6 ± 9/7	79/8 ± 9/0	74/4 ± 13/1	76/3 ± 12/3
PTH (pg/ml)	36/0 ± 8/9	37/7 ± 5/4	34/3 ± 5/8	30/9 ± 15/0	34/7 ± 8/3
T (ng/ml)	1/84 ± 0/40	2/4 ± 0/58	1/85 ± 0/65	1/75 ± 0/51	2/14 ± 0/74*
Free T (pg/ml)	0/44 ± 0/19	0/42 ± 0/16	0/39 ± 0/16	0/43 ± 0/24	0/51 ± 0/26*
E2 (pg/ml)	8/35 ± 1/32	8/32 ± 1/47	8/7 ± 0/94	8/82 ± 0/99	10/01 ± 0/87†

\* ویتامین D، 16٪ افزایش؛ T، 14٪ افزایش؛ Free T، 14٪ افزایش در مقایسه با گروه کنترل؛ † افزایش معنی‌دار در مقایسه با گروه‌های دیگر (P ≤ 0/05)

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 استخوان	خواص مکانیکی بافت استخوان	کنترل (۱)	Co (۴)	Af (۵)	AC (۶)	N (۷)
سفتی استخوان (N/mm)	فمور	76/2 ± 21/3*	89/0 ± 14/5†	81/2 ± 6/9†	79/8 ± 14/3*	97/4 ± 6/4
	تی بیا	26/9 ± 9/3	30/9 ± 17/2	28/5 ± 6/4	34/26 ± 8/3†	34/5 ± 8/5†
	مهره کمر	333 ± 98	311/3 ± 74/7	423/5 ± 157/6	319/3 ± 84/8	397/0 ± 233/4
حداکثر استحکام (N)	فمور	75/0 ± 13/4*	78/4 ± 11/2	73/7 ± 6/7*	81/5 ± 8/3	85/7 ± 7/5
	تی بیا	43/4 ± 11/4	46/9 ± 8/4	43/7 ± 6/3	45/2 ± 7/4	48/7 ± 5/9
	مهره کمر	256/4 ± 39/4*	265/9 ± 30/2*	263/5 ± 29/8*	268/8 ± 42/3*	306/1 ± 49/9
انرژی جذب شده تا نقطه حداکثر استحکام (N/mm)	فمور	47/3 ± 12/4	46/6 ± 9/1	41/3 ± 10/1	45/3 ± 8/3	52/7 ± 10/0
	تی بیا	37/7 ± 16/5	44/4 ± 9/2	41/3 ± 10/1	38/2 ± 7/5	42/6 ± 9/3
	مهره کمر	197/1 ± 64/4	166/4 ± 51*	170/5 ± 34/9§	179/8 ± 72/3	227/7 ± 78/4
تغییر شکل تا نقطه حداکثر استحکام (mm)	فمور	1/90 ± 0/47	2/02 ± 0/20	2/12 ± 0/22	2/14 ± 0/28	1/93 ± 0/51
	تی بیا	2/86 ± 0/52	2/68 ± 0/27	2/72 ± 0/26	2/42 ± 0/17	2/52 ± 0/34
	مهره کمر	1/83 ± 0/27	1/74 ± 0/41	1/74 ± 0/40	1/71 ± 0/29	1/97 ± 0/51

\* اختلاف معنی‌دار با گروه ۷ (نارگیل)، † اختلاف نزدیک به سطح معنی‌دار با گروه کنترل (P < 0/06)، ‡ اختلاف نزدیک به سطح معنی‌دار با گروه کنترل (P < 0/06)، § اختلاف نزدیک به سطح معنی‌دار با گروه کنترل (P < 0/07)

به تنهایی و همراه با مصرف عناصر و ویتامین D در گروه‌های تجربی در مقایسه با گروه کنترل ارائه شده است. میانگین و انحراف معیار فراسنج‌های 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 = 0/09) و غلظت E2 در گروه (۲) Sp (P = 0/07) نسبت به گروه کنترل مشاهده شد.

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

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) استخوان‌های انتخابی (فمور، تی بیا و پنجمین مهره کمری) در گروه‌های تجربی و کنترل (شاهد) ارائه شده است.

الف- در جدول ۵ میانگین و انحراف معیار فراسنج‌های مورد مطالعه در گروه کنترل (۱) و گروه‌های تجربی ۲ و ۳ به منظور مطالعه تأثیر ورزش یا فعالیت فیزیکی منظم از نوع ویراسیون

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

تفاوت نزدیک به سطح معنی دار آماری در خواص مکانیکی استخوان تیبیا (انرژی جذب شده تا نقطه حداکثر استحکام) در گروه Sp ( $P = 0/09$ ) نسبت به گروه کنترل وجود داشت.

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

ب- در جدول ۷ میانگین، انحراف معیار فراسنج های مورد مطالعه در پلاسما، گروه های تجربی دریافت کننده عناصر و ویتامین D و دارای فعالیت ویراسیون تغذیه شده با روغن های افزوده شده به رژیم غذایی [N(۷)، AC(۶)، Af(۵)، Co(۴)] 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 گروه های تجربی زیر یکسان بوده است و براساس جدول ۷ تاثیر معنی داری بر فراسنج ها نداشته اند، لذا نتایج زیر به منظور نشان دادن تاثیر انواع روغن های مصرفی مقایسه و ارائه شده است.

تفاوت معنی دار آماری در غلظت E2 پلاسما، در گروه N نسبت به سایر گروه ها و نیز نسبت به گروه کنترل وجود دارد ( $P \leq 0/05$ ). تفاوت نزدیک به سطح معنی دار آماری در غلظت Vit D در گروه های Af ( $P = 0/08$ )، Co ( $P = 0/09$ ) نسبت به گروه های کنترل و N مشاهده شد. همچنین در غلظت T پلاسما، گروه Co و N نسبت به سایر گروه ها و Free T در گروه N نسبت به سایر گروه ها و نیز گروه کنترل افزایش غیر معنی دار وجود داشت.

جدول ۸ نشان می دهد که تفاوت معنی دار آماری در پارامترهای مربوط به مقاومت مکانیکی استخوان های فمور، تیبیا و پنجمین مهره کمری شامل سفتی استخوان فمور در گروه ۷ نسبت به گروه کنترل؛ گروه های 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 ( $P < 0/05$ ). همچنین تفاوت نزدیک به معنی دار آماری در پارامترهای سفتی استخوان فمور در گروه Co ( $P = 0/068$ ) نسبت به گروه کنترل، سفتی استخوان تی بیا در گروه های AC ( $P = 0/076$ ) و N ( $P = 0/067$ ) نسبت به گروه کنترل، انرژی جذب شده تا نقطه حداکثر استحکام

استخوان پنجمین مهره کمری در گروه Af ( $P = 0/075$ ) نسبت به گروه N دیده شد.

## بحث

مواد غذایی، به ویژه کلسیم، فسفر، ویتامین D و هورمون کافی (از جمله 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 شده اند، 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 داده های این پژوهش نشان داد که افزایش وزن در گروه ۲ (Sp) نسبت به گروه کنترل معنی دار است (جدول ۳) که این امر را می توان به دو دلیل نسبت داد: ۱- فعالیت فیزیکی می تواند باعث افزایش وزن (به صورت افزایش توده عضلانی) در گروه Sp شده باشد. ۲- فعالیت فیزیکی باعث افزایش مصرف غذا در گروه Sp (۱۷/۸ گرم) نسبت به گروه کنترل (۱۷/۱ گرم) شده باشد. در خصوص احتمال اول پیشنهاد می شود 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 تقریباً مانند سایر گروه ها است. در مطالعه ای 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 می تواند به این دلیل باشد که روغن آفتابگردان باعث کاهش وزن یا باعث کاهش اشتها در این گروه شده باشد. حتی مقایسه گروه ۵ ( $11 \pm 120$ ) با گروه کنترل ( $21 \pm 135$ ) و آفتاب- کلزا ( $21 \pm 137$ ) نشان می دهد که کاهش وزن در گروه ۵ مشهود است. بررسی غذای مصرفی

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  $\beta$ -oestradiol 17 می شود (۴، ۱۷) و با عنایت به اینکه در گروه کلزا بورون مصرف شده است، انتظار می رفت 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 می شود (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 معنی دار 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 درصدی 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 موش ها 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 معنی دار نبود. مطالعات مشابه نیز نتایج یافته های مشابه را تایید می کنند که از آن جمله می توان به مطالعه Yang و همکاران (۲۰۰۹) اشاره نمود که با مطالعه بر روی موش ها نشان دادند که پس از ۲۸ روز ویراسیون کامل بدن از دست دهی (اتلاف) دانسیته را در فمور و تیبیای موش ها 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 پژوهش ها 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 می یابد. همچنین این حقیقت به خوبی پذیرفته شده است که کلسیم بخشی از ترکیب مهم ساختمانی استخوان

در این گروه ها نشان می دهد که گروه آفتابگردان نسبت به گروه های کلزا، آفتاب-کلزا و نارگیل [ روغنی ها ] ۶٪ کمتر غذا مصرف کرده است (جدول ۳) و در مقایسه با گروه کنترل، SpM و Sp (غیر روغنی ها) گروه آفتابگردان ۱۲٪ کمتر غذا مصرف کرده است. در نتیجه می توان 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 روغن های گیاهی هیدروژنه و اشباع و غیر اشباع وزن بدن رت ها 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±۱۴) 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 (۱۵). مکانیسم عمل این افزایش صورت گرفته به این صورت است که در صورت مصرف روغن نارگیل احتمالا فعالیت آنزیم های اصلی درگیر در بیوسنتز تستوسترون اعم از ۳ بتا HSD و ۱۷ بتا HSD: هیدروکسی استروئید دهیدروژناز) افزایش می یابد، این آنزیم ها باعث افزایش تولید تستوسترون به وسیله سلول های لیدیک می شود (۱۶).

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

افزایش E2 در گروه Sp نسبت به گروه های کنترل و کلزا معنی دار است (جدول ۷) که احتمالا به دلیل نقش فعالیت جسمانی در این گروه (Sp) است. کاهش E2 در گروه کلزا



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 می شود که مطالعاتی با حجم بیشتر و دوره پیگیری طولانی تر به منظور تعیین اثرات مکمل سازی بورون با مقادیر مختلف کلسیم و ویتامین D و حتی با عناصر دیگری که در خواص بیومکانیکی استخوان موثر هستند، بر روی مدل های حیوانی نظیر موش انجام گیرد و در بررسی نتایج نیز از روش های 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 آزمایشی های پژوهشی بیشتر در ارتباط با تاثیر آن بر مقاومت واستحکام استخوان توصیه می شود.

سالم است. شواهدی وجود دارد که نشان می دهد مصرف بورون بر متابولیسم استخوان و خاکستر آن موثر است و گزارش شده مصرف این مکمل همراه با کلسیم و فسفر اثرات مطلوب تری بر جای می گذارد (۵). در مطالعه نقیئی و همکاران (۱۳۸۶) مکمل سازی 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 مکمل سازی کلسیم و ترکیب کلسیم و بورون مشهود بود و نشان داد ترکیب دو عنصر کلسیم و بورون اثر هم افزایی برای افزایش قدرت مکانیکی استخوان نداشته است (۲۰). Nielsen و همکاران (۱۹۸۷) گزارش کردند که مکمل سازی ۳ میلیگرم بورون به ازای هر کیلوگرم غذا در انسان باعث کاهش دفع کلسیم و فسفر ادراری می شود (۲۱). در این ارتباط، افزایش معنی دار غلظت هورمون های استروئیدی پلازما 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 مکمل سازی بورون با کلسیم و ویتامین D به همراه انجام فعالیت بدنی و ویراسیون

## REFERENCES

- Johnell O, Kanis J. Epidemiology of osteoporotic fractures. *Osteoporos Int* 2005; 16:S3-7.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Nielsen FH. Dietary fat composition modifies the effect of boron on bone characteristics and plasma lipids in rats. *Biofactors* 2004; 20:161-71.
- 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.
- 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.
- 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.

Archive of SID