

The Interaction Effect of Aerobic Training and Different Doses of Intramuscular Vitamin D on Body Weight, Visceral Fat and Food Intake in Female Wistar Rats

Rastegar Hoseini^{1*}, Arsalan Damirchi¹, Parvin Babaei²

1-Department of Sports Physiology, Guilan University, Rasht, Iran.

2- Department of Physiology, Guilan University, Rasht, Iran.

Received: 19 April 2015, Accepted: 10 May 2015

Abstract

Background: The effect of exercise training on body weight and visceral fat have been examined in several studies, whereas those of aerobic training along with the different dosages of intramuscular vitamin D on body weight, visceral fat and food intake are unknown. The main objective of the study was to assess the effect of aerobic training and different doses of intramuscular vitamin D on body weight, visceral fat and food intake in female Wistar rats.

Materials and Methods: In this experimental study, seventy-two female Wistar rats were divided into 9 with 8 rats in each group, one group: aerobic training (3 days/week for 8 weeks), three groups: aerobic training and vitamin D supplementation (in high, moderate and low doses), three groups: vitamin D supplementation (in high, moderate and low doses) and two control groups. One-way ANOVA and repeated measures ANOVA test were used to analyze the data.

Results: Results showed that body weight and visceral fat in aerobic training with high dose vitamin D supplementation group was significantly lower than other groups. Also, the mean food intake in three groups of (aerobic training with low dose vitamin D supplementation, low dose vitamin D supplementation and control) was significantly higher than other groups.

Conclusion: It seems that aerobic training with high dose vitamin D compared to using each of the strategies is more effective in decreasing body weight, visceral fat in female Wistar rats.

Keywords: Body weight, Exercise, Obesity, Vitamin D

*Corresponding Author:

Address: Department of Sports Physiology, Guilan University, Rasht, Iran.

Email: Rastegar.hoseini@gmail.com

اثر تعاملی تمرین هوازی و دوزهای مختلف ویتامین D تزریقی بر وزن بدن، چربی احشایی و دریافت غذا در موش‌های ماده نژاد ویستار

رستگار حسینی^{۱*}، ارسلان دمیرچی^۲، پروین بابایی^۳

۱- دانشجوی دکتری تخصصی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۲- دانشیار، عضو هیئت علمی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۳- استاد، عضو هیئت علمی گروه فیزیولوژی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۲۰

چکیده

زمینه و هدف: تاثیر تمرین‌های ورزشی بر وزن بدن و چربی احشایی در مطالعات متعدد بررسی شده، اما اثر تمرین هوازی همراه با دوزهای مختلف ویتامین D تزریقی بر وزن بدن، چربی احشایی و دریافت غذا نامعلوم است. هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر تمرین هوازی و دوزهای مختلف ویتامین D تزریقی بر وزن بدن، چربی احشایی و دریافت غذا در موش‌های ماده نژاد ویستار می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تجربی، ۷۲ موش صحرایی ماده نژاد ویستار به ۹ گروه ۸ تایی شامل یک گروه تمرین هوازی (۳ روز در هفته به مدت ۸ هفته)؛ سه گروه تمرین هوازی و مکمل دهی ویتامین D (با دوز بالا، متوسط و پایین)، سه گروه مکمل دهی ویتامین D (با دوز بالا، متوسط و پایین) و دو گروه شاهد تقسیم شدند. از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که وزن بدن و چربی احشایی در گروه تمرین هوازی با مکمل دهی ویتامین D با دوز بالا نسبت به سایر گروه‌ها پایین‌تر است. همچنین میانگین دریافت غذای گروه تمرین هوازی با مکمل دهی ویتامین D با دوز پایین، گروه مکمل دهی ویتامین D با دوز پایین و گروه کنترل نسبت به سایر گروه‌ها به طور معنی‌داری بالاتر بود.

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد تمرین هوازی همراه با مکمل دهی ویتامین D با دوز بالا، نسبت به استفاده از هر یک از این استراتژی‌ها به تنهایی، روش مطلوب‌تری در راستای کاهش وزن و چربی احشایی موش‌های ماده نژاد ویستار می‌باشد.

واژگان کلیدی: وزن بدن، ورزش، چاقی، ویتامین D

* نویسنده مسئول: رشت، دانشگاه گیلان، گروه فیزیولوژی ورزشی

Email: Rastegar.hoseini@gmail.com

مقدمه

اضافه وزن و چاقی یک مشکل سلامت عمومی است که موجب نگرانی زیادی در سراسر جهان شده است. براساس آمار سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۱۵ در سراسر جهان حدود ۲/۳ میلیارد نفر از افراد دارای ۱۵ سال یا بیشتر دچار اضافه وزن خواهند بود و بیش از ۷۰۰ میلیون فرد چاق در جهان وجود خواهند داشت (۱). نتایج مطالعات نشان می‌دهند که در افراد مبتلا به چاقی خطر بیماری‌های قلبی-عروقی، دیابت، بیماری عروق مغز و مرگ ناگهانی بالا است و مرگ و میر افراد را ۲۰ تا ۸۰ درصد افزایش می‌دهد (۲، ۳). از این رو، افزایش مطالعاتی که شیوع و پیش‌گیری از چاقی و بیماری‌های مرتبط با آن را دنبال می‌کنند، ضرورت و فهم عوامل مرتبط با کنترل وزن را روشن ساخته‌اند. تغییر سبک زندگی به سمت کاهش سطح فعالیت بدنی، مصرف سیگار و عادات غذایی نامناسب به ویژه رژیم‌های چرب و کربوهیدرات بالا ارتباط مستقیمی با اضافه وزن و چاقی دارد؛ به طوری که مصرف میوه‌جات، سبزیجات و لبنیات در کاهش خطر ابتلا به چاقی و بیماری‌های مرتبط با آن اهمیت دارد (۴). نتایج مطالعات نشان می‌دهند که کمبود ویتامین D با خطر گسترش دیابت نوع دو و بیماری‌های قلبی-عروقی همراه است، به طوری که در مطالعات فراتحلیلی گزارش شده است که افزایش سطوح سرمی ویتامین D با ۴۳ درصد کاهش اختلالات قلبی و متابولیکی همراه است (۵). هم‌چنین شواهد نشان می‌دهند که افراد چاق بیشتر در معرض کمبود ویتامین D قرار دارند، مکانیسم احتمالی آن، این است که ویتامین D محلول در چربی است و به مقدار زیاد در بافت چربی ذخیره می‌شود، از این رو مقادیر سرمی این ویتامین در افراد چاق پایین‌تر است (۶). علاوه بر این ویتامین D دو اثر مهم بر روی حساسیت انسولین دارد: (۱) نقش واسطه‌ای در متابولیسم کلسیم که در افزایش عملکرد ناقل‌های گلوکز موثر می‌باشد و (۲) تنظیم بیان ژن گیرنده انسولین که می‌تواند با مقاومت انسولین در ارتباط باشد (۷). بدین ترتیب اظهار شده است که ویتامین D نقش مهمی در پیش‌گیری و درمان عوارض چاقی و بیماری‌های مرتبط با آن دارد (۶، ۷). از سوی

دیگر، کمبود ویتامین D در جمعیت ایران یک مشکل جدی بهداشتی درمانی است، به طوری که ۸۱/۳ درصد جمعیت شهری ایران دچار کمبود ویتامین D هستند و این کمبود در بین زنان به مراتب بیشتر از مردان است (۸). در گذشته، مهم‌ترین دلیل چاقی و اضافه وزن را عادت‌های تغذیه‌ای نامناسب می‌دانستند، ولی شواهد اخیر نشان می‌دهند نداشتن فعالیت بدنی در مقایسه با تغذیه عامل مهم‌تری برای چاقی است (۹). هم‌چنین، نتایج مطالعات نشان داده‌اند که تمرینات هوازی یک راهکار قوی غیر دارویی در برابر چاقی و بیماری‌های مرتبط با چاقی است (۱۰، ۱۱). با وجود یافته‌های زیاد درباره‌ی اثر تمرین‌های ورزشی بر متابولیسم چربی در افراد سالم با وزن طبیعی، فواید بالقوه‌ی ورزش بر متابولیسم چربی در افراد چاق کمتر مورد توجه قرار گرفته است (۹، ۱۱). در همین راستا، نتایج مطالعات حاکی است که برنامه آمادگی جسمانی تأثیر قابل توجهی بر متابولیسم چربی افراد چاق دارد (۱۲، ۱۳).

به طور کلی، در حال حاضر توافق نظر کاملی در مورد تمرین هوازی و مکمل‌دهی ویتامین D وجود ندارد. هم‌چنین در هیچ پژوهشی اثر تمرین هوازی و دوزهای مختلف ویتامین D تزریقی بر ترکیب بدن براساس مدل حیوانی انجام نشده است. از این رو، هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر تمرین هوازی و دوزهای مختلف ویتامین D تزریقی بر وزن بدن، چربی احشایی و دریافت غذا در موش‌های ماده نژاد ویستار می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این مطالعه تجربی، ۷۲ موش صحرایی ۵ ماهه‌ی ماده از نژاد ویستار با میانگین وزنی ۲۴۰ تا ۲۵۰ گرم، به طور تصادفی به ۹ گروه ۸ تایی تقسیم شدند که عبارت بودند از: یک گروه تمرین هوازی (۳ روز در هفته به مدت هشت هفته)؛ سه گروه تمرین هوازی و مکمل‌دهی ویتامین D شامل گروه اول: تمرین هوازی و ویتامین D با دوز بالا (۱۰۰۰۰) واحد ویتامین D در هفته، گروه دوم: تمرین هوازی و ویتامین D با دوز متوسط (۱۰۰۰) واحد ویتامین D در هفته، گروه سوم: تمرین هوازی و ویتامین D

منظور تعیین مقادیر اولیه چربی احشایی (پیش آزمون) کشته شدند. ابتدا چربی احشایی گروه شاهد پس از بیهوشی برداشته و توزین شد (پیش آزمون). وزن بدن و چربی احشایی تمام گروه‌ها در پایان هشت هفته مورد بررسی قرار گرفت. آزمودنی‌های گروه تمرین هوازی و مکمل‌دهی ویتامین D با دوز بالا، متوسط و پایین و گروه تمرین هوازی، ۸ هفته فعالیت ورزشی روی تردمیل داشتند که برای هر هفته، ۳ جلسه تمرینی برنامه‌ریزی شده بود. هر جلسه تمرین شامل گرم کردن، تمرین کردن و سرد کردن بود. سرعت و مدت گرم کردن در طول ۸ هفته (۳ دقیقه با سرعت ۱۰ متر در دقیقه) بدین صورت بود: هفته‌های اول تا چهارم (۱۵ دقیقه با سرعت ۱۵ متر در دقیقه) و هفته‌های پنجم تا هشتم (۴۰ دقیقه با سرعت ۲۵ متر در دقیقه). برای سرد کردن در انتهای هر جلسه تمرینی نیز سرعت نوارگردان به طور معکوس کاهش می‌یافت تا به سرعت اولیه برسد. علاوه بر این، گروه‌های مکمل‌دهی ویتامین D با دوز بالا، متوسط و پایین در طی ۸ هفته برنامه تنها تزریق ویتامین D و گروه کنترل تزریق روغن ذرت را داشتند؛ لازم به ذکر است که کلیه نکات اخلاقی مربوط به نگهداری و کار با حیوانات در آزمایشگاه رعایت گردید و این شرایط طی مداخله حفظ شد (شماره مجوز کمیته اخلاق دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه گیلان: ۸۸۰۳۸/دت). به منظور ارزیابی و مقایسه میانگین وزن بدن و غذای دریافتی بین گروه‌ها از آزمون آنوای یک طرفه و برای مقایسه وزن بدن و غذای دریافتی هر گروه در طی ۸ هفته از آزمون اندازه‌گیری آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر استفاده شد و در صورت معناداری از آزمون تعقیبی توکی با استفاده از نرم افزار تحلیل آماری SAS نسخه ۹.۱ در سطح معنی‌داری $p < 0.05$ بهره گرفته شد.

یافته‌ها

برای تعیین معنی‌داری اختلاف بین میانگین گروه‌ها طی هفته‌های مختلف از تحلیل واریانس یک طرفه

با دوز پایین (۱۰۰ واحد ویتامین D در هفته)؛ سه گروه مکمل‌دهی ویتامین D شامل گروه اول: ویتامین D با دوز بالا (۱۰۰۰۰ واحد ویتامین D در هفته)، گروه دوم: ویتامین D با دوز متوسط (۱۰۰۰ واحد ویتامین D در هفته)، گروه سوم: ویتامین D با دوز پایین (۱۰۰ واحد ویتامین D در هفته) و دو گروه شاهد شامل گروه اول: در ابتدای برنامه کشته شدند و چربی احشایی برداشته و توزین شد (پیش آزمون)، گروه دوم: تزریق روغن ذرت به جای ویتامین D؛ رت‌ها به صورت گروه‌های ۴ تایی در قفس پلی کربنات شفاف و در محیطی با دمای 21 ± 3 درجه سانتی‌گراد، چرخه روشنایی- تاریکی ۱۲:۱۲ ساعت و رطوبت 50 ± 5 درصد در حیوان‌خانه دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه گیلان، نگهداری شدند. غذای آن‌ها به صورت پلت بود و با توجه به وزن کشتی هفتگی به میزان ۱۰ گرم به ازای هر ۱۰۰ گرم وزن بدن، به صورت روزانه در اختیار آن‌ها قرار می‌گرفت. هم‌چنین، آب مورد نیاز آن‌ها به صورت آزاد در بطری ۵۰۰ میلی‌لیتری ویژه حیوانات آزمایشگاهی در اختیارشان قرار داده می‌شد (۱۴). بلافاصله پس از ورود موش‌ها به محیط آزمایشگاه اشعه ماورای بنفش شامل نور فلورسنت حذف می‌شد. رژیم غذایی همه گروه‌ها به صورت مساوی با کالری یکسان از طریق نرم افزار تغذیه Kelpiesoft Food File تعیین می‌شد و تغییرات وزن پس از هر هفته یک‌بار ثبت می‌گردید (۱۵، ۱۶). در پژوهش حاضر، با توجه به وزن آزمودنی‌ها هر هفته یک بار مقدار غذای روزانه تعیین شد، سپس مقدار غذای مانده دوباره اندازه‌گیری شده و از مقدار اولیه کسر گردید. به این ترتیب، مقدار غذای مصرفی روزانه هر رت با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۱ گرم اندازه‌گیری شد. از آن جایی که غذاها به صورت خوراک آماده فشرده شده بودند، معمولاً هیچ زیر ریز یا دور ریزی مشاهده نشد و بنابراین اطمینان حاصل گردید که مقدار انرژی دریافتی به درستی اندازه‌گیری شده است. هم‌زمان با اندازه‌گیری وزن غذای دریافتی، وزن هر رت نیز به منظور بررسی تغییرات وزنی رت‌ها، هر هفته یک بار اندازه‌گیری شد. در ابتدای تحقیق، تعداد ۸ سر موش به صورت تصادفی انتخاب و به

مشترک بیان گر عدم اختلاف معنی دار بین میانگین گروه‌ها در طی ۸ هفته می‌باشد.

براساس نتایج ارائه شده در جدول ۱ می‌توان دریافت که تاثیر گروه‌ها یا تیمارها بر وزن بدن در کلیه هفته‌ها معنی دار بوده و نیز این تاثیر بر دریافت غذا در همه هفته‌ها به جز هفته اول از اهمیت معنی داری برخوردار بود. هم‌چنین، کاهش و افزایش معنی داری در وزن بدن و غذای دریافتی آزمودنی‌ها به ترتیب در گروه تمرین هوازی با مکمل دهی ویتامین D با دوز بالا و گروه مکمل دهی ویتامین D با دوز پایین نسبت به سایر گروه‌ها در پایان ۸ هفته مشاهده شد.

استفاده شد. جدول ۱ نتایج حاصل از تحلیل واریانس را نشان می‌دهد.

گروه اول: تمرین هوازی و دوز بالای ویتامین D؛ گروه دوم: تمرین هوازی و دوز متوسط ویتامین D؛ گروه سوم: تمرین هوازی و دوز پایین ویتامین D؛ گروه چهارم: دوز بالای ویتامین D؛ گروه پنجم: دوز متوسط ویتامین D؛ گروه ششم: دوز پایین ویتامین D؛ گروه هفتم: تمرین هوازی؛ گروه هشتم: کنترل.

از آزمون آنوای یک طرفه و آزمون تعقیبی توکی برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. حروف

جدول ۱. مقایسه میانگین وزن بدن و دریافت غذا در گروه‌ها در هفته‌های مختلف

مدت زمان	متغیرها	گروه‌ها							
		اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم
هفته اول	وزن بدن	۲۴۸/۳۱ ^a	۲۴۶/۶۸ ^{abc}	۲۴۶/۸۲ ^{abc}	۲۴۸/۵۷ ^a	۲۴۴/۴۶ ^c	۲۴۷/۸۱ ^{ab}	۲۴۵/۳۱ ^c	۲۴۵/۵۸ ^c
	دریافت غذا	۱۴/۳۳ ^a	۱۴/۳۰ ^a	۱۴/۳۴ ^a	۱۴/۳۵ ^a	۱۴/۳۱ ^a	۱۴/۳۱ ^a	۱۴/۳۶ ^a	۱۴/۳۵ ^a
هفته دوم	وزن بدن	۲۵۰/۲۶ ^{bc}	۲۵۰/۳۳ ^{bc}	۲۵۲/۰۸ ^{ab}	۲۴۹/۳۳ ^{bc}	۲۴۸/۸۸ ^c	۲۵۳/۵۶ ^a	۲۵۰/۱۸ ^{bc}	۲۴۸/۹۴ ^c
	دریافت غذا	۱۴/۳۱ ^b	۱۴/۳۳ ^{ab}	۱۴/۳۴ ^{ab}	۱۴/۳۶ ^a	۱۴/۳۳ ^{ab}	۱۴/۳۴ ^{ab}	۱۴/۳۶ ^a	۱۴/۳۵ ^a
هفته سوم	وزن بدن	۲۴۶/۹۹ ^c	۲۴۷/۵۸ ^{cde}	۲۵۴/۷۹ ^b	۲۴۵/۲۹ ^c	۲۴۹/۴۲ ^{cd}	۲۵۸/۰۷ ^a	۲۴۸/۸۲ ^{cd}	۲۴۹/۹۵ ^c
	دریافت غذا	۱۴/۲۴ ^d	۱۴/۲۶ ^d	۱۴/۲۹ ^{cd}	۱۴/۲۵ ^{cb}	۱۴/۳۶ ^b	۱۴/۶۱ ^a	۱۴/۳۴ ^{cb}	۱۴/۴۰ ^b
هفته چهارم	وزن بدن	۲۴۳/۹۴ ^d	۲۴۴/۹۵ ^d	۲۵۹/۵۵ ^b	۲۴۵/۰۶ ^d	۲۴۹/۵۲ ^c	۲۶۲/۶۲ ^a	۲۴۸/۳۹ ^c	۲۵۰/۳۶ ^c
	دریافت غذا	۱۴/۲۰ ^f	۱۴/۲۴ ^{ef}	۱۴/۲۷ ^{ed}	۱۴/۳۶ ^c	۱۴/۴۱ ^c	۱۴/۷۷ ^a	۱۴/۳۰ ^d	۱۴/۵۲ ^b
هفته پنجم	وزن بدن	۲۳۹/۷۱ ^g	۲۴۱/۱۵ ^{fg}	۲۶۲/۶۵ ^b	۲۴۳/۶۵ ^{ef}	۲۴۸/۷۷ ^d	۲۶۷/۰۹ ^a	۲۴۴/۴۷ ^e	۲۵۲/۸۰ ^c
	دریافت غذا	۱۴/۲۲ ^d	۱۴/۲۲ ^d	۱۴/۵۶ ^b	۱۴/۳۸ ^c	۱۴/۴۳ ^c	۱۵/۰۳ ^a	۱۴/۴۲ ^c	۱۴/۵۴ ^c
هفته ششم	وزن بدن	۲۳۷/۱۰ ^g	۲۴۰/۰۹ ^f	۲۶۲/۷۷ ^b	۲۴۲/۴۷ ^e	۲۴۶/۹۳ ^d	۲۷۱/۲۰ ^a	۲۴۳/۸۷ ^e	۲۵۷/۸۱ ^c
	دریافت غذا	۱۴/۲۴ ^e	۱۴/۲۶ ^e	۱۴/۶۸ ^b	۱۴/۴۷ ^d	۱۴/۵۳ ^d	۱۵/۱۱ ^a	۱۴/۴۶ ^d	۱۴/۶۰ ^c
هفته هفتم	وزن بدن	۲۳۶/۸۲ ^f	۲۳۸/۱۷ ^f	۲۶۴/۲۵ ^b	۲۴۱/۶۲ ^e	۲۴۴/۷۹ ^d	۲۷۳/۴۱ ^a	۲۴۲/۷۵ ^{ed}	۲۵۷/۹۹ ^c
	دریافت غذا	۱۴/۲۹ ^f	۱۴/۳۳ ^f	۱۴/۸۸ ^b	۱۴/۵۱ ^e	۱۴/۶۲ ^d	۱۵/۲۲ ^a	۱۴/۵۳ ^e	۱۴/۷۸ ^c
هفته هشتم	وزن بدن	۲۳۳/۴۴ ^g	۲۳۷/۲۰ ^f	۲۶۵/۱۳ ^b	۲۴۰/۷۲ ^e	۲۴۵/۳۷ ^d	۲۷۷/۶۹ ^a	۲۴۲/۲۳ ^e	۲۵۹/۲۶ ^c
	دریافت غذا	۱۴/۳۳ ^d	۱۴/۳۵ ^f	۱۵/۰۱ ^b	۱۴/۵۴ ^e	۱۴/۷۴ ^d	۱۵/۳۳ ^a	۱۴/۵۵ ^e	۱۴/۸۷ ^c

شد. حروف مشترک بیان گر عدم اختلاف معنی دار بین میانگین گروه‌ها در طی ۸ هفته می‌باشد.

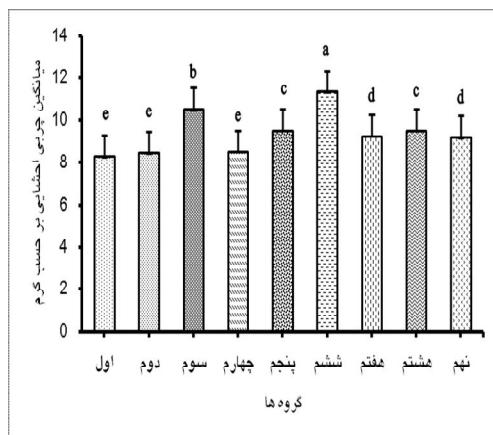
نتایج ارائه شده در جدول ۲ نشان می‌دهند که تاثیر گروه‌های مختلف بر وزن بدن و دریافت غذا با گذشت زمان معنی دار بوده است، به طوری که در گروه‌های اول و دوم با گذشت زمان، میزان وزن بدن به طور معنی داری کاهش یافت، ولی میزان وزن بدن و دریافت غذا در گروه سوم، ششم و هشتم افزایش معنی داری را نشان داد.

گروه اول: تمرین هوازی و دوز بالای ویتامین D؛ گروه دوم: تمرین هوازی و دوز متوسط ویتامین D؛ گروه سوم: تمرین هوازی و دوز پایین ویتامین D؛ گروه چهارم: دوز بالای ویتامین D؛ گروه پنجم: دوز متوسط ویتامین D؛ گروه ششم: دوز پایین ویتامین D؛ گروه هفتم: تمرین هوازی؛ گروه هشتم: کنترل.

از آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر و آزمون تعقیبی توکی برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده

جدول ۲. مقایسه میانگین وزن بدن و دریافت غذا در گروه‌ها در طی ۸ هفته

مدت زمان	متغیرها	هفته							
		اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم
گروه اول	وزن بدن	۲۴۸/۳۱ ^{ab}	۲۵۰/۲۶ ^a	۲۴۶/۹۹ ^b	۲۴۳/۹۴ ^c	۲۳۹/۷۱ ^d	۲۳۷/۱۰ ^e	۲۳۶/۸۲ ^c	۲۳۳/۴۴ ^f
	دریافت غذا	۱۴/۳۳ ^a	۱۴/۳۱ ^{ab}	۱۴/۲۴ ^c	۱۴/۲۰ ^c	۱۴/۲۲ ^c	۱۴/۲۴ ^c	۱۴/۲۹ ^b	۱۴/۳۳ ^{ab}
گروه دوم	وزن بدن	۲۴۶/۶۷ ^{cb}	۲۵۰/۳۳ ^a	۲۴۷/۵۸ ^b	۲۴۴/۹۵ ^c	۲۴۱/۱۵ ^d	۲۴۰/۰۹ ^{ed}	۲۳۸/۱۷ ^{ef}	۲۳۷/۲۰ ^f
	دریافت غذا	۱۴/۳۰ ^a	۱۴/۳۳ ^{ab}	۱۴/۲۶ ^{cd}	۱۴/۲۴ ^d	۱۴/۲۲ ^d	۱۴/۲۶ ^{cd}	۱۴/۳۳ ^{ab}	۱۴/۳۵ ^a
گروه سوم	وزن بدن	۲۴۶/۸۲ ^e	۲۵۲/۰۸ ^d	۲۵۴/۷۹ ^c	۲۵۹/۵۵ ^b	۲۶۲/۶۵ ^a	۲۶۳/۷۷ ^a	۲۶۴/۲۵ ^a	۲۶۵/۱۳ ^a
	دریافت غذا	۱۴/۳۴ ^e	۱۴/۳۴ ^e	۱۴/۲۹ ^{ef}	۱۴/۲۷ ^f	۱۴/۵۶ ^d	۱۴/۶۸ ^c	۱۴/۸۸ ^b	۱۵/۰۱ ^a
گروه چهارم	وزن بدن	۲۴۸/۵۷ ^a	۲۴۹/۳۴ ^a	۲۴۵/۲۹ ^b	۲۴۵/۰۶ ^b	۲۴۳/۶۵ ^{cb}	۲۴۲/۴۷ ^{cd}	۲۴۱/۶۲ ^{cd}	۲۴۰/۷۲ ^d
	دریافت غذا	۱۴/۳۵ ^c	۱۴/۳۶ ^c	۱۴/۳۵ ^c	۱۴/۳۶ ^c	۱۴/۳۸ ^c	۱۴/۴۷ ^b	۱۴/۵۱ ^{ab}	۱۴/۵۴ ^a
گروه پنجم	وزن بدن	۲۴۴/۴۶ ^b	۲۴۸/۷۷ ^a	۲۴۹/۴۲ ^a	۲۴۹/۵۲ ^a	۲۴۸/۷۷ ^a	۲۴۶/۹۳ ^{ab}	۲۴۴/۷۹ ^b	۲۴۳/۲۳ ^c
	دریافت غذا	۱۴/۳۱ ^f	۱۴/۳۳ ^f	۱۴/۳۶ ^{ef}	۱۴/۴۱ ^{ed}	۱۴/۴۳ ^d	۱۴/۵۳ ^c	۱۴/۶۲ ^b	۱۴/۷۴ ^a
گروه ششم	وزن بدن	۲۴۷/۸۱ ^g	۲۵۳/۵۶ ^f	۲۵۸/۰۷ ^e	۲۶۲/۶۲ ^d	۲۶۷/۰۹ ^c	۲۷۱/۲۰ ^b	۲۷۳/۴۱ ^b	۲۷۷/۶۹ ^a
	دریافت غذا	۱۴/۳۱ ^f	۱۴/۳۴ ^f	۱۴/۳۱ ^e	۱۴/۳۷ ^d	۱۵/۰۳ ^c	۱۵/۱۱ ^c	۱۵/۲۲ ^b	۱۵/۳۳ ^a
گروه هفتم	وزن بدن	۲۴۵/۳۱ ^b	۲۵۰/۱۸ ^a	۲۴۸/۸۲ ^a	۲۴۸/۳۹ ^a	۲۴۴/۴۷ ^{cb}	۲۴۳/۸۷ ^{cb}	۲۴۲/۷۵ ^c	۲۴۲/۲۳ ^c
	دریافت غذا	۱۴/۳۶ ^d	۱۴/۳۶ ^d	۱۴/۳۴ ^{ed}	۱۴/۳۰ ^e	۱۴/۴۲ ^c	۱۴/۴۶ ^b	۱۴/۵۱ ^a	۱۴/۵۵ ^a
گروه هشتم	وزن بدن	۲۴۵/۵۸ ^d	۲۴۸/۹۴ ^c	۲۴۹/۹۵ ^c	۲۵۰/۳۶ ^c	۲۵۳/۸۰ ^b	۲۵۷/۸۱ ^a	۲۵۷/۹۹ ^a	۲۵۹/۲۶ ^a
	دریافت غذا	۱۴/۳۵ ^e	۱۴/۳۵ ^e	۱۴/۴۰ ^e	۱۴/۵۲ ^d	۱۴/۵۴ ^d	۱۴/۶۰ ^c	۱۴/۷۸ ^b	۱۴/۸۷ ^a



شکل ۱. مقایسه میانگین گروه‌های مختلف براساس چربی احشایی

گروه اول: تمرین هوازی و دوز بالای ویتامین D؛
گروه دوم: تمرین هوازی و دوز متوسط ویتامین D؛ گروه سوم: تمرین هوازی و دوز پایین ویتامین D؛ گروه چهارم: دوز بالای ویتامین D؛ گروه پنجم: دوز متوسط ویتامین D؛ گروه ششم: دوز پایین ویتامین D؛ گروه هفتم: تمرین هوازی؛ گروه هشتم: کنترل؛ گروه نهم: کنترل اولیه.
از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه و آزمون تعقیبی توکی برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین گروه‌ها در طی ۸ هفته می‌باشد.

همان‌طور که نتایج شکل ۱ نشان می‌دهد، چربی احشایی در گروه تمرین هوازی با مکمل‌دهی ویتامین D با دوز بالا (۱۰۰۰۰ واحد در هفته)، متوسط (۱۰۰۰ واحد در هفته) و مکمل‌دهی ویتامین D با دوز بالا (۱۰۰۰۰ واحد در هفته) نسبت به سایر گروه‌ها به طور معنی‌داری پایین‌تر بود ($p=0/001$). هم‌چنین این نتایج نشان می‌دهند که مکمل‌دهی ویتامین D با دوز پایین (۱۰۰ واحد در هفته) باعث افزایش معنی‌دار چربی احشایی شده است.

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تمرین هوازی به همراه مکمل‌دهی ویتامین D با دوز بالا (۱۰۰۰۰ واحد در هفته) و مکمل‌دهی ویتامین D با دوز پایین (۱۰۰ واحد در هفته) به ترتیب موجب کاهش و افزایش معنی‌داری در وزن بدن نسبت به سایر گروه‌ها در پایان ۸ هفته می‌گردد. این یافته‌ها نشان می‌دهند که برنامه تمرین هوازی همراه با مکمل‌دهی ویتامین D تاثیر کاراتری بر کاهش وزن بدن دارد. شواهد مربوط به اثرات فعالیت بدنی در درمان و

انسولین از سلول‌های بتای پانکراس به غلظت کلسیم داخل سلولی بستگی دارد. به همین دلیل نتایج مطالعات نشان داده‌اند که هیپوویتامینوز D می‌تواند عملکرد انسولین، متابولیسم گلوکز و سایر فرآیندهای متابولیک در بافت چربی را مختل کند (۲۲). براساس نتایج مطالعات، چربی احشایی عامل خطر ساز برای توسعه مقاومت به انسولین، دیابت نوع ۲ و بیماری قلبی-عروقی در بزرگسالان می‌باشد (۳، ۹). بنابراین، شناسایی برنامه‌های مداخله‌ای برای کاهش سریع‌تر این ذخایر اهمیت دارد و تاثیر نوع برنامه مداخله‌ای بر کاهش چربی احشایی در برنامه کاهش وزن، همواره یکی از موضوعات قابل بحث است. در حالی که برخی از مطالعات نوع برنامه مداخله‌ای برای کاهش وزن (از قبیل کاهش کالری، ورزش، درمان دارویی) را در میزان کاهش چربی احشایی موثر نمی‌دانند (۲۳، ۲۴). برخی دیگر معتقدند میزان متفاوت کاهش چربی احشایی در مطالعات با نوع برنامه مداخله‌ای ارتباط دارد. گولیسچ و همکاران تاثیر تمرین ورزشی بر چربی احشایی و زیر جلدی در رت‌ها را بررسی نمودند و نشان دادند که علاوه بر کاهش وزن در رت‌های گروه تمرین و تغییر در چندین سایتوکاین مترشحه از بافت چربی، تمرین ورزشی از اثرات آسیب رسان رژیم غذایی پر چرب هم‌چون افزایش حجم سلول‌های چربی و تعداد سلول‌های چربی جلوگیری می‌کند (۲۵). پاتریس و همکاران تاثیر تمرین ۳ تا ۱۳ هفته‌ای در رت‌ها را بررسی نمودند و نشان دادند که حتی ۳ هفته تمرین نیز می‌تواند از اثرات ناشی از رژیم غذایی پر چرب بر وزن رت‌ها پیش‌گیری نماید (۲۶). مطالعات کمی تاثیر تعاملی تمرین هوازی و ویتامین D را با دوزهای مختلف براساس مدل حیوانی بررسی کرده‌اند. براساس نتایج مطالعه حاضر، هنگامی که تمرین هوازی به عنوان بخشی از برنامه مداخله‌ای برای کاهش وزن در نظر گرفته شود، کاهش اندک وزن با تغییرات معنی‌دار بافت چربی احشایی همراه می‌گردد. در مطالعه حاضر، کاهش بیشتر چربی احشایی بر اثر تمرین هوازی و مکمل‌دهی ویتامین D با دوز بالا نسبت به سایر مداخلات به دلیل حساسیت بالاتر آدیپوسیت‌های

پیش‌گیری از چاقی به طور عمده منوط به بررسی‌های همه‌گیر شناسی است که پژوهش‌های مداخله‌ای اندکی در این زمینه صورت گرفته است. به هر حال دانسته‌های ما در مورد اثرات تعاملی تمرین هوازی و مکمل‌دهی ویتامین D با دوزهای مختلف بر روی موش‌های صحرایی ماده محدود است. با توجه به این که چاقی و کم‌حرکی از عوامل تعیین‌کننده ایجاد مقاومت به انسولین می‌باشند، کاهش وزن، ممکن است سبب بهبود مقاومت به انسولین شود (۱۷). دوپریز و همکاران گزارش کردند که ۱۰ هفته تمرین هوازی با بهبود عوامل خطرزای قلبی-عروقی از جمله بهبود مقاومت به انسولین و کاهش وزن بدن همراه است (۱۸). نتایج مطالعات دیگر نشان می‌دهند که کمبود ویتامین D در گردش خون با شیوع دیابت، اختلال تحمل گلوکز و سندروم متابولیک مرتبط است (۱۹، ۲۰). ورستمن و همکاران برای اولین بار نشان دادند که ارتباط معکوسی بین چاقی و ویتامین D وجود دارد (۶). اسکراگ و همکاران بیان کردند که افزایش سطح سرمی ۲۵ هیدروکسی ویتامین D در افراد چاق به طور معنی‌داری کمتر از افراد غیر چاق است (۲۱). نتایج مطالعه حاضر نیز نشان داد که تمرین هوازی باعث کاهش وزن بدن آزمودنی‌ها می‌گردد، اما زمانی که تمرین هوازی با مکمل‌دهی ویتامین D با دوز بالا همراه می‌شود، وزن بدن بیشتر کاهش می‌یابد. احتمالاً ویتامین D پس از سنتز و ورود به جریان خون در توده چربی بدن ذخیره شده و به دنبال آن رهاسازی آهسته این ویتامین از بافت چربی صورت می‌گیرد. از دیگر مکانیسم‌های مرتبط با چاقی شکمی و سطوح پایین ویتامین D می‌توان به این مورد اشاره کرد که ویتامین D محلول در چربی است، عمدتاً در نواحی وسیع چربی بدن ذخیره می‌شود و هیپوویتامینوز D (کاهش ویتامین D) به افزایش هورمون پاراتیروئید (PTH) می‌انجامد که این خود افزایش Ca^{++} درون سلولی را در پی دارد، این افزایش Ca^{++} درون سلولی به نوبه خود گیرنده‌های انسولین را در بافت‌های هدف مهار می‌کند و کانال Glut-4 (گذرگاه و جابه‌جاگر مهم و اصلی گلوکز در عضلات و بافت چربی) را می‌بندد. از سوی دیگر، ترشح

و شیب نوارگردان به مقدار کم به منظور اعمال بار بیشتر از هفته چهارم به بعد است. هم‌چنین یک مدل پیشنهادی در رابطه با ارتباط بین کمبود ویتامین D و دریافت غذای بیشتر این است که کاهش غلظت جریان کلسی دیول در هیپوتالاموس، سبب القا افزایش نقطه تنظیم وزن بدن می‌گردد. از سوی دیگر اشتها افزایش یافته و انرژی مصرفی از طریق فعال‌سازی مدار نوروئی Ag/RP/NPY و مهار POMC/CART کاهش می‌یابد (۲۴، ۲۷). از نکات قوت مطالعه‌ی ما بررسی تاثیر تعاملی تمرین هوازی و دوزهای مختلف ویتامین D، استفاده از مدل حیوانی جهت کنترل دقیق نور خورشید، رژیم‌های غذایی و برنامه تمرینی است که در مطالعات قبلی به آن‌ها پرداخته نشده است. از محدودیت‌های مطالعه‌ی ما می‌توان به عدم تعیین فازهای مختلف سیکل استروس رت‌ها و عدم اندازه‌گیری ویتامین D در ویال‌های حاوی ویتامین D اشاره کرد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که انجام تمرین هوازی با مکمل‌دهی ویتامین D با کاهش وزن بدن و چربی احشایی در رت‌های چاق و دارای اضافه وزن همراه است و نتایج مطالعه حیوانی حاضر می‌تواند راه‌گشای مطالعات انسانی بعدی در این زمینه باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله قسمتی از روش‌ها و اطلاعات رساله دوره دکتری آقای حسینی است که با تصویب و حمایت مالی و پشتیبانی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه گیلان و دانشکده علوم پزشکی دانشگاه گیلان به سرپرستی جناب آقای دکتر ارسلان دمیرچی و سرکار خانم دکتر پروین بابایی اجرا شده است. بدین‌وسیله از سرکار خانم قربانی، سرکار خانم زهرا حسینی و جناب آقای هیوا احمد که ما را در جریان این تحقیق یاری نمودند، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

احشایی، روند لیپولیتیکی را در پاسخ به کاتکولامین‌ها تحریک می‌کند (۲۵، ۲۶). علاوه بر این، تمرین هوازی و مکمل‌دهی ویتامین D با دوز بالا احتمالاً تاثیر مستقیمی بر حساسیت به انسولین و عملکرد سلول‌های بتا دارد. از این رو، تمرین هوازی و مکمل‌دهی ویتامین D با دوز بالا به عنوان برنامه مداخله‌ای اثرگذار بر چربی احشایی و حساسیت به انسولین افراد چاق و دارای اضافه وزن پیشنهاد می‌گردد.

هم‌چنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد که دریافت غذا در گروه تمرین هوازی با مکمل‌دهی ویتامین D با دوز بالا در پایان ۸ هفته به طور معنی‌داری پایین‌تر از سایر گروه‌ها بود. مطابق مطالعات قبلی که در این زمینه، صورت گرفته رت‌هایی که فعالیت دویدن روی چرخ‌گردان را داشتند، در مقایسه با گروه‌های بی‌تحرك کاهش معنی‌داری در اشتها، دریافت غذا و وزن بدن نشان دادند (۲۷، ۲۸). بلوندل و همکاران، در مطالعه‌ای مروری گزارش کردند که تنها ۱۹ درصد از مطالعات به افزایش دریافت انرژی پس از ورزش اشاره کردند و ۶۵ درصد هیچ تغییری را نشان ندادند (۲۹). نتایج پژوهش حاضر نیز نشان داد (جدول ۱) که در کل دوره تمرین و مکمل‌دهی ویتامین D، دریافت غذا در گروه تمرین هوازی با مکمل‌دهی ویتامین D با دوز بالا و متوسط از هفته چهارم به بعد به طور معنی‌داری پایین‌تر از سایر گروه‌ها بود. هم‌چنین نتایج جدول ۲ نشان داد که دریافت غذا در گروه‌های تمرین هوازی و مکمل‌دهی ویتامین با دوز بالا، متوسط و پایین و گروه تمرین هوازی در هفته‌های سوم و چهارم نسبت به هفته‌های قبل کاهش معنی‌داری داشت و در هفته‌های بعد دریافت غذا به تدریج افزایش پیدا کرد. تمرین هوازی به مدت هشت هفته نه تنها انرژی دریافتی را افزایش نداد، بلکه در بعضی از زمان‌ها مانند هفته سوم و چهارم انرژی دریافتی کاهش یافت که شاید ناشی از سرکوب موقت اشتها پس از تمرین باشد (۳۰). بعد از هفته چهارم غذای دریافتی در گروه تمرین هوازی با مکمل‌دهی ویتامین D با دوز بالا و متوسط به تدریج شروع به افزایش نمود که احتمالاً به خاطر سازگاری به تمرین، کاهش اثرات ناشی از تمرین هوازی و افزایش شدت تمرین

منابع

1. Shamseddeen H, Getty JZ, Hamdallah IN, Ali MR. Epidemiology and economic impact of obesity and type 2 diabetes. *Surgical Clinics of North America*. 2011;91(6):1163-72.
2. Slevin E, Truesdale Kennedy M, McConkey R, Livingstone B, Fleming P. Obesity and overweight in intellectual and non-intellectually disabled children. *Journal of Intellectual Disability Research*. 2014; 58(3): 211-20.
3. Talaei A, Mohamadi kelishadi M, Adgi Z. The evaluation of the effect of vitamin D on insulin resistance in type II diabetic patients. *Arak University of Medical Sciences Journal*. 2011; 14 (5) :79-84.[persian]
4. Bian S, Gao Y, Zhang M, Wang X, Liu W, Zhang D, et al. Dietary nutrient intake and metabolic syndrome risk in Chinese adults: a case-control study. *Nutr J*. 2013;12(1):106-11.
5. Brenner DR, Arora P, Garcia-Bailo B, Wolever TM, Morrison H, El-Sohemy A, et al. Plasma vitamin D levels and risk of metabolic syndrome in Canadians. *Clinical & Investigative Medicine*. 2011;34(6):377-84.
6. Moaya M, Ziaei S. Effect of tibolone and hormone therapy on body composition and fat distribution in postmenopausal women. *Arak Medical University Journal*. 2012;15(3):49-57.
7. Ozfirat Z, Chowdhury TA. Vitamin D deficiency and type 2 diabetes. *Postgraduate Medical Journal*. 2010;86(1011):18-25.
8. Hashemipour S, Larijani B, Adibi H, Javadi E, Sedaghat M, Pajouhi M, et al. Vitamin D deficiency and causative factors in the population of Tehran. *BMC Public health*. 2004; 4(1): 38-9.
9. Mohammadian S, Mortezaazadeh R, Zaeri H, Vakili MA. Relationship between 25-hydroxy vitamin-D and obesity in 2-7 years old children referred to a paediatric hospital in Iran. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*. 2014; 8(9):PC06.
10. Botezelli JD, Cambri LT, Ghezzi AC, Dalia RA, Scariot PP, Ribeiro C, et al. Different exercise protocols improve metabolic syndrome markers, tissue triglycerides content and antioxidant status in rats. *Diabetol Metab Syndr*. 2011; 3(35):1-8.
11. Bahrami A, Saremi A. Effect of caloric restriction with or without aerobic training on body composition, blood lipid profile, insulin resistance, and inflammatory marker in middle-age obese/overweight men. *Arak Medical University Journal*. 2011;14(3):11-9.
12. Lopez HL, Ziegenfuss TN, Hofheins JE, Habowski SM, Arent SM, Weir JP, et al. Eight weeks of supplementation with a multi-ingredient weight loss product enhances body composition, reduces hip and waist girth, and increases energy levels in overweight men and women. *J Int Soc Sports Nutr*. 2013;10(1):22-3.
13. Cardoso GA, Salgado JM, Cesar MdC, Donado-Pestana CM. The effects of green tea consumption and resistance training on body composition and resting metabolic rate in overweight or obese women. *Journal of medicinal food*. 2013;16(2):120-7.
14. Brockman DA, Chen X, Gallaher DD. High-viscosity dietary fibers reduce adiposity and decrease hepatic steatosis in rats fed a high-fat diet. *The Journal of nutrition*. 2014; 144(9): 1415-22.
15. Weishaar RE, Simpson RU. Vitamin D3 and cardiovascular function in rats. *Journal of Clinical Investigation*. 1987;79(6):1706-7.
16. Keeney JT, Förster S, Sultana R, Brewer LD, Latimer CS, Cai J, et al. Dietary vitamin D deficiency in rats from middle to old age leads to elevated tyrosine nitration and proteomics changes in levels of key proteins in brain: implications for low vitamin D-dependent age-related cognitive decline. *Free Radical Biology and Medicine*. 2013;65:324-34.
17. Kim H-J, Kang C-K, Park H, Lee M-G. Effects of vitamin D supplementation and circuit training on indices of obesity and insulin resistance in T2D and vitamin D deficient elderly women. *Journal of exercise nutrition & biochemistry*. 2014;18(3):249-50.
18. Du Preez C. A 10-week aerobic exercise program reduces cardiometabolic disease risk in overweight/obese female African university students. *Ethnicity & Disease*. 2013;23:143-4.
19. Jamilian HR, Bagherzadeh K, Nazeri Z. Comparison of the serum levels of vitamin D, parathyroid hormone, calcium, and phosphorous

- in individuals with major depression and schizophrenics with healthy subjects. *Arak Medical University Journal*. 2012;14(6):19-26.[Persian]
20. Stewart JW, Alekel DL, Ritland LM, Van Loan M, Gertz E, Genschel U. Serum 25-hydroxyvitamin D is related to indicators of overall physical fitness in healthy postmenopausal women. *Menopause (New York, NY)*. 2009;16(6):1093-4.
21. Scragg R, Sowers M, Bell C. Serum 25-hydroxyvitamin D, diabetes, and ethnicity in the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Diabetes care*. 2004;27(12):2813-8.
22. McGill A-T, Stewart JM, Lithander FE, Strik CM, Poppitt SD. Relationships of low serum vitamin D3 with anthropometry and markers of the metabolic syndrome and diabetes in overweight and obesity. *Nutrition journal*. 2008;7(1):4-5.
23. Janssen I, Ross R. Effects of sex on the change in visceral, subcutaneous adipose tissue and skeletal muscle in response to weight loss. *International journal of obesity*. 1999;23(10):1035-46.
24. Trevellin E, Scorzeto M, Olivieri M, Granzotto M, Valerio A, Tedesco L, et al. Exercise training induces mitochondrial biogenesis and glucose uptake in subcutaneous adipose tissue through eNOS-dependent mechanisms. *Diabetes*. 2014;63(8):2800-11.
25. Gollisch KS, Brandauer J, Jessen N, Toyoda T, Nayer A, Hirshman MF, et al. Effects of exercise training on subcutaneous and visceral adipose tissue in normal-and high-fat diet-fed rats. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*. 2009;297(2):E495-E504.
26. Patterson CM, Dunn-Meynell AA, Levin BE. Three weeks of early-onset exercise prolongs obesity resistance in DIO rats after exercise cessation. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 2008;294(2):R290-R301.
27. Ebal E, Cavalie H, Michaux O, Lac G. Effect of a moderate exercise on the regulatory hormones of food intake in rats. *Appetite*. 2007;49(2):521-4.
28. Nance DM, Bromley B, Barnard RJ, Gorski RA. Sexually dimorphic effects of forced exercise on food intake and body weight in the rat. *Physiology & Behavior*. 1977;19(1):155-8.
29. Blundell JE, King NA. Physical activity and regulation of food intake: current evidence. *Medicine and science in sports and exercise*. 1999;31:S573-S83.
30. Stensel D. Exercise, appetite and appetite-regulating hormones: implications for food intake and weight control. *Annals of Nutrition and Metabolism*. 2010;57(Suppl. 2):36-42.