

## The Effect of a Period of Selected Aerobic Training on the Response of Thyroid and Cortisol Hormones to Exhaustive Exercise in Women

Hossein Shirvani <sup>1\*</sup>, Vahid Sobhani <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Assistant Professor of Exercise Physiology Research Center, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 29 February 2016 Accepted: 15 December 2016

### Abstract

**Background and Aim:** The effect of exercise training on Thyroid hormone secretion is a controversial topic. This study aimed to investigate the effect of a period of selected aerobic training on thyroxine (T<sub>4</sub>), Triiodothyronine (T<sub>3</sub>) and cortisol hormone levels in athlete and non-athlete women after exhaustive exercise sessions was performed.

**Methods:** In a quasi-experimental study with pre and post, among the female volunteers, 20 women whom of which qualified were randomly selected and divided into two athlete (n=10) and non-athlete (n=10) groups. Subjects of both groups did exhaustive exercise (Bruce test) before and after eight weeks of progressive aerobic training (increasing running and climbing stairs with 45 to 85% of maximum heart rate and 3 times in a week). Blood samples were collected immediately after each session of exhaustive exercise and analyzed with a specific kit of the hormone and radio-immunoassay method. In order to compare the means, the paired t-test and one-way analysis of variance followed by Tukey's test was performed.

**Results:** Results indicated that following eight weeks of aerobic training in the athletes group, the T<sub>3</sub> (P=0.01) and T<sub>4</sub> (P=0.002) hormones' levels in response to exhaustive activity significantly increased but these changes were not significant in non-athletes. On the other hand, the amounts of cortisol in response to this activity significantly decreased in both groups (P =0.04).

**Conclusion:** Overall, results showed that regular aerobic exercise training can adjust cortisol response to physical stress in female athletes and non-athletes. This is while no considerable effect was seen on thyroid hormone levels T<sub>3</sub> and T<sub>4</sub>.

---

**Keywords:** Progressive aerobic training, Exhaustive exercise, Thyroxine, Triiodothyronine, Athletes, Non-athletes, Cortisol

## تأثیر یک دوره تمرین هوازی منتخب بر پاسخ هورمون‌های تیروئیدی و کورتیزول زنان به فعالیت ورزشی وامانده ساز

حسین شیروانی<sup>\*</sup>، وحید سبحانی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>استادیار مرکز تحقیقات فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران

### چکیده

**زمینه و هدف:** تأثیر فعالیت‌های ورزشی بر ترشح هورمون‌های تیروئیدی، موضوعی بحث برانگیز است. از این رو مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر یک دوره تمرین هوازی منتخب بر سطوح هورمون‌های تیروکسین (T<sub>4</sub>)، تری‌یدوتیرونین (T<sub>3</sub>) و کورتیزول در زنان ورزشکار و غیرورزشکار پس از یک جلسه فعالیت ورزشی درمانده‌ساز به انجام رسید.

**روش‌ها:** در یک مطالعه نیمه تجربی قبل و بعد، از بین زنان داوطلب، ۲۰ نفر واجد شرایط به طور تصادفی انتخاب و در دو گروه ورزشکار (۱۰ نفر) و غیرورزشکار (۱۰ نفر) قرار گرفتند. آزمودنی‌های در هر دو گروه، فعالیت وامانده‌ساز (آزمون بروس) را قبل و بعد از هشت هفته تمرین هوازی فزاینده (۳ جلسه در هفته دوییدن فزاینده و پله‌نوردی با شدت ۴۵ تا ۸۵٪ حداکثر ضربان قلب) انجام دادند. نمونه خونی بلافاصله پس از هر بار اجرای فعالیت وامانده‌ساز جمع‌آوری و با کیت ویژه هر هورمون و روش رادیوایمنواسی آنالیز شد. جهت مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون‌های آماری t زوجی، تحلیل واریانس یک‌طرفه و تعقیبی توکی استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که به دنبال هشت هفته تمرین هوازی در گروه ورزشکار سطوح هورمون‌های تیروکسین ( $P=0/01$ ) و تری‌یدوتیرونین ( $P=0/002$ ) در پاسخ به فعالیت وامانده‌ساز، افزایش معنی‌دار یافته اما این تغییرات در گروه غیرورزشکار معنی‌دار نبوده است. از طرفی، مقادیر هورمون کورتیزول در هر دو گروه در پاسخ به این فعالیت کاهش معنی‌دار ( $P=0/04$ ) نشان داده است.

**نتیجه‌گیری:** بطور کلی نتایج تحقیق نشان داد که انجام تمرینات هوازی منظم می‌تواند پاسخ کورتیزول را به استرس جسمانی در زنان ورزشکار و غیرورزشکار تعدیل نماید اما تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر سطوح هورمون‌های تیروئیدی T<sub>3</sub> و T<sub>4</sub> ندارد.

**کلید واژه‌ها:** تمرین هوازی، فعالیت وامانده‌ساز، تیروکسین، تری‌یدوتیرونین، کورتیزول

## مقدمه

بسیاری از قبیل: شدت، مدت، زمان و نوع فعالیت ورزشی، سن، ارتفاع، دمای محیط و فاکتورهای روانی متاثر می‌شود (۱۳). Boyden و همکاران (۱۹۸۴) در بررسی اثر دوهای استقامتی در زنان نشان دادند که پس از ۴۸ کیلومتر دویدن، سطوح  $T_3$ ،  $T_4$  و TSH کاهش یافته اما پس از ۸۰ کیلومتر دویدن، سطوح  $T_3$  و  $T_4$  افزایش و TSH کاهش یافته است. آنها معتقد بودند که تغییرات  $T_3$  و  $T_4$  تابع شدت و مدت فعالیت ورزشی و وابسته به تحریک سمپاتیکی غده تیروئید است (۱۵). پوروقار و همکاران (۲۰۰۹) نیز نشان دادند که سطوح  $T_3$  و TSH بعد از انجام فعالیت ایروبیک طولانی مدت افزایش یافته است (۶). محمدعلیزاده (۱۳۷۹) سطوح هورمون های  $T_3$ ،  $T_4$  و TSH را در پی یک ساعت تمرین بدنی بسکتبال و تنیس روی میز را در چهار گروه از زنان ورزشکار و غیرورزشکار این دو رشته بررسی کرد و نتایج وی نشان داد که میزان  $T_3$  در کل افراد افزایش یافته اما مقادیر  $T_4$  و TSH کاهش غیرمعنی دار داشته است، در بررسی جداگانه گروه‌ها نیز مشخص شد که  $T_3$  در زنان ورزشکار و غیرورزشکار افزایش و  $T_4$  فقط در گروه ورزشکار بسکتبال کاهش یافته است. در مجموع استنباط شد که میزان  $T_3$  در خون در اثر تمرین بدنی افزایش می‌یابد و احتمالاً نوع و شدت تمرین اثر بیشتری بر  $T_3$  دارد (۷). در پژوهشی Beyleroglu (۲۰۱۱) تأثیر فعالیت ورزشی "شاتل ران" را بر تغییرات هورمونی در بازیکنان هاکی بررسی کرد و دریافت که یک ساعت پس از این فعالیت وامانده‌ساز سطوح  $fT_3$  و TSH به طور معنی‌داری کاهش نشان می‌دهد در حالی که تغییری در سطح  $fT_4$  مشاهده نشد. همچنین بلافاصله پس از این فعالیت، سطوح کورتیزول اندکی افزایش نشان می‌دهد. در مجموع آنها عنوان کردند که سطوح هورمون های  $T_3$ ،  $T_4$  و TSH تحت تأثیر فعالیت هوازی بیشینه قرار می‌گیرد (۸). همچنین Hackney (۲۰۰۹) در ورزشکاران نخبه استقامتی مشاهده کرد که بلافاصله پس از دویدن روی تردمیل تا مرز واماندگی، سطوح هورمون های  $fT_3$ ،  $fT_4$  و کورتیزول نسبت به سطح پایه افزایش معنی‌دار می‌یابد اما در دقایق ۳۰ و ۶۰ ریکآوری هورمون های تیروئیدی کاهش نشان دادند، هرچند کورتیزول باز هم افزایش معنی‌دار داشت. از طرفی همبستگی‌ها نشان داد که پاسخ بلافاصله‌ای کورتیزول رابطه منفی و معنی‌داری با پاسخ ۲۴ ساعت بعد TSH و  $fT_3$  دارد. نتایج آنها نشان داد که هورمون های تیروئیدی مذکور تا ۲۴ ساعت پس از این فعالیت ورزشی وامانده‌ساز کاهش می‌یابند و پاسخ کورتیزول رابطه معکوس با کاهش هورمون های  $fT_3$ ،  $fT_4$  و TSH دارد (۹). در مجموع، عدم یکنواختی در نتایج تحقیقات به دلیل تفاوت در روش‌شناسی، روش‌های آزمایش و جمعیت‌های مورد مطالعه، دیده می‌شود و این ابهامات در یافته‌های پژوهشی نشان می‌دهد که برای روشن شدن موضوع به تحقیقات بیشتری نیاز است. بنابراین سؤال ما این است که سطوح گردش خون هورمون های تیروئیدی و کورتیزول زنان در پاسخ به فعالیت‌های ورزشی درمانده‌ساز به

هورمون‌های اصلی مترشحه از غده تیروئید عبارتند از تیروکسین ( $T_4$ ) و تری‌یدوترونین ( $T_3$ ) که به صورت آزاد (free) و باند شده (total) در گردش خون وجود دارند. تولید غده‌ای  $T_4$  و  $T_3$  توسط هورمون محرک تیروئید (TSH) آزادشده از هیپوفیز قدامی کنترل می‌شود. اگرچه تبدیل  $T_4$  به  $T_3$  نیز می‌تواند در برخی از بافت‌های محیطی رخ دهد (۱). انتشار TSH به وسیله ترشح هورمون آزادکننده تیروتروپین (TRH) از هیپوتالاموس صورت می‌گیرد و در شرایط هیپوگلیسمی، قرارگرفتن در معرض سرما و هیپوکسی تحریک می‌شود و در بارداری نیز سطوح گردش  $T_4$  و  $T_3$  را کم می‌کند (۲). از طرفی مشخص شده که اختلال در غده تیروئید و هورمون‌های مربوط به آن، زنان را در معرض خطراتی مانند ناباروری، سقط جنین، یائسگی زود هنگام و غیره قرار می‌دهد (۳). از این رو، امروزه تجویز ورزش به عنوان یک کمک درمان در بسیاری از اختلالات هورمونی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲). اگرچه هورمون‌های تیروئیدی برای بسیاری از سیستم‌های فیزیولوژیکی حیاتی می‌باشند اما یافته‌های پژوهشی در مورد اثر گذاری فعالیت‌های ورزشی بر این هورمون‌ها هنوز ثبات کافی ندارند (۱،۲). برخی تحقیقات گزارش داده‌اند که فعالیت ورزشی باعث کاهش قابل توجهی در غلظت  $T_3$ ،  $T_4$  و TSH می‌شود (۴). در حالی که مطالعات دیگر بیان می‌کنند که ورزش هیچ تأثیری بر این هورمون‌ها نمی‌گذارد (۵). با این حال، مطالعات دیگر عنوان کرده‌اند که سطح هورمون‌های تیروئیدی در پاسخ به ورزش افزایش می‌یابد (۵). همانطور که اشاره شد برخی از داده‌های منتشر شده قبلی از این فرضیه پشتیبانی می‌کنند که فعالیت‌های ورزشی باعث کاهش در برخی از هورمون‌های تیروئیدی گردش خون می‌شوند (۲،۵). اما در حال حاضر مشخص نیست که در اثر ورزش چگونه چنین کاهش هورمون‌های غده تیروئید رخ می‌دهد (به عنوان مثال: از طریق، همودیلوشن در غلظت‌های خون، افزایش در میزان کلیرانس متابولیکی و یا سازگاری در تنظیم مدار فیدبکی). یکی از مکانیسم بالقوه مؤثر بر این تغییرات، ارتباط مربوط به پاسخ گلوکوکورتیکوئیدها به فعالیت ورزشی و هورمون‌های تیروئیدی گردش خون است. گلوکوکورتیکوئید اصلی انسان، کورتیزول است که به عنوان مهارکننده قوی عملکرد تیروئید در محور تنظیمی هیپوتالاموس-هیپوفیز-تیروئید شناخته شده است (۱،۲،۵). هرچند به نظر نمی‌رسد که اثرات گلوکوکورتیکوئیدی مربوط به ورزش در رابطه با عملکرد تیروئید و یا چگونگی امکان مناسبات مشترک در چنین پاسخ‌های هورمونی به‌طور کامل مورد بررسی قرار گرفته باشد (۶). بسیاری از متخصصان غده، کورتیزول را به‌عنوان یک نشانگر هورمونی استرس در نظر می‌گیرند. در واقع، کورتیزول گلوکوکورتیکوئیدی است که توسط غده آدرنال سنتز می‌شود. عملکرد اصلی آن افزایش تجزیه پروتئین، مهار برداشت گلوکز و افزایش لیپولیز چربی است. سطح کورتیزول سرم توسط عوامل

تمرین هوازی به انجام آزمون وامانده‌ساز بروس پرداختند (۱۱). نمونه‌های خونی بلافاصله پس از هر بار اجرای آزمون بروس (یعنی در دو مرحله ۲۴ ساعت قبل و ۲۴ ساعت پس از دوره ۸ هفته‌ای تمرین هوازی) در بازه ساعتی ۶ تا ۷ بعداز ظهر و به مقدار ۵ سی سی از ورید قدامی ساعد در وضعیت نشسته، جمع‌آوری شد. برنامه تمرین اصلی که در سالن ورزشی برگزار می‌شد شامل: هشت هفته تمرین هوازی فزاینده به صورت سه جلسه در هفته و شدت ۴۵ تا ۸۵٪ حداکثر ضربان قلب بود و از مطالعه نامنی و همکاران (۱۱) گرفته شد که البته اصلاحات جزئی در زمان فاز گرم کردن و سرد کردن برنامه و همچنین فاز پله نوردی صورت پذیرفت (جدول ۱). حداکثر ضربان قلب نیز از فرمول، سن منهای عدد ثابت ۲۲۰ محاسبه گردید (۱۲). شایان ذکر است که در مدت انجام مطالعه، وضعیت مصرف دارو یا مکمل و همچنین ورزش کردن، کاملاً تحت کنترل بود.

سطح سرمی هورمون‌های  $T_3$ ،  $T_4$  آزاد با روش رادیوایمونواسی (RIA) و با استفاده از کیت‌های تجاری (شرکت کاوشیار، ایران) به ترتیب با حساسیت  $0.5 \text{ nmol/L}$  و  $5 \text{ nmol/L}$  اندازه‌گیری شد. سطوح سرمی کورتیزول نیز با روش ELISA و با استفاده از کیت تجاری (شرکت DBC، کانادا) با حساسیت  $0.4 \mu\text{g/dl}$  اندازه‌گیری شد. ویژگی تمام این آزمون‌ها ۱۰۰٪ اعلام گردیده است. در تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از آزمون  $t$  جفتی برای مقایسه تغییرات درون گروهی و از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه و آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تغییرات بین گروهی استفاده شد و سطح معنی‌داری در کلیه آزمون‌ها  $P < 0.05$  در نظر گرفته شد. کلیه آنالیزها با نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۸ انجام گرفت.

## نتایج

نتایج توصیف مشخصات دموگرافیکی نشان داد که در گروه زنان ورزشکار میانگین سن  $26/0 \pm 4/8$  سال، در گروه زنان غیرورزشکار  $27/0 \pm 2/9$  سال، بود که اختلاف معنی‌دار ثبت نشد همچنین شاخص توده بدنی و حداکثر اکسیژن مصرفی در بین دو گروه اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۲). همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود مقایسه (پیش آزمون) و (پس آزمون) نشان داد که بعد از انجام هشت هفته تمرین هوازی در گروه زنان غیرورزشکار، مقدار وزن کاهش معنی‌دار ( $P = 0.04$ ) و حداکثر اکسیژن مصرفی ( $P = 0.02$ ) افزایش معنی‌دار پیدا کرده است. مقایسه سطوح هورمونی زنان ورزشکار و غیرورزشکار در پیش آزمون و پس آزمون در جدول ۳ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که مقادیر  $T_3$  سرم در گروه ورزشکار در مرحله پس‌آزمون در مقایسه با مرحله پیش‌آزمون، افزایش معنی‌دار ( $P = 0.01$ ) داشته است اما در مقایسه تغییرات در هر دو گروه نشان داد که سطح  $T_3$  در گروه ورزشکار و غیرورزشکار تفاوت معنی‌دار ( $P = 0.35$ ) وجود ندارد.

دنبال تمرینات هوازی منظم چه تغییری می‌کند و آیا تفاوتی بین زنان ورزشکار و غیرورزشکار در این زمینه وجود دارد. بدیهی است پاسخ به این پرسش می‌تواند کمک شایانی به سلامت زنان بویژه از نقطه نظر ترویج سبک زندگی توأم با فعالیت بدنی داشته باشد. به همین منظور، این مطالعه به بررسی تأثیر یک دوره تمرین هوازی منتخب بر پاسخ هورمون‌های تیروئیدی و کورتیزول زنان به فعالیت ورزشی وامانده‌ساز پرداخته است.

## روش‌ها

مطالعه حاضر یک پژوهش نیمه تجربی از نوع پیش‌آزمون و پس آزمون می‌باشد. جهت مشارکت داوطلبانه آزمودنی‌ها، در اماکن آموزشی و ورزشی شهرستان استهبان (استان فارس) اطلاع‌رسانی شد. جمعیت هدف این مطالعه را زنان مجرد ۲۰ تا ۳۰ ساله‌ای تشکیل می‌دهند که معیارهای ورود آنها این موارد می‌باشد: عدم ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی، دیابت، بیماری‌های تیروئیدی، سندروم تخمدان پلی کیستیک، نبودن افراد تحت هر نوع رژیم غذایی یا درمانی، عدم اعتیاد به هرگونه مواد مخدر، سیگار، مصرف الکل و کافئین، چرخه‌های قاعدگی طبیعی، عدم مصرف هیچ‌گونه دارو، حداقل در سه ماه گذشته بود که بر این اساس تعداد ۲۵ نفر ورزشکار با حداقل سه سال سابقه تمرینی و ورزشی با عناوین قهرمانی کشوری و استانی (و همچنین دارای ۳ جلسه تمرین ورزشی منظم با شدت و حجم مناسب در هفته) و تعداد ۳۰ نفر غیر ورزشکار با هیچ‌گونه عنوان قهرمانی (و همچنین نداشتن جلسات تمرینی منظم با شدت و حجم مناسب در هفته)، واجد شرایط حضور شدند. سپس به‌طور تصادفی از بین ورزشکاران تعداد ۱۰ نفر به عنوان "گروه ورزشکار" و از بین غیرورزشکاران نیز تعداد ۱۰ نفر به‌عنوان "گروه غیرورزشکار" انتخاب شدند.

ابتدا طی جلسه‌ای، آزمودنی‌ها با نوع مطالعه، اهداف و روش‌های اجرا به‌طور کتبی و شفاهی آشنا شدند. به آزمودنی‌ها اطمینان داده شد که اطلاعات دریافتی کاملاً محرمانه خواهد ماند و جهت بررسی داده‌ها از روش کدگذاری استفاده خواهد شد. همچنین به آنها اجازه داده شد تا در صورت عدم تمایل به همکاری انصراف دهند. سپس آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه کتبی را امضا کردند و پرسشنامه اطلاعات شخصی و سوابق پزشکی و ورزشی را پر کردند. در تحقیق حاضر اصول مندرج در اعلامیه هلسینکی و ضوابط اخلاق پزشکی به‌طور کامل رعایت شده است. یک هفته پیش و پس از شروع برنامه تمرینی، شاخص‌های آنترپومتریکی مانند سن، قد، وزن، نمایه توده بدن (BMI) و حداکثر اکسیژن مصرفی ( $Vo_2\text{max}$ ) اندازه‌گیری شدند. نمایه توده بدن از تقسیم وزن (برحسب کیلوگرم) به مجذور قد (بر حسب متر) به دست آمد (۱۰) و برای اندازه‌گیری حداکثر اکسیژن مصرفی نیز از آزمون یک مایل پیاده‌روی راکپورت استفاده شد (۱۲). آزمودنی‌های هر دو گروه ۲۴ ساعت قبل از شروع و ۲۴ ساعت بعد از اتمام برنامه بلند مدت

جدول ۱. برنامه تمرین هوازی فزاینده

طول دوره	جلسات	گرم کردن	مسافت دویدن	شدت دویدن	زمان پله نوردی	سرد کردن	زمان کل
هفته اول	جلسه ۱	۵-۱۰ دقیقه	۱۵۰۰ متر در ۲۰ دقیقه	بین ۵۰-۴۵ حداکثر ضربان قلب	۳۰ ثانیه از تست پله سلون	۵ دقیقه	بین ۴۰-۳۵ دقیقه
	جلسه ۲	۵-۱۰ دقیقه	۱۶۰۰ متر در ۲۰ دقیقه	بین ۵۰-۴۵ حداکثر ضربان قلب	۴۵ ثانیه از تست پله سلون	۵ دقیقه	بین ۴۰-۳۵ دقیقه
	جلسه ۳	۵-۱۰ دقیقه	۱۶۵۰ متر در ۲۰ دقیقه	بین ۵۰-۴۵ حداکثر ضربان قلب	۶۰ ثانیه از تست پله سلون	۵ دقیقه	بین ۴۰-۳۵ دقیقه
هفته دوم	جلسه ۴	۵-۱۰ دقیقه	۱۷۰۰ متر در ۲۰ دقیقه	بین ۵۵-۵۰ حداکثر ضربان قلب	۶۰ ثانیه از تست پله سلون	۵ دقیقه	بین ۴۰-۳۵ دقیقه
	جلسه ۵	۵-۱۰ دقیقه	۱۸۰۰ متر در ۲۰ دقیقه	بین ۵۵-۵۰ حداکثر ضربان قلب	۷۵ ثانیه از تست پله سلون	۵ دقیقه	بین ۴۰-۳۵ دقیقه
	جلسه ۶	۵-۱۰ دقیقه	۱۸۵۰ متر در ۲۰ دقیقه	بین ۵۵-۵۰ حداکثر ضربان قلب	۹۰ ثانیه از تست پله سلون	۵ دقیقه	بین ۴۰-۳۵ دقیقه
هفته سوم	جلسه ۶	۵-۱۰ دقیقه	۱۹۵۰ متر در ۲۰ دقیقه	بین ۶۰-۵۵ حداکثر ضربان قلب	۹۰ ثانیه از تست پله سلون	۵ دقیقه	بین ۴۰-۳۵ دقیقه
	جلسه ۸	۵-۱۰ دقیقه	۲۰۵۰ متر در ۲۰ دقیقه	بین ۶۰-۵۵ حداکثر ضربان قلب	۱۰۵ ثانیه از تست پله سلون	۵ دقیقه	بین ۴۰-۳۵ دقیقه
	جلسه ۹	۵-۱۰ دقیقه	۲۱۵۰ متر در ۲۰ دقیقه	بین ۶۰-۵۵ حداکثر ضربان قلب	۱۲۰ ثانیه از تست پله سلون	۵ دقیقه	بین ۴۰-۳۵ دقیقه
هفته چهارم	جلسه ۱۰	۵-۱۰ دقیقه	۲۲۰۰ متر در ۲۰ دقیقه	بین ۶۵-۶۰ حداکثر ضربان قلب	۱۲۰ ثانیه از تست پله سلون	۵ دقیقه	بین ۴۰-۳۵ دقیقه
	جلسه ۱۱	۵-۱۰ دقیقه	۲۳۰۰ متر در ۲۰ دقیقه	بین ۶۵-۶۰ حداکثر ضربان قلب	۱۳۵ ثانیه از تست پله سلون	۵ دقیقه	بین ۴۰-۳۵ دقیقه
	جلسه ۱۲	۵-۱۰ دقیقه	۲۳۵۰ متر در ۲۰ دقیقه	بین ۶۵-۶۰ حداکثر ضربان قلب	۱۵۰ ثانیه از تست پله سلون	۵ دقیقه	بین ۴۰-۳۵ دقیقه
هفته پنجم	جلسه ۱۳	۵-۱۰ دقیقه	۲۴۵۰ متر در ۲۰ دقیقه	بین ۷۰-۶۵ حداکثر ضربان قلب	۱۵۰ ثانیه از تست پله سلون	۵ دقیقه	بین ۴۰-۳۵ دقیقه
	جلسه ۱۴	۵-۱۰ دقیقه	۲۵۰۰ متر در ۲۰ دقیقه	بین ۷۰-۶۵ حداکثر ضربان قلب	۲۰۰ ثانیه از تست پله سلون	۵ دقیقه	بین ۴۰-۳۵ دقیقه
	جلسه ۱۵	۵-۱۰ دقیقه	۲۵۵۰ متر در ۲۰ دقیقه	بین ۷۰-۶۵ حداکثر ضربان قلب	۲۵۰ ثانیه از تست پله سلون	۵ دقیقه	بین ۴۰-۳۵ دقیقه
هفته ششم	جلسه ۱۶	۵-۱۰ دقیقه	۲۶۵۰ متر در ۲۰ دقیقه	بین ۷۵-۷۰ حداکثر ضربان قلب	۲۵۰ ثانیه از تست پله سلون	۵ دقیقه	بین ۴۰-۳۵ دقیقه
	جلسه ۱۷	۵-۱۰ دقیقه	۲۷۵۰ متر در ۲۰ دقیقه	بین ۷۵-۷۰ حداکثر ضربان قلب	۵ دقیقه یک تست کامل سلون	۵ دقیقه	بین ۴۵-۴۰ دقیقه
	جلسه ۱۸	۵-۱۰ دقیقه	۲۸۰۰ متر در ۲۰ دقیقه	بین ۷۵-۷۰ حداکثر ضربان قلب	۵ دقیقه یک تست کامل سلون	۵ دقیقه	بین ۴۵-۴۰ دقیقه
هفته هفتم	جلسه ۱۹	۵-۱۰ دقیقه	۲۹۰۰ متر در ۲۰ دقیقه	بین ۸۰-۷۵ حداکثر ضربان قلب	۵ دقیقه یک تست کامل سلون	۵ دقیقه	بین ۴۵-۴۰ دقیقه
	جلسه ۲۰	۵-۱۰ دقیقه	۲۹۵۰ متر در ۲۰ دقیقه	بین ۸۰-۷۵ حداکثر ضربان قلب	۵ دقیقه یک تست کامل سلون	۵ دقیقه	بین ۴۵-۴۰ دقیقه
	جلسه ۲۱	۵-۱۰ دقیقه	۳۰۰۰ متر در ۲۰ دقیقه	بین ۸۰-۷۵ حداکثر ضربان قلب	۱۰ دقیقه دو تست کامل سلون	۵ دقیقه	بین ۵۰-۴۵ دقیقه
هفته هشتم	جلسه ۲۲	۵-۱۰ دقیقه	۳۱۰۰ متر در ۲۰ دقیقه	بین ۸۵-۸۰ حداکثر ضربان قلب	۱۰ دقیقه دو تست کامل سلون	۵ دقیقه	بین ۵۰-۴۵ دقیقه
	جلسه ۲۳	۵-۱۰ دقیقه	۳۱۵۰ متر در ۲۰ دقیقه	بین ۸۵-۸۰ حداکثر ضربان قلب	۱۰ دقیقه دو تست کامل سلون	۵ دقیقه	بین ۵۰-۴۵ دقیقه
	جلسه ۲۴	۵-۱۰ دقیقه	۳۲۰۰ متر در ۲۰ دقیقه	بین ۸۵-۸۰ حداکثر ضربان قلب	۱۰ دقیقه دو تست کامل سلون	۵ دقیقه	بین ۵۰-۴۵ دقیقه

جدول ۲. مقایسه اطلاعات دموگرافیک در قبل و بعد از هشت هفته تمرین هوازی منتخب

گروه	مرحله	سن (سال)	قد (cm)	وزن (kg)	BMI (Kg/m <sup>2</sup> )	vO <sub>2max</sub> (ml/kg.min <sup>-1</sup> )
زنان ورزشکار (n=۱۰)	پیش آزمون	۲۶/۰ ± ۴/۸	۱۶۴/۱ ± ۴/۷	۵۱/۸ ± ۴/۹	۲۱/۴ ± ۱/۲	۵۱/۲ ± ۳/۱
	پس آزمون	.....	.....	۵۰/۵ ± ۳/۸	۲۰/۹ ± ۱/۱	۵۳/۱ ± ۱/۸
	P value	.....	.....	۰/۴۰۲	۰/۳۲۶	۰/۲۱۳
زنان غیرورزشکار (n=۱۰)	پیش آزمون	۲۷/۰ ± ۲/۹	۱۵۵/۴ ± ۶/۱	۶۸/۱ ± ۳/۷	۲۳/۲ ± ۲/۱	۳۶/۸ ± ۴/۴
	پس آزمون	.....	.....	۵۵/۲ ± ۲/۹	۲۲/۱ ± ۰/۸۰	۴۶/۵ ± ۴/۵
	P value	.....	.....	۰/۰۴	۰/۱۰	۰/۰۲

آمده است و همچنین در بررسی تغییرات هر دو گروه در مراحل مختلف نیز مشخص شد که سطوح کورتیزول سرمی بین گروه‌های ورزشکار و غیرورزشکار اختلاف معنی‌دار (P=۰/۰۴) وجود دارد و نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد که معنی‌داری علاوه بر پیش آزمون و پس‌آزمون گروه ورزشکار و غیرورزشکار، بین پیش‌آزمون ورزشکار و پس‌آزمون غیرورزشکار (P=۰/۰۲۱) و پیش‌آزمون غیر ورزشکار و پس‌آزمون ورزشکار (P=۰/۰۱۸) نیز وجود دارد.

مقادیر هورمون T<sub>4</sub> سرم نیز در گروه ورزشکار در مرحله پس‌آزمون در مقایسه با مرحله پیش‌آزمون، افزایش معنی‌دار (P=۰/۰۰۲) پیدا کرده است اما مقایسه تغییرات هر دو گروه اختلاف معنی‌داری را در سطح T<sub>4</sub> گروه ورزشکار و غیرورزشکار نشان نمی‌دهد. از طرفی اندازه‌گیری سطوح کورتیزول سرمی نشان داد که در مرحله پس‌آزمون در مقایسه با مرحله پیش‌آزمون در گروه ورزشکار (P=۰/۰۰۰) و غیرورزشکار (P=۰/۰۳۰) کاهش معنی‌دار به وجود

جدول ۳. مقایسه سطوح هورمونی زنان ورزشکار و غیرورزشکار در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

هورمون	گروه	مرحله	انحراف معیار ± میانگین	مقایسه درون گروهی	
				مقدار T	P value
T <sub>3</sub> (ng/ml)	زنان ورزشکار (n=۱۰)	پیش آزمون	۱/۲۳ ± ۰/۵۴۸	۱/۲۸	۰/۰۱
		پس آزمون	۲/۴۳ ± ۰/۴۳۷	۰/۹۴	۰/۳۵
	زنان غیرورزشکار (n=۱۰)	پیش آزمون	۱/۰۹ ± ۰/۴۶۳	۰/۹۷	۰/۲۴۵
		پس آزمون	۱/۹۰ ± ۰/۲۷۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲
T <sub>4</sub> (µg/dl)	زنان ورزشکار (n=۱۰)	پیش آزمون	۶/۶۵ ± ۲/۳۷۸	۳/۵	۰/۰۰۲
		پس آزمون	۸/۷۰ ± ۰/۹۶۶	۰/۵۶	۰/۴۳۲
	زنان غیرورزشکار (n=۱۰)	پیش آزمون	۷/۰۰ ± ۰/۹۲۲	۰/۵۶	۰/۴۳۲
		پس آزمون	۸/۵۵ ± ۰/۷۹۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
کورتیزول (ng/ml)	زنان ورزشکار (n=۱۰)	پیش آزمون	۱۴/۶۰ ± ۰/۲۹۱	-۴/۳	۰/۰۰۰
		پس آزمون	۱۰/۵۵ ± ۰/۵۸۲	-۱/۸	۰/۰۴
	زنان غیرورزشکار (n=۱۰)	پیش آزمون	۱۵/۸۷ ± ۰/۷۶۱	-۱/۲۰	۰/۰۳۰
		پس آزمون	۱۱/۱۰ ± ۰/۲۷۲	-۱/۲۰	۰/۰۳۰

مشخص شده هورمون کورتیزول دارای روابط متقابلی با هورمون های T<sub>3</sub> و T<sub>4</sub> است (۸،۲۴).

نتایج تحقیق حاضر در راستای تعیین تاثیر یک دوره تمرین هوازی فزاینده در زنان بر پاسخ هورمون‌های تیروئیدی T<sub>3</sub> و T<sub>4</sub> به فعالیت ورزشی وامانده‌ساز نشان داد که الگوی پاسخ‌دهی T<sub>3</sub> و T<sub>4</sub> در زنان ورزشکار و غیرورزشکار متفاوت است به طوری که در گروه ورزشکار در پاسخ به فعالیت وامانده‌ساز، سطح سرمی T<sub>3</sub> افزایش قابل توجهی پیدا کرده است اما در گروه غیرورزشکار این افزایش

## بحث

امروزه موضوع تاثیر ورزش بر فعالیت بسیاری از غدد درون‌ریز و تولیدات آنها، یک واقعیت شناخته شده است. یکی از این غدد تحت تاثیر، تیروئید است. غده تیروئید دو هورمون جداگانه "امینو اسیدی متصل به ید" موسوم به تری‌یدوترونین (T<sub>3</sub>) و تیروکسین (T<sub>4</sub>) را ترشح می‌کند که هر دو در فرم آزاد (fT<sub>3</sub> و fT<sub>4</sub>) نیز یافت می‌شوند که سال‌ها است اهمیت آنها در تنظیم متابولیسم بدن، رشد و تمایز بافتی و همچنین بیان ژن مشخص شده‌است (۲،۸). از طرفی

هیپوفیز قدامی باعث رهایش تیروتروپین (TSH)، هورمون محرک تیروئید) می شود (۱۷،۲۰). وقتی فعالیت ورزشی در فواصل معینی تکرار می شود یک واکنش هیپوفیز- تیروئیدی بوجود می آید که با افزایش ترن آور هورمون های تیروئیدی به درستی هماهنگ می شود (۴،۱۷). هنگامی که ترن آور تیروکسین و عمل هورمونی مرتبط افزایش می یابد این امر به پرکاری تیروئید منجر می شود. با این حال، هیچ شواهدی وجود ندارد که چنین موردی در ورزشکاران ورزیده رخ دهد. به عنوان مثال، در ورزشکاران ورزیده تفاوت بین میزان متابولیسم پایه و درجه حرارت بدن به ندرت غیر طبیعی است (۱۳،۱۴،۱۷). بنابراین به نظر می رسد که افزایش در ترن آور تیروکسین که با تمرین جسمانی رخ می دهد می تواند مکانیسم های مختلفی داشته باشد (۱۴، ۱۸). از طرفی، تمرین هموستاز انرژی ورزشکاران را برهم می زند تا سازگاری های سودمند ایجاد کند. در این زمان، سیستم های کنترل کننده وزن بدن و غذا دریافتی برای صرفه جویی در انرژی سیگنال صادر می کنند. نادیده گرفتن این فرایندها منجر به بیش تمرینی و کاهش حساسیت به هورمون های آنابولیکی و دیگر سیگنال های اندوکراینی می شود (۱۸،۱۹،۲۰). در این راستا پژوهشی بر روی زنان ورزیده دوی ماراتن نشان داد، هنگامی که یک فرد نسبتاً کم تحرک تمرین را شروع می کند و به حجم تمرینی ۴۸ کیلومتر در هفته می رسد یک اختلال متوسط تیروئیدی بروز می کند که با افزایش سطوح  $T_3$  و  $T_4$  منعکس می شود (۱۸). در مطالعه ای بر روی دوقلوهای همسان نیز معلوم گردید که انجام یک دوره تمرین جسمانی ۹۳ روزه بدون افزایش غذای مصرفی بیش از زمان بی تحرکی باعث طیف وسیعی از تغییرات بدنی از جمله کاهش وزن معادل ۸ پوند و کاهش سطح  $T_3$  می شود. آنها پیشنهاد کردند که فعالیت ورزشی با تعادل منفی انرژی و کاهش سطح هورمون های تیروئیدی همراه است و این موضوع تا حدودی مربوط به وراثت است (۱۷). مطالعاتی هم به مقایسه تاثیر محدودیت کالریک و فعالیت ورزشی بر عملکرد  $T_3$  در زنان پرداختند و دریافتند که مولفه های شدت و مقدار فعالیت ورزشی تاثیری بر سطوح  $T_3$  ندارد اما تغییرات  $T_3$  توسط کاهش کالری کاملاً قابل توجه است. به عبارت دیگر تمرین جسمانی فقط در صورتی سطوح  $T_3$  را کاهش می دهد که با دریافت کافی خوراکی ها، کالری از دست رفته جایگزین نشده باشد (۱۵،۲۰،۲۱). نتایج ما همچنین نشان داد که به دنبال هشت هفته تمرین هوازی فزاینده، هورمون کورتیزول در پاسخ به فعالیت وامانده ساز در هر دو گروه کاهش معنی دار نشان داده است. کورتیزول یکی از مهم ترین هورمون های تنظیم کننده متابولیسم کربوهیدرات و چربی در بدن است. ترشح کورتیزول تحت تاثیر ریتم شبانه روزی، وزن، میزان توده چربی است (۸،۲۲). همچنین فعالیت بدنی و ورزشی با تحریک محور HPR و افزایش ترشح آدرنوکورتیکوتروپین از هیپوفیز، از مهم ترین عوامل ترشح

چشمگیر نبوده است و تغییرات کلی  $T_3$  نیز در تمام مراحل و گروه ها معنی دار نبوده است. از سوی دیگر سطح سرمی  $T_4$  نیز در گروه ورزشکار در پاسخ به فعالیت ورزشی وامانده ساز افزایش معنی دار داشته است در حالی که در گروه غیرورزشکار و به طور کلی در تمام مراحل و گروه ها تغییرات  $T_4$  قابل ملاحظه نبوده است. نتایج تحقیق حاضر در بخش هایی با نتایج تحقیقات پوروقار، محمدعلیزاده و Hackney همسو است (۶، ۷، ۹) و با نتیجه تحقیق Boyden و غیر همسو است (۵، ۱۵). در این رابطه Baylor و همکاران نشان دادند که بیست هفته تمرین ورزشی شدید (به صورت ترکیبی از تمرینات با وزنه، پارونزی و دویدن) میزان  $T_3$  را در ابتدا کاهش می دهد اما در پایان هفته بیستم میزان  $T_3$  به مقادیر پایه اولیه باز می گردد. این کاملاً متناقض با ادعایی است که بیان می کند فعالیت ورزشی مداوم، تولید  $T_3$  را پایین می آورد. به طور کلی حدس آنها این بود که کاهش غلظت TSH و  $fT_3$  می تواند به دلیل سیگنالینگ پایین تر در محور هیپوتالاموس-هیپوفیز باشد که خود با کاهش میزان لپتین مرتبط است. به عبارتی می توان اظهار کرد که این یک ابزار احتمالی برای حفظ انرژی در زنان تمرین کرده است (۱۴). در مطالعه ای بر روی یک گروه از زنان که به طور میانگین در هفته ۱۴ مایل می دویدند و سپس به طور هفتگی مسافت را در مرحله اول به ۴۴ مایل و در نهایت به ۶۴ مایل رساندند، مشخص گردید که در ابتدا افزایش و سپس یک کاهش گذرا در عملکرد تیروئید رخ می دهد اما وقتی دویدن به ۶۴ مایل در هفته می رسد، عملکرد تیروئید آنها دوباره نرمال می شود. آنها عنوان کردند که هرچند حجم تمرین یک عامل فشارزا محسوب می شود اما عدم  $T_3$  پایین نشان دهنده این است که این نوع استرس در تاثیر گذاری بر محور تیروئید ممکن است متفاوت از دیگر عوامل فشارزای غیر تیروئیدی باشد (۱۵). در بررسی و تحلیل نتایج پژوهش حاضر می توان به مطالعه Wesche و همکاران (۲۰۰۱) نیز اشاره کرد که نشان دادند شش ماه تمرین جسمانی شدید تغییری در سطوح TSH و  $T_3$  در پاروزنان مبتدی و با تجربه ایجاد نکرده اما در غلظت  $fT_4$  افزایش اندکی بوجود آمده که احتمالاً ناشی از ترکیب فعالیت ورزشی و انرژی دریافتی ناکافی است (۱۶). در مجموع به نظر می رسد که در این تحقیق عدم تغییرات معنی دار در هورمون های تیروئیدی گروه ورزشکار می تواند ناشی از سازگاری های هورمونی با برنامه های تمرینی قبلی و آمادگی آنها برشمرده و ممکن است ارتباطی بین تغییرات قابل ملاحظه وزن و حداکثر اکسیژن مصرفی زنان غیرورزشکار با عدم تغییر معنی دار هورمون های  $T_3$  و  $T_4$  وجود داشته باشد که البته اثبات آن، نیاز به تحقیقات بیشتری در آینده دارد.

همچنین شناخته شده که هورمون های تیروئیدی در اکسیداسیون اسیدهای چرب و تنظیم حرارت بدن نقش دارند (۱۷). هورمون آزادکننده تیروتروپین (TRH) از هیپوتالاموس ترشح و با تحریک

## نتیجه گیری

به طور کلی می‌توان از این تحقیق چنین نتیجه گرفت که تمرین هوازی فزاینده سازگاری‌های سودمندی از قبیل کاهش وزن، بهبود حداکثر اکسیژن مصرفی و شاخص توده بدن را در زنان به ویژه زنان غیرورزشکار فراهم می‌کند که ممکن است به واسطه این تغییرات مثبت، عملکرد غده تیروئید و هورمون کورتیزول در پاسخ به استرس بدنی (مانند پروتکل ورزشی بروس) تعدیل یافته‌تر عمل کند. بنابراین می‌توان به زنان غیرفعال و خانه‌نشین که در معرض استرس‌های مختلفی قرار دارند، توصیه کرد که انجام منظم فعالیت‌های ورزشی هوازی می‌تواند در تنظیم هورمونی آنها موثر باشد و از بسیاری از اختلالات مربوط به آن پیشگیری نماید.

**تشکر و قدردانی:** لازم می‌دانم از همکاران و کلیه مشارکت‌کنندگان در این پژوهش، تقدیر و تشکر نمایم.

**تضاد منافع:** بدین وسیله نویسندگان تصریح می‌نمایند که هیچ‌گونه تضاد منافی در خصوص پژوهش حاضر وجود ندارد.

## منابع

1. Daly W, Seegers CA, Rubin DA, Dobridge JD, Hackney AC. Relationship between stress hormones and testosterone with prolonged endurance exercise. *European journal of applied physiology*. 2005 Jan 1; 93(4):375-80.
2. McMurray RG, Hackney AC. Endocrine responses to exercise and training. *Exercise and sport science*. 2000:135-61.
3. Weiss RV, Clapauch R. Female infertility of endocrine origin. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*. 2014 Mar; 58(2):144-52.
4. Bernet VJ, Wartofsky L. Thyroid function and exercise. In *Sports Endocrinology 2000* (pp. 97-118). Humana Press.
5. Boyden TW, Pamenter RW, Stanforth P, Rotkis T, Wilmore JH. Evidence for Mild Thyroidal Impairment in Women Undergoing Endurance Training. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 1982 Jan; 54(1):53-6.
6. Pourvaghari MJ, Shahsavari A. The alteration of serum thyroid hormone and its stimulating in nanoscale on athletics men. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*. 2009 Jun 1; 4(2):263-7.
7. Mohammad Alizadeh S. The effect of exercise on T3, T4 and TSH levels in female athletes and non-athletes. *Olympic Journal*, 1379, issue 16. Persian.
8. Beyleroglu M. The effects of maximal aerobic exercise on cortisol and thyroid hormones in male

کورتیزول شناخته شده است (۲۳،۲۴،۲۵). به نظر می‌رسد تغییرات کورتیزول در تحقیق ما در گروه‌های ورزشکار و غیر ورزشکار تا حدود زیادی معکوس با تغییرات هورمون‌های تیروئیدی T<sub>3</sub> و T<sub>4</sub> عمل کرده است و از طرفی تغییرات کورتیزول در این گروه‌ها مستقل از کاهش وزن، افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی و نیز آمادگی افراد بدنبال تمرینات هوازی بوده است. بنابراین تغییرات کورتیزول را شاید بیشتر بتوان به واکنش‌های متابولیکی بدن و شدت فعالیت بدنی وامانده‌ساز در این زنان ورزشکار و غیرورزشکار نسبت داد.

با توجه به محدودیت مطالعه از نظر عدم بررسی سایر فاکتورهای موثر، پیشنهاد می‌شود به منظور شناسایی دقیق‌تر و جامع‌تر اثر این نوع مداخله‌های ورزشی بر پاسخ سازگاری‌های هورمونی در زنان: ۱. علی‌رغم مشکل بودن ثبت نام از تعداد بیشتری آزمودنی در هر گروه استفاده شود تا روابط بین متغیرها با توان بیشتری ارزیابی شود. ۲. مقادیر این هورمون‌ها در زمان‌های مختلف استراحتی پس از قطع فعالیت اندازه‌گیری شود تا روند تغییرات آنها در پاسخ به سازگاری با تمرینات هوازی مشخص شود. ۳. هورمون‌های تاثیرگذار دیگر مانند CRH، TRH، TSH و ACTH نیز اندازه‌گیری شوند. ۴. میزان انرژی دریافتی و وضعیت خواب آزمودنی‌ها نیز پایش شود.

- field hockey players. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 2011 Nov 8; 5(17):2002-6.
9. Hackney AC, Dobridge JD. Thyroid hormones and the interrelationship of cortisol and prolactin: influence of prolonged, exhaustive exercise. *Endokrynologia Polska*. 2009 Jul 1; 60(4):252-7.
10. Shirvani H, Rahimi M, Rostamkhani F. Effect of a Karate Competition on Indicators of Inflammation and Muscle Tissue Injury in Soldier's Karate-Ka. *Journal Mil Med*. 2015 Dec 15; 17(3):137-43.
11. Nikbakht, H., A. Gaieni, and F. Nameni. Effects of a selected endurance training program on blood TNF- $\alpha$ , CD4, CD8, and IgA active females. (2008): 37-46. Persian.
12. Heydarzadeh A, Moradi F, Heydarzadeh Z, Mokari S. The Effect of Physical Activity on Serum Levels of Leptin and Reproductive Hormones in Active Women. *Journal of Knowledge & Health*. 2013; 7(4): 146-152.
13. Pescatello LS, Thompson WR, Gordon NF. A Preview of ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. *ACSM's Health & Fitness Journal*. 2009 Jul 1; 13(4):23-6.
14. Baylor L, Hackney A. Resting thyroid and leptin hormone changes in women following intense, prolonged exercise training. *European journal of applied physiology*. 2003 Jan 1; 88(4-5):480-4.
15. Boyden TW, Pamenter RW, Rotkis TC, Stanforth PH, Wilmore JH. Thyroidal changes associated with endurance training in women.



Medicine and science in sports and exercise. 1984 Jun; 16(3):243-6.

16. Wesche MF, Wiersinga WM. Relation between lean body mass and thyroid volume in competition rowers before and during intensive physical training. *Hormone and Metabolic Research*. 2001 Jul; 33(07):423-7.

17. Tremblay A, Poehlman ET, Després JP, Theriault G, Danforth E, Bouchard C. Endurance training with constant energy intake in identical twins: changes over time in energy expenditure and related hormones. *Metabolism*. 1997 May 31; 46(5):499-503.

18. Loucks AB, Callister R. Induction and prevention of low-T3 syndrome in exercising women. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 1993 May 1; 264(5):R924-30.

19. Loucks AB, Heath EM. Induction of low-T3 syndrome in exercising women occurs at a threshold of energy availability. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 1994 Mar 1; 266(3):R817-23.

20. Opstad PK, Falch D, Öktedalen O, Fonnum F, Wergeland R. The thyroid functions in young men during prolonged exercise and the effect of energy

and sleep deprivation. *Clinical endocrinology*. 1984 Jun 1; 20(6):657-69.

21. Hohtari H, Pakarinen A, Kauppila A. Serum concentrations of thyrotropin, thyroxine, triiodothyronine and thyroxine binding globulin in female endurance runners and joggers. *Acta endocrinologica*. 1987 Jan 1; 114(1):41-6.

22. De Souza Vale RG, de Oliveira RD, Pernambuco CS, da Silva Novaes J, de Andrade AD. Effects of muscle strength and aerobic training on basal serum levels of IGF-1 and cortisol in elderly women. *Archives of gerontology and geriatrics*. 2009 Dec 31; 49(3):343-7.

23. Kripke DF, Garfinkel L, Wingard DL, Klauber MR, Marler MR. Mortality associated with sleep duration and insomnia. *Archives of general psychiatry*. 2002 Feb 1; 59(2):131-6.

24. Galbo H. Endocrinology and metabolism in exercise. *International Journal of Sports Medicine*. 1981 Aug; 2(04):203-11.

25. Tofighi A, Dehkordi AJ, Tartibian B, Shourabeh FF, Sinaei M. Effects of Aerobic, Resistance, and Concurrent Training on Secretion of Growth Hormone and Insulin-Like Growth Factor-1 in Elderly Women. *Journal of Isfahan Medical School*. 2012 Jun 11; 30(184)