

تبادل آنابولیک به کاتابولیک بدن انسان در پاسخ به یک وهله دویدن با شدت زیربیشینه در مردان جوان فعال

دکتر مقصود پیری^۱، منا میرسپاسی^۲، دکتر محمدعلی آذربایجانی^۳، محمدعلی کهن پور^۲، مهدیه نصیری اوانکی^۲

۱. استادیار گروه فیزیولوژی ورزش دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز
۲. کارشناس ارشد گروه فیزیولوژی ورزش دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز
۳. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزش دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز
۴. مدرس مجتمع عالی پیامبر اعظم (ص)

آدرس: تهران، خ پیروزی، خ اول نیروی هوایی، فرعی ۱/۳۳، پلاک ۲۴

شماره تماس ارائه دهنده مقاله: ۰۹۱۲۶۸۵۳۹۸۵ منا میرسپاسی

ایمیل: MONA.SEPAS@yahoo.com

تاریخ ارسال مقاله: ۳۰ دی ماه ۱۳۸۹

چکیده:

شدت ۶۰٪ حداکثر اکسیژن مصرفی احتمالاً شدت آستانه جهت افزایش پاسخ کاتابولیک نسبت به آنابولیک است اما یافته های متناقض باعث شده است تا پژوهشگران بدنبال تعیین این شدت آستانه باشند. ۱۰ مرد جوان فعال داوطلب شرکت در پژوهش با میانگین سنی $24 \pm 3/69$ سال، قد $178/7 \pm 6/12$ سانتیمتر و وزن $72/52 \pm 9/59$ کیلوگرم در یک وهله تمرین هوازی شامل ۳۰ دقیقه دویدن با شدت ۶۰٪ حداکثر اکسیژن مصرفی شرکت کردند. قبل، بلافاصله بعد و ۲ ساعت بعد از تمرین نمونه خون گرفته شد. جهت بررسی تغییرات متغیرها، از آزمون ANOVA با اندازه گیری مکرر استفاده شد. علظت تستوسترون و کورتیزول سرم بلافاصله بعد از تمرین افزایش و بعد از آن کاهش یافتند، که این تغییرات معنادار بود ($P < 0.05$). اما افزایش کورتیزول بیشتر بود. نسبت تستوسترون به کورتیزول بلافاصله بعد از تمرین کاهش یافت، که بعد از آن تا ۲ ساعت بعد از تمرین به سمت مقادیر استراحتی حرکت کرد. اگرچه این تغییرات معنادار نبود ($P > 0.05$) یافته های ما حاکی از پاسخ کاتابولیک بلافاصله بعد از تمرین هوازی با ۶۰٪ حداکثر اکسیژن مصرفی بود. عامل اصلی این کاهش، افزایش بیشتر کورتیزول بود. به نظر می رسد فعالیت هوازی با شدت ۶۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی به مدت ۳۰ دقیقه یک فعالیت محرک افزایش پاسخ کاتابولیک نسبت به آنابولیک می باشد. با این حال در مورد ورزشکاران و افراد تمرین کرده، نیاز به بررسی های بیشتر می باشد.

واژگان کلیدی: کاتابولیک، آنابولیک، تمرین هوازی، شدت آستانه

Anabolic to catabolic human body response to a session sub maximal running in young active mans.

Peeri .M¹ , Mirsepasi . M² Azarbayjani , M. A³ , Kohanpur , M. A². Nasiri Avanaki .

M²Mirsepasi . Z⁴

1-Assistant Professor, School of Physical Education and Sport Sciences, Central Tehran Azad University

2- M. Sc. Student, School of Physical Education and Sport Sciences, Central Tehran Azad University

3-Associated Professor, School of Physical Education and Sport Sciences, Central Tehran Azad University

4 -Lecturer School of Physical Education and Sport Sciences , piambar azam University(P.B.U.H)

Abstract

The intensity of 60% VO_{2max}, might be a threshold intensity for increasing anabolic to catabolic response .But different foundings coused to investigated for determining these threshold intensity .10 young active volunteer men with the average age 24 ±3.69 ,high 178.7±6.12 cm ,weight 72.52±9.59 kg participated in this study. They ran, in an aerobic training, 30 minute on treadmill with that 60% VO_{2max}. The blood sampling were taken before ,immediately and two hour after training .Statistics analyses were performed by ANOVA- repeated measure to compare varieties between variants .serum cortisol and testosterone concentration increased immediately after training , and then decreased. these diffrents were significant (P<0.05) but increasing cortisol was higher .testosterone to cortisol ratio decreased immediately after training .and return to rest quantities , 2 hour after it. although these diffrents was not significant(P>0.05).our findings shows catabolic response immediately after 60% VO_{2max} aerobic training .Increasing cortisol is the essential factor of these decrease. 60% VO_{2max} aerobic training for 30 min seems to be a stimulus activity that could increase catabolic to anabolic response. However we need more investigations on athlete and training persons.

Keywords :catabolic, anabolic , aerobic training , threshold intensity

مقدمه

نقش ارزنده ورزش و فعالیت بدنی در حفظ تندرستی و گذران اوقات فراغت انسان بر کسی پوشیده نیست. هنگام ورزش، بدن با تقاضاهای زیادی روبروست که تغییرات فیزیولوژیکی بسیاری را موجب می شوند. برای ادامه حیات باید هومئوستاز ثابت نگه داشته شود. هر چه شدت فعالیت بیشتر باشد حفظ هموستاز دشواری بیشتری خواهد داشت. بسیاری از تنظیم های مورد نیاز طی ورزش به وسیله دستگاه عصبی انجام می شود. دستگاه دیگری وجود دارد که به طور واقعی با تمام سلول های بدن در ارتباط است. این دستگاه همواره محیط درونی بدن را کنترل می کند. تمام تغییرات را ثبت می کند و به سرعت به آنها پاسخ می دهد، تا اطمینان حاصل کند هومئوستاز دچار اختلال شدید نمی شود. این همان دستگاه غدد درون ریز است که کنترل خود را با رها سازی هورمون ها اعمال می کند (۱) از بین این هورمون ها به هورمون های متابولیکی (آنابولیک - کاتابولیک) توجه بیشتری شده است. اگر هورمون های کاتابولیک متعاقب فعالیت افزایش یابند، نشانه فشار بالای تمرین می باشد و یا اگر تعادل بین هورمون های آنابولیک و کاتابولیک برقرار باشد، ورزشکار در حالت آمادگی خوبی به سر می برد و یا شدت ورزش از حد متوسط و رو به پائینی برخوردار است (۲). در این رابطه هورمون تستوسترون به عنوان یک هورمون آنابولیک و کورتیزول به عنوان یکی از مهمترین هورمون های کاتابولیک بیش از سایر هورمون ها مورد توجه قرار گرفته اند و نسبت این هورمون ها به یکدیگر شاخص بسیار سودمندی برای تعیین وضعیت آمادگی فرد می باشد (۳). یک جلسه تمرین شدید و یا طولانی ممکن است موجب تغییرات موقت در تعادل بین روند های آنابولیک و کاتابولیک گردد. تغییر در این تعادل به شدت و مدت تمرین وابسته است. برای اولین بار آدلرکروست و همکاران (۱۹۸۶) نسبت تستوسترون به کورتیزول را به عنوان یک ابزار تشخیصی برای نمایش فشار تمرین مطرح نمودند (۳). الگوی دقیق پاسخ این نسبت به برنامه های تمرینی مشخص نیست، افزایش (۴) یا کاهش (۵) این نسبت، بعد از تمرین گزارش شده است. هرچند عدم تغییر (۶) نیز در ادبیات پژوهش به چشم می خورده است. اکثر پژوهش ها نشان می دهد که ترشح کورتیزول با شدت ورزش افزایش می یابد. در این ارتباط در سال ۱۹۶۵ پژوهشگرانی به رهبری کورنیل کاهشی در غلظت کورتیزول پلاسما در جریان ورزشی با شدت متوسط و کوتاه زمان بدست می آورند. همین نکته در سال ۱۹۶۹ توسط ریموند و همکارانش گزارش گردید. محققان دیگر به نامهای دیویس و فیو در سال ۱۹۷۳ به روشنی نشان دادند، که شدت ورزش در تعیین پاسخ کورتیزول حائز اهمیت است. آنها افرادی را در فعالیتهای یک ساعتی و با شدت های گوناگون از ۴۰ تا ۸۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی مورد مطالعه و بررسی قرار دارند، این افراد زمانی که با شدت ۴۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی به ورزش پرداختند، کورتیزول پلاسما آنها حتی بیشتر از یک بار کاهش یافت، در حالی که با افزایش شدت ورزش تا ۸۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی پاسخ کورتیزول معکوس شد و غلظت آن در پلاسما افزایش یافت. در پژوهشی دیگر، زمانی که شدت ورزش از ۶۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی فراتر می رفت و از دید آزمودنیها پنهان نگاه داشته می شد، غلظت کورتیزول اندازه گیری شد. در این آزمونها با گذشتن شدت ورزش از ۶۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی، غلظت کورتیزول پلاسما افزایش یافت، در حالیکه در شدت های زیر ۶۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی، غلظت کورتیزول کاهش یافت. سطوح بیشینه یا کورتیزول پلاسما به دنبال ورزش درازمدت، از جمله در دوندگان ماراتون، مشاهده شده است. حتی در مقادیر کمتر (سبک)، اگر دوره ورزش به اندازه کافی طولانی باشد، کورتیزول پلاسما افزایش می یابد. اهمیت مدت ورزش به عنوان یک عامل تأثیر گذار بر پاسخ کورتیزول توسط بونن مطرح گردید. هنگامی که مدت ورزش تا ۳۰ دقیقه ادامه یابد، سطح کورتیزول پلاسما نیز در حدود ۲ برابر افزایش پیدا می کندساتن و همکاران (۱۹۷۷) هم بالاترین سطح کورتیزول متعاقب یک دو ماراتون در ۱۱ مورد گزارش کردند. سطح آمادگی جسمانی فرد و پاسخ کورتیزول در جریان ورزش توسط ساتن و همکارانش مورد آزمایش قرار

گرفت. آنها نشان دادند که پاسخ های کورتیزول در افراد ورزشیده و غیرورزشیده، در حالیکه شدت تمرین در محدوده نسبی ثابتی مثلاً درصد ثابت حداکثر اکسیژن مصرفی انجام شد، یکسان بود (۷). بادی و همکاران (۲۰۱۰) و تانسکانن و همکاران (۲۰۱۰) افزایش معنادار کورتیزول را گزارش کردند (۸، ۹). راستاد و همکاران (۲۰۰۰) کاهش معنادار را مشاهده کردند. نشان داده شده است غلظت سرمی تستوسترون در حین یک فعالیت پر فشار، بالا می رود و تا نیم الی یک ساعت بعد از پایان نیز همچنان بالا می ماند. بعد از دوره های پر فشار از تمرینات استقامتی دیده شده در بعضی روزها تغییرات هورمونی تا ۱۲ ساعت باقی می ماند. در تحقیق بر روی ۴۵ مرد سالم که به مدت ۶۰ تا ۹۰ دقیقه به فعالیت هایی (دویدن، روئینگ، دوچرخه سواری) با شدت های ۶۵ تا ۷۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی پرداختند، کاهش غلظت تستوسترون آنها را گزارش کرده اند با توجه به ادبیات پژوهش به نظر می رسد شدت آستانه برای افزایش کورتیزول و ایجاد پاسخ کاتابولیک چیزی در حدود ۶۰٪ حداکثر اکسیژن مصرفی باشد. اما جالب اینکه در این شدت نتایج متناقضی گزارش شده است. هدف از پژوهش حاضر، بررسی پاسخ حاد تعادل آنابولیک به کاتابولیک بدن انسان به یک وهله دویدن هوازی با شدت ۶۰٪ حداکثر اکسیژن مصرفی در مردان جوان فعال می باشد.

مواد و روشها

شرکت کنندگان

شرکت کنندگان در پژوهش شامل ۱۰ مرد جوان فعال با میانگین سنی $24 \pm 3/69$ سال، قد $178/7 \pm 6/12$ سانتیمتر، وزن $72/52 \pm 9/59$ کیلوگرم، حداکثر اکسیژن مصرفی $47 \pm 4/86$ میلی لیتر در کیلوگرم در دقیقه و شاخص توده بدن $22/62 \pm 1/88$ کیلوگرم بر مجذور قد به متر بودند، که در ۲ سال گذشته حداقل ۲ و حداکثر ۴ روز در هفته، فعالیت بدنی منظم داشتند. با اعلام فراخوان در سطح دانشگاههای تهران و بیان اهداف پژوهش، ۱۰ دانشجوی مرد واجد شرایط و داوطلب شرکت در پژوهش پس از دریافت رضایت نامه و انجام معاینات و آزمایشات پزشکی به صورت هدفمند انتخاب شدند.

برنامه تمرینی

ابتدا در روز اول توان هوازی شرکت کنندگان بوسیله آزمون بروس روی نوارگردان در حضور پزشک اندازه گیری شد (۱۰). بعد از ۴۸ ساعت استراحت، شرکت کنندگان در جلسه تمرین اصلی حاضر شدند و از آنها خواسته شد در این مدت از انجام فعالیت های بدنی پرهیز نمایند. آنها در یک وهله تمرین هوازی شامل ۳۰ دقیقه دویدن با شدت ۶۰٪ حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_2Max) شرکت کردند.

جمع آوری نمونه خون و تجزیه و تحلیل هورمونی

قبل، بلافاصله بعد و ۲ ساعت بعد از تمرین از شرکت کنندگان نمونه خون گرفته شد. شرکت کنندگان در یک وضعیت ثابت و نشسته قرار گرفته و از ورید میانی (باسلیک) با سرنگ ۵ سی سی خون گیری به عمل آمد. نمونه های جمع آوری شده داخل لوله های استریل حاوی K3EDTR ریخته شد. لوله های هپارینه و EDTR درون یخ قرار گرفت و سپس تا چند دقیقه در دمای محیط باقی ماند. سپس توسط سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه با دور 3500 RPM سرم از پلاسما جدا شد. کلیه نمونه های خونی به صورت فریز شده در دمای -20 درجه سانتی گراد تا رسیدن به آزمایشگاه نگهداری شدند. لازم به ذکر است که از شرکت کنندگان خواسته شده بود که از شب قبل از تمرین تا پایان نمونه گیری ها از مصرف سیگار، الکل یا کافئین خودداری نمایند. همچنین تمرینات در محیط آزمایشگاهی و تحت شرایط دمایی یکسان،

انجام شد، تا از تاثیر مغل دمای محیط و چرخه بیولوژیکی زمان بر نتایج، پرهیز شود. هورمون تستوسترون به روش کمی لو میسانس chemiluminescence و با استفاده از کیت dbc ساخت کشور کانادا با دقت ۰/۴ نانوگرم در میلی لیتر اندازه گیری شد. هورمون کورتیزول به وسیله کیت الایزا و با استفاده از کیت Autbio ساخت کشور استرالیا با دقت ۰/۹۶ میکروگرم در دسی لیتر اندازه گیری شد. نسبت بین تستوسترون به کورتیزول نیز بعد از تبدیل واحد مقادیر هر دو هورمون به نانومول بر لیتر محاسبه شد. برای تبدیل واحد تستوسترون از فرمول $T \cdot 0.000347$ و برای تبدیل واحد کورتیزول از فرمول $C \cdot 27.59$ استفاده شد.

روش آماری

در پژوهش حاضر ابتدا برای اطمینان از طبیعی بودن توزیع و تعیین آزمون آماری از نوع پارامتریک یا ناپارامتریک با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، داده های حاصل از پژوهش مورد بررسی قرار گرفتند و مشخص شد داده ها دارای توزیع طبیعی هستند. لذا برای بررسی تغییرات متغیرها از قبل تا بلافاصله بعد و تا ۲ ساعت بعد از تمرین، از آزمون آنووا با اندازه گیری مکرر استفاده شد.

یافته ها

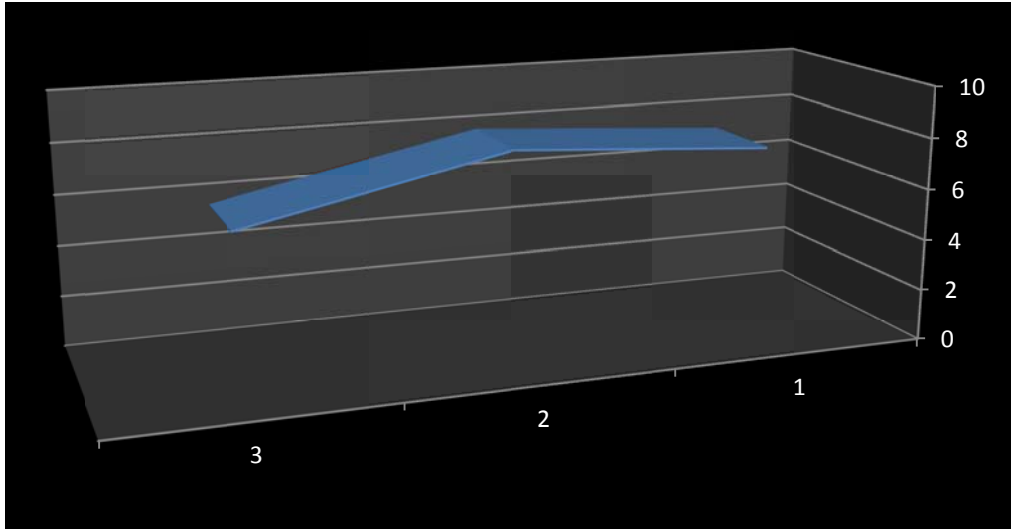
جدول ۱ تغییرات متغیرهای مورد مطالعه را از قبل تا بلافاصله بعد و تا ۲ ساعت بعد از تمرین نشان می دهد.

جدول ۱: تغییرات متغیرهای مورد مطالعه از قبل تا بلافاصله بعد و تا ۲ ساعت بعد از تمرین

۲ ساعت بعد	بلافاصله بعد	قبل	
$5/88 \pm 3/44$	$8/05 \pm 1/58$	$7/43 \pm 2/01$	تستوسترون (نانوگرم در میلی لیتر) *
$10/02 \pm 4/12$	$14/59 \pm 4/87$	$8/62 \pm 2/11$	کورتیزول (میکروگرم در دسی لیتر) *
$0/000011 \pm 0/000005$	$0/000007 \pm 0/000005$	$0/00001 \pm 0/000005$	نسبت تستوسترون به کورتیزول (نانومول بر لیتر)

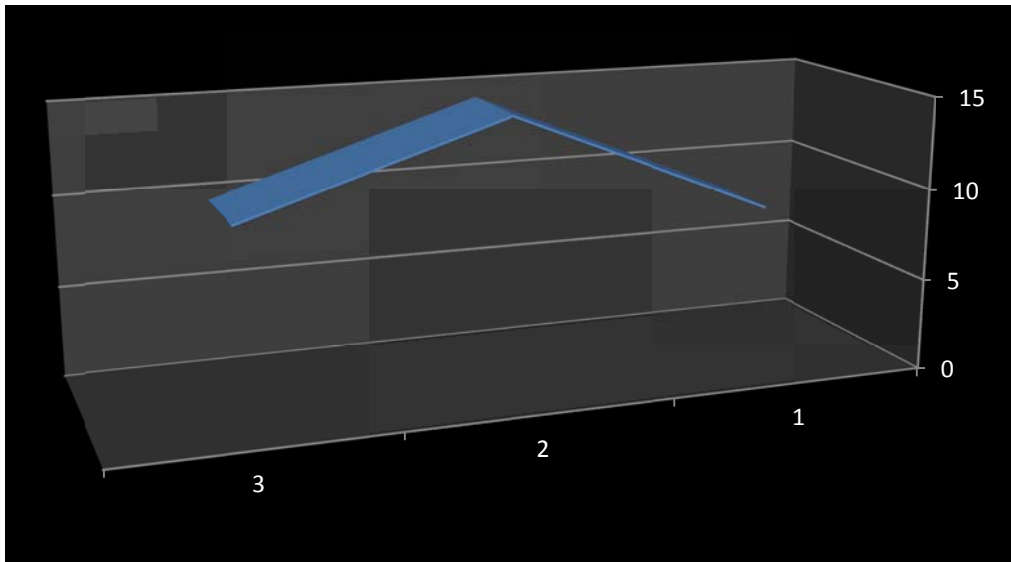
* معنا دار در سطح $\alpha \leq 0.05$

علظت تستوسترون سرم بلافاصله بعد از تمرین افزایش یافت اما بعد از آن کاهش یافت و ۲ ساعت بعد از تمرین از مقادیر قبل از تمرین نیز کمتر بودند. اگرچه این تغییرات معنادار بود ($P < 0.05$)، آزمون T جفتی با اصلاحیه بنفرونی تفاوت معنادار را نشان نداد. ($p > 0.05$) . با این حال بیشترین تفاوت بین بلافاصله بعد از تمرین و ۲ ساعت بعد از تمرین بود.



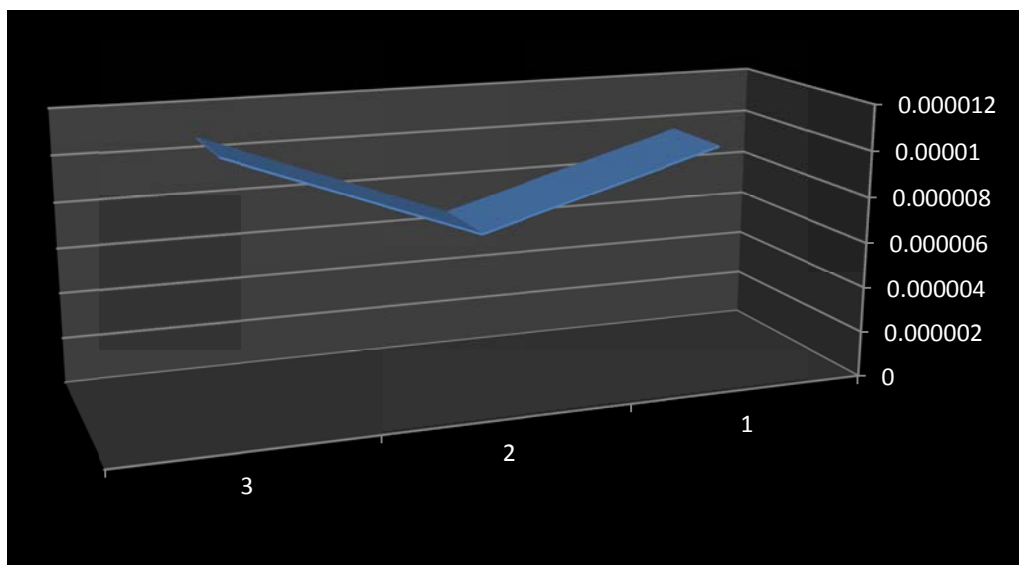
نمودار ۱- تغییرات تستوسترون قبل، بلافاصله بعد و دو ساعت بعد از تمرین

غلظت کورتیزول سرم بلافاصله بعد از تمرین به مقدار بیشتری نسبت به افزایش مشاهده شده در تستوسترون بلافاصله بعد از تمرین، افزایش یافت. اما بعد از آن به سمت مقادیر استراحتی حرکت کرد. با این حال در ۲ ساعت بعد از تمرین هنوز نسبت به مقادیر قبل از تمرین بیشتر بود. این تغییرات معنادار بود ($P < 0.05$). آزمون T جفتی با اصلاحیه بنفرونی تفاوت معنادار را بین قبل از تمرین و بلافاصله بعد از تمرین نشان داد.



نمودار ۲- تغییرات کورتیزول قبل، بلافاصله بعد و دو ساعت بعد از تمرین

نسبت تستوسترون به کورتیزول سرم بلافاصله بعد از تمرین کاهش یافت، اما بعد از آن تا ۲ ساعت بعد از تمرین به سمت مقادیر استراحتی حرکت کرد. این تغییر معنادار نبود ($P>0.05$). نمودار ۱ و ۲ و ۳ تغییرات متغیرهای مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



نمودار ۳- تغییرات نسبت تستوسترون به کورتیزول قبل، بلافاصله بعد و دو ساعت بعد از تمرین

بحث و نتیجه گیری

بر اساس یافته های پژوهش حاضر غلظت تستوسترون سرم بلافاصله بعد از تمرین افزایش یافت. این همسو با یافته های بادی و همکاران (۲۰۱۰) (۸) و تانسکانن و همکاران (۲۰۱۰) (۹) بود که افزایش معنادار را گزارش کردند. با این حال یافته های ما با یافته های راستاد و همکاران (۲۰۰۰) در تضاد بود که کاهش معنادار را مشاهده کردند. اما تستوسترون سرم پس از افزایش اولیه، تا ۱ ساعت بعد از تمرین کاهش یافت و در این زمان حتی از مقادیر قبل از تمرین نیز کمتر بود. اگرچه، تمرینات مقاومتی شدید منجر به افزایش غلظت تستوسترون می شود (۱۱، ۱۲). اما معمولاً فعالیت های هوازی باعث افت در تستوسترون سرم می شوند. ساتن و همکاران (۱۹۷۳)، پاسخ هایی را در آندروژن های سرم در پاسخ به ورزش های بیشینه اما نه در ورزش های زیر بیشینه مشاهده کردند (۱۳). هنگامی که کیندرمن و همکاران (۱۹۸۲) ۱۴٪ افزایش در غلظت پلاسمایی تستوسترون را به دنبال آزمون های دویدن بی هوازی زیر بیشینه تا رسیدن به اماندگی گزارش کردند (۱۴)، ویلکرسون و همکاران (۱۹۸۰) هیچ تغییراتی را در غلظت سطوح تستوسترون به دنبال ۲۰ دقیقه دویدن در شدت های مختلف ورزشی پایین که مرتبط با حداکثر اکسیژن مصرفی می باشد، گزارش نکردند (۱۵). مکانیسم های تغییرات ناشی از ورزش در غلظت تستوسترون در چرخش تا کنون به طور کامل روشن نشده است (۱۵). از طرف دیگر پاسخ هورمونها به فعالیتهای جسمانی تابعی از سطح آمادگی جسمانی آزمودنیها (۲۵، ۱۶)، نوع (۱۵، ۱۶، ۱۸، ۱۷)، شدت (۲۱) و مدت برنامه تمرینی می باشد (۱۶، ۲۲، ۲۳). همچنین بر اساس یافته های پژوهش حاضر غلظت کورتیزول سرم بلافاصله بعد از تمرین به طور معنادار افزایش یافت، اما بعد از آن به سمت مقادیر استراحتی

کاهش یافت. این نتایج با یافته‌های رادولف و همکاران (۱۹۹۸) موافق بود. (۲۲) اما یافته‌های حاضر در تضاد با مطالعاتی که عدم تغییر معنادار (۲۸) یا کاهش کورتیزول (۲۶) در پاسخ به فعالیت بدنی را مشاهده کردند می‌باشد. یافته‌های متضاد احتمالاً مربوط به سطح آمادگی آزمودنی‌ها می‌باشد (۱۵،۲۴). یافته‌هایی دیگر کاهش معنادار پاسخ کورتیزول به فعالیت زیر بیشینه را گزارش کرده‌اند (۲۸). شدت یک عامل اصلی در پاسخ کورتیزول به فعالیت است (۲۹). پژوهشگران باور دارند که محور هیپوتالاموس هیپوفیز آدرنال در ورزشکاران حرفه‌ای ممکن است به افزایش پاسخ کورتیزول منتهی شود (۳۰). اگرچه، افزایش معنی‌دار در پاسخ کورتیزول به شدت تمرین گزارش شده (۳۱)، تعدادی از محققین اعتقاد دارند که شدت اثر کمتری بر ترشح کورتیزول دارد. گزارشاتی هم نشان می‌دهد که فشارهای تمرینی (۳۲) به افزایش کورتیزول منتهی می‌شود. مشاهدات عمومی توجه ما را جلب می‌کند که سطوح پلاسمایی کورتیزول به طور پیشرونده‌ای در طول ورزش سنگین بالا می‌رود (۱۵). کورتیزول افزایش یافته بعد از ورزش ممکن است در کاتابولیسم عضلات شرکت داشته باشد (۱۵). در این ارتباط نشان داده شده است که شدت ورزش در تعیین پاسخ کورتیزول حائز اهمیت است. زمانی که شدت تمرین ۴۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی باشد، کورتیزول پلازما حتی بیشتر از یک بار کاهش می‌یابد، در حالی که با افزایش شدت ورزش تا ۸۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی پاسخ کورتیزول معکوس می‌شود و غلظت آن در پلازما افزایش خواهد یافت. اظهار شده است زمانی که شدت ورزش از ۶۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی فراتر رود کورتیزول پلازما افزایش می‌یابد در حالیکه در شدتهای زیر ۶۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی، غلظت کورتیزول کاهش می‌یابد و شدت تمرین در پژوهش حاضر نیز معادل ۶۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی بود در هر صورت تغییرپذیری فردی زیادی در تغییرات تستوسترون و کورتیزول مشاهده شده است که در شرایط فشار فیزیولوژیکی اتفاق می‌افتد (۱۵،۳۳). همچنین در پژوهش حاضر نسبت تستوسترون به کورتیزول بلافاصله بعد از تمرین کاهش یافت، اما بعد از آن به سمت مقادیر استراحتی حرکت کرد و اگرچه این تغییر معنادار نبود اما یافته‌های ما حاکی از پاسخ کاتابولیک بلافاصله بعد از تمرین هوازی با ۶۰٪ حداکثر اکسیژن مصرفی بود. در مطالعات دیگر افزایش بیشتر تستوسترون مشاهده شد (۲۷). که این تفاوت در نتایج به پروتکل تمرینی متفاوت مربوط می‌باشد. به نظر می‌رسد تمرین با شدت ۶۰٪ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی و مدت ۳۰ دقیقه، محرک آستانه‌ای برای افزایش کورتیزول و پاسخ کاتابولیک باشد. یافته‌هایی از مطالعات قبلی نشان می‌دهد که تستوسترون و کورتیزول تحت تأثیر شدت فعالیت هستند (۲۹). به هر حال همان‌گونه که اشاره شد، سطح آمادگی جسمانی و تغییر پذیری فردی ممکن است این شرایط را تغییر دهد. کاهش نسبت تستوسترون به کورتیزول ممکن است استرس بیشتر فیزیولوژیک را در پاسخ به انجام برنامه تمرینی در این مطالعه را نشان دهد. لذا اگرچه پژوهش‌های بیشتری با به چالش کشیدن عوامل دیگر مورد نیاز است، اما فعالیت هوازی با شدت ۶۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی به مدت ۳۰ دقیقه یک فعالیت محرک افزایش پاسخ کاتابولیک نسبت به آنابولیک می‌باشد. با این حال در مورد ورزشکاران و افراد تمرین کرده احتمالاً نیاز به بررسی‌های بیشتر می‌باشد.

منابع

۱. گایتون، آر تور (۱۹۹۶) فیزیولوژی پزشکی. ترجمه احمد رضا نیاورانی. ویرایش نهم، تهران نشر طبیب
۲. میرزا آقا بیگ، حسن (۱۳۸۰). تأثیر یک جلسه تمرین تا سر حد خستگی بر تستوسترون و کورتیزول سرمی و بررسی نسبت تستوسترون آزاد به کورتیزول در بازیکنان نخبه بسکتبال؛ پایان نامه کارشناسی ارشد؛ دانشگاه تهران.
3. Adlercreutz, H., Harkonen, M., Kuoppasalmi, K., Nveri, H., Huhtaniemi, I., Remes, K., Kessypris, A. and Karvonen, J. Effect of training on plasma anabolic and catabolic steroid hormones and their response during physical exercise. *Int. J. Sports Med.* 7: 27-28, 1986.
4. Gonza'lez-Bono, E., Salvador, A., Serrano, M.A., Moya-Albiol, L., Mart'inez-Sanchis, S. (2001). Effects of training volume on hormones and mood in basketball players. *International Journal of Stress Management*, 4:263-273
5. Snegovskaya, V; Viro . A; 1993. Steroid and Pituitary Hormone Responses to Rowing Relative Significance of Exercise Intensity and Duration and Performance Level. *Eu. J. Appl. Physiol* 67: 59 – 65
6. Vervoorn, C, Quist A. M; Vermulst. L. J. M; Erich. W. B. M, Devries. W. R, Thijssen. J. H. H. 1991. The Behavior of the plasma Free Testosterone Cortisol Ration during Season of Elite Rowing Training. *Int. J. sports. Med.* 3:254-263
7. Sutton JR (1977) Effect of acute hypoxia on the hormonal response to exercise. *J Appl Physiol* 42: 587-592
8. Budde H, Voelcker-Rehage C, Pietrassyk-Kendziorra S, Machado S, Ribeiro P, Arafat AM. Steroid hormones in the saliva of adolescents after different exercise intensities and their influence on working memory in a school setting. *Psychoneuroendocrinology*. 2010 Apr; 35(3):382-91. Epub 2009 Aug 27.
9. Tanskanen MM, Kyröläinen H, Uusitalo AL, Huovinen J, Nissilä J, Kinnunen H, Atalay M, Häkkinen K. Serum Sex Hormone-Binding Globulin and Cortisol Concentrations are Associated With Overreaching During Strenuous Military Training. 2010 Jun 10
10. Maud P.J., and Foster C., (1995). Physiological assessment of human fitness., champaign, il : human kinetics
11. Maso, F., Lac, G., Filaire, E., Michaux, O., Robert, A. (2002). "Salivary testosterone and cortisol in rugby players: correlation with psychological overtraining items". *Br. J. Sport Med.* 38 ; 260-263.
12. Häkkinen, K. and Pakarinen, A. Serum hormones in male strength athletes during intensive short term strength training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 63: 194-199, 1991.
13. Sutton, J.R., Coleman, M.J., Casey, J. and Lazarus, L. Androgen responses during physical exercise. *Brit. Med. J.* 1: 520-522, 1973.
14. Kindermann, W., Schnabel, A., Schmidt, W.M., Biro, G., Cassens, J. and Weber, F. Catecholamine, growth hormone, cortisol, insulin and sex hormones in anaerobic and aerobic exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 49: 389-399, 1982.
15. Ray-Yau Wang¹, Shiow-Chwen Tsai², Jing-Jong Chen¹ and Paulus S. Wang²., The Simulation Effects of Mountain Climbing Training on Selected Endocrine Responses., *Chinese Journal of Physiology* 44(1): 13-18, 2001.
16. Kuoppa Sulmi. K. Naveri. Har Konen. M; Adlercreutz. H; 1980. Plasma Cortisol, Androstendione ,Testosterone and luteinizing Hormone in Running Exercise of Different Intensities. *Scand J. Clin Lab. Invest.* 40: 403 - 409
17. Kraemer .W .J; Fleck .S. J; Callister, R; Sllaley. M; Dadly. G.A; Marsh .C.M; Marchitelli. L; Cruthirds. .Ch; Murray. T; Falkel. J. E; 1989. Training Responses of Plasma Beta-endorphin, Adrenocorticotrophin and Cortisol. *Med. Sic. Sport. Exerc.* 2:146 – 153
18. Hu.Y; Asano . K, Mizuno. K; Usuki. S; Kawakura. Y. 1999 Serum Testosterone Responses to Continuous and Intermittent Exercise Training in Male Rats *Int. J. Sport .Med.* 20: 12 – 16
19. Hackney. A. C; Premo. M. C; McMurray. R. G; 1995. Influence of Aerobic versus Anaerobic Exercise on the Relation ship Between Reproductive Hormones in Men .*J. Sport. Sci.* 13: 305 – 311

20. Kaciuba-Uscilko. H; Kruk. B; Szczypaczewska. M. Opaszowki. B; Stupnicka. E; Bicz. B; nazar. K, 1992. Metabolic Body temperature and Hormonal Responses to Repeated J. Appl Physiol. 64: 26 – 31
21. Kenefic. R. W; Maresh. C. M; Armstrong. L. E; Castellani J. W, Whittlesey. M; Hoffman. J. R, Bergeron. M. F. 1998 Plasma Testosterone and Cortisol Responses to training-Intensity Exercise in mild and Hot Environments. Int J Sports. Med. 19: 177-181
22. Hakkinen. K; Keskinen. K. L; Alen. M, Komi. P. V; Kahanen. H; 1989. Serum Hormone Concentrations During Prolonged Training in Elite Endurance. Trained Man Strength. Trained Athletes. Eur. J. Appl. Physiol. 59: 233-238
23. Kuoppa salmi. K; Naveri. H; Rehunen. S; Harkonen. M; Adlercreutz. H; 1976. Effect of Strenuous Anaerobic Running Exercise on Plasma Growth Hormone Cortisol Luteinizing Hormone, Testosterone, Androstenedione, Estrone and Estradiol. J. Steroid Biochemistry. 7: 823 – 829
24. Bouissou P., Fiet J., Guezennec CY., Pesquies PC., Plasma adrenocorticotrophin and cortisol responses to acute hypoxia at rest and during exercise.
25. Rudolph DL, McAuley E. Cortisol and affective responses to exercise. J Sports Sci. 1998 Feb; 16(2):121-8.
26. Rahman ZA, Abdullah N, Singh R, Sosroseno W. Effect of acute exercise on the levels of salivary cortisol, tumor necrosis factor and nitric oxide. J Oral Sci. 2010; 52(1):133-6.
27. Doan BK, Newton RU, Kraemer WJ, Kwon YH, Scheet TP. Salivary Cortisol, Testosterone, and T/C Ratio Responses during a 36-hole Golf Competition. Int J Sports Med. 2007 Jun; 28(6):470-9. Epub 2006 Nov 16.
29. Budde H, Voelcker-Rehage C, Pietrassyk-Kendziorra S, Machado S, Ribeiro P, Arafat AM. Steroid hormones in the saliva of adolescents after different exercise intensities and their influence on working memory in a school setting. Psychoneuroendocrinology. 2010 Apr; 35(3):382-91. Epub 2009 Aug 27.
30. Viru, A. 1992. Mechanism of general adaptation. Medical Hypothesis 38:296-300. Med Hypotheses. 1992 Aug; 38(4):296-300.
31. Duclos M, Corcuff JB, Arsac L, Moreau-Gaudry F, Rashedi M, Roger P, Tabarin A, Manier G. Corticotroph axis sensitivity after exercise in endurance-trained athletes. Clin Endocrinol (Oxf). 1998 Apr; 48(4):493-501.
32. Haneishi K, Fry AC, Moore CA, Schilling BK, Li Y, Fry MD. Cortisol and stress responses during a game and practice in female collegiate soccer players. J Strength Cond Res. 2007 May; 21(2):583-8.
33. Fahaid H. Al-Hashem., The Effect of High Altitude on Blood Hormones in Male Westar Rats in South Western Saudi Arabia., American Journal of Environmental Sciences 6 (3): 268-274, 2010 ISSN 1553-345X.