

ارتباط بین سرعت در نقطه چرخش لاکتات و مدت زمان ماندن در VO_{2max} هنگام دویدن با سرعت vVO_{2max} در دوندگان استقامتی و نیمه استقامتی حرفه‌ای

۹۴
تاریخ دریافت: ۸۷/۱۲/۲۷
تاریخ تصویب: ۸۷/۳/۳۱

❖ ندا خالدی؛ دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزش دانشگاه تهران*
❖❖ دکتر عباسعلی گائینی؛ دانشیار دانشگاه تهران
❖❖❖ دکتر محمدرضا کردی؛ استادیار دانشگاه تهران
❖❖❖❖ ملیحه نعیمی کیا؛ دانشجوی دکتری رفتار حرکتی دانشگاه تهران

چکیده: هدف تحقیق حاضر عبارت است از مطالعه ارتباط بین سرعت دویدن در نقطه چرخش لاکتات (vLTP) و زمان ماندن در VO_{2max} (TVO_{2max}) هنگام فعالیت با vVO_{2max} تا رسیدن به درماندگی در دوندگان استقامتی و نیمه استقامتی. بدین منظور ۱۱ دوندۀ عضو تیم ملی دو و میدانی (۹مرد و ۲زن) در رشته‌های استقامتی و نیمه استقامت با میانگین سن، قد و وزن - به ترتیب $24/36 \pm 1/1$ سال، $173/36 \pm 2/1$ سانتی متر، $63/25 \pm 2/1$ کیلوگرم - آزمودنی این تحقیق انتخاب شدند. هر آزمودنی در سه آزمون مجزا تا رسیدن به درماندگی روی نوارگردان با شیب صفر درجه و در ۳ روز متفاوت به فاصله حداقل ۴۸ ساعت شرکت کردند. آزمون اول به منظور سنجش VO_{2max} و vVO_{2max} با سرعت اولیه ۱۰ کیلومتر در ساعت تا رسیدن به درماندگی انجام شد. در آزمون دوم TVO_{2max} ، $TlimVO_{2max}$ و $TAVO_{2max}$ آزمودنی‌ها سنجیده شد. سرعت اولیه دستگاہ متناسب با vVO_{2max} آزمودنی‌ها تنظیم شد. در آزمون سوم vLTP آزمودنی سنجیده شد. شروع آزمون با سرعت ۱۰ کیلومتر در ساعت بود که پس از هر ۴ دقیقه ۱ کیلومتر در ساعت بر سرعت نوارگردان افزوده می‌شد، تا غلظت لاکتات آزمودنی به فراتر از ۵ میلی مول برسد. اطلاعات مربوط به گازهای تنفسی با استفاده از دستگاہ تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی اندازه گیری شد. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از نرم افزار SPSS مدل ۱۲ و روش آماری ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. یافته‌های پژوهش نشان داد ارتباط معناداری بین vLTP نسبی (vVO_{2max}) و TVO_{2max} آزمودنی‌ها وجود ندارد ($r = 0/33$ و $P = 0/48$). از سوی دیگر، ارتباط مثبت معناداری بین $TlimVO_{2max}$ و TVO_{2max} ($r = 0/91$ و $P = 0/000$) مشاهده شد. یافته دیگر این تحقیق که بیانگر TVO_{2max} نیز می‌تواند باشد، ارتباط مثبت معنادار بین $TlimVO_{2max}$ و $TAVO_{2max}$ ($r = 0/80$ و $P = 0/001$) است. بنابراین، شاید بتوان چنین پیش‌بینی کرد که با توجه به ارتباط مثبت معنادار بین متغیرهای ذکر شده، برای افزایش TVO_{2max} بتوان از تمریناتی با شدت vVO_{2max} استفاده کرد.

واژگان کلیدی: حداکثر اکسیژن مصرفی، دویدن در vVO_{2max} ، زمان رسیدن به درماندگی، سرعت در نقطه چرخش لاکتات

* E.mail: neda@ut.ac.ir

مقدمه

از آنجا که پیشرفت و بهبود رکوردها، تکنیک‌ها و تاکتیک‌های ورزشی در سال‌های اخیر بیانگر توسعه و افزایش آگاهی‌های علمی، دانش پژوهش، و مربیان ورزش است، یافته‌های اخیر علمی در این زمینه در تنظیم و اجرای برنامه‌های تمرینی قهرمانان ورزشی نقش بسیار مهمی خواهد داشت. حداکثر اکسیژن مصرفی^۱، کارایی دویدن^۲، آستانه لاکتات^۳، درصد تارهای کند انقباض و روش مؤثر و کارآمد تمرین از عوامل درگیر در عملکرد استقامتی به شمار می‌روند (۲). حداقل سرعت دویدن در لحظه رسیدن به حداکثر اکسیژن مصرفی^۴ (vVO_{2max}) هنگام اجرای آزمون فزاینده تارسیدن به درماندگی، پیش‌بینی‌کننده شدت تمرین دوندگان استقامت و نیمه‌استقامت است (۸). منطق استفاده از این شدت تمرینی، افزایش مطلوب VO_{2max} است، چرا که ورزشکاران با تمرین در این شدت به افزایش مطلوب دست می‌یابند (۱۶، ۲۶). تأیید این مطلب را می‌توان در مقالاتی جستجو کرد که به اهمیت تأثیر شدت تمرین بر افزایش VO_{2max} رسیده‌اند. این مقالات مروری بر این باورند که تمرین در شدت‌های ۵۰ تا ۱۰۰٪ VO_{2max} ، ارتباط مثبتی با افزایش VO_{2max} دارد (۲۸).

اسفراجانی (۱۳۸۴) نیز تأثیر تمرین تناوبی شدید را بر توان هوازی، پارامترهای لاکتات و زمان اجرای دوی ۳۰۰۰ متر دوندگان تمرین کرده مطالعه کرد. ۲۰ آزمودنی که دوندۀ ۳۰۰۰ متر بودند، پس از ۱۰ هفته و هر هفته دو جلسه تمرین نشان دادند استفاده از تمرین‌های شدید با تأکید بر vVO_{2max} می‌تواند زمان اجرای دوی ۳۰۰۰ متر دوندگان تمرین کرده را بهبود بخشد (۱).

منطق فیزیولوژیک تمرین در شدت VO_{2max}

می‌تواند حد بیشینه فشار میوکاردی و اضافه‌بار حجمی باشد که هنگام این شدت به دست می‌آید (۱۳، ۲۰، ۲۷، ۲۹). این اضافه بار مکانیکی مهم‌ترین محرک قلبی است که به واسطه آن حداکثر حجم ضربه‌ای، مهم‌ترین مشخصه VO_{2max} ، افزایش می‌یابد (۲۱). از دیگر متغیرهای فیزیولوژیک که افزایش آن‌ها محرک مناسبی برای افزایش مطلوب VO_{2max} است می‌توان به فشار مویرگی عضلات اسکلتی و فشار گرمایی (۱۷)، اشباع شدن هموگلوبین (۲۲) و کار عضلات تنفسی (۲۳) اشاره کرد.

علاوه بر اهمیت شدت تمرین در لحظه رسیدن به VO_{2max} هنگام تمرین، که مهم‌ترین عامل در افزایش مطلوب آن است، برای متخصصان فیزیولوژی ورزش جالب است بدانند کدام یک از عوامل فیزیولوژیک زمان ماندن در VO_{2max} (TVO_{2max})^۵ را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

یکی از این عوامل، انباشت لاکتات و متعاقب آن تجمع یون H^+ در عضله اسکلتی فعال است. انباشت اسید لاکتیک یکی از مهم‌ترین عوامل در افزایش خستگی هنگام تمرین بیشینه است (۱۴، ۱۵). یکی از نظریه‌های مطرح در این موضوع آن است که اگر هنگام دویدن، حداکثر اکسیژن مصرفی متعاقب تأخیر در انباشت لاکتات به دست آید، دوندۀ قادر خواهد بود VO_{2max} را برای مدت بیشتری حفظ کند و در نتیجه زمان رسیدن به درماندگی^۶ (Tlimv VO_{2max}) را افزایش می‌دهد و خستگی را به تعویق می‌اندازد (۲۱).

1. Maximal oxygen uptake
2. Running Economy
3. Lactate threshold
4. Velocity at VO_{2max}
5. Time at VO_{2max}
6. Time to exhaustion

چنین توصیف کرد که کاهش سیتوزولی نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید^v ($\text{NADH} + \text{H}^+$)، یعنی محصول مراحل گلیکولیز که طی دو مرحله زیر صورت می گیرد، بیان کننده این تغییرات است:

(۱) با شاتل های هیدروژنی میتو کندری و متعاقب آن بهره برداری از اکسیژن در تولید آب سوخت و سازی بازنجیره تنفسی
(۲) با پیرووات و تولید اسید لاکتیک (ساز و کار مستقل از اکسیژن).

اکسید شدن بیشتر $\text{NADH} + \text{H}^+$ بر اثر تبدیل اسید پیرویک به اسید لاکتیک نشان دهنده استفاده کمتر از مسیر هوازی یا همان مسیر زنجیره تنفسی و در نتیجه کاهش بهره برداری از اکسیژن است. هم زمان با کاهش تولید اسید لاکتیک، بر اثر پویایی بیشتر اکسیژن و اتکا به فسفریلاسیون اکسیداتیو در تولید مجدد ATP، زمان رسیدن به $\text{VO}_{2\text{max}}$ کاهش می یابد. کاهش $\text{TAVO}_{2\text{max}}$ ساز و کار ثانویه افزایش زمان ماندن در $\text{VO}_{2\text{max}}$ است (۱۸). هم زمانی کاهش تولید اسید لاکتیک و پویایی بیشتر اکسیژن مصرفی بیانگر درصد بیشتری از حضور تارهای عضلانی نوع I با آستانه لاکتات بالاتر و پویایی بیشتر اکسیژن است (۳).

از آنجا که پیشرفت علمی در زمینه دو و میدانی این دیدگاه را برای دوندگان فراهم آورده است که برای رسیدن و ماندن در $\text{VO}_{2\text{max}}$ روش های زیادی وجود دارد، معرفی و کشف متغیرهای

بیلات و همکارانش (۲۰۰۳)، پس از ۴ تا ۸ هفته تمرین تناوبی استقامتی روی ۶ دوندۀ زبده استقامتی نشان دادند هر گونه افزایش در آستانه لاکتات، زمان رسیدن به درماندگی را افزایش می دهد (۱۲). LTP یا نقطه چرخش لاکتات^۱، نقطه افزایش ناگهانی و متداوم غلظت لاکتات خون از ۲٫۵ تا ۵ میلی مول است (۱۹،۲۱،۲۶) و نیز سرعت در نقطه چرخش لاکتات یا (vLTP)^۲، سرعت فرد هنگام فعالیت های فزاینده در نقطه چرخش لاکتات است (۱۹،۱۵،۲). این نقطه که بیانگر افزایش سریع و ناگهانی لاکتات خون است یکی از بهترین روش های تعیین شدت تمرین و سنجش عملکرد ورزشکاران استقامتی است (۲).

از سوی دیگر، vLTP یعنی انباشت سریع لاکتات، و عملکرد مثبت شدت تمرین در دوندگان استقامتی (۲۵). هنگام فعالیت با شدت $v\text{VO}_{2\text{max}}$ در افرادی که اختلاف بیشتری بین vLTP و $v\text{VO}_{2\text{max}}$ آن ها وجود دارد، انباشت لاکتات سریع تر است و در نتیجه به کاهش زمان رسیدن به درماندگی می انجامد.

میگلی و همکارانش (۲۰۰۶) با اجرای دوی فزاینده که در آن هر ۴ دقیقه، ۱ کیلومتر در ساعت بر سرعت افزوده می شد، ۷ دوندۀ استقامتی (۵ مرد و ۲ زن) را مطالعه کردند و نتیجه گرفتند که vLTP نسبی^۳ ($\%v\text{VO}_{2\text{max}}$) نشانه خوبی برای برآورد $\text{TVO}_{2\text{max}}$ نسبی^۴ ($\%T\text{limVO}_{2\text{max}}$) است (۲۱). افزایش انباشت لاکتات با پویایی اکسیژن مصرفی^۵ ارتباط دارد، لذا اگر این پویایی کندتر باشد، انباشت لاکتات بیشتر خواهد بود (۳)، بنابراین به افزایش زمان رسیدن به $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($\text{TAVO}_{2\text{max}}$) خواهد انجامید.

علت فیزیولوژیکی این موضوع را شاید بتوان

1. Lactate turnpoint
2. Velocity lactate turnpoint
3. Relative vLTP
4. Relative $\text{TVO}_{2\text{max}}$ ($\%T\text{limVO}_{2\text{max}}$)
5. Oxygen uptake kinetics
6. Time to achieve $\text{VO}_{2\text{max}}$
7. Nicotinamide adenine dinucleotide

قد، وزن، درصد چربی بدن، و شاخص توده بدن^۲ آزمودنی‌های با استفاده از دستگاه VO_{2max} ۳٫۰ In body جمع‌آوری شد.

پروتکل آزمون

برای جمع‌آوری اطلاعات، هر آزمودنی در ۳ آزمون جداگانه تا رسیدن به درماندگی روی نوارگردان در ۳ روز متفاوت و هر کدام به فاصله ۴۸ ساعت از یکدیگر به فعالیت پرداختند. در ۳ آزمون این پژوهش، گرم کردن آزمودنی‌ها شامل ۵ دقیقه حرکات کششی و ۵ دقیقه دویدن روی نوارگردان با سرعت ۸ کیلومتر در ساعت بود (۲۱). شیب نوارگردان در هر ۳ پروتکل آزمون صفر درجه تنظیم شد.

سنجش VO_{2max} و vVO_{2max}

با توجه به پژوهش‌های مشابه برای سنجش VO_{2max} و vVO_{2max} در دوندگان استقامتی، آزمون دوی فزاینده روی نوارگردان تا رسیدن به درماندگی استفاده شد. برای سنجش vVO_{2max} ، VO_{2max} ، و دیگر گازهای متابولیکی از دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی^۳ استفاده شد (۲۱). با استفاده از دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی (مدل K۴ ساخت شرکت Cosmed ایتالیا) اطلاعات نفس به نفس، میانگین هر ۱۵ ثانیه در آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. پس از شروع آزمون با سرعت ۱۰ کیلومتر در ساعت، پس از هر ۱ دقیقه، ۱ کیلومتر در ساعت بر سرعت نوارگردان افزوده می‌شد تا فرد به مرحله درماندگی برسد. معیارهای تعیین VO_{2max}

تعیین‌کننده راهکار مناسبی برای آن‌هاست. بسیاری از دوندگان با تمرین در شدت آستانه‌های متفاوت لاکتات و بعضی دیگر با تمرین در سرعت‌های متفاوت دویدن در تکاپوی افزایش توانایی‌های خودند. حال سؤال اصلی این است که کدام روش و استفاده از کدام متغیر به دونه کمک می‌کند تا زمان بیشتری را در سطح VO_{2max} به فعالیت پردازد؟ آیا از میان متغیرهای یاد شده $vLTP$ نسبی دوندگان و تأثیر آن بر مدت زمان ماندن در VO_{2max} در افزایش زمان رسیدن به درماندگی مؤثر است؟ بنابراین، هدف پژوهش حاضر مطالعه ارتباط بین $vLTP$ نسبی و TVO_{2max} دوندگان استقامتی حرفه‌ای در دوی با سرعت vVO_{2max} است.

روش‌شناسی

آزمودنی‌ها و نحوه انتخاب آن‌ها

پس از هماهنگی‌های لازم با فدراسیون دو و میدانی و توضیح هدف و نحوه پژوهش، نفرات برتر رشته‌های ۱۵۰۰، ۳۰۰۰، ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ متر کشور معرفی شدند. ابتدا آزمودنی‌ها ۲۰ نفر بودند که ۹ نفر آن‌ها از ادامه همکاری با پژوهشگر انصراف دادند. ۱۱ دونده زبده استقامتی و نیمه‌استقامتی (۹ مرد و ۲ زن)، پس از آشنایی با نحوه اجرای آزمون‌ها، رضایت کتبی خود را برای شرکت در پژوهش اعلام داشتند. آزمودنی‌ها به منظور شرکت در آزمون‌های تحقیق به مدت ۱ هفته در استادیوم آزادی تنها اقامت گزیدند. تمامی آزمودنی‌ها در مرکز سنجش قابلیت‌های جسمانی آکادمی ملی المپیک حاضر شدند و قبل از جمع‌آوری اطلاعات نهایی، ۳ نفر از آن‌ها آزمون را به شکل آزمایشی^۱ انجام دادند. قبل از شروع آزمون اطلاعات

1. Pilote
2. Body mass index
3. Gas analyzer

میلی لیتر بر کیلوگرم در دقیقه از VO_{2max} به دست آمده در آزمون اول) اندازه گیری شد (۲۱).

سنجش vLTP (سرعت در نقطه چرخش لاکتات)

پژوهش‌های کمی در زمینه سنجش vLTP گزارش شده است. در این آزمون از روش اسمیت و جونز (۲۰۰۱) برای سنجش vLTP استفاده شد (۱۹). میزان لاکتات خون آزمودنی با دستگاه لاکتومتر (ساخت آلمان، lactate scout، FDA) ابتدا قبل از آزمون طی دو مرحله سنجیده شد: ۱. قبل از گرم کردن، و ۲. پس از ۱۰ دقیقه گرم کردن. بعد از شروع آزمون با گذشت هر مرحله، ۱ کیلومتر در ساعت بر سرعت دستگاه افزوده می‌شد. هر مرحله شامل ۴ دقیقه فعالیت بود که به دنبال آن لاکتات خون آزمودنی در ۱ دقیقه استراحت غیر فعال و ایستادن در کناره‌های نوارگردان، با لاکتومتر و گرفتن نمونه خونی از سرانگشت آزمودنی اندازه گیری می‌شد. vLTP سرعت دویدن فرد قبل از رسیدن به نقطه افزایش سریع لاکتات است که در آن غلظت لاکتات خون به ۵ میلی مول می‌رسد. به محض رسیدن لاکتات خون فرد به فراتر از ۵ میلی مول، سرعت در آن لحظه vLTP ثبت شد.

روش‌های آماری

در تحقیق حاضر برای سنجش ارتباط متغیر مورد استفاده از روش‌های آمار توصیفی همبستگی پیرسون استفاده شد. ارتباط بین داده‌ها و تعیین سطح معناداری آن‌ها ($P < 0.05$)، با استفاده از نرم‌افزار Spss و روش tr به دست آمد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار Spss ۱۲ و برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

عبارت بودند از:

(۱) افزایش نیافتن میزان اکسیژن مصرفی با وجود افزایش سرعت

(۲) افزایش مقادیر نسبت تبادل تنفسی به بیش از ۱٫۲

(۳) افزایش ضربان قلب بیشتر از ۹۰ درصد حداکثر ضربان قلب برآوردی (سن - ۲۲۰) (۵).

برای محاسبه vVO_{2max} ، سرعت در لحظه رسیدن فرد به VO_{2max} در دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی ثبت و با توجه به زمان رسیدن فرد به VO_{2max} سرعت آن مرحله سنجیده شد (۶، ۲۱).

سنجش $TlimVO_{2max}$ ، TVO_{2max} ، $TAVO_{2max}$

بر اساس پژوهش‌های پیشین (میگلی، ۲۰۰۶)، مراحل سنجش شاخص‌های مذکور تنظیم شد. سرعت اولیه این آزمون با توجه به vVO_{2max} محاسبه شده در آزمون قبلی هر آزمودنی تنظیم شد. فرد پس از قرار گرفتن روی نوارگردان و رها کردن دسته نوارگردان، با سرعت ۸ کیلومتر در ساعت آزمون را شروع می‌کرد. پس از گذشت ۵ ثانیه سرعت نوارگردان به vVO_{2max} آزمودنی‌ها می‌رسید و آزمودنی با همین سرعت تا درماندگی می‌دوید. فاصله زمانی بین رها کردن دسته نوارگردان در ابتدای آزمون و فشار دکمه توقف دستگاه هنگام رسیدن به درماندگی، $TlimVO_{2max}$ ثبت شد. TVO_{2max} آزمودنی با دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی، فاصله زمانی بین رسیدن به VO_{2max} تا پایان آزمون اندازه گیری شد. $TAVO_{2max}$ نیز با دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی، فاصله زمانی بین رها کردن دسته نوارگردان و تا رسیدن آزمودنی به VO_{2max} (VO_{2max} بین ۲٫۱

یافته‌ها

معنادار پژوهش نیز در شکل ۱ آمده است. بین $vLTP$ نسبی و TVO_{2max} در دوی تداومی با سرعت vVO_{2max} تا رسیدن به در ماندگی ارتباط مثبت معناداری وجود ندارد ($r=0,33$ و $P=0,48$). همچنین، ارتباط مثبت معناداری بین TVO_{2max} و $TlimvVO_{2max}$ ($r=0,91$ و $P=0,000$) و بین $TlimvVO_{2max}$ و $TAVO_{2max}$ دیده شد ($r=0,81$ و $P=0,003$).

اطلاعات مربوط به میانگین، انحراف استاندارد، و واریانس ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها شامل سن، قد، وزن، درصد چربی، و شاخص توده بدن در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنین، اطلاعات مربوط به میانگین و انحراف استاندارد متغیرها در جدول ۲ و ارتباط بین متغیرهای به دست آمده نیز در جدول ۳ نشان داده شده است. ارتباط بین متغیرهای

جدول ۱. توزیع شاخص‌های آمار توصیفی ویژگی‌های فردی دوندگان استقامتی (n=۱۱)

شاخص‌ها	میانگین	انحراف استاندارد	واریانس	حداقل	حداکثر
متغیرها					
سن (سال)	۲۴	۳,۶۷	۱۳,۴	۱۹	۳۱
قد (سانتی‌متر)	۱۷۳	۷,۰	۴۹,۰۵	۱۶۶	۱۸۴
وزن (کیلوگرم)	۶۳,۲۵	۷,۲۷	۵۲,۹۱	۵۳,۲۰	۷۶,۰۰
چربی بدن (درصد)	۱۳,۵۰	۳,۴۹	۱۲,۲۲	۷/۸	۲۰/۸
BMI (کیلوگرم بر مترمربع در مردان)	۲۱,۰۴	۱,۲۸	۱,۶۳	۱۸,۸	۲۲,۵
BMI (کیلوگرم بر مترمربع در زنان)	۱۹,۸	۰,۷	۱,۲۰	۱۹,۳	۲۰,۳

جدول ۲. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای تحقیق

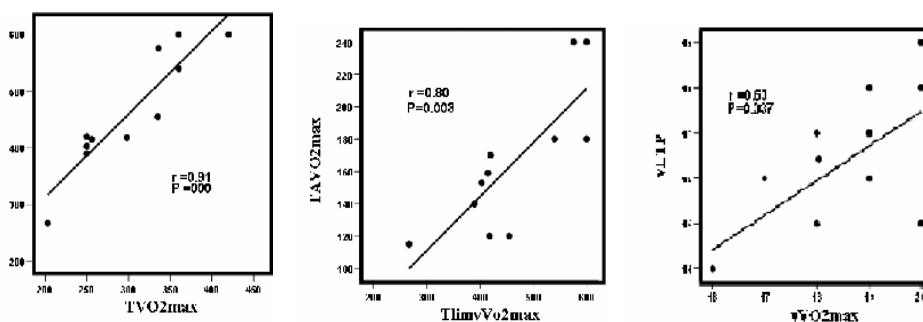
TVO_{2max} (s)	$TAVO_{2max}$ (s)	$TlimvVO_{2max}$ (s)	vVO_{2max} (km. h ⁻¹)	VO_{2max} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	N = ۱۱
۳۰۱,۶۴	۱۶۵,۱۸	۴۶۲,۱۸	۱۸,۵۵	۵۸,۳۰	میانگین (M)
۶۵,۵۳	۴۳,۶۸	۱۰۴,۷۹	۱,۲۹	۸,۰۲	انحراف استاندارد (SD)

جدول ۳. ضریب همبستگی پیرسون بین دیگر متغیرهای تحقیق

۵	۴	۳	۲	۱	
**۰٫۶۳	۰٫۳۹	۰٫۵۵	۰٫۵۳	-	vVO _r max
۰٫۲۷	**۰٫۹۱	**۰٫۸۰	-		TlimvVO _r max
۰٫۶۵	۰٫۵۲	-			TAVO _r max
۰٫۳۳	-				TVO _r max
-					vLTP (%vVO _r Max)

**P<۰٫۰۵

vVO_rmax: حداقل سرعت دویدن هنگام رسیدن به VO_rmax در آزمون فزاینده تا رسیدن به در ماندگی
 TlimvVO_rmax: زمان رسیدن به در ماندگی هنگام دویدن با سرعت vVO_rmax
 TAVO_rmax: زمان رسیدن به VO_rmax
 TVO_rmax: زمان ماندن در VO_rmax
 vLTP: سرعت در نقطه چرخش لاکتات



شکل ۱. ضریب همبستگی پیرسون متغیرهای معنادار پژوهش

بحث و نتیجه‌گیری

در بررسی فرضیه اصلی این تحقیق نتایج نشان داد رابطه مثبت و معناداری بین vLTP نسبی و TVO_rmax وجود ندارد (P=۰٫۴۸ و r=۰٫۳۳). از آنجا که TVO_rmax ممکن است حاصل تفریق TlimvVO_rmax و TAVO_rmax باشد، افزایش TVO_rmax نیز ممکن است به واسطه افزایش TlimvVO_rmax یا کاهش TAVO_rmax و یا

می‌یابد. در این پژوهش نیز همانند نتایج تحقیق میگلگی و همکارانش (۲۰۰۶) ارتباط مثبت معناداری بین $TlimvVO_{2max}$ و TVO_{2max} نشان داده شد ($r=0.91$ و $P=0.000$). سازوکار احتمالی دیگری که به واسطه آن می‌توان تصور کرد TVO_{2max} افزایش می‌یابد، کاهش $TAVO_{2max}$ در ابتدای فعالیت است.

علت اصلی کاهش $TAVO_{2max}$ را می‌توان پویایی سریع‌تر اکسیژن مصرفی دانست. حرکت و پویایی سریع‌تر اکسیژن مصرفی و کاهش کسر اکسیژن در ابتدای تمرین نوعی سازگاری با تمرین استقامتی است (۳). این موضوع حاکی از آن است که در شروع آزمون $TlimvVO_{2max}$ ، اگر تولید لاکتات به واسطه عقب‌تر بودن $vLTP$ نسبت به vVO_{2max} بیشتر شود، در نتیجه پویایی و حرکت اکسیژن مصرفی نیز کندتر خواهد شد و فرد $TAVO_{2max}$ طولانی‌تری را نشان می‌دهد.

اگر این فرض صحیح باشد، پس می‌توان گفت $vLTP$ بالاتر به پویایی سریع‌تر اکسیژن مصرفی در مرحله آغاز دویدن با سرعت vVO_{2max} می‌انجامد و در نتیجه به واسطه $TAVO_{2max}$ کوتاه‌تر، کسر اکسیژن کمتری نیز خواهد داشت. این فرض به نوع دیگری نیز قابل بحث است، به شکلی که اگر نیازهای مربوط به فسفریلاسیون اکسایشی به کندی تأمین شود، متعاقباً $TAVO_{2max}$ افزایش می‌یابد و به افزایش کسر اکسیژن می‌انجامد. همچنین، به دنبال افزایش کسر اکسیژن تولید لاکتات بیشتر می‌شود و $TlimvVO_{2max}$ فرد کاهش می‌یابد.

با این وجود، به دلیل عدم ارتباط معنادار بین $vLTP$ نسبی و $TAVO_{2max}$ ($r=0.65$) در این پژوهش فرض مذکور تأیید نشد. دمارل و همکارانش این رابطه بین کسر اکسیژن، پویایی

ترکیبی از هر دو سازوکار باشد (۲۱). همچنین، تصور می‌شود $vLTP$ که به vVO_{2max} افراد نزدیک‌تر است بتواند با افزایش $TlimvVO_{2max}$ مدت زمان ماندن در VO_{2max} را افزایش دهد، چرا که هر دو عامل $TlimvVO_{2max}$ و $vLTP$ بیانگر ظرفیت بی‌هوایی افراد است و این ظرفیت در شروع فعالیت نشان‌دهنده میزان انباشت لاکتات و در نتیجه توانایی فرد در ادامه فعالیت است.

اما نتایج این تحقیق نشان داد ارتباط معناداری بین $vLTP$ و $TlimvVO_{2max}$ وجود ندارد ($r=0.27$). این نتایج با نتایج بیلات و همکارانش (۱۹۹۸) ($r=0.30$) و میگلگی و همکارانش (۲۰۰۶) همسوست ($r=0.37$) ($r=0.21$). علت آن را شاید بتوان تغییرات و تنوع $TlimvVO_{2max}$ افراد دانست، چرا که بیلات و همکارانش (۱۹۹۹) معتقدند ۴۰٪ این تفاوت‌ها به دلیل اختلافات درون‌فردی در ظرفیت بی‌هوایی افراد است (۲۴). با این حال اطلاعات کمی درباره ارتباط بین $vLTP$ نسبی و $TlimvVO_{2max}$ وجود دارد.

از طرفی، یکی از پیش‌فرض‌های افزایش TVO_{2max} ، افزایش در $TlimvVO_{2max}$ است. تصور می‌شد هر گونه افزایش در $TlimvVO_{2max}$ بتواند TVO_{2max} را افزایش دهد. همان‌طور که در این پژوهش نیز نشان داده شد، ارتباط معناداری بین $TlimvVO_{2max}$ و TVO_{2max} وجود دارد. پس می‌توان انتظار داشت با گسترش زمان رسیدن به درماندگی، فرد مدت زمان بیشتری را در VO_{2max} به فعالیت بپردازد.

فرض بر این بود که اگر شدت تمرین دوندگان بالاتر از $vLTP$ آن‌ها باشد، انباشت لاکتات سریع‌تر می‌شود. حال اگر $vLTP$ افراد به vVO_{2max} آن‌ها نزدیک‌تر باشد، لاکتات با سرعت آهسته‌تری تجمع

چنین پیش‌بینی کرد که روش دیگری که می‌توان با آن مدت زمان ماندن در VO_{2max} دوندگان استقامتی را افزایش داد، افزایش $TlimvVO_{2max}$ ، یعنی طول مدت رسیدن به درماندگی آن‌ها باشد. با این وجود، تحقیقات بیشتر با توان آماری بالاتری لازم است تا بتوان تغییرات $TlimvVO_{2max}$ و $TAVO_{2max}$ را با توجه به $vLTP$ نسبی نیز پیش‌بینی کرد.

از طرف دیگر، افزایش TVO_{2max} نسبی یکی دیگر از مهم‌ترین عوامل تمرینی در vVO_{2max} است، زیرا این عامل به افراد اجازه می‌دهد تا درصد بیشتری از زمان تمرین را در سطح VO_{2max} بگذرانند. لذا، هر قدر ورزشکار بتواند درصد بیشتری از زمان خود را در سطح VO_{2max} به فعالیت پردازد، می‌تواند $TlimvVO_{2max}$ خود را افزایش دهد. این موضوع برای دوندگان استقامتی اهمیت بسیار دارد. پس شاید با نتایج به‌دست آمده از این تحقیق و پژوهش‌های دیگر بتوان چنین نتیجه‌گیری کرد که سرعت دوندگی هنگام رسیدن به VO_{2max} (vVO_{2max}) و تمرین دوندگان در این سرعت، راه حلی برای افزایش مدت زمان ماندن آن‌ها در سطح VO_{2max} است. با این وجود، تحقیقات بیشتر با جامعه آماری بزرگ‌تر لازم است تا صحت این نتایج تأیید شود.

اکسیژن مصرفی، و مدت زمان رسیدن به درماندگی را بسیار مطرح می‌کنند (۱۱). آنان معتقدند پویایی سریع تراکسیژن مصرفی و کاهش کسر اکسیژن پس از یک دوره تمرینی دویدن با سرعت ثابت در شدت vVO_{2max} ۹۳٪ آزمودنی‌ها، تنها به افزایش $TlimvVO_{2max}$ آن‌ها وابسته است.

در تحقیق حاضر نیز این فرضیه به اثبات رسید، چرا که نتایج نشان داد ارتباط مثبت معناداری بین $TlimvVO_{2max}$ و $TAVO_{2max}$ ($P=0,001$) و $r=0,86$ وجود دارد. نتیجه به‌دست آمده با مطالعات بیلات و همکارانش (۲۰۰۰) ($P=0,001$ و $r=0,94$) همسوست (۹،۲۱). در حالی که با نتایج میگلی و همکارانش (۲۰۰۶) ناهمسوست.

برای اثبات دلایل فیزیولوژیکی یافته‌های به‌دست آمده، تحقیقات بیشتری لازم است تا علت روابط بین شاخص‌های مذکور مشخص شود. یافته‌های مهم این پژوهش، تعیین ارتباط بین $TlimvVO_{2max}$ و TVO_{2max} ($P=0,000$) و $r=0,91$ است. همچنین، رابطه بین $TlimvVO_{2max}$ و $TAVO_{2max}$ ($P=0,003$) و $r=0,81$ ، و $TlimvVO_{2max}$ و $TAVO_{2max}$ ($P=0,001$ و $r=0,86$) را نشان می‌دهد.

با اینکه نتایج تحقیق ارتباط مثبت معناداری را بین $vLTP$ نسبی و TVO_{2max} نشان نداد، شاید بتوان

منابع

۱. اسفراجانی، فهیمه؛ نیکبخت، حجت‌الله؛ رجیبی، حمید؛ و ذوالاکتاف، وحید، ۱۳۸۴، "تأثیر تمرین تناوبی بر توان هوازی، vVO_{2max} و T_{max} و زمان اجرای دو ۳۰۰۰ متر دوندگان تمرین کرده". المپیک، سال چهاردهم، شماره ۱ (پیاپی ۳۳)، ص ۵۱-۶۳.
۲. خالدی، ندا؛ گائینی، عباسعلی؛ کردی، محمدرضا، ۱۳۸۶، "ارتباط بین سرعت در نقطه چرخش لاکتات (vLTP) و سرعت در لحظه رسیدن به VO_{2max} هنگام دوی فزاینده تا درماندگی در دوندگان استقامتی". المپیک، سال پانزدهم، شماره ۳ (پیاپی ۳۹)، ص ۱۰۷-۱۱۵.
3. Barstow, T.J.; Casaburi, R.; Wasserman, K. (1992). "O₂ uptake kinetics and the O₂ deficit as related to exercise intensity and blood lactate". *J Appl Physiol*; 75: 755-762.
4. Basset, D.R.; Hawley, T.E. (2000). "Limiting Factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance". *Med Sci Sport Exerc*; 32(1): 70-86.
5. Berg, K. (2001). "Endurance training And performance in runners: Research limitations and unanswered question". *Sport Med*; 31(1):13-31.
6. Billat, V.L.; koralsztejn, P.J. (1996). "Significance of the velocity at VO_{2max} and it's time to exhaustion at this velocity". *Sport Med*; 22:90-108.
7. Billat, V.; Binsse, V.; Petite, B.; Koralsztejn, J.P. (1998). "High level runners are able to maintain a VO_{2} steady-state below VO_{2max} in an all-out run over their critical velocity". *Arch Physiol Biochem*. 106: 38-45.
8. Billat, V.L.; Flechet, B.; Petit, B.; Muriaux, G.; Koralsztejn, J.P. (1999). "Interval training at VO_{2max} : effects on aerobic performance and overtraining markers". *Med Sci Sports Exerc*. 31: 156-163.
9. Billat, V.; Morton, R.H.; Blondel, N.; Berthoin, S.; Bocquet, V.; Koralsztejn, J.P.; Barstow, T.J. (2000). "Oxygen kinetics and modeling of time to exhaustion whilst running at various velocities at maximal oxygen uptake". *Eur J Appl Physiol*. 82: 178-187.
10. Broke, J.; Thayer, R. (1994). "Comparison of Effect of Two Interval Training programmes on lactate and ventilatory Thersholds". *BR J Sport Med*. 28(1):18-21.
11. Demarle, A.P.; Slawinski, J.J.; Laffite, L.P.; Bocquet, V.G.; Koralsztejn, J.P.; Billat, V.L. (2001). "Decrease of O₂ deficit is a potential factor in increased time to exhaustion after specific endurance training". *J Appl Physiol*. 90: 947-953.
12. Demarle, A.P.; Heugas, A.M.; Slawinski, J.J.; Tricot, V.M.; Koralsztejn, J.P.; Billat, V.L. (2003). "Whichever the initial training status , any increase in velocity at lactate thershold appears as a major factor in improved time to exhaustion at the same severe velocity after training". *Arch Physiol Biochem*. Apr ; 111(2):167-76.
13. Gledhill, N.; Cox, D.; Jamnik, R. (1994). "Endurance athletes' stroke volume does not plateau: major advantage is diastolic function". *Med Sci Sports Exerc*. 26: 1116-1121.
14. Hargreaves, M.; McKenna, M.J.; Jenkins, D.G. (1998). "Muscle metabolites and performance during high-intensity, intermittent exercise". *J Appl Physiol*. 84: 1687-1691.
15. Hermansen, L.; Osnes, J.B. (1972). "Blood and pH after maximal exercise in man". *J Appl Physiol*. 32: 304-308.
16. Hill, D.W.; Rowell, A.L. (1996). "Running velocity at VO_{2max} ". *Med Sci Sports Exerc*. 28: 114-119.
17. Hudlicka, O.; Brown, M.; Eggington, S. (1992). "Angiogenesis in skeletal and cardiac muscle". *Physiol Rev*. 72: 369-417.
18. Ivy, J.L.; Withers, R.T.; Van Handel, P.J.; Elger, D.H.; Costill, D.L. (1980). "Muscle respiratory capacity and fibre type as determinants of the lactate threshold". *J Appl Physiol*. 48: 523-527.
19. Jones, A.M.; Dust, J.H. (1997). "The conconi test is not valid for Estimation of the lactate Turnpoint In

- Runners". *J Sport Sci*; 15: 385-396.
20. Karjalainen, J.M. Kntysaari, M.; Viitasalo, M.; Kujala, U. (1997). "Left ventricular mass, geometry, and filling in endurance athletes: association with exercise blood pressure". *J Appl Physiol*; 82: 531-537.
 21. Midgley, A.W.; Mc Naughton, L.R.; Wilkinson, M. (2006). "The relationship Between the Lactate turnpoint And The Time at vo2max During A constant velocity Run to Exhaustion". *Int J Sport Med*. 27:278.
 22. Mole, P.A.; Chung, Y.; Tran, T.K.; Sailasuta, N.; Hurd, R.; Jue, T. (1999). "Myoglobin desaturation with exercise intensity in human gastrocnemius muscle". *Am J Physiol*; 277: R173-R180.
 23. Nielsen, H.B. (2003). "Arterial desaturation during exercise in man: implication for O2 uptake and work capacity". *Scand J Med Sci Sports*; 13:339-358.
 24. Renoux, J.C.; Petit, B.; Billat, V.L.; Koralsztein, J.P. (1999). "Oxygen deficit is related to the time to exhaustion at maximal aerobic speed in middle distance runners". *Arch Physiol Biochem*. 107: 280-285.
 25. Skinner, J.S.; McLellan, T.H. (1980). "The transition from aerobic to anaerobic metabolism". *Res Q Exerc Sport*; 51: 234-248.
 26. Smith, C.G.M.; Jones, A.M. (2001). "The relationship between critical velocity, Maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners". *Eur J Appl Physiol*; 85:19-26.
 27. Vuorimaa, T.; Karvonen, J. (1988). "Recovery time in interval training for increasing aerobic capacity". *Ann Sports Med*. 3: 215-219.
 28. Warburton, D.E.R.; Gledhill, N.; Jamnick, V.K.; Krip, B.; Card, N. (1999). "Induced hypervolemia, cardiac function, VO₂max, and performance of elite cyclists". *Med Sci Sports Exerc*; 31: 800-808.
 29. Zhou, B.; Conlee, R.K.; Jensen, R.; Fellingham, G.W.; George, J.D.; Fisher, A.G. (2001). "Stroke volume does not plateau during graded exercise in elite male distance runners". *Med Sci Sports Exerc*, 33: 1849-1854.