فیزیولوژی ورزشی شماره ۳۹، پاییز ۱۳۹۷. صص ۱۶۴-۱۴۳

پیش‌بینی زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های مختلف نوارگردان از روی برخی از متغیرهای فیزیولوژیک و جسمانی در مردان جوان

محمدعلی کیوانلو شهرستانکی[۱]، محمدرضا حامدی‌نیا[۲]، امیرحسین حقیقی [۳]، مرتضی حاجی‌نیا[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری
۲. استاد فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری*
۳. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری
۴. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۲۰

چکیده

هدف پژوهش حاضر، پیش‌بینی زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های مختلف از روی برخی متغیرهای فیزیولوژیک و جسمانی در مردان جوان بود. تعداد ۷۵ نفر از دانشجویان پسر (سن: ۱/۲۲ ± ۲۰/۷۴ سال، وزن: ۱۰/۷۸ ± ۶۷/۲۵ کیلوگرم، قد ۰/۰۶ ± ۱۷۴/۳ سانتی‌متر و توان هوازی ۳/۲۹ ± ۴۷/۱ میلی‌لیتر بر وزن بدن در دقیقه) به‌صورت نمونه‌گیری دردسترس انتخاب شدند. ارزیابی‌های تن‌سنجی و فیزیولوژیک شامل آستانهٔ لاکتات، توان هوازی و بی‌هوازی، ضربان قلب استراحتی، سطح فعالیت بدنی، سرعت در حداکثر اکسیژن مصرفی، استقامت و قدرت پایین‌تنه و توان انفجاری پایین‌تنه انجام شد. برای ثبت ضربان قلب، اشباع اکسیژن و زمان دویدن، آزمودنی‌ها یک وهله فعالیت دویدن روی نوار گردان را با سرعت‌های هشت، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت و شیب صفر تا واماندگی انجام دادند. یافته‌ها نشان داد که سرعت حداکثر اکسیژن مصرفی، ضربان قلب حین فعالیت، ضربان قلب استراحتی، سطح فعالیت بدنی و توان انفجاری پایین‌تنه، عوامل پیش‌بینی‌کنندهٔ زمان رسیدن به واماندگی در سرعت هشت کیلومتر در ساعت هستند ($P\leq 0.05$)؛ سرعت حداکثر اکسیژن مصرفی، سابقهٔ دویدن، ضربان قلب استراحتی، سرعت در آستانهٔ لاکتات و وزن، پیش‌بینی‌کنندهٔ زمان رسیدن به واماندگی در سرعت ۱۰ کیلومتر در ساعت هستند ($P\leq 0.05$). سرعت در آستانهٔ لاکتات، سابقهٔ دویدن، وزن، ضربان قلب استراحتی و توان بیشینه، پیش‌بینی‌کنندهٔ زمان رسیدن به واماندگی در سرعت ۱۲ کیلومتر در ساعت هستند ($P\leq 0.05$) و سرعت حداکثر اکسیژن مصرفی، سطح فعالیت بدنی، وزن، توان بیشینه و سابقهٔ دویدن، پیش‌بینی‌کنندهٔ زمان رسیدن به واماندگی آزمودنی‌ها در سرعت ۱۴ کیلومتر در ساعت هستند ($P\leq 0.05$). سرعت حداکثر اکسیژن مصرفی، ضربان قلب استراحتی و سابقهٔ دویدن، در اکثر سرعت‌ها مشترک بودند. براساس نتایج، برای پیش‌بینی زمان رسیدن به واماندگی می‌توان از سرعت حداکثر اکسیژن مصرفی، سابقهٔ دویدن، ضربان قلب استراحتی و آستانهٔ لاکتات استفاده کرد.

واژگان کلیدی: زمان رسیدن به واماندگی، متغیرهای فیزیولوژیک، پیش‌بینی عملکرد، سرعت دویدن

*نویسندهٔ مسئول E-mail: mrhamedinia@hsu.ac.ir

مقدمه

استقامت هوازی، ازجمله عوامل آمادگی جسمانی است که شاید بتوان گفت نقش آن در حفظ عوامل دیگر نیز اهمیت دارد و ممکن است این عامل نقش مهمی در موفقیت ورزشکاران رشته‌های مختلف داشته باشد که از سیستم‌های متفاوت برای تأمین انرژی استفاده می‌کنند (۱). استقامت هوازی، توانایی دستگاه قلبی- عروقی برای ادامهٔ فعالیت بدنی طولانی‌مدت و به‌تعویق‌انداختن خستگی است که آن را می‌توان با اندازه‌گیری حجم اکسیژنی که فرد حین فعالیت ورزشی با حداکثر ظرفیت مصرف می‌کند، ارزیابی کرد. همچنین، این توانایی قابلیت عضله را برای استخراج و استفادهٔ مؤثر از اکسیژن اندازه‌گیری می‌کند. عواملی ازجمله سن، جنسیت، نوع و روش فعالیت، ترکیب بدن و وراثت بر حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_2max)[1] اثرگذار هستند (۲). حداکثر اکسیژن مصرفی به‌عنوان یک استاندارد معتبر برای اندازه‌گیری آمادگی هوازی درنظر گرفته می‌شود. بیشتر مطالعات آمادگی هوازی را با زمان رسیدن به واماندگی براساس پروتکل‌های ورزشی فزاینده ارتباط داده‌اند (۳). طی یک قرن گذشته، با هدف ارتباط‌دادن میان زمان رسیدن به واماندگی انسان و عوامل فیزیولوژیک، جسمانی و تمرینی تلاش‌هایی انجام شده‌اند. برای ورزش‌های استقامتی نظیر دوی ماراتن، عوامل فیزیولوژیک نظیر حداکثر اکسیژن مصرفی، آستانهٔ لاکتات[2] و اقتصاد دویدن، ظاهراً نقش‌های مهمی را در زمان رسیدن به واماندگی ایفا می‌کنند (۴). این سه عامل تعیین‌کننده، بیش از ۷۰ درصد از تفاوت میان آزمودنی‌ها را در زمان رسیدن به واماندگی دویدن توجیه می‌کنند. در پژوهش‌های دیگری نیز ارتباط میان زمان رسیدن به واماندگی و میزان تلاش درک‌شده (۳)، سطح فعالیت بدنی و درد عضلانی (۵) اثبات شده است. همچنین، رابطهٔ عوامل جسمانی ازقبیل سن، قد و وزن بدن و زمان رسیدن به واماندگی در مردان و زنان نشان داده شده است (۶). پیرس[3] و همکاران (۷) از ورزشکاران خواستند با میزان کار یکسانی، در دو موقعیت تا واماندگی فعالیت کنند؛ بااین‌وجود، در جلسهٔ دوم به آن‌ها گفته شد که با میزان کار پایین‌تری فعالیت کنند؛ درحالی‌که میزان کار مشابه جلسه قبلی بود. ورزشکاران هیچ تغییری را در نمرهٔ تلاش درک‌شده نشان ندادند. باید توجه داشت که اجراهای استقامتی غیر از استقامت هوازی، به عوامل دیگری نیز نیاز دارند که با توجه به ویژگی ورزش متفاوت هستند.

انتخاب سرعت و تفاوت در سرعت‌هایی که موفقیت در رسیدن به واماندگی را به‌حداکثر می‌رسانند، به عنوان عامل مهمی در تعیین عملکرد بهینه در چندین رویداد ورزشی ازجمله دوچرخه‌سواری، اسکی سرعت و دویدن شناسایی شده‌اند (۸). بیلات[4] و همکاران (۹) بیان کردند که سرعت در حداکثر

1. Maximal Oxygen Uptake
2. Lactate Threshold
3. Pires
4. Billat

اکسیژن مصرفی (vVO_2max)[1] عامل اصلی پیش‌بینی‌کنندهٔ زمان رسیدن به واماندگی ۱۰ کیلومتر در دوندگان نخبه مرد و زن کنیایی است. همچنین، آن‌ها نوع تمرین را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که تمرین پرشدت، در VO_2max بالاتر مردان اثرگذار است. لگاز[2] و همکاران (۱۰) زمان رسیدن به واماندگی دوی ماراتن را برای گروهی همگن از مردان و زنان دوندهٔ نخبه، با برخی ارزیابی‌های فیزیولوژیک ازجمله اکسیژن مصرفی بیشینه، غلظت لاکتات و ضربان قلب مرتبط دانستند. مطالعات اخیر متغیرهای پیش‌بین را برای دوندگان ماراتن بررسی کرده‌اند و بهترین زمان دوی ماراتن شخصی و مسافت دویدن هفتگی را ازجمله عوامل پیش‌بینی‌کننده برای زمان رسیدن به واماندگی دوندگان مرد تفریحی مثل دوندگان ۱۰۰ کیلومتر و دوندگان فوق‌ماراتن ۲۴ ساعتی[3] معرفی کرده‌اند (۱۱). همچنین، برندون[4] و همکاران (۱۱) اظهار کردند که سرعت دویدن در زمان جلسات تمرینی با درصد چربی بدن در ارتباط است و این دو مورد، عوامل مهمی برای دوی ماراتن سریع هستند. رژپی و برتوفسی[5] (۲) نیز از سن، تودهٔ بدن و ضربان قلب استراحتی، به‌عنوان متغیرهای پیش‌بین اکسیژن مصرفی بیشینه استفاده کردند و نشان دادند که این متغیرها می‌توانند توانایی استقامتی ورزشکاران را به‌طور معناداری پیش‌بینی کنند.

با توجه به اینکه اهمیت استقامت هوازی به‌عنوان یکی از اجزای مهم آمادگی جسمانی در سلامتی و تندرستی و همچنین، در ورزش قهرمانی آشکار است (۱)، اغلب مطالعات قبلی برمبنای ارزیابی برخی متغیرهای فیزیولوژیک و جسمانی انجام شده‌اند (۱۲، ۱۱) و تا این زمان پژوهشی که اثر تمام این متغیرهای فیزیولوژیک را بر زمان رسیدن به واماندگی بررسی کرده باشد، یافت نشد. افزون‌براین، اغلب این پژوهش‌ها در ورزشکاران و دوندگان انجام شده‌اند (۱۳، ۱۲، ۴، ۲) و اطلاعات درخصوص ارتباط میان متغیرهای فیزیولوژیک و جسمانی با زمان رسیدن به واماندگی در افراد غیرورزشکار محدود است؛ بنابراین، ضرورت انجام چنین مطالعه‌ای احساس می‌شود؛ زیرا، استفاده از ویژگی‌های زمان رسیدن به واماندگی ورزشکاران و افراد نخبه، برای افراد غیرورزشکار که به‌دنبال پیشرفت و حفظ ظرفیت استقامتی خود هستند، مناسب نیست و ویژگی لازم را نخواهد داشت. به‌علاوه، انجام این پژوهش در افراد غیرورزشکار و جوان باعث خواهد شد که مهم‌ترین عوامل پیش‌بینی‌کنندهٔ ظرفیت استقامتی مشخص شوند و برنامه‌ریزی برای پیشرفت این ویژگی‌ها در افرادی که تمایل به شرکت در برنامه‌های استقامتی دارند یا اینکه به حفظ زمان رسیدن به واماندگی درطول زندگی علاقه دارند،

1. Velocity at Maximal Oxygen Uptake
2. Legaz
۳. رشته‌ای از دوی فوق‌ماراتن
4. Barandun
5. Rexhepi

به‌صورت هدفمند انجام شود. افزون‌براین، با شناسایی افرادی که از زمان رسیدن به واماندگی مطلوبی برخوردار هستند، درجهت استعدادیابی آن‌ها باید اقدام کرد. اطلاعات حاصل از پژوهش حاضر می‌تواند به تقویت ادبیات علمی کمک کند و مبنایی را برای طراحی تمرینات استقامتی غیرورزشکاران، با هدف بهبود ظرفیت قلبی- عروقی آن‌ها فراهم نکند. همچنین، پژوهش حاضر با ارائهٔ اطلاعات جدید می‌تواند پاسخ متغیرهای فیزیولوژیک را به سرعت‌های مختلف در زمان رسیدن به واماندگی روشن کند. با مشخص‌شدن عوامل مؤثر در زمان رسیدن به واماندگی می‌توان این عوامل را تقویت کرد و سلامت قلب و عروق را بهبود بخشید؛ بنابراین، هدف پژوهش حاضر، پیش‌بینی زمان رسیدن به واماندگی با سرعت‌های مختلف از روی شاخص‌های فیزیولوژیک و جسمانی در مردان جوان و بررسی ارتباط این متغیرها با یکدیگر است.

روش پژوهش

روش پژوهش حاضر ازنوع همبستگی است. جامعهٔ آماری این مطالعه تمام دانشجویان پسر دانشگاه حکیم سبزواری بودند که ۷۵ نفر به‌صورت نمونه‌گیری دردسترس به‌عنوان نمونهٔ آماری انتخاب شدند. پس از دریافت رضایت‌نامهٔ آگاهانه و توضیح تمرین و همچنین، توجیه آزمودنی‌ها درمورد نکات ایمنی، برای انجام پژوهش، در جلسات مجزایی ارزیابی‌های جسمانی و فیزیولوژیک صورت گرفت. درنهایت، آزمودنی‌ها آزمون دویدن روی نوار گردان را در چهار سرعت مختلف هشت، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت به‌مدت سه ماه انجام دادند. برای تعمیم این نتایج به شرایط میدانی می‌توان از میانگین ضربان قلب فعالیت (تعداد در دقیقه) استفاده کرد که برای سرعت‌های مختلف به‌ترتیب برابر با ۱۲/۲۱ ± ۱۷۵/۱۳، ۸/۹۵ ± ۱۸۲/۹۴، ۷/۷۹ ± ۱۸۷/۲۳ و ۵۲/۶۴ ± ۱۹۱/۶ شد. آزمون برای هر سرعت با فاصلهٔ یک‌هفته‌ای از آزمون قبلی اجرا شد و پیش از اجرای تمام آزمون‌ها، با پرسش از آزمودنی از نبود کوفتگی و ریکاوری کامل فرد، اطمینان حاصل می‌شد. سپس، از مقادیر شاخص‌های ارزیابی‌شده برای پیش‌بینی زمان رسیدن به واماندگی آزمودنی‌ها در سرعت‌های مختلف استفاده شد.

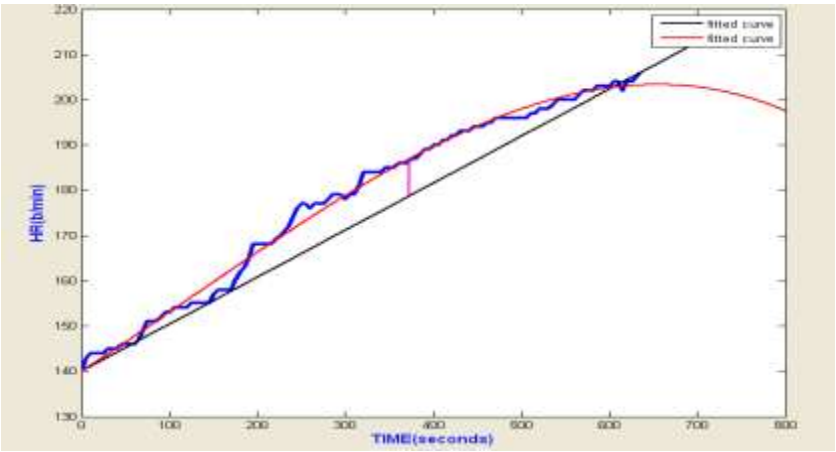
برای اندازه‌گیری شاخص‌های آمادگی جسمانی و فیزیولوژیک از آزمون های ارزیابی حداکثر اکسیژن مصرفی، آستانهٔ لاکتات، توان بی‌هوازی، ضربان قلب استراحتی، استقامت پایین تنه، قدرت بیشینه، اشباع اکسیژن، توان انفجاری و سطح فعالیت بدنی استفاده شد.

ارزیابی حداکثر اکسیژن مصرفی: برای ارزیابی حداکثر اکسیژن مصرفی، از آزمون شاتل‌ران[1] و فرمول پیشنهادی ماتسوزاکا[2] و همکاران (۱۴) استفاده شد.

1. 20 Meter Shuttle Run Test
2. Matsuzaka

$$VO_2max = ۶۱/۱ - ۲/۲۰ \times \text{جنس} - ۰/۴۶۲ \times \text{سن} - ۰/۲۶۸ \times BMI + ۰/۱۹۲ \times \text{دورها}$$

آستانهٔ لاکتات: آستانهٔ لاکتات با استفاده از روش D-max اندازه‌گیری شد. روش D-max به‌عنوان نقطه‌ای در منحنی رگرسیون تعریف شده است که بیشترین فاصله را با خط مستقیم بین دو نقطهٔ انتهایی منحنی (ضربان قلب در حالت استراحت و پس از مرحلهٔ نهایی آزمون فزاینده روی نوار گردان تا واماندگی) به‌بار می‌آورد (۱۵). برای تعیین آستانهٔ بی‌هوازی از آزمون فزایندهٔ دویدن روی نوار گردان تا واماندگی با سرعت‌های مختلف استفاده شد. ابتدا، شیب ۱۰ درصد و سرعت ۲/۵ کیلومتر در ساعت بود و هر سه دقیقه شیب به میزان دو درصد و سرعت به میزان یک کیلومتر در ساعت افزایش یافت. حین انجام آزمون، ضربان قلب به‌طور پیوسته هر پنج ثانیه ثبت شد (۱۶). پس از اجرای آزمون، ازطریق طراحی یک برنامهٔ پیشرفته کامپیوتری در نرم‌افزار متلب[1]، ضربان، سرعت و زمان در آستانهٔ لاکتات محاسبه شدند.



شکل ۱- روش D-max برای تعیین آستانهٔ لاکتات

خط عمود نمایانگر بیشترین فاصله از خط مستقیم (خط ممتد مشکی) ضربان قلب در حالت استراحت و پس از آزمون فزاینده است.

توان بی‌هوازی: برای ارزیابی توان بی‌هوازی از آزمون رست[2] استفاده شد (۱۷). برای محاسبهٔ توان بی هوازی از دو شاخص توان اوج (۱۸) و درصد خستگی (۱۹)، طبق فرمول‌های زیر استفاده شد:

$$\text{توان اوج} = \text{وزن} \times (۳۵)^2 / (\text{زمان سریع ترین تکرار})^3$$

1. Matlab
2. Rast

$$\text{درصد خستگی} = \left[\frac{\text{توان مینیمم} - \text{توان اوج}}{\text{توان اوج}}\right] \times 100$$

ضربان قلب استراحتی: برای ارزیابی ضربان قلب استراحت از آزمودنی خواسته شد که ضربان قلب خود را ازطریق ضربان نبض زند زبرین، در حالت نشسته پیش از برخاستن از رختخواب طی چند روز غیرمتوالی ثبت کند. میانگین ضربان قلب ثبت‌شده به‌صورت یک روز در میان طی دو هفته به‌عنوان ضربان قلب استراحتی هر فرد ثبت شد.

استقامت پایین‌تنه: برای ارزیابی استقامت عضلانی از افراد خواسته شد که با ۶۰ درصد 1RM خود تا رسیدن به خستگی کامل، حرکت اسکات را به‌صورت صحیح انجام دهند. تعداد تکرارها به‌عنوان استقامت عضلانی ثبت شد (۲۰).

قدرت بیشینه: در ارزیابی غیرمستقیم قدرت عضلانی، از فرمول برزیسکی[1] (۲۱) براساس وزن وزنه و تعداد تکرار استفاده شد. درواقع، برای تعیین 1RM در حرکت اسکات، هر آزمودنی حرکت را برای مثال چهار تا شش بار انجام می‌دهد؛ به‌گونه‌ای‌که کمتر از چهار و بیشتر از شش تکرار نشود. اگر کمتر از چهار تکرار به‌دست آید، از مقدار وزنه کاسته می‌شد و اگر بیشتر از شش تکرار حاصل شود، بر مقدار آن افزوده می‌شد. بین هر نوبت برای تعیین وزنه و تکرار مناسب سه تا پنج دقیقه استراحت اعمال شد. سپس، ازطریق فرمول زیر 1RM هر فرد محاسبه شد:

1RM = مقدار وزنه: [۰/۹۵-(۰/۰۲۵)(۲-تعداد تکرار)]

اشباع اکسیژن: برای ارزیابی اشباع اکسیژن از پالس‌اکسی‌متر[2] استفاده شد. پالس‌اکسی‌متر دستگاهی برای ارزیابی میزان حمل اکسیژن در خون است که آزمودنی آن را روی انگشت دست خود می‌گذارد و دستگاه میزان اشباع خون از اکسیژن را نشان می‌دهد (۲۲).

توان انفجاری: برای ارزیابی توان انفجاری پایین‌تنه از آزمون پرش عمودی سارجنت استفاده شد. سپس، با استفاده از فرمول لویس (۱۹۸۱) توان انفجاری به‌دست آمد (۲۳).

توان انفجاری پا = ۲/۲۱ × وزن (کیلوگرم) × $\sqrt{\text{ارتفاع پرش}}$ (سانتی متر)

1. Brzycki
2. Pulse Oximetry

سطح فعالیت بدنی: برای ارزیابی سطح فعالیت بدنی از پرسش‌نامهٔ سنجش فعالیت بدنی بک[1] (۲۴) استفاده شد. تمام آزمودنی‌ها به پرسش شمارهٔ نه این پرسش‌نامه و پرسش پژوهشگرساختهٔ دیگری پاسخ دادند. سپس، میزان فعالیت بدنی با استفاده از فرمول ارائه‌شده در پرسش‌نامهٔ بک محاسبه شد. تجزیه و تحلیل آماری در پژوهش حاضر، با استفاده از روش‌های آماری شامل آمار توصیفی (میانگین و انحراف معیار)، آزمون همبستگی پیرسون و روش رگرسیون چندمتغیره انجام شد. همچنین، از آزمون کلموگروف- اسمیرنوف برای بررسی طبیعی‌بودن داده‌ها استفاده شد و سطح معناداری $P\leq0.05$ در نظر گرفته شد. تمام عملیات آماری توسط نرم‌افزار اس.پی.اس.اس.[2] نسخهٔ ۱۶ انجام شد.

نتایج

در جدول‌های شمارهٔ یک و دو، شاخص‌های جسمانی و فیزیولوژیک آزمودنی‌ها نشان داده شده‌اند.

جدول ۱- آماره‌های توصیفی مربوط به شاخص‌های جسمانی آزمودنی‌ها

متغیر	انحراف استاندارد ± میانگین	حداکثر	حداقل
قد (سانتی‌متر)	۱۷۴/۰±۳/۰۶	۱۹۱/۰۰	۱۵۸/۰۰
وزن (کیلوگرم)	۶۷/۱۰±۲۵/۷۸	۹۶/۱۰	۴۲/۵۰
سن (سال)	۲۰/۷۴±۱/۲۲	۲۳/۰۰	۱۸/۰۰
شاخص تودهٔ بدن (کیلوگرم برمتر مربع)	۲۲/۱۴±۳/۶۰	۳۴/۱۰	۱۵/۶۰
وزن چربی (کیلوگرم)	۱۲/۱۸±۶/۴۱	۳۲/۰۰	۵/۰۰
وزن بدون چربی (کیلوگرم)	۵۵/۳۱±۶/۵۶	۶۸/۹۰	۳۵/۵۰
درصد چربی (٪)	۱۷/۴۵±۶/۵۸	۳۹/۵۶	۶/۸۷

برای بررسی ارتباط میان متغیرهای پیش‌بینی‌کننده و زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های مختلف، از آزمون آماری همبستگی پیرسون استفاده شد (جدول شمارهٔ سه). همان‌طورکه در جدول شمارهٔ سه نشان داده شده است، بین حداکثر اکسیژن مصرفی، سرعت در VO_2max، سرعت در آستانهٔ لاکتات، زمان رسیدن به آستانهٔ لاکتات، حداکثر توان، سطح فعالیت بدنی، زمان دویدن، استقامت پایین‌تنه آزمودنی‌ها و عملکرد استقامتی در سرعت‌های هشت، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر بر ساعت، ارتباط مستقیم معناداری وجود دارد.

بین وزن، درصد چربی بدن، درصد خستگی، ضربان قلب استراحتی و میانگین ضربان قلب فعالیتی آزمودنی‌ها و زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های هشت، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت ارتباط

1. Baecke Physical Activity Questionnaire
2. SPSS

معکوس معناداری وجود دارد. بین اشباع اکسیژن آزمودنی ها و زمان رسیدن به واماندگی فقط در سرعت هشت کیلومتر در ساعت ارتباط مستقیم معناداری وجود دارد. بین سن، وزن بدون چربی، ضربان قلب در آستانه لاکتات، قدرت پایین‌تنه و توان انفجاری پایین‌تنه آزمودنی ها با زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های مختلف ارتباط معناداری مشاهده نشد.

جدول ۲- آماره‌های مربوط به شاخص‌های فیزیولوژیک آزمودنی‌ها

متغیر	میانگین	انحراف استاندارد	حداکثر	حداقل
ضربان قلب استراحتی (تعداد در دقیقه)	۶۴/۱۳	۷/۰۲	۷۹/۰۰	۴۴/۰۰
پرش (سانتی‌متر)	۴۰/۹۳	۷/۲۷	۶۳/۰۰	۲۲/۰۰
توان انفجاری (وات)	۹۴۴/۳۱	۱۵۵/۶۹	۱۴۰۵/۸۴	۵۹۴/۰۳
قدرت پایین‌تنه (کیلوگرم)	۷۳/۱۵	۱۸/۱۳	۱۰۵/۰۰	۴۶/۰۰
استقامت پایین‌تنه (تکرار)	۳۳/۱۴	۱۷/۵۱	۸۵/۰۰	۱۲/۰۰
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر بر کیلوگرم وزن بدن در دقیقه)	۴۷/۰۳	۱/۲۹	۴۹/۶۲	۴۳/۶۸
حداکثر توان (وات)	۴۸۳/۲۶	۱۳۷/۵۵	۸۷۲/۰۴	۲۴۰/۵۷
حداقل توان (وات)	۳۸۶/۵۶	۱۱۳/۰۵	۷۹۰/۰۸	۱۹۶/۶۸
درصد خستگی (٪)	۱۹/۸۳	۶/۲۵	۳۴/۴۳	۷/۹۴
سرعت در حداکثر اکسیژن مصرفی (کیلومتر در ساعت)	۱/۰۶	۰/۳	۱/۱۳	۰/۹۸
سطح فعالیت بدنی (براساس شاخص بک)	۴/۳	۲/۴۶	۶/۳۶	۰/۰۰
سابقهٔ دویدن (دقیقه در هفته)	۳۹/۱۱	۶/۰۳	۶۰/۰۰	۰/۰۰
ضربان قلب در آستانهٔ لاکتات (تعداد در دقیقه)	۱۷۹/۷	۴۲/۹۵	۱۹۵/۰۱	۱۶۴/۱۹
زمان رسیدن به آستانهٔ لاکتات (ثانیه)	۱۱/۱	۲/۷۷	۱۵/۸۱	۸/۰۶
سرعت در آستانهٔ لاکتات (کیلومتر بر ساعت)	۵	۱/۷۲	۷/۵۰	۴/۵۰

تحلیل رگرسیون چندمتغیره نشان داد که مهم‌ترین متغیرهای پیش‌بینی‌کنندهٔ زمان رسیدن به واماندگی در سرعت هشت کیلومتر در ساعت عبارت‌اند از: سرعت در VO_2max، ضربان قلب حین فعالیت، سطح فعالیت بدنی، ضربان قلب استراحتی و توان انفجاری پایین‌تنه.

معادلهٔ رگرسیونی زیر برای پیش‌بینی زمان رسیدن به واماندگی در سرعت هشت کیلومتر در ساعت پیشنهاد می‌شود:

مسافت پیموده‌شده در سرعت هشت کیلومتر در ساعت=
۴/۶۵۶ + ۲/۰۰۴ (vVO₂max) – ۰/۰۱۲ (ضربان قلب هنگام فعالیت با سرعت هشت کیلومتر بر ساعت) + ۰/۳۸۸ (سطح فعالیت بدنی) – ۰/۰۰۱ (توان انفجاری پایین‌تنه) -۰/۰۰۹ (ضربان قلب استراحتی)

مهم‌ترین متغیرهای پیش‌بینی‌کنندهٔ زمان رسیدن به واماندگی در سرعت ۱۰ کیلومتر در ساعت عبارت‌اند از: سرعت در VO_2max، سرعت در آستانهٔ لاکتات، سابقهٔ دویدن، وزن، ضربان قلب استراحتی و ضربان قلب حین فعالیت.

معادله رگرسیونی زیر برای پیش‌بینی زمان رسیدن به واماندگی در سرعت ۱۰ کیلومتر در ساعت پیشنهاد می‌شود:

مسافت پیموده‌شده در سرعت ۱۰ کیلومتر در ساعت=
-۱/۹۱۵ + ۱/۹۳۵ (vVO₂max) + ۱/۷۹۸ (سرعت در آستانهٔ لاکتات) + ۰/۱۰۶ (سابقهٔ دویدن برحسب دقیقه) -۰/۰۰۵ (ضربان قلب در سرعت ۱۰ کیلومتر بر ساعت) – ۰/۰۰۸ (ضربان قلب استراحتی) – ۰/۰۰۶ (وزن) – (در هفته

مهم‌ترین متغیرهای پیش‌بینی‌کنندهٔ زمان رسیدن به واماندگی در سرعت ۱۲ کیلومتر در ساعت عبارت‌اند از: سرعت در آستانهٔ لاکتات، سابقهٔ دویدن، وزن، ضربان قلب استراحتی و توان بیشینه.

معادلهٔ رگرسیونی زیر برای پیش‌بینی زمان رسیدن به واماندگی در سرعت ۱۲ کیلومتر در ساعت پیشنهاد می‌شود:

مسافت پیموده‌شده در سرعت ۱۲ کیلومتر در ساعت=
۲/۶۲۸ + ۱/۹۸۸ (سرعت در آستانهٔ لاکتات) + ۰/۰۹۲ (سابقهٔ دویدن برحسب دقیقه در هفته) – ۰/۰۰۹ (وزن) – ۰/۰۰۹ (ضربان قلب استراحتی) + ۰/۰۰۱ (حداکثر توان)

مهم‌ترین متغیرهای پیش‌بینی‌کنندهٔ زمان رسیدن به واماندگی در سرعت ۱۴ کیلومتر در ساعت عبارت‌اند از: سرعت در VO_2max، سطح فعالیت بدنی، وزن، سابقهٔ دویدن و توان بیشینه.

معادلهٔ رگرسیونی زیر برای پیش‌بینی زمان رسیدن به واماندگی در سرعت ۱۴ کیلومتر در ساعت پیشنهاد می‌شود:

مسافت پیموده‌شده در سرعت۱۴ کیلومتر در ساعت=
۰/۶۹۴ + ۲/۲۱۸ (vVO₂max) + ۰/۱۸۱ (سطح فعالیت بدنی) -۰/۰۰۶ (وزن) +۰/۰۵۶ (سابقهٔ دویدن برحسب دقیقه) + (دقیقه در هفته (حداکثر توان)۰/۰۰۱

جدول ۳- آماره‌های مربوط به ضریب همبستگی و سطح معناداری متغیرهای پیش‌بینی‌کننده و زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های مختلف (کیلومتر در ساعت)

متغیر	شاخص آماری	سرعت ۸	سرعت ۱۰	سرعت ۱۲	سرعت ۱۴
وزن (کیلوگرم)	r	-۰/۳۲	-۰/۳۸	-۰/۴۲	-۰/۳۶
	P	۰/۰۰۵*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*
سن (سال)	r	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۶	-۰/۰۰۹
	P	۰/۸	۰/۵	۰/۵	۰/۹
درصد چربی (٪)	r	-۰/۴۴	-۰/۴۷	-۰/۵۴	-۰/۵۶
	P	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*
وزن بدون چربی (کیلوگرم)	r	-۰/۱۲	-۰/۱۵	-۰/۱۸	۰/۰۵
	P	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۶
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر بر کیلوگرم وزن بدن در دقیقه)	r	۰/۳۸	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۴۷
	P	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*
سرعت در آستانهٔ لاکتات (کیلومتر بر ساعت)	r	۰/۶۶	۰/۷۱	۰/۶۶	۰/۶۰
	P	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*
ضربان قلب در آستانهٔ لاکتات (ضربان در دقیقه)	r	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۰۱
	P	۰/۹	۰/۶	۰/۴	۰/۹
زمان رسیدن به آستانهٔ لاکتات (ثانیه)	r	۰/۶۱	۰/۶۴	۰/۶۳	۰/۵۹
	P	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*
درصد خستگی (٪)	r	-۰/۳۲	-۰/۳۳	-۰/۳۰	-۰/۳۰
	P	۰/۰۰۴*	۰/۰۰۳*	۰/۰۰۹*	۰/۰۰۸*
حداکثر توان (وات)	r	۰/۲۱	۰/۳۵	۰/۳۶	۰/۴۷
	P	۰/۰۶*	۰/۰۰۲*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*
ضربان قلب استراحتی (تعداد در دقیقه)	r	-۰/۵۰	-۰/۵۴	-۰/۵۲	-۰/۵۰
	P	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*
سطح فعالیت بدنی (براساس شاخص بک)	r	۰/۵۷	۰/۵۷	۰/۵۳	۰/۶۲
	P	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*
سابقهٔ دویدن (دقیقه در هفته)	r	۰/۵۶	۰/۶۵	۰/۵۷	۰/۵۷
	P	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*
اشباع اکسیژن (٪)	r	-۰/۲۳	۰/۱۸	۰/۱۱	-۰/۱۳
	P	۰/۰۴*	۰/۱	۰/۳۳	۰/۲

ادامهٔ جدول ۳- آماره‌های مربوط به ضریب همبستگی و سطح معناداری متغیرهای پیش‌بینی‌کننده و زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های مختلف

متغیر	شاخص آماری	سرعت ۸	سرعت ۱۰	سرعت ۱۲	سرعت ۱۴
سرعت در حداکثر اکسیژن مصرفی (کیلومتر در ساعت)	r	۰/۶۷	۰/۷۴	۰/۷۱	۰/۷۵
	P	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*
میانگین ضربان قلب فعالیتی (تعداد در دقیقه)	r	-۰/۶۰	-۰/۵۴	-۰/۲۹	-۰/۱۶
	P	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۱*	۰/۱
استقامت پایین‌تنه (تکرار)	r	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۴۱
	P	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*
قدرت پایین‌تنه (کیلوگرم)	r	۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۶
	P	۰/۳	۰/۱	۰/۲	۰/۱
توان انفجاری پایین‌تنه (وات)	r	-۰/۱۸	-۰/۱۹	-۰/۱۹	۰/۰۹
	P	۰/۱	۰/۰۹*	۰/۰۹*	۰/۴۳

* معناداری در سطح ۰/۰۵

بحث و نتیجه‌گیری

ازمیان عوامل جسمانی که در این مطالعه بررسی شدند، سن ارتباط معناداری با زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های هشت، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت نداشت که این یافته با نتایج برخی پژوهش‌ها ناهمسو است (۲۵، ۱۳، ۲). رژپی و برتوفسی (۲) در ۱۵۰۲ نفر از بازیکنان فوتبال فعال ۱۶ تا ۳۵ ساله نشان دادند که سن به‌طور معناداری پیش‌بینی‌کنندهٔ توانایی استقامتی ورزشکاران بود. در پژوهش حاضر، دامنهٔ سنی آزمودنی‌ها محدود و بین ۱۸ تا ۲۲ سال بود و بدین‌جهت سن نتوانست زمان رسیدن به واماندگی را پیش‌بینی کند؛ بنابراین، اگر دامنهٔ سنی بیشتر می‌بود، سن احتمالاً می‌توانست عامل پیش‌بینی‌کننده‌ای برای زمان رسیدن به واماندگی باشد (۲).

وزن بدون چربی ارتباط معناداری را با زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های هشت، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت نشان نداد که این یافته با نتایج پژوهش دلاگرانا[1] و همکاران (۲۶) ناهمسو است. آن‌ها در پژوهش خود برای تعیین ویژگی‌های فیزیولوژیک، جسمانی، قدرت و توان عضلانی همراه با عملکرد دویدن در دوندگان جوان، ارتباط مثبتی را میان وزن بدون چربی و زمان رسیدن به واماندگی دویدن پنج کیلومتر مشاهده کردند (۲۶) که با نتیجهٔ پژوهش حاضر ناهمسو است. دلیل این ناهمسویی

1. Dellagrana

می‌تواند تمرین‌نکردن آزمودنی‌های پژوهش حاضر باشد؛ زیرا، طبق پژوهش ولی[1] و همکاران (۲۷)، تمرین موجب افزایش وزن بدون چربی بدن می‌شود و افزایش بازسازی بطن چپ را به‌عنوان پیامد طبیعی درپی دارد که در بهبود زمان رسیدن به واماندگی مؤثر است.

متغیر وزن ارتباطی منفی را با زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های هشت، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت نشان داد. وزن عامل پیش‌بین برای زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت بود؛ اما در پیش‌بینی زمان رسیدن به واماندگی هشت کیلومتر در ساعت مؤثر نبود. سامسون[2] و همکاران (۲۰۰۰) و گوتین[3] و همکاران (۱۹۷۵) نتایج مشابهی را با پژوهش حاضر گزارش کردند (۲۸، ۶)؛ اما برندون و همکاران (۱۱) نتایج ناهمسویی را گزارش کردند. دلیل مشاهدهٔ این ارتباط منفی در پژوهش حاضر می‌تواند ماهیت تحمل وزن بدن باشد که مستلزم صرف انرژی بیشتری برای به‌حرکت‌درآوردن عضلات است و درنتیجه، بر زمان رسیدن به واماندگی اثرگذار است.

در پژوهش حاضر، درصد چربی ارتباط معکوس معناداری با زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های هشت، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت داشت؛ اما در پیش‌بینی زمان رسیدن به واماندگی دویدن استقامتی نقشی نداشت. برخی پژوهش‌ها نتایج مشابهی را با پژوهش حاضر گزارش کردند (۲۹، ۱۱). المروائی[4] و همکاران (۱۳) نبود ارتباط بین این متغیرها را درمورد آزمودنی‌های دختر نوجوان گزارش کردند. دلیل این ناهمسویی می‌تواند تفاوت جنسیت آزمودنی‌ها و سن آن‌ها باشد. دلیل این ارتباط منفی در پژوهش حاضر می‌تواند این باشد که در زمان رسیدن به واماندگی دویدن، بافت چربی اضافی معمولاً مستلزم تلاش عضلانی بیشتری برای سرعت‌بخشیدن به پاها است و به‌طور نظری، هزینهٔ انرژی در یک سرعت مشابه، بالاتر است. همچنین، علت مشارکت‌نکردن این متغیر در مدل پیش‌بینی می‌تواند هم‌خطی‌بودن متغیرهای مستقل باشد؛ بدین‌ترتیب، باوجود ارتباط معنادار بین دو متغیر پیش‌بینی‌کننده و پیش‌بینی‌شده در مدل پیش‌بینی، متغیرهای دیگری جایگزین درصد چربی شده‌اند.

ضربان قلب استراحتی ارتباط معکوس معناداری با زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های هشت، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت داشت. ضربان قلب استراحتی، متغیر پیش‌بین برای زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های هشت، ۱۰ و ۱۲ کیلومتر در ساعت بود؛ اما در پیش‌بینی زمان رسیدن به واماندگی در سرعت ۱۴ کیلومتر بر ساعت، اثرگذار نبود. رژپی و برتوفسی (۲) نیز نتایجی همسو با پژوهش حاضر گزارش کردند و بیان کردند که ضربان قلب استراحتی کمتر، شاخصی از عملکرد هوازی بالاتر است و بدین‌ترتیب، به میزان کمتر مصرف اکسیژن، کارایی بیشتر در فعالیت و توانایی انجام

1. Walley
2. Samson
3. Gutin
4. Almarwaey, Jones & Tolfrey

فعالیت بدنی بیشتر پیش از رسیدن به واماندگی اشاره می‌کند. با توجه به میانگین پایین زمان دویدن آزمودنی‌ها در سرعت ۱۴ کیلومتر در ساعت می‌توان گفت که علت نبود ارتباط با زمان رسیدن به واماندگی در سرعت ۱۴ کیلومتر بر ساعت، خارج‌شدن فعالیت از حالت استقامتی در این سرعت و اثرنگذاشتن ضربان در عملکردهای سرعتی است.

توان انفجاری پایین‌تنه ارتباط معناداری با زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های هشت، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت نداشت. این متغیر به‌عنوان متغیر پیش‌بین در مدل زمان رسیدن به واماندگی در سرعت هشت کیلومتر در ساعت شرکت کرد؛ اما در پیش‌بینی زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت مشارکت نداشت. نتایج حاضر همسو با نتایج پژوهش کول[1] و همکاران (۳۰) است؛ اما هومارد[2] و همکاران (۳۱) نتایج ناهمسویی را نشان دادند. برخی مطالعات نشان دادند که زمان رسیدن به واماندگی دویدن در مسافت‌های متوسط و طولانی‌مدت، نه‌تنها توسط عوامل فیزیولوژیک، بلکه توسط عوامل توان عضلانی نیز محدود می‌شود، بنابراین، تمرین قدرتی همراه با افزایش قدرت و توان گزارش شده است که به افزایش تولید نیروی سریع منجر می‌شود و در افزایش سرعت دویدن در مسافت‌های طولانی‌مدت نقش دارد؛ بنابراین، سازگاری عصبی ویژه و افزایش سختی سیستم تاندونی- عضلانی باعث می‌شود که بدن انرژی ارتجاعی (الاستیسیته) را ذخیره کند و به‌طور مؤثری آن را به‌کار برد که ممکن است در دویدن مسافت‌های متوسط و طولانی‌مدت مهم باشد (۲۶). ورزشکاران استقامتی باید قادر باشند به‌طور نسبی سرعت بالایی را در بیشتر مسیر مسابقه حفظ کنند که این بر نقش ویژگی‌های عصبی- عضلانی مرتبط با فعالیت عصبی ارادی و رفلکسی، نیرو و الاستیسیتهٔ عضله، مکانیک دویدن و همچنین، نقش ویژگی‌های بی‌هوازی در ورزشکاران استقامتی نخبه تأکید می‌کند (۳۲).

قدرت پایین‌تنه ارتباط معناداری با زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های هشت، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت نداشت و در پیش‌بینی زمان رسیدن به واماندگی شرکت نکرد که این یافته با نتایج برخی پژوهش‌ها (۳۰، ۲۶) همسو است. یاریک[3] (۳۳) بیان کرد که بهتر است برای بررسی ارتباط قدرت و عملکرد حرکت، ابعاد بدنی درنظر گرفته شوند و این مقادیر براساس اندازهٔ بدن نرمال‌سازی شوند.

استقامت پایین‌تنه ارتباط معناداری با زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های هشت، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت داشت؛ اما در پیش‌بینی زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های هشت، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت شرکت نکرد. دراین‌زمینه، پژوهش مشابهی که ارتباط این دو متغیر یا قدرت

1. Cole
2. Houmard
3. Jaric

پیش‌بینی استقامت پایین‌تنه را برای زمان رسیدن به واماندگی به‌طور مستقیم سنجیده باشد، یافت نشد. ورنی[1] و همکاران (۳۴) نشان دادند که ۱۴ هفته تمرین ترکیبی استقامت پایین‌تنه و قدرت بالاتنه، استقامت و قدرت را در مردان سالمند فعال به‌طور معناداری افزایش داد. به‌نظر منطقی می‌آید که توانایی پاها برای تحمل بیشتر فشار فعالیت در مدتی طولانی‌تر در زمان رسیدن به واماندگی کل فرد اثرگذار باشد.

توان بیشینه ارتباط معناداری با زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت داشت؛ اما ارتباط معناداری را با زمان رسیدن به واماندگی در سرعت هشت کیلومتر در ساعت نشان نداد. توان بیشینه، متغیر پیش‌بین برای زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت بود؛ اما در پیش‌بینی زمان رسیدن به واماندگی هشت و ۱۰ کیلومتر در ساعت مؤثر نبود که این یافته همسو با نتایج پژوهش هاولی و نوئاکز[2] (۳۵) است و با نتایج پژوهش بنتلی[3] و همکاران (۳۶) ناهمسو است. دلیل همسویی نتایج مطالعهٔ هاولی و نوئاکز با پژوهش حاضر می‌تواند ماهیت نسبتاً مشابه استفاده از آزمون فزاینده تاحد واماندگی در هر دو پژوهش باشد. از دلایل ناهمسویی نتایج می‌توان به غیرنخبه‌بودن و طولانی‌تربودن مدت آزمون فزاینده اشاره کرد.

درصد خستگی ارتباط معکوس معناداری را با زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های هشت، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت نشان داد. در فعالیت‌های با شدت بالا، علت خستگی می‌تواند محدودیت تحویل اکسیژن کافی به عضلات باشد که درنتیجه، تولید اسیدلاکتیک زمان رسیدن به واماندگی را محدود می‌کند؛ اما در فعالیت‌های زیربیشینه ناتوانی در ادامهٔ فعالیت می‌تواند به‌دلیل سازوکارهای خستگی مرکزی باشد که ازدست‌دادن انگیزه و فعالیت قشر حرکتی ازجمله عوامل محدودکننده هستند (۳۷). همچنین، گرمای حین فعالیت می‌تواند عاملی برای محدودیت کارکرد مغز در فعال‌سازی عضلات و درنتیجه، کاهش زمان رسیدن به واماندگی باشد. افزون‌براین، تخلیهٔ ذخایر کربوهیدرات و عوامل روانی ازجمله انگیزهٔ فرد، در خستگی و بنابراین، در زمان رسیدن به واماندگی مؤثر هستند (۳۸). به‌طورکلی، استقامت به مفهوم مقاومت دربرابر خستگی است. درواقع، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که افراد دارای عضلات مقاوم‌تر دربرابر خستگی، در جریان فعالیت، لاکتات کمتری تولید می‌کنند و دارای آستانهٔ لاکتات بالاتری هستند و می‌توانند شدت فعالیت نسبتاً بیشتری را برای دوره‌های طولانی انجام دهند (۳۰).

VO_2max آزمودنی‌ها ارتباط معناداری با زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های هشت، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت داشت؛ اما در پیش‌بینی زمان رسیدن به واماندگی دویدن استقامتی در

1. Verney
2. Hawley & Noakes
3. Bentley

سرعت‌های ذکرشده شرکت نکرد. دلیل این نتیجه می‌تواند همگن‌بودن آزمودنی‌ها و دامنهٔ محدود این متغیر باشد. مقدار حداقل VO_2max معادل با ۴۳/۶۸ و حداکثر معادل با ۴۹/۶۲، این موضوع را تأیید می‌کند. برخی مطالعات نتایج مشابه با پژوهش حاضر را نشان دادند (۲۸، ۱۲، ۱۰)؛ درحالی‌که بایومن[1] و همکاران (۳۹) نتایج ناهمسویی را گزارش کردند. علت این نتایج ناهمسو می‌تواند کنترل‌نکردن مقیاس‌های آلومتریک، تکنیک دویدن و آثار سرعت باشد. پژوهشگران عامل تفاوت در اندازهٔ ابعاد بدن را به توان پیش‌بینانهٔ ضعیف VO_2max مرتبط دانسته‌اند؛ زیرا، مطالعات غالباً تفاوت‌های وزن بدن را هنگام ارزیابی VO_2max درنظر نگرفته‌اند.

سرعت در VO_2max ارتباط معناداری را با زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های هشت، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت نشان داد. همچنین، سرعت در VO_2max، پیش‌بینی‌کنندهٔ زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های هشت، ۱۰ و ۱۴ کیلومتر در ساعت بود؛ اما در سرعت ۱۲ کیلومتر بر ساعت، متغیر پیش‌بین نبود. علت این ارتباط می‌تواند برون‌ده قلبی بالا، تحویل اکسیژن زیاد به عضلات فعال و توانایی حفظ درصد زیادی از VO_2max برای عملکرد در دوره‌های طولانی‌مدت و همچنین، توانایی حرکت کارآمد باشد (۲۶). بیشتر پژوهش‌ها نتایج مشابهی را نشان دادند (۲۶، ۱۳). بیلات[2] و همکاران (۹) رابطهٔ معکوسی را میان vVO_2max و زمان کل تا واماندگی در یک آزمون شبیه‌سازی‌شده در ارتفاع ۲۴۰۰ متری در دوندگان استقامت تمرین‌کرده گزارش کردند. به‌عبارت‌دیگر، دوندگانی که بیشترین کاهش vVO_2max ناشی از ارتفاع را (در شرایط هایپوکسی) گزارش کردند، بیشترین مسافت را دویدند. پژوهشگران نتیجه گرفتند که علت این امر نقش قابل‌توجه انرژی غیرهوازی است که تحت‌تأثیر ارتفاع قرار نمی‌گیرد. محدودیت‌های تبادل گاز می‌تواند موجب کاهش اشباع اکسیژن و درنتیجه، کاهش دسترس‌پذیری اکسیژن برای عضلات فعال باشد.

سطح فعالیت بدنی آزمودنی‌ها ارتباط مستقیم معناداری را با زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های هشت، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت نشان داد. سطح فعالیت بدنی، متغیر پیش‌بین برای زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های هشت و ۱۴ کیلومتر در ساعت بود؛ اما در پیش‌بینی زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های ۱۰ و ۱۲ کیلومتر در ساعت اثرگذار نبود. سابقهٔ دویدن در هفته ارتباط مستقیم معناداری را با زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های هشت، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت نشان داد. سابقهٔ دویدن، متغیر پیش‌بین زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت بود. تاندا[3] و همکاران (۳) نتایجی مشابه با پژوهش حاضر را نشان دادند. آن‌ها در مطالعه‌ای برای پیش‌بینی زمان رسیدن به واماندگی ماراتن برمبنای شاخص‌های تمرینی بیان

1. Baumann
2. Billat
3. Tanda

کردند که مسافت دویدن در هفته و تعداد سال‌های تمرین، بهترین عوامل پیش‌بینی‌کنندهٔ زمان رسیدن به واماندگی هستند (۳). علت این همسویی می‌تواند مشابهت سطح فعالیت بدنی و غیرورزشکاربودن آزمودنی‌های پژوهش آن‌ها با آزمودنی‌های مطالعهٔ حاضر باشد. درمقابل، برخی مطالعات نتایج ناهمسو با پژوهش حاضر را گزارش کردند (۲۵، ۱۱). از دلایل ناهمسویی پژوهش حاضر با مطالعات مختلف می‌توان به مدت کمتر سطح فعالیت بدنی، تفاوت در میزان دویدن هفتگی و ورزشکارنبودن آزمودنی‌ها اشاره کرد. همچنین، ازآنجایی‌که در این مطالعه‌ها اطلاعات سطح فعالیت بدنی و میانگین ساعات دویدن در هفته به روش خودگزارشی به‌دست آمده‌اند، یکی دیگر از توجیه‌ها می‌تواند اختلاف در ثبت و گزارش‌دهی سطح فعالیت بدنی باشد. با توجه به بررسی‌های پژوهشگر مطالعهٔ حاضر، تا این زمان پژوهشی که اثر تمام این متغیرهای فیزیولوژیک را بر زمان رسیدن به واماندگی بررسی کرده باشد، یافت نشد. همچنین، غالب این مطالعه‌ها روی ورزشکاران و دوندگان انجام شده‌اند؛ بنابراین، متغیر سطح فعالیت بدنی نیز بررسی شد تا به غنای پژوهش کمک کند و اثر مطلوب آن در معادلات پیش‌بینی بررسی شود.

میانگین ضربان قلب حین فعالیت ارتباط معکوس معناداری با زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های هشت، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت داشت. میانگین ضربان قلب حین فعالیت، متغیر پیش‌بین برای زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های هشت و ۱۰ کیلومتر در ساعت بود؛ اما در پیش‌بینی زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت شرکت نکرد که این یافته با نتایج برخی مطالعات (۲۸، ۱۰) همسو است. با توجه به زمان دویدن آزمودنی‌ها در سرعت‌های مختلف (۴۴/۴۷ ± ۶۰/۰۴، ۲۳/۶۱ ± ۲۷/۳۳، ۱۲/۶۵ ± ۱۱/۶۳ و ۳/۲۴ ± ۴/۶۵ دقیقه به‌ترتیب برای سرعت‌های هشت، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر بر ساعت) می‌توان گفت که با افزایش سرعت از ماهیت زمان رسیدن به واماندگی کاسته می‌شود و بنابراین، ضربان قلب عامل اثرگذاری در عملکرد سرعتی نیست.

زمان رسیدن به آستانهٔ لاکتات و سرعت در آستانهٔ لاکتات ارتباط معناداری را با زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های هشت، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت نشان دادند؛ اما ضربان قلب در آستانهٔ لاکتات ارتباط معناداری با زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های ذکرشده نداشت. سرعت در آستانهٔ لاکتات متغیر پیش‌بین برای زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های ۱۰ و ۱۲ کیلومتر در ساعت بود؛ اما در پیش‌بینی عملکرد در سرعت‌های هشت و ۱۴ کیلومتر در ساعت شرکت نکرد که این یافته با نتایج پژوهش یوشیدا[1] و همکاران (۴۰) همسو است. تجمع اسیدلاکتیک بر کسری از حداکثر اکسیژن مصرفی که دونده در جریان رویداد استقامتی مصرف می‌کند، اثرگذار است. یک دلیل احتمالی

1. Yoshida

برای افزایش لاکتات، انطباق‌نداشتن میان میزان تحویل پیروات به میتوکندری‌ها و استفاده از آن‌ها در عضلات فعال است. همچنین، فزونی تولید لاکتات بر پالایش آن، استفاده از تارهای تند انقباض و کمبود اکسیژن می‌توانند دلایل دیگر باشند (۴۰). مطالعات المروائی و همکاران (۱۳) و روکر[1] و همکاران (۴۱) نشان دادند که آستانهٔ غیر هوازی، بیشترین مقدار پیش‌بینانه را برای رقابت‌های استقامتی، درمیان ۱۶ متغیر دیگر دارد. همبستگی معنادار میان آستانهٔ لاکتات و زمان رسیدن به واماندگی در تمام مسافت‌های پیموده‌شده، تأییدکننده اثرگذاری آستانهٔ لاکتات بر ظرفیت کار هوازی است که از عوامل مهم برای زمان رسیدن به واماندگی در رویدادهای استقامتی محسوب می‌شود؛ اما انطباق‌نداشتن در خطوط رگرسیون، نشان‌دهندهٔ اثرگذاری عامل دیگری بر زمان رسیدن به واماندگی است که در مسافت‌های کوتاه‌تر اثری معادل با ظرفیت کار غیرهوازی دارد؛ اما پس از سپری‌شدن مدتی از فعالیت، شاید دسترسی سوبسترا عامل محدودکننده برای ظرفیت زمان رسیدن به واماندگی شود (۴۱).

اشباع اکسیژن آزمودنی‌ها ارتباط معناداری با زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های هشت، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت نداشت و در پیش‌بینی زمان رسیدن به واماندگی در هیچ‌یک از سرعت‌های هشت، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر در ساعت شرکت نداشت. استوسی[2] و همکاران (۴۲) همین ارتباط را درجهت مقابل و در گروهی متشکل از ۲۸ آزمودنی بی‌تحرک اثبات کردند و نشان دادند که تمرین استقامتی، صرف‌نظر از اثرگذاری بر عمق تنفس و افزایش زمان رسیدن به واماندگی، اثری بر اشباع اکسیژن این آزمودنی‌ها ندارد. محدودهٔ اشباع اکسیژن آزمودنی‌های پژوهش حاضر، در سرعت‌های مختلف از ۸۰/۵۰ تا ۹۹/۶۰ متغیر بود. احتمالاً دلیل نبود ارتباط این متغیر با زمان رسیدن به واماندگی این است که اشباع اکسیژن محدودیتی برای زمان رسیدن به واماندگی در افراد غیرحرفه‌ای ایجاد نمی‌کند.

پژوهش حاضر محدودیت‌هایی داشت که از آن جمله می‌توان به کنترل‌نشدن فعالیت بدنی گروه‌های پژوهش در خارج از زمان مطالعه، کنترل‌نشدن کامل شرایط روحی- روانی و کنترل‌نشدن دقیق تغذیه و کیفیت خواب آزمودنی ها درمدت انجام پژوهش اشاره کرد. با توجه به این پژوهش، انجام پژوهش‌های دیگری درمیان اقشار خاصی نظیر سالمندان و بیماران، با هدف یافتن عوامل مؤثر در زمان رسیدن به واماندگی و درنتیجه، عوامل مؤثر در سلامت قلبی- عروقی برای بهبود کیفیت زندگی آن‌ها توصیه می‌شود. همچنین، درمیان گروه‌های خاص، پژوهش روی ورزشکاران استقامتی برای

1. Roecker
2. Stuessi

طراحی تمرینات استقامتی درراستای تقویت عوامل مؤثر بر بهبود استقامت قلبی عروقی آن‌ها توصیه می‌شود.

پیام مقاله: برای پیش‌بینی زمان رسیدن به واماندگی می‌توان از vVO_2max، سطح فعالیت بدنی، ضربان قلب استراحتی و آستانهٔ لاکتات استفاده کرد.

منابع

1. Hajinia M, Hamedinia MR, Haghighi AH. The relationship between aerobic power to physical activity levels and anthropometric factors among 12-16 years old boys. Spj. 2014;6(23):55-68. (In Persian).
2. Rexhepi AM, Brestovci B. Prediction of vo_2max based on age, body mass, and resting heart rate. humo. 2014;15(1):56-9.
3. Okuno NM, Soares-Caldeira LF, Milanez VF, Perandini LAB. Predicting time to exhaustion during high-intensity exercise using rating of perceived exertion. Sci Sports. 2015;30(6):155-61.
4. Tanda G. Prediction of marathon performance time on the basis of training indices. jhse. 2011;6(3):511-20.
5. Nunes D. Accuracy of prediction of edurance running performance: relationship to training history, muscle pain and relative perception of effort (thesis). (Cape Town): University of Cape Town; 2014.
6. Samson MM, Meeuwsen IB, Crowe A, Dessens JA, Duursma SA, Verhaar HJ. Relationships between physical performance measures, age, height and body weight in healthy adults. Age Ageing. 2000;29(3):235-42.
7. Pires F, Noakes T, Lima-Silva A. Cardiopulmonary, blood metabolite and rating of perceived exertion responses to constant exercises performed at different intensities until exhaustion. Br J Sports Med. 2011;45(11):19–25.
8. Gosztyla A E, Edwards D G, Quinn T J, Kenefick R W. The impact of different pacing strategies on five-kilometer running time trial performance. J Strength Cond Res. 2006;20(4):882-6.
9. Billat V, Lepretre PM, Heugas AM, Laurence MH, Salim D, Koralsztein JP. Training and bioenergetic characteristics in elite male and female Kenyan runners. Med Sci Sports Exerc. 2003;35(2):297-304.
10. Legaz A, Munguia D, Serveto J R. Physiological measures associated with marathon running performance in high-level male and female homogeneous groups. Int J Sports Med. 2006;27:289–95.
11. Barandun U, Knechtle B, Knechtle P, Klipstein A, Rüst C A, Rosemann T, et al. Running speed during training and percent body fat predict race time in recreational male marathoners. J Sports Med. 2012;3:51-8.
12. Bragada JA, Santos PJ, Maia JA, Colaço PJ, Lopes VP, Barbosa TM. Longitudinal study in 3,000 m male runners: Relationship between performance and selected physiological parameters. J Sports Sci Med. 2010;9(3):439-44.

13. Almarwaey OA, Jones AM, Tolfrey K. Physiological correlates with endurance running performance in trained adolescents. Med Sci Sports Exerc. 2003;35(3): 480-7.
14. Matsuzaka A, Takahashi Y, Yamazo M, Kumakura N, Ikeda A, Wilk B, et al. Validity of the multistage 20-mShuttle-run test for Japanese children, adolescents, and adults. Pediatr Exerc Sci. 2004;16(2):113-25.
15. Czuba M, Zając A, Cholewa J, Poprzęcki S, Waśkiewicz Z, Mikołajec K. Lactate threshold (D-max method) and maximal lactate steady state in cyclists. J Hum Kinet. 2009;21:49-56.
16. Mortezavand S, Siahkouhian M, Bolboli L. The effect of loading pattern in the exhaustive protocols on anaerobic threshold of sedentary young girls. J Sport Bio Sci. 2013;7(1):5-13. (In Persian)
17. Balčiūnas M, Stonkus S, Abrantes C, Sampaio J. Long term effects of different training modalities on power, speed, skill and anaerobic capacity in young male basketball players. J Sports Sci Med. 2006;5(1):163-70.
18. Ranjbar R, Kordi M, Gaeini AA. The effect of caffeine ingestion on anaerobic power: Fatigue index and blood lactate levels in boys athlete students. biosport J. 2009;1(1):123-36. (In Persian).
19. Naharudin MN, Yusof A. Fatigue index and fatigue rate during an anaerobic performance under hypohydrations. PloS one. 2013;8(10):1-7.
20. Pereira MIR, Gomes PSC. Muscular strength and endurance tests: Reliability and prediction of one repetition maximum: Review and new evidences. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. 2003;9(5):32535.
21. Brzycki MA. Practical approach to strength training. 2th ed. Indianapolis: Master Press; 1995.
22. Toth B, Becker A, Seelbach-Göbel B. Oxygen saturation in healthy newborn infants immediately after birth measured by pulse oximetry. Arch Gynecol Obstet. 2002; 266(2):105-7.
23. Hoffman J. Norms for Fitness, Performance and health. Champaign, Ill: Human Kinetics; 2006.
24. Baecke J, Burema J, Frejters J. A short questionnaire for the measurement of habitual activity in epidemiological studies Am J Clin Nutr. 1982;36(5):936-42.
25. Takeshima N, Tanaka K. Prediction of endurance running performance for middle-aged and older runners. Br J Sports Med. 1995;29(1):20–3.
26. Dellagrana R A, Guglielmo L G, Santos B V, Hernandez S G, Da Silva S G, De Campos W. Physiological, anthropometric, strength, and muscle power characteristics correlates with running performance in young runners. J Strength Cond Res. 2015;29(6):1584-91.
27. Whalley GA, Doughty RN, Gamble GD, Oxenham HC, Walsh HJ, Reid IR, et al. Association of fat-free mass and training status with left ventricular size and mass in endurance-trained athletes. J Am Coll Cardiol. 2004;44(4):892-6.
28. Gutin B, Torrey K, Welles R, Vytvytsky M. Physiological parameters related to running performance in college trackmen. J Hum Ergol. 1975;4(1):27-34.
29. Legaz A, Eston R. Changes in performance, skin fold thicknesses and fat patterning after three years of intense athletic conditioning in high level runners. Br J Sports Med. 2005;39(11):851-6.

30. Cole AS, Woodruff ME, Horn MP, Mahon AD. Strength, power, and aerobic exercise correlates of 5-km cross-country running performance in adolescent runners. Pediatric Exercise Sci. 2006;18(3):374-84.
31. Houmard JA, Costill DL, Mitchell JB, Park SH, Chenier TC. The role of anaerobic ability in middle distance running performance. Eur J Appl Physiol Occup Physiol.1991;62(1):40-3.
32. Paavolainen L, Hakkinen K, Hamalainen I, Nummela A, Rusko H. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. J Appl Physiol. 1999;86(5):1527-33.
33. Jaric S. Role of body size in the relation between muscle strength and movement performance. Exerc Sport Sci Rev. 2003;31(1):8-12.
34. Verney J, Kadi F, Saafi MA, Piehl-Aulin K, Denis C. Combined lower body endurance and upper body resistance training improves performance and health parameters in healthy active elderly. Eur J Appl Physiol. 2006;97(3):288-97.
35. Hawley JA, Noakes TD. Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in trained cyclists. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1992;65(1):79-83.
36. Bentley DJ, McNaughton LR, Thompson D, Vleck VE, Batterham AM. Peak power output, the lactate threshold, and time trial performance in cyclists. Med Sci Sports Exerc. 2001;33(12):2077-81.
37. Ansley L, Marvin G, Sharma A, Kendall MJ, Jones DA, Bridge MW. The effects of head cooling on endurance and neuroendocrine responses to exercise in warm conditions. Physiol Res. 2008;57(6):863-72.
38. Noakes TD, Gibson ASC, Lambert EV. From catastrophe to complexity: A novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans. Br J Sports Med. 2004;38(4):511-4.
39. Baumann CW, Brandenberger KJ, Ferrer DA, Otis JS. Physiological parameters associated with 24 hour run performance. Intl J Sport Std. 2014;4(12): 1450-4.
40. Yoshida T, Udo M, Iwai K, Yamaguchi T. Physiological characteristics related to endurance running performance in female distance runners. J Sports Sci. 1993;11(1):57-62.
41. Roecker K, Schotte O, Niess AM, Horstmann T, Dickhuth HH. Predicting competition performance in long-distance running by means of a treadmill test. Med Sci Sports Exerc. 1998;30(10):1552-7.
42. Stuessi C, Spengler C M, KnoÈpfli-Lenzin C, Markov G, Boutellier U. Respiratory muscle endurance training in humans increases cycling endurance without affecting blood gas concentrations. Eur J Appl Physiol. 2001;84(6):582-6.

ارجاع‌دهی

محمدعلی کیوانلو شهرستانکی، محمدرضا حامدی‌نیا، امیرحسین حقیقی، مرتضی حاجی‌نیا. پیش‌بینی زمان رسیدن به واماندگی در سرعت‌های مختلف نوارگردان از روی برخی از متغیرهای فیزیولوژیک و جسمانی در مردان جوان. فیزیولوژی ورزشی. پاییز ۱۳۹۷؛ ۱۰(۳۹): ۶۴- ۱۴۳. شناسهٔ دیجیتال: 10.22089/spj.2018.5336.1710

Keyvanlou Shahrestanaki M. A, Hamedinia M. R, Haghighi A. H, Hajinia M. Prediction of Time to Exhaustion at Different Speeds Based on Some Physiological and Anthropometric Parameters in Young Men. Fall 2018; 10(39): 143-64. (In Persian). Doi: 10.22089/spj.2018.5336.1710

Prediction of Time to Exhaustion at Different Speeds Based on Some Physiological and Anthropometric Parameters in Young Men

M. A. Keyvanlou Shahrestanaki[1], M. R. Hamedinia[2], A. H. Haghighi[3], M. Hajinia[4]

1. M.Sc. Student of Exercise Physiology, Hakim Sabsevari University
2. Professor of Exercise Physiology, Hakim Sabsevari University*
3. Associate Professor of Exercise Physiology, Hakim Sabsevari University
4. Ph.D. Student in Exercise Physiology, Hakim Sabsevari University

Received: 2018/01/08 **Accepted: 2018/05/10**

Abstract

The purpose of this study was to predict the time to exhaustion based on some physiological and anthropometric parameters in young men. A total of 75 male students (20.74±1.22 years, 67.25±10.78 kg, and 174.3±0.06 cm) were selected using convenience (availability, maximal oxygen uptake 47.1±3.29 ml/kg/m) sampling. Firstly, anthropometric variables and physiological parameters involving lactate threshold, aerobic and anaerobic power, resting heart rate, physical activity, velocity at maximal oxygen uptake, lower-body endurance as well as strength and lower-body explosive power were measured. Also, to measure the heart rate, O2 saturation and running time, all subjects participated in a bout of treadmill running to exhaustion at four different speeds (8, 10, 12, and 14 km/h), with slope set at zero. The results show the velocity at maximal oxygen uptake, heart rate, resting heart rate, physical activity, and lower-body explosive power predicted time to exhaustion at a speed of 8 km/h ($P \leq 0.05$). The velocity at maximal oxygen uptake, running history, resting heart rate, V. lactate, and weight predicted time to exhaustion at a speed of 10 km/h ($P \leq 0.05$),V. lactate, running history, weight, resting heart rate and maximum power time to exhaustion at a speed of 12 km/h ($P \leq 0.05$), The velocity at maximal oxygen uptake, physical activity, weight, maximum power, and running history were the prediction factors of time to exhaustion at a speed of 14 km/h ($P \leq 0.05$). The velocity at maximal oxygen uptake, resting heart rate and running history were common at most speeds. According to the results of time to exhaustion, the velocity at maximal oxygen uptake, running history, resting heart rate, and lactate thresholds can be used.

Keywords: Time to Exhaustion, Physiological Parameters, Performance Prediction, Running Speed

*Corresponding Author Email: mrhamedinia@hsu.ac.ir