

سنجش اعتبار آزمون میدانی هوازی بیشینه شاتل ران جهت برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی

دکتر فرزاد ناظم، اکبر سازوار و دکتر نادر فرهپور

استادیار دانشگاه بوعلی سینا همدان، دانشگاه بوعلی سینا همدان

استادیار دانشگاه بوعلی سینا همدان

چکیده

هدف ویژه از این تحقیق، اعتبارسنجی آزمون شاتل ران نوع اول و دوم در برابر آزمون استاندارد نوارگردان استاد است. سنجش آمادگی قلبی - تنفسی، همواره علاقه و توجه متخصصان علوم ورزشی را به خود معطوف کرده و آن‌ها را ترغیب کرده است که روش‌های نوینی را جهت تخمین شاخص طلایی حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها ابداع نمایند. از میان این روش‌ها می‌توان آزمون دوی رفت و برگشت ۲۰ متر را نام برد که به دلیل اعتبار بالای آن در برآورد VO_{2max} ، شناساندن و اعتبارسنجی آن در ایران اهمیت خاصی دارد.

۱۷ دانشجوی پسر ۲۴-۱۸ ساله دانشگاه بوعلی سینای همدان با وزن $۱۰/۵+۶۶/۵$ کیلوگرم و $BMI ۲۲/۴+۲/۵$ مترمربع/کیلوگرم، داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند. آزمودنی‌ها با ۴۸ ساعت فاصله زمانی سه آزمون را به انجام رساندند و متغیرهای ظرفیت هوازی نسبی، ضربان قلب، تمرین و درصد ضربان قلب ذخیره و کمیت‌های سرعت، مسافت و زمان اجرای آزمون‌های سه گانه برآورد گردید.

بین برآورد VO_{2max} در آزمون‌های شاتل ران نوع اول و دوم با تخمین VO_{2max} نوارگردان استاد، به ترتیب همبستگی معنی‌دار $R=۰/۸۱$ و $R=۰/۹۰$ به دست آمد ($P<۰/۰۰۰۱$)، میان ظرفیت هوازی مشتق از عوامل سرعت، مسافت و معادل متابولیک استراحت شخص و تخمین ظرفیت هوازی بر مبنای توانی از زمان اجرا $[t^n]$ همبستگی مثبت و چشمگیری وجود دارد ($P=۰/۰۰۰۰$)، $SE=۲/۳$

$(R=0/97)$ ، همچنین در این آزمون، ارتباط مثبت بین متغیرهای سرعت، مسافت، زمان اجرا، ضربان قلب تمرین و درصد ضربان قلب ذخیره آزمون‌ها مشاهده شد ($R=0/63-1$, $P<0/006$)

$$y(\text{VO}_{2\text{max-SH.I}}) = 0/42 (\text{VO}_{2\text{max-الستاد}}) + 24/43$$

$$R=0/81, SE=3/6, P<0/0001$$

$$y(\text{VO}_{2\text{max-الستاد}}) = 1/47 (\text{VO}_{2\text{max-SH.II}}) - 24/43$$

$$R=0/90, SE=5/04, P<0/0000$$

یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که هر یک از آزمون‌های شاتل‌ران نوع اول و دوم از درجهٔ روایی و اعتبار بالایی در جهت برآورد ارزش نسبی $\text{VO}_{2\text{max}}$ جوانان برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: آزمون شاتل‌ران نوع اول و دوم، آزمون نوارگردان‌الستاد، حداکثر اکسیژن مصرفی ($\text{VO}_{2\text{max}}$)، اعتبار.

مقدمه

متخصصان علوم ورزشی، آمادگی جسمانی را کیفیتی متشکل از مجموعهٔ عناصر جسمانی - حرکتی می‌پندارند که آمادگی قلبی - تنفسی، به دلیل نقش اساسی که در تأمین و حفظ سلامت دستگاه قلب و عروق دارد، نسبت به سایر عوامل آمادگی بدنی و حرکتی از اهمیت بیشتری برخوردار است. با توجه به اینکه قابلیت عملکرد قلبی - تنفسی با نشانگر فیزیولوژیک حداکثر اکسیژن مصرفی ارتباط تنگاتنگی دارد، به کمک آزمون‌های میدانی و آزمایشگاهی معتبر ورزشی می‌توان به برآورد $\text{VO}_{2\text{max}}$ و سنجش توانایی قلب و عروق مبادرت ورزید.

(۴).

در این خصوص، ارائهٔ آزمون‌هایی که علاوه بر سهولت اجرا، برای اقشار مختلف جامعه، از درجهٔ اعتبار و پایایی بالایی در سنجش آمادگی دستگاه قلبی - عروقی افراد برخوردار باشند ضروری است. از میان آزمون‌های موجود می‌توان به آزمون دوی رفت و برگشت ۲۰ متر اشاره کرد که از سوی اتحادیهٔ ورزشی اروپا، یک آزمون میدانی معتبر در سنجش ظرفیت هوازی شناخته شده است (۲۱).

به نظر می‌رسد که آزمون شاتل‌ران^۱، با توجه به امکانات محدود فیزیکی ورزشی در کشور ما، شیوهٔ سنجش مناسبی در برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها باشد، زیرا انجام آزمون تنها به فضایی به طول ۲۰ متر و یک دستگاه جهت نواخت آهنگ‌ها نیاز دارد.

آزمون هوازی شاتل‌ران توسط لی‌جیر و لامبرت^۲ (۱۲) در سال ۱۹۸۲ ابداع شد و سپس در سال ۱۹۸۳، لی‌جیر و مرسیر^۳ (۱۳) تغییراتی در آن به‌وجود آوردند به‌طوری که سرعت شروع آزمون از ۸ Km/h به ۸/۵ Km/h افزایش یافت و مراحل دو دقیقه‌ای کار، به یک دقیقه کاهش پیدا کرد و در هر دقیقه ۵/۰ Km/h، بر سرعت دویدن آزمودنی‌ها افزوده شد که به آن آزمون شاتل‌ران نوع دوم اطلاق گردید. در سال ۱۹۸۹، لی‌جیر و مادوری^۴ (۱۵) تغییرات دیگری را در آزمون شاتل‌ران ایجاد کردند که سرعت دویدن از ۸/۵ Km/h به ۸ Km/h تقلیل یافت و در مراحل اجرای آزمون، در دقیقهٔ اول فعالیت، سرعت دویدن ۸ Km/h، در دقیقهٔ دوم ۹ Km/h و از این مرحله به‌بعد در دقیقهٔ بیست و یکم در هر دقیقه ۵/۰ Km/h بر سرعت دویدن افزوده می‌شد، اما از دقیقهٔ ۲۱ تا ۲۳، سرعت ثابت باقی می‌ماند (۷ و ۱۵) که این آزمون، شاتل‌ران نوع اول نامیده شد. اعتبار آزمون شاتل‌ران به دفعات مورد بررسی قرار گرفته که چکیدهٔ تعدادی از آن‌ها در جدول ۱ آمده است. در تحقیق حاضر، اعتبار آزمون‌های شاتل‌ران نوع اول و دوم در مقایسه با آزمون نوارمردان‌الستاد^۵ بررسی شده است.

روش‌شناسی پژوهش

آمادگی قلب و عروق از شاخص‌های معتبر، در سلامتی عملکرد دستگاه گردش خون و قلمرو ورزش قهرمانی است و همواره علاقه و توجه متخصصان علوم ورزشی را به‌خود معطوف کرده و موجب شده که آن‌ها روش‌های نوین و دستگاه‌های جدیدی را جهت تخمین شاخص پلائنی حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها، ابداع نمایند. بدین ترتیب، روش‌های

1. Shattle run test

2. Leger L. and Lambert J.(1982)

3. Leger L. and Mercier D.(1989)

4. Leger L. and Gadoury C.(1989)

5. Ellestad Treadmill test

جدول ۱ چکیده اعتبار آزمون شاتل ران با چرخ کارسنج و نوارگردان و آزمون های میدانی

منبع	اعتبار همبستگی	نوع آزمون در اندازه گیری VO_{2max}	آزمودنی ها	پژوهشگران
(۱۸)	$r=0/72$	نوارگردان	۴۸ دانش آموز ۱۵-۱۲ ساله	Nora.Y.S - 1992
(۲۱)	$r=0/86$	نوارگردان	۲۰ مرد و زن ۳۵-۲۰ ساله	John Sproul MSC - 1993
(۱۰)	$r=0/93$	چرخ کارسنج	۹۷ دانش آموز ۱۴-۱۰ ساله	Falgairrette.G - 1994
(۱۱)	$r=0/86$	نوارگردان	۲۲ مرد ۲۴-۲۰ ساله	Grant. S - 1995
(۸)	$r=0/46$	نوارگردان	۲۳ پسر با میانگین سنی ۱۵/۶ سال	Boreham.C-1990
	$r=0/90$	نوارگردان	۱۸ دختر با میانگین سنی ۱۵/۴ سال	
	$r=0/87$	نوارگردان	۴۱ دختر و پسر	
(۲۲)	$r=0/71$	نوارگردان	۱۰ دوندۀ استقامتی ۲۵-۱۹ ساله	A.ST clair Gibson 1998
	$r=0/61$	نوارگردان	۱۰ بازیکن اسکواش ۲۴-۲۰ ساله	
(۱۶)	$r=0/83$	نوارگردان	۵۰ دانش آموز ۱۶-۱۲ ساله	MCNAUGHTON.L - 1996
(۵)	$r=0/72$	چرخ کارسنج	۱۳ بازیکن هاکی ۱۲-۱۰ ساله	Anderson.G.S-1992
(۱۷)	$r=0/82$	نوارگردان	۳۲ مرد با میانگین سنی ۲۰/۱۴ سال	Mcnauyhton.L-1998
(۶)	$r=0/80$	تست پله کانادائی	۶۳ فرد با میانگین سنی ۱۹/۶ سال	Anderson.G.S-1992
	$r=0/86$	تست ۱/۵ مایل دویدن	۶۳ فرد با میانگین سنی ۱۹/۶ سال	
(۷)	$r=0/72$	نوارگردان	۵۵ دانش آموز ۱۷-۱۲ ساله	Barnett.A-1993
(۱۲)	$r=0/92$	نوارگردان	۷۰ آزمودنی ۳۵-۲۰ ساله	Leger.And Lambert. J-1982
(۱۴)	$r=0/71$	نوارگردان	۱۸۸ پسر و دختر ۱۹-۸ ساله	Leger.L-1988
	$r=0/90$	نوارگردان	۷۷ مرد و زن ۵۰-۱۸ ساله	
(۱۵)	$r=0/87$	نوارگردان	۷۷ مرد و زن ۴۷-۱۹ ساله	Leger.I and Gadoury. c-1989
(۲۰)	$r=0/92$	نوارگردان	۷۴ آزمودنی مرد و زن	Ramsbottom.R-1988
(۲۴)	$r=0/76$	نوارگردان	۸۲ دانش آموز ۱۴-۱۲ ساله	Van Mechelen.W- 1986
	$r=0/72$	چرخ کارسنج	۲۰۱ مرد و زن ۳۰-۱۴ ساله	Poortmans.J-1986

آزمایشگاهی و میدانی گوناگونی، به وجود آمده است. روش‌های آزمایشگاهی، به ویژه ابزارهای مجهز به رایانه، از اعتبار و دقت بالایی برخوردار هستند ولی به دلیل گران‌قیمت بودن، برای همگان استفاده‌پذیر نیستند. از طرف دیگر، آزمون‌های میدانی ارزن‌تر و قابل استفاده‌تری عرضه شده است، ولی اعتبار پایین‌تری نسبت به آزمون‌های آزمایشگاهی دارند. کارشناسان علوم ورزشی در تهیه و معرفی آزمون‌هایی تلاش می‌کنند که علاوه بر سهولت اجرا برای اقشار مختلف جامعه، از اعتبار و پایایی بالایی در سنجش آمادگی دستگاه قلبی - عروقی افراد برخوردار باشند. از میان آن‌ها، می‌توان آزمون دوی رفت و برگشت ۲۰ متر را نام برد که از سوی اتحادیه ورزشی اروپا، آزمون میدانی معتبری در سنجش $\dot{V}O_{2max}$ ، معرفی شده است (۲۱).

از این رو، در تحقیق حاضر، اعتبارسنجی و تخمین حساسیت تواتر زمانی گام‌ها و نیز تخمین حداکثر اکسیژن مصرفی در آزمون‌های شاتل ران نوع اول و شاتل ران نوع دوم با استفاده از شیوه آزمایشگاهی نوارگردان الستاد، به عنوان یک آزمون استاندارد در برآورد شدت فعالیت و ظرفیت عملی مقایسه شده است.

جامعه و نمونه آماری

جامعه آماری پژوهش را دانشجویان پسر ۲۴-۱۸ ساله دانشگاه بوعلی سینای همدان تشکیل می‌دادند که در سال تحصیلی ۷۸-۷۹، مشغول به تحصیل بودند. مشخصات فردی و آنتروپومتریک دانشجویان در جدول ۲ ارائه شده است. ۴۹ نفر از دانشجویان رشته‌های تحصیلی مختلف، داوطلبانه انتخاب شدند تا در بررسی اعتبار آزمون‌های شاتل ران نوع اول و دوم شرکت کنند. از میان ۴۹ دانشجوی انتخاب شده، ۲۴ نفر آزمون‌های شاتل ران نوع اول و نوارگردان الستاد، ۲۰ نفر آزمون‌های شاتل ران نوع دوم و نوارگردان الستاد را، به روش تصادفی و با فاصله زمانی ۴۸ ساعت، اجرا کردند و تنها ۱۷ نفر از دانشجویان در هر سه آزمون شرکت کردند.

جدول ۲ مشخصات بدنی آزمودنی‌های پسر جوان

مشخصات ۱۷ دانشجو - اعتبار آزمون					مشخصات بدنی
SE	Min	Max	SD	Mean	
۰/۴۵	۱۸	۲۴	۱/۸	۲۱	سن (سال)
۱/۶	۱۶۲	۱۸۴	۶/۷	۱۷۲/۳	قد (سانتی‌متر)
۲/۶	۵۶	۹۴	۱۰/۵	۶۶/۵	وزن (کیلوگرم)
۱/۹	۶۳	۹۰	۷/۹	۷۴/۷	محیط کمر
۱/۳	۵	۱۸	۵/۳	۱۰/۱۲	توده چربی بدن (درصد)
۰/۶۲	۱۸/۵	۲۷/۸	۲/۵	۲۲/۴	BMI (Kg/m ^۲)

روش تحقیق

تحقیق حاضر از نوع کاربردی است و چون مطالعه در مورد گونه انسان صورت می‌گیرد، نمی‌توان همه متغیرها را به‌طور کامل کنترل کرد. روش تحقیق شبه تجربی است. جامعه آماری، دانشجویان دانشگاه بوعلی سینای همدان در نظر گرفته شد که تعداد ۱۷ دانشجوی پسر با دامنه سنی ۱۸-۲۴ سال داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند. ابتدا جهت جمع‌آوری اطلاعات، طی پرسشنامه‌ای، اطلاعات مربوط به وضعیت جسمانی، سابقه ورزشی و پزشکی آزمودنی‌ها جمع‌آوری شد. سپس اطلاعات مربوط به قابلیت قلبی - تنفسی آزمودنی‌ها، از طریق آزمون‌های میدانی شاتل‌ران نوع اول، شاتل‌ران نوع دوم و روش آزمایشگاهی نوارگردان‌الستاد، در طی دو هفته و با حداقل ۴۸ ساعت فاصله زمانی بین اجرای دو آزمون، جمع‌آوری گردید. سپس یافته‌ها بر پایه فرض‌های تحقیق تجزیه و تحلیل آماری شد.

روش اجرای آزمون‌های شاتل ران نوع اول و دوم

اجرای آزمون شاتل ران نوع اول بدین صورت بود که آزمودنی‌ها در سالن سرپوشیده با میانگین دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد به ابتدای خط ۲۰ متر فراخوانده شدند و با شنیدن اولین آهنگ که از دستگاه الکترونیک سینا شاتل ران نواخته می‌شد شروع به دویدن به انتهای خط ۲۰ متر کردند. آن‌ها باید همزمان با نواخته شدن آهنگ در انتهای ۲۰ متر بوده و دوباره باز می‌گشتند. در دقیقه اول آزمون، این رفت و برگشت‌ها با سرعت ۸ Km/h و در دقیقه دوم با سرعت ۹ Km/h اجرا می‌شد، اما از دقیقه سوم به بعد در هر دقیقه ۵ Km/h بر سرعت دویدن افزوده می‌شد و تا زمانی ادامه می‌یافت که آزمودنی دیگر نمی‌توانستند خود را همزمان با نواخته شدن آهنگ به فاصله سه متری خطوط نشانه برسانند و چنانچه این اتفاق دوبار متوالی رخ می‌داد، آزمون پایان یافته تلقی می‌شد، سپس با قرار دادن سرعت به دست آمده در فرمول‌های ۱ و ۲ VO_{2max} فرد بر حسب ml/kg در دقیقه محاسبه می‌گردید.

شیوه اجرای آزمون شاتل ران نوع دوم مشابه شاتل ران نوع اول است، تنها تفاوت در سرعت شروع آزمون یعنی ۸/۵ Km/h است و از دقیقه اول به بعد در هر دقیقه ۵ Km/h بر سرعت دویدن افزوده می‌شود. در ضمن فرمول محاسبه VO_{2max} برای افراد بالای ۱۸ سال هم متفاوت با آزمون شاتل ران نوع اول است (فرمول ۳).

(فرمول ۱ برای افراد بالای ۱۸ سال) (۷،۱۵) $VO_{2max} = ۲۷/۴ - \text{سرعت} \times ۶$

(فرمول ۲ برای افراد ۱۸ سال و پایین‌تر) (۷،۱۵)

$VO_{2max} = ۳۱/۰۲۵ + \text{سرعت} \times (۳/۲۳۸) - \text{سن} \times (۳/۲۴۸) + \text{سن}$

(فرمول ۳ برای افراد بالای ۱۸ سال) (۲۲) $VO_{2max} = ۲۴/۴ - \text{سرعت} \times (۶)$

بلافاصله بعد از اجرای آزمون‌های شاتل ران نوع اول و دوم، ضربان قلب شخص در وضعیت ایستاده در طی ۱۵ ثانیه شمارش و در یک دقیقه محاسبه می‌شد.

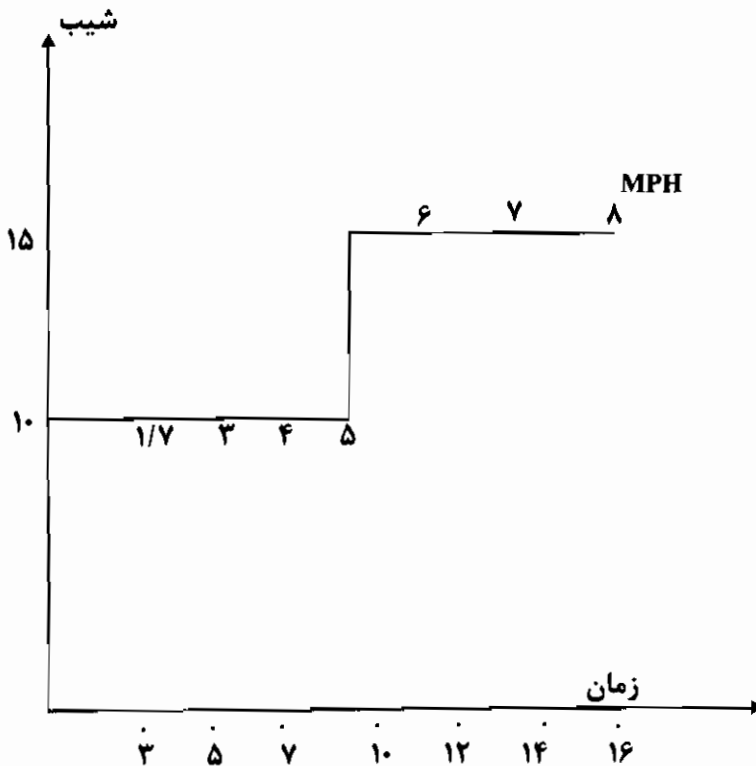
روش اجرای آزمون نوارگردان‌الستاد

برای محاسبه VO_{2max} از آزمون نوارگردان‌الستاد استفاده شد. آزمودنی‌ها روی

نوارگردان، ۱۶ دقیقه به حالت دویدن، مطابق برنامه استاد، که در نمودار ۱ آمده است، فعالیت می کردند (۲۵). به تدریج بر سرعت و شیب دستگاه افزوده می شد و هر موقع که آزمودنی دیگر قادر به ادامه آزمون نبود، نوارگردان از حرکت باز می ایستاد و بلافاصله ضربان قلب او در طی ۱۵ ثانیه شمارش و سرعت و شیب دستگاه یادداشت می شد. سپس با قراردادن این اطلاعات در فرمول رگرسیونی (۴)، VO_{2max} محاسبه می گردید (۹). درصد ضربان قلب ذخیره آزمودنی ها با استفاده از معادله کارونن^۱ محاسبه شد (۹).

$$\%HRR = \frac{HR_{exercise} - HR_{rest}}{HR_{max} - HR_{rest}} \quad (\text{معادله کارونن})$$

$$VO_{2max} = [(\text{سرعت} \times 0.2) + (\text{سرعت} \times 1/8 \times 0.5) + 3/5] \quad (\text{فرمول ۴})$$



نمودار ۱ مراحل اجرای آزمون نوارگردان استاد (۲۵)

برای برآورد ظرفیت هوازی برحسب توانی از زمان اجرا، کل زمان اجرای آزمودنی‌ها، که از نوارگردان‌الستاد به دست آمده، را در فرمول وابسته به زمان کار قرار می‌دهیم تا VO_{2max} افراد تعیین شود. در واقع هدف خاص، بررسی این پرسش بود که شیوه تخمین ظرفیت هوازی در آزمون نوارگردان مطابق برنامه بروس^۱، با برنامه نوارگردان‌الستاد همخوانی دارد یا نه و اینکه ویژگی شدت کار در این دو برنامه نوارگردان، از الگوهای متفاوت در تخمین VO_{2max} افراد تبعیت می‌کنند.

روش آماری

برای تعیین اعتبار آزمون‌های شاتل‌ران نوع اول و دوم در برابر برنامه نوارگردان‌الستاد، از آنالیز رگرسیون چند متغیری و برای مقایسه میانگین گروه‌ها از آزمون پارامتریک تی - استیودنت وابسته استفاده شد ($P=0/05$).

یافته‌ها

با استناد به اطلاعات در جدول ۳ (الف) و نمودارهای رگرسیونی ۲ و ۳ می‌توان در بسافت که همبستگی‌های معنی‌داری بین برآورد VO_{2max} در آزمون‌های شاتل‌ران نوع اول و دوم با تخمین VO_{2max} نوارگردان‌الستاد، به ترتیب ($R=0/90, R=0/81$) وجود دارد ($P<0/0001$).

$$y(VO_{2max}\text{-SH.I}) = 0/42 (VO_{2max}\text{-الستاد}) + 24/43$$

$$R=0/81, SE=3/6, P<0/0001$$

$$y(VO_{2max}\text{-الستاد}) = 1/47 (VO_{2max}\text{-SH.II}) - 16/54$$

$$R=0/90, SE=5/04, P<0/0000$$

همچنین با توجه به جدول ۳ (ب و ج) مشاهده می‌شود که در این سه آزمون بین متغیرهای

سرعت، مسافت، زمان اجرا، ضربان قلب تمرین و درصد ضربان قلب ذخیره آزمودنی‌ها، ارتباط مثبت و معنی‌داری وجود دارد ($P < 0/006$ و $R > 63$) که می‌توان گفت این سه آزمون از نظر اجرایی و شدت کار در یک سطح قرار دارند. از طرف دیگر، در جدول ۳ (د) مشاهده می‌شود که میان ظرفیت هوازی مشتق از عوامل سرعت، سن و معادل متابولیک استراحت شخص و نیز تخمین ظرفیت هوازی بر مبنای توانی از زمان اجرا همبستگی معنی‌داری وجود دارد.

$$y(\text{VO}_{2\text{max}} - T^{\text{ن}}) = 0/86 (\text{VO}_{2\text{max}} - \text{الستاد}) - 1/58$$

$$R = 0/97, SE = 2/3, P = 0/0000$$

یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که آزمون‌های شاتل‌ران نوع اول و دوم، در برآورد $\text{VO}_{2\text{max}}$ آزمودنی‌ها از روایی بالایی برخوردارند و پژوهشگران با اطمینان نسبتاً بالایی می‌توانند از این آزمون‌ها در تخمین ظرفیت هوازی افراد جوان و بزرگسال استفاده کنند. آزمون میدانی شاتل‌ران را می‌توان در صورت وجود محدودیت از لحاظ اقتصادی، زمانی، فضای فیزیکی و عدم آشنایی افراد با نحوه استفاده از نوارگردان، جایگزین دستگاه نوارگردان کرد.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل آماری یافته‌ها، نشان می‌دهد که آزمون‌های شاتل‌ران نوع اول و دوم از جمله آزمون‌های معتبر برای سنجش توان هوازی افراد جوان و بزرگسال به شمار می‌آیند ($R = 0/90$, $R = 0/81$). این نتایج با گزارش عنایت‌الله اسد منش (۲)، در مقایسه آزمون شاتل‌ران نوع اول با نوارگردان بروس همخوانی دارد ($R = 0/88$) (۲). همچنین یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج تحقیقات خارج از کشور مندرج در جدول ۱ مشابهت دارد.

همبستگی ظرفیت هوازی شاتل‌ران نوع دوم کمی بیشتر از $\text{VO}_{2\text{max}}$ در آزمون شاتل‌ران نوع اول است که این را می‌توان چنین توضیح داد، با توجه به فرمول محاسبه ظرفیت هوازی در

جدول ۳ تجزیه و تحلیل همبستگی بین مشخصات فیزیولوژیکی در آزمون‌های سه‌گانه (الف)

معادله رگرسیون	P Value	SE	R ² Adjst	R ²	R	متغیر وابسته (y)
$Y = 0.71(VO_{2max} - SH.II) + 9.48$	0.0000	2.6	0.8	0.81	0.902	ظرفیت‌هوازی شاتل اول
$Y = 0.42(VO_{2max} - Ellestad) + 24.43$	0.0001	3.6	0.63	0.66	0.81	ظرفیت‌هوازی شاتل اول
$Y = 1.47(VO_{2max} - SH.II) - 16.54$	0.0000	5.04	0.8	0.81	0.90	ظرفیت‌هوازی نوارگردان‌الستاد

(ب)

معادله رگرسیون	P Value	SE	R ² Adjst	R ²	R	متغیر وابسته (سرعت) (y)
$Y = 0.13(VO_{2max} - SH.II) + 6.15$	0.0000	0.44	0.8	0.81	0.90	شاتل‌ران نوع اول
$Y = 0.07(VO_{2max} - Ellestad) + 8.6$	0.0001	0.6	0.63	0.66	0.81	شاتل‌ران نوع اول
$Y = 0.17(VO_{2max} - SH.I) + 4.6$	0.0000	2.6	1	1	1	شاتل‌ران نوع اول

(ج)

معادله رگرسیون	P Value	SE	R ² Adjst	R ²	R	متغیر وابسته (%HRR) (y)
$Y = 0.56(SH.II, \%HRR) + 41.4$	0.0047	3.7	0.38	0.42	0.65	شاتل‌ران نوع اول
$Y = 0.79(Ellestad, \%HRR) + 23.84$	0.0000	2.61	0.70	0.714	0.85	شاتل‌ران نوع اول
$Y = 0.68(Ellestad, \%HRR) - 36$	0.0066	4.4	0.36	0.40	0.63	شاتل‌ران نوع دوم

(د)

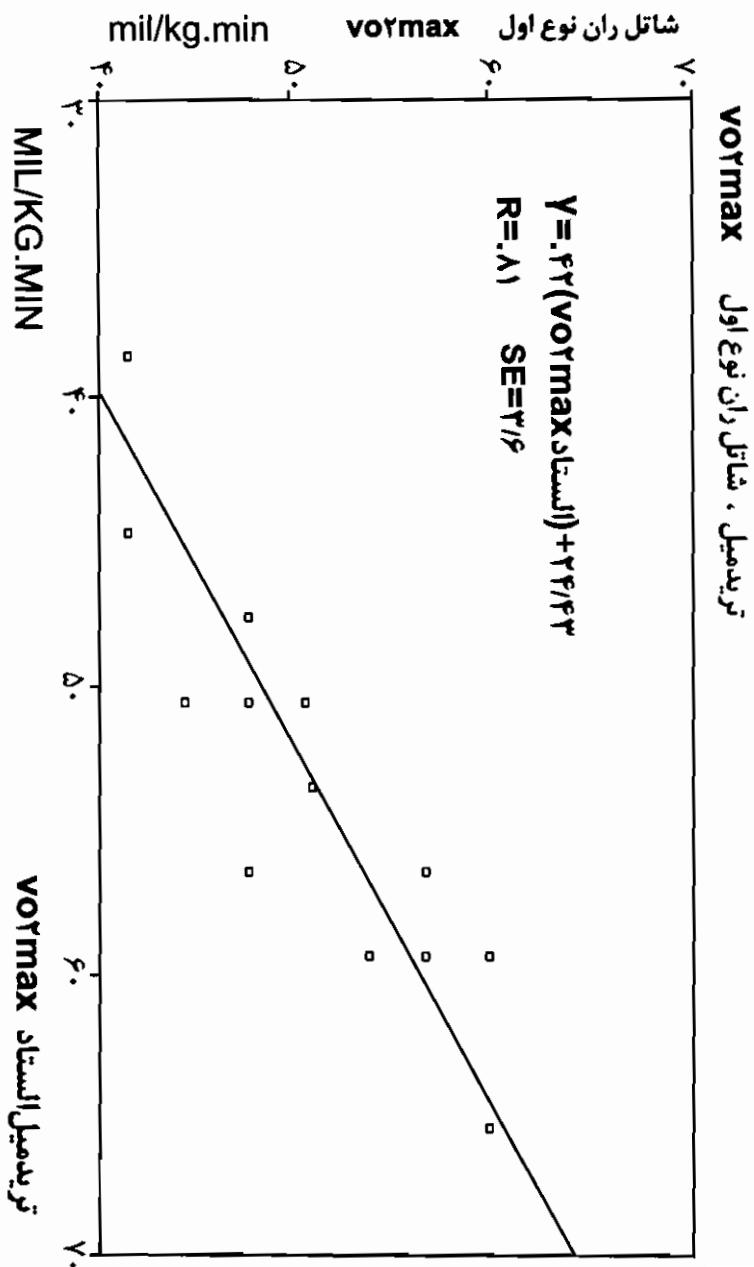
معادله رگرسیون	P Value	SE	R ² Adjst	R ²	R	متغیر وابسته (VO _p max) (y)
$Y = 0.86(VO_{2max} - Ellestad) - 1.58$	0.0000	2.3	0.95	0.95	0.975	توانی از زمان اجرا
$Y = 1.3(VO_{2max} - SH.I) - 20$	0.0004	6.7	0.55	0.58	0.76	توانی از زمان اجرا
$Y = 1.24(VO_{2max} - SH.II) - 21.15$	0.0000	5.3	0.72	0.73	0.86	توانی از زمان اجرا

آزمون‌های شاتل‌ران نوع اول و دوم (فرمول ۱ و ۳) همان‌طورکه دیده می‌شود این دو فرمول باهم مشابه هستند و فقط فرمول محاسبه ظرفیت هوازی در آزمون شاتل‌ران نوع دوم، ۳ میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه، ظرفیت هوازی را اضافه‌تر برآورد می‌کند و چون آزمودنی‌ها در برنامه نوارگردان‌الستاد VO_{2max} بالایی را به دست می‌آورند، نتیجه آن است که این آزمون همبستگی بالایی را بین ظرفیت هوازی شاتل‌ران نوع دوم در برابر شاتل‌ران نوع اول نشان می‌دهد. چنانچه، روش نوارگردان انتخابی ما طوری باشد که اکثر افراد نتوانند تا پایان برنامه، آزمون را اجرا کنند، در این صورت همبستگی ظرفیت هوازی حاصل از آزمون‌های شاتل‌ران نوع اول و نوارگردان، بالاتر خواهد بود.

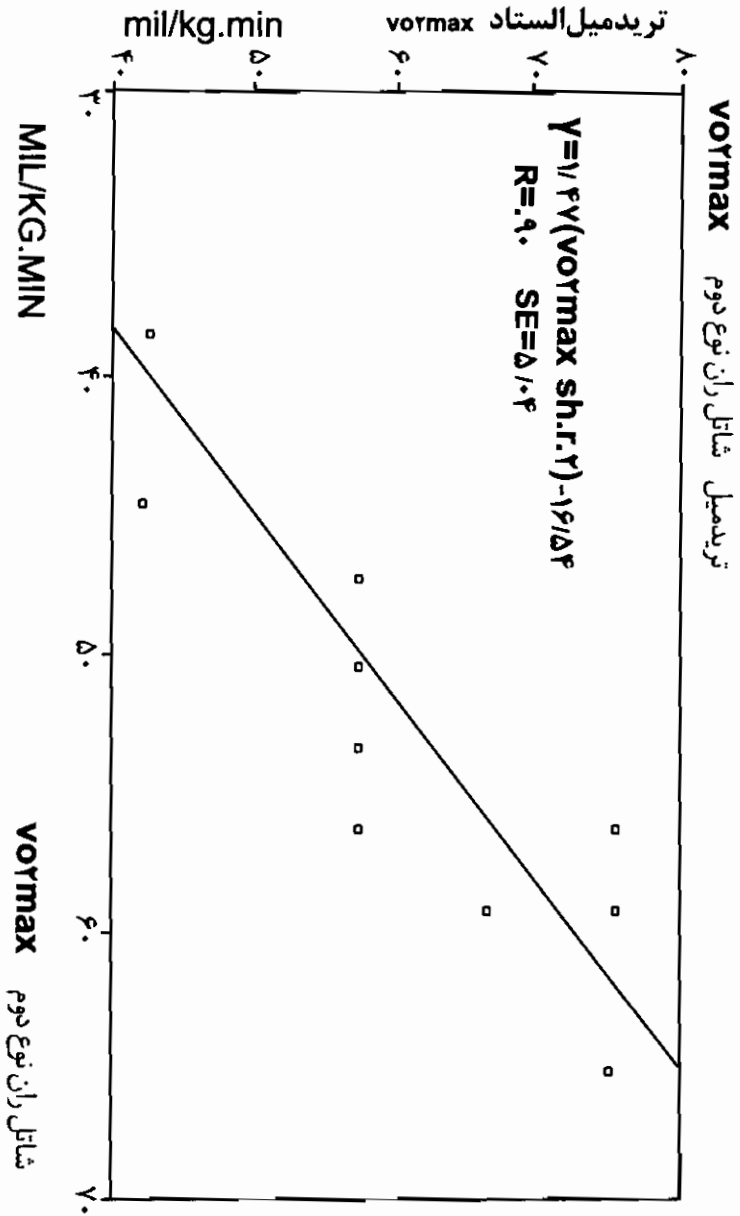
باتوجه به همبستگی بالا ($R=0/97$) بین ظرفیت هوازی برآورده شده از نوارگردان‌الستاد و معادله توانی از زمان اجرا و باتوجه به اینکه از دو فرمول جهت محاسبه VO_{2max} آزمودنی‌ها با مراحل نوارگردان‌الستاد استفاده شد، همبستگی بالایی بین این دو روش به دست آمد. با اطمینان زیادی می‌توان به VO_{2max} برآورد شده از نوارگردان‌الستاد نگریست.

همچنین همبستگی‌های به دست آمده بین ظرفیت هوازی شاتل‌ران نوع اول و دوم با معادله توانی از زمان اجرا با فرمول محاسبه VO_{2max} نوارگردان بروس و مراحل اجرای نوارگردان‌الستاد ($R=0/86$ ، $R=0/76$)، تقریباً با همبستگی‌های حاصل از ظرفیت‌های هوازی نوارگردان‌الستاد و شاتل‌ران نوع اول و دوم مشابه بود ($R=0/81$ ، $R=0/90$)، که از قابل اطمینان بودن نتایج حکایت می‌کند. از طرف دیگر در این سه آزمون، بین متغیرهای سرعت، زمان اجرا و مسافت پیموده شده، همبستگی‌های بالایی به دست آمد ($P < 0/0007$ ، $0/92 < R < 0/74$). این نتیجه با گزارش اسدمنش (۲) همخوانی دارد. این نکته نشان می‌دهد که سه آزمون یاد شده از جنبه عملکردی، بسیار شبیه هم هستند.

از ضرایب همبستگی به دست آمده بین ضربان قلب تمرین و درصد ضربان قلب ذخیره حاصل از اجرای آزمون‌های سه گانه چنین برمی‌آید که آزمون شاتل‌ران نوع اول در برابر آزمون شاتل‌ران نوع دوم از لحاظ پاسخ‌های فیزیولوژیکی شباهت زیادتری به آزمون نوارگردان‌الستاد دارد، ولی در مجموع باید گفت که هر دو آزمون شاتل‌ران نوع اول و دوم از



نمودار ۲ نگاره براکتگی ارتباط بین VO_{2max} نوارگردان السناد و VO_{2max} شامل ران نوع اول



v_{O_2max} نگاره پراکندهی ارتباط بین v_{O_2max} شاتل ران نوع دوم و v_{O_2max} فودار ۳ نوازگردان الستاد

لحاظ فیزیولوژیکی و شدت اجرا بسیار به نوارگردان‌الستاد شبیه هستند. در مورد ضربان قلب تمرین می‌توان خاطر نشان کرد که اکثر آزمودنی‌ها به ۹۵٪ از ضربان قلب بیشینه نظری خود (سن - ۲۲۰) در آزمون‌های شاتل‌ران نوع اول و دوم رسیده‌اند که در تعیین دقیق‌تر حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها حائز اهمیت است و VO_{2max} دقیق‌تری را در اختیار پژوهشگر قرار می‌دهد.

از طرف دیگر، یافته‌های حاصل از بررسی ارتباط بین عوامل سرعت، مسافت و زمان اجرا نشان می‌دهد که بالاترین همبستگی در پیشگویی ظرفیت هوازی، با دخالت متغیر وابسته حداکثر سرعت هوازی به دست می‌آید. شواهد پژوهشی درباره آزمون شاتل‌ران و این نکته که کدام یک از متغیرهای حداکثر سرعت، درصد چربی بدن، جنس، قد و وزن برای پیشگویی VO_{2max} افراد بزرگسال مناسب‌تر است، صورت گرفته این نتیجه فراگیر به چشم می‌خورد که در آزمون شاتل‌ران، حداکثر سرعت به دست آمده، احتمالاً " مؤثرترین عامل پیشگویی برآورد توان هوازی است و آن با سطح اطمینان بالایی حداکثر اکسیژن مصرفی افراد را تخمین می‌زند (۲۳، ۵، ۷) .

به‌طور کلی، می‌توان گفت که آزمون‌های شاتل‌ران نوع اول و دوم جهت برآورد VO_{2max} افراد جوان و بزرگسال از اعتبار و روایی لازم برخوردارند و با اطمینان خاطر می‌توان از این آزمون‌ها برای برآورد VO_{2max} آزمودنی‌ها استفاده کرد.

کتابنامه

۱. ادینگتون، د. و. ادگرتون، بیولوژی فعالیت بدنی، ترجمه حجت‌الله نیکبخت، تهران، سمت، ۱۳۷۲.
۲. اسدمنش، عنایت‌الله، بررسی روایی آزمون‌های میدانی شاتل‌ران، ۵۴۸ متر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه تهران، ۱۳۷۶.
۳. قدس بین جهرمی، سعید، بررسی روایی آزمون‌های میدانی ۶۰۰ یارد و پله کاتن در سنجش قابلیت قلبی - تنفسی دانش‌آموزان پسر ۱۶ و ۱۷ ساله دبیرستانی منطقه ۲ تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۶.

۴. ویلمور، جک اچ. وکاستیل، دیویدال، فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی، ترجمه ضیاء معینی و همکاران، مبتکران، ۱۳۷۸.

5. Anderson, Gregory S.1992. *The 1600-m Run and Multistage 20-m Shuttle Run as Predictive Tests of Aerobic Capacity in Children*. Pediatric Exercise Science., Vol.4:312-318.
6. Anderson, Gregory S.1992. *A Comparison of Predictive Tests of Aerobic Capacity*. Canadean Journal Sport Science., Vol. 17(4) : 304-308.
7. Barnett,A., Lawrence, Y.S. Chan, Iian C. Bruce. 1993. *Apreliminary Study of the 20-m Multistage Shuttle run asa Predictor of Peak Vo2 in Hong Kong Chinese Students*. Pediatric Exercise Science, Vol. 5:42-50.
8. Boreham, C,A, G. Paliczka, V,J. Nickhols, M,A. 1990. *A Comparision of the PWC₁₇₀ and 20-MST Tests of Aerobic Fitness in Adolescent Schoolchildren*. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness., Vol. 30(1): 19-23.
9. Bowers. RW. Fox, El. 1988. *Sports Physiology*. 3th Edith.
10. Falgairette, G. Bedu, M. and et al. 1994. *Evaluation of Physical Fitness from Field Tests at High Altitude Circumpubertal Boys: Comparison with laboratory Data*. European Journal Applied Physiology., Vol. 69(1): 36-43.
11. Grant, S. Corbett, K. Amjad, A, M. Wilson, J. Aitchison, T. 1995. *A Comparison of Methods of Predicting Maximum Oxygen Uptake*. British Journal Sports Medicine., Vol. 29(3): 147-152.
12. Leger, L. Lambert, J. 1982. *A Maximal Multistage 20-m Shuttle Run Test to Predict VO_{2max}*. European Journal Applied Physiology., Vol. 49(1): 1-12.
13. Leger, L. Mercier, D. Lambert, J. 1983. *Relative Efficiency and Predicted VO_{2max} in Children*. Medicine and Science in Sports and Exercise., Vol. 15:

- 143.
14. Leger, I. Mercier, D. Gadoury, C. Lambert, J. 1988. *The Multistage 20-m Shuttle Run Test for Aerobic Fitness*. Journal Sports Science., Vol. 6(2): 93-101.
15. Leger, L. Gadoury, C. 1989. *Validity of the 20m Shuttle Run Test with 1 Min Stages to Predict VO_{2max} in Adults*. Canadian Journal Sport Science., Vol. 14(1) : 21-26
16. Mc Naughton, I. Cooley, D. Kearney, V. Smith, S. 1996. *A Comparison of two Different Shuttle Run Tests for the Estimation of VO_{2max}* . Journal Sports Medicine and Physical Fitness., Vol. 36(2): 85-89
17. McNaghton, Hall, P. Cooley, D. 1998. *Validation of Several Methods of Estimating Maximal Oxygen Uptake in Young Men*. Perceptual and Motor Skills., Vol. 87(2): 575-584
18. Nora, Y, S, Liu, Sharon A, Ploman, Marilyn A, Looney. 1992. *The Reliability and Validity of the 20-m Shuttle Test in American Students 12 to 15 Years old*. Research Quarterly for Exercise and Sport., Vol. 63(4): 360-365.
19. Poortmans, J. Vlaeminck, M. Callin, M. Delmotte, C. 1986. *Indirect Estimation of the Maximal Aerobic Power of a Male and Female Population from Brussels Aged 6 to 23 years*. Journal Physiology Paris., Vol. 81(3): 195-201
20. Ramsbottom, R. Brewer, J. Williams, C. 1988. *A Progressive Shuttle Run Test to Estimate Maximal Oxygen Uptake*. British Journal Sport Medicine., Vol. 22(4): 141-144.
21. Sproule, J. Kunalan, C. and etal. 1993. *Validity of 20-MST for Predicting*

- VO_{2max} of adult Singaporean Athletes. British Journal of Sports Medicine., Vol. 27(3): 202-204
22. ST Clair Gibson, A. Broomhead, S. Lambert, M.J. Hawley, J.A. 1998. *Prediction of Maximal Oxygen Uptake from a 20-m Shuttle Run as Measured Directly in Runners and Squash Players.* Journal of Sports Sciences., Vol. 16(4): 331-335
23. Susan, K. Mcveigh, Andrew C. Payne and Shona Scott. 1995. *The Reliability and Validity of the 20-meter Shuttle Test as a Predictor of Peak Oxygen Uptake in Edinburg School Children, Age 13 to 14 years.* Pediatric Exercise Science., Vol. 7(1): 69-79
24. Van, Mechelen, W. Hlobil, H. Kemper, HC. 1986. *Validity of Two Running Tests as Estimates of Maximal Aerobic Power in Children.* European Journal Applied Physiology., Vol. 55(5): 503-506
25. Wasserman, H. Whipp, C. 1999. *Principles of Exercise Testing & Interpretation.* Pub: lippincott Williams & Wilkins. 3th edit.