

## برآورد $VO_{2max}$ دانش آموزان از طریق آزمون هشت ضلعی هوازی

❖ دکتر وحید ذوالاکتاف؛ استادیار دانشگاه اصفهان

❖ ❖ ناهید مروی؛ کارشناس ارشد تربیت بدنی دانشگاه اصفهان\*

❖ ❖ ❖ بهزاد احمدی؛ کارشناس ارشد تربیت بدنی دانشگاه اصفهان

❖ ❖ ❖ دکتر سیدمحمد مرندی؛ استادیار دانشگاه اصفهان

❖ ❖ ❖ ❖ ولگا هوسپیان؛ کارشناس ارشد تربیت بدنی دانشگاه اصفهان

### چکیده:

هدف این تحقیق عبارت است از بررسی روایی برآورد  $VO_{2max}$  دانش آموزان سالم از طریق آزمون هشت ضلعی هوازی (AOT). ۸۰ پسر و ۱۰۲ دختر به صورت لایه‌ای هدفدار بر اساس ملاک سن انتخاب شدند و در دو آزمون AOT و آزمون معیار به فاصله یک هفته شرکت کردند. آزمودنی‌ها در قالب هشت گروه سنی ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷ و ۱۸ سال و در هر گروه حداقل ۱۰ پسر و ۱۰ دختر انتخاب شدند. اطلاعات آزمون معیار از طریق دستگاه تحلیل گازی به طور مستقیم از دویدن روی تردمیل به دست آمد. تحلیل‌های آماری از طریق رگرسیون چند عاملی انجام شد. میانگین (انحراف معیار) وزن، قد، ضریب پیشینه،  $VO_{2max}$  و BMI پسران به ترتیب برابر  $55 \pm 17$  کیلوگرم،  $163 \pm 15$  سانتی‌متر،  $201 \pm 8$  ضریان در دقیقه،  $38 \pm 6$  میلی‌لیتر بر کیلوگرم بر دقیقه، و  $20.19 \pm 3.84$  کیلوگرم بر مترمربع به دست آمد. این اندازه‌ها در دختران به ترتیب برابر  $46 \pm 10$  کیلوگرم،  $156 \pm 9$  سانتی‌متر،  $199 \pm 9$  ضریان در دقیقه،  $34 \pm 4$  میلی‌لیتر بر کیلوگرم بر دقیقه، و  $18.60 \pm 2.95$  کیلوگرم بر مترمربع به دست آمد. نتایج نشان داد که در دختران همبستگی سن با  $VO_{2max}$  نسبی معنادار نیست، ولی در پسران این رابطه معنادار بود ( $P \leq 0.01$ ) با افزایش BMI در هر دو گروه، در  $VO_{2max}$  و ضریان قلب پیشینه تمرین کاهش نسبی مشاهده شد. فرمول‌های تخمین  $VO_{2max}$  از طریق آزمون میدانی AOT و پروتکل آزمایشگاهی روی تردمیل در دختران و پسران تولید شد. در مقایسه با تحقیقات مشابه، فرمول‌های به دست آمده توجیه علمی داشت و برآوردها از دقت کافی برخوردار است. با توجه به بالا بودن ضریب تعیین فرمول‌ها (حداقل  $0.45$  و حداکثر  $0.65$ ) و خطای استاندارد برآورد آن‌ها (حداقل  $2.97$  و حداکثر  $3.78$  میلی‌لیتر در دقیقه) می‌توان به مقادیر  $VO_{2max}$  برآورد شده از طریق فرمول‌های مختلف برآمده از تحقیق اطمینان نسبی کرد. البته باید در نظر داشت که به طور کلی، ضرایب تعیین فرمول‌های برآورد  $VO_{2max}$  نوجوانان از بزرگسالان کمتر است.

واژگان کلیدی: آزمون هشت ضلعی هوازی (AOT)، برآورد  $VO_{2max}$ ، حداکثر اکسیژن مصرفی ( $VO_{2max}$ )، دانش آموزان دختر و پسر

\* E.mail: nahid-marvi-esfahani@yahoo.com

## مقدمه

به حداکثر میزان اکسیژنی که بدن طی تمرینات شدید تا رسیدن به خستگی مصرف می‌کند برآورد  $VO_{2max}$  گویند (۲۵). این عامل یکی از بهترین پیش‌بینی‌کننده‌های آمادگی هوازی است (۸، ۱۱). فعالیت جسمانی هوازی منظم باعث افزایش میزان  $VO_{2max}$  و به‌طور غیر مستقیم باعث کاهش بسیاری از بیماری‌ها می‌شود (۶، ۹). تاکنون، آزمون‌های فراوانی چه به صورت آزمایشگاهی و چه به صورت میدانی برای برآورد  $VO_{2max}$  ابداع شده‌اند. این دستاوردها به ارزیابی قابلیت استقامت قلبی-عروقی و ظرفیت هوازی کمک شایانی کرده‌اند (۱۲).

به منظور اندازه‌گیری اکسیژن مصرفی بیشینه، روش مستقیم تحلیل گازی دقیق‌ترین روش است، اما به دلیل گرانی وسایل آزمایشگاهی، عدم دسترسی مربیان و معلمان ورزش به آن‌ها، نیاز به کارکنان باتجربه، همچنین عملی نبودن اجرای آزمون‌های آزمایشگاهی در برخی شرایط، در بسیاری مواقع نمی‌توان آمادگی هوازی را با دستگاه‌های پیچیده تحلیل گازی سنجید (۱۴). لذا، متخصصان و مربیان تربیت‌بدنی و علوم ورزشی در این زمینه از آزمون‌های میدانی هوازی استفاده می‌کنند.

آزمون‌های میدانی موجود در زمینه اندازه‌گیری  $VO_{2max}$  عبارت‌اند از آزمون‌های پله، آزمون کوپر، و آزمون‌های مشابه با آن، آزمون راکپورت، آزمون ۱۵ دقیقه‌ای بالک، و آزمون شاتل‌ران (۲۱). آزمون‌های میدانی براساس رابطه خطی بین فشار کار با ضربان قلب و حجم اکسیژن مصرفی ( $VO_2$ ) طراحی شده‌اند. آزمون‌های پله بیشینه و زیربیشینه فراوانی وجود دارند که برخی از آن‌ها عبارتند از

آزمون‌های پله آستراند، کانادایی، سارجنت، دانشجویی کوئینز، و ناتون. از مزایای این آزمون‌ها، عدم نیاز به امکانات خاص مثل زمین بزرگ و زمان اندازه‌گیری کم است. با وجود این، عدم دقت کافی یکی از معایب بزرگ آزمون‌های پله است (۱۰).

آزمون‌های گروه کوپر عبارت‌اند از ۱۲ دقیقه دویدن، دوی ۱/۵ مایل، آزمون ۳ مایل راهپیمایی، شای ۱۲ دقیقه، و آزمون ۱۲ دقیقه رکاب‌زنی. از میان این آزمون‌ها، آزمون‌های راکپورت و ۱۵ دقیقه بالک دقت بیشتری در اندازه‌گیری  $VO_{2max}$  دارند و به‌طور هم‌زمان تعداد بیشتری می‌توانند در آن شرکت کنند.

نیاز به زمین‌های استاندارد، مشکل کنترل انگیزه، عدم اطمینان از انجام سرحد تلاش، و ناتوانی در تنظیم گام از محدودیت‌های اساسی این آزمون‌ها در کودکان است (۲۲، ۲۷). به منظور رفع مشکل کنترل انگیزه و تنظیم فشار (یا گام)، آزمون دوی ۲۰ متر شاتل‌ران یا پیسر<sup>۱</sup> ساخته شد. این آزمون در حال حاضر شایع‌ترین آزمون مورد استفاده در مدارس و دانشگاه‌هاست. نیاز به امکانات کم و دقت بالا از دیگر مزایای آن است (۱۷). به هر حال، این آزمون نیز محدودیت‌هایی دارد، از جمله ۱. داوری سخت در برگشت‌زدن‌ها، ۲. اثر تکنیک برگشت بر مصرف انرژی، و ۳. شتاب‌گیری مثبت و منفی مکرر در طول مسافت‌های ۲۰ متر و عدم استفاده از اینرسی حرکتی (۲).

اخیراً، در دانشگاه اصفهان آزمون هشت‌گانه هوازی (AOT)<sup>۲</sup> طرح شده که روایی ظاهری، محتوا، و پایایی آن تأیید شده و بسیاری از مشکلات آزمون‌های میدانی هوازی گذشته را نیز برطرف

1. Shuttle Run / PACER

2. Aerobic Octal Test

می‌کند (۳).

آمده است. روایی تمایز گروهی این آزمون را نیز ذوالاکتاف و زمانیان (۱۳۸۶) نشان داده‌اند (۲،۳). موفقیت آزمون پایا و روای AOT در سنجش استقامت هوازی و یافتن فرمول‌های برآورد  $VO_{2max}$  مردان و زنان از طریق این آزمون مشوق ما شد تا در تحقیق حاضر فرمول‌های برآورد  $VO_{2max}$  دانش آموزان دختر و پسر ۱۰ تا ۱۷ سال را از طریق آزمون میدانی و آزمایشگاهی AOT بیابیم.

### روش‌شناسی

در این تحقیق، ضمن نشان دادن مجدد روایی معیار آزمون AOT، فرمول تخمین  $VO_{2max}$  پسران و دختران از طریق این آزمون به دست آمد. ۸۰ پسر و ۱۰۲ دختر اصفهانی به صورت لایه‌ای هدف‌دار بر اساس ملاک سن انتخاب شدند. لایه‌ها شامل ۸ گروه سنی ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۱۷ سال بود. در هر یک از این طبقه‌های سنی حداقل ۱۰ آزمودنی وجود داشت. آزمودنی‌ها در دو آزمون هوازی میدانی و آزمایشگاهی به فاصله یک هفته به صورت تصادفی شرکت کردند. محور تحلیل‌های آماری رگرسیون چندعاملی است. این تحلیل‌ها به همراه بررسی و پالایش داده‌ها با نرم‌افزار ۱۳٫۵ SPSS انجام شد.

**اندازه‌گیری‌ها:** در این پژوهش دو نوع آزمون استفاده شد: الف) آزمون میدانی AOT، و ب) اندازه‌گیری مستقیم  $VO_{2max}$  در آزمایشگاه از طریق دستگاه تحلیل گازی به عنوان متغیر معیار.

**تجهیزات مورد نیاز:** ضبط صوت، نوارکاست مربوط به ریتم آزمون AOT، ۸ عدد کلاهک برای نشان دادن رئوس هشت ضلعی، تردمیل، دستگاه تحلیل گازی، پالس متر، فرم ثبت نتایج (۲).

روش‌های برآورد  $VO_{2max}$  از طریق آزمون AOT در مردان و زنان را ذوالاکتاف و همکاران (۱۳۸۶) مشخص کردند (۱). مسیر حرکت در این آزمون هشت ضلعی است و چرخش‌های ۴۵ درجه‌ای جایگزین برگشت‌های ۱۸۰ درجه‌ای شده است. همچنین، مشکلاتی از قبیل تأثیر تکنیک برگشت بر مصرف انرژی و تند و کند شدن مداوم حرکت مرتفع شده است. انطباق‌پذیری مهم‌ترین ویژگی آزمون AOT است، به طوری که طول اضلاع را می‌توان بر اساس آمادگی افراد تنظیم کرد تا همه آن‌ها آزمون را در مدت ۸ الی ۱۵ دقیقه به پایان برسانند. متخصصان بیان کرده‌اند که در کمتر از ۸ دقیقه بدن فرصت کافی برای گرم کردن و رسیدن تدریجی به حالت ثابت را نخواهد داشت؛ و اگر زمان آزمون هوازی بیش از ۲۰ دقیقه باشد، علاوه بر بالا رفتن هزینه اجرای آزمون، امکان تداخل عامل خستگی عضلانی (استقامت عضلانی) با عامل استقامت قلبی-تنفسی وجود دارد (۵). روی هشت ضلعی می‌توان ۸ نفر را به طور هم‌زمان (هر نفر در یک رأس) آزمون کرد.

تنظیم ریتم دویدن در AOT بسیار راحت‌تر از پیسر است. دلیل این موضوع عدم نیاز به تند و کند کردن سرعت در طول حرکت است. از سوی دیگر، برگشت‌های ۱۸۰ درجه‌ای و مشکلات مربوط به آن حذف شده است. افزایش تدریجی فشار و ایجاد فرصت برای گرم شدن موجب سازگاری راحت‌تر سیستم‌های فیزیولوژیک برای اجرا می‌شود. همچنین، دستورالعمل ساده و قابل فهم آزمون، کم بودن احتمال وقوع خطا در حین اجرا، و داوری ساده آن، همگی در بالا رفتن هر چه بیشتر پایایی آزمون نقش مؤثری دارند. پایایی این آزمون ۰٫۹۷ به دست

سریع به صورت دویدن نرم و سبک درآمد. سپس، در سطوح بالاتر به دویدن کامل رسید. آزمون ۲۰ سطح دارد و هر سطح یک دقیقه به طول می‌انجامد. با صدای هر بوق، شماره سطح و دورهای آن سطح با دستگاه ضبط صوت اعلام می‌شود. در این تحقیق، در وسط هر سطح ضربان آزمودنی با پالس‌متر مشخص و ثبت گردید. آزمودنی آزمون را تا زمانی ادامه می‌داد که به سرحد خستگی برسد. در صورتی که آزمودنی خود از ادامه آزمون انصراف می‌داد یا سه بار متوالی هنگام شنیدن بوق‌ها به رأس مورد نظر نمی‌رسید، آزمون برای او متوقف و رکورد او ثبت می‌شد. سرعت در هر یک از مراحل آزمون AOT میدانی و آزمایشگاهی در جدول ۱ آمده است.

**روش جمع‌آوری اطلاعات در آزمون AOT میدانی:** یک هشت‌ضلعی منظم با زوایای ۴۵ درجه ترسیم و در هر یک از رئوس هشت‌ضلعی یک کلاهک قرار گرفت. طول اضلاع برای پسران ۱۰ متر و برای دختران ۸ متر در نظر گرفته شد. چهار آزمودنی به طور هم‌زمان آزمون را انجام دادند. از آزمودنی‌ها خواسته شد یک در میان در رئوس هشت‌ضلعی قرار گیرند و با صدای بوق شروع به راه رفتن نمایند و به گونه‌ای گام‌های خود را تنظیم نمایند که با بوق بعدی که از ضبط صوت شنیده می‌شد به رأس دیگر هشت‌ضلعی رسیده باشند و به همین ترتیب ادامه دهند. با کم شدن تدریجی فاصله بین بوق‌ها، در سطح سوم آزمون حرکت از راه رفتن

جدول ۱. سرعت دویدن در مراحل مختلف آزمون‌های میدانی و آزمایشگاهی AOT

سطح (دقیقه)	پسران (سرعت کیلومتر در ساعت)		دختران (سرعت کیلومتر در ساعت)	
	آزمون میدانی دویدن روی تردمیل	آزمون میدانی دویدن دور هشت‌ضلعی	آزمون آزمایشگاهی دویدن روی تردمیل	آزمون میدانی دویدن دور هشت‌ضلعی
۱	۵٫۴	۶	۴٫۸	۴٫۸
۲	۶	۶٫۶	۵٫۴	۵٫۲۸
۳	۶٫۶	۷٫۲	۶	۵٫۷۶
۴	۷٫۲	۷٫۸	۶٫۶	۶٫۲۵
۵	۷٫۸	۸٫۴	۷٫۲	۶٫۷۲
۶	۸٫۴	۹	۷٫۸	۷٫۲
۷	۹	۹٫۶	۸٫۴	۷٫۶۸
۸	۹٫۶	۱۰٫۲	۹	۸٫۱۶
۹	۱۰٫۲	۱۰٫۸	۹٫۶	۹٫۱۲
۱۰	۱۰٫۸	۱۱٫۴	۱۰٫۲	۹٫۶
۱۱	۱۱٫۴	۱۲	۱۰٫۸	۱۰٫۰۸
۱۲	۱۲	۱۲٫۶	۱۱٫۴	۱۰٫۵۶
۱۳	۱۲٫۶	۱۳٫۲	۱۲	۱۱٫۰۴
۱۴	۱۳٫۲	۱۳٫۸	۱۲٫۶	۱۱٫۵۲
۱۵	۱۳٫۸	۱۴٫۴	۱۳٫۲	۱۲
۱۶	۱۴٫۴	۱۵	۱۳٫۸	۱۲٫۴۸
۱۷	۱۵	۱۵٫۶	۱۴٫۴	۱۲٫۹۶
۱۸	۱۵٫۶	۱۶٫۲	۱۵	۱۳٫۴۴
۱۹	۱۶٫۲	۱۶٫۸	۱۵٫۶	۱۳٫۹۲
۲۰	۱۶٫۸	۱۷٫۴	۱۶٫۲	۱۴٫۴۰

استانفورد (۶) پیشنهاد شد و پایایی آن در کودکان ۰.۹۷ به دست آمد (۳). روایی و پایایی آن به طور جداگانه در زنان و مردان نیز تأیید شده است (۱).

آزمون دختران با سرعت ۴/۸ کیلومتر در ساعت و پسران با سرعت ۵/۴ کیلومتر در ساعت شروع شد. در هر دو گروه دختر و پسر، در هر دقیقه بدون آنکه شیب اضافه شود، فقط ۰/۶ کیلومتر در ساعت بر سرعت ترمیل اضافه شد. علت اینکه آزمون ترمیل با فشار کمتری نسبت به آزمون AOT شروع شد، این بود که استفاده از ماسک تنفسی و فعالیت روی ترمیل، به ویژه برای افرادی که با دویدن روی ترمیل آشنایی نداشتند، هزینه انرژی را ۵ تا ۷ درصد بالا می برد (۴). پروتکل آزمایشگاهی به عمد مشابه پروتکل AOT میدانی در نظر گرفته شد تا دقت AOT میدانی در تخمین  $VO_{2max}$  با دقت تخمین آزمایشگاهی AOT (در مواردی که دستگاه تحلیل گازی در اختیار نیست) قابل مقایسه شود.

معیار توقف آزمون آزمایشگاهی و در نظر گرفتن  $VO_2$  به دست آمده به عنوان  $VO_{2max}$  عبارت بود از وقوع دو مورد از شرایط پنج گانه زیر (۲۶): ۱. عدم افزایش  $VO_2$  به موازات افزایش سطح آزمون (وقوع فلات در  $VO_2$ )، ۲. رسیدن به ضربان حداکثر (سن - ۲۲۰)، ۳. رسیدن به نسبت تبادل تنفسی بالاتر از ۱/۱، ۴. ظهور علائم خستگی در آزمودنی مانند نفس نفس زدن خیلی شدید یا تغییر حالت دویدن طبیعی، ۵. اظهار خستگی و یا درخواست توقف آزمون از طرف آزمودنی. بدین ترتیب، ملاحظه می شود که یکی از مزایای آزمون AOT آن است که به راحتی پروتکل آزمایشگاهی آن نیز قابل تولید است. پروتکل آزمایشگاهی AOT قبلاً با موفقیت روی زنان و مردان ۱۷ تا ۵۰

### روش جمع آوری اطلاعات در آزمایشگاه: در

آزمایشگاه، برای اندازه گیری مستقیم  $VO_{2max}$  از دستگاه تحلیل گازی گانشورن<sup>۱</sup> ساخت آلمان استفاده شد. این دستگاه با ماسکی که روی صورت آزمودنی قرار می گیرید، از گازهای بازدمی نمونه برداری می کند و بر این اساس شاخص هایی مثل  $VO_2$ ،  $VCO_2$ ، و نسبت تبادل تنفسی را در هر نفس یا در هر دقیقه نشان می دهد. در اندازه گیری مستقیم  $VO_2$  از طریق دستگاه تحلیل گازی، نوع پروتکل به کار رفته مهم نیست. چرا که  $VO_2$  مستقیماً اندازه گیری می شود و با هیچ فرمول خاصی تخمین زده نمی شود.

برای اندازه گیری  $VO_{2max}$  نیز تنها شرط پروتکل آن است که فعالیت بدنی (مثل دویدن، پارو زدن، رکاب زدن...) از نوع فزاینده باشد. پروتکل های فزاینده یا در هر دقیقه یک افزایش اندک و یا در هر دو تا سه دقیقه یک افزایش نسبتاً بزرگ تر دارند. مزیت افزایش های ۳ دقیقه ای (مثل پروتکل بروس) در آن است که زمان آزمون را کوتاه تر می کند. ریسک این آزمون ها در افزایش های فزاینده بیشینه حدود ۳-۵ واقعه قلبی-عروقی در هر ۱۰۰۰۰ آزمون است. به همین دلیل آن ها را معمولاً در آزمون های زیربیشینه به کار می برند. مزیت افزایش های یک دقیقه ای، ایمنی بیشتر آزمون به قیمت طولانی تر شدن آن است. بدیهی است در مورد کودکان و نوجوانان، همچنین سالمندان، به دلیل اولویت های ایمنی، به خصوص وقتی که نیاز به آزمون بیشینه باشد، افزایش های یک دقیقه ای ارجحیت دارد. پروتکل مورد استفاده آزمایشگاهی در تحقیق حاضر در جدول ۱ آمده است. این پروتکل پس از مطالعه دقیق پروتکل های بروس، کاتوس، بالک-ویر، الستاد، یوساف سام، مک هنری، و

#### 1. Ganshorn

### بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق برخی عواملی که به نظر می‌رسید در برآورد  $VO_{2max}$  کودکان و نوجوانان در آزمون AOT دخیل باشند اندازه‌گیری شد. به منظور برآورد  $VO_{2max}$ ، از رگرسیون چندعاملی استفاده شد. ضرایب  $R$ ،  $R^2$ ، و SEE به دست آمده برای کودکان و نوجوانان در جدول ۳ آمده است. در مطالعات قبلی (۱)،  $R$ ،  $R^2$ ، و SEE در مردان به ترتیب ۰/۸۹، ۰/۷۹، و ۲/۸ و در زنان به ترتیب ۰/۸۰، ۰/۶۴، و ۵/۰ به دست آمد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود ضرایب  $R$  و  $R^2$  به دست آمده در کودکان و نوجوانان کوچک‌تر از ضرایب مردان و زنان (۱) است. یک دلیل مستقل آماری برای کاهش ضرایب همبستگی  $VO_{2max}$  با عوامل برآوردکننده آن در کودکان و نوجوانان وجود دارد. متخصصان آمار نشان داده‌اند هر چه واریانس داده‌ها بیشتر باشد، ضرایب همبستگی قوی‌تری بین عوامل اندازه‌گیری به دست می‌آید (۱۸). از آنجا که نسبت به کودکان و نوجوانان ۱۰ تا ۱۷ ساله، در مردان و زنان ۱۷ تا ۵۰ ساله زمان آزمون و  $VO_{2max}$  واریانس بزرگ‌تری دارند، بدیهی است که ضرایب همبستگی به دست آمده نیز در بزرگسالان بزرگ‌تر است. جدول ۴ واریانس‌های مربوط را نشان می‌دهد. به هر حال افت ضرایب همبستگی موجب افت دقت برآوردها (به معنای افزایش SEE) نمی‌شود، چرا که در فرمول محاسبه خطای استاندارد برآورد (فرمول ۱)، هر چه انحراف معیار (مجذور واریانس) کوچک‌تر شود، SEE کوچک‌تر و دقت اندازه‌گیری بیشتر می‌شود. به عبارت دیگر، اگر افت  $R$  و  $R^2$  ناشی از کاهش واریانس باشد، این افت موجب افزایش SEE نمی‌شود.

سال آزمایش شده است (۱). در این تحقیق نیز روی دختران و پسران ۱۰ تا ۱۷ سال آزمایش شد. هیچ یک از آزمون‌های میدانی موازی هوازی دیگر چنین قابلیت ندارند.

### یافته‌ها

جدول ۲ اطلاعات توصیفی کلی مربوط به عوامل اصلی تحقیق را نشان می‌دهد. در این تحقیق، برای هر یک از گروه‌های پسر و دختر، به تفکیک دو رگرسیون چندعاملی صورت گرفت: یکی برای اطلاعات فراهم شده از آزمون AOT و یکی برای اطلاعات فراهم شده از آزمون تردمیل به همراه تحلیل گازی. این تحلیل‌های آماری این امکان را فراهم می‌کنند تا دید که در آزمون میدانی نسبت به آزمون آزمایشگاهی تا چه اندازه دقت اندازه‌گیری کم شده. همچنین، منبع خطای استاندارد اندازه‌گیری در تخمین  $VO_{2max}$  در روش میدانی چقدر بیشتر از روش آزمایشگاهی است. در این تحلیل  $VO_{2max}$  متغیر وابسته بود. سرعت، مسافت، و زمان آزمون‌های AOT و تردمیل، سن، BMI، و ضربان بیشینه متغیرهای مستقلی بودند که وارد تحلیل شدند.

مجموعه فرمول‌های برآورد  $VO_{2max}$  در جدول ۳ آمده است. فرمول‌های ۱ و ۲ نحوه محاسبه  $VO_{2max}$  پسران و فرمول‌های ۳ و ۴ نحوه محاسبه  $VO_{2max}$  دختران را به دو شیوه آزمایشگاهی و میدانی نشان می‌دهند. روایی معیار آزمون AOT از آنجا تأیید می‌شود که ضرایب  $R$ ،  $R^2$ ، و SEE فرمول‌های پروتکل میدانی و پروتکل آزمایشگاهی بسیار نزدیک است. قابل ذکر است که فاصله دو آزمون یک هفته بود و تنها در آزمایشگاه  $VO_{2max}$  به طور مستقیم اندازه‌گیری شد.

جدول ۲. اطلاعات توصیفی کلی عوامل اندازه‌گیری شده تحقیق

جنسیت	شاخص آماری	وزن <sup>۱</sup>	قد <sup>۲</sup>	BMI <sup>۳</sup>	زمان آزمون AOT <sup>۴</sup>	زمان آزمون ترمیدل <sup>۴</sup>	VO <sub>2max</sub> مستقیم <sup>۵</sup>	ضربان <sup>۶</sup> بیشینه آزمون ترمیدل	ضربان <sup>۶</sup> بیشینه آزمون مسافت	مسافت آزمون ترمیدل <sup>۷</sup>	مسافت آزمون ترمیدل <sup>۷</sup>
پسران	میانگین ±SD	۵۴٫۵۰ ± ۱۶٫۹	۱۶۲٫۶ ± ۱۴٫۹	۲۰٫۱۹ ± ۳٫۸۴	۵۱۶ ± ۱۳۴	۶۹۸ ± ۱۶۶	۳۸٫۴ ± ۵٫۹	۲۰۱ ± ۸	۲۰۰ ± ۹	۱۴۷۸ ± ۴۷۵	۱۷۷۳ ± ۶۶۰
دختران	میانگین ±SD	۴۵٫۵۴ ± ۹٫۸	۱۵۵٫۹ ± ۹٫۳	۱۸٫۶۰ ± ۲٫۹۵	۵۵۵ ± ۹۵	۶۰۴ ± ۱۱۶	۳۴٫۰ ± ۴٫۰	۱۹۹ ± ۹	۲۰۲ ± ۱۵	۱۵۵۳ ± ۳۴۷	۱۲۸۲ ± ۳۷۸

۱=کیلوگرم، ۲=سانتی‌متر، ۳=کیلوگرم بر مترمربع، ۴=ثانیه، ۵=میلی لیتر بر کیلوگرم بر دقیقه، ۶=تعداد، ۷=متر، SD=انحراف معیار.

جدول ۳. فرمول‌های برآورد VO<sub>2max</sub> برآمده از تحقیق

شماره	گروه	وضیعت	فرمول‌های برآورد VO <sub>2max</sub>	R <sup>۲</sup>	R	SEE
۱	پسر	آزمایشگاهی	(سن × ۰٫۸۴۷) + (۰٫۳۳۵ × BMI) - (زمان × ۰٫۰۱۴) + ۲۹٫۶۳۷	۰٫۶۱	۰٫۷۸	۳٫۷۸
		میدانی	(سن × ۰٫۴۴۲) + (۰٫۶۷۲ × BMI) - (زمان × ۰٫۰۲۳) + ۳۴٫۰۸۰	۰٫۶۵	۰٫۸۱	۳٫۵۴
۱	دختر	آزمایشگاهی	(سن × ۰٫۴۰۸) + (۰٫۲۱۱ × BMI) - (زمان × ۰٫۰۲۲) + ۲۳٫۷۷۷	۰٫۴۸	۰٫۶۹	۲٫۹۷
		میدانی	(سن × ۰٫۴۰۸) + (۰٫۱۱۸ × BMI) - (زمان × ۰٫۰۲۶) + ۲۲٫۱۹۵	۰٫۴۵	۰٫۶۷	۳٫۰۴

R<sup>۲</sup>=ضرب‌بندی همبستگی، R=ضرب‌بندی تعیین، SEE=خطای استاندارد برآورد، سن=سال، زمان=ثانیه، BMI=شاخص توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع).

جدول ۴. مقایسه واریانس کودکان و نوجوانان با بزرگسالان (۱) در متغیرهای اصلی تحقیق

آزمون	آزمودنی	پسران ۱۰ تا ۱۷ سال	مردان (مرجع ۱) ۱۷ تا ۵۰ سال	دختران ۱۰ تا ۱۷ سال	زنان (مرجع ۱) ۱۷ تا ۵۰ سال
$VO_{2max}$ نسبی (میلی‌لیتر بر کیلوگرم بر دقیقه)	۳۴٫۸۱	۳۶٫۰	۱۶٫۰	۶۷٫۲۵	
زمان آزمون اکتال (ثانیه)	۱۷۹۵۶	۲۹۵۸۴	۹۰۲۵	۲۸۲۲۵	
زمان آزمون تردمیل (ثانیه)	۲۷۸۸۹	۴۰۴۰۱	۱۳۴۵۶	۲۷۲۲۵	

## فرمول ۱:

$$SEE = SD \times \sqrt{1 - R^2}$$

در تحقیق حاضر، ضرایب  $R^2$  به دست آمده در دختران نیز کمتر از پسران است. در اینجا نیز دلیل آماری همان واریانس کمتر  $VO_{2max}$  در دختران است. علت این موضوع را می‌توان در عوامل زیر جستجو کرد: الف) عوامل جنسیتی، ب) تفاوت در سرعت رشد، ج) تفاوت در عادات حرکتی (۱۵)، ۱۹، ۲۰، ۲۴، ۲۷). در ادامه هر یک از این عوامل توضیح داده می‌شوند.

**الف) عوامل جنسیتی.** در مردان به طور عمومی وزن عضلانی، حجم قفسه سینه، و میزان هموگلوبین به نسبت وزن بدن بیشتر از زنان است و وزن چربی آنها نیز کمتر است. این تفاوت‌ها هر چند با شدت کمتر در سنین ۱۱ تا ۱۸ سالگی نیز دیده می‌شوند، اما با افزایش سن بارزتر و چشمگیرتر می‌شوند.

**ب) تفاوت در سرعت رشد.** دختران در حدود ۱۳ تا ۱۴ سالگی و پسران در حدود ۱۵ تا ۱۶ سالگی به بلوغ می‌رسند. در هر دو جنس سرعت رشد  $VO_{2max}$  قبل از بلوغ بیشتر از دوره بلوغ و پس از آن است. این موضوع باعث می‌شود به طور کلی دامنه تغییرات  $VO_{2max}$  زنان کمتر از مردان باشد؛ بنابراین، همبستگی‌های مربوط پایین‌تری می‌یابند.

**ج) تفاوت در عادات حرکتی.** به طور کلی و در جامعه ما به طور خاص به دلیل فقر امکانات و مسائل فرهنگی، دختران کمتر از پسران به فعالیت بدنی مثل دویدن و راهپیمایی می‌پردازند و این از ظرفیت‌های هوازی آنها می‌کاهد. این عدم مشارکت در فعالیت‌های ورزشی به طور کلی از ظرفیت‌های جسمی و روانی دختران برای اجرای بهینه در آزمون‌های آمادگی جسمانی از جمله آزمون‌های قلبی-تنفسی می‌کاهد.

نکته قابل ذکر دیگر در اینجا مشکل اندازه‌گیری غیر مستقیم  $VO_{2max}$  در کودکان و نوجوانان است. اندازه‌گیری  $VO_{2max}$  کودکان و نوجوانان به دلایل زیر بسیار مشکل‌تر از بزرگسالان است: ۱. تفاوت‌های اساسی در تکنیک‌های حرکتی (مثل دویدن) و مصرف انرژی آنها به دلیل مساوی نبودن فرصت‌های آموزشی و تمرینی (۱۳). ۲. تفاوت در الگوی سرعت رشد و ترشحات هورمونی مربوط که به طور کلی متابولیسم و مصرف انرژی را متفاوت می‌کند. مصرف انرژی دویدن با هر سرعت خاص هنگام بلوغ بیشتر از بزرگسالی است. (۱۶). ۳. کودکان و نوجوانان انگیزه‌های متفاوتی برای انجام تکالیف ورزشی دارند. گروهی خود را کاملاً وقف حرکت می‌کنند و گروهی حاضرند فقط تا حدود



ظرفیت اجرای هوازی در این تحقیق به آن‌ها مربوط می‌شود.

### خلاصه و نتیجه گیری

تحقیق حاضر نشان داد بر اساس عواملی مانند تفاوت‌های جنسیتی، تفاوت‌های سرعت رشد، و تفاوت‌های عادات حرکتی دامنه تغییرات  $VO_{2max}$  دختران کمتر از پسران است. این موضوع باعث کاهش ضریب همبستگی و متعاقب آن ضریب تعیین عوامل مؤثر بر  $VO_{2max}$  در دختران نسبت به پسران شده است. در تحقیق حاضر، فرمول‌های مربوط به تخمین  $VO_{2max}$  دختران و پسران ۱۰ تا ۱۷ سال بر اساس سن، BMI، و زمان آزمون AOT یا تردمیل مشخص گردید. آماره‌های این تحقیق نشان می‌دهند که علی‌رغم افت  $R^2$  در نوجوانان نسبت به بزرگسالان و در دختران نسبت به پسران، هنوز خطای استاندارد برآورد (SEE) در نوجوانان کمتر از بزرگسالان و در دختران کمتر از پسران است. دلیل این موضوع کاهش انحراف معیار  $VO_{2max}$  دختران نسبت به پسران و نوجوانان نسبت به بزرگسالان است. درست است که این کاهش سبب پایین آمدن  $R^2$  است، ولی به نسبت بیشتری سبب پایین آمدن SEE می‌شود و دقت برآورد را بالا می‌برد. این یافته با شرایط سنی و جنسی آزمودنی‌ها هماهنگی داشت.

کم یا متوسط برای آن مایه بگذارند (۷). ۴. از حیث توانایی تمرکز بر تکلیف نیز کودکان و نوجوانان خیلی متفاوت‌اند. برای مثال، برخی هنگام دویدن به حاشیه و اطراف توجه زیادی دارند و این از ظرفیت‌های عملی آن‌ها می‌کاهد (۲۴، ۲۰، ۱۹، ۱۵، ۲۷).

رولاند (۲۳) معتقد است که در دوران رشد  $VO_{2max}$  مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده ظرفیت هوازی است که خود به طور مستقیم تحت تأثیر عملکرد دستگاه‌های قلبی-تنفسی و به طور غیرمستقیم تحت تأثیر رژیم غذایی و متابولیسم بی‌هوازی است. با وجود این، وی ۹ عامل دیگر را نیز در عملکرد هوازی مهم می‌داند: ۱. عوامل محیطی مثل دمای هوا، ۲. تنظیم گام، ۳. تمرکز بر انجام کار، ۴. بلوغ بیولوژیکی (کاهش مصرف انرژی به موازات افزایش سن)، ۵. ترکیب بدنی، ۶. جنسیت، ۷. وراثت (تراکم تارهای کند انقباض)، ۸. انگیزه، و ۹. هماهنگی عصبی-عضلانی (کاهش مصرف انرژی با افزایش مهارت). شرایط آزمون‌های اکتال میدانی و آزمایشگاهی به گونه‌ای است که امکان کنترل عوامل ۱ تا ۳ را دارند. لایه‌بندی نمونه‌ها بر اساس سن و جنس و اندازه‌گیری BMI نیز اجازه کنترل عوامل ۴ تا ۶ را داده است. به عبارت دیگر، امکان احتساب این عوامل در فرمول‌های تخمین‌کننده فراهم شده است. عوامل ۷ تا ۹ کنترل نشده‌اند و بخشی از عدم تبیین

## منابع

۱. ذوالاکتاف، و؛ ب. احمدی؛ س. سهرابی؛ س.م. مرندی؛ و. هوسپیان، ۱۳۸۶، «برآورد VO<sub>2</sub>max از طریق آزمون هشت‌ضلعی هوازی». علوم حرکتی و ورزش. (۱۰) ۸۵-۹۳.
۲. ذوالاکتاف، و؛ و. ف. زمانیان، ۱۳۸۶، «طراحی و روایی سنجی آزمون هشت‌ضلعی هوازی». پژوهش در علوم ورزشی. (۱۳): ۱۲۳-۱۴۰.
۳. زمانیان، ف، ۱۳۸۴، «طراحی و روایی سنجی یک آزمون جدید فزاینده هوازی». پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه اصفهان.
۴. گارتتر، باوم؛ و جکسون آ. تدای، ۱۳۸۲، «سنجش و اندازه‌گیری در تربیت بدنی». ترجمه سیاسی ح.؛ پ. نوربخش، جلد اول. انتشارات سمت.
۵. گارتتر، باوم؛ و جکسون آ. تدای، ۱۳۸۰، «سنجش و اندازه‌گیری در تربیت بدنی». ترجمه سیاسی ح.؛ پ. نوربخش، جلد دوم. انتشارات سمت.
6. American College of Sport Medicine (2000). ACSMS guidelines for exercise testing and prescription (6th ed.). Lippincott Williams and Wilkins. pp. 7, 97.
7. Armstrong, N. and J.R. Welsman (1997). "Children in sport and exercise". B.J. Phys Edu, 28(2): 4-6.
8. Armstrong, N. and J.R. Welsman (1995). "The measurement and interpretation of aerobic fitness in children: Current issues". J R Soc Med, (89): 281-285.
9. Blair, S.N.; Y. Cheng; and J.C. Holder (2001). "Is physical activity or physical fitness more important in defining health benefits?" Med Sci Sport Exercise, 33: S 379-399.
10. Buckley, J.P.; J. Sim; R.G. Eston; R. Hession and R. Fox (2004). "Reliability and validity of measures taken during the Chester Step Test to predict aerobic power and to prescribe aerobic exercise". BMJ Publishing Group Ltd & British Association of Sport and Exercise Medicine. Br J Sports Med, 38: 197-205.
11. Carrel, A.L.; J.S. Sledge; S.J. Ventura; R.R. Clark; S.E. Peterson; J.C. Eickhoff; and D.B. Allen (2008). "Measuring aerobic cycling power as an assessment of childhood fitness". J Strength Cond Res, 22(1): 192-195.
12. Caspersen, C.J.; K.E. Powell; and G.M. Christensen (1985). "Physical activity, exercise, and Physical fitness: definitions and distinctions for health-related research". Public Health Rep, 100: 126-131.
13. Daniels, J.; and N. Daniels (1992). "Running economy of elite male and elite female runners". Med Sci Exerc, 25: 483-489.
14. Han, C.G.; and L.J. Iando (2006). "Linking Physical activity and Aerobic Fitness: Are we active because we are fit or are we fit because we are active". Pediatric Exercise Science, 18: N2.
15. Hussey, J.; C. Bell; K. Bennett; J.O. Dwyer; and J. Gormley (2007). "Relationship between the intensity of physical activity, inactivity, cardiorespiratory fitness and body composition in 7-10-year-old Dublin children". B J Sport Med, 41: 311-316.
16. Krahenbuhl, G.S.; J.S. Skinner; and W.M. Kohart (1985). "Developmental aspects of maximal aerobic power in children". Terjung, RL eds. Exerc Sport Sci Rev, 13(1): 503-538.
17. Leger, L.A.; and J. Lambert (1982). "A maximal multistage 20 m shuttle run test to predict VO<sub>2</sub>max". Eurn J Appl Physio, 49: 1-12.
18. Marrow, J.R.; and A.W. Jackson (1995). Measurement and evaluation in human performance. Campaign: IL, Human Kinetics, p.51.
19. McMurray, R.G.; J.S. Harrell; C.B. Bradley; S. Deng; and S.I. Bangdiwala (2002). "Predicted maximal aerobic power in youth is related to age, gender, and ethnicity". Med Sci Sports Exerc, Vol. 34(1): 145-151.
20. Nindl, B.C.; M.T. Mahar; E.A. Harman and J.F. Patton (1995). "Lower and upper body aerobic performance in male and female adolescent athletes". Med Sci Sport Exerc, 27: 235-251.

21. Noonan, V.; and E. Dean (2000). "Submaximal Exercise Testing: Clinical Application and Interpretation". *Physical Therapy*, 80(8) 782-807.
22. Pomerants, T.; T. Jurimae; and K. Karelson (2004). "Indirect measurement of maximal oxygen consumption in 14-16-year old adolescent girls". *Proceeding book of 62nd Scientific Conference of the University of Latvia*, p. 17-25.
23. Rowland, T.W. (1990). *Exercise and children's health*. Champaign, IL: Human Kinetics, p. 14.
24. Sparling, P.B. and K.J. Cureton (1983). "Biological determinants of the sex difference in 12-min performance". *Med Sci Sport Exerc*, 15: 218-223.
25. Thoden, J.S. (1991). Testing aerobic power. In: MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ. *Physiological Testing of the Performance Athlete*, Champaign, IL: Human Kinetics. p. 107-174.
26. Washington, R.L. (2000). "Why Do Girls Use Less Oxygen During Exercise Than Boys? Cause or Effect of Decreased Work?". *Chest*, 117:619-620.
27. Weyand, P.G.; M. Kelly; T. Blickard; J.C. Darley; S.R. Oliver; E.M. Ohlenbusch; S.M. Joffe; and R.M. Hoyt (2001). "Ambulatory estimates of maximal aerobic power from foot-ground contact times and heart rates in running humans". *Eur J Appl Physio*, 91(1): 451-458.