المپیك
فصلنامه
سال هفدهم – شماره ۴ (پیاپی ۴۸) زمستان ۱۳۸۸

تاریخ دریافت: ۸۷/۲/۲۷
تاریخ تصویب: ۸۷/۱۰/۱۱

برآورد $VO_{2}max$ دانش‌آموزان از طریق آزمون هشت‌ضلعی هوازی

❖ **دکتر وحید ذوالاکتاف؛** استادیار دانشگاه اصفهان
❖❖ **ناهید مروی؛** کارشناس‌ارشد تربیت‌بدنی دانشگاه اصفهان*
❖❖❖ **بهزاد احمدی؛** کارشناس‌ارشد تربیت‌بدنی دانشگاه اصفهان
❖❖❖❖ **دکتر سیدمحمد مرندی؛** استادیار دانشگاه اصفهان
❖❖❖❖❖ **ولگا هوسپیان؛** کارشناس‌ارشد تربیت‌بدنی دانشگاه اصفهان

چکیده: **هدف این تحقیق عبارت است از بررسی روایی برآورد $VO_{2}max$ دانش‌آموزان سالم از طریق آزمون هشت‌ضلعی 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 فاصلهٔ یک هفته شرکت کردند. آزمودنی‌ها در قالب هشت گروه سنی ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱٤، ۱۵، ۱٦، و۱۷ 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، ضربان بیشینه، $VO_{2}max$، و BMI پسران به ترتیب برابر ۱۷±۵۵ کیلوگرم، ۱۵±۱٦۳سانتی‌متر، ۸±۲۰۱ ضربان در دقیقه، ٦±۳۸ میلی‌لیتر بر کیلوگرم بر دقیقه، و ۳/۸٤±۲۰/۱۹ کیلوگرم بر مترمربع به‌دست آمد. این اندازه‌ها در دختران به ترتیب برابر ۱۰±٤٦ کیلوگرم، ۹±۱۵٦ سانتی‌متر، ۹±۱۹۹ ضربان در دقیقه، ٤±۳٤ میلی‌لیتر بر کیلوگرم بر دقیقه، و ۲/۹۵±۱۸/٦۰کیلوگرم بر مترمربع به‌دست آمد. نتایج نشان داد که در دختران همبستگی سن با $VO_{2}max$ نسبی معنادار نیست، ولی در پسران این رابطه معنادار بود ($P \leq ۰/۰۱$).با افزایش BMIدر هر دو گروه، در $VO_{2}max$ و ضربان قلب بیشینهٔ تمرین کاهش نسبی مشاهده شد. فرمول‌های تخمین $VO_{2}max$ از طریق آزمون میدانی AOT و پروتکل آزمایشگاهی روی تردمیل در دختران و پسران تولید شد. در مقایسه با تحقیقات مشابه، فرمول‌های به‌دست آمده توجیه علمی داشت و برآوردها از دقت کافی برخوردار است. با توجه به بالا بودن ضریب تعیین فرمول‌ها (حداقل ٤۵٪ و حداکثر ٦۵٪) و خطای استاندارد برآورد آن‌ها (حداقل ۲/۹۷ و حداکثر ۳/۷۸ میلی‌لیتر در دقیقه) می‌توان به مقادیر $VO_{2}max$ 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 $VO_{2}max$ نوجوانان از بزرگسالان کمتر است.**

واژگان کلیدی: آزمون هشت‌ضلعی هوازی (AOT)، برآورد VO ۲max، حداکثر اکسیژن مصرفی ($VO_{2}max$)، دانش‌آموزان 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 پیچیدهٔ 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 زمینهٔ اندازه گیری 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 رابطهٔ خطی بین فشار کار با ضربان قلب و حجم اکسیژن مصرفی (VO_2) طراحی شده‌اند. آزمون‌های پلهٔ بیشینه و زیربیشینه فراوانی وجود دارند که برخی از آن‌ها عبارتند از آزمون‌های پلهٔ 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، شنای ۱۲ دقیقه، و آزمون ۱۲ دقیقه رکاب‌زنی. از میان این آزمون‌ها، آزمون‌های راکپورت و ۱۵ دقیقهٔ بالک دقت بیشتری در اندازه‌گیری VO_2max دارند و به طور 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**[1] 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 هشت‌گانهٔ هوازی **(AOT)**[2] 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).

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 هشت‌ضلعی 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 همهٔ 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 هزینهٔ اجرای آزمون، امکان تداخل عامل خستگی عضلانی (استقامت عضلانی) با عامل استقامت قلبی- تنفسی وجود دارد (۵). روی هشت‌ضلعی 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 سادهٔ آن، همگی در بالا رفتن هر چه بیشتر پایایی آزمون نقش مؤثری دارند. پایایی این آزمون ۰/۹۷ به دست 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 دانش‌آموزان 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 فاصلهٔ یک هفته به صورت تصادفی شرکت کردند. محور تحلیل‌های آماری رگرسیون چندعاملی است. این تحلیل‌ها به همراه بررسی و پالایش داده‌ها با نرم‌افزار SPSS ۱۳/۵ 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 هشت‌ضلعی، تردمیل، دستگاه تحلیل گازی، پالس‌متر، فرم ثبت نتایج (۲).

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 درنظر 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 فاصلهٔ بین بوق‌ها، در سطح سوم آزمون حرکت از راه رفتن 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، شمارهٔ 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 سر حد خستگی برسد. در صورتی که آزمودنی خود از ادامهٔ 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.

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

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

روش جمع‌آوری اطلاعات در آزمایشگاه: در آزمایشگاه، برای اندازه‌گیری مستقیم VO_2max از دستگاه تحلیل گازی **گانشورن**[1] ساخت آلمان استفاده شد. این دستگاه با ماسکی که روی صورت آزمودنی قرار می‌گیرید، از گازهای بازدمی نمونه‌برداری می‌کند و بر این اساس شاخص‌هایی مثل VO_2، VCO_2، و نسبت تبادل تنفسی را در هر نفس یا در هر دقیقه نشان می‌دهد. در اندازه‌گیری مستقیم VO_2 از طریق دستگاه تحلیل گازی، نوع پروتکل به کار رفته مهم نیست. چرا که VO_2 مستقیماً اندازه‌گیری می‌شود و با هیچ فرمول خاصی تخمین زده نمی‌شود.

برای اندازه‌گیری VO_2max نیز تنها شرط پروتکل آن است که فعالیت بدنی (مثل دویدن، پارو زدن، رکاب زدن،...) از نوع فزاینده باشد. پروتکل‌های فزاینده یا در هر دقیقه یک افزایش اندک و یا در هر دو تا سه دقیقه یک افزایش نسبتاً بزرگ‌تر دارند. مزیت افزایش‌های ۳ دقیقه‌ای (مثل پروتکل بروس) در آن است که زمان آزمون را کوتاه‌تر می‌کند. ریسک این آزمون‌ها در افزایش‌های فزایندهٔ بیشینه حدود ۳-۵ واقعهٔ قلبی- عروقی در هر ۱۰۰۰۰ آزمون است. به همین دلیل آن‌ها را معمولاً در آزمون‌های زیربیشینه به‌کار می‌برند. مزیت افزایش‌های یک دقیقه‌ای، ایمنی بیشتر آزمون به قیمت طولانی‌تر شدن آن است. بدیهی است در مورد کودکان و نوجوانان، همچنین سالمندان، به دلیل اولویت‌های ایمنی، به‌خصوص وقتی که نیاز به آزمون بیشینه باشد، افزایش‌های یک دقیقه‌ای ارجحیت دارد. پروتکل مورد استفادهٔ آزمایشگاهی در تحقیق حاضر در جدول ۱ آمده است. این پروتکل پس از مطالعهٔ دقیق پروتکل‌های بروس، کاتوس، بالک- ویر، الستاد، یوساف سام، مک هنری، و 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 کیلو متر 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 تردمیل اضافه شد. علت اینکه آزمون تردمیل با فشار کمتری نسبت به آزمون AOT شروع شد، این بود که استفاده از ماسک تنفسی و فعالیت روی تردمیل، به ویژه برای افرادی که با دویدن روی تردمیل آشنایی نداشتند، هزینهٔ انرژی را ۵ تا ۷ درصد بالا می‌برد (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 پنج‌گانهٔ 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 علایم 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 می‌شود 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

1. Ganshorn

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 قابلیتی 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 چند عاملی 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 AOTو 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 نحوهٔ محاسبهٔ VO_2max پسران و فرمول‌های ۳ و ۴ نحوهٔ محاسبهٔ VO_2max دختران را به دو شیوهٔ 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 فاصلهٔ دو آزمون یک هفته بود وتنها در آزمایشگاه VO_2max به طور مستقیم اندازه‌گیری شد.

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، وSEE به‌دست 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، ۷۹٪، و ۲٫۸ و در زنان به ترتیب ۰٫۸۰، ۶۴٪، و ۵٫۰ به‌دست آمد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود ضرایب R و R^2 به‌دست 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 برآوردکنندهٔ 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 هرحال افت ضرایب همبستگی موجب افت دقت برآوردها (به معنای افزایش SEE) نمی‌شود، چرا که در فرمول محاسبهٔ 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.

جدول۲. اطلاعات توصیفی کلی عوامل اندازه‌گیری شدهٔ تحقیق

جنسیت	شاخص آماری	وزن[۱]	قد[۲]	BMI[۳]	زمان[۴] آزمون AOT	زمان[۴] آزمون تردمیل	VO_{2max}[۵] مستقیم	ضربان[۶] بیشینهٔ تردمیل	ضربان[۶] بیشینهٔ AOT	مسافت آزمون اکتال[۷]	مسافت آزمون تردمیل[۷]
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	۱۴۲۸ ± 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=میلی‌لیتر بر کیلوگرم بر دقیقه، ۶=تعداد، ۷=متر، SD=انحراف معیار.

جدول ۳. فرمول‌های برآورد VO_2max برآمده از تحقیق

شماره	گروه	وضعیت	فرمول‌های برآورد VO_2max	R^2	R	SEE
۱	پسر	آزمایشگاهی	(سن × ۰٫۸۴۷) + (۰٫۶۳۵ × BMI) − (زمان × ۰٫۰۱۴) + ۲۹٫۶۳۷	۰٫۶۱	۰٫۷۸	۳٫۷۸
۲		میدانی	(سن × ۰٫۴۴۲) + (۰٫۶۷۲ × BMI) − (زمان × ۰٫۰۲۳) + ۳۴٫۰۸۰	۰٫۶۵	۰٫۸۱	۳٫۵۴
۱	دختر	آزمایشگاهی	(سن × ۰٫۰۴۸) + (۰٫۲۱۱ × BMI) − (زمان × ۰٫۰۲۲) + ۲۳٫۷۷۷	۰٫۴۸	۰٫۶۹	۲٫۹۷
۲		میدانی	(سن × ۰٫۰۴۸) − (۰٫۱۱۸ × BMI) − (زمان × ۰٫۰۲۶) + ۲۲٫۱۹۵	۰٫۴۵	۰٫۶۷	۳٫۰۴

R=ضریب همبستگی، R^2=ضریب تعیین، SEE=خطای استاندارد برآورد، سن=سال، زمان=ثانیه، BMI=شاخص تودهٔ بدن (کیلوگرم بر مترمربع).

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

آزمودنی / آزمون	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:

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

در تحقیق حاضر، ضرایب R^2 به‌دست 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 قفسهٔ 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 دورهٔ بلوغ و پس از آن است. این موضوع باعث می‌شود به طور کلی دامنهٔ تغییرات VO_2max زنان کمتر از مردان باشد؛ بنابراین، همبستگی‌های مربوط پایین‌تری می‌یابند.

ج) تفاوت در عادات حرکتی. به طور کلی و در جامعهٔ 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.

نکتهٔ 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

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 تعیین‌کنندهٔ 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 اجازهٔ 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 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 دامنهٔ 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.

پرتال جامع علوم انسانی

منابع

۱. ذوالاکتاف، و.؛ ب. احمدی؛ س. سهرابی؛ س.م. مرندی؛ و و. هوسپیان، ۱۳۸۶، «برآورد VO_2max از طریق آزمون هشت‌ضلعی هوازی». علوم حرکتی و ورزش. (۱۰) ۸۵-۹۳.

۲. ذوالاکتاف، و.؛ و ف. زمانیان، ۱۳۸۶، «طراحی و روایی‌سنجی آزمون هشت‌ضلعی هوازی». پژوهش در علوم ورزشی. (۱۳): ۱۲۳-۱۴۰.

۳. زمانیان، ف، ۱۳۸۴، «طراحی و روایی‌سنجی یک آزمون جدید فزایندهٔ هوازی». پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد دانشگاه اصفهان.

۴. گارتنر، باوم؛ و جکسون آ. تدای، ۱۳۸۲، «سنجش و اندازه‌گیری در تربیت بدنی». ترجمهٔ سپاسی ح.؛ پ. نوربخش، جلد اول. انتشارات سمت.

۵. گارتنر، باوم؛ و جکسون آ. تدای، ۱۳۸۰، «سنجش و اندازه‌گیری در تربیت‌بدنی». ترجمهٔ سپاسی 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. lando (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_2max". 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, EL: 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.**

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی