

تعیین روایی معادله آلومتری ویژه اندازه‌گیری $V_{O_{2max}}$ دانش آموزان دختر ۱۲-۱۶ ساله شهر مشهد

❖ دکتر عباسعلی گائینی؛ استاد دانشگاه تهران

❖ دکتر مجید کاشف؛ دانشیار دانشگاه شهید رجایی

❖❖❖ زهرا صابری نوغابی؛ دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزش *

❖❖❖ دکتر علیرضا رضانی؛ استادیار دانشگاه شهید رجایی

تاریخ دریافت: ۸۷/۱/۱۶
تاریخ تصویب: ۸۸/۳/۲۸

چکیده:

تحقیق حاضر با هدف تعیین روایی هم‌ارز معادله آلومتری ویژه اندازه‌گیری حداکثر اکسیژن مصرفی دانش‌آموزان ۱۲ تا ۱۶ ساله دختر انجام شد. از این رو، ۱۳۴ دانش‌آموز دختر ناحیه ۲ آموزش و پرورش شهر مشهد با میانگین سنی 14 ± 2 سال و میانگین وزن 50.64 ± 9.71 کیلوگرم و میانگین قد 156.1 ± 7.11 سانتی‌متر، به روش کومه‌ای انتخاب و $V_{O_{2max}}$ آن‌ها با استفاده از آزمون بروس و نیز معادله آلومتری سنجیده شدند. معادله آلومتری مورد نظر در این پژوهش عبارت بود از $V_{O_{2max}} = 1.94M^{0.75}$. برای تعیین روایی، از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد معادله آلومتری پیشنهادی برای برآورد $V_{O_{2max}}$ دانش‌آموزان دختر ۱۲ تا ۱۶ ساله مشهدی هنگامی که $V_{O_{2max}}$ به صورت مطلق (لیتر در دقیقه) بیان شود روایی دارد ($r = 0.72$, $p = 0.01$). میزان روایی رده‌های سنی ۱۲ تا ۱۶ سال به ترتیب 0.803 ، 0.698 ، 0.775 ، 0.591 ، 0.673 و $r = 0.673$ با ارزش $p = 0.01$ است. اما هنگامی که $V_{O_{2max}}$ به صورت نسبی (میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه) بیان شود، همبستگی بین $V_{O_{2max}}$ معادله آلومتری و آزمون بروس معنادار و منفی شد ($r = -0.362$, $p = 0.01$). بنابراین، می‌توان گفت در شرایط عدم دسترسی به آزمایشگاه و انجام آزمون‌های ویژه، می‌توان از معادله آلومتری برای برآورد $V_{O_{2max}}$ مطلق دانش‌آموزان دختر شهر مشهد استفاده کرد.

واژگان کلیدی: آزمون بروس، حداکثر اکسیژن مصرفی ($V_{O_{2max}}$)، روایی هم‌ارز، معادله آلومتری

* E.mail: Z_saberi2704@yahoo.com

مقدمه

آمادگی قلبی-تنفسی از جمله عوامل آمادگی جسمانی است و در عملکرد فعالیت‌های درازمدت نقش مهمی دارد. در این فعالیت‌ها مسیر هوایی سهم بیشتری از انرژی مورد نیاز را تأمین می‌کند. حداکثر اکسیژن مصرفی معیاری برای سنجش ظرفیت قلبی-تنفسی است (۷). برای ارزیابی

حداکثر اکسیژن مصرفی دو روش مستقیم (آزمایشگاهی) و غیر مستقیم (میدانی) وجود دارد. استفاده از دستگاه‌های ویژه سنجش حداکثر اکسیژن مصرفی به علت گران بودن دستگاه‌ها، عدم امکان جابه‌جایی برخی دستگاه‌ها، و عدم آشنایی همه مربیان با کارکرد دستگاه‌ها در همه جا و برای همه کس میسر نیست. لذا، پژوهشگران برای

معادله آلومتری پرداخته‌اند که در همه آن‌ها روایی معادله مذکور در برآورد ظرفیت حیاتی تأیید شده است (۳، ۴).

در پژوهشی جدید کوشیده شده تا V_{O_2max} را که متغیری بسیار مفید در سنجش آمادگی قلبی-عروقی است با استفاده از معادله آلومتری و تنها با سنجش وزن بدن برآورد کنند. در یکی از این پژوهش‌ها، چاماری و همکارانش (۲۰۰۵) توان هوازی بازیکنان بالغ، جوان، و حرفه‌ای فوتبال را با استفاده از مقیاس آلومتری سنجیدند. نتایج این پژوهش نشان داد اکسیژن مصرفی بیشینه و زیربیشینه متناسب با وزن با توان ۰/۷۲ و ۰/۶۰ به ترتیب افزایش می‌یابد (۱۵).

در پژوهشی دیگر، ویل و همکارانش (۲۰۰۴) ۳۴ گونه از پستانداران با دامنه وزن ۷ گرم تا ۵۰۰ کیلوگرم را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که ضریب آلومتری برای برآورد V_{O_2max} در تمام گونه‌ها ۰/۸۷۲ است (۲۰).

ایسنمن و همکارانش (۲۰۰۱) ارتباط بین V_{O_2max} و وزن بدن مردان و زنان جوان دوندۀ مسافت‌های طولانی، از دیدگاه مقیاس آلومتری را مطالعه کردند. در این پژوهش مقدار ضرایب آلومتری در پسران و دختران به ترتیب ۰/۸۱ و ۰/۶۱ به دست آمد (۱۳).

در پژوهش دیگری، بیونن و همکارانش (۲۰۰۲) ۷۳ پسر ۸ تا ۱۶ ساله غیر ورزشکار را به صورت طولی مطالعه کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد، ضریب آلومتری بین فردی در اغلب گروه‌های سنی معادل ۰/۷۵ است. آنان V_{O_2max} آزمودنی‌ها را به روش تجزیه گازها با کار روی تردمیل به دست

پیشرفت سریع در ارزیابی عملکرد دستگاه‌های مختلف بدن انسان و سهولت در ارزیابی بر آن شدند تا با شیوه‌های گوناگون این کار را میسر سازند و ارزیابی عملکرد ورزشکاران را از آزمایشگاه‌های تربیت‌بدنی و استفاده از وسایل و امکانات آن‌ها به میداین ورزشی منتقل کنند. یکی از راه‌ها، استفاده از معادلات ریاضی و کاربرد آن در کارکرد اندام‌های مختلف بدن انسان است. بر این اساس، پژوهشگران شاخص‌های فیزیولوژی را از دیدگاه معادله‌های آلومتری^۱ بررسی کردند.

آلومتری روشی است برای بیان ارتباط بین متغیر (فیزیولوژیکی، آناتومیکی، یا حرارتی) با واحدی از اندازه بدن (معمولاً وزن) از طریق روابط ریاضی هنگام افزایش اندازه (۱۸). آنالیز یا درجه‌بندی آلومتری با این معادله تشریح می‌شود: $Y = aM^b$ که در آن Y متغیری است که با وزن ارتباط دارد و a ضریب تناسب است. نمای b ضریب آلومتری و عامل اصلی است، زیرا این عامل بیان‌کننده شدت و جهت ارتباط بین متغیر b و وزن بدن است. اگر افزایش Y نسبت مستقیم با وزن بدن داشته باشد، $b=1$ است. اگر $b=0$ باشد، جرم بدن هیچ تأثیری بر Y ندارد و متغیر مستقل از وزن است. اگر با افزایش وزن Y افزایش یابد، اما به مقدار کمتر، به گونه‌ای که میزان افزایش متغیر کمتر از میزان افزایش وزن باشد، b از صفر بزرگ‌تر و از ۱ کوچک‌تر خواهد بود. اگر ارزش b بیشتر از ۱ باشد، به این معناست که افزایش متغیر بیشتر از افزایش وزن است. اگر با افزایش وزن Y کاهش یابد، در نتیجه b منفی خواهد بود (۲۰).

پژوهش‌های زیادی کوشیده‌اند با تبیین معادله آلومتری، متغیرهای فیزیولوژی را با استفاده از یکی از متغیرهای وزن یا قد برآورد کنند. پیش از این پژوهش‌هایی به برآورد ظرفیت حیاتی با استفاده از

1. Allometric equations

دانش آموزان منتخب با پرسشنامه محقق ساخته، از لحاظ بیماری‌های قلبی - تنفسی، بیماری‌های روانی، و معلولیت جسمی کنترل شدند. همچنین، دانش آموزان ورزشکار نیز حذف شدند. پس از انتخاب، نمونه‌ها در آزمایشگاه دانشکده تربیت بدنی دانشگاه فردوسی به مدت سه هفته (نیمه اول آذر ۱۳۸۶) آزمایش شدند.

در آزمایشگاه ابتدا وزن دانش آموزان با ترازو (ترازوی دیجیتال Beurer ساخت آلمان) اندازه گیری شد. سپس، سایر اندازه‌گیری‌های آنترپومتری انجام شد (در این پژوهش علاوه بر اندازه‌گیری وزن آزمودنی، قد نشسته، قد ایستاده، دور سینه و ضربان قلب استراحت، ضربان قلب بیشینه، ضربان قلب بازیافت، همچنین درصد چربی با کالپر و با استفاده از روش دو نقطه‌ای لومن اندازه‌گیری شد). سپس، Vo_{2max} آنان به روش غیرمستقیم، از طریق آزمون بروس محاسبه شد. شایان ذکر است که بر اساس پژوهش‌های انجام شده، ضریب همبستگی Vo_{2max} به دست آمده از طریق آزمون بروس و Vo_{2max} به دست آمده از تجزیه گازها ۰.۹۸ است. بنابراین، استفاده از آزمون بروس جایگزین روش تجزیه گازها و قابل اعتماد است. برای انجام آزمون بروس از دستگاه ترمیل تکنوجیم ساخت کشور ایتالیا استفاده شد. برای تشویق بیشتر دانش آموزان به ادامه بیشتر فعالیت تا سر حد خستگی قبلاً به آنان اعلام شد کسانی که بتوانند به مراحل بالاتر از مرحله ۴ آزمون برسند جوایزی اهدا خواهد شد.

پس از جمع‌آوری اطلاعات، با استفاده از جایگزینی وزن در فرمول بیون و همکارانش (۲۰۰۲) ($Vo_{2max}=1/94M^{.75}$)، Vo_{2max} آنان از طریق معادله آلومتری محاسبه شد. سپس، با استفاده

آوردند و فرمول $Vo_{2max}=1/94M^{.75}$ را برای برآورد Vo_{2max} از طریق معادله آلومتری پیشنهاد کردند (۸).

در ایران پژوهش‌های زیادی درباره ارتباط Vo_{2max} با مشخصات آنترپومتری (از جمله وزن) انجام گرفته است که همگی مؤید ارتباط بین Vo_{2max} و وزن بدن‌اند (۱، ۵، ۶)، اما در هیچ کدام از این پژوهش‌ها ارتباط به دست آمده به معادله آلومتری تبدیل نشده است. در واقع، پژوهشگران ایرانی فرمول آلومتری خاصی را پیشنهاد نکرده‌اند. روایی فرمول آلومتری پیشنهادی پژوهشگران خارجی نیز مطالعه نشده است. لذا، اجرای این گونه پژوهش‌ها در ایران به نظر ضروری می‌رسد.

از همین روی، به منظور معرفی معادله آلومتری در برآورد Vo_{2max} در ایران این پژوهش با هدف تعیین روایی هم‌ارز معادله آلومتری ویژه تعیین Vo_{2max} در بین دانش آموزان دختر ۱۲ تا ۱۶ ساله غیر ورزشکار به اجرا درآمد تا به این پرسش پاسخ داده شود که آیا معادله پیشنهادی بیون درباره پسران ۱۱ تا ۱۶ ساله، در مورد دختران همین دوره سنی نیز کاربرد دارد یا خیر؟

روش‌شناسی

روش پژوهش توصیفی و از نوع همبستگی است. جامعه آماری پژوهش تمامی ۱۱۴ دانش آموزان دختر ۱۲ تا ۱۶ ساله غیر ورزشکار مدارس راهنمایی و متوسطه در ناحیه ۲ آموزش و پرورش شهر مشهد در سال ۱۳۸۶ بودند که به روش کومه‌ای (در دسترس) انتخاب شدند. در این نمونه ۲۰ دانش آموز منتخب بالغ نشده بودند (شروع قاعدگی بلوغ در نظر گرفته شد). ضمناً، بلوغ دانش آموزان متغیر مزاحم در نظر گرفته شد.

تفاوت بین میانگین‌های Vo_{2max} بروس و معادله آلومتری با استفاده از آزمون t و میزان اختلاف بر اساس تحلیل واریانس یکراهه در جدول‌های ۲ تا ۴ آمده است.

همچنین، رابطه بین Vo_{2max} بروس (میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه) و فرمول در کل جمعیت نمونه به میزان $r = -0.362$ ($p = 0.01$) است. در تمام گروه‌های سنی، بین Vo_{2max} محاسبه شده از طریق آزمون بروس بر حسب لیتر در دقیقه و Vo_{2max} به دست آمده از معادله آلومتری ارتباط مثبتی به دست آمد. برای اطمینان از نتایج به دست آمده و برای آگاهی از تفاوت بین میانگین‌های Vo_{2max} بروس و معادله آلومتری با استفاده از آزمون t در گروه‌های همبسته محاسبات انجام شد که نتایج در جدول ۳ ثبت شده است.

از روش آماری ضریب همبستگی پیرسون، میزان همبستگی مقادیر Vo_{2max} سنجیده شده از دو روش آزمون بروس و معادله آلومتری تعیین شد. برای اطمینان از نتایج به دست آمده و برای آگاهی از تفاوت بین میانگین‌های Vo_{2max} بروس و فرمول، از آزمون t در گروه‌های همبسته استفاده شد. در ادامه برای بررسی معنادار بودن اختلاف بین دو شیوه برآورد Vo_{2max} از تحلیل واریانس یکراهه استفاده شد.

یافته‌ها

میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای وزن، Vo_{2max} آزمون بروس به صورت مطلق و نسبی، و Vo_{2max} معادله آلومتری را در جدول ۱ می‌بینید. اطلاعات مربوط به میزان ارتباط بین متغیرهای به دست آمده از طریق ضریب همبستگی پیرسون،

جدول ۱. شاخص‌های آماری وزن، Vo_{2max} آزمون بروس، و Vo_{2max} معادله آلومتری آزمودنی‌ها

شاخص آماری		Vo_{2max} آزمون بروس (میلی‌لیتر به ازای هر کیلوگرم در دقیقه)		Vo_{2max} آزمون بروس (لیتر در دقیقه)		وزن (کیلوگرم)		گروه سنی
انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	
۰٫۶۲	۱٫۶۱	۴٫۷۴	۳۴٫۴۰	۰٫۲۶	۱٫۵۴	۱۰٫۲۰	۴۵٫۶۷	اول (۱۲ سال)
۰٫۵۳	۱٫۸۵	۴٫۲۸	۳۳٫۴۱	۰٫۲۷	۱٫۶۵	۸٫۲۷	۴۹٫۸۶	دوم (۱۳ سال)
۰٫۸۳	۲٫۰۴	۴٫۷۶	۳۴٫۰۰	۰٫۳۸	۱٫۷۸	۱۱٫۷۰	۵۲٫۱۱	سوم (۱۴ سال)
۰٫۷۰	۲٫۰۹	۵٫۷۹	۳۶٫۷۵	۰٫۳۴	۱٫۹۱	۹٫۶۲	۵۲٫۷۳	چهارم (۱۵ سال)
۰٫۴۵	۱٫۹۹	۴٫۳۳	۳۴٫۹۰	۰٫۳۰	۱٫۸۱	۶٫۷۴	۵۲٫۱۹	پنجم (۱۶ سال)
۰٫۶۵	۱٫۹۱	۴٫۸۸	۳۴٫۷۰	۰٫۳۳	۱٫۷۴	۹٫۷۱	۵۰٫۶۴	کل نمونه

جدول ۲. ضرایب همبستگی بین Vo_{2max} معادله آلومتری و Vo_{2max} بروس (لیتر در دقیقه) در گروه‌های سنی مختلف

ارزش P	ضریب همبستگی	شاخص‌ها
		متغیرها
۰,۰۰۰*	۰,۸۰۳	گروه سنی اول (۱۲ سال)
۰,۰۰۰*	۰,۶۹۸	گروه سنی دوم (۱۳ سال)
۰,۰۰۰*	۰,۷۷۵	گروه سنی سوم (۱۴ سال)
۰,۰۰۱*	۰,۵۹۱	گروه سنی چهارم (۱۵ سال)
۰,۰۰۰*	۰,۶۷۳	گروه سنی پنجم (۱۶ سال)
۰,۰۰۰*	۰,۷۲۴	کل جمعیت نمونه

*در سطح کمتر از ۰,۰۱ معنادار است.

جدول ۳. مقدار آزمون t ویژه Vo_{2max} بروس (لیتر در دقیقه) و Vo_{2max} معادله آلومتری در گروه‌های سنی مختلف

ارزش P	t	درجه آزادی	میانگین	شاخص‌ها	متغیرها
				Vo_{2max} بروس	گروه‌های سنی مختلف
۰,۰۰۰	-۴,۲۶۸	۱۴۳	۱,۷۴	Vo_{2max} بروس	گروه‌های سنی مختلف
			۱,۹۱	Vo_{2max} معادله آلومتری	

*در سطح کمتر از ۰,۰۵ معنادار است.

جدول ۴. آزمون F ویژه Vo_{2max} بروس (لیتر در دقیقه) و Vo_{2max} فرمول درگروه‌های سنی

ارزش P	F	درجه آزادی	شاخص‌ها	متغیرها
			بین گروهی	Vo_{2max} بروس و معادله آلومتری گروه‌های سنی مختلف
۰,۰۰۶	۷,۶۶۸	۱	بین گروهی	
		۲۸۶	درون گروهی	

در جدول ۳ ارزش P از ۰,۰۵ کمتر است. این نشان می‌دهد در این زمینه اختلاف معناداری بین دو شیوه وجود دارد. در این حالت توصیه شده است میزان اختلاف بر اساس تحلیل واریانس یکراهه مشخص شود. نتایج آزمون F در جدول ۴ بیان شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد بین Vo_{2max} مطلق آزمون بروس و Vo_{2max} معادله آلومتری در

با توجه به نتایج آزمون F، اختلاف بین

با وزن توصیف کرد (۸).
جانز و ماهونی (۱۹۹۷) در پژوهش خود بیان می‌کنند که در دختران ۲۶ درصد از افزایش آمادگی هوازی مربوط به افزایش وزن بدون چربی است (۱۷). همچنین، وایر و همکارانش (۲۰۰۶) ارتباط مثبت و بالایی را بین وزن و Vo_{2max} نشان دادند (۲۱). ارتباط مثبت بین وزن و Vo_{2max} به بهترین وجه در معادله آلومتری با توان مثبت و بالای 0.75 نشان داده می‌شود.

$$(Vo_{2max} \approx M^{0.75})$$

نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد در صورتی که Vo_{2max} به صورت نسبتی از وزن بیان شود (میلی‌لیتر به ازای هر کیلوگرم در دقیقه) بین آن و Vo_{2max} فرمول همبستگی وجود دارد، ولی این همبستگی پایین و منفی است.

این نتایج با نتایج پژوهش کمپر (۱۹۹۰) همخوانی دارد. وی در نتایج پژوهش خود بیان می‌کند آمادگی هوازی در دختران با افزایش وزن کاهش می‌یابد (۱۶).

کراهن بوهل و همکارانش (۱۹۸۹) اظهار داشته‌اند تقریباً از سنی که دختران برای شرکت در آزمون‌های ورزشی آماده می‌شوند، کاهش پیشرونده‌ای در اکسیژن مصرفی بیشینه و وابسته به وزن آن‌ها رخ می‌دهد که در سراسر دوران کودکی و نوجوانی ادامه می‌یابد (۲).

می‌توان از طریق معادلات آلومتری به این مطلب پرداخت. معادله آلومتری در برآورد Vo_{2max} از طریق وزن به شکل $M^{0.75} \approx M$ است. چنانچه طرفین معادله را بر M تقسیم کنیم، خواهیم داشت $M = M^{0.75} / M^{0.25} = Vo_{2max} M$. توان منفی وزن نشان می‌دهد Vo_{2max} به نسبت وزن بدن با افزایش وزن کاهش

گروه‌های سنی مختلف و در کل آزمودنی‌ها همبستگی مثبت بالایی وجود دارد. بیشترین میزان همبستگی در گروه سنی ۱۲ سال به میزان $r=0.803$ و کمترین میزان همبستگی در گروه سنی ۱۵ سال به میزان $r=0.591$ است. این یافته‌ها با نتایج پژوهش بیونن و همکارانش (۲۰۰۲) همخوانی دارد (۸). آن‌ها توان 0.75 را در برآورد Vo_{2max} از طریق وزن، در مطالعه طولی ۷۳ پسر ۸ تا ۱۶ سال به دست آوردند. در معادله آلومتری $Vo_{2max}=1.94M^{0.75}$ میزان ضریب آلومتری 0.75 است. میزان توان معادله آلومتری بین یک و صفر است. این امر نشان می‌دهد Vo_{2max} متناسب با وزن افزایش می‌یابد، اما میزان افزایش Vo_{2max} از میزان افزایش وزن کمتر است. این موضوع تا حد زیادی نتیجه افزایش اندازه اندام‌های وابسته به Vo_{2max} هنگام فعالیت ورزشی است (قلب، ریه‌ها، حجم خون، و عضله اسکلتی). هم‌زمان با رشد فرد و افزایش وزن بدن، این اندام‌ها نیز رشد می‌کنند، اما میزان رشد آن‌ها کمتر از رشد کل بدن است. در نتیجه، از نسبت این اندام‌ها به کل بدن کاسته می‌شود. این موضوع در معادله آلومتری با توان 0.75 نشان داده می‌شود.

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد حداکثر اکسیژن مصرفی مطلق بهترین رابطه را با وزن دارد، به طوری که در گروه سنی ۱۲ سال با میانگین وزن 45.67 حداکثر اکسیژن مصرفی 1.54 و در گروه سنی ۱۵ سال با میانگین وزن 52.73 حداکثر اکسیژن مصرفی 1.91 است.

این نتایج با یافته‌های چاماری و همکارانش (۲۰۰۵) همخوانی دارد. آن‌ها بیان می‌کنند اکسیژن مصرفی بیشینه متناسب با وزن افزایش می‌یابد (۱۵). همچنین، بیونن (۲۰۰۲) در پژوهش خود به این نتیجه رسید که می‌توان Vo_{2max} را تا حد زیادی

می‌یابد (۱۸).

همچنین، نتایج پژوهش حاکی است با افزایش سن دختران ۱۲ تا ۱۶ سال میزان حداکثر اکسیژن مصرفی مطلق آن‌ها تا سن ۱۵ سالگی افزایش و پس از آن تا ۱۶ سالگی کاهش می‌یابد، به طوری که کمترین میزان در گروه سنی اول (۱۲ ساله‌ها) به میزان ۱/۵۴ لیتر در دقیقه و بیشترین میزان در گروه سنی چهارم (۱۵ ساله‌ها) به مقدار ۱/۹۱ لیتر در دقیقه است.

براون و همکارانش (۱۹۹۸) در پژوهشی دربارهٔ ورزشکاران زنده بیان می‌دارند در هر دو گروه دختر و پسر، با افزایش سن Vo_{2max} افزایش می‌یابد (۱۰).

شن و نیو و همکارانش (۱۹۸۵) ارتباط معناداری بین حداکثر اکسیژن مصرفی با سن در زنان و مردان ۱۵ تا ۲۵ ساله به دست آوردند (۱۱).

کاشف (۱۳۸۲) در پژوهشی در سطح کشور دربارهٔ استانداردهای قابلیت‌های جسمانی در گذشته و حال، به این نتیجه رسید که میزان استقامت قلبی-عروقی دختران تا ۱۵ سالگی افزایش و پس از آن تا ۱۶ سالگی کاهش می‌یابد. نورم‌های مؤسسهٔ ایفرد نیز همین نتایج را نشان می‌دهند (۴).

با بالا رفتن سن در سنین رشد، دستگاه‌های بدن که اکسیژن مصرفی را هنگام تمرینات بیشینه تأمین می‌کنند، رشد می‌یابند و در نتیجه Vo_{2max} فرد افزایش می‌یابد اما سیر صعودی رشد در دورهٔ انتهایی رشد کم می‌شود. در نتیجه، بر Vo_{2max} دختران در ۱۵ تا ۱۶ سالگی، با کم شدن سرعت رشد، افزوده نمی‌شود. از طرفی، با افزایش

هورمون‌های جنسی در این دورهٔ سنی، همچنین محدودیت‌های اجتماعی و فرهنگی دختران در این دورهٔ رشد میزان چربی بدن افزایش می‌یابد و با توجه به ارتباط منفی بین Vo_{2max} و درصد چربی بدن از میزان Vo_{2max} کاسته می‌شود.

در پژوهش حاضر، میزان همبستگی بین Vo_{2max} برآورد شده از طریق معادلهٔ آلومتری و از طریق آزمون بروس به میزان ۰/۶۷، ۰/۵۹، ۰/۶۹، ۰/۶۹ (p=۰/۰۰۱) $r=۰/۸$ به ترتیب در گروه‌های سنی ۱۲ تا ۱۶ سال است. همچنین، روایی به دست آمده در کل جمعیت نمونه به میزان $r=۰/۷۲$ (p=۰/۰۰۱) است.

با توجه به نتایج پژوهش پیشنهاد می‌شود، معلمان و مربیان ورزش به منظور کسب آگاهی از میزان حداکثر اکسیژن مصرفی مطلق دانش‌آموزان دختر ۱۲ ساله، در صورت عدم دسترسی به سایر روش‌ها، به دلیل آسان بودن اجرای این روش، توانایی به کارگیری آن چندین مرتبه در طول سال، و امکان اجرای آن در هر مکانی از معادلهٔ آلومتری که در این پژوهش روایی آن بررسی شد ($Vo_{2max}=۱/۹۴M^{۰/۷۵}$) استفاده کنند. در سایر گروه‌های سنی برای اطمینان از صحت استفاده از فرمول نیاز به پژوهش بیشتر است. نمونه‌های پژوهش حاضر دختران ۱۲ تا ۱۶ سالهٔ غیر ورزشکار بودند. از آنجا که دختران ورزشکار به دلیل LBM بیشتر نتایج پژوهشی متفاوتی دارند، پیشنهاد می‌شود عیناً این پژوهش روی نمونهٔ ورزشکار و در همان گروه‌های سنی انجام شود تا بود و نبود فعالیت ورزشی در رابطه‌ها تبیین شود.

منابع

۱. ابراهیم، خسرو؛ فرهاد رحمانی‌نیا؛ مهشید مسعودی، ۱۳۷۹، «مقایسه ارتباط بین توان هوازی، درصد چربی و افسردگی در دانشجویان دختر ورزشکار و غیر ورزشکار دانشگاه گیلان». المپیک، پیاپی (۱۳).
۲. رولند، تامس دلبیو، ۱۳۷۹، فیزیولوژی ورزشی دوران رشد، ترجمه عباسعلی گائینی، چاپ اول، انتشارات دانش‌افروز.
۳. شاکرین، افسانه، ۱۳۸۲، تعیین روایی و پایایی معادله آلومتریک در اندازه‌گیری ظرفیت حیاتی دانش‌آموزان دختر ۱۱-۱۷ ساله ورزشکار و غیر ورزشکار، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی.
۴. عیوضی، محمود، ۱۳۷۹، تعیین میزان همبستگی ظرفیت حیاتی پسران ۱۶ تا ۱۹ ساله سنجیده شده به دو روش اسپیرومتری و معادله ویژه تعیین ظرفیت حیاتی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی.
۵. کاشف، مجید، ۱۳۸۲، «بررسی استانداردهای قابلیت‌های جسمانی دختران و پسران ایرانی در گذشته و حال و مقایسه آن با نورم‌های ایفرد». المپیک، شماره ۲۴ پیاپی، ص ۱۷-۲۸.
۶. گائینی، عباسعلی؛ فرهاد رحمانی‌نیا؛ سیده مرجانه حسینی، ۱۳۸۰، «بررسی رابطه بین توان هوازی و ابعاد بدن دانش‌آموزان دختر غیر ورزشکار». المپیک، شماره ۱۸ پیاپی.
۷. لاری، جی شیورز، ۱۳۶۹، مبانی فیزیولوژی ورزشی. ترجمه قوام‌الدین جلیلی و عباسعلی گائینی. تهران انتشارات اداره کل وزارت آموزش و پرورش.
8. Beunen, G.; A.D.G. Baxter; R.L. Jones; M. Mirwald; J. Thomise; R.M. Lefever; Malina; and D.A. Bailey (2002). "Intraindividual allometric development of aerobic power in 8-16 year old boy". Med. sci- sport Exerc. 34: 503-510.
9. Beunen; G.P.; D.M. Rogers; B. Woynarowska; R.M. Malina (1997). "Longitudinal study of ontogenetic allometry of oxygen uptake in boys and girls grouped by maturity status". Ann Hum Biol. Jan-Feb, 24(1): 33-43.
10. Brown, D.; D.A. Weigand; E.M. Winter (1998). "Maximum oxygen uptake in junion and senior elite squash player", science and racket sports, edited by less, A. Mayhard, I. Haghes, M. Reilly, T: 14-18.
11. Chen Wenya et al (1985). "A study on the indirect metod of measuring vo_{2max} in athletes", Chinese Jou of sports medicine. (4).56-62.
12. Edwine, A. Fleshman (1964). the structure and measurement of physical fitness by prentice hall. Inc Englewood cliffs. N. J.
13. Eisenmann, J.C.; J.M. Pivarnic; R.M. Malina (2001). "Scaling peak vo_2 by body mass in yong male and female distance runners". J Apple physiol jun, 90(6): 2172- 80.
14. Hardy and Eston (1985). "Appropriate interpretation of aerobic capacity: allometric scaling in adult and young soccer players", Sports Medicine, 19 (4), Dec, 217 -218.
15. Chamari, K.; I. Moussa Chamari; L. Boussaidi; Y. Hachana; F. Kaouech; and U. Wisloff (2005). "Appropriate interpretation of aerobic capacity: allometric scaling in adult and young soccer players". Br J Sports Med. February; 39(2): 97-101.
16. Kemper, Hermers (leuven Belgium) (1990). "Longitudinal changes in young people's short-term power output". journal of Sport Medicine, 21 (213); 299-314.
17. Mahony, L.T.; K.F. Janz; Q Res (1997). "Modeling the influence of body size on VO_2 peak: effects of model choice and body composition". Exerc Sport. Mar, 68 (1): 1-9.
18. Rowland Thomas, W (2005). Childeren's exercise physiology, 2nd Edition.
19. Vander, Burg; Paulm Katch, I. Frank (1996). "Physiological correlates of locomotory performance in a lizard: an allometric approach". Medicine & Science in Sports & Exercise. 28(9):1204-1208.

20. Weibel, E.R.; L.D. Bacigalupe; B. Schmitt; H. Hoppeler (2004). "Allometric scaling of maximal metabolic rate in mammals: muscle aerobic capacity as determinant factor", *Respir Physiol Neurobiol.* 20; 140(2): 115-32.
21. Wier, Larry T.; L. Jackson; Andrew Ayers; W. Arenare; L. Brian (2006). "Nonexercise Models for Estimating [latin capital V with dot above] O₂max with Waist Girth, Percent Fat, or BMI. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 38(3): 555-561, March.