

علوم زیستی ورزشی - بهار ۱۳۹۵
دوره ۸، شماره ۱، ص: ۵۱-۶۳
تاریخ دریافت: ۲۲ / ۱۰ / ۹۲
تاریخ پذیرش: ۳۱ / ۰۶ / ۹۳

اعتبارسنجی معادلات آلومتریک VO_{2peak} دختران ۱۷-۱۲ ساله شهر همدان با مداخله آنتروپومتری و بلوغ بیولوژیک

مریم شهریاری^۱ - فرزاد ناظم^{۲*} - محمدعلی سماواتی شریف^۳

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه بوعلی سینا همدان، همدان،
ایران ۳۲۰۳. دانشیار فیزیولوژی ورزش دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه بوعلی سینا همدان، همدان،
ایران

چکیده

هدف بررسی اثر سطح بالیدگی و ترکیب بدنی بر روایی معادلات آلومتری برآورد VO_{2peak} دختران چاق و غیرچاق،
روش‌شناسی: ۸۰ دختر ۱۷-۱۲ ساله به روش تصادفی از مدارس شهر همدان انتخاب شدند و در دو گروه اضافه وزن-
چاق ($BMI > 85\%$) و نرمال ($BMI < 85\%$) قرار گرفتند. سن بیولوژیک به روش سن دندانی مشخص شد. سنجش
 VO_{2peak} با آزمون کیورتون و معادلات آلومتری میلانو و بیونن صورت گرفت. برای تعیین روایی از همبستگی پیرسون و
روش آماری بلاند - آلمن استفاده شد. یافته‌ها: VO_{2peak} میان سه روش منتخب تفاوت معناداری داشت ($P < 0.01$).
با مداخله متغیر بلوغ، تفاوت میانگین VO_{2peak} معنادار به دست نیامد ($P > 0.05$). روایی ظرفیت عملی دختران نوجوان
چاق با بلوغ طبیعی شایان توجه بود ($P < 0.01$, $r = 0.92$). با توجه به اندازه SE ، معادله آلومتری میلانو صحت بیشتری
در پیشگویی VO_{2peak} دختران نوجوان چاق با بلوغ طبیعی و غیرچاق نشان داد. روش بلاند - آلمن نیز توافق بالایی
میان VO_{2peak} تست کیورتون و معادله آلومتریک با ضریب ۰/۵۹ نشان داد. روایی ظرفیت عملی آزمودنی‌های چاق با
بلوغ غیرطبیعی معنادار ($P < 0.01$, $r = 0.82$) و در افراد غیرچاق با بلوغ غیرطبیعی معادل ($P < 0.01$, $r = 0.94$) و با بلوغ
طبیعی برابر ($P < 0.01$, $r = 0.80$) به دست آمد. نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد مدل‌های پیشگویی منتخب آلومتریک
 VO_{2peak} با نقش مداخله‌گرهای مؤثر بلوغ و ترکیب بدن، قابلیت استفاده برای سنجش سطح آمادگی قلبی - تنفسی
دختران نوجوان را دارند.

واژه‌های کلیدی

بالیدگی، ترکیب بدن، حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2peak})، معادلات آلومتری.

مقدمه

پیامدهای سندروم چاقی بر سلامت آحاد جامعه، ارزیابی، پایش و پیگیری وضعیت چاقی کودکان و نوجوانان اهمیت بسزایی پیدا کرده است. با ملاحظه دگرگونی سن بیولوژیک کودکان و نوجوانان با سن تقویمی یکسان، دختران با بلوغ زودرس، اضافه وزن بیشتری دارند (۲۴). بنابراین نوجوانان همسن، ممکن است حتی با جثه و ترکیب بدنی مشابه از سطوح بالیدگی متفاوت برخوردار باشند (۱). چنین الگوهای فیزیولوژیک گوناگون در فرایند رشد شرایط پیچیده‌ای را با مداخله متغیرهای محیطی ایجاد می‌کنند.

پژوهشگران علوم ورزشی اهمیت نقش ترکیب بدن در برآورد انرژی متابولیک یا حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2peak}) را خاطرنشان می‌کنند (۱، ۱۱، ۱۸). به طوری که ارزش نسبی VO_{2peak} بر حسب عوامل آنتروپومتریک وزن ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$)، قامت ($ml.h^{-1}.min^{-1}$) و نمایه جرم بدن ($ml.lbm^{-1}.min^{-1}$) معمولاً در افراد چاق کمتر از هم‌تایان غیرچاق است (۱۹). از سوی دیگر، برخی یافته‌ها تفاوت مقادیر مطلق VO_{2peak} افراد چاق و غیرچاق را بر حسب $ml.min^{-1}$ و $l.min^{-1}$ نشان نمی‌دهند (۱۵، ۲۸). درحالی‌که شواهد علمی دیگر از تفاوت اندازه مطلق VO_{2peak} گروه‌های چاق و غیرچاق حکایت دارد (۲، ۱۶). از این رو، شیوه محاسبه ارزش نسبی VO_{2peak} در دوره بلوغ تنها روش مؤثر در تعدیل و همسان‌سازی وزن‌های بدنی متفاوت افراد نوجوان چاق پیکر نیست. محققان کاربست معادلات آلومتری را به‌عنوان یک مدل ریاضی برای مهار نسبی مداخله‌گرهای آناتومیک یا فیزیولوژیک مانند نقش ترکیب بدن و جثه بر الگوی هزینه‌های انرژی یا اکسیژن جانداران به‌ویژه گونه‌های پستاندار، یا هنگام تغییرات رشد بیولوژیک انسان را با اهمیت قلمداد می‌کنند (۱، ۸، ۱۰، ۱۵، ۱۹).

در این زمینه مطالعات موجود، تناسب میان نرخ متابولیک و رویه سطح بدن حیوانات را مطابق رابطه $MER \propto M^{2/8}$ نشان می‌دهند. آنالیزهای انجام‌گرفته در زمینه نظریه تناسب میان وزن بدن و نرخ متابولیک پایه برای پستانداران به‌صورت نمایه ریاضی $M^{3/4}$ (M: وزن بدن) ارائه شده است. اما بررسی‌های بعدی مبنی بر صحت تئوری آلومتریک نمایه $3/4$ در تشریح تناسب بین وزن بدن و نرخ متابولیک ارگانسیم، نشان داد که شواهد علمی کافی برای پذیرفتن یک نمایه ریاضی آلومتریک در دامنه $2/3$ تا $3/4$ در دست نیست. این دامنه از نما، وابسته به شرایطی است که داده‌های آنتروپومتری همراه پارامترهای متابولیک یا فیزیولوژیک جمع‌آوری می‌شوند و ممکن است اندازه یا جرم بدن جاندار با توان

سوم شیب خط رگرسیون پیش‌بین ($M \propto L^3$) متناسب باشد، درحالی‌که متغیر آنتروپومتری دیگر مانند رویه سطح بدن (A) با توان دوم خط رگرسیون ($A \propto L^2$) وابستگی نشان دهد. بنابراین می‌توان چنین تناسب‌های بین جثه و هزینه انرژی در گونه پستانداران را به شکل نماد ریاضی $L \propto M^{1/3} \propto A^{1/2}$ یا $A \propto M^{2/3}$ تبیین کرد (۱۶). از طرف دیگر، ارتباط سطح رویه بدن با جرم بدن همسنگ نیست، اما با هم وابسته‌اند. این ویژگی در متغیرهای متعدد فیزیولوژیکی نیز به چشم می‌خورد (۱۳). این الگوی ریاضی اغلب به صورت معادله رگرسیون لگاریتم خطی [$\log(M)$ و $\log(Y)$] براساس معادله زیر تعریف می‌شود (۲۵):

$$\text{Log}(Y) = \log(a) + b \log(M)$$

معادله بالا را به صورت یک معادله نمایی می‌توان چنین اصلاح کرد:

$$Y = a M^b$$

در این رابطه، متغیر وابسته Y معمولاً به عنوان تابعی از متغیر مستقل (وزن) تعریف می‌شود. ضریب a برای تصحیح و نرمال‌سازی تناسب میان دو متغیر مستقل و وابسته به کار می‌رود. ضریب a و مقدار نمای b به روش رگرسیون خطی تعیین می‌شود. پس از تعیین ضرایب a و b، معادله لگاریتمی به صورت معادله نمایی تبدیل شده و در نهایت معادله آلومتری پیشنهادی بر حسب جمعیت مورد مطالعه و رعایت پیش‌فرض وابستگی ترکیب بدن و هزینه اکسیژن ارگانیزم در مرحله پیش از بلوغ، به دست می‌آید.

در این زمینه توان آلومتری ۰/۳۷ تا ۱/۰۲ برای برآورد ظرفیت عملی کودکان و نوجوانان گزارش شده است (۲۰، ۹، ۳). در پژوهشی دیگر روی پسران نوجوان ۸ تا ۱۶ ساله غیرورزشکار مقدار ضریب آلومتری برای برآورد ظرفیت هوازی برابر با ۰/۷۵ ارائه شد. این موضوع بیانگر این است که ظرفیت عملی افراد نابالغ متناسب با دگرگونی وزن افزایش می‌یابد (۳). ایسنمن^۱ و همکاران (۲۰۰۱) ارتباط وزن و جرم بدن پسران و دختران جوان دوندۀ استقامتی را در معادلات منتخب آلومتری، با ضرایب ۰/۸۱ و ۰/۶۱ به ترتیب در پسران و دختران گزارش کردند.

در یک طرح طولی طی پنج سال، متوسط توان آلومتری پسران ۰/۵۳ و در دختران ۰/۶۵ به دست آمد. اما در بررسی ولسمن^۲ و همکاران (۱۹۹۷) ضریب آلومتری ۰/۷۸ روی ۲۵۳ دختر و پسر با وزن

نرمال و ۳۵ نوجوان چاق گزارش شد. همچنین ظرفیت عملی ۴۶ دختر چاق و ۴۷ دختر با وزن طبیعی، از ضریب آلومتری ۰/۴۶ برای گروه چاق و ۰/۹۲ برای گروه دوم حکایت دارد (۱۵). این پیشینه‌های علمی نشان می‌دهند که ضریب آلومتری از متغیرهای سن، جنسیت، سطح فعالیت بدنی، وضعیت سلامت افراد، میزان بلوغ، ترکیب بدنی و نوع رشته ورزشی تأثیرپذیر است. از طرف دیگر، پژوهش‌های داخلی رابطه آلومتری خاصی را با ملاحظه کنترل عامل مداخله‌گر بلوغ گزارش نکرده‌اند. بنابراین لزوم سنجش اعتبار و میزان کارایی معادلات آلومتری به‌ویژه برای دختران چاق و نوجوان ایرانی شایان توجه است. از این رو مطالعه ما اعتبارسنجی معادلات آلومتری میلانو^۱ و بیونن^۲ برای برآورد ظرفیت هوازی دختران چاق و غیرچاق با سطوح متفاوت بلوغ زیستی در منطقه غرب کشور را بررسی کرده است.

روش‌شناسی

شیوه انجام این مطالعه مقطعی - تحلیلی است که به صورت میدانی انجام گرفته است. از جمعیت ۱۸۰۰ دانش‌آموزان مقاطع تحصیلی راهنمایی و دبیرستان ناحیه ۲ شهر همدان، نمونه‌های واجد شرایط مشتمل بر ۸۰ دانش‌آموز دختر ۱۷-۱۲ ساله به شیوه تصادفی آسان انتخاب شدند. ابتدا دو کارگاه آموزشی جداگانه برای تبیین کامل اهداف پروژه برای اولیا و سپس دانش‌آموزان واجد شرایط ارائه شد. در مرحله بعد، برگه رضایت‌نامه شرکت آزمودنی‌ها در طرح پژوهش توسط انجمن اولیای دانش‌آموزان و مربیان آموزشگاه و سپاه وضعیت تندرستی (PAR-Q: انجمن پزشکی ورزشی آمریکا) با همکاری کارشناس بهداشت مدرسه تکمیل شد. با مطالعه شناسنامه بهداشتی آزمودنی‌ها، وضعیت سلامت و سطح آمادگی عمومی آنان آشکار شد. متغیرهای قد (دستگاه قدسنج مدل SOEHNLE) ساخت آلمان، وزن (ترازوی مدل سکا: seca) ساخت آلمان با دقت سنجش ۱۰ گرم، سن بیولوژیک (به روش مشاهده سن دندان) تحت نظارت متخصص دندان‌پزشک، ضربان‌های قلب استراحت و عملکرد هوازی با ضربان‌سنج دیجیتالی مدل امرون (omron) ساخت چین تعیین شدند. برای سنجش حداکثر اکسیژن مصرفی فرد از آزمون میدانی هوازی بیشینه کیورتون استفاده شد (۷). معیارهای ورود آزمودنی‌ها، شامل دامنه سنی ۱۲ تا ۱۷ سال، اندازه شاخص جرم بدن از صدک‌های ۵ درصد تا بالاتر از ۸۵ درصد،

1 . Milano

2 . Beunen

سلامت دستگاه قلبی- تنفسی، داشتن انگیزه بالا برای انجام آزمون‌های عملی، عدم ابتلا به نارسایی‌های متابولیک، دیابت، مشکلات عضلانی- اسکلتی و نبود سیکل ماهانه در طول اجرای طرح بود. معیارهای خروج از مطالعه آزمودنی‌ها نیز عبارت بود از داشتن سیکل قاعدگی، نارسایی آسم خفیف، برنامه منظم ورزشی هفتگی، سندروم بیش‌فعالی، بروز بیماری ناخواسته، مصرف دارو با تجویز پزشک مانند داروهای لیپولیتیک ضد چاقی یا کم‌اشتهایی، داروهای کم‌کاری یا پرکاری تیروئید یا انجام برنامه‌های کاهش وزن که بر عوامل وابسته طرح اثرگذار باشد.

از BMI^۱ برای تعیین اضافه وزن و اندازه چاقی آزمودنی‌ها استفاده شد. ترکیب بدن دختران بر حسب صدک با استفاده از نوموگرام مخصوص افراد نابالغ مرکز ملی سلامت و پیشگیری از بیماری‌ها، به دو گروه اضافه وزن و چاق (BMI>85%) و نرمال (BMI<85%) تفکیک شدند (۹). با استفاده از تکنیک سن دندانی (۱)، دو گروه بر پایه سطح بالیدگی طبیعی و غیرطبیعی (زودرس و دیررس) مطالعه شدند. پس از جمع‌آوری اطلاعات، جایگزینی وزن در معادلات آلومتریک منتخب برای دختران نابالغ با و بدون ملاحظه صدک‌های شاخص توده بدنی تعریف شد و ظرفیت هوازی دختران مطابق سه معادله آلومتریک محاسبه شد.

در این مطالعه، معادلات آلومتریکی منتخب بر پایه توانی از وزن بدن برای آزمودنی‌های نوجوان عبارت بود از (۱۹،۳):

$$Y = 2.8 M^{0.59}$$

$$Y = 1.94 M^{0.75}$$

$$Y = 2 M^{0.78}$$

نرمال بودن توزیع داده‌ها توسط آزمون کولموگروف-اسمیرنوف ارزیابی شد ($Z=1/0.2, P=0/24$). تفاوت میان روش‌های محاسبه VO₂peak در معادلات آلومتریکی و سپس نقش بلوغ بیولوژیک بر VO₂peak دختران با استفاده از روش آماری تحلیل واریانس با اندازه‌های مکرر (Repeated Measure ANOVA) با بهره‌گیری از نرم‌افزار آماری spss نسخه ۱۶ در سطح معنادار آماری ۵ درصد تجزیه و تحلیل شد. برای تعیین اعتبار معادلات آلومتریکی منتخب در برآورد ظرفیت عملی از رابطه رگرسیون خطی و روش آماری توافق بلاند - آلتمن^۲ (۴) استفاده شد. همچنین خطای معیار اندازه‌گیری (SE)^۳ برای آنالیز

1 . Body Mass Index

2 . Bland-Altman

3 . SE(Standard Error of Estimation) = SDY $\sqrt{1 - r^2}$

VO_{2peak} معادلات پیشگو و برای تخمین میزان اطمینان از نتایج انحراف از خطا در سه روش مورد مطالعه (مربع ریشه میانگین: RMS)^۱ محاسبه شد.

یافته‌ها

اطلاعات توصیفی مربوط به میانگین و انحراف معیار متغیرهای سن، وزن و VO_{2peak} (ml/kg/min) دختران نوجوان در آزمون میدانی هوازی کیورتون و معادلات آلومتریک پیش‌بین به تفکیک برای دختران اضافه وزن-چاق و دختران غیرچاق به ترتیب در جداول ۱ و ۲ آورده شده است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های ظرفیت هوازی به دست آمده در روش مرجع کیورتون و هر یک از دو معادله آلومتریک منتخب، در شرایط با و بدون مداخله بلوغ، به وسیله مدل آماری تحلیل واریانس با اندازه‌های مکرر تجزیه و تحلیل شد. برای بررسی ارتباط متغیرهای ظرفیت عملی در دو معادله آلومتری و آزمون مرجع کیورتون، از همبستگی پیرسون استفاده شد (جدول ۳). توزیع طبیعی داده‌ها به وسیله آزمون ناپارامتریک کولموگروف اسمیرنوف در سطح آلفای ۵ درصد ارزیابی شد.

جدول ۱. توصیف ویژگی‌های آنتروپومتریک و فیزیولوژیک دختران نوجوان اضافه وزن - چاق

شاخص آماری					متغیرها
Max	Min	SE	SD	Mean	
۱۷	۱۲	۰/۲	۱/۲	۱۴/۶	سن (سال)
۹۰	۴۶	۱/۳۷	۸/۲۳	۶۵/۶۴	وزن (kg)
۳۷/۰	۲۱/۸	۰/۴۴	۲/۶۲	۲۹/۸	شاخص جرم بدن (kg/m ²)
۴۵/۳۱	۳۰/۶	۰/۵۶	۲/۹۶	۳۶/۲۵	درصد چربی
۴۴	۳۰/۸	۰/۳۹	۲/۳	۳۶	VO _{2peak} اندازه‌گیری شده (ml/kg/min)
۳۹/۸۳	۲۶/۸	۰/۴۱	۲/۴۴	۳۳	VO _{2peak} پیشگو با ضریب آلومتریک ۰/۵۹ (ml/kg/min)
۵۶/۶۹	۳۴/۲۷	۰/۷	۴/۱۹	۴۴/۶۷	VO _{2peak} پیشگو با ضریب آلومتریک ۰/۷۵ (ml/kg/min)

$$1. \text{RMS} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{X})^2 / n}$$

جدول ۲. توصیف ویژگی‌های آنروپومتریکی و فیزیولوژیک دختران غیرچاق

شاخص آماری					متغیرها
Max	Min	SE	SD	Mean	
۱۷	۱۲	۰/۱۹	۱/۲۸	۱۵	سن (سال)
۶۹	۳۶	۱/۱۲	۷/۴۴	۵۲/۴۹	وزن (kg)
۲۳/۲	۱۶/۵	۰/۳۴	۲/۳۲	۱۹/۶	شاخص جرم بدن (kg/m ²)
۳۲/۲	۱۸/۷	۰/۸۷	۴/۴۲	۲۶/۱۷	درصد چربی
۴۸/۸	۳۵/۷۷	۰/۴	۲/۶۳	۴۰/۶۹	VO ₂ peak آزمون معیار: کیورتون (ml/kg/min)
۵۴/۳۶	۳۲/۷۳	۰/۷۳	۴/۸۷	۴۳/۸۵	VO ₂ peak پیشگو: با ضریب آلومتریکی ۰/۷۸ (ml/kg/min)
۴۶/۴۵	۲۸/۵	۰/۶۱	۴/۰۴	۳۷/۷۶	VO ₂ peak پیشگو: با ضریب آلومتریکی ۰/۷۵ (ml/kg/min)

مقایسه میانگین‌های VO₂peak اندازه‌گیری شده و معادلات آلومتریکی با دو ضریب آلومتریکی برای گروه‌های چاق و غیر چاق - با مداخله و بدون مداخله فاکتور بلوغ - انجام گرفت. میانگین‌های VO₂peak بدون در نظر گرفتن عامل بلوغ، در سه روش منتخب، تفاوت معناداری را نشان دادند (P<0.01)، اما با مداخله بلوغ تفاوت معنادار بین روش‌های یادشده از میان رفت (P>0.05).

با توجه به جدول ۳، ارتباط بالا و معناداری بین اندازه نسبی (میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه) VO₂peak در آزمون میدانی کیورتون و دو معادله پیشگوی آلومتریکی در دختران نوجوان چاق با بلوغ طبیعی به دست آمد [t=۰/۹۲، P<۰/۰۱]. به نظر می‌رسد با توجه به اندازه خطای SE و RMS، معادله آلومتریکی میلانو^۱ احتمالاً صحت بیشتری در پیشگویی VO₂peak دختران نوجوان چاق با بلوغ طبیعی ایرانی را نشان می‌دهد. همچنین، نمودار بلاند-آلتمن توافق بالایی بین ظرفیت عملی آزمودنی‌ها در تست مرجع کیورتون با معادله آلومتریکی با ضریب ۰/۵۹ نشان داد (شکل ۱).

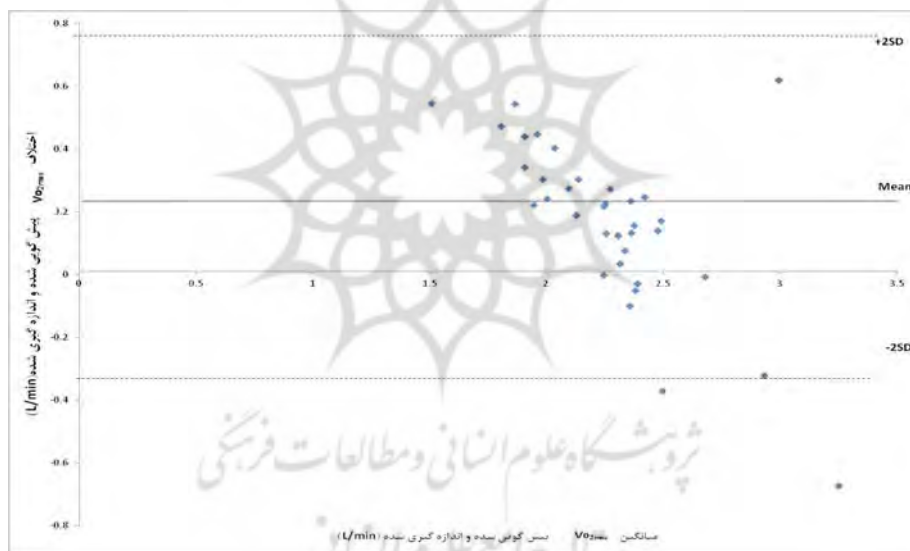
میزان روایی دختران نوجوان چاق با بلوغ غیرطبیعی با معادلات منتخب t=۰/۸۲، P<۰/۰۱ به دست آمد، که نسبت به هم‌تایان خود با بلوغ طبیعی روایی کمتری داشتند. از سوی دیگر، همبستگی بالایی بین VO₂peak کیورتون و دو معادله آلومتریکی با توان‌های ۰/۷۸ و ۰/۷۵ در دختران غیرچاق با بلوغ غیرطبیعی مشاهده شد (t=۰/۹۴، P<۰/۰۱)، در صورتی‌که همبستگی هم‌تایان آنان با بلوغ طبیعی t=۰/۸۰، P<۰/۰۱ به دست آمد. اما با ملاحظه عدم تفاوت چشمگیر در مقادیر SE و RMS هر دو

معادله، صحت قابل قبولی را برای پیشگویی VO_{2peak} دختران غیرچاق نشان دادند. بنابراین به نظر می‌رسد برای مهار نسبی نقش مداخله‌گر ترکیب بدنی و بلوغ افراد، کاربست معادلات آلومتریک اهمیت پیدا می‌کند.

جدول ۳. همبستگی معادلات پیشگوی VO_{2peak} در روش‌های مرجع (کیورتون) و آلومتریک منتخب

برای دختران نوجوان با ترکیب بدن چاق و غیرچاق

متغیرها	شاخص‌ها				
	R	R ²	SEE	RMS	Sig
چاق	۰/۹۲	۰/۸۵	۰/۲۴	۰/۲۶	۰/۰۰۰
	۰/۹۲	۰/۸۵	۰/۳۷	۰/۴۵	۰/۰۰۰
غیرچاق	۰/۹۴	۰/۸۸	۰/۱	۰/۱۲	۰/۰۰۰
	۰/۹۴	۰/۸۸	۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۰۰۰



شکل ۱. اختلاف میانگین‌های VO_{2peak} (روش‌های کیورتون و معادله آلومتریک میلانو). میانگین و فاصله اطمینان ۹۵ درصد ($Mean \pm SD$) در نمودار بلاند – آلتمن با خطوط تیره و نقطه چین آشکار است.

بحث و نتیجه گیری

این پژوهش با هدف تعیین اعتبار دو معادله آلومتریک پیشگوی VO₂peak برای دختران نوجوان نابالغ با مداخله ترکیب بدنی اجرا شد. یافته‌ها حاکی از آن است که بین معادله پیشگوی VO₂peak با ضریب آلومتریک ۰/۵۹ (رابطه میلانو) و روش میدانی کیورتون با ملاحظه بلوغ و صدک‌های شاخص جرم بدن همبستگی بالایی وجود دارد. به علاوه، این معادله آلومتریک برای پیشگویی VO₂peak دختران نوجوان ایرانی با هر دو نوع بلوغ با SE کمتر از اعتبار لازم برخوردار است.

سطح آمادگی قلبی - عروقی از مؤلفه‌های وابسته به تندرستی و بهداشت فردی است. این شاخص فیزیولوژیک، توانایی کارکرد سیستم قلبی-تنفسی را برای تأمین اکسیژن عضلات فعال هنگام ورزش‌های زیربیشینه یا بیشینه هوازی نشان می‌دهد (۵). اگرچه روش سنجش مستقیم آنالیز گازهای تنفسی برای تعیین VO₂peak از دقت و اعتبار بالایی برخوردار است (۱۲)، کاربست چنین شیوه‌های آزمایشگاهی پرهزینه و نیازمند به کادر انسانی مجرب در حیطه مطالعات همه‌گیرشناسی برای جمعیت‌های گسترده انسانی، پژوهشگران علوم ورزشی را با محدودیت جدی روبه‌رو می‌کند. از این رو برای حل این مشکل، تلاش‌های علمی متعددی برای طراحی مدل‌های پیشگوی ظرفیت عملی با کمترین اندازه خطای پیش‌بین (SE) در طیف سنی نوجوان تا بزرگسال - بدون نیاز به تجهیزات گران آزمایشگاهی - به‌ویژه با طراحی ضرایب متفاوت در معادلات آلومتریک انجام گرفته است. این نکته با ملاحظه عامل زمان‌بر یا طاقت‌فرسا بودن گروهی از آزمون‌های میدانی حائز اهمیت خواهد بود (۵، ۲۳، ۲۶). به‌علاوه نیمرخ دگرگونی VO₂peak با اندازه جثه بدن و رشد آناتومیک ارگانسیم (مانند افزایش در ابعاد قلب، ریه‌ها، حجم خون و جرم عضله) وابستگی نشان داده است (۲۲). بنابراین افرادی مانند نوجوانان نابالغ که در تأمین اکسیژن مورد نیاز با محدودیت‌های قلبی - عروقی روبه‌رو هستند، معمولاً نمی‌توانند در تکلیف هوازی درمانده‌ساز شرکت کنند (۲۲). VO₂peak بر حسب جرم بدن بیان می‌شود (VO₂: میلی‌لیتر به ازای هر کیلوگرم در هر دقیقه). بنابراین VO₂peak تحت تأثیر وزن افزایش می‌یابد (۱۵). در اینجا عوامل دیگری در مقیاس‌گذاری توان (b) معادلات آلومتریک دخیل‌اند. برخی از این عوامل شامل تفاوت در ویژگی‌های هندسی افراد، اندازه فعالیت‌های روزانه و حجم فعالیت بدنی، افزایش غلظت آنزیم‌های هوازی عضله یا کیفیت انقباض عضله میوکارد، است که از فاکتورهای مستقل از اندازه بدن به‌شمار می‌روند. آنها معتقدند وزن بدن به‌تنهایی در تصحیح اندازه تخمینی VO₂peak چندان بارز نیست بلکه، توده چربی بدن نیز از جمله عوامل مداخله‌گر محسوب می‌شود (۲۲).

در مطالعه ما پیرامون برآورد آلومتریک VO_{2peak} ۴۶ دختر نابالغ چاق و ۴۷ دختر با وزن نرمال، اندازه مطلق ظرفیت عملی (لیتر در دقیقه) دو گروه مشابه بود. اما پس از مداخله عامل ترکیب بدنی چاق پیکری، این شاخص قلبی-عروقی بر حسب وزن در دختران چاق ۵۰ درصد کمتر از همتایان نرمال بود (۱۵). در مطالعه رولاند و همکاران، متوسط کمیت b برای برآورد آلومتریک VO_{2peak} متناسب با توده بدون چربی یا وزن خالص که تأثیر ترکیب بدن را بر متغیرهای متابولیک تا حدی از میان می‌برد، به‌طور معناداری در پسران (۱/۰۴) بیشتر از دختران (۰/۸۱) بود. این یافته‌ها نشان داد که عوامل دیگری به‌جز وزن بدن در افزایش VO_{2peak} افراد نوجوان تأثیرگذار است (۲۲).

پژوهشی دیگر نشان داد که در دختران ۲۶ درصد از افزایش آمادگی هوازی مربوط به افزایش وزن بدون چربی است (۱۷). بنابراین به‌کار بردن معادلات آلومتریک با ملاحظه شرایط خاص آزمودنی‌ها - مانند نوع ترکیب بدنی، سطح فعالیت و سن - حائز اهمیت است و باید در کاربرد این معادلات در گروه‌های مختلف به آن توجه شود. وایر^۱ و همکاران (۲۰۰۶) نیز ارتباط مثبت و بالایی را بین وزن و VO_{2peak} نشان دادند (۲۶).

مطالعه بیونن^۲ و همکاران در مورد بررسی تأثیر میزان بلوغ در پسران نوجوان بر اندازه ضریب آلومتریک در معادلات برآورد VO_{2peak} نشان داد که پسران با بلوغ دیررس، نسبت به همتایان خود با بلوغ زودرس ضریب آلومتریک کوچک‌تری دارند. همچنین این مطالعه تأثیر سطح آمادگی بدنی بچه‌ها بر مقدار ضریب آلومتریک را نشان داد، به این ترتیب که مقدار ضریب آلومتریک نوجوانان تمرین‌کرده بالاتر از همتایان غیرفعالشان بود (۳). بنابراین ملاحظه سطح بلوغ و حجم فعالیت بدنی روزانه فرد در کاربرد معادلات آلومتریک اهمیت پیدا می‌کند. مطالعه‌ای دیگر نشان داد، هنگامی که در دختران نابالغ، معادلات برآورد VO_{2peak} بر حسب تابعی از FFM^3 بیان می‌شد، توان آلومتریک متغیر FFM تحت تأثیر بلوغ قرار نمی‌گرفت (۱۴).

از محدودیت‌های این مطالعه، می‌توان از سطح انگیزش آزمودنی‌ها، اجرای تست بیشینه کیورتون تا حد نهایی ظرفیت فیزیولوژیک فرد، سطح اقتصادی و فرهنگی خانواده آزمودنی، بیماری‌های ژنتیک نهفته فرد، کاربست تکنیک سن‌دندانی، انتخاب دو معادله آلومتریکی منتخب و حجم محدود نمونه‌ها و نوع شیوه پژوهش نام برد.

-
- 1 . Wier
 - 2 . Beunen
 - 3 . Fat Free Mass

کاربست نتایج این پژوهش خاطرنشان می‌کند، از آنجا که متغیرهای آنتروپومتریکی وزن یا شاخص جرم بدن به آسانی به وسیله یک رابطه خطی ریاضی آسان قابل اندازه‌گیری هستند، بنابراین به نظر می‌رسد استفاده از مدل‌های پیشگوی آلومتریکی در مطالعه ما می‌تواند برای محاسبه ظرفیت عملی دختران نوجوان به‌ویژه از جنبه نقش مؤثر مداخلات بلوغ زیستی و ترکیب‌های بدن متفاوت برای مربیان باشگاه‌های ورزشی یا کانون‌های استعدادیابی ورزشی سودمند باشد.

تشکر

مطالعه حاضر از محل اعتبار پژوهانه حوزه پژوهشی و فناوری دانشگاه بوعلی سینا انجام گرفته است. از انجمن اولیا و مربیان و دانش‌آموزان عزیز منطقه ۲ آموزش و پرورش شهر همدان که در این مطالعه ما را یاری رساندند، قدردانی می‌شود.

منابع و مأخذ

۱. مالینا، ر. بوچارد، ک. (۱۳۸۱). نمو، بالیدگی و فعالیت بدنی، ترجمه بهرام، ع. و خلجی، ح. انتشارات امید دانش (۱۹۹۱)، ص ۳۸۰-۳۶۰.
2. Basset DR, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32: 70-84.
3. Beunen, G.; A.D.G. Baxter; R.L. Jones; M. Mirwald; J. Thomise; R.M. Lefever; Malina; and D.A. Bailey (2002). "Intra individual Allometric development of aerobic power in 8-16 year old boy". *Med. Sci- sport Exerc.* 34: 503-510.
4. Bland JM, Altman DG. (1986). "Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement". *Lancet* 1: PP: 307-310.
5. Cao ZB, Miyatake N, Higuchi M, Takata KI, Miyachi M, Tabata I. (2009). "Prediction of VO₂max with daily step counts for Japanese adult women". *Eur J Appl Physiol* 105: PP: 289-296.
6. Cooper D. M, Weiler-Ravell D, Whipp B.J & Wasserman K. Aerobic parameters of exercise as a function of body size during growth in children. *Journal of Applied Physiology.* 56:628-634, 1984.
7. Cureton, k., sloniger, M. & et al.(1995) A generalized equation for prediction of VO₂peak from 1-mile run/walk performance. *Med & Sci in sport & Exerc.* 27:445-451.
8. Dencker M, Thorsson O, Karlsson MK, Lindén C, Eigberg S, Wollmer P, et al. Gender differences and determinants of aerobic fitness in children aged 8-11 years. *J Appl Physiol.* 2007; 99: 19-26.
9. Ebbeling cb, pawlak DB, Ludwig DS, (2002). Childhood obesity: public health crisis: common sense cure\ *The lancet*, 2002:360: 473-82.

10. Eisenmann, J.C. Pivarnik, J.M. Malina, R.M (2001). Scaling peak $V_{2\text{peak}}$ to body mass in young male and female distance runners. *J Appl Physiol* 90:2172-2180.
11. Fornetti et al, (1999, sep). Reliability and validity of body composition measures in female athletes. *J Appl Physiol*: 871(3): 1114-22.
12. George JD, Stone WJ, Burkett LN. (1997). "Non-exercise $VO_{2\text{max}}$ estimation for physically active college students". *Med Sci Sports Exerc* 29: PP: 415-423.
13. Huxley, J. S. Problems of Relative Growth. Baltimore, MD: The Johns Hopkins Univ. Press, 1993.
14. Janz, K. F, T. L. Burns, J. D. Witt, and L. T. Mahoney. Longitudinal analysis of scaling VO_2 for differences in body size during puberty: the Muscatine Study. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30:1436–1444, 1998.
15. Loftin M, Sotheen M, Trodclair L, O'Hanlon A, Miller J, Udall J. Scaling VO_2 peak in obese and non-obese girl. *Obese Rev.* 2001; 9: 290-6.
16. Maffei C, Schena F, Zaffanello M, Zocante L, Schultz Y, Pinelli L. Maximal aerobic power during running and cycling in obese and non-obese children. *Acta Paediatr.* 1994; 83: 223-6.
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. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance.* 4th ed. Philadelphia: Lea and Febiger; 1996, pp. 188–213.
19. Milano, G.E. Rodacki, A. Radominski, R.B. Leite, N (2009). Scale of $VO_{2\text{peak}}$ in Obese and Non-obese adolescents by different Methods. *Arq Bras Cardiol* 2009; 93(6): 554-557.
20. Nevill, A. M., and R. L. Holder. Modelling maximum oxygen uptake. A case study in non-linear regression model formulation and comparison. *Appl. Stat.* 43: 653–666, 1994.
21. Nevill, A. M., R. Ramsbottom, and C. Williams. Scaling physiological measurements for individuals of different body size. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 65: 110–117, 1992.
22. Rowland T, Vanderburgh P & Cunningham L. Body Size and the Growth of Maximal Aerobic Power in Children: A Longitudinal Analysis. *Pediatric Exercise Science*, 1997, 9, 262-274.
23. Sanada K, Midorikawa T, Yasuda T, Kearns CF, Abe T. (2007). "Development of non-exercise prediction models of maximal oxygen uptake in healthy Japanese young men". *Eur J Appl Physiol* 99: PP: 143-148.
24. Semiz S, Kurt F, Kurt D, Zencir M, Sevinc Z (2009). Factors affecting onset of puberty in Denizli province in Turkey. *Turk J Pediatr*; 51: 49-55.
25. White, Craig R. & Seymour, Roger S (2005). Review Allometric scaling of mammalian metabolism. *The Journal of Experimental Biology* 208, 1611-619 Published by The Company of Biologists 2005, doi: 10.1242/jeb.01501.
26. Wier LT, Jackson AS, Ayers GW, Arenare B. (2006). "Non-exercise models for estimating $VO_{2\text{max}}$ with waist girth, percent fat, or BMI". *Med Sci Sports Exerc* 38: PP: 555-561.

27. Winter, E. M. Partitioning out difference in size. *Pediatr. Exercise Sci.* 4: 296-301, 1992.

28. Zanconato S, Baraldi E, Santuz P, Rigon F, Vido L, Dalt LD, et al. Gas exchange during exercise in obese children. *Eur J Pediatr.* 1989; 1148: 614-7.

