مجله دانش و تندرستی، دوره ۱۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶
دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شاهرود

DOI: 10.22100/jkh.v12i1.1657

مقاله پژوهشی

اعتبارسنجی پروتکل پلکان فرانسیس به‌روش تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی و طراحی معادله بومی برآورد ظرفیت هوازی در پسران ایرانی

فرزاد ناظم*[۱]، حسین ساکی[۲]، مجید جلیلی[۳]

۱- دانشگاه بوعلی سینا همدان- دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی- گروه فیزیولوژی ورزشی- استاد.
۲- دانشگاه بوعلی سینا همدان- دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی- گروه فیزیولوژی ورزشی- کارشناس ارشد.
۳- دانشگاه بوعلی سینا همدان- دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی- گروه فیزیولوژی ورزشی- دانشجوی دکترا.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۹، **تاریخ پذیرش:** ۱۳۹۶/۲/۲۶

چکیده

مقدمه: *اندازه‌گیری دقیق، ایمن و ساده ظرفیت قلبی- تنفسی بچه‌ها در شرایط تحقیقاتی و بالینی اهمیت بالایی دارد. بنابراین، ارزیابی اعتبار آزمون‌های میدانی ورزشی خارج از محیط آزمایشگاهی قابل تأمل است. هدف این مطالعه سنجش اعتبار و پایایی پروتکل پلکان فرانسیس بر مبنای تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی (VO_2,VCO_2,RER) و طراحی معادله بومی برای برآورد ظرفیت هوازی پسران ایرانی است.*

مواد و روش‌ها: *حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2peak}) به دو شیوه آزمون استاندارد بیشینه روی تریدمیل با سنجش مستقیم گازهای تنفسی و آزمون میدانی پلکان فرانسیس روی نیمکت الکترومکانیکی (ارگواستپ) با قابلیت تنظیم ارتفاع در ۱۳۸ پسر سالم ۸ تا ۱۳ ساله اندازه‌گیری شد. برای ارزیابی اعتبار و پایایی پروتکل پلکان فرانسیس به‌ترتیب از ضریب همبستگی پیرسون و همبستگی درون طبقه‌ای درون گروهی (ICC) استفاده شد.*

نتایج: *همبستگی معناداری بین حداکثر اکسیژن مصرفی در روش معیار و روش برآورد از طریق پروتکل پلکان فرانسیس مشاهده شد ($P<۰/۰۰۱$، $r=۰/۸۵$). پایایی آزمون پلکان میدانی در حد عالی مشاهده شد ($ICC=۰/۹۶$). همچنین معادله خطی پیشگوی حداکثر اکسیژن مصرفی ویژه پسران ایرانی با استفاده از متغیرهای سن، BMI و ضربان قلب پایانی آزمون پله طراحی شد ($P<۰/۰۰۱$، $SEE=۰۲/۶۱$، $r=۰/۸۸$).*

نتیجه‌گیری: *باتوجه به اعتبار بالای آزمون پله فرانسیس متناسب با ابعاد آنتروپومتریکی، می‌توان از آن در برآورد سطح کارآیی دستگاه قلبی- تنفسی پسران (VO_{2peak}) استفاده کرد. کاربست معادله بومی آزمون پله فرانسیس ویژه پسران ایرانی، می‌تواند در مراکز بالینی، ورزشی و در مطالعات علوم تندرستی قابل توجه باشد.*

واژه‌های کلیدی: آمادگی قلبی تنفسی، تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی، آزمون پلکان فرانسیس، اعتبار و پایایی.

***نویسنده مسئول:** همدان، بلوار شهید احمدی روشن، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، **تلفن:** ۰۹۱۸۱۱۱۷۹۱۱، **نمابر:** ۰۸۱۳-۸۲۷۳۲۳۶، **Email:** f.nazem1336@gmail.com

ارجاع: ناظم فرزاد، ساکی حسین، جلیلی مجید. اعتبارسنجی پروتکل پلکان فرانسیس به‌روش تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی و طراحی معادله بومی برآورد ظرفیت هوازی در پسران ایرانی. مجله دانش و تندرستی ۱۳۹۶؛۱۲(۱):۶۶-۷۲.

مقدمه

سنجش آمادگی قلبی- تنفسی (Cardio-respiratory fitness) از موضوعات برجسته در حوزه سلامت و ورزش همگانی و قهرمانی می‌باشد به‌طوری که گزارش‌های علمی از طراحی و ابداع روش‌های نوین و ابزارهای کارآمد و قابل دسترس جدید برای تخمین کارایی دستگاه قلبی- تنفسی تحت عنوان حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2peak})، حکایت دارد (۱ و ۲). اندازه‌گیری دقیق VO_{2peak} در کودکان حائز اهمیت می‌باشد، چون کاهش سطح فعالیت بدنی کودکان، منجر به آمادگی دستگاه قلبی- تنفسی آنها شده و خطر بیماری‌های مرتبط با بی‌تحرکی را افزایش می‌دهد (۳ و ۴). لذا، پایش دوره‌ای آمادگی قلبی- تنفسی، کاربرد فراوانی در زمینه‌های پزشکی، ورزشی و توانبخشی دارد.

درک این نکته حایز اهمیت است که قبل از شروع یک برنامه ورزشی و یا هر مداخله توانبخشی، اندازه‌گیری VO_{2peak} فرد برای طراحی یک برنامه ایمن و مناسب ضروری است (۵). همچنین پس از پایان برنامه ورزشی و توانبخشی در کودکان سالم یا بیمار، اندازه‌گیری مجدد VO_{2peak} بازخورد مناسبی از تأثیر مداخلات اعمال شده در اختیار مربی ورزش و کادر درمان قرار خواهد داد (۶-۴). لذا به‌منظور ارزیابی تأثیر برنامه ورزشی و توانبخشی در کودکان و نوجوانان استفاده از ابزارهای ایمن، ساده، معتبر، پایا و قابل دسترس که بتواند VO_{2peak} را با دقت بالایی تخمین نمایند از اهمیت بالایی برخوردار است.

استاندارد طلایی برای ارزیابی آمادگی قلبی-تنفسی، اندازه‌گیری مستقیم بیشینه اکسیژن مصرفی (VO_{2peak}) در آزمون ورزشی وامانده ساز (GXT: Maximal graded exercise test) بر روی تریدمیل یا دوچرخه همراه با استفاده از دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی می‌باشد (۸-۶). گرچه این روش‌های دقیق آزمایشگاهی مجهز به رایانه از اعتبار بالایی برخوردار هستند با این حال، محدودیت‌هایی از جمله؛ هزینه بالا، زمان‌بر بودن، نیاز به کارشناسان خبره، پیچیدگی اجرا و خطر بروز حملات قلبی-تنفسی به‌ویژه در بچه‌هایی با ویژگی‌های اضافه وزن، آمادگی بدنی پایین و یا بیمار، کاربست این قسم از آزمون‌های استاندارد را محدود کرده است (۷ و ۸). لذا پژوهشگران علوم ورزشی و تندرستی از آزمون‌های میدانی ساده، ایمن و در دسترس به‌عنوان جایگزین آزمون‌های آزمایشگاهی پر هزینه و پیچیده جهت اندازه‌گیری آمادگی قلبی- تنفسی (VO_{2peak}) استفاده می‌کنند. در این زمینه انواع آزمون‌های ورزشی زیر بیشینه در قالب آزمون‌های دویدن، راه رفتن و پله نوردی (step test) تکامل یافته است (۸ و ۹). از این بین، آزمون پله به‌دلیل برخی ویژگی‌ها از جمله قابلیت اجرا در هر زمان و مکان، کوتاه بودن زمان اجرا، سادگی، ایمنی، به‌کارگیری حجم عضلانی بالا، قابلیت اجرا در جمعیت‌های بزرگ و فانتزی بودن (گام‌برداری روی پله با ریتم و تواتر گام‌برداری خاص) از محبوبیت خاصی بین پژوهشگران و آزمودنی‌ها برخوردار است (۱۲-۱۰). برای انجام آزمون پله پروتکل‌های مختلفی مانند آزمون پله هاروارد، کوبین، مک‌آردل، کاتن، کروز، استراند و دیگر پروتکل‌ها پیشنهاد شده که در هر پروتکل ارتفاع پله، تعداد گام‌برداری، مدت زمان پله‌زدن و فرمول محاسبه VO_{2peak} متفاوت است (۹).

باید توجه داشت که اغلب آزمون‌های پله بر روی پله‌هایی با ارتفاع ثابت طراحی شده‌اند (۱، ۳، ۱۳ و ۱۴). لذا تفاوت‌های بیومکانیکی ناشی از قد افراد می‌تواند منجر به سوگیری در نتایج شود (۱۵). اما، آزمون پله فرانسیس آزمونی است که تنظیم ارتفاع پله براساس قد افراد تعیین می‌شود (۱۶). از سوی دیگر، از آن جایی که معادله‌های VO_{2peak} براساس تحقیقات صورت گرفته در کشورهای خارجی طراحی شده و باتوجه به اینکه هر ابزار اندازه‌گیری نیازمند ارزیابی روایی و پایایی می‌باشد، لذا در پژوهش حاضر اعتبار و پایایی پروتکل پله فراسیس در دانش‌آموزان ایرانی سنجش و ارزیابی می‌شود. همچنین با استفاده از متغیرهای آنتروپومتریک و فیزیولوژیک به‌دست آمده در آزمون پله فراسیس، معادله بومی برآورد VO_{2peak} مخصوص پسران ایرانی در مقطع ابتدایی براساس پروتکل فرانسیس طراحی خواهد شد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه کاربردی از بین دانش‌آموزان واجد شرایط مدارس مختلف مقطع تحصیلی ابتدایی ناحیهٔ ۲ شهرستان همدان ۱۳۸ دانش‌آموز پسر سالم ۱۳-۸ ساله به‌صورت داوطلبانه شرکت کردند. ابتدا پرسشنامه سلامتی به دانش‌آموزان ارایه و از آنها خواسته شد آنرا با مشورت والدین خود تکمیل نمایند. بدین‌وسیله دانش‌آموزانی که دارای مشکلات قلبی- عروقی، تنفسی، عصبی-عضلانی، آناتومیکی و متابولیک بودند از مطالعه خارج شدند. دانش‌آموزانی که شرایط ورود به مطالعه را داشته و مایل به شرکت در طرح پژوهشی بودند، در دو جلسه آزمون شرکت کردند. در جلسه اول که در آزمایشگاه ورزشی برگزار شد، مشخصات آنتروپومتریک و VO_{2peak} بچه‌ها به‌روش مستقیم اندازه‌گیری شد. در جلسه دوم که در مدرسه برگزار شد، دانش‌آموزان آزمون پله فرانسیس را جهت برآورد VO_{2peak} اجرا کردند. رضایت‌نامه کتبی جهت شرکت دانش‌آموزان در پژوهش حاضر از والدین دانش‌آموزان با امضا و اثر انگشت اخذ گردید. این مطالعه توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی همدان مورد تأیید قرار گرفت (کد کمیته اخلاق: IR.UMSHA.REC.1394.116).

با ملاحظه هدف از طراحی و ایجاد معادله خطی بومی برای برآورد سطح ظرفیت هوازی پایه بچه‌ها، تعیین نمونه آماری از طریق فرمول زیر محاسبه گردید (۱۷):

$$N>۵۰+(m*۸)$$

در این فرمول N نمونه آماری و M معادل تعداد متغیرهای مستقل دخیل در طراحی معادله رگرسیون چندگانه است. در این پژوهش مداخله ۶ متغیر مستقل در مدل رگرسیون خطی (جدول ۲) انتخاب گردید و حداقل نمونه آماری ۹۸ نفر تعیین شد که در مطالعه حاضر برای افزایش دقت برآورد متغیر ظرفیت هوازی، حجم نمونه آماری به ۱۳۸ نفر افزایش یافت.

متغیرهای سن (۰/۱ سال)، قد (cm)، وزن (کیلوگرم) و شاخص توده بدن (BMI) (کیلوگرم بر مجذور قد به متر) به‌روش استاندارد اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری مستقیم $V0_{2peak}$، آزمودنی‌ها پروتکل تعدیل شده بروس را بر روی تریدمیل (h/p/cosmos Saturn 300/125 Germany) مجهز به دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی (PowerCube, Ganshorn Medizin Electronic GmbH, Germany) اجرا کردند (۲). گازهای تنفسی با استفاده از ماسک لاستیکی مدل (Hans Rudolph, Kansas City, MS, USA) متناسب با ابعاد صورت آزمودنی‌ها جمع‌آوری، و به‌وسیله دستگاه ارگو اسپیرومتری مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گرفت. متغیرهای تنفسی نیز هر ۱۰ ثانیه ثبت می‌شد. ضربان قلب پسران در طول آزمون بروس تعدیل شده با نصب ضربان‌سنج (Polar heart rate transmitter model t34 Germany) به قفسه سینه آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شدکه توسط گیرنده‌های بی‌سیم تعبیه شده بر روی تریدمیل دریافت شده و در نرم‌افزار تریدمیل ثبت و در هر ثانیه قابل مشاهده بود. موعد پایان پروتکل درمانده ساز بروس تعدیل شده و تعیین $V0_{2peak}$ زمانی تعیین می‌گردید که آزمودنی حداقل دو مورد از ملاک‌های ذیل را در انتهای آزمون احراز می‌کردند؛ ۱) ضربان قلب>۸۵٪ حداکثر ضربان قلب نظری، ۲) نسبت تبادل تنفسی (RER)>۱/۱، ۳) مشاهده عدم تعادل در دویدن، ۴) واماندگی آزمودنی و امتناع از ادامه آزمون علیرغم تشویق‌های کلامی آزمونگر (۱۸). به آزمودنی‌ها گفته شده که وعده غذایی خود را حداقل ۳ ساعت قبل از آزمون میل نموده و پس از آن از خوردن هر ماده غذایی دیگر غیر از آب امتناع نمایند. علاوه بر این از دانش‌آموزان تأکید شد که از فعالیت بدنی شدید ۲۴ ساعت قبل از اجرای آزمون درمانده‌ساز خودداری کنند. روازنه مطابق دستورالعمل شرکت سازنده دستگاه گاز آنالایز، قبل و بعد از استفاده، دستگاه کالیبره می‌شد. این آزمون در آزمایشگاه فیزیولوژی کار و فعالیت بدنی واقع در دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه بوعلی سینا در دمای ۱۹ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۳۹ تا ۴۳٪، ارتفاع ۱۸۶۰ متر از سطح دریا و با سطح آلاینده‌های هوا در سطح طبیعی اجرا شد.

آزمون پله فرانسیس جهت برآورد VO_{2peak} با استفاده از دستگاه ارگواستپ الکترومکانیکی، ساخت دانشگاه بوعلی سینا که دارای اجزای انعطاف‌پذیر در دستیابی به هر اندازه ارتفاع پلکان (با دقت ۱ میلی‌متر) و نواخت منظم و قابل تنظیم آهنگ گام‌برداری که قابلیت اجرای انواع آزمون‌های پلکان را دارا می‌باشد، اجرا شد (شکل ۱).

شکل ۱- آزمون استاندارد روی تریدمیل به روش گاز آنالایزور و آزمون پلکان فرانسیس با دستگاه ارگواستپ

برای تعیین ارتفاع پله از رابطه ۱ که از مطالعه franciss (۱۶) استخراج شده بود استفاده شد. در این رابطه Hf ارتفاع پله (سانتی‌متر)، Lf نسبت طول ران به قد و Ih ارتفاع قد (سانتی‌متر) می‌باشد. همچنین نسبت طول ران به قد با لحاظ قرار دادن سن و جنس افراد از طریق جدول ارایه شده در مطالعه فرانسیس (۱۶) به‌دست آمد:

معادله ۱

$$Hf=۰/۷۱۶۲\times(Lf\times Ih)$$

پس از تنظیم ارتفاع پله و پس از نصب دستگاه ضربان‌سنج (Polar heart rate transmitter model T34 Germany) بر روی قفسه سینه آزمودنی‌ها برای رصد کردن ضربان قلب در هر لحظه، از آزمودنی‌ها خواسته شد تا پروتکل پله فرانسیس ویژه گروه سنی کودک و نوجوان را به مدت ۳ دقیقه و با تواتر ۲۲ پله در دقیقه، هماهنگ با صدای بوق پخش شده از دستگاه الکتریکی تعبیه شده بر روی پلکان الکترو مکانیکی اجرا کنند. پس از ۳ دقیقه پله زدن، فرد در همان حالت به مدت ۵ ثانیه ایستاده سپس ضربان قلب توسط ضربان‌سنج دیجیتال ثبت می‌شد. VO_{2peak} آزمودنی‌ها با استفاده از معادله ۲ محاسبه شد (۱۶):

معادله ۲:

$$VO2_{peak}\text{ میلی‌لیتر در کیلوگرم در دقیقه}=۱۰۳/۴۲-(\text{ضربان قلب ۱۵ ثانیه}\times ۱/۵۸۸)$$

جهت آشنایی با نحوه پله نوردی و هماهنگی گام‌برداری طبق ریتم گام‌برداری پروتکل فرانسیس، دانش‌آموزان چند دقیقه قبل از اجرای آزمون فرانسیس به مدت ۳۰ ثانیه با نحوه صحیح اجرای آزمون آشنا شدند. برای اطمینان از پایایی آزمون پله فرانسیس تعداد محدودی از دانش‌آموزان به‌طور تصادفی (۳۰ نفر) آزمون پله فرانسیس را پس از یک هفته مجدداً اجرا کردند.

برای ارزیابی اعتبار آزمون پلکان فرانسیس در برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی، VO_{2peak} برآورد شده در آزمون پله فرانسیس با VO_{2peak} اندازه‌گیری شده به‌روش تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی (روش معیار) بررسی این ارزیابی از طریق آزمون همبستگی پیرسون برای بررسی ارتباط بین VO_{2peak} اندازه‌گیری شده و برآورد شده صورت گرفت. برای بررسی پایایی آزمون پله فرانسیس، از ضریب همبستگی درون

خوشه‌ای (Intraclass correlation coefficient) (ICC) استفاده شد. برای طراحی معادله بومی VO_{2peak} فرانسیس، از رگرسیون خطی چندگانه به‌روش stepwise استفاده شد که – در آن از متغیرهای آنتروپومتریک و فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده در آزمون پله به‌عنوان متغیرهای مستقل و از VO_{2peak} اندازه‌گیری شده در آزمون معیار به‌عنوان متغیر وابسته – برای طراحی مدل بومی VO_{2peak} فرانسیس استفاده شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS در سطح آماری P<۰/۰۵ صورت گرفت.

نتایج

ویژگی‌های دموگرافیک و فیزیولوژیک آزمودنی‌ها و نتایج آزمون‌های بروس تعدیل شده و پله کان فرانسیس در جدول ۱ ارایه شده است. میانگین VO_{2peak} اندازه‌گیری شده در آزمون معیار و برآورد شده در آزمون پله فرانسیس به‌ترتیب ۵/۴۶۵±۴۰/۶۷۵ و ۵/۳۲±۴۳/۳۱ میلی‌لیتر/کیلوگرم وزن بدن/دقیقه بود. پسران، آزمون بیشینه معیار و آزمون زیر بیشینه پله را به‌ترتیب با ۹۷ و ۷۲ ٪ حداکثر ضربان قلب به پایان رساندند.

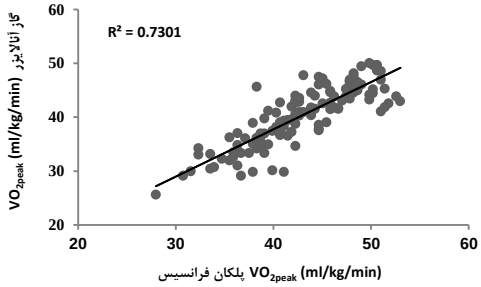
جدول ۱- مشخصات فیزیکی و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها

متغیرها	میانگین ± انحراف معیار	کرانه پایین	کرانه بالا
سن (سال)	۹/۷۶±۱/۳۳	۷/۵۸	۱۲/۴۲
قد (**cm**)	۱۴۰/۶۷±۹/۷۲	۱۲۰	۱۶۷
وزن (**kg**)	۳۶/۳۳±۱۰/۵۲	۲۰/۵۰	۷۹/۵۰
BMI (کیلوگرم بر مجذور قد به متر)	۱۸/۰۷±۳/۴۲	۱۳/۴۸	۲۹/۲۰
VO_{2peak} معیار (لیتر در دقیقه)*	۱/۴۴۴±۰/۳۰۳	۰/۸۶۰	۲/۶۹۰
VO_{2peak} معیار (میلی‌لیتر در کیلوگرم در دقیقه)*	۴۰/۷۳±۵/۷۳	۲۵/۶۰	۵۰/۰۰
نسبت تبادل تنفسی (**RER**)	۱/۱۷۴±۰/۰۷۵	۱/۰۱۰	۱/۳۶۰
ضربان قلب پایان آزمون تریدمیل (ضربه در دقیقه)**	۲۰۳/۵۶±۶/۵۱	۱۸۶	۲۱۹
VO_{2peak} فرانسیس (میلی‌لیتر در کیلوگرم در دقیقه)	۴۳/۳۱±۵/۳۲	۳۷/۹۹	۵۳
ضربان قلب پایان آزمون فرانسیس (ضربه در دقیقه)	۱۵۱/۴۰±۱۳/۴۰	۱۲۷	۱۹۰
ضربان قلب ریکاوری ۱ دقیقه پس از ورزش	۱۱۰/۴۶±۱۳/۵۳	۸۱	۱۴۱

*VO_{2peak} اندازه‌گیری شده به شیوه سنجش گازهای تنفسی در آزمون بروس تعدیل شده. **معادل ۹۷٪ حداکثر ضربان قلب نظری.
داده‌های جدول به‌صورت« انحراف معیار میانگین» و کرانه‌های بالا و پایین گزارش شده‌اند.

در شکل ۱ همبستگی قابل توجهی بین VO_{2peak} به‌روش معیار و آزمون فرانسیس مشاهده شد (P<۰/۰۰۱، r=۰/۸۵) که حاکی از اعتبار بالای آزمون پله فرانسیس می‌باشد. همچنین ضریب همبستگی درون رتبه‌ای (ICC) برای دو نوبت تکرار آزمون پله فرانسیس برای برآورد VO_{2peak} در سطح عالی مشاهده شد (P<۰/۰۰۰۱، ۰/۹۸۱– ۰/۹۲۰)(ICC=۰/۹۶۱). نتایج همبستگی VO_{2peak} با متغیرهای آنتروپومتریک و فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده در آزمون پله فرانسیس در جدول ۲ مشاهده می‌شود. اغلب متغیرهای مستقل در مدل خطی رگرسیون ارتباط معناداری با VO_{2peak} داشتند (P<۰/۰۱).

برای طراحی معادله خطی پیشگوی VO_{2peak} مختص آزمون پله فرانسیس بومی پسران، متغیرهای فیزیولوژیک منتخب در جدول ۲ که همبستگی بالایی با VO_{2peak} روش معیار گاز آنالایزر داشتند، در آزمون رگرسیون چندگانه به‌روش گام به گام نیز اعمال گردید. در جدول ۳ مدل بومی برآورد VO_{2peak} مختص آزمون پله فرانسیس مشاهده می‌شود. در مدل ۱، متغیرهای ضربان قلب پایانی آزمون فرانسیس و BMI قادر به تبیین ۷۶٪ از واریانس VO_{2peak} در پسران کودک و نوجوان بود (R=۰/۸۷ و میلی‌لیتر در کیلوگرم در دقیقه SEE=۲/۷۱). مدل بومی برآورد VO_{2peak} شماره ۲ نشان می‌دهد که متغیرهای ضربان قلب پایانی آزمون فرانسیس سن و BMI ۷۸٪ از واریانس VO_{2peak} در پسران کودک و نوجوان را تبیین می‌کند (R=۰/۸۸ و میلی‌لیتر در کیلوگرم در دقیقه SEE=۲/۶۱).



نمودار ۲- همبستگی VO_{2peak} به دو روش معیار(گاز آنالایزر) و پلکان فرانسیس. * آزمون همبستگی پیرسون

بحث

در پژوهش حاضر مشخص شد که پروتکل پلکان فرانسیس با قابلیت تنظیم ارتفاع پله بر حسب قد افراد از اعتبار و پایایی مناسبی در بچه‌های ایرانی برخوردار است. به‌طوری که همبستگی قابل توجهی بین VO_{2peak} اندازه‌گیری شده به‌روش سنجش گازهای تنفسی و VO_{2peak} برآورد شده با آزمون پله فرانسیس مشاهده شد. همچنین معادله بومی برآورد VO_{2peak} ویژه پسران ایرانی ۸ تا ۱۳ ساله براساس پروتکل پله فراسیس طراحی شد.

آمادگی قلبی- تنفسی مهمترین شاخص سلامتی عمومی افراد سالم و بیمار محسوب می‌شود. در افراد سالم ارزیابی و پایش منظم آمادگی قلبی- تنفسی در مدارس، محیطهای ورزشی حتی در ورزش‌های قهرمانی حایز اهمیت است (۲، ۸ و ۱۶). همچنین در محیطهای بالینی و توانبخشی اندازه‌گیری کارآیی دستگاه قلبی- تنفسی جهت ارزیابی کارآیی دستگاه‌های قلب و عروق، تنفس، عصب و عضله در بیمار قابل استفاده است (۲، ۴ و ۵). از این‌رو، استفاده از دستگاه‌های معتبر و قابل حمل مانند دستگاه ارگواستپ در اماکن ورزشی و توانبخشی سودمند خواهد بود (۱۰، ۱۳ و ۱۴). به‌ویژه باتوجه به محدودیت در خرید ابزارهای مجهز آزمایشگاهی و نیز فضای ورزشی محدود در مراکز توانبخشی، مدارس و باشگاه‌های ورزشی، استفاده از ارگواستپ قابل حمل می‌تواند VO_{2peak} بچه‌ها را با دقت بالایی برآورد نماید. اجرای آزمون پلکان فرانسیس نیاز به امکانات اندک فیزیکی داشته که به‌دلیل ساده بودن مراحل اجرای آزمون پلکان فرانسیس و اختصاصی بودن ارتفاع پله متناسب با ابعاد آنتروپومتری هر بچه، از آن می‌توان در مدارس و مراکز آموزشی، تحقیقاتی و توانبخشی در سطح گسترده برای برآورد نسبتاً دقیق ظرفیت هوازی افراد استفاده نمود.

جدول ۲- همبستگی VO_{2peak} با متغیرهای آنتروپومتریک و فیزیولوژیک منتخب در پلکان فرانسیس

متغیرها	r	P.V
سن (سال)*	-۰/۲۰۲	۰/۰۱۸
وزن (کیلوگرم)	-۰/۶۵۵	۰/۰۰۰
BMI (کیلوگرم بر مجذور قد به متر)	-۰/۷۱۶	۰/۰۰۰
ضربان قلب استراحت (ضربه در دقیقه)	-۰/۳۵۶	۰/۰۰۱
ضربان قلب پایان آزمون فراسیس (ضربه در دقیقه)	-۰/۸۵۴	۰/۰۰۰
ضربان قلب ۱ دقیقه ریکاوری (ضربه در دقیقه)	-۰/۶۳۶	۰/۰۰۰

* همبستگی سن با VO_{2peak} برابر با r =۰/۷۲۸ مشاهده شد.

نظر به اینکه اغلب آزمون‌های پلکان روی پله‌هایی با ارتفاع ثابت و بدون در نظر گرفتن قد افراد طراحی شده‌اند، پله‌های با ارتفاع بلند ممکن است در بچه‌ها یا افراد کوتاه قد، پیش از دستیابی به ظرفیت هوازی واقعی، خستگی ایجاد کرده و آزمون نتواند به دقت ظرفیت هوازی آنها را اندازه‌گیری کند (۱۵). به‌نظر می‌رسد با تطبیق ارتفاع پله براساس قد، تفاوت‌های بیومکانیکی ناشی از قد افراد از بین رفته و اعتبار آزمون پله افزایش یابد (۱۶). از آنجا که کارآیی پله‌نوردی از زاویه ران نسبت‌به سطح افقی پله تأثیر می‌پذیرد بنابراین، تنظیم ارتفاع پله براساس قد، باعث بالا رفتن کارآیی پله‌نوردی و بنابراین اعتبار آزمون‌های پله در برآورد VO_{2peak} شود. به بیان دیگر دخالت دادن قد افراد در تنظیم ارتفاع پله منجر به حذف عامل مزاحم تفاوت‌های فردی ناشی از قد آزمودنی‌ها در برآورد VO_{2peak} در آزمون پله می‌شود (۱۵ و ۱۶).

مطالعات علمی خاطر نشان می‌کنند که اختلاف‌های نژادی، آنتروپومتریکی، جغرافیایی، فرهنگی و اقتصادی در جوامع، می‌تواند بر روی نتایج حاصل از اعتبار یک آزمون تأثیرگذار باشد (۲۰). در مطالعه حاضر VO_{2peak} آزمون پله فرانسیس ارتباط بالایی با VO_{2peak} روش معیار داشت (r=۰/۸۵) داشت (شکل ۱) که نشان از اعتبار بالای آزمون فرانسیس در بچه‌های ایرانی است. با این حال، معادله فرانسیس منجر به بیش تخمینی VO_{2peak} در مقایسه با روش معیار برای پسران ایرانی شد (اختلاف برآورد میلی‌لیتر در کیلوگرم در دقیقه ۲/۵۳۸) اما به‌نظر می‌رسد این مقدار کم اختلاف برآورد در معادلات پیشگو قابل چشم‌پوشی است چون ویژگی معادلات پیشگو وجود درصدی از خطا در برآورد است (۱۷). همچنین پایایی این آزمون عالی بود. مطالعات نشان می‌دهد که به‌دلیل ثابت بودن بار کار (ارتفاع پله و تواتر گام) در آزمون‌های پله، پایایی این آزمون بسیار بالاست (۲۱) که مطابق با نتیجه مطالعه حاضر است.

جدول ۳- مدل‌های بومی برآورد VO_{2peak} (میلی‌لیتر در کیلوگرم در دقیقه) در آزمون پله فرانسیس

VO_{2peak}= ۹۰/۱۳ − (ضربان قلب آزمون فرانسیس × ۰/۲۸۳) − (BMI × ۰/۳۷)

VO_{2peak}= ۸۶/۴۲۶ − (ضربان قلب آزمون فرانسیس × ۰/۲۲۸) − (BMI × ۰/۴۵۴) + (سن × ۰/۶۲۴)

آزمون رگرسیون خطی چند متغیره به‌روش stepwise، (r=۸۷، SEE=۲/۷۱، معادله ۱)، (r=۸۸، SEE=۲/۶۱، معادله ۲) P<۰/۰۰۰۱

مطالعات آشکار کرده است که متغیرهای سن، جنس، قد، وزن، BMI و ضربان قلب مهمترین مؤلفه‌هایی هستند که با VO_{2peak} ارتباط دارند (۱، ۳، ۱۳، ۱۴ و ۱۶). در این مطالعه بین ویژگی‌های آنتروپومتریک و فیزیولوژیک آزمودنی‌ها با اندازه واقعی VO_{2peak} به‌دست آمده به‌روش معیار همبستگی معناداری مشاهده شد (جدول ۳). از بین متغیرهای فیزیولوژیک، بالاترین اندازه همبستگی در متغیر مستقل ضربان قلب پایان آزمون پله به‌دست آمد (R=-۰/۸۵) که مشابه با نتیجه به‌دست آمده قبلی است (۱، ۳، ۱۳، ۱۴ و ۱۶). می‌توان گفت که در آزمون پلکان فرانسیس همچون سایر آزمون‌های پله و آزمون‌های زیر بیشینه دیگر، ضربان قلب پایان فعالیت، احتمالاً مؤثرترین متغیر مستقل در برآورد توان هوازی بچه‌ها می‌باشد. این ارتباط در مطالعه Santo به میزان ۶۱٪ گزارش شد (۳). شاخص توده بدن همبستگی بالایی (r=-۰/۷۱۶) با VO_{2peak} واقعی داشت. به‌نظر می‌رسد که بچه‌های با شاخص توده بدنی کمتر فعالیت بدنی روزانه بالاتری داشته که منجر به بالاتر بودن VO_{2peak} آنها می‌شود (۲ و ۷). در این مطالعه سن با VO_{2peak} نسبی (میلی‌لیتر در کیلوگرم در دقیقه) همبستگی معنادار اما کم داشت (r=-۰/۲۰۲) (جدول ۲). به‌نظر می‌رسد متنوع‌بودن الگوهای فعالیت بدنی و سبک زندگی در آزمودنی‌ها منجر به مشاهده این میزان کم همبستگی شده است. با این وجود همبستگی

سن با VO_{2peak} مطلق (لیتر در دقیقه) به میزان بالایی (r=۰/۷۲۸) مشاهده شد. این پدیده را می‌توان به‌وسیله اثرات نمو بر افزایش حجم ریه‌ها و در نتیجه افزایش حجم جاری و تهویه دقیقه‌ای که به موازات افزایش سن که در کودکان و نوجوانان رخ می‌دهد، توجیه کرد (۶ و ۷).

در مطالعه حاضر نتایج رگرسیون خطی چند متغیری نشان داد که ضربان قلب پایان آزمون فرانسیس، سن و BMI، ۷۸٪ از واریانس VO_{2peak} در پسران کودک ایرانی را تبیین می‌کند (جدول ۳). اگر چه نوع متغیرهای مستقل به‌کار رفته در معادلات در پژوهش‌های مختلف متفاوت است، اما معمولاً متغیرهای مستقل ضربان قلب پایان آزمون پله، ضربان قلب ریکاوری یک یا ۲ دقیقه پس از آزمون، وزن، شاخص توده بدن و جنسیت در این قسم معادلات به‌کار رفته است (۱، ۳، ۱۰، ۱۳ و ۱۶).

اعتبار بالای پروتکل زیر بیشینه پله فرانسیس و نیز دقت بالای معادله بومی (میلی‌لیتر در کیلوگرم در دقیقه SEE=۲/۶۱ و r=۰/۸۸) و نمونه آماری مناسب (۱۳۸ نفر) در این مطالعه تأیید شد. این موضوع می‌تواند اعتماد پزشکان، کاردرمانگران، فیزیوتراپیست‌ها، پژوهشگران علوم ورزشی و معلمان تربیت بدنی و مربیان ورزش را جلب نموده تا آزمون پله فرانسیس و معادله بومی جدید را، با هدف اندازه‌گیری VO_{2peak} بچه‌ها در برنامه‌ریزی تمرینات ورزشی و توانبخشی آنها متناسب با سطح کارآیی دستگاه قلبی- تنفسی به‌کار گیرند. با این حال به‌منظور اعتبارسنجی (Cross-validation) و اطمینان از قابلیت تعمیم معادله بومی آزمون پله فرانسیس مختص پسران ایرانی، به مطالعه دیگری با استفاده از پسران همتای دیگر در مناطق جغرافیایی گسترده ایران نیاز است. معادله بومی طراحی شده آزمون پله فرانسیس ویژه پسران ۸ تا ۱۳ ساله به قرار زیر است:

VO_{2peak} (ml/kg/min) = ۲/۶۱ + (۰/۸۸ = R و SEE) (سن × ۰/۶۳۹) + (BMI × ۰/۴۵۴) - (ضربان قلب آزمون فرانسیس × ۰/۲۲۸) - ۸۶/۴۲۶ = ml kg min

References

1. Webb C, Vehrs PR, George JD, Hager R. Estimating VO_2max using a personalized step test. Measurement in Physical Education and Exercise Science 2014;18:184-97. doi:10.1080/1091367X.2014.912985
2. American College of Sports Medicine, editor. ACSM's health-related physical fitness assessment manual. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins;2013.
3. Santo AS, Golding LA. Predicting maximum oxygen uptake from a modified 3-minute step test. Res Q Exerc Sport 2003;74:110-5. doi:10.1080/02701367.2003.10609070
4. Boreham C, Twisk J, Neville C, Savage M, Murray L, Callagher A. Associations between physical fitness and activity patterns during adolescence and cardiovascular risk factors in young adulthood: the Northern Ireland Young Hearts Project. Int J Sports Med 2002;23:22-26. doi:10.1055/s-2002-28457
5. Anderssen SA1, Cooper AR, Riddoch C, Sardinha LB, Harro M, Brage S, et al. Low cardiorespiratory fitness is a strong predictor for clustering of cardiovascular disease risk factors in children independent of country, age and sex. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil 2007;14:526-31. doi:10.1097/HJR.0b013e328011efc1
6. Paridon SM, Alpert BS, Boas SR, Cabrera ME, Caldarera LL, Daniels SR, et al. Clinical stress testing in the pediatric age group: a statement from the American Heart Association Council on Cardiovascular Disease in the Young, Committee on Atherosclerosis, Hypertension, and Obesity in Youth. Circulation 2006;113:1905-20. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.106.174375
7. Armstrong N. Aerobic fitness of children and adolescents. Jornal de pediatria 2006;82:406-8.doi:10.2223/JPED.1571
8. Solway S, Brooks D, Lacasse Y, Thomas S. A qualitative systematic overview of the measurement properties of functional walk tests used in the cardiorespiratory domain. Chest 2001;119:256-70.
9. Winter EM, Jones AM, editors. Sport and exercise physiology testing guidelines: the british association of sport and exercise sciences guide. United Kingdom: Routledge;2007.
10. Watkins J. Step tests of cardiorespiratory fitness suitable for mass testing. Br J Sports Med 1984;18:84-9.
11. Brouha L. The step test: A simple method of measuring physical fitness for muscular work in young men. Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation. 1943 Mar 20;14(1):31-37.
12. Keren G, Magazanik A, Epstein Y. A comparison of various methods for the determination of VO_2max. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology 1980;45:117-24.
13. Shapiro A, Shapiro Y, Magazanik A. A simple step test to predict aerobic capacity. J Sports Med Phys Fitness 1976;16:209-14.
14. Selig S, Gosling CM, Carlson JS. A multi-stage step test protocol for people with low exercise capacity. Clin Kinesiol 2000;54:67-71. doi:10536/DRO/DU:30033440
15. Chatterjee T, Pal M, Bhattacharyya D, Majumdar D, Shalini S, Majumdar D. Effect of step height on cardiorespiratory responses during aerobic step test in young Indian women. Al Ameen J Med Sci 2013;6:7-11.
16. Francis KT. A new single-stage step test for the clinical assessment of maximal oxygen consumption. Phys Ther 1990;70:734-8.
17. Tabachnick BG, Fidell LS. Multiple regression. In: Tabachnick BG, Fidell LS, editors. Using multivariate statistics. Boston: Allyn and Bacon; 2001.p.71.
18. Winter EM, Jones AM, Davison RR, Bromley PD, Mercer TH. Sport and Exercise Physiology Testing Guidelines. London and New York: Routledge;2006.p.319.
19. Jankowski M, Niedzielska A, Brzezinski M, Drabik J. Cardiorespiratory fitness in children: a simple screening test for population studies. Pediatr Cardiol 2015;36:27-32. doi:10.1007/s00246-014-0960-0
20. Mohammadbeigi A, Mohammadsalehi N, Aligol M. Validity and reliability of the instruments and types of measurments in health applied researches. Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences 2015;13:1153-70.[Persian].
21. Buckley JP, Sim J, Eston RG, Hession R, Fox R. Reliability and validity of measures taken during the Chester step test to predict aerobic power and to prescribe aerobic exercise. Br J Sports Med 2004;38:197-205.

Journal of Knowledge & Health 2017; Vol 12, No 1
Shahroud University of Medical Sciences

DOI: 10.22100/jkh.v12i1.1657

Original Article

Validation of Francis Step Protocol by Respiratory Gases Analyses and Design Native Equation to Estimate Aerobic Capacity in Iranian Boys

Farzad Nazem (Ph.D.)[1*], Hosein Saki (M.Sc.)[1], Majid Jalili (Ph.D. Student)[1]

1- Dept. of Physical Education and Sport Sciences, Section of Sport Physiology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

Received: 27 February 2017**, Accepted:** 16 May 2017

Abstract:

Introduction: *Accurate, safe and simple measurement of the cardio-respiratory fitness is important in clinical and research settings. Therefore, the assessing the validity of exercise testsoutside the laboratory environment is important. The aim of this study was to assess the validity and reliability of the Francis steps protocol based on respiratory gases analysis method and design a native equation to estimate aerobic capacity in Iranian boys.*

Methods: *Maximum oxygen consumption was measured in two ways of maximal standard test on treadmill with direct measurement of respiratory gases and Francis steps tests by Ergostep electromechanical bench with adjustable height from 138 students ranging from 8 to 13 years old. To assess the validity and reliability of the Francis steps protocol, Pearson's correlation coefficient and intra-class correlation coefficient (ICC) was used.*

Results: *Significant correlation between maximal oxygen uptake measured by the direct method and the results obtained through the steps protocol of Francis was observed ($P<0.001$, $r=0.85$). Francis steps test reliability was observed in excellent level (ICC=0.96). Iranian boys predictive equation for maximum oxygen consumption using age, BMI, ending heart rate, of the Francis steps test was designed ($P<0.001$, SEE=2.61, $r=0.88$).*

Conclusion: *Due to the high validity of adjustable height Francis step test, it can be used for estimating the performance of the cardio respiratory system of the boys. Thus application of native equation of Francis step test in Iranian boys, in clinical and exercise setting and in health sciences studies, can be used.*

Keyword: Aerobic capacity, Respiratory gas analysis, Francis step test, Validity and reliability.

Conflict of Interest: No

***Corresponding author:** F. Nazem**, Email:** f.nazem1336@gmail.com*

Citation: Nazem F, Saki H, Jalili M. Validation of francis step protocol by respiratory gases analyses and design native equation to estimate aerobic capacity in Iranian boys. Journal of Knowledge & Health 2017;12(1):66-72.