

# طراحی و اعتبار سنجی مدل پیشگوی آزمون ۶ دقیقه پیاده روی (MWT۶) در پسران سالم ۸ تا ۱۷ ساله ایرانی

مجید جلیلی<sup>۱</sup>، فرزاد ناظم<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

<sup>۲</sup> استاد، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

\* نویسنده مسئول: فرزاد ناظم، استاد، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی،

دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. ایمیل: f.nazem1336@gmail.com

DOI: 10.21859/joe-05023

## چکیده

**مقدمه:** کاربست و تفسیر آزمون ۶ دقیقه پیاده روی (MWT۶) در حوزه بالینی، توانبخشی و ورزشی نیازمند وجود مقادیر مرجع آزمون MWT۶ است. هدف این پژوهش طراحی و اعتبار سنجی مدل پیشگوی آزمون MWT۶ در پسران سالم کودک و نوجوان ایرانی می‌باشد.

**روش کار:** آزمون MWT۶ و متغیرهای آنترپومتریکی در ۳۹۱ پسر سالم ۸ تا ۱۷ ساله به روش استاندارد اندازه گیری شدند. برای بررسی ارتباط مسافت پیموده شده در آزمون MWT۶ با متغیرهای مستقل از همبستگی پیرسون استفاده شد. برای طراحی مدل پیشگوی آزمون MWT۶، از رگرسیون خطی چند متغیره استفاده شد. به منظور ارزیابی صحت مدل پیشگوی MWT۶، مسافت اندازه گیری شده و پیشگویی شده در آزمون MWT۶ با هم مقایسه شدند.

**یافته‌ها:** همبستگی معناداری بین متغیرهای آنترپومتریکی با مسافت اندازه گیری شده در آزمون MWT۶ مشاهده شد ( $P < 0/001$ ). متغیرهای سن و BMI می‌توانند ۶۳٪ از تغییرپذیری آزمون MWT۶ پسران کودک و نوجوان را تبیین کنند ( $P < 0/001$ ،  $r^2 = 0/627$ ،  $SEE = 36$  متر). صحت مدل بومی پیشگوی آزمون MWT۶ با مشاهده ارتباط چشمگیر مسافت اندازه گیری شده و پیشگویی شده در آزمون MWT۶ تأیید شد ( $P < 0/001$ ،  $r^2 = 0/79$ ). نتیجه گیری: این اولین مطالعه جهت ارائه مقادیر مرجع آزمون MWT۶ در ایران است. با بهره گیری از مدل پیشگوی MWT۶ پزشک، فیزیوتراپ و یا مربی ورزش و تندرستی می‌تواند بازخورد صحیحی از مداخلات دارویی و بازتوانی اعمال شده بر روی بیمار دریافت نماید.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۰۶

## واژگان کلیدی:

معادلات پیشگوی آزمون MWT6

ظرفیت عملی

اعتبار سنجی

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه

علوم پزشکی همدان محفوظ است.

## مقدمه

مانند استراند-رایمینگ، چستر، هاروارد، فرانسیس و کوئین اشاره نمود. همچنین در میان آزمون‌های میدانی که با الگوی راه رفتن یا دویدن انجام می‌شوند، آزمون‌های پیاده روی راکپورت، شاتل ران و ۶ دقیقه پیاده روی را می‌توان نام برد [۵]. در این میان با استناد به شواهد موجود در هر دو قلمرو تندرستی و بیماری، آزمون ورزشی زیر بیشینه ۶ دقیقه پیاده روی (6MWT: Minute Walk Test) از اهمیت برجسته‌ای برخوردار است [۲]. [۳، ۶]. دلیل انتخاب این آزمون این است که؛ آزمون زیر بیشینه 6MWT برای بیماران قابل تحمل بوده و بطور گسترده در مداخلات بالینی و بازتوانی قلبی-عروقی و تنفسی بکار می‌رود [۲، ۷-۱۰]. در آزمون 6MWT، حداکثر مسافتی که فرد در مدت ۶ دقیقه بصورت پیاده روی طی می‌کند (6MWD: Minute Walk Distance) را اندازه گیری می‌کند [۱۱]. مطالعات نشان می‌دهد که آزمون 6MWT از اعتبار و پایایی خوبی در کودکان و نوجوانان برخوردار است [۱۲-۱۵].

سبک زندگی غیر فعال منجر به افت شاخص‌های مرتبط با سلامتی و افزایش نرخ بیماری‌های مزمن در کودکان و نوجوانان شده است [۱]. آمادگی قلبی-تنفسی مهم‌ترین شاخص مرتبط با سلامتی است که در محیط‌های درمانی و تحقیقی ارزیابی می‌شود [۱-۳]. روش‌های مختلفی برای اندازه گیری آمادگی قلبی-تنفسی طراحی شده است. استفاده از آزمون‌های استاندارد آزمایشگاهی با استفاده از تردمیل و دوچرخه‌های کارسنج به دلیل مسائل اجرایی آزمون‌های آزمایشگاهی از جمله؛ هزینه، زمان، نیاز به پرسنل متخصص و بعضاً احتمال بروز حملات قلبی-تنفسی در جمعیت بیمار در آزمون درمانده ساز، پژوهشگران را به استفاده از آزمون‌های استاندارد میدانی گرایش داده است [۲-۴]. آزمون‌های میدانی متوعی از جمله آزمون‌های پلکان و آزمون‌های پیاده روی و دویدن طراحی شده است [۵]. آزمون‌های میدانی از جنبه روش اجرا روی پلکان بطور پیوسته یا تناوبی انجام می‌گیرد که می‌توان به چند آزمون مشهور پلکان

می‌شود. هدف این مطالعه طراحی و راستی آزمایی مدل بومی برآورد 6MWD در پسران سالم ۸ تا ۱۷ ساله ایرانی می‌باشد.

### روش کار

این پژوهش یک مطالعه کاربردی که در آن ۳۹۱ پسر سالم ۸ تا ۱۷ ساله بطور داوطلبانه شرکت کردند. (پس از هماهنگی با مدیریت اداره آموزش و پرورش نواحی یک و دو شهر همدان، تعداد ۱۰ مدرسه بصورت خوشه‌ای انتخاب شدند. در این میان تلاش شد که از سوگیری پیرامون نقش عواملی مانند تنوع جغرافیایی، فرهنگی و اقتصادی و تأثیر آنها بر سبک زندگی، ظرفیت‌های فیزیولوژیک (ظرفیت عملی) و ویژگی‌های آنتروپومتریکی متفاوت بر جامعه آماری مورد مطالعه جلوگیری شود. بنابراین از میان جمعیت دانش آموزان، در مقاطع تحصیلی ابتدایی، متوسطه اول و دوم، هر کدام ۶ مدرسه (در مجموع ۱۸ مدرسه) بصورت خوشه‌ای هدفمند بعنوان نمونه آماری انتخاب گردید. در این زمینه، ۸ مدرسه به دلیل عدم همکاری عوامل اجرایی آموزشگاه یا نبود فضای فیزیکی مناسب برای اندازه‌گیری آزمون میدانی از مطالعه خارج شدند. ابتدا پرسشنامه سلامتی به دانش آموزان ارائه و از آنها خواسته شد آنرا با مشورت والدین خود تکمیل نمایند. علاوه بر این پرونده سلامتی-پزشکی دانش آموزان نیز در مدرسه بررسی شد. بدینوسیله دانش آموزانی که دارای مشکلات قلبی-عروقی، تنفسی، عصبی-عضلانی، آناتومیکی و متابولیک بودند از مطالعه خارج شدند. فرایند پژوهش حاضر توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی همدان مورد تأیید قرار گرفت (کد کمیته اخلاق: IR.UMSHA.REC.1394.116). همچنین نامه کتبی جهت تأیید سلامتی کامل و رضایت جهت شرکت دانش آموزان در مطالعه از والدین دانش آموزان با امضا و اثر انگشت اخذ گردید.

و اعتبار تشخیص این آزمون در کودکان و نوجوان‌های بیمار تأیید شده است [۷، ۱۰، ۱۵-۱۷]. علاوه بر این توانایی آزمون 6MWT در پیشگویی نرخ ابتلا به بیماری‌ها و مرگ و میر در بیماری‌های گوناگون تصریح شده است [۴، ۱۸، ۱۹]. با این حال کاربست و تفسیر صحیح آزمون 6MWT نیازمند وجود مقادیر مرجع و یا معادلات پیشگوی 6MWD بر اساس کودکان و نوجوان‌های سالم می‌باشد [۹]. در صورت مهیا بودن معادلات برآوردی 6MWD، پزشک یا کاردرمانگر و یا مربی ورزش می‌تواند بازخورد مناسبی از مداخلات دارویی، توانبخشی و ورزشی تجویز شده بر روی افراد را دریافت کرده و در آینده تجویز بهتری برای وی اعمال نماید [۹]. پژوهش‌هایی به منظور طراحی معادلات پیشگوی 6MWD در کودکان و نوجوانان صورت گرفته است [۲۰-۲۳]. با این حال، مطالعات گزارش کرده‌اند که به دلیل اختلاف‌های نژادی، آنتروپومتریکی، جغرافیایی، فرهنگی و اقتصادی در جوامع، کاربست معادله‌های پیشگوی 6MWD خارجی، ممکن است منجر به بیش تخمینی یا تخمین کمتر 6MWD شود [۲۳، ۲۴]. بنابراین، خطای برآورد ناشی از انتخاب نادرست معادله پیشگوی 6MWD، منجر به تفسیر غلط از آزمون 6MWT خواهد شد [۱، ۹، ۱۶]. به همین دلیل انجمن توراکی آمریکا (ATS: American Thoracic Society) رهنمودهای استاندارد برای اجرای آزمون 6MWD فراهم آورده و محققین کشورهای مختلف را به پژوهش در رابطه با طراحی مدل‌های پیشگوی 6MWD در جمعیت سالم تشویق می‌کنند [۱۱، ۱۸]. وجود مقادیر مرجع 6MWD بر حسب جمعیت سالم ایرانی جهت استفاده و تفسیر صحیح این آزمون ضروری است. این مطالعه اولین پژوهش برای طراحی و اعتبار سنجی مدل بومی برآورد 6MWD در پسران کودک و نوجوان ایرانی محسوب

جدول ۱: مشخصات آزمودنی‌های و متغیرهای اندازه‌گیری شده در تحقیق (n = ۳۹۱)

متغیرها	میانگین ± انحراف معیار
سن (سال)	۱۲/۴۹ ± ۲/۷۲
قد (cm)	۱۵۴/۹۹ ± ۱۶/۲۳
وزن (kg)	۵۰/۱۹ ± ۱۹/۷۸
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	۲۰/۱۳ ± ۴/۷۰
6MWD (m)	۷۰۲ ± ۶۰
اشباع اکسیژن استراحت (%)	۹۷/۳ ± ۰/۹
اشباع اکسیژن ورزش (%)	۹۵/۶ ± ۱/۵
میانگین فشار خون استراحت (mmHg)	۸۰/۷۱ ± ۸/۶۸
میانگین فشار خون ورزش mmHg	۱۰۰/۳۲ ± ۵/۴۵
ضربان قلب استراحت (ضربه در دقیقه)	۸۳/۲۴ ± ۹/۶
ضربان قلب آزمون 6MWD (ضربه در دقیقه)	۱۷۷/۲۹ ± ۱۲/۰۷
اختلاف ضربان قلب (ضربه در دقیقه)	۸۲/۸ ± ۱۵/۸۳

باشد که برای اطمینان از صحت بیشتر داده‌ها، تعداد نمونه آماری بیشتری مد نظر قرار گرفت که در پایان ۳۹۱ نفر توانستند بطور کامل در مطالعه شرکت نمایند. برای بررسی ارتباط 6MWD با متغیرهای مستقل منتخب (متغیرهایی که اغلب در معادلات پیشگوی 6MWD موثرند: سن، قد، وزن، BMI، ضربان قلب استراحت و ورزش) از همبستگی پیرسون استفاده شد. از این بین متغیرهایی که ارتباط معناداری با 6MWD داشتند، برای طراحی معادله پیشگوی 6MWD با استفاده از رگرسیون چند متغیری استفاده شد. برای طراحی معادله پیشگوی 6MWD شماره ۱، ۷۰ درصد نمونه آماری (۲۷۷ نفر به عنوان گروه برآورد) بطور تصادفی انتخاب شدند. به منظور ارزیابی قدرت و اعتبار معادله طراحی شده، از مؤلفه‌های ضریب تعیین ( $r^2$ ) خطای استاندارد برآورد (SEE: Standard Error of Estimate)، و خطای استاندارد برآورد نسبی (%SEE)  $(100 \times)$  میانگین 6MWD اندازه گیری شده / SEE) (%SEE استفاده شد [۲۶].

۱. ۳۰ درصد باقی مانده آزمودنی‌ها (۱۱۴ نفر به عنوان گروه سنجش اعتبار) بکار گرفته شدند تا صحت معادله بومی راست آزمایی شود. بدین منظور جهت مقایسه 6MWD اندازه گیری شده و برآورد شده، از آزمون‌های همبستگی پیرسون، توافق بلاند-آلتمن و همبستگی درون طبقه‌ای (ICC: Intra Class Correlation Coefficient) استفاده شد [۲۶]. کلیه آزمون‌های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ و در سطح معناداری  $P = 0/05$  صورت گرفت.

### یافته‌ها

متغیرهای آنتروپومتریک و فیزیولوژیک آزمودنی‌ها، و نتایج آزمون 6MWD در **جدول ۱** ارائه شده است. نتایج آزمون 6MWD در هر رده سنی بطور مجزا در **جدول ۲** ارائه شده است. تمام آزمودنی‌ها موفق به اجرای آزمون 6MWD شدند. میانگین 6MWD پسران کودک و نوجوان در این آزمون میدانی  $\pm 60$  متر بود. میانگین 6MWD از ۸ تا ۱۷ سالگی بطور ممتد افزایش داشت.

نتایج همبستگی پیرسون بین 6MWD با متغیرهای مستقل در **جدول ۳** مشاهده می‌شود. همه متغیرهای مستقل به غیر از وزن ارتباط معناداری با 6MWD داشتند ( $P < 0/01$ ). علیرغم ارتباط ضعیف BMI با 6MWD، با این حال، همبستگی سهمی/نسبی BMI با 6MWD با کنترل متغیر سن آزمودنی‌ها، قابل توجه بود ( $P < 0/001$ ،  $r = -0/688$ ). ضریب همبستگی  $< 0/70$  بالا، بین  $0/50$  تا  $0/70$  قابل توجه، بین  $0/30$  تا  $0/50$  متوسط و کمتر از  $0/30$  ضعیف لحاظ می‌شود [۲۶].

متغیرهای سن، قد، وزن و شاخص توده بدن (BMI) به روش استاندارد اندازه گیری شدند [۵]. آزمون 6MWT در راهرو در صورت مساعد بودن آب و هوا در حیاط مدرسه در یک مسیر صاف و مستقیم به طول ۳۰ متر که دو انتهای مسیر با دو مخروط جهت دور زدن مشخص شده بود، طبق رهنمودهای ATS [۱۱] اجرا شد. مسیر رفت و برگشت پیاده روی هر ۳ مشخص شده بود تا در لحظه پایان آزمون، مترآژ پایانی بطور دقیق به متر به دست آید. از آزمودنی‌ها خواسته شد تا با کفش و لباس راحت در آزمون 6MWT شرکت نموده و از شرکت در فعالیت بدنی شدید ۲ ساعت قبل از آزمون خودداری نمایند. قبل از آزمون دانش آموزان به مدت ۱۰ دقیقه بر روی صندلی نشسته و در پایان این دوره متغیرهای فشار خون (tri-medic)، ضربان قلب استراحت (Polar-T34 Germany) و درصد اشباع اکسیژن (Riester ri-Finger-Pulse-Oximeter) در حالت استراحت ثبت گردید. در ابتدا به دانش آموزان گفته شد که هدف از آزمون 6MWT بیشترین مسافتی است که آن‌ها می‌توانند بصورت رفت و برگشت با بیشترین سرعت ترجیحی بصورت پیاده روی (و نه دویدن) طی نمایند. در طول آزمون، آزمودنی در هر دقیقه تشویق کلامی ساده و زمان باقی مانده را طبق رهنمودهای ATS دریافت می‌کرد [۱۱]. در طول آزمون، ضربان قلب دانش آموزان در هر دقیقه بوسیله دستگاه ضربان سنج (تله متری) جهت اندازه گیری بار کار ثبت می‌شد. به محض پایان آزمون 6MWD، از آزمودنی خواسته می‌شد تا در محل بایستد در این لحظه ضربان قلب، درصد اشباع اکسیژن و فشار خون مجدداً اندازه گیری شده و سپس مسافت طی شده محاسبه می‌گردید. برای حذف سوگیری ناشی از اثر آزمونگر، تمامی تست‌ها توسط یک آزمون گر اجرا شد. نظر به اینکه هدف اصلی این پژوهش، طراحی یک معادله بومی برای پیشگویی آزمون 6MWD در پسران کودک و نوجوان بود، تعیین نمونه آماری از طریق فرمول زیر محاسبه شد [۲۵]:

$$N > 50 + (8 * 3)$$

در این رابطه، N نمونه آماری و m تعداد متغیرهای تأثیر گذار در آزمون 6MWD است. با استناد به پیشینه علمی این مطالعه، و با ملاحظه این نکته که حداقل ۸ متغیر (سن، قد، وزن، شاخص توده بدن، محیط کمر، محیط لگن، نسبت کمر به لگن، ضربان قلب استراحت) می‌توانند در معادله پیشگوی آزمون 6MWD تأثیر گذار باشند، مقدار m معادل ۸ در نظر گرفته شد که حداقل نمونه آماری ۱۱۴ نفر به دست آمد. از سوی دیگر، چون آزمودنی‌ها در طیف سنی کودک و نوجوان با ویژگی‌های آنتروپومتریکی و فیزیولوژیکی کاملاً متفاوت بودند، محاسبه نمونه آماری برای هر دو رده سنی کودک و نوجوان انجام گرفت. به طوری که حداقل نمونه آماری می‌بایست ۲۲۸ نفر ( $2 \times 114$ )

جدول ۲: مشخصات آزمودنی‌های و متغیرهای اندازه‌گیری شده در تحقیق بر حسب رده سنی (n = ۳۹۱)

سن (سال)	ساله ۸	ساله ۹	ساله ۱۰	ساله ۱۱	ساله ۱۲	ساله ۱۳	ساله ۱۴	ساله ۱۵	ساله ۱۶	ساله ۱۷
تعداد آزمودنی	۳۷	۳۷	۳۶	۳۷	۴۳	۴۹	۴۴	۳۵	۴۱	۳۱
قد (سانتیمتر)	± ۷	± ۶	± ۵/۸	± ۶	± ۸	± ۹	± ۹	± ۸	± ۷	± ۶
وزن (کیلوگرم)	۲۸/۷۸	۳۳/۲۳	۳۸/۰۱	۳۹/۱۱	۴۴/۲۳	۵۵/۱۸	۵۴/۵	۶۷/۳	۷۵/۷۹	۶۸/۲۴
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	± ۲/۶	± ۲/۹	± ۳/۴	± ۳/۳	± ۳/۸	± ۴/۸	± ۴/۱	± ۵/۶	± ۴/۸	± ۳/۹
Sao <sub>2</sub> استراحت	± ۰/۹	± ۰/۸	± ۰/۹۵	± ۰/۸	± ۰/۹	± ۰/۷	± ۰/۹	± ۰/۹	± ۱	± ۰/۹
Sao <sub>2</sub> ورزش	± ۱/۲	± ۱/۵	± ۱/۵	± ۱/۳	± ۱/۵	± ۱/۵	± ۱/۶	± ۱/۴	± ۱/۵	± ۱/۲
6MWD (متر)	± ۳۷	± ۳۸	± ۴۵	± ۴۳	± ۴۹	± ۵۴	± ۴۵	± ۵۹	± ۵۸	± ۵۲
	۶۵۰	۶۶۷	۶۹۶	۷۰۶	۷۰۳	۷۰۵	۷۳۷	۷۳۶	۷۳۱	۷۷۷

جدول ۳: همبستگی متغیرهای مستقل با 6MWD (n = ۳۹۱)

متغیرهای مستقل	r	P-Value
سن	۰/۵۳۹*	۰/۰۰۰
قد	۰/۴۵۸*	۰/۰۰۰
وزن	۰/۰۶۵	۰/۲۰۱
BMI	-۰/۲۴۲*	۰/۰۰۰
ضربان قلب استراحت	-۰/۳۹۹*	۰/۰۰۸
ضربان قلب ورزش	۰/۱۶۶ <sup>?</sup>	۰/۰۰۰

جدول ۴: الگوی رگرسیون پیشگوی 6MWD در پسران ۸ تا ۱۷ ساله

P-Value	SEE of model	R <sup>2</sup>	β	Coefficients (B)	6MWD (m)
	۳۷/۲۸ متر	۰/۵۹۴			مدل شماره ۱*
				۶۵۴/۰۷۸	Constant
۰/۰۰۰			۰/۸۳۸	۱۷/۵۸۵	سن (سال)
			-۰/۶۲۶	-۸/۲۲۸	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
	۳۵/۶۵ متر	۰/۶۲۷			مدل شماره ۲**
۰/۰۰۰				۶۴۴/۵۲۵	Constant
			۰/۸۶۵	۱۸/۵۱۸	سن (سال)
			-۰/۶۶۵	-۸/۲۳۷	BMI (kg/m <sup>2</sup> )

\* مدل شماره ۱: مدل رگرسیون منتج از گروه برآورد (n = ۲۷۷)، \*\* مدل شماره ۲: مدل رگرسیون منتج از تمامی آزمودنی‌ها (n = ۳۹۱).

علاوه بر این، ضریب همبستگی درون رتبه‌ای (۰/۸۵) - (۰/۷۹) (ICC) حاکی از اعتبار و صحت مدل پیشگوی شماره ۱ در برآورد 6MWD پسران کودک و نوجوان دارد. همچنین نمودار بلاند-آلتمن حاکی از توافق بالای 6MWD اندازه‌گیری شده و پیشگویی شده در گروه سنجش اعتبار است (تصویر ۲). این نمودار میانگین اختلافات 6MWD اندازه‌گیری شده و پیشگویی شده (خط ممتد) و فاصله اطمینان (۲SD) ±: خطوط نقطه چین) که برابر با (۳۸/۱۷ و ۱۰/۴۳) (-۱۰/۴۳) ± (۳۸/۱۷) می‌باشد را نشان می‌دهد. مدل پیشگوی 6MWD شماره ۲ که از همه آزمودنی‌ها مشتق (۳۹۱ نفر) شده است نشان می‌دهد که

در جدول ۴ دو مدل پیشگوی 6MWD ارائه شده است. در مدل شماره ۱ که از ۷۰ درصد نمونه آماری به دست آمده است، متغیرهای سن و BMI قادر به تبیین ۵۹ درصد از تغییر پذیری 6MWD در پسران کودک و نوجوان بود (r<sup>2</sup> = ۰/۵۹۴ و r<sup>2</sup> = ۰/۳۷). این معادله با SEE = ۳۷/۲۸ متر که معادل ۵/۲ درصد میانگین (6MWD). این معادله با دقت بالایی 6MWD را در گروه سنجش اعتبار برآورد نمود (6MWD اندازه‌گیری شده و برآورد شده به ترتیب ۷۲۹ ± ۵۳ متر و ۷۱۹ ± ۴۰ متر و میانگین اختلافات ۱۱ متر). همبستگی معناداری بین 6MWD اندازه‌گیری شده و برآورد شده در گروه سنجش اعتبار مشاهده شد (r = ۰/۷۹۱, p < ۰/۰۰۱) (شکل ۱).

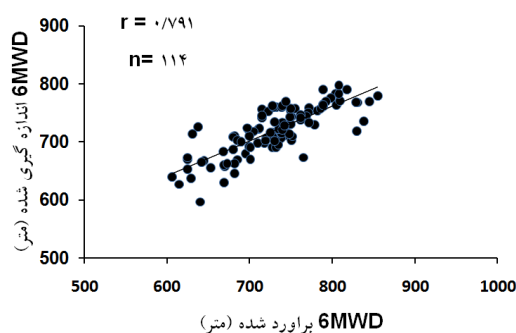
مداخلات بلند مدت بالینی در بیماران دارد. استاندارد طلایی جهت ارزیابی ظرفیت عملی آزمون‌های ورزشی قلبی-تنفسی فزاینده همراه با سنجش مستقیم گازهای تنفسی می‌باشد. این آزمون واکنش‌های ادغام یافته دستگاه‌های قلبی، تنفسی، عصبی، عضلانی و متابولیک بدن را ارزیابی می‌کند [۳]. اما اغلب بیماران نمی‌توانند آزمون‌های ورزشی فزاینده را تحمل نمایند [۱۵]. با این حال چون اغلب فعالیت‌های روزانه بیماران در سطح زیر بیشینه صورت می‌گیرد، آزمون 6MWT می‌تواند بازتاب بهتری از توانایی فیزیکی و ظرفیت عملی آنان را ارائه دهد [۱۰، ۲۷]. آزمون 6MWT به دلیل سادگی اجرا، اعتبار و پایایی خوب، در ابتدا به عنوان جایگزین آزمون‌های ورزشی فزاینده قرار گرفت [۳، ۱۱، ۱۸]. کاربست آزمون 6MWT در ارزیابی ظرفیت عملی در کودکان و نوجوانان با بیماری‌های قلبی-تنفسی [۱۵]، سیستمیک فیبروزیس [۱۲]، ناهنجاری‌های کلیوی [۶] و کودکان با بیماری‌های حاد [۷] تأیید شده است. میانگین 6MWD آزمودنی‌های این تحقیق  $702 \pm 58$  متر بود (جدول ۱) که بیشتر از مقادیر به دست آمده در کودکان و نوجوانان سالم کشورهای هنک کنگ ( $648 \pm 65$ ) [۲۰]، سوئیس ( $626 \pm 65$ ) [۲۱]، اتریش ( $642 \pm 75$ ) [۲۲] بوده و به مقادیر به دست آمده در کودکان و نوجوانان تونس ( $700 \pm 53$ ) [۲۳] نزدیک بود. این تفاوت‌ها ممکن است بوسیله اختلاف‌های نژادی، آنتروپومتریک، جغرافیایی، فرهنگی، اقتصادی و فرهنگی ناشی شود [۱۸، ۲۰]. همچنین اختلاف در نمونه آماری، طول مسیر استفاده شده در آزمون 6MWT، دامنه سنی آزمودنی‌ها و نوع آزمودنی‌های پسر یا دختر و یا هر دو جنس در استخراج و گزارش داده‌ها می‌تواند اختلاف‌های موجود بین 6MWD گزارش شده و در کشورهای مختلف را تبیین کند [۲۱]. علاوه بر این، توانایی‌های حرکتی، آمادگی بدنی، تمرین، همچنین انگیزه آزمودنی‌ها طی آزمون 6MWT می‌تواند بر 6MWD به دست آمده تأثیر گذار باشد [۱، ۱۸]. میانگین 6MWD پسران در ۸ سالگی از  $37 \pm 650$  متر به  $52 \pm 777$  متر در ۱۷ سالگی افزایش یافت (جدول ۲). این روند افزایشی در کشورهای مختلف گزارش شده است [۲۰-۲۳] که این پدیده را می‌توان بوسیله اثرات نمو و بالیدگی بدن بر الگوی گام برداری، فعال سازی عضلانی که به موازات افزایش سن رخ می‌دهد توجیه کرد [۲۱]. این اثر مثبت ناشی از افزایش سن بر 6MWD کودکان و نوجوانان در حال رشد، با همبستگی مثبت به دست آمده بین 6MWD و سن در تحقیق حاضر مشهود است (جدول ۳).

مطالعات قبلی آشکار کرده است که در پسران کودک و نوجوان متغیرهای سن، قد، وزن، BMI و ضربان قلب مهمترین مؤلفه‌هایی هستند که با 6MWD همبستگی دارند ( $0/82 - r = 0/15$ ) [۲۰، ۲۲، ۲۳]. در مطالعه حاضر 6MWD با تمامی

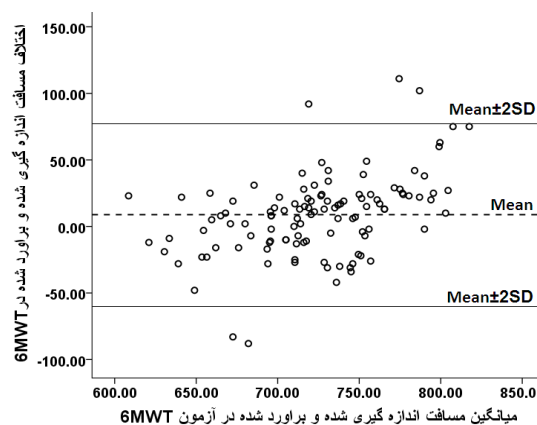
متغیرهای سن و BMI ۶۳ درصد از تغییر پذیری 6MWD در پسران کودک و نوجوان را تبیین می‌کند ( $R^2 = 0/627$  و  $m36$  = SEE که معادل ۵ درصد میانگین 6MWD می‌باشد). معادله پیشگوی 6MWD بصورت زیر ارائه گردید:

$$6MWD = 644/825 + (18/518 \times \text{سن}) - (8/273 \times \text{BMI})$$

$$(SEE = 36m \text{ و } r^2 = 0/627)$$



تصویر ۱: ارزیابی اعتبار مدل بومی برآورد 6MWD با اندازه گیری همبستگی بین 6MWD اندازه گیری شده و برآورد شده در پسران کودک و نوجوان



تصویر ۲: نمودار بلاند - آلتمن: توافق بین 6MWD اندازه گیری شده و برآورد شده. محور افقی بیانگر میانگین 6MWD اندازه گیری شده و برآورد شده و محور عمودی اختلاف 6MWD اندازه گیری شده و برآورد شده می‌باشد. میانگین (۱۰ متر) و فاصله اطمینان ۹۵ درصد ( $58, 78 -$  متر) به ترتیب به وسیله خط تیره و خط نقطه‌چین نشان داده شده است.

## بحث

پژوهش حاضر که برای اولین بار در کشور صورت گرفت، مقادیر مرجع آزمون 6MWT در پسران کودک و نوجوان ارائه گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که متغیرهای سن و BMI می‌تواند ۶۳ درصد از تغییر پذیری 6MWD را در کودکان و نوجوانان پسر تبیین کند. همچنین، اعتبار و صحت مدل بومی پیشگوی 6MWD ارزیابی و تأیید گردید. کاربست آزمون‌های ورزشی جهت اندازه گیری ظرفیت عملی، نقش مهمی در مدیریت و

گیری شده و برآورد شده (۱۴ متر معادل ۲ درصد میانگین 6MWD اندازه گیری شده و برآورد شده) شواهد کافی برای کارایی مدل بومی پیشگوی 6MWD در پسران کودک و نوجوان ایرانی بود. از سوی دیگر توافق بالا بین 6MWD اندازه گیری و برآورد شده با هم نشان از صحت مدل بومی در برآورد 6MWD پسران ایرانی است. دقت مدل‌های برآوردی را می‌توان با افزایش نمونه آماری ارتقاء داد [۲۵، ۲۹] لذا به نظر می‌رسد ادغام اطلاعات گروه طراحی مدل و گروه سنجش اعتبار، منجر به طراحی مدل دقیقتری برای برآورد 6MWD خواهد شد. پس، از تمام آزمودنی‌ها (گروه برآورد + گروه سنجش اعتبار معادل ۳۹۱ نفر) برای استخراج مدل نهایی برآورد 6MWD (مدل شماره ۲) استفاده کردیم (جدول ۴). بنابراین مدل بومی برآورد 6MWD در پسران کودک و نوجوان ایرانی بصورت زیر ارائه گردید (۰/۶۲۷)  $R^2 = 0.36$  و  $SEE = m36$  معادل ۵ درصد میانگین (6MWD):  $BMI = 8/273 \times (سن) - (18/518 \times BMI) + 644/825 = 6MWD$  نقطه قوت مطالعه حاضر، دقت بالای معادله بومی، نمونه آماری نسبتاً بزرگ (۳۹۱ نفر)، دامنه سنی نسبتاً گسترده (۸ تا ۱۷ سال) و واریانس صحت مدل بومی در این مطالعه می‌باشد که موارد فوق می‌تواند اعتماد پژوهشگران پزشکان، کاردرمانگرها و مربیان ورزش و تندرستی را جلب نماید. اعتقاد بر این است که این معادله در پسران کودک و نوجوان در طیف سالم تا بیمار کاملاً کاربردی خواهد بود. از محدودیت‌های پژوهش حاضر امکان سوگیری در انتخاب آزمودنی‌ها بود. آزمودنی‌ها بطور داوطلبانه در طرح شرکت کردند. این امکان وجود دارد دانش آموزان فعال، که به طور مرتب در برنامه‌های ورزشی سازمان یافته در رشته‌های ورزشی مختلف در سالن‌های ورزشی شرکت می‌کنند، تمایل بیشتری جهت شرکت در طرح داشته و نیز ظرفیت عملی بالایی نسبت به سایر دانش آموزان داشته باشند [۲۰]. مطالعات نشان داده است که میانگین آمادگی جسمانی آزمودنی‌ها در شرایط انتخاب داوطلبانه نسبت به انتخاب کاملاً تصادفی ۵ تا ۱۰ درصد بیشتر است [۷]. همچنین سطح انگیزه آزمودنی می‌تواند بر 6MWD تأثیر گذار باشد [۲۱]. در این پژوهش برخی عوامل مؤثر بر ظرفیت عملی از جمله قدرت عضلانی، و عوامل روانی اندازه گیری نشد.

### نتیجه گیری

کاربست آزمون میدانی 6MWT اطلاعات ارزشمندی راجع به کارایی دستگاه‌های قلبی-عروقی و تنفسی افراد سالم و بیمار در اختیار پزشکان، پژوهشگران و متخصصان علوم تندرستی قرار می‌دهد. بطوری که، اجرای این آزمون در کنار استفاده از معادلات پیشگوی 6MWD مستخرج از جمعیت‌های سالم، به عنوان یک روش فیزیکی غیر تهاجمی، می‌تواند در بخشی از فرایند درمان بیماری‌های گوناگون با تاکید بر سنجش سطح کارایی دستگاه

متغیرهای آنتروپومتریک به غیر از وزن همبستگی معناداری داشت ( $P < 0.001$ ) (جدول ۳). علیرغم ارتباط ضعیف BMI با 6MWD، اما همبستگی سهمی/نسبی این متغیر با کنترل عامل سن، نشان از ارتباط خوب BMI با 6MWD بود ( $P < 0.001$ ).  $r = -0.668$  سن و قد بیشترین همبستگی را با 6MWD داشتند، به نظر می‌رسد پسران قد بلند طول گام بلندتری داشته و می‌توانند 6MWD بیشتری طی کنند (۱۹). در پژوهش حاضر 6MWD همبستگی معناداری با ضربان قلب استراحت ( $r = -0.399$ )، ضربان قلب پایانی آزمون ( $r = 0.166$ ) و تغییرات ( $\Delta$ ) ضربان قلب ( $r = 0.333$ ) در پسران کودک و نوجوان داشت (جدول ۳). تغییرات ضربان قلب در حین اجرای آزمون، انعکاسی از فشار کار اعمال شده می‌باشد. ضربان قلب استراحت پایین‌تر که در در بچه‌های فعال و دارای آمادگی جسمانی بالا مشاهده می‌شود، منجر به تغییرات ضربان قلب بزرگتری خواهد شد [۱۴، ۲۱، ۲۸]. اندازه گیری ضربان قلب بویژه در بیماران مزایای بالینی به همراه دارد. نتایج نشان می‌دهد که در غیاب آزمون‌های استاندارد قلبی تنفسی استاندارد، از ضربان قلب به دست آمده در آزمون 6MWT می‌توان به عنوان مقیاسی برای تجویز برنامه‌های ورزشی در بیماران استفاده کرد [۱، ۲]. در مطالعه حاضر نتایج رگرسیون خطی چند متغیری نشان داد که سن و BMI می‌تواند ۶۳ درصد از تغییرپذیری 6MWD را در پسران کودک و نوجوان ایرانی را تبیین کند (جدول ۴). مقدار ضریب تعیین ( $r^2$ ) گزارش شده در معادلات پیشگوی 6MWD مطالعات پیشین در دامنه ۴۰ تا ۶۰ درصد می‌باشد [۲۰، ۲۲، ۲۳]. ضریب تعیین در مطالعات لی و همکاران (۱۹) ( $r^2 = 0.43$ )، گیجر و همکاران (۲۱) ( $r^2 = 0.49$ ) و بن سعد و همکاران (۲۲) ( $r^2 = 0.60$ ) بیان می‌کند که متغیرهای سن، قد و وزن و ضربان قلب می‌توانند 6MWD پسران کودک و نوجوان کشور خود را برآورد کنند. اگر چه نوع متغیرهای مستقل بکار رفته در معادله‌های پیشگو در پژوهش‌های مختلف متفاوت است. در این مطالعه برای تعدیل اثر بلوغ در معادله پیشگوی 6MWD، ما فرض کردیم که شروع مرحله بلوغ در پسران در حدود سن ۱۳ سالگی رخ می‌دهد [۲۱]، به همین دلیل ما بیشترین تعداد آزمودنی‌ها را در محدوده سنی ۱۲-۱۴ سالگی انتخاب کردیم. به نظر می‌رسد این استراتژی منجر به افزایش دقت مدل برآورد 6MWD شود (یعنی منجر به افزایش ضریب تعیین و کاهش خطای استاندارد برآورد مدل پیشگو می‌شود) [۲۶]. کارایی مدل بومی پیشگوی 6MWD شماره ۱ (مستخرج از گروه برآورد معادل ۲۷۷ نفر از آزمودنی‌ها) را بوسیله اندازه گیری همبستگی بین 6MWD اندازه گیری شده و برآورد شده (تصویر ۱) و بررسی مقادیر خطای برآورد در گروه سنجش اعتبار ارزیابی شد [۲۶، ۲۹]. همبستگی بالا ( $r = 0.791$ ) و اختلاف کم بین 6MWD اندازه

$$6MWD = 644/825 + (18/518 \times \text{سن}) - (8/273 \times \text{BMI})$$

$$(SEE = 36m \text{ و } r^2 = 0/627)$$

### سپاسگزاری

این پژوهش مستخرج از پایان نامه دکتری فیزیولوژی ورزشی در دانشگاه بوعلی سینا می‌باشد. بدینوسیله نویسندگان این اثر از حوزه معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه بوعلی سینا، اداره آموزش و پرورش شهرستان همدان، دانش آموزان و والدین آنها که صمیمانه ما را در اجرای این پروژه یاری رساندند تشکر می‌نمایند.

قلبی-تنفسی قبل و پس از مداخله دارویی یا برنامه توانبخشی ورزشی مورد استفاده قرار گرفته که از این طریق تأثیر مداخلات بالینی-توانبخشی بر ظرفیت عملی بیماران به سادگی قابل ارزیابی خواهد بود. همچنین مربیان ورزش و تندرستی می‌توانند از این آزمون در ارزیابی ظرفیت عملی جمعیت‌های سالم استفاده نمایند. در پژوهش حاضر، معادله بومی پیشگوی 6MWD بر حسب متغیرهای منتخب طراحی و راستی آزمایی شد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در معادله پیشگوی آزمون ۶ دقیقه پیاده روی، عوامل سن و BMI می‌توانند تا میزان ۶۳ درصد از تغییر پذیری 6MWD را در کودکان و نوجوانان پسر سالم تبیین کند. معادله پیشگوی طراحی شده برای پسران کودک و نوجوان ۸ تا ۱۷ ساله ایرانی به شرح ذیل می‌باشد:

### References

- Bartels B, de Groot JF, Terwee CB. The six-minute walk test in chronic pediatric conditions: a systematic review of measurement properties. *Phys Ther.* 2013;93(4):529-41. DOI: 10.2522/ptj.20120210 PMID: 23162042
- Oliveira MF, Zanussi G, Sprovieri B, Lobo DM, Mastrocola LE, Umeda, II, et al. Alternatives to Aerobic Exercise Prescription in Patients with Chronic Heart Failure. *Arq Bras Cardiol.* 2016;106(2):97-104. DOI: 10.5935/abc.20160014 PMID: 26815313
- 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(1):256-70. PMID: 11157613
- Papathanasiou JV, Iliava E, Marinov B. Six-minute walk test: an effective and necessary tool in modern cardiac rehabilitation. *Hellenic J Cardiol.* 2013;54(2):126-30. PMID: 23557612
- Medicine ACoS. ACSM's health-related physical fitness assessment manual. USA: Lippincott Williams & Wilkins; 2013.
- Nixon PA, Joswiak ML, Fricker FJ. A six-minute walk test for assessing exercise tolerance in severely ill children. *J Pediatr.* 1996;129(3):362-6. PMID: 8804324
- Takken T, Engelbert R, van Bergen M, Groothoff J, Nauta J, van Hoeck K, et al. Six-minute walking test in children with ESRD: discrimination validity and construct validity. *Pediatr Nephrol.* 2009;24(11):2217-23. DOI: 10.1007/s00467-009-1259-x PMID: 19633871
- Chuang ML, Lin IF, Wasserman K. The body weight-walking distance product as related to lung function, anaerobic threshold and peak VO2 in COPD patients. *Respir Med.* 2001;95(7):618-26. DOI: 10.1053/rmed.2001.1115 PMID: 11453321
- Boucault R, Fernandes M, Oliveira Carvalho V. Six-minute walking test in children. *Disabil Rehabil.* 2013;35(18):1586-7. DOI: 10.3109/09638288.2012.742576 PMID: 23294465
- Cruz-Anleu ID, Banos-Mejia BO, Galicia-Amor S. [Six-minute walk test in children with neuromuscular disease.]. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.* 2013;51(6):674-9. PMID: 24290021
- Laboratories ATSCoPSfCPF. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166(1):111-7. DOI: 10.1164/ajrccm.166.1.at1102 PMID: 12091180
- Gulmans VA, van Veldhoven NH, de Meer K, Helder PJ. The six-minute walking test in children with cystic fibrosis: reliability and validity. *Pediatr Pulmonol.* 1996;22(2):85-9. DOI: 10.1002/(SICI)1099-0496(199608)22:2<85::AID-PPUL1>3.0.CO;2-I PMID: 8875580
- Vanhelst J, Fardy PS, Salleron J, Beghin L. The six-minute walk test in obese youth: reproducibility, validity, and prediction equation to assess aerobic power. *Disabil Rehabil.* 2013;35(6):479-82. DOI: 10.3109/09638288.2012.699581 PMID: 22779759
- Li AM, Yin J, Yu CC, Tsang T, So HK, Wong E, et al. The six-minute walk test in healthy children: reliability and validity. *Eur Respir J.* 2005;25(6):1057-60. DOI: 10.1183/09031936.05.00134904 PMID: 15929962
- Moalla W, Gauthier R, Maingourd Y, Ahmaidi S. Six-minute walking test to assess exercise tolerance and cardiorespiratory responses during training program in children with congenital heart disease. *Int J Sports Med.* 2005;26(9):756-62. DOI: 10.1055/s-2004-830558 PMID: 16237621
- Andrade LB, Silva DA, Salgado TL, Figueroa JN, Lucena-Silva N, Britto MC. Comparison of six-minute walk test in children with moderate/severe asthma with reference values for healthy children. *J Pediatr (Rio J).* 2014;90(3):250-7. DOI: 10.1016/j.jped.2013.08.006 PMID: 24184268
- Watanabe FT, Koch VH, Juliani RC, Cunha MT. Six-minute walk test in children and adolescents with renal diseases: tolerance, reproducibility and comparison with healthy subjects. *Clinics (Sao Paulo).* 2016;71(1):22-7. DOI: 10.6061/clinics/2016(01)05 PMID: 26872080
- Du H, Newton PJ, Salamonsky Y, Carrieri-Kohlman VL, Davidson PM. A review of the six-minute walk test: its implication as a self-administered assessment tool. *Eur J Cardiovasc Nurs.* 2009;8(1):2-8. DOI: 10.1016/j.ejcnurse.2008.07.001 PMID: 18694656
- Salzman SH. The 6-min walk test: clinical and research role, technique, coding, and reimbursement. *Chest.* 2009;135(5):1345-52. DOI: 10.1378/chest.07-1682 PMID: 19420202
- Li AM, Yin J, Au JT, So HK, Tsang T, Wong E, et al. Standard reference for the six-minute-walk test in healthy children aged 7 to 16 years. *Am J Respir Crit Care Med.* 2007;176(2):174-80. DOI: 10.1164/rccm.200607-883OC PMID: 17463419
- Ulrich S, Hildenbrand FF, Treder U, Fischler M, Keusch S, Speich R, et al. Reference values for the 6-minute walk test in healthy children and adolescents in Switzerland. *BMC Pulm Med.* 2013;13(1):49. DOI: 10.1186/1471-2466-13-49 PMID: 23915140
- Geiger R, Strasak A, Tremel B, Gasser K, Kleinsasser A, Fischer V, et al. Six-minute walk test in children and adolescents. *J Pediatr.* 2007;150(4):395-9. DOI: 10.1016/j.jpeds.2006.12.052 PMID: 17382117
- Ben Saad H, Prefaut C, Missaoui R, Mohamed IH, Tabka Z, Hayot M. Reference equation for 6-min walk distance in healthy North African children 6-16 years old. *Pediatr Pulmonol.* 2009;44(4):316-24. DOI: 10.1002/ppul.20942 PMID: 19330774

24. Dourado VZ. [Reference Equations for the 6-Minute Walk Test in Healthy Individuals.]. Arq Bras Cardiol. 2011. [PMID: 21359481](#)
25. Tabachnick BG, Fidell LS, Osterlind SJ. Using multivariate statistics. Boston, New York and San Francisco 2001.
26. Hinkle DE, Wiersma W, Jurs SG. Applied statistics for the behavioral sciences. J Educ Stat. 2003;15(1).
27. Rostagno C, Gensini GF. Six minute walk test: a simple and useful test to evaluate functional capacity in patients with heart failure. Intern Emerg Med. 2008;3(3):205-12. [DOI: 10.1007/s11739-008-0130-6](#) [PMID: 18299800](#)
28. Calders P, Deforche B, Verschelde S, Bouckaert J, Chevalier F, Bassle E, et al. Predictors of 6-minute walk test and 12-minute walk/run test in obese children and adolescents. Eur J Pediatr. 2008;167(5):563-8. [DOI: 10.1007/s00431-007-0553-5](#) [PMID: 17726615](#)
29. Holiday DB, Ballard JE, McKeown BC. PRESS-related statistics: regression tools for cross-validation and case diagnostics. Med Sci Sports Exerc. 1995;27(4):612-20. [PMID: 7791595](#)



## Design and Cross-Validation of Six-Minute Walk Test (6MWT) Prediction Equation in Iranian healthy Males Aged 7 to 16 Years

Majid Jalili <sup>1</sup>, Farzad Nazem <sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> PhD Student Department of Physical Education and Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

<sup>2</sup> Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

\* **Corresponding author:** Farzad Nazem, Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. E-mail: f.nazem1336@gmail.com

DOI: [10.21859/joe-05023](https://doi.org/10.21859/joe-05023)

Received: 18/11/2016

Accepted: 28/08/2017

### Keywords:

6MWT Prediction

Equations

Functional Capacity

Cross-Validation

© 2017 Hamadan University of Medical Sciences

### Abstract

**Introduction:** Application and correct interpretation of the 6-minute walk test (6MWT) in medical, therapeutic, and exercise settings requires normal values of the 6MWT. The aim of this study was to develop and cross-validate the 6MWT prediction equation in Iranian healthy children and adolescent males.

**Methods:** The 6MWT and anthropometric variables were measured in 391 males (8 to 17 years old) with standard methods. Pearson correlation was used to assess the relationship between distances walked in the 6MWT and independent variables. Multiple regression analysis was used to design 6MWT prediction equation from dependent variables. Furthermore, accuracy of the present 6MWT prediction equation was cross-validated.

**Results:** Significant correlation was found between distances walked in the 6MWT and anthropometric characteristics ( $P < 0.001$ ). Multiple stepwise regression revealed that age and Body Mass Index (BMI) could explain 63% of the variability of 6MWT in children and adolescent males ( $r^2 = 0.627$ ,  $SEE = 36$  m,  $P < 0.001$ ). Accuracy of native 6MWT prediction equation was approved by good correlation between measured and predicted distance walked in the 6MWT ( $r^2 = 0.79$ ,  $P < 0.001$ ).

**Conclusions:** This is the first study on the development of native 6MWT reference values. With application of this 6MWT prediction equation, physicians, physical therapists, and fitness coaches could receive correct feedback of pharmacological, rehabilitation, and exercise interventions.

### How to Cite this Article:

Jalili M, Nazem F. Design and Cross-Validation of Six-Minute Walk Test (6MWT) Prediction Equation in Iranian healthy Males Aged 7 to 16 Years. *J Ergo.* 2017; 25(2):17-25. DOI: [10.21859/joe-05023](https://doi.org/10.21859/joe-05023)