المپیک
سال هفدهم – شماره ۲ (پیاپی ۴۶) تابستان ۱۳۸۸

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۱/۲۹
تاریخ تصویب: ۸۷/۲/۱۲

طراحی آزمون پلهٔ بیشینه با نام آزمون پلهٔ تربیت مدرس (TMST) برای برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_2max)

❖ **دکتر حمید آقاعلی نژاد؛** دانشگاه تربیت مدرس*
❖❖ **دکتر رضا قراخانلو؛** دانشگاه تربیت مدرس
❖❖❖ **مهدیه ملانوری؛** دانشجوی کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش دانشگاه تربیت مدرس

چکیده: **هدف از پژوهش حاضر عبارت است از طراحی آزمون پلهٔ بیشینه با نام آزمون پلهٔ تربیت مدرس (TMST) با تنظیم ارتفاع پله براساس زاویهٔ ۹۰ درجهٔ زانو برای برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_2max) و ارائهٔ فرمول محاسباتی آن. ۳۰ دانشجوی دختر کارشناسی تربیت‌بدنی با میانگین سن ۲۳٫۶±۰٫۳۸ سال، قد ۱٫۲۶±۱۶۴٫۶۳ سانتی‌متر، تودهٔ بدن ۱٫۸۴±۶۰٫۹۷ کیلوگرم، و درصد چربی بدن ۲۶٫۱۸±۰٫۸۷ درصد آزمودنی‌های پژوهش حاضر را تشکیل می‌دادند. آزمون‌های TMST و چرخ کارسنج با تجزیه و تحلیل نفس به نفس گازهای تنفسی از آزمودنی‌ها گرفته شد. میانگین VO_2max آزمون‌های چرخ کارسنج ۲۹٫۳۹±۰٫۹۳ و آزمون TMST ۳۲٫۸±۱٫۱۳ انـدازه‌گیـری شـد. بـا استفاده از رگرسیـون خطـی فرمول بـرآورد VO_2max در آزمون TMST به دست آمـد (R^2 =۰٫۹۸ و SEE= ٤٫۳۹ ml/kg/min):**

(وزن) ۰/۱۸ – (ضربان قلب پایانی) ۰/۱ + (ضرب‌آهنگ پله زدن پایانی) ۰/۷۱ = VO_2 max (ml/kg/min)

یافته‌های پژوهش تفاوت معناداری را بین زمان رسیدن به VO_2max و زمان کل دو آزمون نشان نداد (P>۰٫۰۵). همچنین، همبستگی مثبت و معناداری بین VO_2max (R^2=۰٫۵۳، P≤۰٫۰۱)، ضربان قلب بیشینه، و معادل تهویه‌ای اکسیژن در آزمون‌های TMSTو چرخ کارسنج به دست آمد (P≤۰٫۰۱). بین شاخص‌های میزان تلاش ادراک شده و نسبت تبادل تنفسی دو آزمون همبستگی معناداری دیده نشد (P>۰٫۰۵). به طور کلی، آزمون TMST آزمونی ساده است که با تجهیزات اندک VO_2max را با دقت بالا برآورد می‌کند.

واژگان کلیدی: آزمون پلهٔ تربیت مدرس، حداکثر اکسیژن مصرفی، ارتفاع پله، زاویهٔ ۹۰ درجهٔ زانو

* E.mail: Halinejad@modares.ac.ir

مقدمه

حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_2max) را می‌توان با آزمون‌های بیشینهٔ مستقیم به عنوان روش‌های ملاک مانند روش تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی اندازه‌گیری کرد (۱۲). این روش‌ها پرهزینه‌اند و به پرسنل کارآزموده نیاز دارند. بنابراین، آزمون‌های

بیشینهٔ غیرمستقیم مانند آزمون بیشینهٔ بروس روی نوارگردان طراحی شده‌اند که VO_2max را از زمان فعالیت برآورد می‌کنند (۲۱). در ارزیابی VO_2max آزمون باید به گونه‌ای طراحی شده باشد که گروه‌های عضلانی بیشتری را درگیر کند و مدت و شدت آن به اندازه‌ای باشد که دستگاه قلبی- عروقی با آن سازگار باشد. یک پروتکل ورزشی ۸-۱۲ دقیقه‌ای به احتمال زیاد VO_2max افراد سالم را با دقت بیشتری برآورد می‌کند (۵). بیشترین VO_2max در آزمون‌های دویدن و پله زدن و کمترین آن در آزمون‌های روی کارسنج دستی به دست‌آمده است (۱۱،۳۱). آزمون‌های بیشینه VO_2max را با دقت بالاتری ارزیابی می‌کنند (۱،۱۲).

ایراد مطرح شده دربارهٔ آزمون‌های بیشینه این است که فرد باید به صورت ارادی به حالت بیشینه برسد (۲۳). همچنین این آزمون‌ها نیاز به زمان، تجهیزات و پرسنل کارآزموده دارند و در افراد غیرآماده، سالمند و یا کودکان ممکن است با خطراتی همراه باشند (۱۲). در این آزمون‌ها ادامهٔ فعالیت بیشتر به دلیل خستگی موضعی یا درد عضلانی ناممکن می‌شود.

آزمون‌های زیربیشینه به دلیل کم‌خطر بودن استفاده می‌شوند، اما در برآورد ظرفیت هوازی فرد دقت آزمون‌های بیشینه را ندارند (۱۱). از آزمون‌های میدانی در برآورد VO_2max می‌توان به آزمون‌های پله اشاره کرد که به صورت زیربیشینه ودر موارد اندکی به شکل بیشینه اجرا می‌شوند (۱۴). مزیت آزمون‌های پله نسبت به آزمون‌های دیگر مانند چرخ کارسنج، دویدن، پیاده‌روی، و شنا این است که به تجهیزات گران نیاز ندارند؛ نیازمند کالیبره شدن نیستند؛ و به آسانی در جمعیت بزرگ‌تری به کار می‌روند (۲۵). بیشتر آزمون‌های پله روی پله‌هایی با ارتفاع ثابت و بدون در نظر گرفتن افراد با قدهای مختلف طراحی شده‌اند. پله‌هایی با ارتفاع بلند ممکن است در افراد کوتاه قد پیش از دستیابی به ظرفیت هوازی واقعی خستگی ایجاد کنند و آزمون به جای ظرفیت هوازی، استقامت هوازی پاها را اندازه‌گیری کند (۸). با تطبیق ارتفاع پله براساس قد، احتمال می‌رود تفاوت‌های بیومکانیکی ناشی از قد افراد از بین برود و اعتبار آزمون‌های پله افزایش یابد. تنظیم ارتفاع پله براساس زوایای مختلف ران و زانو انجام شده است (۲،۸).

کالپپر و فرانسیس (۱۹۸۷) زاویهٔ ران ۷۳/۳ درجه را بهترین زاویه برای تنظیم ارتفاع پله در افراد با قدهای مختلف پیشنهاد کردند (۸). از آنجا که کارایی پله زدن از زاویهٔ کشش زانو تأثیر می‌پذیرد، بنابراین تنظیم ارتفاع پله براساس زاویهٔ زانو ممکن است باعث بالا رفتن کارایی پله زدن و اعتبار آزمون‌های پله در برآورد VO_2max شود.

شهنواز (۱۹۷۸) ارتباط بین اکسیژن مصرفی و ارتفاع پلهٔ تنظیم شده بین زوایای ۵۰ تا ۹۰ درجه را ناچیز گزارش داد (۲۶).

اشلی و همکاران (۱۹۹۷) برای تنظیم ارتفاع پلهٔ کوبین از زاویهٔ ۹۰ درجهٔ زانو استفاده کردند (۳). به نظر می‌رسد زاویهٔ ۹۰ درجه یکی از زوایای مناسب در تنظیم ارتفاع پله باشد.

علاوه برتنظیم ارتفاع پله براساس قد آزمودنی، تلاش‌هایی نیز برای طراحی آزمون‌های پلهٔ بیشینه به منظور برآورد دقیق‌تر VO_2max انجام شده است. ناگل و همکاران (۱۹۶۵) اولین پژوهشگرانی بودند که آزمون پله‌ای بیشینه را طراحی کردند (۱۸). پس از آن، اشلی و همکاران (۱۹۹۷) و گاسلینگ و

کارسون (۲۰۰۰) آزمون‌های پلهٔ بیشینهٔ دیگری را طراحی کردند (۳،۱۳). آزمون گاسلینگ و کارسون برای افراد با سطح پایین آمادگی مناسب بود و VO_2max را تا ۸ درصد بالاتر از مقدار واقعی برآورد می‌کرد (۱۳).

با توجه به پیشینهٔ ارائه شده تاکنون آزمون پلهٔ بیشینه‌ای با تنظیم ارتفاع پله براساس قد افراد طراحی نشده است. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر طراحی آزمون پلهٔ بیشینه‌ای با تنظیم ارتفاع پله بر اساس زاویهٔ ۹۰ درجهٔ زانو و ارائهٔ فرمول محاسبهٔ VO_2max در بین دانشجویان دختر ۱۹-۲۹ سال کارشناسی تربیت‌بدنی بود.

روش‌شناسی

آزمودنی‌ها

آزمودنی‌ها ۳۰ دانشجوی دختر کارشناسی تربیت‌بدنی دانشگاه‌های شریعتی، تهران و آزاد تهران مرکز بودند که با روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند (جدول۱). هیچ کدام از آزمودنی‌ها دارویی که روی ضربان قلب یا فعالیت شدید اثر بگذارد را طی دوهفته برگزاری آزمون مصرف نمی‌کردند. از آزمودنی‌ها خواسته شد ۲ ساعت پیش از هر مرحلهٔ آزمون‌گیری از خوردن غذا و مصرف چای یا قهوه خودداری کنند و ۲۴ ساعت پیش از هر مرحلهٔ آزمون‌گیری از تمرین با شدت و حجم بالا خودداری کنند.

روش جمع‌آوری اطلاعات

عوامل آنتروپومتریکی اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری VO_2max آزمون پلهٔ TMST همراه با سنجش گازهای تنفسی و نیز آزمون بیشینه روی چرخ کارسنج در دو جلسهٔ جداگانه به فاصلهٔ ۴ روز اجرا شد. پیش از هر مرحله آزمون‌گیری آزمودنی‌ها ۳۰ دقیقه استراحت کامل داشتند تا ضربان قلب به حالت پایدار برسد.

اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریکی

علاوه بر اندازه‌گیری قد و وزن، درصد چربی بدن با اندازه‌گیری لایهٔ چربی زیرپوستی چهار نقطهٔ سه‌سر بازو، فوق خاصره، شکم و ران و به روش جکسون و همکاران (۱۹۸۰) محاسبه شد (۱۵).

آزمون پلهٔ تربیت مدرس (TMST)

با مطالعهٔ اولیهٔ دانشجویان ورزشکار، زمان هر مرحله و میزان افزایش ریتم هر مرحله آزمون تعیین شد. با توجه به یافته‌های پژوهش‌های پیشین (۶) آزمون به گونه‌ای طراحی شد که آزمودنی‌ها در دامنهٔ زمانی ۸-۱۲ دقیقه به VO_2max دست یابند. ارتفاع پله براساس زاویهٔ ۹۰ درجهٔ زانو برای هر یک از آزمودنی‌ها تنظیم می‌شد (۲۶،۲). برای تنظیم زاویهٔ ۹۰ درجه در مفصل زانو از شاغول استفاده شد که از اپی کندیل خارجی ران تا قوزک خارجی پا در حالت فلکشن زانو کشیده می‌شد. پیش از اجرای آزمون، آزمودنی‌ها ۵ دقیقه حرکات کششی و گرم کردن سبک انجام دادند. سپس، آزمون با ضرب‌آهنگ ۱۴ پله در دقیقه (۵۶ گام در دقیقه) شروع شد و در هر ۲ دقیقه ۴ پله در دقیقه (۱۶ گام) به پله زدن افزوده شد تا فرد به واماندگی برسد یا نتواند به مدت ۱۵ ثانیه ضرب‌آهنگ مورد نظر را حفظ کند. در طول آزمون، گازهای تنفسی به صورت نفس به نفس توسط دستگاه گازآنالایزر ZAN-600 ساخت آلمان اندازه‌گیری شد. هنگام آزمون، ضربان قلب هر دو دقیقه ثبت شد. همچنین، میزان درک فشار آزمون با استفاده از مقیاس بورگ

(۱۹۹۸) (۴) در هر مرحله ثبت شد.

آزمودنی‌ها در هر لحظه از آزمون برای تغییر پای پیش رو به هنگام پله زدن آزاد بودند. در طول آزمون آزمودنی‌ها به ادامهٔ فعالیت تشویق می‌شدند. ملاک بیشینه بودن فعالیت برخورداری از دست کم ۴ نشانه از ۵ نشانهٔ زیر بود: ۱. فلات در مصرف اکسیژن با وجود افزایش ضرب‌آهنگ و ادامهٔ فعالیت (نوسان کمتر از150ml/min)؛ ۲. معادل تهویه‌ای برای اکسیژن بالاتر از ۳۰؛ ۳. نسبت تبادل تنفسی بالاتر از ۱٫۱؛ ۴. میزان درک فشار بیشتر از ۱۷؛ ۵. ضربان قلب در دامنهٔ ۱۰ ضربه بالاتر یا پایین‌تر از ضربان قلب پیش‌بینی شده براساس سن با استفاده از فرمول تاناکا و همکاران (۲۰۰۱) (۱۹،۲۲،۳۰). VO_2max بالاترین مقدار اکسیژن ثبت شده در یک دورهٔ ۱۰ ثانیه‌ای در نظر گرفته شد.

آزمون بیشینهٔ چرخ کارسنج

با مطالعهٔ اولیهٔ دانشجویان ورزشکار، پروتکل آزمون بیشینه روی چرخ کارسنج به گونه‌ای طراحی شد که شدت و بار کاری هر مرحله تقریباً معادل آزمون پلهٔ بیشینهٔ جدید باشد و آزمودنی‌ها در زمانی مشابه با آزمون پلهٔ بیشینه به VO_2max دست یابند. پیش از اجرای آزمون، ۵ دقیقه حرکات کششی و گرم کردن سبک انجام دادند. پروتکل شامل ۳ دقیقه پدال زدن بدون مقاومت و به دنبال آن شروع کار با مقاومت ۲۵ وات بود که هر دو دقیقه ۲۵ وات بر مقاومت افزوده می‌شد. سرعت پدال زدن در 60rpm ثابت بود. در طول فعالیت گازهای تنفسی به صورت نفس به نفس توسط دستگاه گازآنالایزر ZAN-600 ساخت آلمان اندازه‌گیری شد. ضربان قلب هر ۲ دقیقه و میزان درک فشار آزمون با مقیاس بورگ (۱۹۹۸) در هر مرحله کار ثبت شد (۴). ملاک بیشینه بودن فعالیت برخورداری از ۴ نشانه‌ای بود که در مورد آزمون پلهٔ TMST استفاده شد. در طول آزمون، آزمودنی‌ها به ادامهٔ فعالیت تشویق شدند. VO_2max بالاترین مقدار اکسیژن ثبت شده در یک دورهٔ ۱۰ ثانیه‌ای در نظر گرفته شد.

روش‌های آماری پژوهش

از رگرسیون خطی برای تعیین فرمول برآورد VO_2max و تعیین ضریب خطای آن استفاده شد. برای تعیین همبستگی متغیرهای دو آزمون از ضریب همبستگی پیرسون و برای مقایسهٔ متغیرهای دو آزمون از آزمون t زوجی استفاده شد.

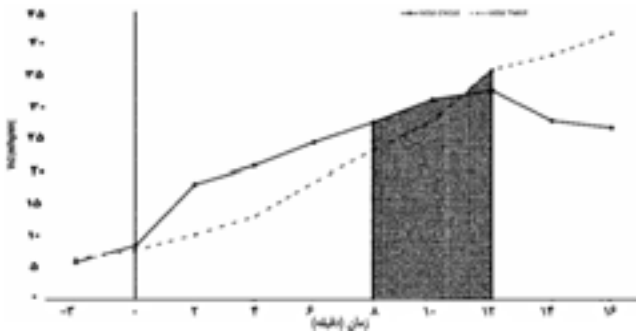
یافته‌ها

جدول ۱ مشخصات عمومی آزمودنی‌ها شامل سن، قد، وزن، و درصد چربی بدن را نشان می‌دهد.

شکل ۱ میانگین VO_2 مصرفی را در دقایق مختلف آزمون‌های TMST و چرخ کارسنج نشان می‌دهد.

جدول ۱ مشخصات عمومی آزمودنی‌ها

درصد چربی بدن (درصد)	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتی‌متر)	سن (سال)
۲۶٫۱۸±۰٫۸۷	۶۰٫۹۷±۱٫۸۴	۱۶۴٫۶۳±۱٫۲۶	۲۳٫۶±۰٫۳۸



شکل۱. میانگین VO_2 مصرفی در دقایق مختلف اجرای آزمون‌های TMST و چرخ کارسنج

VO_2max و ضربان قلب بیشینه به دست آمده در دو آزمون و شاخص‌های نسبت تبادل تنفسی، معادل تهویه‌ای برای اکسیژن و میزان تلاش ادراک شده در هنگام رسیدن به VO_2max در دو آزمون TMSTو چرخ کارسنج در جدول ۲ آورده شده است. نتایج آزمون t زوجی تفاوت معناداری را بین VO_2max، ضربان قلب بیشینه، و نسبت تبادل تنفسی نشان داد (P>۰/۰۵). بین میزان تلاش ادراک شده و معادل تهویه‌ای اکسیژن تفاوت معناداری دیده نشد (P>۰/۰۵). همچنین، همبستگی مثبت و معناداری بین VO_2max، ضربان قلب بیشینه و معادل تهویه‌ای اکسیژن در آزمون‌های TMSTو چرخ کارسنج به دست آمد (P≤ ۰/۰۱)؛ ولی بین شاخص‌های میزان تلاش ادراک شده و نسبت تبادل تنفسی دوآزمون همبستگی معناداری دیده نشد (P>۰/۰۵).

جدول ۲. VO_2max و معیارهای تعیین آن در آزمون‌های TMST و چرخ کارسنج و نتایج آزمون t و همبستگی بین آن‌ها

نوع آزمون	VO_2max (ml/kg/min)	معادل تهویهٔ اکسیژن (لیتردردقیقه)	نسبت تبادل تنفسی	میزان تلاش ادراک شده	ضربان قلب بیشینه (ضربه در دقیقه)
TMST	۳۲/۱۸±۱/۱۳	۳۶/۷۶±۲/۳۱	۱/۱۴±۰/۰۰۵	۱۸/۳۳±۰/۴۶	۱۹۵/۹۶±۱/۶۵
چرخ کارسنج	۲۹/۳۹±۰/۹۳	۳۶/۸۳±۲/۶۹	۱/۲۸±۰/۰۲	۱۸/۵۶±۰/۴۳	۱۸۴/۶۳±۱/۵۱
آماره t	۲/۵	-۰/۰۶	-۵/۹	-۰/۴	۵/۰۴
ارزش P	*۰/۰۱	۰/۹۴	*۰/۰۰۱	۰/۶۵	**۰/۰۰۱
r	۰/۷۳	۰/۴۹	-۰/۱۹	-۰/۱۴	۰/۸۲
ارزشP	*۰/۰۰۱	*۰/۰۰۵	۰/۲۹	۰/۴۴	**۰/۰۰۱

* معنادار در سطح P ≤ ۰/۰۵ **معنادار در سطح P ≤ ۰/۰۰۱

با مقایسهٔ زمان کل آزمون و زمان رسیدن به VO_2max در دو آزمون TMSTو چرخ کارسنج تفاوت معناداری بین زمان کل و زمان رسیدن به VO_2max در دو آزمون دیده نشد ($P>0/05$). زمان کل آزمون در چرخ کارسنج ۹٫۸۵±۰٫۳۱ دقیقه و در آزمون TMST ۱۰٫۴±۰٫۳۹ دقیقه بود. همچنین زمان رسیدن به VO_2max در آزمون چرخ کارسنج ۹٫۳۵±۰٫۳۲ دقیقه و در آزمون TMST ۹٫۲۱±۰٫۴ دقیقه بود.

جدول ۳ نتایج رگرسیون خطی آزمون TMST را در برآورد VO_2max با استفاده از وزن بدن، ضرب‌آهنگ، و ضربان قلب پایانی نشان می‌دهد.

فرمول برآورد VO_2max با آزمون پلهٔ تربیت مدرس (TMST) در دانشجویان دختر ۱۹-۲۹ سال کارشناسی تربیت‌بدنی عبارت بود از (SEE=4/39 ml/kg/min,R^2=۰٫۹۸):

VO_2max (ml/kg/min) = ۰/۷۱ (ضرب‌آهنگ‌پله‌زدن‌پایانی) + ۰/۱ (ضربان‌قلب‌پایانی) – ۰/۱۸ (وزن)

بحث

توانایی تحویل اکسیژن و مصرف آن در عضلات فعال باعث وابستگی اندازه‌گیری VO_2max به تودهٔ عضلانی درگیر هنگام آزمون‌های VO_2max شده است (۱۲،۲۰). آزمون‌های پلهٔ تودهٔ عضلانی بالایی را هنگام آزمون فعال می‌سازد (۵). پس از مطالعهٔ اولیه، در طراحی آزمون TMST افزایش ضرب‌آهنگ و زمان رسیدن به VO_2max به گونه‌ای در نظر گرفته شد که آزمون بتواند فشار کاری لازم را بر تودهٔ عضلانی در حال کار وارد کند. یافته‌های ما نشان‌دهندهٔ وجود تفاوت معناداری بین VO_2max آزمون‌های TMST و چرخ کارسنج بود. به نظر می‌رسد بالا بودن VO_2max و ضربان قلب در آزمون TMST به دلیل شدت و فشار بالاتر و نشان‌دهندهٔ تودهٔ عضلانی در حال کار بیشتر نسبت به آزمون چرخ کارسنج باشد. این در حالی است که تفاوت معناداری در زمان رسیدن به VO_2max در دو آزمون به دست نیامد. پژوهش‌هایی که به مقایسهٔ VO_2max آزمون‌های پله و چرخ کارسنج پرداخته‌اند، VO_2max را حدود ۱۲ درصد بالاتر از آزمون‌های پله گزارش کرده‌اند (۱۱،۲۹). آزمون پله در مقایسه با نوارگردان، VO_2max را ۱۲-۱۳٫۵ درصد پایین‌تر برآورد می‌کند (۹،۳۲). آزمون TMST نیز VO_2max را حدود ۱۱٫۵ درصد بالاتر از آزمون چرخ کارسنج برآورد کرد.

جدول ۳. نتایج رگرسیون در برآورد VO_2max با استفاده از تودهٔ بدن، ضرب آهنگ، و ضربان پایانی

مدل	ضرایب مدل	انحراف استاندارد ضرایب	مقدار آمارهٔ آزمون	احتمال معناداری
وزن (**kg**)	۰٫۱۸-	۰٫۰۷	۲٫۴۷-	*۰٫۰۲
ضربان قلب پایانی (**bpm**)	۰٫۱	۰٫۰۴	۲٫۵۹	*۰٫۰۱
ضرب‌آهنگ پایانی (ضربه در دقیقه)	۰٫۷۱	۰٫۱۸	۳٫۹۴	**۰٫۰۰۱

* معنادار در سطح $P \leq 0/05$ ** معنادار در سطح $P \leq 0/001$

ایرادی که معمولاً بر آزمون‌های بیشینه مطرح است، ایجاد خستگی یا درد عضلانی است (۱۲). در پلکان با ارتفاع ثابت خستگی موضعی پیش از دستیابی فرد به VO_2max رخ می‌دهد (۸). به نظر می‌رسد تنظیم ارتفاع پله براساس زاویهٔ ۹۰ درجهٔ زانو در آزمون پلهٔ TMST تا حد زیادی خستگی عضلانی ناشی از پله زدن را کاهش داد و آزمودنی‌ها توانستند به حد بالایی از ظرفیت خود برسند و تا حدود ۱۰۰ درصد ضربان قلب بیشینه به کار ادامه دهند.

اشلی و همکاران (۱۹۹۷) پایین بودن ضربان قلب، نسبت تبادل تنفسی، و میزان تلاش ادراک شده هنگام آزمون پلهٔ بیشینه را به عدم دستیابی به حداکثر تلاش فرد در آزمون نسبت دادند (۳). تنظیم ارتفاع پله با زاویهٔ ۹۰ درجهٔ زانو در آزمون پلهٔ TMST احتمالاً به بهبود اقتصاد حرکت و ضربان‌های قلب پایین‌تر هنگام آزمون می‌انجامد و امکان ادامهٔ فعالیت تا سطوح بیشینه را فراهم می‌کند. به این ترتیب، بیش‌تر آزمودنی‌ها به ضربان قلب، نسبت تبادل تنفسی، و میزان تلاش ادراک شدهٔ بالا رسیدند.

با تجزیه و تحلیل نفس به نفس گازهای تنفسی هنگام آزمون پلهٔ TMST از دستیابی به VO_2max در آزمودنی‌ها اطمینان حاصل شد. همچنین، بررسی همبستگی متغیرهای دو آزمون TMST و چرخ کارسنج همبستگی معناداری را بین VO_2max ($r=۰/۷۳$ ، $P\leq ۰/۰۱$)، ضربان قلب بیشینه، و معادل تهویه‌ای اکسیژن و عدم همبستگی معنادار بین مقیاس بورگ و نسبت تبادل تنفسی را نشان داد.

سانتو و گولدینگ (۲۰۰۳) با تطبیق ارتفاع آزمون پلهٔ YMCA براساس قد همبستگی به میزان $r=۰/۶$ در زنان و $r=۰/۶۴$ در مردان با VO_2max نوارگردان را گزارش دادند (۲۴). در پژوهش حاضر VO_2max حاصل از آزمون‌های TMST و چرخ کارسنج همبستگی را برابر با $r=۰/۷۳$ نشان داد. همبستگی VO_2max گزارش شده در پژوهش‌های مختلف بین آزمون‌های پله و چرخ کارسنج دامنهٔ $r= ۰/۶۸ - ۰/۹۲$ را نشان داده است (۱۱). همچنین، بالاترین همبستگی‌ها در آزمون‌های پلهٔ چندمرحله‌ای در مقایسه با آزمون‌های تک‌مرحله‌ای به دست آمده است (۲۷). آزمون پلهٔ TMST نیز آزمونی چندمرحله‌ای بیشینه است که با توجه به دقت بالاتر آزمون‌های بیشینهٔ همبستگی نسبتاً بالایی با آزمون چرخ کارسنج داشت.

همچنین، همبستگی بالایی ($r = ۰/۸۳$) بین ضربان قلب بیشینه در دو آزمون TMSTو چرخ کارسنج مشاهده شد. همبستگی‌های بین نسبت تبادل تنفسی و معادل تهویه‌ای اکسیژن نسبتاً پایین‌تر بود. با توجه به رابطهٔ اکسیژن مصرفی و نسبت تبادل تنفسی با مصرف انرژی و به دلیل تفاوت در هزینه‌های اکسیژن و انرژی مصرفی در دو آزمون، احتمالاً همبستگی پایین بین دو آزمون به دلیل هزینه‌های اکسیژن و انرژی مصرفی متفاوت در دو آزمون است (۷،۱۷). همبستگی اندک بین میزان تلاش ادراک شده در دو آزمون دیده شد. همبستگی پایین میزان تلاش ادراک شده در آزمون‌های چرخ کارسنج و TMST احتمالاً به دلیل تفاوت درماهیت دو آزمون بوده است. در آزمون پلهٔ TMST وجود ضرب‌آهنگ مشخص، نوعی حالت برانگیختگی و تشویق برای ادامهٔ فعالیت در آزمودنی ایجاد می‌کند. وجود ضرب‌آهنگ، نقش موسیقی را هنگام فعالیت ایفا می‌کند. به نقش موسیقی در کاهش خستگی در بعضی از پژوهش‌ها اشاره شده است (۱۰).

نتیجه‌گیری

آزمون TMST به دلیل سادگی اجرا در مقایسه با آزمون‌های روی چرخ کارسنج یا نوارگردان و نیز ماهیت بیشینهٔ آن VO_2max را با دقت بالایی برآورد می‌کند. بیشینه بودن این آزمون بسیاری از معایب آزمون‌های زیربیشینه مثل خطای ضربان قلب یا آثار مکانیک حرکت را ندارد. تنظیم ارتفاع پله براساس زاویهٔ ۹۰درجهٔ زانو موجب همسان شدن ارتفاع پله در افرادی با قدهای متفاوت ودر نتیجه به تأخیر افتادن خستگی عضلانی و اقتصادی شدن فعالیت می‌شود. با توجه به قابلیت آزمون پلهٔ TMST در تغییر ریتم در مراحل مختلف این آزمون می‌توان از معادلات ویژه در برآورد VO_2max استفاده کرد که آزمونی نسبتاً معتبر در گروه‌های جنسیتی، سنی، و سطوح فعالیت متفاوت است.

ایراداتی که معمولاً به آزمون‌های پله و از جمله TMST وارد است حرکات مداوم سر و بازو به هنگام اجرای این آزمون‌ها و محاسبه نشدن اکسیژن مصرفی این اندام‌ها در معادلات پیش‌بینی VO_2max است. همچنین، عدم امکان استفاده از این آزمون‌ها در افراد با مشکلات ارتوپدی و محدودیت تحمل وزن نیز مطرح است.

سپاسگزاری

از پژوهشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و مرکز تربیت‌بدنی دانشگاه تربیت مدرس که ما را در اجرای این پژوهش یاری کردند، سپاسگزاریم.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

1. Anderson, GS. (1992). "A comparison of predictive tests of aerobic capacity". Can J Sport Sci. 17:304-308.
2. Ariel, G. (1969). "The effect of knee-joint angle on Harvard step test performance". Ergonomics, 12:33-37.
3. Ashley, CD.; Smith, JF.; Reneau, PD. (1997). "A modified step test based on a function of subject's stature". Percept Mot Skills, 85:987-993.
4. Borg, G. (1998). Borg's perceived exertion and pain scales. Champaign, IL: Human Kinetics.
5. Buchfuhrer, MJ.; Robinson, JE.; Sue, DY.; Wasserman, K.; Whipp, BJ. (1983). "Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment". JAPPL Physiol. 55:558-564.
6. Chatterje, S.; Chatterjee, P.; Bandyopadhyay, A.(2006). "Prediction of maximal oxygen consumption from body mass, height and body surface area in young sedentary subjects". Indian J Physiol Pharmacol. 50(2):181-186.
7. Claudio, L.; Lafortuna, MP.; Fiorenza, A.; Alessandro, S. (2006). "The energy cost of cycling in young obese women". Eur J Appl Physiol. 97:16-25.
8. Culpepper, MI.; Francis, KT. (1987). "An anatomical model to determine step height in step testing for estimating aerobic capacity". J Theor Biol. 129:1-8.
9. Fitchet, MA. (1985). "Predictability of VO_2max from sub maximal cycle ergo meter and bench stepping tests". Br J Sport Med.19:85-88.
10. Gertjanl LW. (2005). "Interactive music for sports: a personalized music system for motivation in sport performance". (master, thesis).University of Amsterdam.
11. Glassford, RG.; Baycroft, GHY.; Sedgwick, AW.; Macnab, RBJ. (1964). "Comparison of maximal oxygen uptake values determined by predicted and actual methods". J Appl Physiol. 20:509-513.
12. Glen FA. (1998). "The test-retest reliability of the united states air forces sub maximal bicycle ergo meter aerobic fitness test". (master, thesis). Oklahoma City, OK: University of Oklahoma
13. Gosling, CM.; Carlson, J S. (2000). "A multi- stage step test protocol for people with low exercise capacity". Exercise Rehabilitation. Res Clin Kinsiology, 54(3):67-71.
14. Heyward, VH. (1997). Advanced fitness assessment and exercise prescription. 3rd ed, Human Kinetics.
15. Jackson, AS.; Pollock, M L.; Ward, A. (1980). "Generalized equations for predicting body density of women". Med Sci Sports Exer. 12:175-182.
16. Jette, M.; Campbell, J.; Mongeon, J.; Routhier, R. (1974). "The Canadian home fitness test as a predictor of aerobic activity". Can Med Assoc J. 114:680-682.
17. Milani, R.V.; Lavie, CJ.; Mehra, MR.; Venrura, HO. (2006). "Understanding the basics of cardiopulmonary exercise testing". Mayo Clinic Proceedings, 12:1603.
18. Nagle, FJ. (1973). "Physiologic assessment of maximal performance". Exerc Sport Sci Rev. 313-338.
19. Niels, UT.; Sorensen, H.; Overgaard, K.; Pedersen, k. (2004). "Estimation of vo_2max from the ratio between HRmax and HRrest: the heart rate ratio method". Eur J Appl Physiol. 91:111-115.
20. Pollock, ML.; Bohannon, RL.; Cooper, KH. (1976). "A comparative analysis four protocols for maximal treadmill stress testing". Am Heart J. 92:39-46.
21. Pollock, ML.; Foster, C.; Schmidt, D. (1982). "Comparative analysis of physiologic responses to three different maximal graded exercise test protocols in healthy women". Am Heart J. 103:363-373.
22. Pollock, ML.; Garzarella, L.; Dehoyos, D. (1994). The cross-validation of the United states air forces sub maximal cycle ergo metery test to estimate aerobic capacity. United States Air Force/ Armstrong Laboratory, Publication Number 15. 10 June.
23. Robbins, A.S.; Chao, SY.; Fonseca, VP.; Snedecor, MR.; Knapik, JJ. (2001) "Predictors of Low Physical Fitness in a Cohort of Active-Duty U.S. Air Force Members". Am J Prev Med; 20(2).90-96.

24. **Santo, AS.; Golding, LA. (2003). "Predicting maximum oxygen uptake from a modified 3-minute step test". Res Quart Exerc Sports, 74:110-11.**
25. **Selig, SE.; Gosling, CM.; Carlson, JS. (2000). "A multi-stage step test protocol for people with low exercise capacity". Clin Kinesiol. 54:67-71**
26. **Shahnavaz, H. (1978). "Influence of limb length on a stepping exercise". J Appl Physiol. 44(3):346-349.**
27. **Shephard, RJ.; Thomas, S.; Weller, I. (1991). "The Canadian home fitness test 1991 uptake". Sports Med. 11(6):358-66.**
29. **Siconolfi, SF.; Garber, CE.; Lasater, TM.; Carleton, RA. (1985). "A simple valid step test for estimating maximal oxygen uptake in epidemiologic studies". Am J Epidemiol. 121:382-290.**
30. **Tanaka, H.; Monhan, KD.; Seals, DG. (2001). "Age-predicted maximal heart rate revisited". Am Coll Cardiol. 37:153-56.**
31. **Teh, KC.; Aziz, AR.(2000). "A stair-climb test of cardio respiratory fitness for Singapore". Singapore Med J.**
32. **Zwiren, LD.; Freedson, PS.; Ward, A. et al. (1991). "Estimation of VO2ma:a comparative analysis of five exercise tests". Res Quart Exerc Sport. 62:73-78.**

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی