

تاثیر نوع آزمون ورزشی و سن بر میزان اکسیداسیون چربی در دختران ۹-۱۷ سال

هانیه نه برادر^۱، پروانه نظر علی^۲، پریچهر حناچی^۳، رستم علی زاده^۴

چکیده

مقدمه و هدف: دوییدن و دوچرخه سواری از رایج ترین فعالیت های بدنی هستند که بیشتر توسط افراد برای افزایش سوخت و ساز چربی در برنامه های ورزشی استفاده می شود. بدین منظور هدف از مطالعه ای حاضر بررسی تاثیر نوع آزمون ورزشی و سن بر میزان اکسیداسیون چربی در دختران ۹-۱۷ سال بود.

مواد و روش ها: ۳۶ دختر ۹-۱۷ سال در سه رده ی سنی سه جلسه به آزمایشگاه مراجعه کردند. در جلسه ی اول قد، وزن و ترکیب بدن افراد اندازه گیری شد و در نهایت با پروتکل های ورزشی آشنا شدند. در جلسه ی دوم و سوم، افراد به اجرای پروتکل رمپ روی نوارگردان و دوچرخه به شکل توازن متقابل پرداختند. اکسیژن مصرفی و ضربان قلب با استفاده از دستگاه گاز آنالایزر ثبت شد. برای بررسی تاثیر نوع آزمون ورزشی و سن به ترتیب از روش آماری t مستقل و ANOVA استفاده شد.

یافته ها: مقادیر حداکثر اکسیداسیون چربی (MFO) در نوارگردان نسبت به دوچرخه بالاتر بود ($P=0/0001$)، اما نسبت تبادل تنفسی در لحظه ی MFO بین دو نوع آزمون تفاوت معناداری نداشت. مقادیر MFO ($P=0/009$)، FATmax بر اساس %HRmax ($P=0/047$) و نسبت تبادل تنفسی در لحظه ی MFO ($P=0/011$) بین سه رده ی سنی متفاوت بود.

نتیجه گیری: هنگام استفاده از پروتکل رمپ اکسیداسیون چربی در نوار گردان نسبت به دوچرخه بیشتر بود. همچنین در دختران ۹ تا ۱۷ ساله با افزایش سن میزان اکسیداسیون چربی کمتر شد.

واژگان کلیدی: حداکثر اکسیداسیون چربی، نوارگردان، دوچرخه ی کارسنج، پروتکل رمپ، کودکان و نوجوانان.

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی دانشگاه الزهرا

۲. دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه الزهرا

۳. دانشکده ی علوم زیستی گروه بیوتکنولوژی واحد بیوشیمی دانشگاه الزهرا

۴. گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه ایلام (نویسنده مسئول) r.alizadeh@ilam.ac.ir

مقدمه

باتوجه به تاثیر فعالیت بدنی بر کاهش وزن، به نظر می‌رسد توجه به نوع تمرین به منظور دستیابی به حداکثر اکسیداسیون چربی بسیار مهم باشد. تاکنون پژوهش‌های متعددی میزان حداکثر اکسیداسیون چربی (MFO) و شدت کار متناسب با آن (FATmax) را طی آزمون‌های ورزشی فزاینده بر روی نوارگردان و یا دوچرخه‌ی کارسنج مورد بررسی قرار داده‌اند (۱-۳). لیماسیلوا و همکاران^۱ (۲۰۱۰) میزان حداکثر اکسیداسیون چربی را در فعالیت روی نوارگردان در دو گروه ورزشکاران معادل 0.17 ± 0.047 و 0.29 ± 0.10 گرم بر دقیقه گزارش کردند و شدت متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی در مطالعه‌ی آنان در محدوده‌ی میانگین (۶۱-۶۴٪) حداکثر اکسیژن مصرفی گزارش شد (۱). سایر تحقیقات نیز میزان حداکثر اکسیداسیون چربی را در شدت‌هایی معادل $45-60\% \text{VO}_2\text{max}$ و $55-60\% \text{HRmax}$ در افراد ورزشکار (۲) و یا $34\% \text{VO}_2\text{max}$ و $55\% \text{HRpeak}$ در افراد غیر ورزشکار (۳) گزارش کردند. تحقیقات مذکور میزان حداکثر اکسیداسیون چربی و شدت متناسب با آن را روی یک نوع آزمون سنجیدند. شواهد نشان می‌دهد به دلیل ماهیت متفاوت کار با نوارگردان و دوچرخه‌ی کارسنج، پاسخ‌های فیزیولوژیکی متفاوتی در حداکثر اکسیژن مصرفی، حداکثر ضربان قلب، کل انرژی مصرفی، پمپ عضلانی و دیگر عوامل طی فعالیت در دو نوع آزمون وجود دارد (۴،۵). محبی و همکاران (۱۳۸۸) (۶) و فروهی و همکاران (۱۳۹۱) (۷) مقادیر اکسیداسیون چربی بالاتری هنگام فعالیت روی نوارگردان نسبت به دوچرخه‌ی کارسنج در زنان بزرگسال گزارش کردند اما شدت کار در جایی که حداکثر اکسیداسیون چربی رخ داد در دو نوع آزمون تفاوت چندانی با هم نداشت. زاکروسکی و تولفری^۲ (۲۰۱۲) نیز طی مطالعه‌ای که روی دختران و پسران ۸-۱۱ سال انجام دادند مقادیر حداکثر اکسیداسیون چربی و شدت متناسب با آن را در فعالیت نوارگردان نسبت به دوچرخه بالاتر گزارش کردند (۸). در مقابل این پژوهش‌ها، آرکینستال و همکاران^۳ (۲۰۰۱) تفاوت معناداری در نسبت تبادل تنفسی و همچنین سهم نسبی اکسیداسیون چربی در کل انرژی مصرفی بین دو نوع آزمون طی ۶۰ دقیقه فعالیت نیافتند (۹). بااین حال مطالعات محدودی به مقایسه‌ی تاثیر نوع آزمون ورزشی بر میزان اکسیداسیون سوپسترا پرداخته‌اند و انتخاب بهترین نوع آزمون جهت افزایش اکسیداسیون چربی هنوز مورد بحث است. علاوه بر نوع آزمون ورزشی، توجه به رده‌ی سنی افراد مورد پژوهش نیز در بررسی اکسیداسیون چربی‌ها بسیار مهم است. شواهد علمی بر اساس استفاده از اتاقک کالریمتر و همچنین جریان از طریق یک سیستم سرپوشیده نشان می‌دهد که کودکان به دلیل اندازه‌های بدنی و همچنین توده‌ی عضلانی کمتر نسبت به بزرگسالان به ویژه در دوران پیش از بلوغ، میزان چربی بیشتری به منظور تولید انرژی نسبت به بزرگسالان به عنوان سوخت استفاده می‌کنند (۱۰). از طرفی با افزایش سن در کودکان ظرفیت گلیکولیز بی‌هوازی توسعه پیدا می‌کند، و به طوری که متقابلاً از ظرفیت سوخت و ساز هوازی آن‌ها کاسته می‌شود (۱۱). تیمنوس و همکاران^۴ (۲۰۰۷) گزارش کردند دختران ۱۲ ساله نسبت به دختران ۱۴ ساله دارای میزان اکسیداسیون چربی بالاتری در طی ۶۰ دقیقه رکاب زدن با شدت ۷۰٪ حداکثر توان هوازی بودند (۱۲). نتایج مطالعات دیگر در پسران ۱۱-۱۲ سال (۱۳) و دختران ۸-۱۸ سال (۱۴) نشان داد میزان حداکثر اکسیداسیون چربی و شدت متناسب با آن در افراد کوچکتر، بالاتر است. با این وجود، مطالعاتی که به بررسی میزان اکسیداسیون سوپسترا در افراد کم-

1 Lima-silva .et al(2010)

2 Zakrzewski and Tolfrey (2012)

3 Arkinstall et al.(2001)

4 Timmons. et al(2007)

سن تر پرداخته‌اند، محدود است و از بین آنها، تعداد محدودی میزان اکسیداسیون سوپسترا را در سال‌های مختلف رشد بررسی کرده‌اند (۱۳،۱۴). علاوه بر این تحقیقات قبلی از پروتکل‌های فزاینده مختلفی در بررسی میزان اکسیداسیون چربی استفاده کرده‌اند. نوع پروتکل اندازه‌گیری در مطالعات قبلی اغلب به صورت فشار فزاینده و در بعضی مواقع همراه با شدت کار ناگهانی بوده که اثرات جانبی انکار ناپذیری را به همراه دارد. گزارش شده است که استفاده از یک پروتکل با مدت زمان کوتاه تمرینی احتمالاً می‌تواند برای ارزیابی اکسیداسیون چربی در جمعیت‌های بزرگ مناسب باشد (۱۵). در این میان، مشاهدات مقایسه پروتکل رمپ و سایر پروتکل‌های استاندارد فزاینده نشان می‌دهد که پروتکل رمپ به دلیل ویژگی‌هایی از قبیل تعیین شدت کار اولیه و همچنین افزایش آن به میزان تدریجی و متناسب با سطح آمادگی جسمانی افراد، می‌تواند جایگزین مناسبی برای سایر پروتکل‌های استاندارد فزاینده باشد (۱۶،۱۷). با این حال، با بررسی‌های انجام گرفته پژوهشی که از پروتکل رمپ جهت بررسی اکسیداسیون چربی استفاده کرده باشد یافت نشد. بنابراین هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر نوع آزمون ورزشی و سن بر اکسیداسیون چربی با استفاده از پروتکل رمپ در دختران ۹ تا ۱۷ سال می‌باشد.

روش‌شناسی پژوهش

تعداد نمونه‌های تحقیق حاضر با استفاده واریانس موزون S_p^2 تحقیقات قبلی و فرمول ککران $n = \frac{Z^2 S_p^2}{d^2}$ برآورد شد. بدین منظور ۳۶ دختر دارای وزن طبیعی در سه رده‌ی سنی که ویژگی‌های عمومی آنها در جدول شماره ۱ گزارش شده است به صورت داوطلبانه آمادگی خود را جهت شرکت در پژوهش اعلام کردند. آزمودنی‌ها هیچ گونه بیماری خاصی نداشتند و در شش ماه گذشته از دارو یا رژیم غذایی استفاده نکرده بودند. همچنین سه ماه گذشته فعالیت بدنی منظم نداشتند.

جدول ۱. مشخصات فردی آزمودنی‌ها در هر گروه (میانگین \pm انحراف معیار)

وزن (کیلوگرم)	قد (سانتی متر)	سن (سال)	تعداد (نفر)	رده‌ی سنی
۴۵/۸۸ \pm ۷/۱۰	۱۳۵/۲۵ \pm ۹/۳۷	۱۰/۲۵ \pm ۱/۳۷	۱۱	۹-۱۱ سال
۵۲/۱۶ \pm ۱۰/۲۲	۱۵۴/۵۴ \pm ۸/۶۱	۱۳/۵۴ \pm ۱/۶۱	۱۲	۱۲-۱۴ سال
۵۴/۳۰ \pm ۱۳/۰۸	۱۶۱/۱۵ \pm ۷/۰۸	۱۶/۱۵ \pm ۱/۰۸	۱۳	۱۵-۱۷ سال

آزمودنی‌ها سه جلسه به آزمایشگاه مراجعه نمودند. در جلسه‌ی اول قد، وزن و ترکیب بدن اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن از ترازوی دیجیتالی و برای اندازه‌گیری قد از دستگاه قدسنج استفاده شد. شاخص توده‌ی بدنی و درصد چربی بدن آزمودنی‌ها با استفاده از روش ایمپدانس بیوالکتریک (BIA) و با دستگاه سنجش ترکیب بدن مدل X-Scan Plus II ساخت کشور کره انجام شد و در نهایت آزمودنی‌ها با نحوه‌ی اجرای پروتکل روی نوارگردان و دوچرخه‌ی کارسنج آشنا شدند. آزمودنی‌ها در جلسه دوم و سوم برای اندازه‌گیری VO_{2max} به اجرای پروتکل نوارگردان و دوچرخه به شکل توازن متقابل^۱ پرداختند بدین‌صورت که نیمی از آزمودنی‌ها اول پروتکل نوارگردان و بعد پروتکل دوچرخه را اجرا کردند و نیم دیگر برعکس. فاصله زمانی بین اجرای دو پروتکل

۴ تا ۶ روز بود. تمام آزمون‌ها در فاصله زمانی بین ساعت ۱۰ الی ۱۲ در دمای 21 ± 1 درجه سانتی‌گراد برگزار گردید. از افراد خواسته شد تا زمان رسیدن به حالت واماندگی آزمون‌های مورد نظر را ادامه دهند. به منظور تعیین سرعت شروع و میزان افزایش تدریجی پروتکل بر روی نوار گردان و دوچرخه‌ی کارسنج، ۴ نفر از هر گروه سنی با استفاده از پرسشنامه‌ی آمادگی قلبی - عروقی و آزمایش و خطا، بر اساس توانایی آزمودنی‌ها مورد آزمایش قرار گرفتند (مطالعه آزمایشی، Pilot study). از تمام افراد خواسته شد که از انجام فعالیت‌های سنگین یک روز قبل از انجام آزمون‌ها بپرهیزند. آزمودنی‌ها در روز آزمون به آزمایشگاه مراجعه و ابتدا به مدت ۱۰ دقیقه به حرکات کششی و نرمشی جهت گرم کردن پرداختند، سپس برای کاهش استرس به مدت ۲ دقیقه روی دستگاه‌ها قرار گرفتند و بعد از آن، پروتکل اصلی روی نوارگردان و دوچرخه اجرا شد (۱۸).

برای تعیین VO_{2max} از پروتکل رمپ بر روی نوارگردان Techno Gym Med ساخت کشور ایتالیا استفاده شد. افراد پروتکل اصلی را با شیب یک درصد اجرا کردند (۱۸). بر اساس نتایج حاصل از مطالعه آزمایشی، سرعت اولیه برای شروع ۳۰ درصد سرعت نهایی بود و برای افزایش تدریجی سرعت در هر دقیقه، سرعت اولیه از سرعت نهایی کم و بر ۱۰ تقسیم گردید (۱۹).

برای تعیین VO_{2max} از پروتکل رمپ بر روی دوچرخه کارسنج Monark مدل ۸۳۹ ساخت کشور سوئد استفاده شد. افراد پروتکل دوچرخه را با مقاومت اولیه به میزان ۳۰ درصد حداکثر مقاومتی که در تست VO_{2max} بدست آمد انجام دادند. پروتکل اصلی را کودکان ۹ تا ۱۱ سال با مقاومت ۱۰ وات در دقیقه (هر ۶ ثانیه یک وات)، کودکان ۱۲ تا ۱۴ سال با مقاومت ۱۵ وات در دقیقه (هر ۴ ثانیه یک وات) و نوجوانان ۱۵ تا ۱۷ سال با حداکثر مقاومت ۲۰ وات در دقیقه (هر ۳ ثانیه یک وات) انجام دادند. سرعت پدال زدن بین ۴۰ تا ۶۰ دور در دقیقه بود (۲۰، ۲۱). در تمامی مراحل اکسیژن مصرفی با استفاده از دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی (Cortex Metalyzer 3B-R2, Germany) اندازه‌گیری شد و ضربان قلب نیز ثبت گردید. برای اطمینان از رسیدن آزمودنی‌ها به حداکثر اکسیژن مصرفی حداقل دو مورد از شرایط زیر در نظر گرفته شد: (۱) نمودار اکسیژن مصرفی با وجود افزایش میزان بار به حالت یکنواختی برسد و افزایش نیابد، (۲) نسبت تبادل تنفسی (R) معادل ۱/۱۵، (۳) ضربان قلب معادل ۹۵ درصد ضربان قلب بیشینه و (۴) اعلام واماندگی از سوی آزمودنی با توجه به شاخص ۱۰ نقطه‌ای درک از تلاش.

برای تعیین حداکثر اکسیداسیون چربی از داده‌های دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی استفاده شد که بر حسب گرم بر دقیقه می‌باشد. برای تعیین حداکثر شدت فعالیت متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی بر اساس درصد VO_{2max} و HR_{max} ، ابتدا VO_{2max} و HR_{max} متناظر با محلی که حداکثر اکسیداسیون چربی رخ داده بود مشخص و بر اساس آن نقطه درصدی مشخص گردید. زمان رسیدن به حداکثر اکسیداسیون چربی بر حسب ثانیه در هر پروتکل به عنوان MFO time مشخص شد.

پس از تایید نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های تحقیق مربوط به تاثیر نوع آزمون و سن به ترتیب از روش‌های آماری مقایسه میانگین دو جامعه (Independent - sample T test) و مقایسه میانگین چند جامعه یا گروه (ONE Way ANOVA) استفاده شد. در صورت معنی‌داری تفاوت بین گروهی با توجه به اینکه تعداد آزمودنی‌ها در گروه‌ها یکسان نیست از آزمون

تعقیبی هاکیبرگز (Hochbergs GT2) استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ و در سطح آلفای کوچکتر و برابر ۰/۰۵ انجام گردید.

نتایج

مقادیر میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای اندازه‌گیری شده‌ی آزمودنی‌ها در دو نوع آزمون نوارگردان و دوچرخه‌ی کارسنج در جدول ۲ ارائه شده است. همانطور که در جدول نیز نشان داده شده است، در مقادیر HR_{max} ، VO_{2max} ، حداکثر اکسیداسیون چربی، شدت متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی بر اساس درصدی از VO_{2max} و همچنین HR_{max} و زمان رسیدن به حداکثر اکسیداسیون چربی در دو نوع آزمون تفاوت معناداری وجود دارد. در حالی که در مقدار نسبت تبادل تنفسی در لحظه‌ی MFO تفاوت معناداری در دو نوع آزمون مشاهده نشد. میانگین حداکثر اکسیداسیون چربی در نوارگردان ($0/25 \pm 3/5$) نسبت به دوچرخه ($0/19 \pm 0/05$) به طور معناداری بالاتر گزارش شد ($P=0/0001$). شدت متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی نیز بر اساس درصدی از VO_{2max} و HR_{max} در نوارگردان نسبت به دوچرخه بالاتر گزارش شد.

جدول ۲. مقادیر (میانگین و انحراف استاندارد) متغیرهای اندازه‌گیری شده در دو نوع آزمون نوارگردان و دوچرخه

مقدار P	دوچرخه	نوارگردان	متغیر
*0/0001	30/25±4/96	34/27±4/33	حداکثر اکسیژن مصرفی (ml/kg/min)
0/215	189/25±10/14	192/44±11/49	حداکثر ضربان قلب (bpm)
*0/0001	0/19±0/05	0/25±0/035	حداکثر اکسیداسیون چربی (گرم بر دقیقه)
*0/01	44/51±4/47	47/49±2/05	حداکثر شدت فعالیت متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی بر اساس درصد VO_{2max}
*0/029	70/87±6/73	74/58±7/36	حداکثر شدت فعالیت متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی بر اساس درصد HR_{max}
*0/0001	489/39±63/10	371/17±61/01	زمان رسیدن به حداکثر اکسیداسیون چربی (ثانیه)
0/981	0/788±0/048	0/789±0/048	نسبت تبادل تنفسی

*تفاوت معنادار بین دو نوع آزمون

جدول ۳. مقادیر میانگین و انحراف استاندارد، فاکتورهای اندازه‌گیری شده آزمودنی‌ها در سه رده‌ی سنی

مقدار p	مقدار	رده سنی (سال)	متغیر
۰/۰۲۲	$22/36 \pm 3/18$	۹ تا ۱۱	شاخص توده بدنی (Kg/m^2)
	$21/48 \pm 3/41$	۱۲ تا ۱۴	
	$20/73 \pm 3/97$	۱۵ تا ۱۷	
۰/۰۷۰	$25/56 \pm 4/36$	۹ تا ۱۱	درصد چربی بدن
	$24/29 \pm 5/70$	۱۲ تا ۱۴	
	$23/72 \pm 6/25$	۱۵ تا ۱۷	
۰/۴۹۸	$32/18 \pm 3/27$	۹ تا ۱۱	حداکثر اکسیژن مصرفی ($\text{ml}/\text{kg}/\text{min}$)
	$31/41 \pm 5/57$	۱۲ تا ۱۴	
	$33/11 \pm 5/78$	۱۵ تا ۱۷	
۰/۰۹۹	$194/41 \pm 9/81$	۹ تا ۱۱	حداکثر ضربان قلب
	$191/04 \pm 8/67$	۱۲ تا ۱۴	
	$187/65 \pm 12/82$	۱۵ تا ۱۷	
*./۰۰۹	$0/24 \pm 0/05$	۹ تا ۱۱	حداکثر اکسیداسیون چربی (گرم بر دقیقه)
	$0/23 \pm 0/062$	۱۲ تا ۱۴	
	$0/19 \pm 0/066$	۱۵ تا ۱۷	
۰/۹۳۳	$45/75 \pm 3/46$	۹ تا ۱۱	حداکثر شدت فعالیت متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی بر اساس درصد $\text{VO}_{2\text{max}}$
	$45/92 \pm 5/76$	۱۲ تا ۱۴	
	$46/28 \pm 5/55$	۱۵ تا ۱۷	
*./۰۴۷	$75/71 \pm 5/14$	۹ تا ۱۱	حداکثر شدت فعالیت متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی بر اساس درصد HR_{max}
	$70/55 \pm 6/10$	۱۲ تا ۱۴	
	$72/22 \pm 8/95$	۱۵ تا ۱۷	
۰/۰۶۸	$410/32 \pm 74/71$	۹ تا ۱۱	زمان رسیدن به حداکثر اکسیداسیون چربی (ثانیه)
	$415/12 \pm 85/18$	۱۲ تا ۱۴	
	$461/15 \pm 89/01$	۱۵ تا ۱۷	
*./۰۱۱	$0/773 \pm 0/036$	۹ تا ۱۱	نسبت تبادل تنفسی
	$0/779 \pm 0/049$	۱۲ تا ۱۴	
	$0/811 \pm 0/049$	۱۵ تا ۱۷	

* تفاوت معنادار بین سه گروه سنی.

مقادیر میانگین و انحراف استاندارد فاکتورهای اندازه‌گیری شده‌ی آزمودنی‌ها در سه رده‌ی سنی در جدول ۳ ارائه شده است. همانطور که در جدول مشاهده می‌شود میزان حداکثر اکسیداسیون چربی در سه گروه سنی به

طور معناداری متفاوت است. نتایج حاصل از آزمون تعقیبی نیز نشان داد که میزان MFO در دختران ۹-۱۱ سال نسبت به دختران ۱۵-۱۷ سال به طور معناداری بالاتر است ($P=0/01$). همچنین مقدار آن بین گروه دختران ۱۲-۱۴ سال و ۱۵-۱۷ سال نیز به طور معناداری متفاوت است ($P=0/045$) اما هیچ تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین گروه دختران ۹-۱۱ سال و ۱۲-۱۴ سال در میزان حداکثر اکسیداسیون چربی وجود ندارد ($P=0/94$). شدت متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی بر اساس $\%HR_{max}$ بین سه گروه سنی به طور معناداری متفاوت است. نتایج حاصل از آزمون تعقیبی نیز نشان می‌دهد FAT_{max} بر اساس درصدی از HR_{max} در گروه سنی ۹-۱۱ سال نسبت به ۱۲-۱۴ سال به طور معناداری بالاتر است ($P=0/045$) در حالیکه بین گروه ۹-۱۱ سال و ۱۵-۱۷ سال ($P=0/24$) و همچنین بین گروه ۱۲-۱۴ سال و ۱۵-۱۷ سال ($P=0/78$) از لحاظ آماری تفاوت معناداری وجود ندارد. نتایج ارائه شده در جدول ۳ نشان می‌دهد میزان نسبت تبادل تنفسی در لحظه‌ی MFO در سه گروه سنی به طور معناداری متفاوت است. نتایج حاصل از آزمون تعقیبی نشان می‌دهد نسبت تبادل تنفسی در گروه سنی ۹-۱۱ سال نسبت به ۱۵-۱۷ سال ($P=0/01$) و همچنین در گروه سنی ۱۲-۱۴ سال نسبت به ۱۵-۱۷ سال ($P=0/048$) به طور معناداری پایین‌تر است. در حالیکه بین گروه ۹-۱۱ سال و ۱۲-۱۴ سال از لحاظ آماری تفاوت معناداری وجود ندارد ($P=0/095$). طبق نتایج بدست آمده از جدول ۳، هیچ تفاوت معناداری در زمان رسیدن به حداکثر اکسیداسیون چربی و شدت متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی بر اساس درصدی از VO_{2max} میان سه گروه سنی وجود ندارد.

بحث و نتیجه گیری

تجزیه و تحلیل حاصل از آزمون فرضیه‌ها نشان داد که صرف نظر از تاثیر سن، تفاوت آماری معناداری در میزان حداکثر اکسیداسیون چربی بین دو نوع آزمون ورزشی وجود داشت. همسو با نتایج تحقیق حاضر، تحقیقات دیگر (۸-۶) نیز گزارش کردند حداکثر اکسیداسیون چربی در نوارگردان نسبت به دوچرخه‌ی کارسنج به طور معناداری بالاتر بود. به نظر می‌رسد یکی از دلایل هم‌راستا بودن یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج تحقیقات فوق، احتمالاً به علت به کارگیری توده‌ی عضلانی بیشتر در نوارگردان است. در فعالیت دویدن به دلیل قرارگیری در موقعیت صاف، عضلات بیشتری در دامنه‌ی کامل حرکتی خود فعال هستند در نتیجه کارایی پمپ عضلانی در دویدن بالاتر است که این مکانیسم موجب افزایش جریان خون به سمت قلب، برون ده قلبی بیشتر، حداکثر اکسیژن مصرفی بالاتر و اکسیداسیون چربی بیشتر طی فعالیت دویدن نسبت به دوچرخه‌سواری می‌شود. علاوه بر این شواهد نشان می‌دهد غلظت کاتکولامین‌ها در فعالیت نوارگردان بالاتر است (۲۲). کاتکولامین‌ها محرک اصلی فرایند لیپولیز هستند و افزایش غلظت آن‌ها هنگام فعالیت ورزشی موجب افزایش لیپولیز بافت چربی می‌گردد. از سوی دیگر شواهد علمی نشان می‌دهد در شدت‌های یکسان فعالیت ورزشی تارهای به کار گرفته شده در فعالیت روی دوچرخه‌ی کارسنج متحمل فشار متابولیکی بالاتری نسبت به نوارگردان می‌شوند (۲۲). به بیان دیگر احتمالاً به دلیل فشار کاری بالاتر در عضلات فعال طی آزمون دوچرخه فرصت لازم برای بازسازی مجدد آدنوزین تری فسفات^۱ فراهم نمی‌شود. در نتیجه عدم تشکیل آدنوزین تری فسفات و بالا رفتن سطوح فسفات‌های پراتنزی در سیتوپلاسم، به عنوان تنظیمات آلوستریکی عمل کرده و فعالیت آنزیم فسفوفروکتوکیناز را افزایش می‌دهند. بنابراین فرایند تولید انرژی به سمت سیستم گلیکولیز بی‌هوازی در عضلات تغییر می‌کند. در مقابل، یافته‌های ما

1 Adenosine triphosphate

با نتایج تحقیق آرکینستال و همکاران (۲۰۰۱) همسو نبود. آن‌ها تفاوت معناداری در سهم اکسیداسیون چربی در کل انرژی مصرفی بین دو نوع آزمون ورزشی نیافتند (۹). بخشی از تفاوت مشاهده شده بین نتایج پژوهش حاضر با تحقیق آن‌ها احتمالاً به علت نوع پروتکل به کار رفته در تحقیق می‌باشد. در تحقیق آنان اکسیداسیون چربی تنها در شدتی مطابق با آستانه‌ی لاکنات در دو نوع آزمون سنجیده شد. این در حالی است که استفاده از طیف گسترده‌ی شدت‌ها امکان مقایسه‌ی میزان اکسیداسیون چربی در شدت‌های مشابه تمرینی و همچنین حداکثر اکسیداسیون چربی بین دو نوع آزمون را فراهم می‌سازد. همچنین یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که شدت متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی بر اساس $\%VO_{2max}$ و همچنین HR_{max} % در فعالیت روی نوارگردان نسبت به دوچرخه‌ی کارسنج بالاتر بود. زاگروسکی و توفلری (۲۰۱۲) نشان دادند FAT_{max} بر اساس شدت‌هایی از HR_{max} و VO_{2max} در دختران در نوارگردان نسبت به دوچرخه‌ی کارسنج به مراتب بالاتر بود (۸). این محققان بیان کردند فعالیت عضلات اکستریک اندام‌های تحتانی طی دویدن خستگی محیطی را به تأخیر می‌اندازد و منجر به کاهش به‌کارگیری واحدهای حرکتی نوع ۲ در عضلات در دویدن نسبت به دوچرخه‌سواری می‌شود (۸). بنابراین به نظر می‌رسد به دلیل فراهمی بیشتر تارهای نوع ۲ طی دوچرخه‌سواری، حداکثر اکسیداسیون چربی در دوچرخه در شدت‌های پایین‌تری نسبت به نوارگردان رخ دهد. برخلاف یافته‌ی ما، محبی و همکاران (۱۳۸۸) و فروهی و همکاران (۱۳۹۱) هیچ تفاوت قابل ملاحظه‌ای در شدت متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی بر اساس $\%VO_{2max}$ در دو نوع آزمون ورزشی نیافتند (۶،۷). شاید یکی از دلایل تفاوت بین پژوهش حاضر با مطالعه‌ی آنان اختلاف در نوع پروتکل به‌کارگرفته شده در آزمون باشد. در دو تحقیق قبلی از دو پروتکل متفاوت بر روی نوارگردان و دوچرخه‌ی کارسنج استفاده شد. در حالیکه در تحقیق حاضر از یک نوع پروتکل مشابه (پروتکل رمپ) بر روی هر دو نوع آزمون ورزشی استفاده شد. همانطور که در مقایسه‌ی پروتکل رمپ با سایر پروتکل‌های فزاینده بیان شده است (۱۶،۱۷)، شواهد نشان می‌دهد که افزایش تدریجی و متناسب با سطح آمادگی جسمانی افراد در طی مراحل تمرینی احتمالاً نتایج قابل اطمینانی را در اندازه‌گیری متغیرهای مختلف نظیر اکسیداسیون چربی بدست می‌دهد. در پژوهش حاضر همچنین زمان رسیدن به حداکثر اکسیداسیون چربی در نوارگردان نسبت به دوچرخه‌ی کارسنج به طور معناداری بالاتر بود. به طور کلی اعتقاد بر این است که به دلیل ضربان قلب بالاتر، خونرسانی به سمت عضلات فعال در نوارگردان بیشتر است (۵) که می‌تواند موجب سرعت بخشیدن به فرایند اکسیداسیون چربی گردد و مدت زمان رسیدن به MFO را کاهش دهد. طبق نتایج تحقیق حاضر مدت زمان رسیدن به MFO در دوچرخه به طور معناداری نسبت به نوارگردان بالاتر گزارش شد. در مقابل، هیچ تفاوت معناداری میان مقدار RER در لحظه‌ی MFO در دو نوع آزمون یافت نشد. یک توضیح احتمالی در این رابطه می‌تواند ماهیت قرارگیری نشسته و موقعیت فرمان دوچرخه باشد. احتمالاً وضعیت خمیده‌ی بدن افراد و کاهش حجم قفسه‌ی سینه به واسطه‌ی نگهداری فرمان منجر به کاهش اکسیژن مصرفی طی دوچرخه‌سواری نسبت به فعالیت روی نوارگردان می‌شود که این مورد می‌تواند در مقایسه‌ی میزان نسبت تبادل تنفسی بین دو نوع آزمون اثرگذار باشد. به دانش ما تاکنون هیچ مطالعه‌ی میزان مدت زمان رسیدن به MFO و RER را در لحظه MFO در دو نوع آزمون مورد بررسی قرار نداده است. لذا تحقیقات بیشتر به منظور بررسی مکانیسم‌های احتمالی در این زمینه لازم است. از دیگر اهداف مطالعه‌ی حاضر بررسی تأثیر سن بر پارامترهای اکسیداسیون چربی بود. نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر نشان داد که صرف نظر از نوع آزمون، تفاوت قابل ملاحظه‌ای در

میزان حداکثر اکسیداسیون چربی بین سه گروه سنی وجود داشت به طوری که مقدار آن در گروه سنی ۹-۱۱ سال از دو گروه دیگر بالاتر بود. نتایج حاصل از آزمون تعقیبی نشان داد میزان MFO در دختران ۹-۱۱ سال نسبت به دختران ۱۵-۱۷ سال به طور معناداری بالاتر بود. همچنین مقدار آن بین گروه دختران ۱۲-۱۴ سال و ۱۵-۱۷ سال نیز به طور معناداری متفاوت بود. اما هیچ تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین گروه دختران ۹-۱۱ سال و ۱۲-۱۴ سال در میزان حداکثر اکسیداسیون چربی مشاهده نشد. هرچند که این تفاوت بین دو گروه آخر ذکر شده معنادار نبود، با این وجود، در کل دختران ۹-۱۱ سال نسبت به سایر گروه‌های سنی میزان حداکثر اکسیداسیون چربی بالاتری را دارا بودند. ما همچنین هیچ تفاوت معناداری در FATmax بر اساس درصدی VO2max بین سه گروه سنی مشاهده نکردیم. چو و همکاران^۱ (۲۰۱۴) نشان دادند که حداکثر اکسیداسیون چربی در کودکان نسبت به افراد بزرگتر بیشتر بود. آنان همچنین گزارش کردند که شدت متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی در دختران ۸-۱۰ سال (VO2peak/۴/۶±۵۴/۹) نسبت به گروه ۱۳-۱۷ سال (VO2peak/۷/۳±۳۴/۸) به مراتب بالاتر بود (۱۴). ریدل و همکاران^۲ (۲۰۰۸) نیز طی یک تحقیق طولی سه ساله بر روی پسران ۱۱-۱۲ سال بیان کردند که میزان MFO طی دوران رشد کاهش یافت به طوری که این مقدار برای پسران در سال اول نسبت به دو سال بعدی به طور معناداری بالاتر گزارش شد. شدت متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی نیز در سنین پایین-تر نسبت به سال‌های بعدی به مراتب بالاتر گزارش شد (۱۳). نتایج تحقیقات فوق در رابطه با میزان حداکثر اکسیداسیون چربی با پژوهش حاضر همسو است. همانطور که در پژوهش حاضر مشاهده شد میزان MFO در دختران ۹-۱۱ سال و ۱۲-۱۴ سال نسبت به ۱۵-۱۷ سال به مراتب بالاتر بود. احتمالاً یکی از دلایل هم راستا بودن نتایج این دو پژوهش با تحقیق حاضر مربوط به عملکرد سیستم گلیکولیتیکی است. از آنجا که این سیستم در کودکان نسبت به بزرگسالان توسعه نیافته است بنابراین می‌تواند توجهی برای بالاتر بودن حداکثر اکسیداسیون چربی در کودکان نسبت به بزرگسالان باشد (۱۱). در حالیکه برخلاف تحقیقات بالا نتایج حاصل از پژوهش ما هیچ تفاوت قابل ملاحظه‌ای در FATmax بر اساس درصدی از VO2max بین سه رده‌ی سنی نشان نداد. یکی از دلایل احتمالی آن می‌تواند به مقادیر درصد چربی افراد مورد پژوهش مرتبط باشد. همانطور که مشخص است افزایش درصد چربی بدن یکی از عواملی است که منجر به کاهش میزان VO2max دختران در سنین رشد می‌شود (۲۳). از آنجا که بین مقادیر شاخص توده‌ی بدنی، درصد چربی بدن و به تبع آن میزان حداکثر اکسیژن مصرفی از لحاظ آماری تفاوت معناداری در میان سه گروه سنی مورد مطالعه مشاهده نشد بنابراین می‌توان بیان کرد که احتمالاً افراد مورد پژوهش از سطح آمادگی جسمانی یکسانی برخوردار بوده‌اند و این نکته می‌تواند دلیلی برای عدم مشاهده‌ی تفاوت معنادار در شدت متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی در دختران در سه رده‌ی سنی باشد. همانطور که نشان داده شد تفاوت آماری معناداری در مقدار حداکثر اکسیداسیون چربی بر اساس HRmax و همچنین نسبت تبادل تنفسی در لحظه MFO بین سه گروه سنی وجود داشت. نتایج حاصل از آزمون تعقیبی نیز نشان داد FATmax بر اساس درصدی از HRmax در گروه سنی ۹-۱۱ سال نسبت به ۱۲-۱۴ سال به طور معناداری بالاتر بود. اما بین گروه ۹-۱۱ سال و ۱۵-۱۷ سال و همچنین بین گروه ۱۲-۱۴ سال و ۱۵-۱۷ سال از لحاظ آماری تفاوت معناداری وجود نداشت. یکی از دلایل احتمالی عدم مشاهده تفاوت معنادار در شدت متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی بر اساس HRmax بین گروه ۱۵-۱۷ با دو گروه دیگر به درصد

1 Chu et al.(2014)

2 Riddell et al.(2008)

چربی بدن و حداکثر اکسیژن مصرفی مربوط است. همانطور که گفته شد تفاوت آماری معناداری در میزان حداکثر اکسیژن مصرفی و درصد چربی بدن در سه رده سنی مشاهده نشد. بنابراین احتمالاً افراد مورد پژوهش از سطح آمادگی جسمانی یکسانی برخوردار بودند و در نتیجه حداکثر اکسیداسیون چربی در شدت‌های نسبی مشابهی در سه گروه سنی رخ داده است. نسبت تبادل تنفسی در گروه سنی ۹-۱۱ سال نسبت به ۱۵-۱۷ سال و همچنین در گروه سنی ۱۲-۱۴ سال نسبت به ۱۵-۱۷ سال به طور معناداری پایین‌تر بود. درحالی‌که بین گروه ۹-۱۱ سال و ۱۲-۱۴ سال از لحاظ آماری تفاوت معناداری نداشت. از فرضیه‌های احتمالی در این مورد می‌توان به همان توسعه‌ی سیستم اعصاب سمپاتیک و در نتیجه بهبود عملکرد تارهای عضلانی گلیکولیتیکی نوع ۲ اشاره کرد که موجب توسعه‌ی سیستم گلیکولیتیکی و استفاده‌ی بیشتر از کربوهیدرات‌ها در افراد بزرگتر می‌شود. علاوه بر این ما نشان دادیم که بین زمان رسیدن به حداکثر اکسیداسیون چربی در سه رده سنی تفاوت معناداری یافت نشد. با توجه به اطلاعات ما تاکنون هیچ تحقیقی میزان حداکثر اکسیداسیون چربی بر اساس شدتی از HRmax و همچنین میزان RER و مدت زمان متناسب با آن را در طیف گسترده‌ی سنی در کودکان بررسی نکرده است. نظر به اینکه نسبت تبادل تنفسی می‌تواند بیانگر غلظت لاکتات خون باشد (۲۴). بنابراین میزان پایین‌تر آن نشان‌دهنده‌ی غلظت لاکتات کمتر در خون و در نتیجه تولید انرژی از مسیر سوخت و ساز چربی‌ها می‌باشد. از طرفی تعیین مدت زمان رسیدن به حداکثر اکسیداسیون چربی می‌تواند به نوعی بیانگر نقطه‌ی شروع تجمع لاکتات باشد. هرچه قدر مدت زمان رسیدن به حداکثر اکسیداسیون چربی طولانی‌تر شود و آستانه‌ی لاکتات دیرتر اتفاق بیفتد، افراد دیرتر به خستگی می‌رسند. با این وجود، از آنجاکه هیچ پیشینه‌ی پژوهشی در مورد RER در لحظه‌ی MFO و همچنین مدت زمان رسیدن به MFO نیافتیم و نیز اطلاعات بسیار محدودی در زمینه‌ی تاثیر سن بر میزان حداکثر اکسیداسیون چربی وجود دارد، به تحقیقات بیشتری به منظور آگاهی بهتر از تاثیرات فیزیولوژیکی دوران رشد بر میزان حداکثر اکسیداسیون چربی و پارامترهای مرتبط با آن طی فعالیت‌های فزاینده نیاز است.

از دیگر مزایای تحقیق حاضر استفاده از پروتکل رمپ به منظور تعیین اکسیداسیون چربی در هر دو نوع آزمون ورزشی بود. تحقیق حاضر پیشنهاد می‌کند پروتکل‌های با مدت زمان کوتاه تمرینی و افزایش بار کاری کم احتمالاً نتایج قابل اطمینانی در برآورد اکسیداسیون چربی در هر دو نوع آزمون فراهم می‌کند. در حمایت از این نکته تاکاچی و همکاران (۲۰۱۴)^۱ به منظور ارزیابی میزان اعتبار اکسیداسیون چربی بدست آمده طی دو شرایط استفاده از آزمون کوتاه مدت و آزمون بلند مدت، نشان دادند که استفاده از پروتکل‌های کوتاه مدت احتمالاً می‌تواند مقادیر قابل اطمینانی از شدت متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی را جهت ارزیابی متابولیسم چربی فراهم آورد. با این حال محققان بیان کردند در شرایط شدت‌های یکسان و متناسب با حداکثر اکسیداسیون چربی، میزان MFO در پروتکل ورزشی با مدت زمان طولانی به مراتب بالاتر بود (۱۵). یکی از علل مشاهده‌ی این تفاوت احتمالاً به نمونه‌ی آماری تحقیق برمی‌گردد. افراد شرکت کننده در مطالعه‌ی آنان ۹ نفر از مردان ۲۲ سال بودند. بنابراین اعتبار یافته‌های آنان باید در تعداد افراد بیشتر و در سایر رده‌های سنی مورد آزمون قرار گیرد. از طرفی، سرعت اولیه و میزان افزایش شدت کار در هر مرحله برای تمام شرکت‌کنندگان مشابه بود. این در حالی است میزان سرعت اولیه و افزایش شدت کار در هر مرحله در پروتکل رمپ با توجه به سطح توانایی افراد تعیین می‌شود. طبق دانش ما تاکنون هیچ مطالعه‌ای از پروتکل رمپ جهت بررسی اکسیداسیون چربی استفاده نکرده است. با این وجود، گزارشات قبلی در رابطه با مقایسه‌ی پروتکل رمپ با سایر پروتکل‌های شناخته شده در دو نوع آزمون

نوارگردان و دوچرخه‌ی کارسنج (۱۶،۱۷) نشان می‌دهد که به دلیل افزایش فشار کاری متناسب با سطح آمادگی جسمانی افراد، این پروتکل می‌تواند به عنوان یک جایگزین بسیار مناسب سایر پروتکل‌های استاندارد شناخته شده در تعیین دقیق بسیاری از متغیرهای تمرینی در طیف وسیعی از افراد استفاده شود. به طوریکه مشاهدات بالینی نیز استفاده از این پروتکل را نسبت به سایر پروتکل‌های فزاینده‌ی تمرینی در افراد کم تحرک با میزان آمادگی قلبی-تنفسی مختلف توصیه می‌کنند (۲۵).

نتیجه گیری

در پایان از یافته‌های پژوهش چنین استنباط می‌گردد هرچند مکانیسم‌های فیزیولوژیکی متعددی که در طی دوران رشد رخ می‌دهد می‌تواند بر پارامترهای اکسیداسیون چربی افراد تأثیر بگذارد. اما در مجموع با افزایش سن، تغییر در جهت مصرف سوسترا به سمت اکسیداسیون بیشتر کربوهیدرات‌ها رخ می‌دهد. همچنین حداکثر اکسیداسیون چربی در فعالیت‌های روی نوارگردان به سبب به‌کارگیری توده‌ی عضلات بیشتر نسبت به دوچرخه سواری به مراتب بالاتر است. از سوی دیگر نوع پروتکل به کارگرفته شده در تمرین نیز می‌تواند به استفاده‌ی بیشتر از منبع چربی در حین فعالیت‌های ورزشی کمک کند. در این میان ما نشان دادیم که پروتکل رمپ به دلیل ویژگی افزایش بارکاری متناسب با سطح آمادگی جسمانی افراد احتمالاً می‌تواند جایگزین مناسب سایر پروتکل‌های فزاینده در برآورد میزان درستی از حداکثر اکسیداسیون چربی گردد به گونه‌ای که قابل استفاده برای مربیان ورزشی و یا سایر پژوهش‌های مرتبط با کودکان باشد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از آزمودنی‌های این تحقیق که با اشتیاق و به صورت داوطلب شرکت نمودند اعلام می‌دارند.

References:

1. Lima-Silva A, Bertuzzi R, Pires F, Gagliardi J, Barros R, Kiss J. 2010. Relationship between training status and maximal fat oxidation rate. *Journal of Sports Science and Medicine*. 9:31-35.
2. Purge P, Lehismets P, Jürimäe J. 2014. A new method for the measurement of maximal fat oxidation: A pilot study. *Acta Kinesiolgiae Universitatis Tartuensis*. 20: 90-99.
3. Alkahtani S. 2014. Comparing Fat Oxidation in an Exercise Test with Moderate-Intensity Interval Training. *Journal of Sports Science and Medicine*. 13: 51-58.
4. Abrantes C, Sampaio J, Reis V, Sousa N, Duarte J. 2012. Physiological Responses to Treadmill and Cycle Exercise. *International Journal of Sports Medicine*. 33:26-30.
5. Millet GP, Vleck VE, Bentley DJ. 2009. Physiological differences between cycling and running: lessons from triathletes. *Sports Medicine*. 39:179-206.
6. Mohebbi H, Rahmani Nia F, Shadmehri S. 2009. Effect of physical activity type on fat oxidation rate, MFO and Fat max in youth women. *Olampic*. 3: 139-49. [Persian].
7. Forohi K, Shakerian S, Nikbakht M, Habibi A. 2012. Comparison of MFO and FATmax levels during two types of aerobic exercise in non-athlete girls. *International Journal of Sport Studies*. 2 (9): 444-448.
8. Zakrzewski J, Tolfrey K. 2012. Comparison of fat oxidation over a range of intensities during treadmill and cycling exercise in children. *European Journal of Applied Physiology*. 112:163-171.

9. Arkinstall MJ, Bruce CR, Nikolopoulos V, Andrew P, Garnham A, John, A, Hawley. 2001. Effect of carbohydrate ingestion on metabolism during running and cycling. *Journal of Applied Physiology*. 91:2125-34.
10. Kostyak J C, Kris-Etherton P, Bagshaw D, DeLany J, Farrell P. 2007. Relative fat oxidation is higher in children than adults. *Nutrition Journal*. 6 (19): 1-7.
11. Dotan R, Mitchell C, Cohen R, Klentrou P, Gabriel D, Falk B . 2012. Child-Adult Differences in Muscle Activation, A Review. *Pediatric Exercise Science*. 24(1): 2–21.
12. Timmons BW, Bar-Or O, Riddell MC. 2007. Energy substrate utilization during prolonged exercise with and without carbohydrate intake in preadolescent and adolescent girls. *Journal of Applied Physiology*. 103: 995–1000.
13. Riddell MC, Iscoe KE, Jamnick R, Timmons B, Gledhill N. 2008. Fat oxidation rate and the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation decreases with pubertal status in young male subjects. *Journal of Applied Physiology*. 105: 742–748.
14. Chu L, Riddell M C, Schneiderman E J, McCrindle B W, Hamilton J K. 2014. The effect of puberty on fat oxidation rates during exercise in overweight and normal-weight girls. *Journal of Applied Physiology*. 116:76-82.
15. Takagi S, Sakamoto SH, Midorikawa T, Konishi M, Katsumura T. 2014. Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation in short-time testing. *Journal of Sports Sciences*. 32(2):175-182.
16. Odwaldo B, Lurildo C, Ribeiro S, Dário C, Sobral F. 2007. Treadmill Stress Test in Children and Adolescents: Higher Tolerance on Exertion with Ramp Protocol. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 89(6):354-359.
17. Myers J, Buchanan N, Walsh D, Kraemer M, McAuley P, Hamilton-Wessler M. 1991. Comparison of the ramp versus standard exercise protocols. *Journal of the American College of Cardiology*. 7(6):1334-42.
18. Myers J, Bellin D. 2000. Ramp exercise protocols for clinical and cardiopulmonary exercise testing. *Sports Medicine*. 30(1):23-9.
19. Da Silva S C, Monteiro W D, Cunha F A, Myers J, Farinatti P T V. 2012. Determination of Best Criteria to Determine Final and Initial Speeds within Ramp Exercise Testing Protocols. *Pulmonary Medicine j*. Article ID 542402:1-10.
20. Barker AR, Williams CA, Jones AM, Armstrong N. 2011. Establishing maximal oxygen uptake in young people during a ramp cycle test to exhaustion. *British journal of sports medicine*. 45 (6):498-503.
21. Eston R. 2008. *Kinanthropometry and Exercise Physiology Laboratory Manual: Tests, Procedures and Data*. Volume One: Anthropometry: Routledge.
22. Achten J, Venables MC, Jeukendrup AE. 2003. Fat oxidation rates are higher during running compared with cycling over a wide range of intensities. *Metabolism*:52: 747–52.
23. MotA J, Guerra S, Leandro C, Pinto A, Ribeiro JC, Duarte J A. 2002. Association of Maturation, Sex, and body fat in cardio respiratory Fitness. *American journal of human biology*. 14:707-712.
24. Solberg G, Bjørn Robstad O H, Skjønsberg F B. 2005. Respiratory gas exchange indices for the anaerobic threshold. *Journal of Sports Science and Medicine*. 4:29-36.
25. Porszasz J R, Casaburi S A, Woodhouse L J, Whipp B J. 2003. A Treadmill Ramp Protocol Using Simultaneous Changes in Speed and Grade. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 35(9):1596–1603.