

تأثیر ترکیب بدنی و جنسیت بر فاکتورهای آمادگی جسمانی دانش آموزان ۱۷-۱۹ ساله با استفاده از مدل رگرسیونی FFMI-FMI

دکتر اصغر توفیقی*^۱، دکتر بختیار ترتیبیان^۲، جواد طلوعی آذر^۳

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۳/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۵/۰۳

چکیده

پیش زمینه و هدف: آمادگی جسمانی یکی از عوامل موثر در سلامت جامعه و زمینه‌های مناسب برای اجرای فعالیت‌های مختلف ورزشی می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر ترکیب بدنی و جنسیت بر فاکتورهای آمادگی جسمانی دانش آموزان ۱۷-۱۹ ساله شهرستان ماکو با استفاده از مدل رگرسیونی FFMI-FMI بود.

مواد و روش‌ها: ۳۰۰ دانش آموز ۱۷-۱۹ ساله (۱۵۰ دختر و ۱۵۰ پسر) با روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای انتخاب شدند. آزمودنی‌ها به وسیله مدل رگرسیونی FFMI-FMI که در آن شاخص توده بدون چربی بر پایه شاخص توده چربی تعیین می‌شود؛ به سه گروه طبیعی، توپر و قلمی تقسیم شدند. برای تعیین شاخص آمادگی قلبی - تنفسی از برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی آزمون بالک، برای تعیین استقامت عضلانی از آزمون دراز و نشست، برای تعیین انعطاف پذیری از آزمون ولز و برای تعیین چابکی از آزمون ایلی‌نویز استفاده شد. داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS16 و در سطح معناداری آلفای ۵ درصد تحلیل شد. یافته‌ها: نتایج آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد که گروه توپراز بیشترین میزان VO_{2max} ، استقامت عضلانی و چابکی نسبت به گروه‌های دیگر برخوردار می‌باشد ($P < 0/05$). پسران در آمادگی قلبی - تنفسی، استقامت عضلانی و چابکی عملکرد بهتری از دختران داشتند و دختران در انعطاف‌پذیری عملکرد بهتری از پسران داشتند ($P < 0/05$).

نتیجه‌گیری: بر پایه نتایج پژوهش حاضر مداخله توأمان ترکیب بدن و جنسیت اثر هم‌افزایی بر افزایش معنادار شاخص‌های آمادگی قلبی عروقی و چابکی نوجوانان دارد. همچنین تفاوت‌های مشاهده شده در شاخص‌های آمادگی قلبی - تنفسی و چابکی بین دختران و پسران را می‌توان به تفاوت در ترکیب بدن نسبت داد.

واژگان کلیدی: FFMI, FMI, VO_{2max} , دانش آموز

مجله پزشکی ارومیه، دوره بیست و سوم، شماره چهارم، ص ۳۸۷-۳۸۱، مهر و آبان ۱۳۹۱

آدرس مکاتبه: ارومیه، کیلومتر ۱۱ جاده نازلو، دانشگاه ارومیه، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، تلفن: ۰۹۱۴۴۴۶۷۰۷۹

Email: a.tofighi@urmia.ac.ir

مقدمه

مهم در دوران کودکی و نوجوانی می‌باشد (۳). نتایج پژوهشی نشان می‌دهد دانش‌آموزانی که دارای تناسب جسمانی بهتر و آمادگی فیزیکی قابل قبولی نسبت به هم‌کلاسی‌های خود هستند در امتحانات استاندارد مدارس نتایج بهتری می‌گیرند (۲، ۳). از این رو سلامت بدنی و آمادگی جسمانی تأثیر مهمی در میزان یادگیری دانش‌آموزان دارد. اجزای آمادگی جسمانی

آمادگی جسمانی داشتن قوای جسمانی مطلوب برای اجرای فعالیت‌های شغلی روزمره و فعالیت بدنی مناسب تعریف می‌شود (۱). این شاخص مهم‌ترین نقش را در بهبود وضعیت جسمانی دارد و از پارامترهای مرتبط با سلامتی و اساس اجرای بسیاری از مهارت‌ها و اجرای ورزشی در سطوح مختلف است (۲). آمادگی جسمانی از دیدگاه سلامت عمومی یکی از مفاهیم

^۱ استادیار فیزیولوژی ورزشی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه ارومیه (نویسنده مسئول)

^۲ دانشیار فیزیولوژی ورزشی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه ارومیه

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران

اساس هدف از پژوهش حاضر بررسی ارتباط بین فاکتورهای آمادگی جسمانی با جنس و ترکیب بدنی در دانش آموزان ۱۹-۱۷ ساله شهرستان ماکو با استفاده از مدل رگرسیونی FFMI, FMI بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع علی پس از وقوع بود که به شکل میدانی انجام شد. بدین منظور ۳۰۰ دانش‌آموز ۱۹ - ۱۷ ساله‌ی مدارس متوسطه شهرستان ماکو (۱۵۰ دختر و ۱۵۰ پسر) با روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای از تمامی مناطق شهر و مدارس انتخاب شدند. از مجموع ۱۰ مدرسه دبیرستانی شهر چهار مدرسه دخترانه و چهار مدرسه پسرانه به صورت تصادفی از مناطق مختلف انتخاب و سپس از هر مدرسه نیز بر اساس جمعیت گروه‌های سنی مختلف تعداد نمونه‌های مورد نیاز بر اساس جدول اودینسکی تعیین شد (۹). نمونه‌ها به صورت تصادفی از کلاس‌های مختلف انتخاب شدند. برای آگاهی از وضعیت سلامتی آزمودنی‌ها از پرسشنامه سلامتی استاندارد استفاده شد. توده بدنی (BW) با لباس سبک، بدون کفش و با ترازوی دیجیتال بیور آلمان با دقت ۱۰۰ گرم و قد بدون کفش با قد سنج با دقت ۰/۱ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد (۹). برای اندازه‌گیری ضخامت چربی زیرپوستی و محاسبه‌ی درصد چربی از کالیبر Baseline ساخت کشور آمریکا به روش ۴ نقطه برای دختران (جکسون و پولاک ۱۹۸۰) و هفت نقطه برای پسران (جکسون و پولاک ۱۹۷۸)^{۱۳} استفاده شد (۱۲). توده چربی (FM) از حاصل ضرب درصد چربی بدن (%BF) در وزن بدن (BW) و توده بدون چربی (FFM) با استفاده از کم کردن توده چربی (FM) از وزن بدن (BW) محاسبه شد. از تقسیم FM و FFM بر مجذور قد به ترتیب FMI (شاخص توده چربی) و FFMI (شاخص توده بدون چربی) بدست آمد (۹). با برازش FMI روی محور X و FFMI روی محور Y نمودار FFMI-FMI برای هر دو گروه دختر و پسر رسم و خط رگرسیون با یک انحراف معیار ترسیم شد (نمودار ۱ و ۲).

افراد با یک انحراف معیار از خط رگرسیون به عنوان گروه طبیعی، افراد با FFMI پایین تر از گروه طبیعی به عنوان گروه قلمی با توده عضلانی کمتر و افراد با FFMI بالاتر از گروه طبیعی به عنوان گروه توپر با توده عضلانی بیشتر در نظر گرفته شدند (۹). برای اندازه‌گیری حداکثر اکسیژن مصرفی از آزمون زیر بیشینه

وابسته به سلامتی شامل استقامت قلبی - تنفسی^۱، استقامت عضلانی^۲، انعطاف پذیری^۳ و ترکیب بدن^۴ می‌باشد (۴). نتایج مطالعات نشان می‌دهد که افزایش قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و انعطاف‌پذیری اثرات مثبتی بر سیستم قلبی - عروقی دارد و باعث کاهش آسیب‌های عضلانی و اسکلتی می‌شود (۵).

عوامل فیزیولوژیکی متعددی نظیر سن، جنس، درصد چربی بدن^۵، توده بدون چربی^۶ و نیز عوامل ژنتیکی بر میزان آمادگی قلبی - تنفسی، استقامت عضلانی، انعطاف‌پذیری و چابکی تأثیر دارد (۶). به علاوه ترکیب بدنی یکی از عوامل موثر بر تأمین تندرستی و آمادگی جسمانی است که تأثیر معناداری بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی به ورزش دارد. در آزمودنی‌های در حال رشد این موضوع به دلیل آن که رابطه‌ی ترکیب بدن با سن و جنس و هر دو تغییر می‌کند اهمیت ویژه‌ای دارد (۷). روش‌های مورد قبول در تعیین شاخص‌های ترکیب بدنی در کودکان و بزرگسالان، شاخص توده بدنی (BMI) و درصد چربی (%BF) می‌باشد.

شاخص توده بدنی هر چند یک اندازه‌گیری کلی از استانداردهای وزن برای قد است قادر نیست تفاوت‌های موجود در دو جزء مهم جرم بدن را محاسبه کند (۸). برای حل این مشکل پژوهشگران از شاخص توده بدون چربی (FFMI)^۷ و نیز شاخص توده چربی (FMI)^۸ استفاده می‌کنند. به منظور ترکیب این دو شاخص جانتین اسلینگر و همکارانش^۹ بر اساس یک مدل رگرسیونی، FFMI را بر پایه FMI پیش‌بینی و افراد را از نظر ترکیب بدن در سه گروه توپر^{۱۰}، قلمی^{۱۱} و طبیعی^{۱۲} تقسیم بندی کردند. بیان ترکیب بدن بر اساس مدل FMI و FFMI یک روش کامل برای توصیف ساختار بدن نسبت به شاخص توده بدنی و درصد چربی بوده و از حساسیت و دقت بیشتری نیز برخوردار است (۹). حساسیت بالای FMI و FFMI به تغییرات ذخایر چربی بدن این شاخص‌ها را برای ارزیابی وضعیت‌های تغذیه‌ی دینامیک و استاتیک و ذخایر انرژی نیز توانا می‌سازد (۱۰).

با توجه به اینکه تحقیقات اندکی در جامعه ایرانی از مدل رگرسیونی پژوهش حاضر استفاده کرده است، این مطالعه می‌تواند نقطه شروعی برای استفاده از این مدل در مطالعات باشد. بر همین

1. Cardio respiratory endurance

2. Muscular Endurance

3. Flexibility

4. Body Composition

5. Body Fat Percent (%BF)

6. Fat Free Mass

7. Fat Free Mass Index (FFMI)

8. Fat Mass Index (FMI)

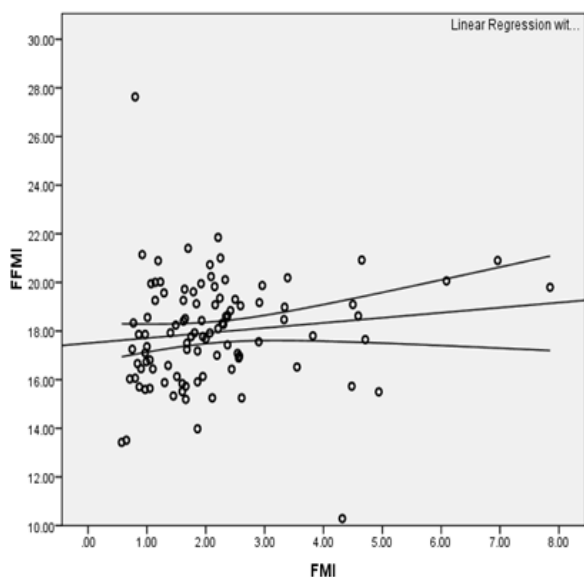
9. Slinger et al 2006

10. Solid

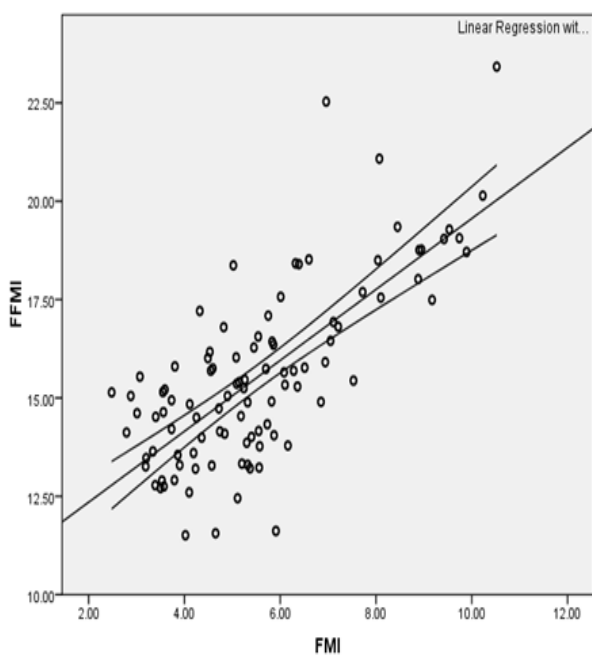
11. Slender

12. Normal

¹³. %Db (g/cc) = 1.112 - 0.00043499 (Σ7SKF) + 0.00000055 (Σ7SKF)² - 0.00028826 (age)
%Db (g/cc) = 1.096095 - 0.0006952 (Σ4SKF) + 0.0000011 (Σ4SKF)² - 0.0000714 (age)
%BF = (4/95 / Db - 4/50) * 100



نمودار شماره (۱): خط برازش FFMI بر FMI در پسران



نمودار شماره (۲): خط برازش FFMI بر FMI در دختران

بالک^۱ استفاده شد، Vo_2max مطلق بر حسب مت (MET) در نظر نظر گرفته شد (۱۳)، برای اندازه گیری انعطاف پذیری از آزمون خمش به جلو بر حسب سانتی-متر، برای اندازه گیری استقامت عضلانی از آزمون دراز و نشست بر حسب تکرار و برای اندازه گیری آزمون چابکی از تست ایلی نوبز بر حسب ثانیه استفاده شد (۱۴). روش‌های آماری: پس از انجام آزمون فرض طبیعی بودن توزیع متغیرها^۲ و آزمون برابری واریانس‌ها^۳؛ در مدل خطی عمومی^۴ از آزمون آنالیز کوواریانس و تست تعقیبی بونفرونی برای تعیین اثر ترکیب بدن بر متغیرها، بدون در نظر گرفتن اثر جنسیت و از آزمون تی مستقل برای بررسی تأثیر جنسیت بر متغیرها استفاده شد. برای تعیین اثر متقابل دو عامل ترکیب بدن و جنسیت از آزمون آنالیز واریانس دو راهه استفاده گردید. سطح معناداری نیز در سطح خطای آلفای ۵ درصد ($P < 0/05$) در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

نتایج آزمون تحلیل کوواریانس و تست تعقیبی بونفرونی نشان داد که تفاوت معناداری در میانگین شاخص‌های تن‌سنجی و آمادگی بدنی بین گروه قلمی، طبیعی و توپر وجود دارد. این تفاوت در شاخص وزن، درصد چربی، توده چربی و توده بدون چربی در گروه‌های مختلف دیده شد ($P < 0/05$). همچنین نتایج این تست نشان داد که تفاوت معناداری در میانگین شاخص‌های Vo_2max ، استقامت عضلانی و چابکی بین گروه‌های قلمی، طبیعی و توپر وجود دارد؛ به شکلی که گروه توپر از بیشترین و گروه قلمی از کمترین میزان این شاخص‌ها برخوردار بودند ($P < 0/05$) (جدول ۱). نتایج آزمون تی مستقل نیز نشان داد که در میانگین شاخص‌های مربوط به آمادگی جسمانی بین جنسیت پسر و دختر اختلاف معناداری وجود دارد. نتایج رکورد مربوط به استقامت قلبی تنفسی، استقامت عضلانی و چابکی به شکل معناداری در پسران و نتایج مربوط به رکورد انعطاف‌پذیری در دختران بیشتر بود ($P < 0/05$) (جدول ۲). همچنین نتایج آزمون آنالیز واریانس دو راهه نیز نشان داد که اثر متقابل ترکیب بدن و جنسیت بر شاخص آمادگی قلبی عروقی ($P < 0/001$) و چابکی ($P < 0/01$) معنادار می‌باشد (جدول ۲).

¹. Balk Vo_2 max test

². One Sample Kolmogorov Smirnov test

³. Levens Test

⁴. General Linear Model (GLM)

جدول شماره (۱): نتایج آزمون تحلیل کوواریانس و تست تعقیبی بون فرونی در تعیین تفاوت موجود در شاخص‌های تن‌سنجی و آمادگی

P value	بدنی بین گروه‌های مختلف پژوهشی			گروه شاخص
	توپر (دختر و پسر) N = ۱۰۰	نرمال (دختر و پسر) N = ۱۰۰	قلمی (دختر و پسر) N = ۱۰۰	
۰/۰۰۱	۶۸/۱۴۶ ± ۹/۱۱ ^{۱,۲}	۶۰/۰۲۵ ± ۶/۳۱ ^{۱,۳}	۵۴/۵۷۴ ± ۶/۲۷ ^{۲,۳*}	وزن (کیلوگرم)
۰/۷۱	۱/۶۶ ± ۱۰/۰۱	۱/۶۷ ± ۵/۷۵	۱/۶۶ ± ۶/۹۸۵	قد (متر)
۰/۰۰۱	۱۵/۹۸ ± ۲/۴۷ ^{۱,۲}	۱۹/۰۳ ± ۲/۰۵۵ ^{۱,۳}	۲۰/۹۴ ± ۲/۴۰۵ ^{۲,۳}	درصد چربی بدن
۰/۰۰۱	۱۰/۸۸۵ ± ۴/۵۲ ^{۱,۲}	۱۱/۲۸ ± ۱/۴۵۵ ^{۱,۳}	۱۱/۳۵۵ ± ۱/۱۳۹ ^{۲,۳}	توده چربی (کیلوگرم)
۰/۰۰۱	۵۷/۳۴۵ ± ۸/۴۲ ^{۱,۲}	۴۸/۷۳۵ ± ۵/۵۴۵ ^{۱,۳}	۴۳/۲۱ ± ۵/۶۶۵ ^{۲,۳}	توده بدون چربی
۰/۰۳۹	۱۴/۳۶ ± ۰/۸۷۷ ^{۱,۲}	۱۳/۶۸۵ ± ۰/۸۹۶ ^{۱,۳}	۱۲/۹۱ ± ۰/۵۳۸ ^{۲,۳}	(Met) Vo ₂ max
۰/۰۱۴	۳۲/۹۱ ± ۶/۳۱ ^{۱,۲}	۳۱/۵۲ ± ۸/۷۵ ^{۱,۳}	۲۸/۷۲ ± ۷/۲۲۵ ^{۲,۳}	استقامت عضلانی (دراز و)
۰/۲۵۵	۳۴/۹۹۸ ± ۸/۹۷	۳۴/۹۵۵ ± ۷/۱۴	۳۴/۶۲ ± ۱۰/۲۱	انعطاف‌پذیری (سانتی‌متر)
۰/۰۲۱	۱۸/۹۳ ± ۱/۵۲ ^{۱,۲}	۱۹/۱۷ ± ۱/۴۵۵ ^{۱,۳}	۱۹/۰۵۵ ± ۱/۴۶ ^{۲,۳}	چابکی (ابلی نویز)(ثانیه)

مقادیر به شکل میانگین ± انحراف استاندارد بیان شده است. * معنی‌داری با گروه

جدول شماره (۲): نتایج آزمون تحلیل واریانس و تست تعقیبی بون فرونی در تعیین اختلاف موجود بین گروه‌های مختلف در متغیرهای

متغیر	پژوهشی			توپر	قلمی	طبیعی	آنالیز واریانس	
	اثر جنسیت	اثر ترکیب بدنی	اثر متقابل ترکیب بدنی و جنسیت				گروه	اثر متقابل ترکیب بدنی و جنسیت
استقامت قلبی -	د	د	د	۱۲/۰۳ ± ۰/۹۲۵	۱۱/۴۶ ± ۰/۶۴۸	۱۱/۹۵ ± ۰/۷۹۴		
تنفسی	پ	پ	پ	۱۶/۶۹ ± ۰/۸۲۹ [#]	۱۴/۳۶ ± ۰/۴۲۸ [#]	۱۵/۴۲ ± ۰/۹۹۸ [#]	P < ۰/۰۰۱	P < ۰/۰۰۱
	ت	ت	ت	۴/۶۶ ± ۰/۰۹۶	۳/۱ ± ۰/۲۲۰	۴/۵۳ ± ۰/۲۰۴		
استقامت	د	د	د	۳۱/۶ ± ۶/۵۴	۲۷/۵ ± ۶/۲۲	۳۰/۹۵ ± ۸/۶۸		
عضلانی	پ	پ	پ	۳۴/۲۲ ± ۶/۰۹ [#]	۲۹/۹۴ ± ۸/۲۳ [#]	۳۲/۰۹ ± ۸/۸۳ [#]	P > ۰/۰۵	P < ۰/۰۱
	ت	ت	ت	۳/۱۶ ± ۰/۴۵	۲/۸۹ ± ۲/۰۱	۲/۸۶ ± ۰/۱۵		
انعطاف‌پذیری	د	د	د	۳۹/۴۱ ± ۱۰/۱۲ [#]	۳۸/۴۲ ± ۹/۳۶ [#]	۳۸/۹۵ ± ۶/۸۵ [#]		
	پ	پ	پ	۳۰/۷۸ ± ۷/۷۴	۳۰/۸۲ ± ۱۱/۰۶	۳۰/۹۶ ± ۷/۴۴	P > ۰/۰۵	P < ۰/۰۰۱
	ت	ت	ت	۹/۳۷ ± ۳/۷۲	۸/۴۰ ± ۲/۳۰	۸/۰۱ ± ۱/۴۱		
چابکی	د	د	د	۱۹/۰۰ ± ۱/۳ [#]	۲۰/۴۱ ± ۱/۶۴ [#]	۱۹/۳۹ ± ۱/۳۹ [#]		
	پ	پ	پ	۱۸/۸۶ ± ۱/۴۷	۱۹/۷ ± ۱/۲۹	۱۸/۹۶ ± ۱/۱۶	P < ۰/۰۱	P < ۰/۰۵
	ت	ت	ت	۱/۸۶ ± ۰/۴۴	۱/۳۴ ± ۰/۳۵	۱/۵۷ ± ۰/۲۳		P < ۰/۰۵

د: مقادیر مربوط به دختران، پ: مقادیر مربوط به پسران، ت: تفاوت مقادیر مربوط به دختران و پسران؛ مقادیر به شکل انحراف معیار ±

میانگین بیان شده است. # معناداری نسبت به جنس مقابل در همان ستون P < ۰/۰۵

بحث و نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ترکیب بدنی یکی از عوامل تعیین کننده استقامت قلبی - تنفسی است. در پژوهش حاضر دانش آموزان توپری که FFMI بالاتری نسبت به گروه طبیعی داشتند حتی پس از همسان سازی بر اساس سن و جنس از $VO_2 \max$ بالاتری برخوردار بودند که تأییدی بر یافته‌های اسلینگر و همکاران (۲۰۰۶) و آقا علی نژاد و همکارانش (۱۳۸۸) است (۶، ۹). تغییرات $VO_2 \max$ نه تنها تحت اثر جداگانه ترکیب بدن و جنسیت قرار داشت بلکه مداخله توأمان ترکیب بدن و جنسیت نیز اثر هم‌افزایی بر افزایش این شاخص نشان می‌داد. به نظر می‌رسد توده‌ی عضلانی بیشتر نسبت به بافت چربی در گروه توپر دلیل بروز این اختلاف باشد چرا که توده‌ی عضلانی از لحاظ متابولیکی فعال‌تر است و امکان سوخت و سازی بیشتری را فراهم می‌سازد اما چربی اضافی قابلیت تولید تنش و انقباض را نداشته و در تولید نیرو سهمی ندارد. بنابراین به عنوان یک اضافه‌بار نیاز عضلات اسکلتی به نیرو را افزایش می‌دهد (۱۵، ۱۶). این جرم سنگین به‌منظور حرکت در فضا به انرژی بیشتری نیاز دارد و بدین شکل اثر منفی بر عملکرد هوازی می‌گذارد (۱۷). ویلفورد و همکارانش^۱ گزارش کردند که توده بالای چربی بدن در حین تمرین ضربان قلب و فشارخون را افزایش داده و باعث کاهش استقامت قلبی - تنفسی می‌شود. همچنین با افزایش نیاز قلبی باعث کاهش کارایی متابولیکی نیز می‌گردد (۱۸). بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر تفاوت در میزان $VO_2 \max$ بین دختران و پسران به نفع پسران بود. این یافته با یافته‌های آرترو و همکاران^۲ (۲۰۰۹) و پاسکال به اوت و همکاران^۳ (۲۰۰۷) هم‌خوانی داشت (۱۵، ۱۶). آرترو و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی ۱۱۹۶ پسر و ۱۲۷۸ دختر ۱۸ - ۵ ساله تفاوت‌های جنسیتی را در $VO_2 \max$ گزارش کردند: به گونه‌ای که پسران دارای $VO_2 \max$ بالاتری نسبت به دختران بودند (۱۹). چندین متغیر بیولوژیک در ایجاد اختلاف بین میزان $VO_2 \max$ دختران و پسران نقش اساسی دارد. از آن جمله می‌توان به توده عضلانی بالاتر و توده چربی کمتر در پسران به علت سطح بالای تستسترون و سنتز بیشتر پروتئین در پسران و سطح بالای استروژن و سنتز بیشتر چربی در دختران اشاره کرد (۱۹). همچنین دختران دارای قلب کوچک‌تر و بنابراین بطن چپ کوچک‌تری بوده و حجم ضربه‌ای کمتری دارند که به کوچک‌تر بودن اندازه بدنی آن‌ها و احتمالاً کمتر بودن میزان تستسترون مربوط می‌شود (۲۰). دختران دارای حجم خون کمتری هستند که

مربوط به اندازه جسمانی کوچک‌تر آن‌هاست. ظرفیت کمتر دختران برای افزایش اختلاف خون سرخ رگی - سیاهرگی به علت کمتر بودن هموگلوبین، باعث کاهش توانایی حمل اکسیژن به عضلات فعال در دختران می‌شود (۲۱). بنابراین با معنی‌داری اثر تعامل بین ترکیب بدن و جنسیت در شاخص $VO_2 \max$ می‌توان تفاوت‌های موجود بین دختران و پسران را در این شاخص ناشی از تفاوت در ترکیب بدنی افراد دانست (۲۲).

بر اساس نتایج پژوهش حاضر هرچند استقامت عضلانی به طور جداگانه تحت تأثیر متغیر ترکیب بدن و جنسیت و انعطاف پذیری فقط تحت تأثیر جنسیت قرار گرفته بود، با این حال مداخله توأمان ترکیب بدن و جنسیت اثر هم‌افزایی بر تغییرات استقامت عضلانی و انعطاف پذیری در نوجوانان نداشت. اکبلوم و همکارانش^۴ (۲۰۰۵) در تحقیق خود بر روی ۱۷۳۷ دانش آموز دختر و پسر نشان دادند که تفاوت در عملکرد دراز و نشست بین دختران و پسران فقط در سنین ۱۳-۱۶ سالگی وجود دارد و پسران در این دامنه‌ی سنی عملکرد بهتری نسبت به دختران نشان می‌دهند (۲). مطالعات دیگری نیز گزارش کردند دامنه‌ی حرکت مفصلی دختران بر اساس گروه‌های سنی تفاوت دارد (۲۳). همچنین در مطالعه‌ی دیگری بر روی کودکان و نوجوانان برزیلی گزارش شد که انعطاف پذیری در میان دختران با توجه به سن تغییر می‌یابد (۲۴). تفاوت در انعطاف‌پذیری بین کودکان، نوجوانان و بزرگسالان بر طبق دامنه‌ی سنی و جنسیت تغییر می‌کند. همچنین عوامل دیگری نظیر سنجش شاخص‌های تن‌سنجی، فاکتورهای ژنتیکی، فرهنگی و پاتولوژیکی منجر به تفاوت‌های فردی در انعطاف پذیری می‌گردد (۲۳).

در پژوهش حاضر دانش آموزان توپر با داشتن توده عضلانی بیشتر از میزان چابکی بالاتر و گروه قلمی با داشتن توده چربی زیاد از میزان چابکی کمتری برخوردار بودند. نتایج پژوهشی نشان می‌دهد توده چربی به عنوان بار اضافی از سرعت جابجایی و توانایی تغییر حالت بدن می‌کاهد و معمولاً افراد با قامت متوسط و عضلانی موفقیت بیشتری در اجرای چابکی دارند (۲۵). پسران با توده عضلانی بزرگ‌تر و استخوان‌های طویل به‌طور معمول قوی‌تر و سریع‌تر از دختران می‌باشند. با توجه به این که قدرت و سرعت توان از عوامل موثر بر چابکی می‌باشد در نتیجه پسران از چابکی بیشتری برخوردار هستند و دختران با چگالی کمتر استخوان و ساختار لگن عریض‌تر، کارایی مفیدی در دویدن ندارند (۲۵). بنابراین شاخص چابکی تحت تأثیر ترکیب بدن و جنسیت قرار

¹. Willford et al 1998

². Artero et al 2009

³. Pascal et al 2007

⁴. Ekblom et al 2005

توآمان ترکیب بدن و جنسیت اثر هم‌افزایی بر افزایش شاخص آمادگی قلبی عروقی و شاخص چابکی نوجوانان دارد. تفاوت‌های مشاهده شده در شاخص‌های آمادگی قلبی - تنفسی و چابکی بین دختران و پسران می‌تواند به تفاوت در ترکیب بدن نسبت داد.

می‌گیرد و مداخله هر دو عامل اثر هم‌افزایی بر میزان این شاخص در نوجوانان دارد.

در مجموع می‌توان گفت تغییرات VO_{2max} و چابکی نه تنها تحت اثر جداگانه ترکیب بدن و جنسیت قرار دارد بلکه مداخله

References:

1. Napradit P, Pantaewan P. Physical fitness and anthropometric characteristics of Royal Thai Army personnel. *J Med Assoc Thai* 2009; 92(1): S16-21.
2. Ekblom O, Oddsson K, Ekblom B. Physical performance and body mass index in Swedish children and adolescents. *Scand J Nutri* 2005; 49 (4): 172-9.
3. Ortega FB, Artero EG, Ruiz JR, Vicente-Rodriguez G, Bergman P, Hagströmer M, et al. Reliability of health-related physical fitness tests in European adolescents. The Helena Study. *Int J Obes* 2008; 32(5): S49-57.
4. Moliner-Urdiales D, Ruiz JR, Ortega FB, Jiménez-Pavón D, Vicente-Rodriguez G, Rey-López JP, et al. Secular trends in health-related physical fitness in Spanish adolescents: the Avena and Helena Studies. *J Sci Med Sport* 2010; 13(6): 584-8.
5. Mikkelsen LO, Nupponen H, Kaprio J, Kautiainen H, Mikkelsen M, Kujala UM. Adolescent flexibility, endurance strength, and physical activity as predictors of adult tension neck, low back pain, and knee injury: a 25-year follow up study. *Br J Sports Med* 2006; 40: 107-13.
6. Agha Alinejad H, Delfan M, Mirzaei Rabar M, Lotfi Sh, Molanouri Shamsi M, Mirakhori Z. Effects of age, gender, body composition on cardio respiratory fitness in students aged 8 – 11 years using the FFMI-FMI regression model. *Iran J Endocrinol Metabol* 2009; 3:301-6.
7. Kumanyika S, Stettler N. Commentary. Getting ahead of the childhood obesity curve. *Int J Epidemiol* 2001; 30: 999-1000.
8. Wells JC, Cole TJ. Adjustment of fat-free mass and fat mass for height in children aged 8 y. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2002; 26: 947-52.
9. Slinger JD, Verstappen T, van Breda E, Kuipers H. The effect of body build and BMI on aerobic test performance in school children (10-15 years). *J Sports Sci Med* 2006; 5: 699-706.
10. Schutz Y, Kyle U, Pichard C. Fat-free mass index and fat mass index percentile in Caucasians aged 18-98 years. *Int J Obes* 2002; 7: 953-56.
11. Jackson AS, Pollock ML, Ward A. Generalized equations for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exerc* 1980; 12: 175-82.
12. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr* 1978; 40: 497-504.
13. Balke B. A simple field test for the assessment of physical fitness. *CARI Report* 1963; 63:18.
14. Heyward V. Advanced fitness assessment and exercise prescription. 6th Ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2010.
15. Bunc V. Body composition as a determining factor in the aerobic fitness and physical performance of Czech children. *Acta Univ Palacki Olomuc* 2009; 36(4): 61-8.
16. Lohman T, Ring K, Pfeiffer K, Camhi S, Arredondo E, Webber S. Relationships among fitness, body composition, and physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2008; 40(6): 1163-70.
17. Crawford K, Fleishman K, Abt JP, Sell TC, Lovalekar M, Nagai T, et al. Less body fat

- improves physical and physiological performance in army soldiers. *Mil Med* 2011; 176(1): 35-43.
18. Williford HN, Duey WJ, Olson MS. The relationship between fire fighter physical fitness and performance. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28:5, S198.
19. Artero EG, España-Romero V, Ortega FB, Jiménez-Pavón D, Ruiz JR, Vicente-Rodríguez G, et al. Health-related fitness in adolescents: underweight, and not only overweight, as an influencing factor; the AVENA study. *Scand J Med Sci Sports* 2010; 20(3): 418-27.
20. Bovet P, Auguste R, Burdette H. Strong inverse association between physical fitness and overweight in adolescents: a large school-based survey. *Int J Behav Nutri Phys Activity* 2007; 4: 24-31.
21. Ozcelik O, Aslan M, Ayar A, Kelestimur H. Effects of body mass index on maximal work production capacity and aerobic fitness during incremental exercise. *Physiol Res* 2004; 53: 165-70.
22. Valentine RJ, Misic M, Rosengren K, Woods E, Evans E. Sex impacts the relation between body composition and physical function in older adults. *Menopause* 2009; 16(3): 518-23.
23. Lamari N, Carvalhomarino L, Cordeiro J, Grini A. Trunk anterior flexibility in adolescents after height growth speed peak. *Acta Ortop Bras* 2007 ;15(1): 25-9.
24. Lamaria N, Chueire AG, Cordeir DJA. Analysis of joint mobility patterns among preschool children. *Saopaulo Med J* 2005; 123: 119-23.
25. Sims EL, Hardaker WM, Queen RM. Gender differences in plantar loading during three soccer-specific tasks. *Br J Sports Med* 2008; 42(4):272-7.