

مقایسه‌ی تاثیر دو برنامه‌ی تمرینی مختلف (تناوبی در مقابل تداومی) بر آمادگی‌های دانش‌آموزان ۹-۱۲ سال

دکتر سید علیرضا حسینی کاخک^۱، علیرضا رضایی بجزستانی^۲، دکتر محمدرضا شهایی کاسب^۳

چکیده

سابقه و هدف: آمادگی هوازی یکی از مهمترین عناصر آمادگی جسمانی مرتبط با سلامت می‌باشد. هدف این پژوهش، مقایسه تاثیر دو برنامه‌ی تمرینی مختلف (تناوبی و تداومی) بر آمادگی هوازی دانش‌آموزان پسر ۹-۱۲ ساله‌ی بود.

مواد و روش‌ها: به این منظور ۳۶ دانش‌آموز (قد: 142 ± 5 سانتی‌متر، وزن: 35 ± 5 کیلوگرم) انتخاب و به طور تصادفی به سه گروه تمرین تداومی، تمرین تناوبی و کنترل تقسیم شدند. تمرینات به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته، با شدت ۶۰-۷۵٪ ضربان قلب بیشینه و با رعایت اصل اضافه بار انجام شد. قبل و بعد از برنامه‌ی تمرین VO_{2max} آزمودنی‌ها با استفاده از سه آزمون (۲۰ متر شاتل ران، ۱۶۰۰ متر راه رفتن - دویدن و ۲۴۰۰ متر دویدن) اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از آزمون t همبسته، آنالیز واریانس یک طرفه و آزمون تعقیبی LSD تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تمرینات تداومی و تناوبی باعث افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی دو گروه تجربی نسبت به گروه کنترل شد ($p \leq 0.05$)، اما بین دو گروه تمرینی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: این نتایج بیان می‌کنند که تمرینات تناوبی و تداومی آمادگی هوازی پسران ۹-۱۲ را به طور معنی‌داری بهبود می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: آمادگی هوازی، حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2max})، تمرین تداومی، تمرین تناوبی.

۱. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران hosseini18@yahoo.com

۲. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

۳. استادیار گروه رفتار حرکتی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

مقدمه:

آمادگی هوازی عبارت است از توانایی تحویل اکسیژن به عضلات فعال و مصرف آن برای تولید انرژی در حین فعالیت بدنی (۱). بهترین شاخص برای ارزیابی آمادگی قلبی - تنفسی اندازه‌گیری حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2max}) می باشد (۱،۲). ارتباط نزدیک و معنی داری بین آمادگی هوازی و بسیاری از بیماری‌ها (از جمله بیماری‌های قلبی عروقی و سندرم متابولیک) گزارش شده است (۲). آمادگی هوازی به خصوص در کودکان حائز اهمیت می باشد؛ چرا که امروزه به دلیل کاهش سطح فعالیت بدنی کودکان، آمادگی هوازی آنان نیز کاهش یافته و نگرانی‌های زیادی در خصوص بیماری‌های مرتبط با بی‌تحرکی در این سن وجود دارد (۳،۴). همچنین گزارش شده است که بین آمادگی جسمانی و سلامتی در سنین کودکی و نوجوانی با سنین بزرگسالی ارتباط مستقیم وجود دارد (۵،۶،۷). بنابراین برنامه ریزی تمرینات موثر در این زمینه برای کودکان بسیار مهم می باشد.

کاملاً پذیرفته شده که فعالیت بدنی و ورزش عملکرد دستگاه قلبی - تنفسی (و VO_{2max}) را بهبود می‌دهد (۲). اما پاسخ سیستم قلبی - تنفسی کودکان و نوجوانان در مقایسه با افراد بزرگسال نسبت به ورزش و تمرین کاملاً مشخص نیست و موضوعی مورد بحث بین محققان می‌باشد. به طور کلی تحقیقات در حدود سه دهه گذشته معتقد بودند تمرین بر VO_{2max} (یا VO_{2peak}) کودکان و نوجوانان زیر ۱۲ سال تاثیر ندارد (۸،۹،۱۰). در حالیکه تحقیقات جدیدتر گزارش می‌دهند که توان هوازی کودکان و نوجوانان بر اثر تمرین و ورزش بهبود می‌یابد (۱۱-۱۶). احتمالاً اشکالات متدولوژی و محدودیت‌های تحقیقی (مثل نداشتن گروه کنترل و کافی نبودن تعداد نمونه‌ها) در تحقیقات گذشته نتایج را به اشتباه به سمت عدم اثر بخشی سوق داده باشد (۱۷). اما در زمینه اینکه چه نوع تمرین استقامتی (تناوبی در مقابل تداومی) بر آمادگی هوازی کودکان و نوجوانان موثر تر است، به نظر نمی‌رسد تا کنون تحقیقی انجام شده باشد. رولند و همکاران^۱ (۱۹۹۹) گزارش دادند که سه جلسه تمرین هوازی در هفته به مدت ۱۲ هفته با میانگین ضربان قلب ۱۶۶ ضربه در دقیقه باعث افزایش VO_{2max} گروه تجربی شد (۱۸). در مطالعه‌ای دیگر، ابرت و همکاران^۲ (۲۰۰۳) در تحقیقی روی آزمودنی‌های رده‌ی سنی ۱۱-۱۰ ساله گزارش دادند که ۱۳ هفته تمرین استقامتی (با شدت ۸۰٪ حداکثر ضربان قلب) باعث افزایش VO_{2max} پسران (۱۵٪) و دختران (۸٪) گردید (۱۵). همچنین، گروملی و همکاران^۳ (۲۰۰۸) بیان کردند که شش هفته تمرین هوازی روی دوچرخه‌ی کارسنج با سه شدت متوسط، شدید و زیر بیشینه باعث شد که VO_{2max} در هر سه گروه افزایش یابد (۱۱). مندیگوت و همکاران^۴ (۲۰۰۷) نیز در مطالعه‌ای روی دختران و پسران دانه‌ی سنی ۱۱ - ۱۰ سال (با شدت بالای ۸۰٪ حداکثر ضربان قلب، یک گروه دو جلسه و گروه دیگر سه جلسه در هفته) گزارش دادند که VO_{2max} فقط در گروهی که سه جلسه در هفته تمرین می‌کردند، افزایش یافت (۱۳). اما در تنها مطالعه‌ای که تمرینات تناوبی و تداومی مقایسه شد، مک مانوس و همکاران^۵ (۲۰۰۵) تاثیر تمرین تناوبی شدید را در مقابل تمرین تداومی متوسط بر توان هوازی پسرانی با میانگین سنی $10/5 \pm 0/25$ سال مورد مطالعه قرار داد و به این نتیجه رسید که هر دو نوع تمرین به میزان مشابه موجب افزایش VO_{2max} می‌شود. البته این مطالعه با استفاده از دوچرخه‌ی کارسنج انجام شد (۱۴). در بزرگسالان نشان داده شده است تمرینات تناوبی باعث بهبود سیستم انرژی

1 . Rowland et al
2. Obert et al
3 . Gromley et al
4. Mandigout
5. McManus et al

هوازی و سیستم گلیکولیتیک می‌شود، در حالیکه تمرینات تداومی عمدتاً باعث بهبود سیستم هوازی می‌گردد و لذا انتظار می‌رود تمرینات تناوبی اثر بخشی بیشتری بر ظرفیت هوازی داشته باشند (۱۴)، اما این مسئله در مورد کودکان مورد توجه قرار نگرفته است و با عنایت به اهمیت آمادگی قلبی تنفسی هم از منظر سلامتی و هم ورزش قهرمانی در دوره کودکی و نوجوانی و کمبود تحقیقات در این زمینه (به خصوص به صورت میدانی)، هدف تحقیق حاضر مطالعه تاثیر دو نوع تمرین تناوبی در مقایسه با تداومی بر آمادگی قلبی تنفسی دانش آموزان ۹-۱۲ سال بود.

روش شناسی تحقیق:

این پژوهش نیمه تجربی، از نوع کاربردی و اجرای آن میدانی می‌باشد. جامعه‌ی آماری این پژوهش تمامی دانش آموزان پسر ۹-۱۲ سال شهرستان بجنستان بود که از طریق فراخوان عمومی از آنها دعوت به همکاری شد. از بین افراد داوطلب شرکت در تحقیق تعداد ۳۶ نفر (که از لحاظ جسمانی و روانی سالم و تندرست بودند) انتخاب و بطور تصادفی به سه گروه تناوبی ($n=12$)، تداومی ($n=12$) و کنترل ($n=12$) تقسیم شدند. گواهی پزشک متخصص و رضایت نامه‌ی والدین جهت شرکت آزمودنی‌ها در تمرینات به مدت دو ماه از تمامی دانش آموزان اخذ گردید. از آزمودنی‌ها و والدین آنها خواسته شد برنامه تغذیه معمول خود را ادامه دهند و تغییر خاصی در آن ایجاد نکنند.

برنامه‌ی تمرین

در این پژوهش از دو برنامه‌ی تمرینی مختلف شامل یک برنامه‌ی تمرین تداومی و یک برنامه‌ی تمرین تناوبی یا اینتروال، به مدت هشت هفته (دو ماه) استفاده شد که در ذیل به ذکر جزئیات هر برنامه پرداخته شده است.

برنامه تمرین تناوبی

در گروه تمرین تناوبی، هر جلسه از تمرین شامل گرم کردن (۱۰ دقیقه)، سرد کردن (۱۰ دقیقه) و تمرین اصلی بود. شدت تمرین از ۶۰٪ ضربان قلب بیشینه شروع و تا ۷۵٪ ادامه داشت. به منظور رعایت اصل اضافه بار، در هر هفته دو دقیقه به زمان تمرین اضافه می‌شد به طوری که مدت بدنه اصلی تمرین از ۲۰ دقیقه در هفته اول به ۳۵ دقیقه در پایان هفته‌ی هشتم رسید. در تمرین اصلی در هفته اول تناوب تمرین به استراحت فعال ۶۰ به ۱۵ ثانیه بود که برای هر فرد و با توجه به میزان پیشرفت وی در هر هفته افزایش می‌یافت. پس از تمرین اصلی و به منظور رفع خستگی، آزمودنی‌ها به انجام بازی‌های شاد و نشاط انگیز می‌پرداختند.

برنامه تمرین تداومی

در این گروه تمرین به صورت تداومی انجام می‌شد. جهت جلوگیری از یکنواختی و تمرین زدگی تمرینات هوازی به شکل بازی طراحی شد. همانند گروه اول، هر جلسه از تمرین شامل گرم کردن (۱۰ دقیقه)، سرد کردن (۱۰ دقیقه) و تمرین اصلی بود. شدت تمرین این گروه نیز از ۶۰٪ ضربان قلب بیشینه شروع و تا ۷۵٪ ادامه داشت. به منظور رعایت اصل اضافه بار، در هر هفته ۲ دقیقه به زمان تمرین این گروه اضافه می‌شد به طوری که مدت تمرین از ۲۰ دقیقه در ابتدا به ۳۵ دقیقه در پایان هفته‌ی هشتم رسید. تمرین به صورت متوالی و بدون وقفه انجام می‌شد و برای جلوگیری از خستگی و دلزدگی از روش‌های ابتکاری مانند رد شدن از بین همدیگر، پاس دادن توپ هندبال به یکدیگر و دفاع کردن و غیره استفاده می‌شد.

هر دو گروه، سه جلسه در هفته و به مدت هشت هفته تحت نظارت مربی تمرین کردند. جهت تشویق آزمودنی‌ها به تمرین از دادن جایزه، لباس ورزشی و تشویق‌های کلامی استفاده شد. ضربان قلب توسط ضربان‌سنج پولار کنترل می‌شد.

اندازه‌گیری قد، وزن، شاخص توده بدن و درصد چربی: قد و وزن توسط روش‌های استاندارد و رعایت دستورالعمل‌های مربوطه اندازه‌گیری شد. شاخص توده بدن از تقسیم وزن (بر حسب کیلوگرم) بر مجذور قد (بر حسب متر) محاسبه گردید. درصد چربی به روش اندازه‌گیری ضخامت چربی زیر جلدی ناحیه سه سر بازو، تحت کتفی و ساق پای آزمودنی‌ها با استفاده از کالیپر (مدل Longe ساخت آلمان) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (۱۹).

$$+ (مجموع ضخامت چربی زیر جلدی سه سر بازو و ساق پا) \times 0.735 = درصد چربی بدنی$$

ارزیابی آمادگی قلبی تنفسی (VO_{2max}):

جهت اندازه‌گیری VO_{2max} از سه آزمون ۲۰ متر رفت و برگشت (شاتل ران)، ۱۶۰۰ متر دویدن - راه رفتن (۱/۵ مایل) و ۲۴۰۰ متر دویدن (آزمون کوپر) استفاده شد. آزمون شاتل ران مطابق دستورالعمل آن اجرا و از فرمول متسوزاکا و همکاران^۱ (۲۰۰۴) با روایی ۸۰٪ استفاده شد (۲۰).

$$VO_{2max} = 61/1 - 2/20 \times \text{جنس} - 0/462 \times \text{سن} - 0/268 \times \text{BMI} + 0/192 \times \text{تعداد دور}$$

در فرمول فوق جنسیت برای آقایان عدد صفر و برای خانم‌ها عدد یک لحاظ می‌شود.

آزمون ۱۶۰۰ متر دویدن - راه رفتن نیز مطابق دستورالعمل آن اجرا و از فرمول زیر جهت محاسبه‌ی VO_{2max} استفاده شد (۲۱).

$$VO_{2max} = 10.8/94 - 8/41 \times (\text{زمان به دقیقه}) + 0/34 \times (\text{زمان به دقیقه}) + 0/21 \times (\text{سن بر حسب سال}) - 0/84 \times (\text{BMI})$$

آزمون ۲۴۰۰ متر دویدن نیز مطابق دستورالعمل آن اجرا و از فرمول زیر برای محاسبه VO_{2max} استفاده شد (۱۹).

$$VO_{2max} = 3/5 + 483/(\text{زمان})$$

این سه آزمون قبل و بعد از هشت هفته تمرین در شرایط مشابه از تمامی آزمودنی‌ها گرفته شد.

روش‌های آماری

برای تشخیص همسانی و طبیعی بودن اطلاعات مربوط به دو گروه، از آزمون کولموگراف-اسمیرنوف استفاده شد. همچنین آزمون t همبسته جهت بررسی اختلافات درون گروهی و آزمون آنالیز واریانس یک طرفه جهت بررسی اختلافات بین گروهی و آزمون تعقیبی LSD مورد استفاده قرار گرفت. برای انجام محاسبات آماری از نرم افزار SPSS نسخه‌ی ۱۶ استفاده و سطح معنی‌داری آماری $p < 0/05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌های تحقیق

ویژگی‌های آنترپومتریک آزمودنی‌ها

میانگین و انحراف استاندارد برخی از ویژگی‌های آنترپومتریکی سه گروه قبل و بعد از برنامه‌ی تمرینی در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به مقدار p ، تفاوت معنی‌داری در وزن و درصد چربی سه گروه قبل و بعد از ۸ هفته تمرین مشاهده می‌شود.

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد برخی از ویژگی‌های آنترپومتریک آزمودنی‌ها

ویژگی آنترپومتریک	آزمودنی‌ها	قبل	بعد	میانگین اختلاف قبل از بعد
قد (سانتی متر)	تداومی	۱۴۲/۲۵±۶۶/۳۸	//////	//////
	تناوبی	۱۴۲/۵۸±۵۹/۶۸	//////	//////
	کنترل	۱۴۲/۶۲±۴۶/۷۶	//////	//////
	ارزش p بین گروهی	۰/۹۸	//////	//////
وزن (کیلوگرم)	تداومی	۳۴/۵۷±۷/۱۹	۳۴/۲۵±۷/۱۳	-۰/۳۲±۰/۶۱
	تناوبی	۳۵/۶۳±۶/۰۱	۳۵/۲۱±۵/۹۵	-۰/۴۱±۰/۴۱
	کنترل	۳۴/۷۵±۴/۵۸	۳۵/۱۸±۴/۴۳	۰/۴۲±۰/۳۱
	ارزش p بین گروهی	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۰۰۱
درصد چربی (درصد)	تداومی	۱۸/۳۶±۹/۶۷	۱۷/۰۱±۹/۳۲	-۱/۳۵±۲/۰۹
	تناوبی	۱۹/۹۲±۹/۳۸	۱۷/۵۹±۸/۱۳	-۲/۳۲±۲/۳۶
	کنترل	۱۸/۹۶±۳/۱۷	۱۹/۷۱±۳/۷۲	۰/۷۵±۱/۰۳
	ارزش p بین گروهی	۰/۸۹	۰/۶۴	۰/۰۰۱
BMI (مترمربع / کیلوگرم)	تداومی	۱۶/۹۸±۲/۵۷	۱۷/۲۲±۲/۶۹	۰/۲۴±۱/۱۵
	تناوبی	۱۷/۵۰±۲/۳۶	۱۷/۲۲±۲/۳۷	-۰/۲۷±۰/۲۸
	کنترل	۱۶/۶۰±۲/۲۷	۱۷/۲۴±۱/۳۰	۰/۶۴±۱/۷۶
	ارزش p بین گروهی	۰/۶۶	۰/۹۸	۰/۲۰

سطح معنی‌داری $p < ۰/۰۵$ در نظر گرفته شده است.

در جدول ۲ میانگین و انحراف استاندارد $\dot{V}O_{2max}$ آزمودنی‌های سه گروه نشان داده شده است، چنانچه مشاهده می‌شود بین میانگین و انحراف استاندارد $\dot{V}O_{2max}$ آزمودنی‌های سه گروه پس از هشت هفته تمرین تفاوت

معنی‌داری یافت شد ($p \leq 0.05$). در جدول سه نیز میانگین و انحراف استاندارد VO2max آزمودنی‌های دو گروه تجربی (تداومی و تناوبی) قبل و بعد از هشت هفته تمرین ارائه شده است. همانطوریکه مشاهده می‌شود به دنبال هشت هفته تمرین در میانگین و انحراف استاندارد VO2max آزمودنی‌های دو گروه تجربی (تداومی و تناوبی) نسبت به هم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۲. میانگین و انحراف استاندارد VO2max آزمودنی‌های سه گروه

نوع آزمون	آزمودنی‌ها	قبل	بعد	میانگین اختلاف قبل از بعد
VO ₂ max (میلی لیتر / وزن / دقیقه) (بر اساس رکورد ۱۶۰۰ متر)	تداومی	۴۸/۷۸±۳/۸۸	۵۰/۶۸±۳/۷۹	۱/۸۹±۰/۷۹
	تناوبی	۴۹/۲۸±۴/۱۲	۵۰/۹۵±۴/۲۳	۱/۶۷±۱/۵۱
	کنترل	۵۰/۱۸±۲/۰۶	۵۰/۰۷±۲/۵۶	-۰/۱۱±۲/۳۸
	ارزش p بین گروهی	۰/۶۱	۰/۸۲	۰/۰۰۱
VO ₂ max (میلی لیتر / وزن / دقیقه) (بر اساس رکورد ۲۰ متر رفت و برگشت)	تداومی	۵۹/۲۵±۲/۷۲	۶۳/۰۲±۳/۳۵	۳/۷۶±۱/۷۳
	تناوبی	۵۸/۲۲±۳/۳۹	۶۱/۰۸±۳/۸۶	۲/۸۵±۲/۸۸
	کنترل	۵۸/۲۱±۱/۱۱	۵۷/۸۷±۲/۹۵	-۰/۳۳±۲/۵۸
	ارزش p بین گروهی	۰/۵۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
VO ₂ max (میلی لیتر / وزن / دقیقه) (بر اساس رکورد ۲۴۰۰ متر)	تداومی	۳۷/۷۹±۳/۹۷	۴۰/۵۵±۲/۴۲	۲/۷۵±۲/۱۷
	تناوبی	۳۷/۸۵±۳/۶۵	۳۹/۵۹±۴/۳۶	۱/۷۳±۱/۸۵
	کنترل	۳۷/۴۸±۲/۳۰	۳۶/۲۶±۲/۱۰	-۱/۲۲±۲/۰۰
	ارزش p بین گروهی	۰/۹۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱

سطح معنی‌داری $p < 0.05$ در نظر گرفته شده است

جدول ۳. میانگین و انحراف استاندارد VO2max آزمودنی‌های دو گروه تجربی (تداومی، تناوبی)

نوع آزمون	آزمودنی‌ها	قبل	بعد	میانگین اختلاف قبل از بعد
VO ₂ max (میلی لیتر/ وزن / دقیقه) (بر اساس رکورد ۱۶۰۰ متر)	تداومی	۴۸/۷۸±۳/۸۸	۵۰/۶۸±۳/۷۹	۱/۸۹±۰/۷۹
	تناوبی	۴۹/۲۸±۴/۱۲	۵۰/۹۵±۴/۲۳	۱/۶۷±۱/۵۱
	ارزش p بین گروهی	۰/۷۶۶	۰/۸۷۱	۰/۶۵۵
VO ₂ max (میلی لیتر/ وزن / دقیقه) (بر اساس رکورد ۲۰ متر رفت و برگشت)	تداومی	۵۹/۲۵±۲/۷۲	۶۳/۰۲±۳/۳۵	۳/۷۶±۱/۷۳
	تناوبی	۵۸/۲۲±۳/۳۹	۶۱/۰۸±۳/۸۶	۲/۸۵±۲/۸۸
	ارزش p بین گروهی	۰/۴۲۰	۰/۲۰۱	۰/۳۵۹
VO ₂ max (میلی لیتر/ وزن / دقیقه) (بر اساس رکورد ۲۴۰۰ متر)	تداومی	۳۷/۷۹±۳/۹۷	۴۰/۵۵±۲/۴۲	۲/۷۵±۲/۱۷
	تناوبی	۳۷/۸۵±۳/۶۵	۳۹/۵۹±۴/۳۶	۱/۷۳±۱/۸۵
	ارزش p بین گروهی	۰/۹۷۱	۰/۵۱۱	۰/۲۲۸

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که انجام تمرینات هوازی تناوبی و تداومی به مدت هشت هفته (هر هفته سه جلسه و هر جلسه ۶۰-۷۵ دقیقه با شدت متوسط) می‌تواند باعث بهبود آمادگی هوازی (ارزیابی شده از طریق VO₂max) دانش آموزان پسر ۹ تا ۱۲ سال شود و تفاوتی بین نوع برنامه تمرینی وجود ندارد. به نظر می‌رسد این اولین تحقیقی باشد که به مقایسه تاثیر دو شیوه مختلف تمرین میدانی بر VO₂max در این گروه سنی پرداخته است.

به طور کلی تحقیقات حاکی از آن است که هر دو نوع تمرین تناوبی و تداومی می‌تواند باعث بهبود آمادگی هوازی شود (۲۱). هر چند برخی (و نه همه تحقیقات) حاکی از آن است که تمرینات تناوبی در مقایسه با تمرینات تداومی اثرات فیزیولوژیک بیشتری دارد (۲۲). به طور کلی تمرینات تداومی به علت ماهیت یکنواختی آن مقبولیت کمتری در بین کودکان دارد. در حالی که تمرینات تناوبی سختی بیشتری با فعالیت طبیعی و روزمره کودکان از لحاظ شدت و مدت داشته و بیشتر مورد پذیرش این سنین می‌باشد (۴،۳۳). اعتقاد بر این است که تمرینات تناوبی و تداومی سازگاری‌های فیزیولوژیک مشابهی را بوجود می‌آورند. اما با توجه به اینکه شدت در این دو نوع تمرین اساساً یکسان نیست، مقایسه اثرات آنها به راحتی میسر نیست (۴).

در توضیح این مطلب که سازوکار افزایش VO₂max متعاقب تمرینات ورزشی در کودکان و نوجوانان چیست، به طور صریح و قاطع نمی‌توان مکانیسم خاصی را نام برد. با توجه به تعریف حداکثر اکسیژن مصرفی و همچنین اندام‌ها و دستگاه‌های درگیر در این فرآیند (دستگاه قلب و عروق، مجاری هوایی و ریه‌ها، سیستم عضلانی و سیستم هورمونی) می‌توان گفت که سازگاری هر کدام یک از این دستگاه‌ها و یا چندین سیستم با همدیگر منجر به افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی می‌شود. به نظر می‌رسد تمرینات هوازی از طریق کاهش اثر عوامل محدود کننده‌ی حداکثر اکسیژن مصرفی، باعث افزایش VO₂max متعاقب این نوع از تمرینات می‌شود (۲۴). یکی از عوامل محدود کننده‌ی حداکثر اکسیژن مصرفی ناتوانی سیستم قلبی - عروقی در تحویل اکسیژن به عضلات و

بافت‌های فعال حین ورزش و فعالیت می‌باشد (تئوری عرضه) و عنوان شده است که محدودیت اصلی در سر راه اکسیژن مصرفی بیشینه در افراد سالم، احتمالاً برون ده قلبی بیشینه است و از این رو محدودیت‌ها به ناتوانی سیستم قلبی - عروقی در تحویل اکسیژن به عضلات فعال برمی‌گردد. طبق معادله‌ی فیک حداکثر اکسیژن مصرفی برابر است با برون ده‌ی قلبی (Q) ضربدر اختلاف اکسیژن خون سرخرگ و سیاهرگ (a-v O₂ diff) و از طرف دیگر خود برون ده قلبی برابر است با حجم ضربه‌ای (SV) ضربدر تعداد ضربان قلب (HR) در هر دقیقه. از آنجایی که اکثر مطالعات افزایش حجم ضربه‌ای بر اثر تمرین را عامل اصلی افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی معرفی کرده‌اند، می‌توان نتیجه گرفت که این فاکتور (حجم ضربه‌ای) عامل محدود کننده‌ی VO₂max است و تمرین بیشتر با تاثیر بر عامل مذکور باعث افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی می‌شود (۲۵). در کودکان (سالم و همچنین ورزشکار غیر مسابقه‌ای) نیز حجم ضربه‌ای حداکثر عامل فیزیولوژیکی موثر در افزایش VO₂max ناشی از تمرین معرفی شده است و عوامل موثر بر حجم ضربه‌ای حالت استراحت، مسئول تفاوت‌های فردی در حجم ضربه‌ای حداکثر و بنابراین VO₂max کودکان می‌باشد (۱۸). پاسخ حجم ضربه‌ای به تمرین نیز وابسته به چند عامل از جمله میزان پرشدگی عضله‌ی قلبی، قابلیت انقباض پذیری ذاتی عضله‌ی قلب و پس‌بار بطنی بطن چپ می‌باشد (۲۳). پیش‌بار بطنی (حجم پایان دیاستول بطن چپ) عامل اصلی تفاوت افراد با VO₂max بالا و یا پایین می‌باشد (۱۸). مکانیسم احتمالی دیگر در راستای افزایش VO₂max، می‌تواند افزایش حجم خون و پلاسما باشد که این امر بازگشت وریدی و پیش‌بار بطنی را افزایش می‌دهد که در نهایت منجر به افزایش حجم ضربه‌ای می‌شود (۱۴). همچنین برداشت اکسیژن از خون توسط عضلات فعال (تئوری تقاضا) عامل محدود کننده‌ی دیگر در این راستا معرفی شده است که تاثیر این فاکتور کمتر عنوان شده است (۱۷). باست و همکاران^۱ (۲۰۰۰) نیز ظرفیت انتشار ریه‌ها، حداکثر برون‌ده‌ی قلبی، ظرفیت حمل اکسیژن توسط خون و ویژگی‌های عضلات اسکلتی را عوامل فیزیولوژیکی محدود کننده‌ی VO₂max معرفی کرده‌اند که از این بین سه عامل اول به عنوان عوامل مرکزی و چهارمین عامل محیطی شناخته شده است (۲۴). با توجه به مطالب فوق به نظر می‌رسد افزایش حجم ضربه‌ای بیشینه بر اثر تمرین عامل اصلی افزایش VO₂max در کودکان و نوجوانان و همچنین بزرگسالان باشد. با این حال مکانیسم‌های افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی بر اثر تمرینات تناوبی و تداومی در کودکان و نوجوانان ناشناخته باقی مانده است و نیاز به تحقیقات بیشتری در این زمینه می‌باشد. بر همین اساس سایر دلایل احتمالی از قبیل تغییرات سطوح هورمون‌ها، افزایش شبکه‌ی مویرگی، افزایش میتوکندری‌ها و آنزیم‌های اکسیداتیو و اکسیژن در دسترس، می‌تواند در تحقیقات آینده مد نظر قرار گیرد

نتیجه گیری: تمرینات تناوبی و تداومی به مدت هشت هفته (با شدت متوسط و سه جلسه در هفته) می‌تواند به طور مشابه آمادگی هوایی پسران ۹ تا ۱۲ سال را احتمالاً از طریق افزایش حجم خون و حجم ضربه‌ای قلب بهبود بخشد.

References:

1. Armstrong N. 2007. Pediatric exercise physiology. Churchill Livingstone Elsevier,

2. Anderssen SA, Cooper AR, Riddoch C, Sardinha LB, Harro M, Brage S, and Andersen LB. 2007. Low cardiorespiratory fitness is a strong predictor for clustering of cardiovascular disease risk factors in children independent of country, age and sex. *Eur J CardioPrev Rehab*. 14: 526-531.
3. Boreham C, Twisk J, Neville C, Savage M, Murray L, Callaghan A. 2002. Associations between physical fitness and activity patterns during adolescence and cardiovascular risk factor in young adulthood. *Int J Sports Med*. 23: 22-26.
4. Borel B, Leclair E, Thevenet D, Beghin L, Berthoin S, Fabre C. 2010. Correspondences between continuous and intermittent exercises intensities in healthy prepubescent children. *Eur J ApplPhysiol*. 108: 977-985.
5. Grund A, Dilba B, Forberger K, Krause H, Siewers M, Rieckert H, Muller M J. 2000. Relationships between physical activity, physical fitness, muscle strength and nutritional state in 5 to 10 year old children. *Eur J ApplPhysiol*. 82: 425-438.
6. Vanhees L, Lefevre J, Philippaerts R, Martens M, Huygens W, Troosters T & Beunen G. 2005. How to assess physical activity? How to assess physical fitness? *Eur J CardiolPrev Rehab*. 12: 102-114.
7. Bar – Or O. Trainability of the prepubescent child. 1989. *PhysSports Med*. 17:65-81.
8. Borms J. 1986. The child and exercise: an overview. *J Sports Sci*. 4:3-20.
9. Kobayashi K, Kitokazu K, Miura M, Sodeyama H. 1978. Aerobic power as related to growth and training in Japanese boys: a longitudinal study. *J ApplPhysiol*. 44: 666-672.
10. Mirwald R, Bailey D, Cameron N, Rasmussen R. 1981. Longitudinal comparison of aerobic power in active and inactive boys aged 7 to 17 years. *Ann Hum Biol*. 8: 405-414.
11. Gormley SE, Swain DP, High R, Spina RJ, Dowling EA, Kotipalli US, Gandrakosta R. 2008. Effects of intensity of aerobic training on VO₂max. *Med Sci Sports Exer*. 40(7): 1336-1343.
12. Lemura LM, Von dullivard SP, Carlonas R, Andreacci J. 1999. Can exercise training improve maximal aerobic power (VO₂max) in children: a meta analytic review. *J exerphysiol*. 2(3): 1-22.
13. Mandigout S, Melin A, Lrcoq AM, Courteix D, Obert P. 2002. Effect of two aerobic training regimes on the cardiovascular response of prepubertal boys and girls. *ActaPediatria*, 91(4): 403-408.
14. McManus AM, Cheng CH, Leung MP, Yang TC, Macfarlane DJ. 2005. Improving aerobic training power in primary school boys: A comparison of continuous and interval training. *Int J Sports Med*. 26:781-786.
15. Obert P, Mandigouts S, Nottin S, Vinet A, N'Guyen LD, Lecoq AM. 2003. Cardiovascular responses to endurance training in children: effect of gender. *Eur J Clin Invest*. 23(3): 199-208.
16. Tabata I, Nishimura K, Kouzaki M, Hirai Y, Ogita F, Miyachi M, Yamamoto K. 1996. Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO₂max. *Med Sci Sports Exer*. 28 (10):1327-1330.
17. Rowland TW. 1998. Developmental exercise physiology. *Human Kinetics*
18. Rowland TW, Kline G, Goff D, Martel L, Ferrone L. 1999. Physiological determinants of maximal aerobic power in healthy 12-year- old boys. *PedExerSci*. 11: 317-326.
19. Hoffman J. 2006. Norms for fitness, performance and health. *Human Kinetics*.
20. Matsuzaka A, Takashi Y, Yamazo M, Kumakura N, Ikeda A, Wilk B, Bar O. 2004. Validity of the multistage 20-m shuttle run test for Japanese children adolescents and adults. *PedExer Sci*. 16:113-125.

21. Cureton KJ, Sloniger MA, Bannon JPO, Black DM, McCormack WP. 1995. A generalized equation for prediction of VO₂max from 1-mile run/walk performance. *Med Sci Sports Exerc.* 27: 445-451.
22. Varga J, Porszasz J, Boda K, Casaburi R, Somfay A. 2007. Supervised high intensity continuous and interval training vs. self-paced training in COPD". *Resp Med.* 101: 2297-2304.
23. Barkley JE, Epstein LH, Roemmich JN. 2009. Reinforcing value of interval and continuous physical activity in children. *PhysiolBeh* 98: 31-36.
24. Bassett DR, Howley ET. 2000. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinations of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc.* 32(1): 70-84.
25. Nottin S, Vinet A, Stecken F, Guyen L, Ounissi F, Lecoq A, Obert P. 2002. Central and peripheral cardiovascular adaptations to exercise in endurance-trained children. *ActaPhysiolScand.* 175: 85-92.