Journal of Sport and Exercise Physiology
Winter 2023/Vol.15/No.4/31-41

The effect of four weeks of polarized training on aerobic fitness and performance of professional rowers

Tahereh Hozouri[1], Mohammad Fashi[1*], Hamidollah Hassanlouie[2]

1 Department of Biological Sciences in Sports and Health, Faculty of Sports and Health Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

2 Department of Behavioral Sciences, Cognitive and Sports technology, Faculty of Sports and Health Sciences, Shahid Beheshti University of Tehran, Iran

Original Article

Abstract

Background and Purpose: Aerobic fitness is one of the factors influencing the success of rowers in rowing, which requires the use of efficient training methods. Polarized training model based on the intensity distribution of the training would be a suitable strategy in this field. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of four weeks of polarized training on aerobic fitness and performance of professional rowers.

Materials and Methods: 20 athletes (10 females and 10 males) who had more than two years of profession-al rowing experience were divided into two groups of polarized training intensity distribution (75-80% of training volume equivalent to 18 training sessions in zone one with 55-75% of maximum heart rate, 5-10% of the training volume is equivalent to eight training sessions in zone two with 81-87% maximum heart rate and 15-20% of the training volume is equivalent to four training sessions with 88-100% maximum heart rate) and traditional training intensity distribution (20% of training volume in zone one, equivalent to seven sessions per month, 50% in zone two, including 12 sessions per month, and 30% in zone three, including five sessions) were divided and their exercises were performed over four weeks, with six sessions per week (three sessions of rowing + One session of ergometer + two sessions of running) was followed. Before and after the training period, maximal oxygen consumption, respiratory exchange ratio, blood lactate, time of 2000 and 1000 meters were evaluated. Repeated analysis of variance with intergroup factor was used to examine the research data ($P \leq 0.05$).

Results: According to the results of the present study, the performance of 2000 meters in both groups improved significantly ($P < 0.0001$). This improvement was 5.56% more reduction in 2000 meters' record, which shows the greater effectiveness of this training method. However, the performance of 1000 m after four weeks of polarized and traditional training was similar ($P = 0.37$). There was no significant difference between the two groups for Maximum oxygen consumption ($P = 0.14$) and respiratory exchange ratio ($P = 0.21$). Fat percentage in both groups decreased significantly ($P = 0.001$ **Conclusion:**) . Despite the lack of differences in some physiological parameters, four weeks of traditional and polarized training are associated with improved performance and physiological parameters of rowers, which is greater in the performance of 2000 meters that is the main competition of these athletes with polar-ized training (about 6%). It seems that the polarization intensity distribution pattern can be a more effective method than traditional exercises in developing the aerobic performance characteristics of rowing athletes .

Keywords: Polarized training model, Threshold training model, Lactate threshold, Training load, Tradi-. tional training

How to cite this article: Hozouri T, Fashi M, Hassanlouie H. The effect of four weeks of polarized train-.ing on aerobic fitness and performance of professional rowers. Journal of Sport and Exercise Physiology .2023;15(4):31-41

*Corresponding Author; E-mail: m_fashi@sbu.ac.ir
DOI: 10.52547/joeppa.15.4.31

Received:24/04/2022 Revised:22/05/2022 Accepted:27/05/2022

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی
زمستان ۱۴۰۱/ دوره ۱۵/ شماره ۴/ صفحه‌های ۳۱-۴۱

تأثیر چهار هفته تمرین پلاریزه بر آمادگی هوازی و عملکرد قایقرانان حرفه‌ای

طاهره حضوری[۱]، محمد فشی[۱*]، حمیدالله حسنلوئی[۲]

۱ گروه علوم زیستی در ورزش و تندرستی، دانشکدهٔ علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران
۲ گروه علوم رفتاری، شناختی و فناوری ورزش، دانشکدهٔ علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران

مقاله پژوهشی

چکیده

زمینه و هدف: آمادگی هوازی از جمله عوامل اثرگذار بر موفقیت قایقران‌ها در رشتهٔ روئینگ بوده و نیازمند استفاده از شیوه‌های کارامد تمرینی است. تمرینات پلاریزه بر مبنای توزیع شدت تمرین می‌تواند راهبردی مناسب در این زمینه باشد. بنابراین، هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر چهار هفته تمرین پلاریزه بر آمادگی هوازی و عملکرد قایقرانان حرفه‌ای بود.

مواد و روش‌ها: ۲۰ ورزشکار (۱۰ خانم و ۱۰ مرد) با بیش از دو سال سابقهٔ پاروزنی حرفه‌ای، به دو گروه توزیع شدت تمرین پلاریزه (۷۵-۸۰ درصد حجم تمرین معادل ۱۸ جلسه تمرین در ناحیهٔ یک با ۷۵-۵۵ درصد ضربان قلب بیشینه، ۱۰-۵ درصد از حجم تمرین معادل هشت جلسه تمرین در ناحیهٔ دو با ۸۷-۸۱ درصد ضربان قلب بیشینه و ۲۰-۱۵ درصد از حجم تمرین معادل چهار جلسه تمرین با ۸۸-۱۰۰ درصد ضربان قلب بیشینه) و توزیع شدت تمرینات سنتی (۲۰ درصد تمرینات در ناحیهٔ یک معادل ۷ جلسه در ماه، ۵۰ درصد در ناحیهٔ دو شامل ۱۲ جلسه در ماه و ۳۰ درصد در ناحیهٔ سه شامل ۵ جلسه) تقسیم شدند و تمرینات خود را طی چهار هفته (هر هفته شش جلسه تمرین، سه جلسه پاروزنی + یک جلسه کارسنج + دو جلسه دویدن) پیگیری کردند. پیش و پس از دورهٔ تمرینی اکسیژن مصرفی بیشینه، نسبت تبادل تنفسی، لاکتات خون، زمان ۲۰۰۰ و ۱۰۰۰ متر ارزیابی شد. از آزمون تحلیل واریانس تکراری با عامل بین‌گروهی برای بررسی داده‌های پژوهش استفاده شد ($P \leq ۰/۰۵$).

نتایج: براساس نتایج تحقیق حاضر، عملکرد ۲۰۰۰ متر در هر دو گروه پلاریزه و سنتی به‌طور معناداری بهبود یافت ($P<۰/۰۰۰۱$). این بهبود ۵/۵۶ درصد کاهش بیشتر در زمان ۲۰۰۰ متر بود که نشان‌دهندهٔ اثر بیشتر این روش تمرینی است. اگرچه عملکرد ۱۰۰۰ متر پس از چهار هفته تمرین پلاریزه و سنتی مشابه بود ($P =۰/۳۷$)، اکسیژن مصرفی بیشینه ($P =۰/۱۴$) و نسبت تبادل تنفسی ($P =۰/۲۱$) در هر دو گروه تفاوت معناداری را نشان نداد. درصد چربی در هر دو گروه به‌طور معناداری کاهش یافت ($P =۰/۰۰۱$).

نتیجه‌گیری: با وجود عدم تفاوت برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی در تحقیق حاضر، چهار هفته تمرین پلاریزه و سنتی با بهبود عملکرد و شاخص‌های فیزیولوژیک قایقرانان همراه شد که این بهبود در عملکرد ۲۰۰۰ متر که رقابت اصلی این ورزشکاران است، با تمرینات پلاریزه بیشتر بود (حدود ۶ درصد). به‌نظر می‌رسد الگوی توزیع شدت تمرین پلاریزه می‌تواند روش مؤثرتری نسبت به تمرینات سنتی در جهت توسعهٔ ویژگی‌های عملکرد هوازی ورزشکاران قایقرانی باشد.

واژه‌های کلیدی: آستانهٔ لاکتات، بار تمرینی، تمرین پلاریزه، تمرین آستانه، تمرینات سنتی.

* نویسنده مسئول: رایانامه: m_fashi@sbu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۰۴ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۶

مقدمه

هدف اصلی قایقرانان المپیک طی کردن سریع‌تر مسافت ۲۰۰۰ متر نسبت به حریفان خود است و بهترین رکوردهای ثبت‌شدهٔ جهانی از ۵:۱۸ دقیقه برای مردان تا ۷:۰۸ دقیقه برای زنان متغیر است. برای این منظور، قایقرانان توان متوسط تقریبی ۵۹۰ وات را تولید می‌کنند و اکسیژن مصرفی بیشینه (VO_{2max}) با اسیدوز شدید و فشار متابولیک را نشان می‌دهند (۱). برای به‌دست آوردن این نوع فعالیت بدنی و عملکرد، قایقرانان نخبه بیشتر زمان تمرین خود را با تمرینات با حجم زیاد و (نسبتاً) کم‌شدت انجام می‌دهند (۲) که اغلب به آن «تمرین استقامتی پایه» می‌گویند و با جذب اکسیژن بیش از ۳/۵ لیتر در دقیقه و نیروی تولیدی بیش از ۵۰۰ نیوتن در هر ضربه همراه است (۳، ۴). نیازهای متابولیکی و عضلانی بالا، جلسات قایقرانی با شدت کم و حجم بالا را به ۹۰ تا ۱۰۰ دقیقه محدود می‌کند تا از اختلال در تکنیک ضربه جلوگیری شود (۱، ۵). با افزایش سرعت قایق، مصرف انرژی ۲/۲ تا ۲/۴ برابر افزایش می‌یابد (۶) و در نهایت ورزشکار را مجبور به پارو زدن می‌کند. افزون‌بر جلسات تمرین قایقرانی، بیشتر قایقرانان ۲ تا ۳ جلسه تمرین قدرتی در هفته را در برنامهٔ تمرینی خود اجرا می‌کنند، در نتیجه ویژگی جامع آمادگی یک پاروزن برای مسابقه را افزایش می‌دهند (۴).

طی سه دههٔ گذشته، حجم کل تمرینات در قایقرانان نخبه ۶۶ درصد افزایش یافته است؛ به‌طوری‌که در دههٔ ۹۰ در قایقران نروژی به ۲۳ ساعت در هفته (۷) و تا حداکثر ۲۹ ساعت در هفته رسیده است (۱). براساس محدودیت‌های زمانی و حجم تمرین بالای قایقرانان نخبهٔ امروزی، ممکن است حجم کل تمرین نزدیک به حداکثر عملکردی خود باشد. از آنجا که سرعت ۲۰۰۰ متری قایق برندگان مدال تا ۰/۱۲ درصد در سال افزایش می‌یابد (۸)، بهینه‌سازی برنامه‌های تمرین، به‌ویژه با تغییر توزیع شدت (The intensity distribution - TID) ممکن است منبع ارزشمندی برای افزایش عملکرد باشد (۹).

در پیشینهٔ پژوهش، یک الگوی شدت سه‌منطقه‌ای برای تعیین کمیت توزیع شدت اعمال می‌شود. این الگو براساس معیارهای فیزیولوژیکی زیر است: ناحیهٔ ۱ (Z1) به‌عنوان فعالیت ورزشی با شدت کم با سطوح پایین لاکتات خون زیر لاکتات اول حدود دو میلی‌مول یا آستانهٔ تهویه تعریف می‌شود. ناحیهٔ ۲ (Z2) به غلظت لاکتات خون بالا حدود دو تا چهار میلی‌مول اشاره دارد که «تمرین آستانهٔ لاکتات» نیز نامیده می‌شود که به‌عنوان شدت بین لاکتات اول و دوم یا آستانهٔ تهویه شناخته می‌شود. در نهایت، ناحیهٔ ۳ (Z3) به فعالیت ورزشی شدید بالاتر از آستانهٔ دوم لاکتات یا تهویهٔ بیشتر از چهار میلی‌مول اشاره دارد (۱). شایان ذکر است نهادهای حاکم بر ورزش ملی و فدراسیون‌های قایقرانی اغلب از الگوهای پنج‌ناحیه‌ای برای تمایز بیشتر شدت تمرینات استفاده می‌کنند (۱۰). تاکنون تحقیقات اندکی TID را در قایقرانی، به‌ویژه در سطح ورزشکاران نخبه بررسی کرده‌اند. مطالعات موردی، توزیع شدت تمرین ۸۵ درصد در Z1 در قایقرانان سبک‌وزن نخبهٔ دانمارکی و تقریباً ۸۱ درصد در Z1 در قهرمانان دونفرهٔ نروژی المپیک را گزارش کرده‌اند (۲، ۱۱). قایقرانان نوجوان آلمانی توزیع شدت تمرینی را در طول نه هفتهٔ آخر پیش از اولین رقابت به‌صورت ۹۵ درصد در Z1، ۳ درصد در Z2 و ۲ درصد در Z3 و نه قایقران المپیکی نیوزلندی توزیع شدت ۷۷ درصد در Z1، ۱۷ درصد در Z2 و شش درصد در Z3 را نشان داده‌اند (۲۱). در تحلیل موفقیت یک قایقران فرانسوی توزیع شدت تمرینی ۵۵ درصد در Z1 و ۴۵ درصد در Z2 با تأکید بر شدت آستانهٔ لاکتات گزارش شد (۱۲). تا به امروز تنها یک مطالعه روی قایقرانان نخبهٔ بلژیکی توزیع شدت تمرینات پلاریزه را به‌صورت ۹۳ درصد، ۲ درصد و ۵ درصد گزارش داده است (۱۳). دربارهٔ ورزشکاران ملی و سطح جهانی در رشته‌هایی مانند دوومیدانی یا اسکی استقامت مشاهده شد که استفاده از تمرینات پلاریزه موفقیت‌آمیز بوده است (۱۴، ۱۵). تنها یک مطالعهٔ کنترل‌شده در ۱۸ قایقران باشگاهی پس از یک دورهٔ ۲۸ روزه، افزایش مشابهی از عملکرد کارسنج با تمرینات پلاریزه ۷۲ درصد، صفر درصد و ۲۸ درصد در مقایسه با گروه کنترل با توزیع شدت کم ۹۸ درصد، صفر درصد و ۲ درصد گزارش داده شد (۱۶). ادغام یافته‌های مطالعات قایقرانی و همچنین یافته‌هایی از دیگر ورزش‌های استقامتی حاکی از شواهد محکمی بر عملکرد بالای قایقرانان با به‌کارگیری الگوی تمرین پلاریزه بوده، ولی این مفهوم بر دو محدودیت جدی ترسیم شده است (۱۷، ۱۸)؛ نخست اینکه داده‌های کنترل‌شدهٔ تصادفی در سطح نخبه وجود ندارد. افزون‌بر این، تمرینات پلاریزه با توزیع شدت‌های تمرینی یکنواخت که در هفته‌ها یا ماه‌ها تغییر نکرده، مقایسه شده است. بنابراین از نظر

روش‌شناسی، پژوهش‌های مربوط به تغییر توزیع شدت یکنواخت برای مقایسهٔ تفاوت‌ها آسان‌تر است، اما تغییر توزیع شدت یکنواخت، نشان‌دهندهٔ تمرینات اصلی ورزشکاران در سطح تیم‌های ملی و بالاتر، که در آن توزیع شدت به‌صورت پویا با افزایش درصد Z2 و Z3 پیش از مسابقات شکل می‌گیرند، نیست (۱، ۱۹).

با توجه به بررسی و پیشینهٔ پژوهشی بسیار اندک در خصوص اثر تمرینات پلاریزه بر عملکرد فیزیولوژیک قایقرانان نخبه، هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر این روش تمرینی کارامد بر آمادگی هوازی و عملکرد قایقرانان ۲۰۰۰ متر روئینگ است.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: مطالعهٔ آینده‌نگر و نیمه‌تجربی حاضر در چهار هفتهٔ پایانی دورهٔ آماده‌سازی ویژهٔ مسابقات انجام گرفت. ۲۰ قایقران (۱۰ زن و ۱۰ مرد) حاضر در هیأت قایقرانی استان تهران با سابقهٔ بیش از دو سال تمرین به‌صورت تصادفی و در دسترس و براساس تحقیقات پیشین در پژوهش شرکت کردند. همهٔ قایقرانان برگهٔ رضایت آگاهانهٔ کتبی برای شرکت در تحقیق را امضا کردند و روش تمرین تحقیق حاضر توسط کمیتهٔ اخلاق دانشگاه شهید بهشتی تهران با شناسهٔ (IR.SBU.REC.1399.061) تأیید شد. قایقرانان در دو گروه مختلف قرار گرفتند، به‌طوری‌که از هر گروه پنج نفر به‌طور تصادفی برای گروه تمرینات TID پلاریزه (POL) انتخاب شدند و ۱۰ نفر باقی‌مانده گروه تمرینات سنتی را تشکیل دادند. پیش و پس از چهار هفته تمرین منتخب، ارزیابی تغییرات عملکرد ۲۰۰۰ متر و آمادگی هوازی بررسی شد.

روش اجرای پژوهش: مداخلات تمرینی (ناحیه‌های شدت تمرین، الگوهای تمرین و توزیع شدت تمرین): پس از انجام پیش‌آزمون‌ها و بررسی نتایج، آزمودنی‌ها به دو گروه پلاریزه و سنتی تقسیم شدند، سپس در چهار هفتهٔ متوالی (هر هفته شامل شش جلسه تمرین پاروزنی، کارسنج و دویدن)، تمرینات خود را پیگیری کردند. سه جلسه از تمرینات در بازهٔ زمانی ۸ تا ۱۱ صبح و سه جلسهٔ دیگر در بازهٔ ۳ تا ۶ عصر صورت می‌گرفت. از آزمودنی‌ها خواسته شده بود در طول چهار هفته به‌جز تمرینات طراحی‌شده، تمرینات دیگری انجام ندهند.

تمرینات پاروزنی و کارسنج در هر دو گروه براساس ضربان قلب هر ورزشکار توسط ساعت پلار A300 ساخت فنلاند کنترل میشد (کم‌شدت: ضربان قلب در آستانهٔ کمتر از ۲ میلی‌مول لاکتات معادل ۵۵-۷۵ درصد ضربان قلب بیشینه، متوسط: ضربان قلب بین ۲ و ۴ میلی‌مول لاکتات معادل ۸۱-۸۷ درصد ضربان قلب بیشینه و شدت بالای ضربان قلب: بیش از ۴ میلی‌مول لاکتات معادل ۸۸-۱۰۰ درصد ضربان قلب بیشینه). حجم گروه تمرینات سنتی به این صورت بود: ۲۰ درصد تمرینات در ناحیهٔ یک، ۵۰ درصد در ناحیهٔ دو و ۳۰ درصد در ناحیهٔ سه، در گروه پلاریزه ۷۵-۸۰ درصد در ناحیهٔ یک، ۵-۱۰درصد در ناحیهٔ دو و ۱۵-۲۰ درصد در ناحیهٔ سه. پس از چهار هفته تمرین، ۲۴ ساعت استراحت داشتند، سپس پس‌آزمون‌ها طی چهار روز گرفته شد.

روش‌های آزمایشگاهی: اندازه‌گیری‌های پیش-آزمون و پس‌آزمون: تمام آزمودنی‌ها در روز اول مورد سنجش ترکیب بدنی (دستگاه InBody نمونهٔ ۷۷۰ ساخت کرهٔ جنوبی) و آزمون VO_{2max} توسط دستگاه کارسنج روئینگ در آزمایشگاه دانشکدهٔ علوم ورزشی و تندرستی شهید بهشتی قرار گرفتند. آزمودنی‌ها در هر دو گروه پلاریزه و سنتی دو آزمون ۱۰۰۰متر بیشینهٔ پاروزنی و بعد از ۲۴ ساعت استراحت آزمون بیشینهٔ ۲۰۰۰ متر روی کارسنج ویژهٔ روئینگ را انجام دادند و اطلاعات ثبت شد.

بیشینهٔ اکسیژن مصرفی تحت عنوان آزمون رمپ که افزایش خطی در توان تا حد واماندگی روی دستگاه شبیه‌ساز روئینگ به نام کارسنج (کانسپت ۲ نمونه D با نمایشگر PM5 ساخت آمریکا) برای سنجش VO_{2max} استفاده شد. آزمودنی‌ها ابتدا ۱۰ دقیقه به‌صورت عمومی و سپس سه دقیقه روی کارسنج با توان دلخواه گرم کردند و از توان ۱۵۰ وات آزمون را آغاز کردند و در ادامه توان دستگاه به‌صورت صعودی در هر دقیقه برای خانم‌ها ۲۰ وات و برای آقایان ۳۵ وات افزایش یافت تا آزمودنی‌ها به واماندگی رسیدند، همچنین درصورتی‌که پاروزن قادر به افزایش توان در محدودهٔ هفت وات از پنج ضربه نبود، آزمون پایان می‌یافت. با استفاده از دستگاه تحلیل گازهای تنفسی (Cortex Metalyzer 3 B ساخت آلمان)، مقدار اکسیژن مصرفی بیشینه در بازه‌های زمانی ۳۰ ثانیه‌ای ثبت شد. ضربان قلب در تمامی آزمون‌ها به‌وسیلهٔ ساعت پلار A۳۰۰ اندازه‌گیری شد. بالاترین مقدار اکسیژن مصرفی در طول آخرین ۳۰ ثانیهٔ اجرا به‌عنوان VO_{2max} آزمودنی‌ها ثبت شد.

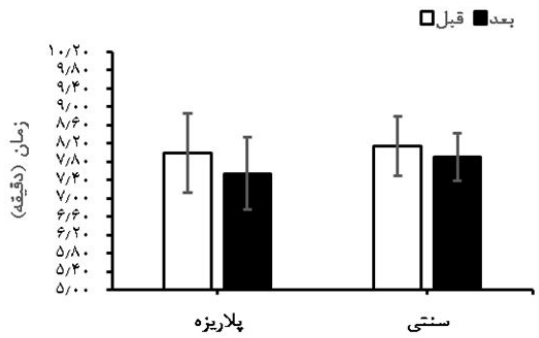
معیارهای رسیدن به VO_{2max} شامل رسیدن به ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه، نسبت تبادل تنفسی بالای ۱/۱۵ و به فلات رسیدن اکسیژن مصرفی با وجود افزایش شدت تمرین بود (۱۳). به‌منظور آزمون بیشینهٔ عملکرد ۱۰۰۰ متر پاروزنی آزمودنی‌ها به چهار گروه پنج‌نفره تقسیم شدند و به‌صورت مسابقه‌ای به رقابت پرداختند و در پایان، زمان هر فرد ثبت شد، زمان‌گیری در بازهٔ نه تا ده صبح صورت گرفت و استراحت بین ۱۰۰۰ متر اول و دوم ۱۵ دقیقه در نظر گرفته شده بود.

تحلیل آماری: از آمار توصیفی شامل میانگین و انحراف استاندارد برای توصیف داده‌ها استفاده شد. برای بررسی تفاوت بین دو روش تمرینی و نیز تفاوت‌های درون‌گروهی پیش و پس از دورهٔ چهارهفته‌ای تمرینات، از آزمون تحلیل واریانس تکراری با عامل بین‌گروهی (گروه پلاریزه و سنتی) استفاده شد. در صورت مشاهدهٔ تفاوت معنادار در نتایج، از آزمون تعقیبی بونفرونی به‌عنوان آزمون تعقیبی استفاده شد. سطح معناداری در تمامی نتایج آماری ۰/۰۵≥ P در نظر گرفته شد. برای تمام عملیات آمار توصیفی و استنباطی، از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۶ استفاده شد.

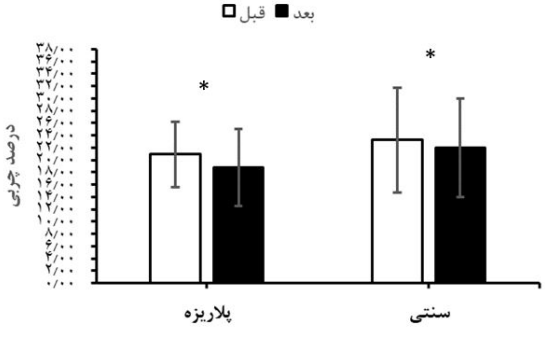
نتایج

نتایج نشان داد چهار هفته تمرینات پاروزنی بر عملکرد ۲۰۰۰ متر کارسنج ($F_{1,15}$ = ۲۴/۹۲ ،P<۰/۰۰۰۱) و درصد چربی ($F_{1,15}$ = ۱۷/۳۳ ،P=۰/۰۰۱) قایقرانان حرفه‌ای تأثیر معناداری داشت. تعامل بین نوع روش تمرین با زمان‌های اندازه‌گیری از نظر آماری برای عملکرد ۲۰۰۰ متر ($F_{1,15}$ =۱/۹۹ ،P =۰/۱۷) و درصد چربی ($F_{1,15}$ =۱/۰۶ ،P =۰/۳۱) معنادار نبود. تفاوت معناداری بین تأثیر دو روش تمرین پلاریزه و سنتی بر عملکرد ۲۰۰۰ متر کارسنج (شکل ۱) و درصد چربی (شکل ۲) در قایقرانان حرفه‌ای یافت نشد (P>۰/۰۵).

صرف‌نظر از نوع برنامهٔ تمرینی، چهار هفته تمرینات پاروزنی بر عملکرد ۱۰۰۰ متر پاروزنی قایقرانان حرفه‌ای تأثیر معناداری نشان نداشت ($F_{1,15}$ =۰/۱۳۵ ،P =۰/۷۱). نتایج نشان داد که تعامل بین نوع روش تمرین با زمان‌های اندازه‌گیری نیز از نظر آماری معنادار نبود ($F_{1,15}$ =۲/۹۳ ،P=۰/۱۰۷). نتایج مشابهی نیز برای اثر چهار هفته تمرینات پاروزنی بر VO_{2max} ($F_{1,15}$ =۲/۳۷ ،P=۰/۱۴)، نسبت تبادل تنفسی ($F_{1,15}$ =۱/۶۸ ،P =۰/۲۱) مشاهده شد. تعامل بین نوع روش تمرین با زمان‌های اندازه‌گیری نیز برای VO_{2max} ($F_{1,15}$ =۰/۲۳ ،P=۰/۶۳)، نسبت تبادل تنفسی ($F_{1,15}$ =۰/۰۷ ،P=۰/۷۹)، درصد چربی معنادار نبود. تفاوت معناداری بین تأثیر دو روش تمرینات پلاریزه و سنتی بر عوامل گفته‌شده در قایقرانان حرفه‌ای مشاهده نشد (P>۰/۰۵). میانگین و انحراف استاندارد این متغیرها در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۱. میانگین ± انحراف استاندارد عملکرد ۲۰۰۰ متر پیش و پس از چهار هفته تمرین پلاریزه و سنتی



شکل ۲. میانگین ± انحراف استاندارد درصد چربی بدن پیش و پس از چهار هفته تمرین پلاریزه و سنتی

جدول ۱. میانگین ± انحراف استاندارد و درصد تغییرات متغیرهای پژوهش پیش و پس از چهار هفته تمرین پلاریزه و سنتی

متغیرها	پلاریزه				سنتی			
	پیش	پس	سطح معناداری درون‌گروهی (p)	درصد تغییرات	پیش	پس	سطح معناداری درون‌گروهی (p)	درصد تغییرات	سطح معناداری بین‌گروهی (p)
عملکرد ۱۰۰۰ متر پاروزنی	± ۰/۴۵۹ ۴/۰۳۸	± ۰/۴۳۵ ۳/۹۷۱	۰/۳۷	-۱/۶	± ۰/۴۱۸ ۴/۰۸۸	± ۰/۲۷۳ ۴/۱۹۳	۰/۱۵	+۲/۵	۰/۸۱
اکسیژن مصرفی	± ۷/۵۵ ۴۶/۲	± ۶/۲۲ ۴۷/۱۲	۰/۴۷	+۱/۹	± ۷/۹۰ ۴۴/۴۴	± ۶/۳۳ ۴۶/۱۱	۰/۱۶	+۳/۷۵	۰/۶۴
نسبت تبادل تنفسی	± ۰/۰۹۵ ۱/۱۹	± ۰/۱۱۳ ۱/۱۷	۰/۴۹	-۲/۱۹	± ۰/۱۱۵ ۱/۲۹	± ۰/۱۳۱ ۱/۲۵	۰/۲۷	-۳/۰۹	۰/۰۷۴

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر چهار هفته تمرین پلاریزه بر آمادگی هوازی و عملکرد قایقرانان حرفه‌ای بود. براساس نتایج، عملکرد ۲۰۰۰ متر در هر دو گروه به‌طور معنادار و تقریباً مشابهی بهبود یافت. اندازهٔ این افزایش عملکرد در گروه تمرین پلاریزه حدود ۵/۵۶ درصد کاهش یافت که نشان‌دهندهٔ اثر بیشتر این روش تمرینی است. با توجه به رکورد میانگین ۸ دقیقه در قایقرانان نخبهٔ ایران در مسافت ۲۰۰۰ متر، این میزان بهبود می‌تواند معادل ۸۰ تا ۱۰۰ متر مسافت طی‌شده باشد که تعیین‌کنندهٔ موفقیت ورزشکار خواهد بود. اگرچه عملکرد ۱۰۰۰ متر پس از چهار هفته تمرین پلاریزه و سنتی مشابه بود. اکسیژن مصرفی بیشینه و نسبت تبادل تنفسی، در هر دو گروه افزایش بدون معناداری را نشان داد. درصد چربی در هر دو گروه به‌طور معناداری کاهش یافت.

با توجه به بهبود رکورد ۲۰۰۰ متر در پژوهش حاضر به‌نظر می‌رسد الگوی توزیع شدت پلاریزه می‌تواند روش مؤثرتری نسبت به تمرینات سنتی در جهت توسعهٔ ویژگی‌های عملکرد هوازی ورزشکاران قایقرانی باشد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که چهار هفته تمرین پلاریزه سبب افزایش VO_{2max} ویژهٔ روئینگ در هر دو گروه شد. با آنکه این افزایش معنادار نبود، میزان افزایش در گروه سنتی (۳/۷۵ درصد میلی‌لیتر. کیلوگرم. دقیقه۱-) نسبت به گروه پلاریزه (۱/۹درصد میلی‌لیتر. کیلوگرم. دقیقه۱-) بالاتر بود. همسو با نتایج پژوهش حاضر در زمینهٔ میزان اکسیژن مصرفی بیشینه، توماس استوگل و بیلی استرلیچ (۲۰۱۴) نشان دادند که نه هفته تمرینات پلاریزه سبب افزایش ۱۱/۷ درصدی VO_{2max} می‌شود (۱۸). همچنین استولن و همکاران (۲۰۰۵) افزایش ۷ درصدی VO_{2max} را طی دو هفته تمرین پلاریزه در فوتبالیست‌ها گزارش دادند (۲۰). کریگ نیکل و همکاران (۲۰۱۳) گزارش دادند تمرین پلاریزه در دوچرخه‌سواران حرفه‌ای نسبت به الگوی تمرین آستانهٔ روند بهتری در بهبود شاخص‌های عملکردی (اکسیژن مصرفی بیشینه و آستانهٔ لاکتات) دارد، ولی تفاوتی در ظرفیت اکسایشی و میتوکندریایی دو گروه مشاهده نشد و در نتیجه پژوهشگران این پژوهش علت احتمالی عدم تفاوت را به سابقهٔ تمرین حرفه‌ای و بالا بودن میزان ظرفیت اکسایشی پیش از تمرین نسبت دادند (۱۷). در مقابل افرادی که سطح آمادگی بدنی آنها پایین‌تر بود، با تمرین پلاریزه افزایش چشمگیری در فعالیت آنزیم‌های میتوکندریایی (سیترات سنتتاز) نشان دادند (۲۱). بهبود VO_{2max} ممکن است به‌واسطهٔ افزایش تحویل اکسیژن به عضلات فعال یا افزایش حجم ضربه‌ای بوده باشد یا اینکه ناشی از افزایش فعالیت آنزیم‌های اکسایشی است که بیانگر افزایش ظرفیت هوازی است (۲۲). ایکر مونز و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که تمرین پلاریزه می‌تواند محرک تمرینی اثرگذارتری از انجام تمرین بین دو آستانهٔ لاکتات در دوندگان مبتدی باشد و موجب افزایش VO_{2max} می‌شود (۲۳). این یافته‌ها با نتایج پژوهش حاضر همسو بود. همسو با این پژوهش دریلر و همکاران (۲۰۰۹) افزایش عملکرد ۲۰۰۰ متر و VO_{peak} نسبی را پس از چهار هفته تمرین HIIT گزارش کردند (۲۴).

به‌طور مشابه آستورینو و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که تمرینات HIIT باعث افزایش معناداری در VO_{2max} می‌شود (۲۵). شیلچیر و همکاران (۲۰۱۷) نیز گزارش کردند که هشت هفته تمرین HIIT که در ۱۰۰ درصد توان خروجی انجام گرفته، نسبت به تمرینات مسافت بلند با شدت کم در بهبود عملکرد و ویژگی‌های هوازی در قایقرانان تمرین‌کرده مؤثرتر به‌نظر می‌رسد (۲۶). ناهمسو با پژوهش‌های ذکرشده رابین پلا و همکاران (۲۰۱۹) اثر شش هفته تمرینات پلاریزه و آستانهٔ لاکتات را بر عملکرد و خستگی شناگران نخبهٔ نوجوان بررسی کردند؛ در این مطالعه شدت پلاریزه ۸۱٪ Z1 - ۴٪ Z2 - ۱۵٪ Z3 و شدت آستانهٔ ۶۵٪ Z1 - ۲۵٪ Z2 - ۱۰٪ Z3 تعیین شده بود که تفاوتی در سازگاری‌های فیزیولوژیک در هیچ‌یک از دو گروه مشاهده نشد (۲۷). به‌طور مشابه ترف و همکاران (۲۰۱۷) طی تحقیق یازده‌هفته‌ای روی قایقرانان نخبهٔ ملی به بررسی دو نوع روش تمرینی پلاریزه و هرمی پرداخته بودند که تفاوت معناداری در عملکرد ۲۰۰۰ متر و اکسیژن مصرفی بیشینه مشاهده نکردند و علت به ثمر نرسیدن روش تمرین را چند روز کاهش تمرین (تیپرینگ) اجباری پیش از پس‌آزمون و اجرا شدن سه آزمون در دو روز اعلام کردند (۱) که با نتایج پژوهش حاضر غیرهمسوست. رزنبلات و همکاران در مطالعهٔ مروری (۲۰۱۸) بیان کردند که برای درک بهتر اثر تمرینات پلاریزه بهتر است عملکرد استقامتی ورزشکاران، اجرای مسابقه و سازگاری‌های متابولیکی فیزیولوژیکی که در پی این تمرینات اتفاق می‌افتد، بررسی شود (۲۸).

در خصوص نرخ تبادل تنفسی نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمرین پلاریزه سبب کاهش غیرمعنادار ۲ درصدی در گروه پلاریزه و کاهش ۳ درصدی در گروه سنتی شده است. کاهش بیشتر این نسبت در گروه سنتی نشان‌دهندهٔ اکسایش بیشتر چربی نسبت به کربوهیدرات است که تأییدکنندهٔ میزان افزایش بیشتر در اکسیژن مصرفی بیشینه است که پیش از این بررسی شد. همسو با نتایج پژوهش حاضر کریستینسن و هانسن (۱۹۳۹) اولین کسانی بودند که بیان کردند تمرینات ورزشی استقامتی سبب کاهش مقادیر RER در بار کاری مطلق می‌شود (۲۹). جانسن و کایرز (۱۹۸۷) نیز تفاوت‌های ناچیزی را در مقادیر RER بین افراد تمرین‌کرده و تمرین‌نکرده در شدت فعالیت ۶۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی گزارش کردند (۳۰). همچنین هولوزی و همکاران (۱۹۸۴) بیان کردند که تمرین استقامتی طولانی‌مدت با شدت کم تا متوسط سبب سازگاری عمده‌ای در عضلهٔ اسکلتی می‌شود که شامل افزایش میتوکندری و ظرفیت تنفسی تارهای عضلانی است. سازگاری عمدهٔ سوخت‌وسازی عضلات با تمرین استقامتی شامل استفادهٔ آهسته‌تر از گلیکوژن عضلانی و گلوکز خون، اطمینان بیشتر به اکسایش چربی و تولید لاکتات کمتر در حین ورزش با شدت معین است. این سازگاری‌ها نقش مهمی در افزایش توانایی در انجام ورزش طولانی‌مدت که در پاسخ به تمرین استقامتی رخ می‌دهند، دارند (۳۱). کوگان و همکاران (۱۹۹۰) اثر تمرین استقامتی بر کینتیک گلوکز پلاسما در طول یک دوره تمرین با شدت متوسط در مردان، پیش و پس از ۱۲ هفته تمرینات ورزشی (سه جلسه در هفته دویدن و سه جلسه در هفته دوچرخه‌سواری) را بررسی کردند. تمرین سبب افزایش ۲۳ درصد VO_{2peak} در دوچرخهٔ کارسنج و کاهش نسبت تبادل تنفسی در ۳۰ دقیقهٔ پایانی ورزش شد. همان‌طورکه پیش‌بینی می‌شد، تمرین به کاهش معنادار RER در طی تمرین زیربیشینه منجر می‌شود و این نشان‌دهندهٔ کاهش اکسایش کربوهیدرات است (۳۲).

به‌طور مشابه مارتین و همکاران (۱۹۹۳) به بررسی تأثیر تمرین استقامتی بر دادوستد و اکسایش اسیدهای چرب در طول فعالیت ورزشی پرداختند. آنها به‌منظور تعیین کاهش FFA های پلاسما، اکسایش، جنبش‌شناسی پالمیتات پلاسمایی و تبادل گازهای تنفسی را در ۱۳ آزمودنی طی یک دورهٔ ۹۰ تا ۱۲۰ دقیقه‌ای تمرین روی چرخ کارسنج اندازه‌گیری کردند که این اندازه‌گیری پیش و پس از ۱۲ هفته دوچرخه‌سواری و دویدن روزانه انجام گرفت. تمرین سبب افزایش ۴۱ درصدی اکسایش چربی طی تمرین طولانی‌مدت شد و اذعان داشتند تمرین استقامتی سبب افزایش گنجایش عضلهٔ اسکلتی برای متابولیزه کردن اسیدهای چرب می‌شود و به افزایش اکسایش چربی‌ها طی یک فعالیت طولانی‌مدت زیر بیشینه می‌انجامد که بیانگر کاهش RER طی یک دوره تمرین استقامتی می‌شود (۳۳). تحقیقات قبلی به‌روشنی نشان داده‌اند که این کاهش در نرخ تبادل تنفسی، کاهش در اکسایش کربوهیدرات کل بدن و در نتیجه کاهش در استفاده از گلیکوژن عضلانی است. نتایج حاضر نشان می‌دهد که کاهش دادوستد و اکسایش گلوکز به افزایش توانایی در تمرین استقامتی

هنگام ورزش با شدت متوسط کمک می‌کند.

نتایج پژوهش‌های حاضر افزایش کمتر از نیم درصدی ضربان قلب بیشینه برای گروه پلاریزه و افزایش ۱/۵ درصدی برای گروه سنتی را نشان داد. چلسی و همکاران (۱۹۹۶) بیان کردند که شش روز تمرین استقامتی سبب افزایش ضربان قلب بیشینه می‌شود (۳۴). جرالد استنلی زاورسکی و همکاران (۲۰۰۰) بیان کردند که هشت هفته تمرین استقامتی تأثیری بر ضربان قلب بیشینه ندارد (۳۵). این نتایج با نتایج تحقیق حاضر همسوست. همچنین کارتر و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که تمرینات استقامتی موجب افزایش ضربان قلب زیربیشینه می‌شود (۳۶). ناهمسو با نتایج پژوهش‌های ذکرشده، راول و همکاران (۱۹۶۴) هفت مرد داوطلب کم‌تحرک را ۱۲ هفته به میزان یک تا یک ساعت و نیم در روز تمرین دادند، پس از ۱۲ هفته میزان ضربان قلب ۱۳ ضربه در دقیقه کاهش یافت و نتیجه گرفتند این کاهش احتمالاً به‌دلیل پایین بودن سطح آمادگی آزمودنی‌ها بوده است (۳۷). سالدانا و همکاران (۱۹۹۷) نه دوچرخه‌سوار استقامتی مرد را که هفته‌ای ۱۸۰ تا ۳۰۰ کیلومتر در هفته دوچرخه‌سواری می‌کردند، در یک دورهٔ هفت‌هفته‌ای با تمرین شدید دوچرخه‌سواری و به‌دنبال آن یک دورهٔ استراحتی (چهار هفته فعالیت‌های سبک) وارد کردند. در مقایسه با پیش‌آزمون ضربان قلب بیشینه ۱۰ ضربه در دقیقه کاهش داشت (۳۸). به‌طور مشابهی کارتر و همکاران (۲۰۰۳) بیان کردند تمرینات استقامتی طولانی‌مدت موجب کاهش ضربان قلب زیر بیشینه به‌وسیلهٔ کاهش فعالیت اعصاب سمپاتیک در قلب می‌شود. تمرین استقامتی طولانی‌مدت به‌طور چشمگیری در نحوهٔ کنترل دستگاه عصبی اتونوم بر عملکرد قلب تأثیر می‌گذارد. تمرین استقامتی سبب افزایش فعالیت پاراسمپاتیک و کاهش فعالیت سمپاتیک در قلب در حالت استراحت می‌شود. همچنین بیان شده است که تمرین استقامتی طولانی‌مدت به‌وسیلهٔ کاهش فعالیت‌های سمپاتیک به قلب، ضربان قلب را در طول تمرینات زیربیشینه کاهش می‌دهد. بنابراین کاهش کنترل پاراسمپاتیک قلب را که با افزایش سن اتفاق می‌افتد، می‌توان با تمرینات منظم استقامتی کاهش داد (۳۹). این نتیجه نیز با نتایج پژوهش حاضر غیرهمسوست.

در خصوص تغییرات در درصد چربی، دورهٔ چهار هفته‌ای تمرینات انجام‌گرفته در این پژوهش هم در گروه سنتی و چه در گروه پلاریزه به‌ترتیب سبب کاهش معنادار تقریبی ۵ و ۱۰ درصدی شده است. همسو با نتایج پژوهش حاضر، کارنس و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی عملکرد دویدن و ویژگی‌های آنتروپومتریک در دوندگان تفریحی را طی روش تمرین ۱۲ هفته‌ای در دو گروه تمرینات پلاریزه و تمرینات کراسفیت استقامتی با هم مقایسه کردند که در هر دو گروه کاهش درصد چربی و افزایش زمان دویدن مشاهده شد (۴۰). کاسگروو و همکاران (۱۹۹۹) نیز در تحقیقی رابطهٔ بین متغیرهای فیزیولوژیکی منتخب قایقرانان و عملکرد قایقرانی را از طریق آزمون کارسنج ۲۰۰۰ متر اندازه‌گیری و گزارش کردند که میان عملکرد بالاتر در قایقرانان و بهبود اکسیژن مصرفی بیشینه و تودهٔ بدن بدون چربی همبستگی وجود دارد (۴۱). ناهمسو با نتایج پژوهش‌های ذکرشده، گراول و همکاران (۲۰۰۰) سازگاری‌های فیزیولوژیکی در زنان قایقران در سه گروه تمرینات قدرتی پیش از پاروزنی، تمرینات قدرتی پس از پاروزنی و تمرینات قدرتی به‌تنهایی را طی روش تمرینی ۱۱ هفته‌ای بررسی کردند و با وجود افزایش یک تکرار بیشینه، ضربان قلب بیشینه و اکسیژن مصرفی بیشینه در هر سه گروه، در درصد چربی و زمان رسیدن به واماندگی در طول آزمون VO_{2max} تفاوت معناداری مشاهده نشد (۴۲). به‌نظر می‌رسد در این زمینه نقش متابولیت‌ها دارای اهمیت است. در نوع تمرین سنتی فشار متابولیکی به‌دلیل سهم بیشتر تمرین آستانهٔ لاکتات بالاتر است، این در حالی است که در مورد تمرینات پلاریزه اطلاعات دقیقی در دست نیست (۴۳). نگاه جدید پژوهش حاضر براساس فشار متابولیکی کمتر و داشتن سازگاری‌های مشابه تمرینات پلاریزه با تمرینات سنتی و در نهایت بهبود عملکرد ۲۰۰۰ متر بسیار شایان توجه است.

از جمله محدودیت‌های تحقیق حاضر تعداد کم نمونه‌های در دسترس و مدت زمان محدود دورهٔ تمرینی بود. انجام پژوهشی مشابه تحقیق حاضر با تعداد بیشتر احتمالاً به تفسیر نتایج کمک بیشتری خواهد کرد و بهتر است در تحقیقات آینده از تعداد افراد بیشتری استفاده کرد. همچنین پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده زمان مطالعه از چهار هفته بیشتر باشد و تمام دورهٔ پیش‌فصل را در برگیرد.

به‌طور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با

وجود عدم تفاوت برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی، چهار هفته تمرین پلاریزه و سنتی با بهبود عملکرد و شاخص‌های فیزیولوژیک قایقرانان همراه می‌شود که این بهبود در عملکرد ۲۰۰۰ متر که رقابت اصلی این ورزشکاران است، با تمرینات پلاریزه بیشتر است (حدود ۶ درصد). این بهبود در زمان ۲۰۰۰ متر می‌تواند با موفقیت ورزشکاران همراه شود. به‌نظر می‌رسد از این شیوهٔ تمرینی می‌توان به‌منظور توسعهٔ استقامت و توان هوازی ورزشکاران به‌ویژه در مرحلهٔ پیش از فصل رقابت بهره گرفت.

حامی/ حامیان مالی

مقالهٔ حاضر حاصل پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی است و حامی مالی ندارد.

مشارکت نویسندگان

نویسندگان اول و دوم در طرح موضوع، مفاهیم و مقدمات، نویسندهٔ اول در فرایند میدانی تحقیق و نظارت مشارکت داشته‌اند. نوشتار و اصلاح توسط هر سه نویسنده مقاله انجام گرفته است.

تعارض منافع

هیچ تعارض منافعی ندارد.

تشکر و قدردانی

از مسئولان محترم هیأت قایقرانی استان تهران و ورزشکاران قایقران که در این پژوهش با ما همکاری داشتند، سپاسگزاریم.

منابع

1. Treff G, Winkert K, Sareban M, Steinacker JM, Becker M, Sperlich B. Eleven-week preparation involving polarized intensity distribution is not superior to pyramidal distribution in national elite rowers. Frontiers in physiology. 2017;8:515.
2. Nybo L, Schmidt JF, Fritzdorf S, Nordsborg NB. Physiological characteristics of an aging Olympic athlete. Medicine and science in sports and exercise. 2014;46(11):2132-8.
3. Majumdar P, Das A, Mandal M. Physical and strength variables as a predictor of 2000m rowing ergometer performance in elite rowers. Journal of physical education and sport. 2017;17(4):2502-7.
4. Veličkaitė Ž. Investigation of biomechanical and physiological factors of rowing performance evaluation in different testing conditions: a systematic review. 2021. 32.
5. Ahmadizad S, Purkiani M, Taghizadeh MR, Rahmani H, Emami F. Investigation and comparison of anthropometric, somatotype and physical fitness characteristics of the twelfth students' Olympiad medal winners with national champions. Journal of Sport and Exercise Physiology. 2021;14(2):87-100.(In Persian).
6. Harun MN, Nasruddin FA, Syahrom A. Rowing biomechanics, physiology and hydrodynamic: A systematic review. International journal of sports medicine. 2020. Aug 25.
7. Treff G, Leppich R, Winkert K, Steinacker JM, Mayer B, Sperlich B. The integration of training and off-training activities substantially alters training volume and load analysis in elite rowers. Scientific reports. 2021;11(1):1-10.
8. Kleshnev V. Learning from Racing. Rowing Faster. (Serious training for serious rowers. Nolte V. ed.). United States: by Human Kinetics. Inc; 2011.
9. mirmohammadi s. Comparison of Selected physiological and Physical Fitness characteristics of Professional Women taekwondo athletes in Kiurogi and Poomsae Styles. Journal of Sport and Exercise Physiology. 2017;10(2):47-58.(In Persian).
10. Bourgois JG, Bourgois G, Boone J. Perspectives and determinants for training-intensity distribution in elite endurance athletes. International journal of sports physiology and performance. 2019;14(8):1151-6.
11. Seiler S, Tønnessen E. Intervals, thresholds, and long slow distance: the role of intensity and duration in endurance training. Sportscience. 2009;13(13):32-53.
12. Lacour J-R, Messonnier L, Bourdin M. Physiological correlates of performance. Case study of a world-class rower. European journal of applied physiology. 2009;106(3):407-13.
13. Treff G, Winkert K, Sareban M, Steinacker JM, Becker M, Sperlich B. Eleven-week preparation involving polarized intensity distribution is not superior to pyramidal distribution in national elite rowers. Frontiers in physiology. 2017 Aug 2;8:515.14.
14. Seiler KS, Kjerland GØ. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an "optimal" distribution? Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2006;16(1):49-56.
15. Billat V, Demarle A, Paiva M, Koralsztein JP. Effect of training on the physiological factors of performance in elite marathon runners (males and females). International journal of sports medicine.

physiology and performance. 2019;14(2):183-9.
28. Rosenblat MA, Perrotta AS, Vicenzino B. Polarized vs. Threshold Training Intensity Distribution on Endurance Sport Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Journal of strength and conditioning research. 2018.
29. Christensen EH, Hansen O. III. Arbeitsfähigkeit und Ernährung 1. Skandinavisches Archiv für Physiologie. 1939;81(1):160-71.
30. Jansson E, Kaijser L. Substrate utilization and enzymes in skeletal muscle of extremely endurance-trained men. Journal of Applied Physiology. 1987;62(3):999-1005.
31. Holloszy JO, Coyle EF. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. Journal of applied physiology. 1984;56(4):831-8.
32. Coggan AR, Kohrt WM, Spina RJ, Bier D, Holloszy J. Endurance training decreases plasma glucose turnover and oxidation during moderate-intensity exercise in men. Journal of Applied Physiology. 1990;68(3):990-6.
33. Martin 3rd W, Dalsky G, Hurley B, Matthews D, Bier D, Hagberg J, et al. Effect of endurance training on plasma free fatty acid turnover and oxidation during exercise. American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism. 1993;265(5):E708-E14.
34. Chesley A, Heigenhauser G, Spriet L. Regulation of muscle glycogen phosphorylase activity following short-term endurance training. American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism. 1996;270(2):E328-E35.
35. Zavorsky GS. Evidence and possible mechanisms of altered maximum heart rate with endurance training and tapering. Sports medicine. 2000;29(1):13-26.
36. Carter JB, Banister EW, Blaber AP. The effect of age and gender on heart rate variability after endurance training. Medicine and science in sports and exercise. 2003;35(8):1333-40.
37. Rowell LB, Taylor HL, Wang Y. Limitations to prediction of maximal oxygen intake. Journal of Applied Physiology. 1964;19(5):919-27.
38. Saldanha P, Zavorsky G, Montgomery D. Maximum heart rate decreases after 7 weeks of intense training. Can J Appl Physiol. 1997;22(Suppl):52.
39. Carter JB, Banister EW, Blaber AP. Effect of endurance exercise on autonomic control of heart rate. Sports medicine. 2003;33(1):33-46.
40. Carnes AJ, Mahoney SE. Polarized versus high-intensity multimodal training in recreational runners. International journal of sports physiology and performance. 2019;14(1):105-12.
41. Cosgrove M, Wilson J, Watt D, Grant S. The relationship between selected physiological variables of rowing performance and experienced oarsmen. Journal of sports sciences. 1999;17(11):845-52.
16. Ingham SA, Carter H, Whyte GP, Doust JH. Physiological and performance effects of low-versus mixed-intensity rowing training. Medicine and science in sports and exercise. 2008;40(3):579.
17. Neal CM, Hunter AM, Brennan L, O'Sullivan A, Hamilton DL, DeVito G, et al. Six weeks of a polarized training-intensity distribution leads to greater physiological and performance adaptations than a threshold model in trained cyclists. Journal of applied physiology. 2012;114(4):461-71.
18. Stöggl T, Sperlich B. Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training. Frontiers in physiology. 2014;5:33.
19. Tønnessen E, Sylta Ø, Haugen TA, Hem E, Svendsen IS, Seiler S. The road to gold: training and peaking characteristics in the year prior to a gold medal endurance performance. PloS one. 2014;9(7):e101796.
20. Stølen T, Chamari K, Castagna C, Wisløff U. Physiology of soccer. Sports medicine. 2005;35(6):501-36.
21. Gurd BJ, Perry CG, Heigenhauser GJ, Spriet LL, Bonen A. High-intensity interval training increases SIRT1 activity in human skeletal muscle. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 2010;35(3):350-7.
22. Linossier M-T, Denis C, Dormois D, Geyssant A, Lacour J. Ergometric and metabolic adaptation to a 5-s sprint training programme. European journal of applied physiology and occupational physiology. 1993;67(5):408-14.
23. Muñoz I, Seiler S, Bautista J, España J, Larumbe E, Esteve-Lanao J. Does polarized training improve performance in recreational runners? International journal of sports physiology and performance. 2014;9(2):265-72.
24. Driller MW, Fell JW, Gregory JR, Shing CM, Williams AD. The effects of high-intensity interval training in well-trained rowers. International journal of sports physiology and performance. 2009;4(1):110-21.
25. Astorino TA, Allen RP, Roberson DW, Jurancich M. Effect of high-intensity interval training on cardiovascular function, VO2max, and muscular force. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2012;26(1):138-45.
26. Ní Chéilleachair NJ, Harrison AJ, Warrington GD. HIIT enhances endurance performance and aerobic characteristics more than high-volume training in trained rowers. Journal of Sports Sciences. 2017;35(11):1052-8.
27. Pla R, Le Meur Y, Aubry A, Toussaint J-F, Hellard P. Effects of a 6-Week Period of Polarized or Threshold Training on Performance and Fatigue in Elite Swimmers. International journal of sports

ables of rowers and rowing performance as determined by a 2000 m ergometer test. Journal of sports sciences. 1999;17(11):845-52.
42. Gravelle BL, Blessing DL. Physiological adaptation in women concurrently training for strength and endurance. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2000;14(1):5-13.
43. Neal CM, Hunter AM, Brennan L, O'Sullivan A, Hamilton DL, DeVito G, Galloway SD. Six weeks of a polarized training-intensity distribution leads to greater physiological and performance adaptations than a threshold model in trained cyclists. Journal of applied physiology. 2013 Feb 15.