**Sport Medicine Studies** **Volume 13, No 30, 2022, Page 255-278**

**Research Paper**

# Comparing the Exercise-Induced Hypoalgesia after Aerobic Continues vs High Intensity Interval Exercise

**M. Hosseinzadeh[1], M. Sardroodian[2], H. Rohani[3]**

1. Assistant Professor, Department of Sport Injuries and Corrective Exercises, Sport Sciences Research Institute, Tehran,
2. Assistant Professor, Department of Sport Science, University of Bojnord, Bojnord, North Khorasan, Iran.
3. Associate Professor of Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Sport Sciences Research Institute, Tehran, Iran.

**Received Date: 2022/01/02** **Accepted Date: 2022/03/14**

## Abstract

The aim of the current study was to compare the exercise-induced hypoalgesia (EIH) due to Aerobic Rehabilitative Continues vs High Intensity Interval exercise. **Methods**: Thirty-nine healthy participants (Mean ± SE age 30 ± 9.7 year, BMI 23.6 ± 2.8 kg/m$^2$) were randomly assigned into 3 groups (13 in each) including aerobic continues exercise, high intensity interval exercise and/or control group. EIH index was recorded on before, immediately after and 30 minutes after exercise or control intervention. A mix ANOVA was used to statistically analyse the data. **Results**: The EIH index was significantly developed at all the quadriceps, biceps and upper trapezius muscle sites ($p > 0.05$). EIH index immediately after intermittent exercise was significantly higher than immediately after continues exercise in quadriceps muscle site ($p > 0.05$). **Conclusion**: Both modes of aerobic exercise has the potential to stimulate the EIH in the body at both the local and central level. The findings on muscular pain received during the exercise and EIH induced by different modes of exercise demonstratethat pain induced by exercise training is less likely to act as a stimulation for EIH rather than other characteristics of exercise training. Findings of this study has the potential to be used by pain relief therapists specially those who are interested in designing acute exercise trainings to be used as alternative pain relief therapy.

**Keywords:** Exercise Induced Analgesia, Quantitative Sensory Testing (QST), Pressure pain threshold, Acute Exercise, Exercise Intensity, Strength Training, Endurance Training.

1. Email: mhdy7343@gmail.com
2. Email: m.sardroodian@ub.ac.ir
3. Email: h_rohani7@yahoo.com

**Extended Abstract**

**Background and purpose**

Despite the substantial progress in the knowledge of exercise there is no consensus regards the most efficient type and/or mode of exercise for rehabilitating from pain situations. The aim of the current project was to compare the exercise-induced hypoalgesia (EIH) due to aerobic continues vs high intensity interval exercise.

**Materials and Methods**

Thirty-nine healthy participants (29 female, mean ± SE age 30 ± 9.7 year, BMI 23.6 ± 2.8 kg/m$^2$) were randomly assigned into 3 groups (13 in each) including aerobic continues exercise (an acute 30 min cycling set at 70-75 % heart rate reserve, HRR), high intensity interval exercise (10 intensive one-min interval cycling set at 85-90 % HRR with one-min active recovery time in between the intervals) and/or control group without performing any exercise. Pressure pain threshold, pressure pain perception, and EIH index were recorded on before, immediately after and 30 minutes after exercise or control intervention on three muscle-sits including quadriceps, trapezius, and biceps brachii muscles. A mix ANOVA was used to statistically analyze the data.

**Findings**

The EIH index response was significantly developed at all the quadriceps muscle considered as an involved muscle (local response), biceps and upper trapezius muscle sites as remote muscle sites (central response) ($p < 0.05$) after both the aerobic exercise modes. EIH index immediately after intermittent aerobic exercise was significantly higher than immediately after continues aerobic exercise in quadriceps muscle site ($p < 0.05$). The EIH index response 30 minutes after continues exercise with lower intensity was not significantly different from EIH index response 30 minutes after isocaloric higher intensity interval exercise ($p > 0.05$).

**Conclusion**

Both modes of aerobic exercise have the potential to stimulate the EIH response in the body at both the local and central level. The findings on muscular pain received during the exercise and EIH induced by different modes of exercise demonstratethat pain induced by exercise training is less likely to act as a stimulation for EIH rather than other characteristics of exercise training. Findings of this study have the potential to be used by pain relief therapists specially those who are interested in designing acute exercise trainings to be used as alternative pain relief therapy.

**Keywords:** Exercise Induced Analgesia, Quantitative Sensory Testing (QST), Pressure Pain Threshold, Acute Exercise, Exercise Intensity, Strength Training, Endurance Training.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مطالعات طب ورزشی دوره ۱۳، شماره ۳۰، پاییز و زمستان ۱۴۰۰. صص ۲۷۸-۲۵۵

مقالهٔ پژوهشی

# مقایسهٔ سطوح کم دردی ناشی از فعالیت ورزشی هوازی تداومی در مقابل تناوبی

مهدی حسین زاده[۱]، مهتا سردرودیان[۲]، هادی روحانی[۳]

۱. استادیار گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، تهران، ایران (نویسنده مسئول).
۲. استادیار گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران
۳. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، تهران، ایران

تاریخ ارسال ۱۴۰۰/۱۰/۱۲ تاریخ پذیرش۱۴۰۰/۱۲/۲۳

## چکیده

**هدف از انجام پژوهش حاضر مقایسهٔ آثار کم‌دردی ناشی از انجام فعالیت بدنی هوازی تداومی در مقایسه با تناوبی بود. تعداد ۳۹ داوطلب سالم با مقادیر متوسط ± انحراف استاندارد، سن ۹/۷±۳۰/۰ سال، شاخص تودهٔ بدنی ۲/۸±۲۳/۶ کیلوگرم بر مترمربع از میان جامعهٔ افراد فعال در دسترس انتخاب و به‌طور کاملاً تصادفی در یکی از گروه‌های فعالیت بدنی هوازی تداومی، تناوبی و گروه کنترل قرار گرفتند. شاخص کم‌دردی ناشی از فعالیت بدنی در نقاط زمانی قبل، بلافاصله بعد و همین‌طور ۳۰ دقیقه بعد از انجام وهلهٔ مداخلهٔ تمرین و یا کنترل با استفاده از الگومتر درد فشاری اندازه‌گیری شد. داده‌های پژوهش با استفاده از آزمون تجزیه‌وتحلیل آماری آمیخته بررسی شد. یافته‌ها نشان دادند شاخص کم‌دردی ناشی از انجام هر دو فعالیت هوازی تداومی و تناوبی به‌طور معناداری در هر سه عضلهٔ چهار سر رانی، دوسر بازویی و ذوزنقه‌ای مشاهده می‌شود ($p\leq۰/۰۵$). شاخص کم‌دردی ناشی از انجام فعالیت تناوبی در نقطهٔ زمانی بلافاصله پس از انجام فعالیت تناوبی به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از مقادیر مشاهده‌شده متناظر بلافاصله پس از انجام فعالیت تداومی در محل عضله چهارسر بود ($p\leq۰/۰۵$). بنا بر نتایج، هر دو حالت فعالیت‌های هوازی این قابلیت را دارند که واکنش کم‌دردی ناشی از انجام تمرین بدنی را، هم به‌صورت موضعی و هم گسترده، تحریک کنند. با استناد به یافته‌های پژوهش حاضر در خصوص مقادیر شدت درد عضلانی درک‌شده در اثر فعالیت ورزشی و سپس مقادیر کم‌دردی ایجادشده ناشی از فعالیت بدنی چنین به نظر می‌رسد که درد حاصل از انجام فعالیت بدنی، در مقایسه با دیگر خصوصیات تمرینی، محرک کم‌اهمیت‌تری برای تحریک ایجاد کم‌دردی است. متخصصان می‌توانند از یافته‌های پژوهش حاضر برای کاهش درد بهره‌برداری کنند، به‌ویژه متخصصانی که به طراحی تمرینات ورزشی به‌عنوان درمان جایگزین یا مکمل جهت کاهش درد علاقه‌مندند.**

**واژگان کلیدی:** بی‌حسی حاصل از فعالیت ورزشی، آزمون کمی‌سازی حسی، آستانهٔ درد فشاری، فعالیت ورزشی حاد، شدت تمرین، تمرین استقامتی

1. Email: mhdy7343@gmail.com
2. Email: m.sardroodian@ub.ac.ir
3. Email: h_rohani7@yahoo.com

## مقدمه

فعالیت ورزشی نه‌تنها مقادیر ادراک درد را کاهش می‌دهد، بلکه آثاری مثبت بر سلامت روان دارد؛ نظیر بهبود خلق‌وخو و کاهش استرس و افسردگی افراد که در اغلب اوقات با شرایط ابتلا به درد مزمن همراه‌اند (۱). با توجه به توصیه‌های اخیر در مورد تجویز درمان‌های غیردارویی مراکز کنترل و پیشگیری از بیماری‌ها، فعالیت ورزشی ابزاری قدرتمند برای مدیریت درد مزمن معرفی شده است (۲). بسیاری از برنامه‌های مدیریت و درمان درد شامل وهله‌های تمرینی تداومی ۳۰ دقیقه‌ای با شدت حدودی ۷۰ درصد ظرفیت هوازی بیشینه افراد است. گزارش‌ها نشان می‌دهند انجام حتی یک وهله تمرین هوازی با چنین ویژگی‌هایی موجب کاهش حساسیت پذیری به درد خواهد شد (۳,۴). این پدیده که به کم‌دردی ناشی از انجام فعالیت ورزشی معروف است موجب افزایش آستانهٔ درد (۵,۶) افزایش میزان تحمل درد (۶,۷)، و همچنین کاهش نمره‌دهی به درد (۸,۹) در افراد سالم خواهد شد. یکی از استدلال‌های معروف برای تفسیر اثر کم‌دردی ناشی از انجام فعالیت بورزشی این است که ماهیت استرس‌زای فعالیت ورزشی با تغییر هم‌ایستایی[۱] در بدن فرد، محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال را فعال می‌کند (۱۰) و موجب ترشح مخدرهای درون‌زاد نظیر بتااندورفین در هیپوتالاموس و هیپوفیز می‌شود (۱۱). علاوه بر این، انجام فعالیت ورزشی موجب به چالش کشیده شدن سیستم قلبی-عروقی می‌شود و با افزایش فشار خون می‌تواند به‌نوبهٔ خود از طریق فعال‌سازی گیرنده‌های فشاری و همچنین گیرنده‌های مخدر درون‌زادی به حالت کم‌دردی ناشی از انجام فعالیت بدنی منجر شود (۱۲). تمامی فرایندهای مذکور بیان‌کنندهٔ تأثیر فرایند تحلیل درد توسط مسیرهای بازدارنده وابران است که مؤلفهٔ اصلی سیستم کم‌دردی درون‌زادی است.

ناگل و همکارانش[۲] (۲۰۱۲) با انجام مطالعه‌ای مروری نشان دادند که انجام ۳۰ دقیقه فعالیت ورزشی هوازی تداومی حاد با شدتی تا حدود ۷۵ درصد اکسیژن مصرفی بیشینه، اثر کم‌دردی ملایمی بر مقادیر درد ایجادشدهٔ آزمایشگاهی (مصنوعی) در جمعیت افراد سالم دارد (۱۳). همچنین، بسیاری از پژوهش‌های قبلی نشان داده‌اند بین شدت فعالیت و آثار کم‌دردی ناشی از فعالیت ورزشی ارتباط مثبت وجود دارد (۴,۶,۱۴). چنین بیان شده است که افزایش بیشتر فشار خون در حین انجام تمرینات پرشدت مخدرهای درون‌زاد بیشتری ترشح می‌کند و متعاقباً موجب بروز آثار کم‌دردی ناشی از فعالیت ورزشی شدیدتری می‌شود (۳,۴). شدت‌های تمرینی در حدود ۵۰ الی ۹۰ درصد اکسیژن مصرفی بیشینه موجب فعال شدن محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال و سیستم عصبی سمپاتیک می‌شود

---

۱. فیزیولوژیست‌ها هم‌ایستایی یا هومئوستازی (Homeostasis) را به معنای حفظ شرایط پایدار در محیط داخلی بدن به کار می‌برند.

2. Naugle et al.

که این امر با افزایش مقادیر هورمون آدرنوکورتیکوتروپیک پلاسمایی[1]، کورتیزول، اپی‌نفرین و نور اپی‌نفرین در اثر افزایش شدت تمرینی نشان داده شده است (۱۵). بنابراین می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که چون تمرین بدنی شدیدتر، به‌خودی‌خود فشار بیشتری به بدن تحمیل می‌کند؛ متعاقباً موجب برانگیختن پاسخ بزرگ‌تری از جانب محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال می‌شود که احتمالاً درنهایت، به بروز آثار کم‌دردی ناشی از تمرین بدنی شدیدتری در افراد سالم منجر خواهد شد، ولی بااین‌حال، مرور ادبیات پیشینه در این خصوص با اطلاعات در دسترس نویسندگان پژوهش حاضر نشان می‌دهد فرضیهٔ مذکور تا کنون به‌طور آزمایشگاهی بررسی نشده است.

تمرینات تناوبی پرشدت، شامل وهله‌های تکراری (فعالیت‌های ورزشی از ۳۰ ثانیه تا بیشتر از ۴ دقیقه‌ای) با شدت زیاد است که با انجام وهله‌های بازگشت به حالت اولیه در بین وهله‌های تمرینی همراه است (۱۶). تمرین تناوبی پرشدت، در مقایسه با تمرین تداومی، نیاز قلبی عروقی بیشتری دارد، انرژی گلیکولیتیک غیرهوازی بیشتری مصرف می‌کند و به بار عصبی-عضلانی بیشتری نیاز دارد. بنابراین به نظر می‌رسد تمرینات تناوبی شدید مؤثرترین شیوهٔ تمرینی برای ارتقای عملکردهای قلبی-تنفسی و متابولیکی باشد (۱۶،۱۷). در سال‌های اخیر تمرین تناوبی شدید در جمعیت‌های مختلفی از بیماران نظیر افراد مبتلا به مشکلات قلبی-عروقی، سندروم متابولیک، بیماری ریوی مزمن و حتی سرطان برای ارتقای عملکرد این افراد به کار گرفته شده است (۱۷،۱۸). بااین‌حال، این فرضیه که شدت بیشتر فعالیت ورزشی تناوبی، در مقایسه با تداومی، با کالری مصرفی برابر، بیشتر موجب بروز اثر کم دردی ناشی از تمرین بیشتری می‌شود هنوز بررسی نشده است. بنابراین هدف از انجام پژوهش حاضر مقایسهٔ آثر کم‌دردی ناشی از انجام فعالیت تناوبی (۲۰ دقیقه فعالیت متناوب با ۱۰ تناوب یک‌دقیقه‌ای با شدت ۸۵ تا ۹۰ درصد ضربان قلب ذخیره‌ای) در مقایسه با فعالیت تداومی (۳۰ دقیقه فعالیت مداوم با شدت ۷۰ الی ۷۵ درصد ضربان قلب ذخیره‌ای) در آزمودنی‌های سالم بود که دچار درد نبودند.

## مواد و روش‌ها

آزمودنی‌ها:

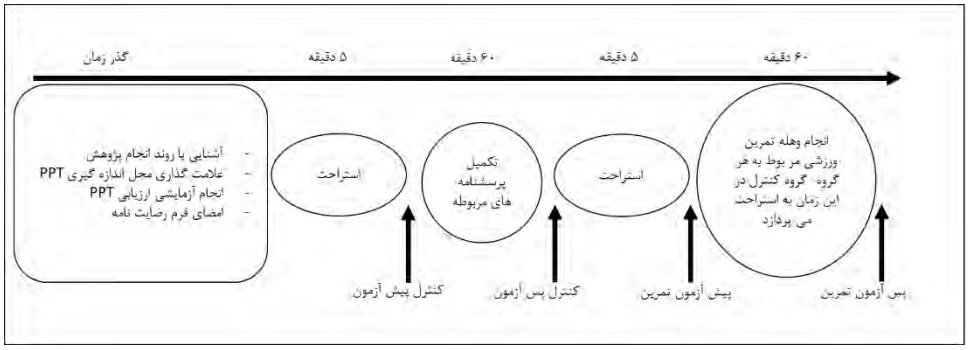
۳۹ نفر داوطلب سالم از میان جامعهٔ افراد فعال در دسترس انتخاب و به‌طور کاملاً تصادفی در یکی از گروه‌های الف) فعالیت ورزشی هوازی تداومی؛ ب) فعالت ورزشی هوازی تناوبی و ج) کنترل قرار گرفتند. با در نظر گرفتن آزمون تجزیه‌وتحلیل اندازه‌گیری مکرر[2] با استفاده از اندازهٔ اثر ۰/۲۵ =η، سطح اطمینان ۰/۰۵ =α، توان مورد انتظار ۹۵٪ و با انجام سه مرحله اندازه‌گیری از آزمودنی‌ها، تعداد

1. Plasma Adrenocorticotropic Hormone
2. Repeated Measure ANOVA

کل نمونهٔ موردنیاز ۳۹ نفر (و به عبارتی ۱۳ نفر در هر گروه) برآورد شد. محاسبات اشاره‌شده با استفاده از نرم‌افزار جی پاور نسخهٔ ۳.۱.۹.۲ انجام شد. معیارهای خروج از پژوهش شامل مبتلا بودن به هرگونه درد مزمن یا حاد، بیماری‌های مزمن سیستمی و یا نورولوژیکی، اختلالات روحی یا شناختی بود. پروتکل پژوهش حاضر در گروه طب ورزش پژوهشگاه علوم ورزشی ایران به تصویب رسیده است. همهٔ آزمودنی‌ها برگهٔ گواهی شرکت داوطلبانه در پژوهش حاضر را که حاوی اهداف و روند انجام پژوهش حاضر بود، مطالعه و امضا کردند.

سپس، شرکت‌کنندگان پرسش‌نامه‌های مرتبط با داده‌های جمعیت‌شناختی، درد و تاریخچهٔ سلامتی را تکمیل کردند. پس از تکمیل پرسش‌نامه‌ها، آزمودنی‌ها با نحوهٔ برگزاری آزمون آستانهٔ درد فشاری آشنا شدند. محل‌هایی که آزمون آستانهٔ درد فشاری ارزیابی می‌شود، روی بدن آزمودنی‌ها علامت‌گذاری شد. نحوهٔ ثبت آستانه درد فشاری از محل‌های مختلف که در ادامه به‌طور دقیق شرح داده خواهد شد به‌صورت کاملاً تصادفی و ترتیبی برای گرفتن آستانه از محل‌های مختلف تعیین‌نشده بود. سپس، ضربان قلب استراحتی، درحالی‌که افراد زمانی بیشتر از ۱۰ دقیقه در حالت نشسته قرار داشتند، اندازه‌گیری شد. ضربان قلب استراحتی افراد به‌منظور تعیین شدت تمرینی اندازه‌گیری شد که در ادامه به‌طور دقیق بدان اشاره شده است. مقدار متوسط دو اندازه‌گیری مکرر افراد ثبت شد. تمام اندازه‌گیری‌های ضربان قلب استراحتی بین ساعت ۸-۱۰ صبح انجام شد (۱۹). ضربان قلب با استفاده از سیستم دیجیتال (BC 08; Beurer, ulm, Germany) ثبت شد. مراحل پژوهش حاضر در شکل شمارهٔ ۱ تشریح شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی




**شکل ۱- نمای شماتیک روند انجام یک جلسهٔ آزمون: در این شکل روند انجام یک جلسه که تمامی آزمودنی‌ها در سه گروه طرح پژوهشی حاضر آن را تجربه کردند به تصویر کشیده شد. توالی اندازه‌گیری آستانهٔ درد فشاری (PPT) از محل‌های عضلهٔ چهارسر، دوسر بازویی و ذوزنقهٔ فوقانی به‌صورت کاملاً تصادفی بود. دو وهله اندازه‌گیری کنترل پیش و پس‌آزمون در حقیقت انجام تمامی آزمون‌های مرتبط با درد فشاری است که در شرایط یکسان و در حالت استراحتی برای محاسبهٔ مقادیر پایایی اندازه‌گیری PPT در پژوهش حاضر طراحی شد (یافته‌های مذکور در این مقاله گزارش نشده است).**

## آزمون‌های سنجش درد و حساسیت‌پذیری

ازآنجاکه روشی جامع و مجزا برای ارزیابی درد وجود ندارد، در پژوهش حاضر از مجموعه‌ای از چندین روش ارزیابی درد بهره‌گیری شد. بدین ترتیب از مقیاس‌های مختلفی برای ارزیابی ابعاد مختلف درد نظیر آستانهٔ درد، شدت درد، تحمل درد استفاده شد. آزمون‌های ارزیابی درد در نقاط زمانی قبل، بلافاصله بعد و همین‌طور ۳۰ دقیقه بعد از انجام وهلهٔ فعالیت ورزشی با نوع و حالت مختلف انجام شد (۲۰,۲۱). در گروه کنترل افراد حدوداً ۲۵ دقیقه به استراحت در محیطی دارای شرایط یکسان با محیط تمرینی پرداختند. مراحل دیگر در شکل شمارهٔ ۱ شرح داده شده است.

### ارزیابی آستانهٔ درد فشاری[1]

PPT با استفاده از الگومتر دستی فشار Somedic® Algometer, Sweden دارای سطح تحریک یک سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری شد. از نرخ افزایش فشار به مقدار تقریبی یک کیلوگرم در ثانیه بر سانتی‌متر مربع استفاده شد. به‌محض اینکه حس فشار واردشده از الگومتر به‌صورت درد حس می‌شد، شدت فشار موردنظر به‌عنوان PPT در نظر گرفته می‌شد. این اندازه‌گیری سه بار برای هر نقطه انجام و مقادیر میانگین این سه اندازه‌گیری در تجزیه‌وتحلیل‌های آماری بعدی استفاده شد. اندازه‌گیری‌های پی‌درپی با فاصلهٔ ۲۰ ثانیه از هم انجام شد. اندازه‌گیری‌های PPT در حالت ایستادهٔ آناتومیک انجام شد. سه

1. Pressure Pain Threshold, PPT

محل اندازه‌گیری مشخص و روی بدن علامت‌گذاری شد. محل اول اندازه‌گیری در قسمت میانی عضلهٔ چهارسری پای برتر و به فاصلهٔ ۲۰ سانتی‌متری از استخوان کشکک بود. محل اندازه‌گیری دوم در قسمت میانی عضلهٔ دو سر بازویی دست برتر و به فاصلهٔ ۱۰ سانتی‌متری از حفرهٔ آرنج بود. محل سوم اندازه‌گیری در عضله ذوزنقه‌ای بالایی به فاصلهٔ ۱۰ سانتی‌متری از زائدهٔ اخرمی در خط مستقیم با گردن اندازه‌گیری شد (۲۲). آزمون ارزیابی آستانهٔ درد فشاری با استفاده از الگومتر دستی فشار، معیاری است که روایی و پایایی قابل‌قبولی برای ارزیابی حساسیت‌پذیری درد در افراد سالم و افرادی مبتلا به وضعیت‌های مزمن سلامتی دارد (۱۹,۲۲). بین مقادیر PPT درون و بین گروهی ثبت‌شده با استفاده از الگومتر مذکور همبستگی نسبتاً قوی ($r \geq ۰/۷۴$) گزارش شد و همچنین پایایی بین جلسات استراحتی و تمرینی در پژوهش دیگری، که روش پژوهش آن تا حدود بسیار زیادی مشابه با پژوهش حاضر است، عالی ($ICC \geq ۰/۸۴$) گزارش شد (۱۹).

**آزمون درد فشاری**

در این آزمو، مشابه قسمت قبل، از تحریکی دردناک به مدت دو دقیقه به‌وسیلهٔ الگومتر دستی فشار استفاده شد. نیرویی ثابت به اندازهٔ یک کیلوگرم به‌صورت عمود بر بند میانی انگشت اشاره دست غیربرتر در فاصلهٔ میانی بین دو مفصل بالا و پایین بین بند انگشت اشاره اعمال شد. پژوهش‌های پیشین نشان دادند چنین فرایندی با وجود اینکه حسی دردناکی برای آزمودنی ایجاد می‌کند، به صدمه بافتی منجر نمی‌شود (۶,۲۳) و همچنین این دورهٔ تحریکی دو دقیقه‌ای، در هر ده دقیقه قابلیت تکرار دارد؛ بدون اینکه تغییری در آستانه درد فشاری افراد ایجاد شود (۶,۲۳).

میزان درد احساس‌شده توسط هر فرد از روی ورق کاغذی حاوی چندین مقیاس آنالوگ بصری ۱۰۰ میلی‌متری انتخاب می‌شد. در یک سوی ورق مذکور واژهٔ هیچ‌گونه درد و در طرف مقابل واژهٔ بدترین درد ممکن درج شده بود. این یادداشت در تناوب‌های ۱۰ ثانیه‌ای در طول کل زمان دو دقیقه‌ای آزمون درد فشاری ثبت می‌شد (۱۴).

**شاخص کم‌دردی ناشی از ورزش (EIH Index)**

شاخص اصلاح‌شدهٔ کم‌دردی ناشی از ورزش (بیان‌شده در واحد $kg/cm^2$) با استفاده از فرمول تصحیح‌شدهٔ روش ناگل و همکارانش محاسبه شد تا معیاری از میزان پاسخ کم‌دردی ناشی از حالت‌های مختلف تمرینات بازتوانی (تداومی در مقابل تناوبی) در دسترس پژوهشگران باشد (۲۴). نحوهٔ محاسبه با استفاده از فرمول ذیل بود:

$$\left[\frac{\text{Hpost} - \text{Hpre}}{\text{Hpre}} - \frac{\text{Cpost} - \text{Cpre}}{\text{Cpre}}\right] 100$$

که در آن Hpost بیانگر مقادیر آستانهٔ درد فشاری پس از انجام هر کدام از فعالیت‌های ورزشی مدنظر در پژوهش حاضر؛ Hpre بیانگر مقادیر آستانهٔ درد فشاری قبل از انجام هر کدام از فعالیت‌های ورزشی تداومی و تناوبی؛ Cpost بیانگر مقادیر آستانهٔ درد فشاری در گروه کنترل در مرحلهٔ پس‌آزمون و Cpre نیز بیانگر مقادیر آستانهٔ درد فشاری در گروه کنترل در مرحلهٔ پیش‌آزمون است. اصلاحات انجام‌شده روی فرمول ناگل و همکارانش موجب می‌شود تا بتوان تغییرات مقادیر آستانهٔ درد فشاری را (همراه با حذف بهینه‌تر اثر زمان‌بر مقادیر آستانهٔ مذکور) تنها به اثر فعالیت‌های ورزشی نسبت داد که آزمودنی‌های پژوهش انجام می‌دادند. مقادیر مثبت شاخص EIH بیانگر کاهش یافتن سطوح حساسیت‌پذیری فرد پس از انجام فعالیت ورزشی است (۲۴). روایی و پایایی فرمول تصحیح‌شدهٔ مذکور در پژوهش‌های مشابه دیگر گزارش شد (۲۵,۲۶).

**پروتکل‌های فعالیت ورزشی**

**فعالیت ورزشی هوازی**

شرکت‌کنندگان در گروه هوازی تداومی یک فعالیت هوازی ممتد ۳۰ دقیقه‌ای زیربیشینه روی دوچرخه ثابت انجام می‌دادند. شرکت‌کنندگان رکاب زدن را با توان ۲۵ وات شروع کردند، برون‌ده توان در هر دقیقه ۲۵ وات اضافه شد و این فرایند تا زمانی ادامه یافت که ضربان قلب افراد به ۷۰ الی ۷۵ درصد ضربان قلب ذخیره‌ای هر فرد، که از پیش از شروع فعالیت محاسبه‌شده بود، برسد (۲۷). سپس، شرکت‌کنندگان به مدت ۳۰ دقیقه به رکاب زدن در همین سطح ادامه دادند. کالری مصرفی این فعالیت حدود ۲۲۵ تا ۲۳۵ کالری برآورد شد (۲۸). شرکت‌کنندگان در گروه تناوبی در عوض فعالیت تناوبی یک‌دقیقه‌ای با شدت ۸۵ تا ۹۰ درصد ضربان قلب ذخیره‌ای با تعداد ۱۰ تکرار روی دوچرخهٔ کارسنج ثابت انجام دادند که درمجموع ۲۰ دقیقه زمان برد و کالری مصرفی در حین این فعالیت نیز به‌طور تقریبی متناسب با کالری مصرفی فعالیت گروه فعالیت تداومی برآورد شد (۲۸). فواصل استراحت بین اینتروال‌ها یک دقیقه به‌صورت استراحت فعال (پدال زدن با سرعت ۵۰ وات) تنظیم شده بود (۲۸). ضربان قلب هدف هر فرد بر اساس فرمول کاروونن[1] محاسبه شد (۲۴,۲۸,۲۹). پژوهشگران پیشین بیان کرده‌اند که فعالیت فوق‌الذکر معیاری معتبر و قابل‌اعتماد برای ارزیابی افراد سالم و همچنین افراد مبتلا به وضعیت‌های مزمن سلامتی است (۳۰). مقادیر RPE طی انجام هر دو فعالیت اندازه‌گیری شد (۲۷). فرمول کاروونن با درصد ضربان قلب بیشینهٔ پیش‌بینی‌شده بر اساس

1. Karvonen Formula

سن افراد مرتبط است، بااین‌حال استفاده از این فرمول همچنین استفاده از مقادیر ضربان قلب استراحتی افراد را نیز به نحوهٔ ذیل امکان‌پذیر می‌کند (۲۴,۲۹).

ضربان قلب استراحت – ضربان قلب بیشینه = **ضربان قلب ذخیره**

ضربان قلب استراحت + (درصد موردنظر برنامه ورزشی * ضربان قلب ذخیره) = **ضربان قلب هدف**

ضربان قلب استراحت در فرمول بالا عبارت است از: تعداد ضربان قلب در دقیقه درحالی‌که فرد در حال استراحت است و فعالیتی ندارد.

ضربان قلب بیشینهٔ پیش‌بینی‌شده بر اساس سن افراد: حداکثر تعداد ضربان قلب که در افراد مختلف و در سن‌های مختلف با هم متفاوت است و به‌صورت ۲۲۰ منهای سن محاسبه می‌شود.

**رتبه‌بندی درد عضلانی در طی فعالیت ورزشی**

از آزمودنی‌ها خواسته شد درد عضلانی ناشی از انجام فعالیت روی عضلهٔ چهارسر رانی خویش را در حین انجام فعالیت (در هر ۶۰ ثانیه) با استفاده از مقیاس رتبه‌بندی[1] ۱۰-۰ گزارش کنند. عدد صفر در این مقیاس بیانگر هیچ‌گونه درد و عدد ۱۰ نمایانگر بیشترین درد قابل‌تصور بود. به‌علاوه از مقیاس بورگ نیز به‌منظور ارزیابی میزان فشار درک شده استفاده شد (۳۱). مقیاس بورگ دامنه‌ای از اعداد از ۶ الی ۲۰ را شامل می‌شود که ۶ بیانگر هیچ‌گونه فشار تمرینی و ۲۰ بیانگر بیشترین فشار قابل‌تصور تمرینی است. هر دو این مقیاس‌ها هر ۶۰ ثانیه طی فعالیت ثبت شد (۱۹). روایی و پایایی هر دو آزمون مذکور به‌طور ویژه برای عضلات چهارسر رانی بررسی و گزارش شده است (۳۲).

**روش‌های آماری**

پس از جمع‌آوری داده‌ها، که در انتها به‌صورت جداول توصیفی ارائه‌شده، از آزمون آماری شاپیرو-ویلک برای سنجش توزیع نرمال داده‌ها و آزمون لون برای سنجش تجانس داده‌ها استفاده شد. پس از حصول اطمینان از توزیع نرمال و متجانس بودن داده‌ها از آزمون تجزیه‌وتحلیل واریانس ترکیبی (با هر دو فاکتور بین و درون‌گروهی) در اندازه‌گیری‌های مکرر[2] برای بررسی تفاوت بین مقادیر داده‌های به‌دست‌آمده در نقاط زمانی مختلف (قبل، بلافاصله بعد و ۳۰ دقیقه بعد) و در بین گروه‌های مختلف استفاده شد. گروه‌های این پژوهش به ترتیب شامل: گروه الف) فعالیت هوازی تداومی؛ ب) فعالیت هوازی تناوبی و ج) کنترل بدون مداخله تمرین بود. برای انجام آزمون‌های آماری از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۶ و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel نسخهٔ ۲۰۱۰ استفاده شد.

1. Numerical Rating Scale
2. Mixed ANOVA (with within- and Between Subject's Factors)

### ملاحظات اخلاقی

پژوهش حاضر ازنظر اخلاقی در کمیتهٔ اخلاق در پژوهش‌های زیست-پزشکی پژوهشگاه علوم ورزشی ایران تأیید شد (IR.SSRC.REC.1399.122).

## یافته‌ها

از بین افراد فراخوانده‌شده در سه گروه پژوهش حاضر، یک نفر از گروه فعالیت ورزشی تداومی به دلیل انصراف از تکمیل پروتکل تمرینی، یک نفر از گروه تداومی به دلیل اجتناب از تکمیل پروتکل تمرینی و یک نفر از گروه کنترل به دلیل تکمیل نکردن آزمون‌های سی دقیقه بعد از آزمون از فرایند پژوهش خارج شدند. درنهایت، ۳۶ نفر (۲۹ نفر زن و ۷ نفر مرد) با مقادیر متوسط ± انحراف استاندارد، سن ۳۰/۹±۰/۷ سال، شاخص تودهٔ بدنی ۲۳/۶±۲/۸ کیلوگرم بر متر مربع موفق شدند وظایف محول‌شده و همچنین پیش و پس‌آزمون را انجام دهند. نتایج مرتبط با پارامترهای جمعیت‌شناختی ۳۶ آزمودنی پژوهش به تفکیک گروه‌های سه‌گانه در جدول شمارهٔ ۱ آورده شده است.

**جدول ۱- ویژگی‌های جمعیت‌شناختی آزمودنی‌های پژوهش حاضر به تفکیک گروه پژوهشی**

| گروه | | متغیر |
|---|---|---|
| نوع مداخله | حالت فعالیت ورزشی | |
| فعالیت ورزشی هوازی | تداومی (۱۲ نفر، ۳ مرد) | سن ۹/۷ ± ۳۳/۱۶ سال<br>شاخص تودهٔ بدنی ۳/۰۱ ± ۲۳/۷۲ کیلوگرم بر متر مربع<br>میانگین فشار تمرینی در مقیاس بورگ ۱/۲۹ ± ۹/۷۶<br>میانگین درد عضلانی در طی انجام تمرین ۱/۰۶ ± ۳/۲۷ |
| | تناوبی (۱۲ نفر، ۳ مرد) | سن ۱۰/۲۱ ± ۳۵/۸۳ سال<br>شاخص تودهٔ بدنی ۲/۳۹ ± ۲۳/۷۹ کیلوگرم بر متر مربع<br>میانگین فشار تمرینی در مقیاس بورگ ۱/۰۳ ± ۹/۴۱<br>میانگین درد عضلانی در طی انجام تمرین ۰/۵۳ ± ۲/۳۳ |
| کنترل (بدون فعالیت ورزشی) | کنترل (۱۲ نفر، ۱ مرد) | سن ۹/۸۲ ± ۳۶/۰۰ سال<br>شاخص تودهٔ بدنی ۳/۱۴ ± ۲۳/۳۳ کیلوگرم بر متر مربع |

نتایج به‌صورت میانگین ± انحراف استاندارد (Mean±SD) گزارش شده است.

### آستانهٔ درد فشاری

آستانهٔ درد فشاری در سه محل از بدن هر فرد و در سه مقطع زمانی قبل، بلافاصله بعد و همچنین ۳۰ دقیقه بعد از انجام دو حالت مختلف فعالیت ورزشی (تداومی و تناوبی) یا بدون فعالیت ورزشی و استراحتی ثبت شد. نتایج تجزیه‌وتحلیل آماری (ترکیبی) نشان داد مقادیر آستانهٔ درد فشاری در

مرحلهٔ اندازه‌گیری آغازین پژوهش حاضر در گروه‌های مختلف مشابه هم است و هیچ‌گونه تفاوتی بین افراد شرکت‌کننده در گروه‌های مختلف در این مرحله وجود ندارد (p>۰/۰۵). بااین‌حال در هر کدام از گروه‌های فعالیت ورزشی تمایلی برای افزایش آستانهٔ درد فشاری در محل‌های مختلف اندازه‌گیری مشاهده شد، به‌نحوی‌که اثر نقاط زمانی مختلف اندازه‌گیری (قبل در مقایسه با بلافاصله بعد و همچنین ۳۰ دقیقه بعد از فعالیت ورزشی) بر آستانهٔ درد فشاری اندازه‌گیری‌شده در عضلهٔ چهارسر رانی معنادار بود. مقادیر آمارهٔ اف، سطح معناداری، و مجذور نسبی اتا[1] برای اثر معنادار به شرح ذیل بود: (۰/۸۱= $\eta^2_p$ و P = ۰/۰۰۱ و ۱۴۱/۳۱۲= $F_{۲/۶۶}$ ). به‌علاوه اثر تقابل نقاط زمانی و گروه‌های پژوهشی (زمان * گروه) نیز بر آستانه درد فشاری اندازه‌گیری‌شده در عضلهٔ چهارسر رانی معنادار گزارش شد، که مقادیر اف، سطح معناداری و مجذور نسبی اتا برای تقابل نقاط زمانی و گروه‌های مختلف به این شرح بود ($\eta^2_p$ = ۰/۷۳ و P = ۰/۰۰۱و ۴۵/۷۸۳ = $F_{۴/۶۶}$ ). نتایج مرتبط با مقایسه‌های درون‌گروهی و بین گروهی برای مقادیر آستانهٔ درد فشاری اندازه‌گیری‌شده روی عضلهٔ چهارسر رانی به تفکیک گروه‌های مختلف پژوهش حاضر در جدول شمارهٔ ۲ آورده شده است.

اثر نقاط زمانی مختلف اندازه‌گیری (قبل در مقایسه با بلافاصله بعد و همچنین ۳۰ دقیقه بعد از فعالیت ورزشی) بر آستانهٔ درد فشاری اندازه‌گیری‌شده در عضلهٔ دوسر بازویی معنادار بود. مقادیر اف، سطح معناداری و مجذور نسبی اتا برای اثر معنادار نقاط زمانی به این شرح بود (۰/۸۲ = $\eta^2_p$ و ۰/۰۰۱ = P و ۱۵۸/۰۶ = $F_{۲/۶۶}$). به‌علاوه اثر تقابل نقاط زمانی و گروه‌های پژوهشی (زمان * گروه) نیز بر آستانهٔ درد فشاری معنادار گزارش شد، که مقادیر اف، سطح معناداری، و مجذور نسبی اتا برای تقابل نقاط زمانی و گروه‌های مختلف به این شرح بود(۰/۶۵ = $\eta^2_p$ و ۰/۰۰۱ = P و ۳۱/۲۷ = $F_{۴/۶۶}$). نتایج مرتبط با مقایسه‌های درون‌گروهی و بین گروهی برای مقادیر آستانهٔ درد فشاری اندازه‌گیری‌شده روی عضله دوسر بازویی به تفکیک گروه‌های مختلف پژوهش حاضر در جدول شمارهٔ ۲ آورده شده است.

اثر نقاط زمانی مختلف اندازه‌گیری (قبل در مقایسه با بلافاصله بعد و همچنین ۳۰ دقیقه بعد از فعالیت ورزشی) بر آستانهٔ درد فشاری اندازه‌گیری‌شده در عضلهٔ ذوزنقه نیز معنادار بود، مقادیر آمارهٔ سطح معناداری و مجذور نسبی اتا برای اثر معنادار نقاط زمانی به این شرح بود (۰/۷۸ = $\eta^2_p$ و ۰/۰۰۱ = P و ۱۱۶/۰۲ = $F_{۲/۶۶}$). به‌علاوه اثر تقابل نقاط زمانی و گروه‌های پژوهشی (زمان * گروه) نیز بر آستانهٔ درد فشاری معنادار گزارش شد، که مقادیر اف، سطح معناداری و مجذور نسبی اتا برای تقابل نقاط زمانی و گروه‌های مختلف به این شرح بود (۰/۶۹ = $\eta^2_p$ و ۰/۰۰۱ = P و ۳۷/۱۲ = $F_{۴/۶۶}$). نتایج مرتبط با مقایسه‌های درون‌گروهی و بین گروهی برای مقادیر آستانهٔ درد فشاری اندازه‌گیری‌شده روی عضلهٔ ذوزنقه به تفکیک گروه‌های مختلف در جدول شمارهٔ ۲ آورده شده است.

1. Partial Eta Squared

**جدول ۲. آستانهٔ درد فشاری در سه محل عضلهٔ چهارسر رانی، دوسر بازویی و ذوزنقه به تفکیک گروه‌های مختلف پژوهش حاضر**

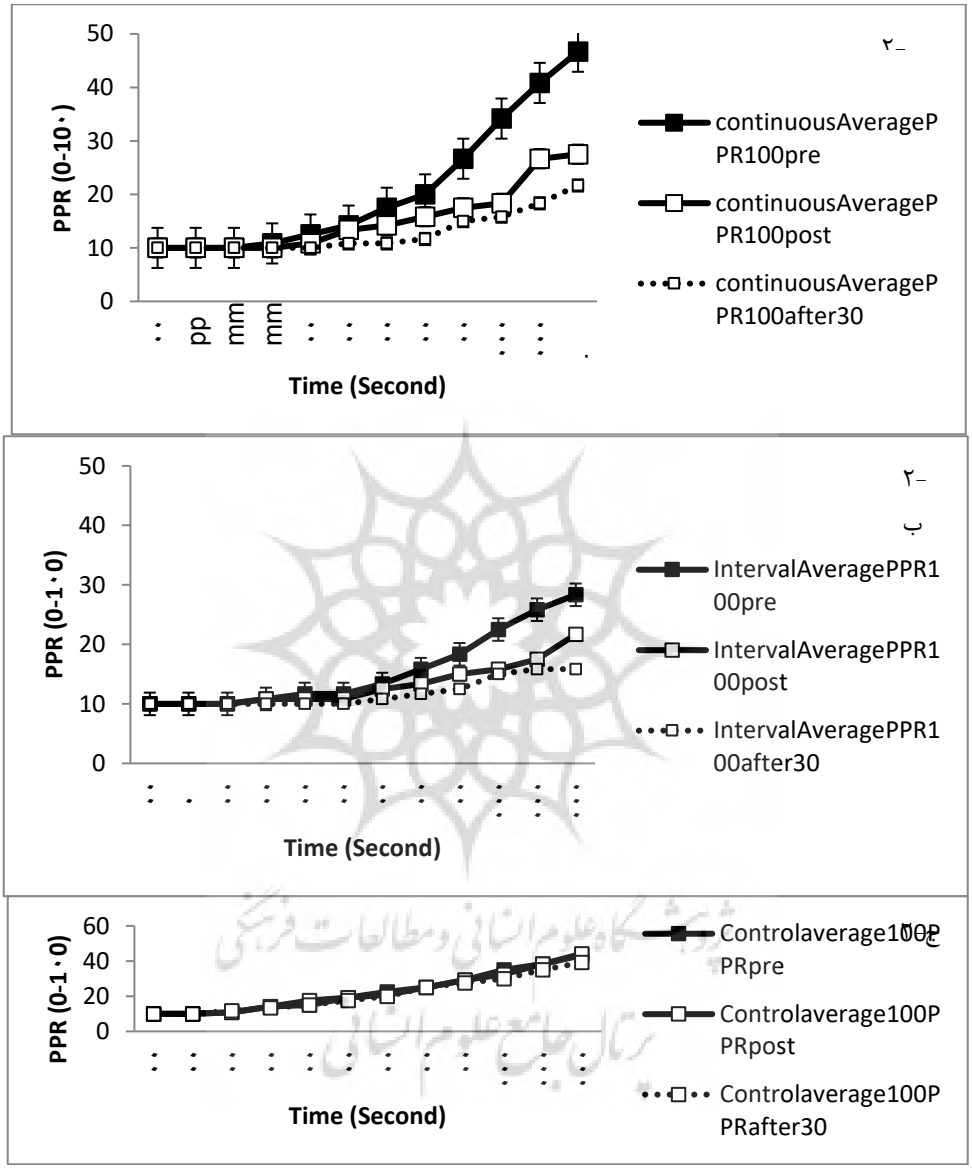
| | عضلهٔ چهار سر رانی | | | عضلهٔ دو سر بازویی | | | عضلهٔ ذوزنقه | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مقطع زمانی / گروه | پیش‌آزمون | پس‌آزمون/ بلافاصله | پس‌آزمون/ ۳۰ دقیقه | پیش‌آزمون | پس‌آزمون/ بلافاصله | پس‌آزمون/ ۳۰ دقیقه | پیش‌آزمون | پس‌آزمون/ بلافاصله | پس‌آزمون/ ۳۰ دقیقه |
| تداومی | ۱/۶ ± ۸۶/۰۵ | ۶/۸۷ ± ۲/۱۴*# | ۸/۱۰ ± ۱/۹۸*# | ۳/۵۷ ± ۱/۰۹ | ۴/۳۰ ± ۱/۱۳ *# | ۴/۹۵ ± ۱/۰۷*# | ۴/۱۲ ± ۰/۸۲ | ۵/۰۱ ± ۱/۰۲ *# | ۶/۰۰*# ± ۱/۳۲ |
| تناوبی | ۱/۵۶ ± ۵/۵۵ | ۶/۷۲ ± ۱/۶۳* | ۷/۱۵ ± ۱/۶۹*# | ۳/۵۱ ± ۰/۸۰ | ۴/۶۲ ± ۰/۸۵ *# | ۴/۹۷ ± ۰/۷۴*# | ۴/۲۱ ± ۰/۸۵ | ۵/۳۷*# ± ۰/۹۳- | ۵/۷۳ ± ۰/۹۷ *# |
| کنترل | ۱/۷۵ ± ۵/۰۰ | ۴/۹۹ ± ۱/۵۵ | ۴/۹۲ ± ۱/۶۵ | ۳/۱۲ ± ۰/۷۶ | ۳/۱۴ ± ۰/۸۱ | ۳/۲۸ ± ۰/۶۲ | ۳/۷۸ ± ۰/۷۸ | ۳/۶۸ ± ۰/۹۵ | ۳/۷۰ ± ۰/۶۵ |

نتایج به‌صورت میانگین ± خطای استاندارد (Mean±SD) گزارش شده است. * نشانهٔ وجود تفاوت معنادار درون‌گروهی در مقایسه با پیش‌آزمون است ($p\leq.۰/۰۰۱$). # نشانهٔ وجود تفاوت معنادار بین گروهی در مقایسه با گروه کنترل در همان مرحلهٔ زمانی است ($p\leq۰/۰۵$)

## شدت درد در آزمون درد فشاری

شدت درد در آزمون درد فشاری در هر ۱۰ ثانیه و به مدت دو دقیقه روی بند میانی انگشت اشارهٔ دست غیربرتر آزمودنی‌ها ثبت شد. در آزمون درد فشاری تمایلی برای کاهش نمرات شدت درد برای هر کدام از گروه‌های فعالیت ورزشی مشاهده شد. به شکل شمارهٔ ۲ مراجعه کنید.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی




**شکل ۲ الف-ه: نتایج تناوب‌های ۱۲ گانهٔ آزمون درد فشاری در سه مقطع زمانی قبل، بلافاصله بعد و همچنین ۳۰ دقیقه بعد از انجام مداخلهٔ فعالیت ورزشی یا استراحتی به تفکیک گروه‌های مختلف ۲-الف: گروه تداومی، ۲-ب: گروه تناوبی، ۲-ج: گروه کنترل.**

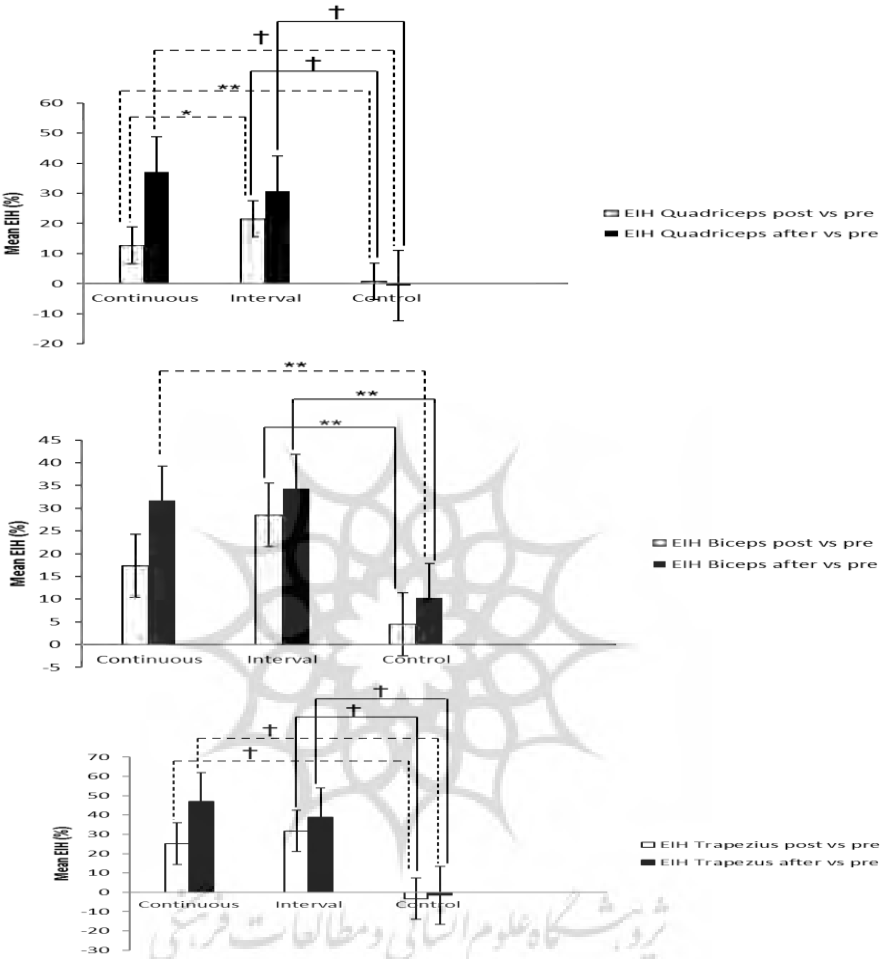
**شاخص کم‌دردی ناشی از ورزش (EIH Index)**

شاخص کم‌دردی ناشی از ورزش (اندازه‌گیری‌شده توسط الگومتر دستی درد فشاری و بیان‌شده در واحد $kg/cm^2$)، به‌منظور داشتن معیاری از میزان پاسخ کم‌دردی ناشی از انواع و حالت‌های مختلف تمرینات بازتوانی در گروه‌های مختلف محاسبه شد. مقادیر مثبت شاخص EIH بیانگر کاهش یافتن سطوح حساسیت‌پذیری فرد (بروز پاسخ کم‌دردی ناشی از ورزش) پس از انجام فعالیت ورزشی است.

**شاخص کم‌دردی ناشی از حالات مختلف فعالیت ورزشی**

نتایج تجزیه‌وتحلیل آماری (یک‌طرفه) نشان داد بین گروه‌های مختلف فعالیت ورزشی هوازی تداومی، تناوبی و کنترل در ایجاد مقادیر مثبت شاخص کم‌دردی ناشی از ورزش تفاوت آماری معناداری وجود دارد، به‌نحوی‌که انجام حالات مختلف فعالیت ورزشی تداومی و تناوبی موجب ایجاد کم‌دردی ناشی از ورزش در عضلهٔ چهارسر رانی در مرحلهٔ بلافاصله بعد ($F_{۲/۵۵}$ ==۱۹/۳۲ و $P$ = ۰/۰۰۱) و نیز ۳۰ دقیقه بعد ($F_{۲/۳۵}$ = ۳۰/۷۲ و $P$ = ۰/۰۰۱) از انجام حالات مختلف فعالیت ورزشی در گروه‌های مختلف تمرینی شد. انجام حالات مختلف فعالیت ورزشی همچنین موجب ایجاد کم‌دردی ناشی از ورزش در عضلهٔ دوسر بازویی در مرحلهٔ بلافاصله بعد ($F_{۲/۳۵}$ = ۶/۹۰۸ و $P$ = ۰/۰۰۳) و نیز ۳۰ دقیقه بعد ($F_{۲/۳۵}$ = ۶/۶۵۳ و $P$ = ۰/۰۰۴) از انجام حالات مختلف فعالیت ورزشی در گروه‌های مختلف فعالیت ورزشی شد. درنهایت انجام حالات مختلف فعالیت ورزشی همچنین موجب ایجاد کم‌دردی ناشی از ورزش در عضلهٔ ذوزنقه نیز در مرحلهٔ بلافاصله بعد ($F_{۲/۳۵}$ = ۲۰/۴۵۶ و $P$ = ۰/۰۰۱) و نیز ۳۰ دقیقه بعد ($F_{۲/۳۵}$ = ۳۸/۱۱۰ و $P$ = ۰/۰۰۱) از انجام حالات مختلف فعالیت ورزشی در گروه‌های مختلف شد. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقادیر شاخص کم‌دردی ناشی از ورزش (به‌صورت دو شاخص الف: کم‌دردی ناشی از ورزش، بلافاصله پس از فعالیت ورزشی و ب: ۳۰ دقیقه بعد از خاتمهٔ فعالیت ورزشی) به تفکیک گروه‌های مختلف تداومی، تناوبی و کنترل و در سه محل اندازه‌گیری مختلف در شکل شمارهٔ ۳ آورده شده است.

پرتال جامع علوم انسانی




**شکل ۳. نتایج شاخص کم‌دردی ناشی از ورزش (به‌صورت دو شاخص الف: کم‌دردی ناشی از ورزش بلافاصله پس از فعالیت ورزشی و ب: ۳۰ دقیقه بعد از خاتمهٔ فعالیت ورزشی) به تفکیک گروه‌های مختلف (تداومی، تناوبی و کنترل) و در سه محل اندازه‌گیری مختلف. شکل ۳ الف: در عضلهٔ چهار سر رانی. ۳ ب: در عضلهٔ دو سر بازویی و ۳ ج: در عضلهٔ ذوزنقه. نتایج به‌صورت میانگین . خطای استاندارد (Mean±SE) گزارش شده است. * نشانهٔ وجود تفاوت معنادار در سطح (p≤۰/۰۵). ** نشانهٔ وجود تفاوت معنی‌دار در سطح (p≤۰/۰۱) * نشانه وجود تفاوت معنادار در سطح (p≤۰/۰۰۱).**

## بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر اولین مطالعه برای بررسی مقادیر کم‌دردی ناشی از انجام حالت‌های مختلف فعالیت ورزشی است. از دیگر نکات برجستهٔ پژوهش حاضر استفاده از مقادیر خالص شاخص کم‌دردی ناشی

از فعالیت ورزشی است، به‌نحوی‌که مقادیر خالص شاخص مذکور به‌منظور داشتن معیاری از میزان پاسخ کم‌دردی ناشی از حالت‌های مختلف فعالیت‌های ورزشی هوازی برای اولین بار و با انجام برخی اصلاحات و با استفاده از فرمول تصحیح‌شدهٔ ناگل و همکارانش محاسبه شد (۲۴). اصلاحات انجام‌شده روی فرمول ناگل و همکارانش موجب می‌شود تا بتوان تغییرات ایجادشده در مقادیر آستانهٔ درد فشاری را (همراه با حذف بهینه‌تر اثر زمان‌بر مقادیر آستانه مذکور) تنها به اثر فعالیت‌های ورزشی انجام‌شده به‌وسیلهٔ آزمودنی‌ها نسبت داد، به‌طوری‌که مقادیر مثبت شاخص EIH بیانگر کاهش سطوح حساسیت-پذیری فرد پس از انجام فعالیت ورزشی است (۲۴). روایی و پایایی فرمول تصحیح‌شدهٔ مذکور در پژوهش‌هایی تا حدودی مشابه پژوهش حاضر گزارش شده است (۲۵,۲۶,۳۳).

مطالعات بسیاری کم‌دردی ناشی از ورزش و سازوکارهای مرتبط با آن را روی آزمودنی‌های انسانی سالم بدون درد (۲۴) و همچنین اخیراً با استفاده از جمعیت بیماران (۳۴) تحت بررسی قرار داده‌اند (برای مشاهدهٔ جمع‌بندی نتایج مربوط در این خصوص به جدول شمارهٔ ۳ که به‌صورت پیوست ارائه شده مراجعه کنید). در این خصوص برای توجیه سازوکارهای ایجاد کم‌دردی ناشی از انجام یک وهلهٔ مجزای تمرین خسته‌کننده در افراد سالم سازوکارهای بسیاری پیشنهاد شده است. ازجملهٔ چنین سازوکارهایی می‌توان به ترشح درون‌زادی سروتونین در اثر انجام یک وهلهٔ مجزای فعالیت ورزشی اشاره کرد. افزایش سطوح سروتونین درون‌زادی به معنای افزایش مقادیر اپیویدی موجود در مسیرهای بازدارندگی سیستم عصبی مرکزی است که بدین ترتیب انجام وهلهٔ مجزای فعالیت ورزشی با کمک سیستم بازدارندگی درون‌زادی بدن موجب بروز حالت کم‌دردی در افراد می‌شود (۳۵,۳۶). از مطالعات قبلی چنین به نظر می‌رسد که تعادل بین بازدارندگی (۳۷) و تحریک‌پذیری سیستم عصبی مرکزی (۳۸) عاملی تعیین‌کننده برای پاسخ به این سؤال است که آیا انجام فعالیت ورزشی در افرادی با شرایط منحصربه‌فرد (با توجه اینکه فرد از قبل دچار هرگونه شرایط دردی باشد یا خیر) موجب کاهش یا افزایش میزان درد در فرد می‌شود (۴۱-۳۹). فاکتورهای متعددی نظیر سطح آمادگی بدنی، سطح فعالیت بدنی و میزان آسیب یا شرایط درد بر این تعادل تأثیرگذارند (۴۲). به نظر می‌رسد در افراد سالم پژوهش حاضر با توجه به نبود هر گونه شرایط دردزا در بدن افراد، انجام یک وهله فعالیت ورزشی درنهایت موجب تغییر تعادل بین بازدارندگی و تحریک‌پذیری سیستم عصبی مرکزی شد به‌نحوی‌که آستانهٔ درد در افراد بالاتر رفت و شاخص کم‌دردی ناشی از درد در آن‌ها مثبت مشاهده شد.

همان‌گونه که در شکل شمارهٔ ۳ مشاهده می‌کنید، در آزمودنی‌های پژوهش حاضر مقادیر خالص شاخص کم‌دردی ناشی از انجام هر دو فعالیت ورزشی هوازی تداومی و تناوبی به‌طور معناداری در هر سه عضلهٔ چهارسر رانی، دوسر بازویی و ذوزنقه‌ای مشاهده شد. این نتایج با بروز مقادیر خالص شاخص کم‌دردی ناشی از انجام فعالیت هوازی تداومی و تناوبی در بطن عضلهٔ چهارسر رانی به‌عنوان عضو

درگیر در فعالیت ورزشی مرتبط و نشانه‌ای از ایجاد کم‌دردی موضعی ناشی از فعالیت ورزشی است. همچنین، در بطن عضلهٔ دوسر بازویی و همچنین عضلهٔ ذوزنقه به‌عنوان دو محل دور از عضلات درگیر فعالیت و نشانه‌ای از ایجاد کم‌دردی گسترده و وسیع‌تری (در عضلات بیشتری از بدن) افراد آزمودنی پژوهش حاضر است.

علاوه بر این شاخص کم‌دردی ناشی از انجام فعالیت ورزشی تناوبی بلافاصله پس از انجام فعالیت ورزشی تناوبی به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از مقادیر مشاهده‌شدهٔ متناظر بلافاصله پس از انجام فعالیت ورزشی تداومی در محل عضلات هدف است (تفاوت معنادار گزارش‌شده در شکل شمارهٔ ۳ مربوط به عضلهٔ چهارسر را در قسمت بلافاصله پس از انجام فعالیت ورزشی هوازی مشاهده کنید). یافتهٔ مذکور به‌نوبهٔ خود می‌تواند بیانگر این باشد که شدت بیشتر فعالیت ورزشی در بدن آزمودنی‌های پژوهش به‌واسطهٔ اعمال بار بیشتر به بدن فرد می‌تواند درنهایت با سرعت بیشتری به بروز آثار کم‌دردی ناشی از انجام فعالیت ورزشی منجر شود. چنین استدلالی هم‌سو با دیگر مطالعاتی است که بیان کرده‌اند شدت و درد ناشی از انجام فعالیت ورزشی خود محرکی در برانگیزاندن پاسخ EIH است (۴۲). بااین‌حال، باید توجه داشت که کم‌دردی ناشی از فعالیت ورزشی در هر دو گروه فعالیت ورزشی هوازی (تناوبی و تداومی) در حالی به وقوع پیوست که میانگین درد عضلانی خود-گزارشی و همین‌طور فشار تمرینی گزارش‌شده در مقیاس بورگ در طی انجام فعالیت ورزشی هوازی تناوبی تفاوتی معنادار با گروه مداخلهٔ فعالیت ورزشی هوازی تداومی نداشت که متناقض استدلال مطرح‌شده در بالاست. در راستای تناقض استدلال مطرح‌شده در قسمت قبل می‌توان چنین نتیجه گرفت که درد حاصل از انجام فعالیت بدنی، در مقایسه با دیگر خصوصیات تمرینی (شدت، مدت، تکرار، میزان تحریک سیستم قلبی-تنفسی و غیره) به‌خودی‌خود محرکی (تا حدودی) کم‌اهمیت‌تر برای تحریک ایجاد کم‌دردی ناشی از ورزش است.

## جمع‌بندی

درنهایت با توجه به نبود تفاوت معنادار بین پاسخ EIH ایجادشده پس از انجام تمرینات هوازی تداومی (انجام یک تناوب ۳۰ دقیقه‌ای با شدت ۷۰ الی ۷۵ درصد ضربان قلب ذخیره) در مقایسه با تمرینات هوازی تناوبی (انجام ۱۰ تناوب یک‌دقیقه‌ای با شدت ۸۵ الی ۹۰ درصد ضربان قلب ذخیره‌ای همراه با تناوب‌های استراحتی فعال در بین تناوب‌های شدید) می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که افراد مختلف بر حسب نیازمندی‌ها یا ترجیح تمرینی می‌توانند از مزایای کاهش درد ناشی از تمرینات هوازی تداومی و تناوبی بهره‌مند شوند. در عوض، اگرچه انجام فعالیت ورزشی تداومی، در مقایسه با فعالیت ورزشی هوازی تناوبی، بلافاصله پس از انجام فعالیت بدنی پاسخ EIH کمتری برمی‌انگیزد، ازآنجاکه این نوع پاسخ افزایش کم‌دردی در نقطهٔ زمانی ۳۰ دقیقه پس از انجام تمرین در حالت‌های

مختلف (تداومی و تناوبی) مشاهده نشد، بهره‌مندی از مزایای کاهش درد موضعی و گستردهٔ حاصل از فعالیت‌های ورزشی هوازی تناوبی و تداومی برای آن دسته از افرادی توصیه می‌شود که (به دلیل برخی معذورات نظیر مشکلات مرتبط با اختلال اعصاب حسی محیطی مربوط به دیابت یا شرایط مختلف درد) برای انجام فعالیت‌های ورزشی طولانی‌مدت‌تر محدودیت دارند. متخصصین کاهش درد، به‌ویژه آن دسته از متخصصانی که طراحی تمرینات ورزشی به‌عنوان درمان جایگزین یا مکمل کاهش درد علاقه دارند می‌توانند از یافته‌های پژوهش حاضر بهره‌برداری کنند.

**پیشنهادهای برخاسته از پژوهش (بیان جنبه‌های کاربردی یافته‌های پژوهش)**

کالری مصرفی طی انجام فعالیت هوازی تداومی در پژوهش حاضر با استناد به پژوهش‌های قبلی و به‌طور تخمینی حدود ۲۲۵ تا ۲۳۵ کالری محاسبه شد (۲۸). پروتکل فعالیت تناوبی پژوهش حاضر (فواصل استراحت، شدت کار طی استراحت و همین‌طور فعالیت ورزشی) به نحوی انتخاب شد که این فعالیت ورزشی ازنظر مصرف کالری در مقایسه با فعالیت ورزشی تداومی ایزوکالریک باشد. استفاده نکردن از ابزارهای فیزیولوژیک دقیق برای همسان‌سازی کالری مصرفی تمرینی می‌تواند ازجمله محدودیت‌های پژوهش حاضر به شمار رود. به نظر می‌رسد همسان‌سازی پروتکل‌های تمرینی با استفاده از ابزارهای آزمایشگاهی فیزیولوژیک (اسپیرومتری) بتواند در نتیجه‌گیری‌های دقیق‌تر بسیار کمک‌کننده باشد.

**پیشنهادهایی برای پژوهشگران بعدی**

با استناد به یافته‌های پژوهش حاضر مبنی بر اثر مثبت انجام یک وهله فعالیت ورزشی حاد بر پارامترهای درد در افراد سالم، به نظر می‌رسد انجام پژوهش‌هایی مشابه روی افراد مبتلا به دردهای مختلف بسیار کاربردی است، در این‌صورت درنهایت پژوهشگران می‌توانند بهینه‌ترین وهلهٔ تمرینی را از میان انواع و حالت تمرینی مختلف شناسایی کنند که در افراد مبتلا به دردهای خاص بیشترین کارایی را در خصوص کاهش درد دارد.

## منابع


1. Bement MKH, Sluka KA. Exercise-Induced Hypoalgesia: An Evidence-Based Review. In Mechanisms and Management of Pain for the Physical Therapist. 2nd ed. IASP Press, Seattle.: Wolters Kluwer; 2016.
2. Dowell D, Haegerich TM, Chou R. CDC guideline for prescribing opioids for chronic pain—United States, 2016. JAMA. 2016;315(15):1624-45.
3. Koltyn KF. Analgesia following exercise: a review. Sports Med. 2000;29(2):85-98.
4. Koltyn KF. Exercise-induced hypoalgesia and intensity of exercise. Sports Med. 2002;32.۸۷-۴۷۷:(۸)
5. Janal MN, Colt EW, Clark WC, Glusman M. Pain sensitivity, mood and plasma endocrine levels in man following long-distance running: effects of naloxone. Pain. 1984;19(1):13-25.
6. Koltyn KF, Garvin AW, Gardiner RL, Nelson TF. Perception of pain following aerobic exercise. Medicine and science in sports and exercise. 1996;28(11):1418-21.
7. Gurevich M, Kohn PM, Davis C. Exercise-induced analgesia and the role of reactivity in pain sensitivity. J Sports Sci. 1994;12(6):549-59.
8. Kemppainen P ,Hämäläinen O, Könönen M. Different effects of physical exercise on cold pain sensitivity in fighter pilots with and without the history of acute in-flight neck pain attacks. Medicine and science in sports and exercise. 1998;30(4):577-82.
9. Vierck CJ, Jr ,.Staud R, Price DD, Cannon RL, Mauderli AP, Martin AD. The effect of maximal exercise on temporal summation of second pain (windup) in patients with fibromyalgia syndrome. J Pain. 2001;2(6):334-44.
10. Hackney AC. Stress and the neuroendocrine system: the role of exercise as a stressor and modifier of stress. Expert Rev Endocrinol Metab. 2006;1(6):783-92.
11. Droste C, Meyer-Blankenburg H, Greenlee MW, Roskamm H. Effect of physical exercise on pain thresholds and plasma beta-endorphins in patients with silent and symptomatic myocardial ischaemia. Eur Heart J. 1988;9 Suppl N:25-33.
12. Koltyn KF, Umeda M. Exercise, hypoalgesia and blood pressure. Sports medicine (Auckland, NZ). 2006;36(3):207-14.
13. Naugle KM, Fillingim RB, Riley JL, 3rd. A meta-analytic review of the hypoalgesic effects of exercise. J Pain. 2012;13(12):1139-50.
14. Hoffman MD, Shepanski MA, Ruble SB, Valic Z, Buckwalter JB, Clifford PS. Intensity and duration threshold for aerobic exercise-induced analgesia to pressure pain. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2004;85(7):1183-7.
15. Mastorakos G, Pavlatou M, Diamanti-Kandarakis E, Chrousos GP. Exercise and the stress system. Hormones (Athens). 2005;4(2):73-89.
16. Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training ,solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. Sports medicine (Auckland, NZ). 2013;43(5):313-38.
17. Rognmo Ø, Hetland E, Helgerud J, Hoff J, Slørdahl SA. High intensity aerobic interval exercise is superior to moderate intensity exercise for increasing aerobic capacity in patients with coronary artery disease. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil. 2004;11(3):216-22.

18. Adamsen L, Quist M, Andersen C, Møller T, Herrstedt J, Kronborg D, et al. Effect of a multimodal high intensity exercise intervention in cancer patients undergoing chemotherapy: randomised controlled trial. Bmj. 2009;339:b3410.
19. Vaegter HB, Lyng KD, Yttereng FW, Christensen MH, Sørensen MB, Graven-Nielsen T. Exercise-Induced Hypoalgesia After Isometric Wall Squat Exercise: A Test-Retest Reliabilty Study. Pain Med. 2019;20(1):129-37.
20. Vaegter HB, Handberg G, Graven-Nielsen T. Isometric exercises reduce temporal summation of pressure pain in humans. Eur J Pain. 2015;19(7):973-83.
21. Brellenthin AG, Crombie KM, Cook DB, Sehgal N, Koltyn KF. Psychosocial Influences on Exercise-Induced Hypoalgesia. Pain Med. 2017;18(3):538-50.
22. Vaegter HB, Handberg G, Graven-Nielsen T. Similarities between exercise-induced hypoalgesia and conditioned pain modulation in humans. Pain.۶۷-۱۵۸:(۱)۱۵۵;۲۰۱۴ .
23. Koltyn KF, Arbogast RW. Perception of pain after resistance exercise. Br J Sports Med. 1998;32(1):20-4.
24. Naugle KM, Naugle KE, Riley JL, 3rd. Reduced Modulation of Pain in Older Adults After Isometric and Aerobic Exercise. J Pain. 2016;17(6):719-28.
25. Green LA, Gabriel DA. The cross education of strength and skill following unilateral strength training in the upper and lower limbs. J Neurophysiol. 2018;120(2):468-79.
26. Carroll TJ, Herbert RD, Munn J, Lee M, Gandevia SC. Contralateral effects of unilateral strength training: evidence and possible mechanisms. J Appl Physiol (1985). 2006;101(5):1514-22.
27. Smith A, Ritchie C, Pedler A, McCamley K, Roberts K, Sterling M. Exercise induced hypoalgesia is elicited by isometric, but not aerobic exercise in individuals with chronic whiplash associated disorders. Scandinavian journal of pain. 2017;15:14-21.
28. Safarimosavi S, Mohebbi H, Rohani H. High-Intensity Interval vs. Continuous Endurance Training: Preventive Effects on Hormonal Changes and Physiological Adaptations in Prediabetes Patients. J Strength Cond Res. 2018.
29. Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate; a longitudinal study. Ann Med Exp Biol Fenn. 1957;35(3):307-15.
30. Wallman KE, Morton AR, Goodman C, Grove R. Physiological responses during a submaximal cycle test in chronic fatigue syndrome. Med Sci Sports Exerc. 2004;36(10):1682-8.
31. Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales: Human kinetics; 1998.
32. Cook DB, O'Connor PJ ,Eubanks SA, Smith JC, Lee M. Naturally occurring muscle pain during exercise: assessment and experimental evidence. Medicine and science in sports and exercise. 1997;29(8):999-1012.
33. Aman MS, Hosseinzadeh M, Nokhodchi N, Bondi D, Pietrangelo T, Sardroodian M. Novel insights on the bottom–up rise strength transfer: investigating massed vs. distributed exercise training. Sport Sciences for Health. 2021:1-11.
34. Christensen SW, Hirata RP, Graven-Nielsen T. Altered pain sensitivity and axioscapular muscle activity in neck pain patients compared with healthy controls. Eur J Pain. 2017;21(10):1763-71.
35. Dietrich A, McDaniel WF. Endocannabinoids and exercise. British journal of sports medicine. 2004;38(5):536-41.

36. Hoffmann P, Skarphedinsson JO, Delle M, Thoren P. Electrical stimulation of the gastrocnemius muscle in the spontaneously hypertensive rat increases the pain threshold: role of different serotonergic receptors. Acta physiologica Scandinavica. 1990;138(2):125-31.
37. Geva N, Defrin R. Enhanced pain modulation among triathletes: a possible explanation for their exceptional capabilities. Pain. 2013;154(11):2317-23.
38. Hoeger Bement MK, Weyer A, Hartley S, Yoon T, Hunter SK. Fatiguing exercise attenuates pain-induced corticomotor excitability .Neurosci Lett. 2009;452(2): 209-13.
39. Ellingson LD, Koltyn KF, Kim JS, Cook DB. Does exercise induce hypoalgesia through conditioned pain modulation? Psychophysiology. 2014;51(3):267-76.
40. Lemley KJ, Hunter SK, Bement MK. Conditioned pain modulation predicts exercise-induced hypoalgesia in healthy adults. Med Sci Sports Exerc. 2015;47(1):176-84.
41. Stolzman S, Bement MH. Does Exercise Decrease Pain via Conditioned Pain Modulation in Adolescents? Pediatr Phys Ther. 2016;28(4):470-3.
42. Vaegter HB, Jones MD. Exercise-induced hypoalgesia after acute and regular exercise: experimental and clinical manifestations and possible mechanisms in individuals with and without pain. Pain Rep. 2020;5(5):e823.
43. Meeus M, Roussel NA, Truijen S, Nijs J. Reduced pressure pain thresholds in response to exercise in chronic fatigue syndrome but not in chronic low back pain: an experimental study. J Rehabil Med. 2010;42(9):884-90.
44. Whiteside A, Hansen S, Chaudhuri A. Exercise lowers pain threshold in chronic fatigue syndrome. Pain. 2004;109(3):497-9.
45. Van Oosterwijck J, Nijs J, Meeus M, Lefever I, Huybrechts L, Lambrecht L, et al. Pain inhibition and postexertional malaise in myalgic encephalomyelitis/chronic fatigue syndrome: an experimental study. J Intern Med. 2. 268 (10): 78-265
46. Malfliet A, Pas R, Brouns R, De Win J, Hatem SM, Meeus M, et al. Cerebral Blood Flow and Heart Rate Variability in Chronic Fatigue Syndrome: A Randomized Cross-Over Study. Pain Physician. 2018;21(1):E13-e24.
47. Cook DB, Stegner AJ ,Ellingson LD. Exercise alters pain sensitivity in Gulf War veterans with chronic musculoskeletal pain. J Pain. 2010;11(8):764-72.
48. Ghafouri N, Ghafouri B, Larsson B, Stensson N, Fowler CJ, Gerdle B. Palmitoylethanolamide and stearoylethanolamide levels in the interstitium of the trapezius muscle of women with chronic widespread pain and chronic neck-shoulder pain correlate with pain intensity and sensitivity. Pain. 2013;154(9):1649-58.
49. Staud R, Robinson ME, Weyl EE, Price DD. Pain variability in fibromyalgia is related to activity and rest: role of peripheral tissue impulse input. J Pain. 2010;11(12): 1376-83.
50. Kosek E, Ekholm J, Hansson P. Modulation of pressure pain thresholds during and following isometric contraction in patients with fibromyalgia and in healthy controls. Pain. 1996;64(3):415-23

## ارجاع‌دهی

حسین‌زاده مهدی، سردرودیان مهتا، روحانی هادی. مقایسهٔ سطوح کم دردی ناشی از فعالیت ورزشی هوازی تداومی در مقابل تناوبی. مطالعات طب ورزشی. پاییز و زمستان ۱۴۰۰؛ ۱۳(۳۰)، ۷۸-۲۵۵. شناسهٔ دیجیتال: 10.22089/SMJ.2022.12037.1559

Hosseinzadeh M, Sardroodian M, Rohani H. Comparing the Exercise-Induced Hypoalgesia after Aerobic Continues vs High Intensity Interval Exercise. Sport Medicine Studies. Fall & Winter 2022; 13 (30): 255-78. (Persian). Doi: 10.22089/SMJ.2022.12037.1559

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی