

## Evaluation of Heart Rate Fluctuations with Two Frequency and Time Domain Methods Following Aerobic Training in Academic Active Men

Asgar Iranpour<sup>1</sup>, Lotfali Bolboli<sup>1\*</sup>

1- Department of Physical Education and Sport Sciences, college of Education and Psychology, Mohaghegh University, Ardebil, Iran

\*Corresponding Author: Lotfali Bolboli, Tel: +98 9143512590, Email: L.Bolboli@uma.ac.ir

Received: 30 Oct 2019

Accepted: 6 Jan 2019

### Abstract

**Background & Aims:** The heart rhythm is controlled by the autonomic nervous system from the pathway of the heart's sinoatrial node. This study aimed to evaluate the heart rate fluctuations in academic active men after performing a short period of continuous aerobic exercise using two frequency and time domain techniques.

**Materials & Methods:** In total, 30 healthy young men were selected and randomly allocated to groups of control, aerobic training, and water aerobic training. All heart rate variability parameters were measured before pretest and after the intervention. In addition, repeated measures ANOVA was exploited to compare the differences in research stages.

**Results:** In this study, aerobic training significantly increased the high frequency waves (HF), low frequency waves (LF) and ratio of low-frequency to high-frequency waves (LF/HF) while reducing total power (TP) and time-domain parameters of heart rate variability, including SDNN, SDANN, pNN50, and rMSSD, compared to the control and water aerobic training groups (P=0.001). Furthermore, water aerobic training reduced the ratio of LF to HF waves, compared to other studies, which was not significant (P=0.07).

**Conclusion:** It is recommended that aerobic exercises (out of water) be performed in comparison to water aerobic exercises in order to have a better heart rate variability.

**Keywords:** Heart Rate Variability, Frequency Domain Method, Time Domain Method

### How to cite this article:

Iranpour A, Bolboli L. Evaluation of Heart Rate Fluctuations with Two Frequency and Time Domain Methods Following Aerobic Training in Academic Active Men. *Scientific Journal of Nursing, Midwifery and Paramedical Faculty*. 2018; 4(4): 30-45.

URL: <http://sjnmp.muk.ac.ir/article-1-184-fa.html>

## بررسی نوسانات ضربان قلب با دو روش فرکانس محور و زمان محور متعاقب تمرین ایروبیکی در مردان فعال دانشگاهی

عسکر ایران پور<sup>۱</sup>، لطفعلی بلبلی<sup>\*۱</sup>

۱- گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

نویسنده مسئول: لطفعلی بلبلی، تلفن: ۰۹۱۴۳۵۱۲۵۹۰، ایمیل: L.Bolboli@uma.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۰۸

### چکیده

**زمینه و هدف:** ریتم قلبی توسط سیستم عصبی اتونوم از مسیر گره سینوسی دهلیزی قلب کنترل می‌گردد. هدف از این پژوهش، بررسی نوسانات ضربان قلب بعد از اجرای دوره کوتاه مدت متوالی تمرینات ایروبیکی با دو روش فرکانس محور و زمان محور در مردان فعال دانشگاهی است.

**مواد و روش‌ها:** ۳۰ مرد جوان سالم به عنوان آزمودنی‌های پژوهش انتخاب شدند. سپس تمامی آزمودنی‌ها به طور تصادفی در گروه‌های پژوهش (گروه کنترل؛ گروه تمرین ایروبیکی و گروه تمرین ایروبیکی در آب) تقسیم‌بندی شدند. در دوره پیش‌آزمون و بعد از مداخله تمرینی، تمامی پارامترهای تغییرپذیری ضربان قلب اندازه‌گیری گردید. به منظور مقایسه تفاوت‌ها در مراحل پژوهش، از تحلیل واریانس در اندازه‌های تکراری استفاده گردید.

**یافته‌ها:** نتایج پژوهش نشان داد که اجرای تمرین ایروبیکی در مقایسه با گروه کنترل و تمرین ایروبیکی در آب به طور معنی‌داری سبب افزایش دامنه‌ی امواج با فرکانس بالا (HF)، افزایش دامنه‌ی امواج با فرکانس پایین (LF)، افزایش نسبت امواج با فرکانس پایین به امواج با فرکانس بالا (LF/HF)، کاهش مقادیر توان کل (TP) و کاهش پارامترهای زمان محور تغییرپذیری ضربان قلب از قبیل SDANN، SDNN، pNN50 و rMSSD می‌گردد ( $p=0/01$ ). همچنین اجرای تمرین ایروبیکی در آب نسبت به گروه‌های دیگر پژوهش، کاهش اندک ولی غیر معنی‌داری در نسبت دامنه‌ی امواج با فرکانس پایین به دامنه‌ی امواج با فرکانس بالا را نشان داد ( $p=0/07$ ).

**نتیجه‌گیری:** جهت تغییرپذیری بهتر ضربان قلب که نشانه حفظ سلامتی افراد فعال است، اجرای تمرین ایروبیکی خارج از آب در مقایسه با اجرای تمرین ایروبیکی در آب توصیه می‌گردد.

**واژه‌های کلیدی:** تغییرپذیری ضربان قلب، روش فرکانس محور، روش زمان محور

### مقدمه

سیستم عصبی اتونوم شامل دو بخش سمپاتیک و پاراسمپاتیک است. این سیستم‌ها از طریق فرآیندهای آزاد کردن نوروترانسمیترهای اصلی در پایانه‌های نورون‌های پس‌سیناپسی (سمپاتیک شامل نوراپی‌نفرین، اپی‌نفرین و دوپامین و پاراسمپاتیک شامل

تغییرپذیری ضربان قلب تفاوت‌های زمانی و فرکانسی بین ضربات متوالی قلب را توصیف می‌نماید (۱). ریتم قلبی توسط سیستم عصبی اتونوم از طریق گره سینوسی دهلیزی کنترل می‌گردد.

تفاوت‌های میانگین مربعات اینتروال‌های موج R نسبت به موج R بعدی با واحد میلی‌ثانیه) هستند (۱۱). پارامترهای فرکانس محور تغییرپذیری ضربان قلب شامل LF (دامنه‌ی امواج با فرکانس پایین در محدوده‌ی ۰/۱۵-۰/۰۴ هرتز/ $ms^2$ )، HF (دامنه‌ی امواج با فرکانس بالا در محدوده‌ی ۰/۴۰-۰/۱۵ هرتز/ $ms^2$ )، LF/HF (نسبتی از دامنه‌ی امواج با فرکانس پایین به دامنه‌ی امواج با فرکانس بالا) و TP (توان کل یا واریانسی از تمامی اینتروال‌های ضربان قلب‌های نرمال با واحد  $ms^2$ ) هستند (۱۱، ۱۲).

روش اندازه‌گیری تغییرپذیری ضربان قلب یا به صورت پایش ۲۴ ساعت بوده یا به صورت بازه زمانی کوتاه‌مدت (معمولاً ۲۰ دقیقه). بهتر است تا ۱۲ ساعت قبل از اندازه‌گیری، آزمودنی‌ها از مصرف مواد کافئین‌دار یا سیگار خودداری نمایند و در روز اندازه‌گیری حداقل ۸ ساعت خواب شبانه داشته باشند. حالت مطلوب برای اندازه‌گیری، قرارگیری آزمودنی‌ها به حالت خوابیده به پشت (۱۵ دقیقه قبل از نصب دستگاه به این حالت بمانند) است. هفت الکتروود ثبت الکتروکاردیوگرامی مطابق با شکل ۱ (مطلوب‌ترین حالت نصب) با رنگ‌بندی مخصوص به هر لید به محل مربوطه اتصال می‌یابد و بعد از ثبت داده‌ها، اطلاعات ثبت شده با استفاده از رم مربوط به دستگاه اندازه‌گیری به نرم‌افزار مربوطه در سیستم کامپیوتری انتقال داده می‌شود و خروجی داده‌ها مربوط به تغییرات فرکانسی و زمانی قابل ذخیره در سیستم کامپیوتری است.

استیل کولین) سبب اثرگذاری بر ضربان قلب می‌گردند (۲).

یکی از عوامل اثرگذار بر ضربان قلب، سیستم بارو رفلیکس است که توسط فیدبک ناشی از کشش حس‌گرهای موجود در شریان‌های آئورت و کاروتید این کار صورت می‌پذیرد. تأثیر دیگر بر ضربان قلب از طریق سیستم تنفسی است. ضربان قلب با عمل دم افزایش و با عمل بازدم کاهش می‌یابد (۳).

تغییرپذیری ضربان قلب پایین با پاتولوژی‌های قلبی عروقی مرتبط است و تغییرپذیری ضربان قلب بالا نشانه‌ای از پاسخ‌پذیری مطلوب سیستم عصبی قلبی شناخته می‌شود (۶). مطالعات خارجی صورت گرفته در این زمینه عنوان نشان داده‌اند که اجرای جلسات تمرین ورزشی سبب افزایش و بالا بردن تغییرپذیری ضربان قلب می‌گردد، نه اینکه صرفاً تغییرپذیری ضربان قلب را پایش می‌نماید (۷، ۸). با استناد به مطالعات در این زمینه، تمرین ورزشی معمولاً با ایجاد تنفس عمیق و فعال دیافراگمی باعث ریلکس شدن بدن و افزایش تغییرپذیری ضربان قلب می‌گردد (۷، ۸، ۱۰). تغییرپذیری ضربان قلب (HRV) یا (Heart Rate Variability) با دو روش فرکانس محور (Frequency domain method) و زمان محور (Time domain method) بررسی می‌شود (۹). پارامترهای زمان محور تغییرپذیری ضربان قلب شامل SDNN (انحراف معیار اینتروال‌های دو ضربان نرمال با واحد میلی‌ثانیه)، SDANN (انحراف معیار متوسط اینتروال‌های موج R نسبت به موج R بعدی با واحد میلی‌ثانیه)، RMMSD (ریشه توان دوم

در واقع ضرورت اصلی این پژوهش، شناخت میزان اثرگذاری مدل‌های مختلف تمرینی بر سیستم عصبی قلبی است تا با گردآوری مطالعات چندی در این زمینه و با مدل‌های دیگر تمرینی در آینده، به عنوان متخصصین ورزشی، تجویز بهتری از فعالیت ورزشی برای افراد فعال شرکت‌کننده در فعالیت ورزشی داشته باشیم. کاربرد این پژوهش با توجه به گروه افراد مورد مطالعه بیشتر برای مردان دارای فعالیت ورزشی معمولی در دامنه‌ی سنی جوان است.



شکل ۱: محل اتصال لیدهای هولتر مانیتور قلبی

شرکت در فعالیت‌های ورزشی به‌ویژه فعالیت ورزشی ایروبیکی بر دستگاه‌های مختلف خصوصاً سیستم قلبی عروقی بدن فواید بی‌شماری دارد. شدت و ریتم تمرین ایروبیکی در کنار اثرگذاری مستقیم بر سیستم قلبی عروقی، اثرات غیرمستقیمی نیز بر سیستم قلبی اعمال می‌نماید. از جمله‌ی این اثرات غیرمستقیم می‌توان به اثرگذاری ریتم سیستم تنفسی بر ریتم ضربان قلب اشاره کرد؛ به گونه‌ی که افزایش عمل دم باعث افزایش آهنگ ضربان قلب و برعکس می‌گردد. از آنجایی که جهت تحلیل بهتر داده‌های حاصل از روش فرکانس محور تغییرپذیری ضربان قلب، نیاز به داده‌های تنفسی است، به دلیل پرهزینه بودن این داده‌ها اندازه‌گیری نگردیده‌اند و به عنوان محدودیت پژوهش به حساب می‌آیند.

مدل تمرین ایروبیکی، فارغ از جذاب بودن مدل تمرینی برای افراد شرکت‌کننده در فعالیت ورزشی ایروبیکی، به لحاظ علوم پزشکی ورزشی دارای برخی تغییرات تمرینی و متعاقب آن برخی اثرپذیری‌های خاصی می‌گردد، از جمله‌ی این موارد می‌توان به فشار هیدرواستاتیک آب و یا تحمل کمتر

کاربرد کلینیکی تغییرپذیری ضربان قلب به عنوان فاکتور پایشی برای اختلالات کشنده و مرگ ناگهانی در وضعیت نارسایی قلبی مزمن است (۴). تغییرپذیری ضربان قلب کاربرد ورزشی دیگری نیز دارد که به عنوان یک شاخص خطر، بعد از دوره بیش تمرینی شناخته می‌شود (۵). افراد شرکت‌کننده در فعالیت ورزشی که به عنوان افراد فعال شناخته می‌شوند، ضمن اجرای فعالیت ورزشی، به میزان اثرگذاری فعالیت ورزشی اجرا شده بر سیستم‌های مختلف بدن اهمیت فراوانی می‌دهند. افراد عادی جامعه در دوره اجرای فعالیت‌های ورزشی، کم‌تر به اثرات فعالیت ورزشی بر سیستم قلبی عروقی توجه می‌نمایند. درحالی که تسهیل درک بهتر از این اثرات توسط متخصصین علوم ورزشی فواید بی‌شماری برای سلامتی عمومی خواهد داشت.

تغییرپذیری ضربان قلب در افراد بالغ می‌گردد (۲)، لذا در این پژوهشگران بر آن شدند تا تغییرپذیری ضربان قلب با دوروش فرکانس محور و زمان محور کوتاه‌مدت را متعاقب تمرینات ایروبیکی در مردان فعال دانشگاهی بررسی نمایند. سؤال اصلی این پژوهش این است که آیا اجرای تمرین ایروبیکی سبب تغییرپذیری مثبت ضربان قلب در مردان فعال می‌گردد؟ و کدام نوع روش تمرین ایروبیکی (تمرین ایروبیکی معمولی و تمرین ایروبیکی در آب) سبب تغییرپذیری بهتری نسبت به تمرین دیگری می‌گردد؟

### مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع مقطعی و توصیفی در قالب کارآزمایی بالینی در جامعه‌ی آماری دانشجویان مرد دانشگاهی اجرا گردید. جهت کنترل بهتر نمونه‌ها به لحاظ جغرافیایی از روش نمونه‌گیری در دسترس استفاده گردید.

افراد شرکت‌کننده در این پژوهش به صورت در دسترس در دانشگاه محقق با پخش اطلاعیه‌ی اجرای پژوهش تحت این محتوا و غربالگری از افراد مورد علاقه برای شرکت در پژوهش (به لحاظ دارا بودن معیارهای ورود به پژوهش) انتخاب گردیدند. معیارهای ورود به پژوهش شامل داشتن حداکثر اکسیژن مصرفی در محدوده‌ی ۴۸-۵۰ میلی‌لیتر به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن (معیار سالم بودن و داشتن آمادگی بدنی مطلوب جهت همسان‌سازی آزمودنی‌ها به عنوان متغیر کنترل شده)، نداشتن برنامه‌ی تمرینی خارج از طرح حاضر، نداشتن سابقه بیماری قلبی و عروقی، نداشتن هرگونه حساسیت پوستی به تمرین در استخر، دارا بودن تمامی الزامات

وزن بدنی در محیط تمرین آبی در حین اجرای تمرین ایروبیکی در آب اشاره کرد. احتمال می‌رود این شرایط تمرینی با تغییرات سیستم قلبی همراه باشد.

مشاهده تغییرپذیری پایین ضربان قلب در افراد بدون گزارش هرگونه اختلال یا بیماری قلبی به عنوان فاکتور خطر پیش‌گوی پاسخ‌پذیری اندک سیستم اتونوم قلبی به استرس ناشی از محیط یا فعالیت ورزشی در این افراد است که کاملاً برای سلامتی افراد خطرناک می‌باشد (۱۳). این مطلب اشاره بر نقش حیاتی سیستم عصبی اتونوم قلبی در حفظ سلامتی دارد. تحقیقات داخلی پیرامون بررسی تغییرپذیری ضربان قلب و تأثیر فعالیت ورزشی بر تغییرپذیری ضربان قلب اندک است. Shaffer و همکاران (۲۰۱۷) در قالب مطالعه مروری، عوامل طبیعی تغییرپذیری ضربان قلب را برای افراد سالم و بیمار تدوین نمودند (۳). این مطلب گویای این است که افراد به ظاهر سالم نیز دارای محدوده‌ی نرم مشخص هستند و بایستی جهت حصول اطمینان از سلامتی دراز مدت خود، تمرینات با اثرگذاری مطلوب بر تغییرپذیری ضربان قلب را اجرا نمایند.

Kingsley و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی تغییرپذیری ضربان قلب متعاقب تمرین حاد مقاومتی در مردان سالم به این نتیجه رسیدند که تمرین مقاومتی حاد باعث بهبود تغییرپذیری ضربان قلب نمی‌گردد (۱۴)، در حالی که Richard و همکاران (۲۰۱۷) اثر فعالیت فیزیکی شدید را بر تغییرپذیری ضربان قلب افراد بالغ بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که اجرای فعالیت ورزشی شدید سبب

مذکور در پرسشنامه سلامتی و سن در محدوده‌ی ۲۰ تا ۳۰ سال بود. معیارهای خروج از پژوهش شامل مشاهده هر گونه نارسایی قلبی به تشخیص پزشک حاضر در گروه پژوهش در حین تست، خروج آزمودنی از پژوهش به دلیل شرکت نامنظم در تمرینات و هر گونه آسیب دیدگی در حین تمرینات بود. تعداد ۳۵ آزمودنی داوطلب، شرایط لازم برای شروع این پژوهش را به دست آوردند. تعداد چهار نفر از آزمودنی‌ها به دلایل خاص خودشان از ادامه پژوهش انصراف دادند و یک نفر از آزمودنی‌ها به دلیل آسیب دیدگی از پژوهش خارج گردید. در نهایت ۳۰ نفر از مردان فعال دانشجوی دانشگاهی، بدون سابقه مصرف سیگار و سایر مواد مخدر و بدون داشتن بیماری‌ها و ناراحتی‌های قلبی و تنفسی به عنوان آزمودنی‌های این پژوهش انتخاب شدند. برای جمع‌آوری اطلاعات از پرسشنامه فعالیت فیزیکی (Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q) و پرسشنامه سلامتی پزشکی استفاده شد. بعد از انتخاب آزمودنی‌ها، تمامی آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه شرکت آگاهانه در پژوهش را تکمیل نمودند. سپس آزمودنی‌ها در گروه‌های مختلف پژوهش (کنترل=۱۰ نفر؛ تمرین ایروبیکی=۱۰ نفر؛ تمرین ایروبیکی=۱۰ نفر) در صورت تصادفی و روش تصادفی‌سازی ساده با جدول اعداد تصادفی تقسیم گردیدند.

این پژوهش پس از ثبت در مرکز کارزمایی‌های بالینی (IRCT20180724040579N1) مورد تأیید کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی اردبیل با کد اخلاق IR.ARUMS.REC.1396.217

قرار گرفت. تمامی اندازه‌گیری‌ها و پروتکل تمرینی بر طبق استانداردهای تعیین شده کمیته اخلاق در پژوهش صورت گرفت. همچنین از پرسشنامه‌ی سلامتی و فرم رضایت‌نامه شرکت داوطلبانه در پژوهش مخصوص کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی اردبیل استفاده گردید.

### روش اندازه‌گیری داده‌ها

مدت این مرحله بیست روز بود. آزمودنی‌های گروه تجربی در این بیست روز به محل سالن تمرینی و استخر تعیین شده اعزام گردیدند و تحت نظارت محقق یا دستیاران محقق به تمرین ایروبیکی در سالن ورزشی و استخر پرداختند.

مرحله اول: یک روز قبل از شروع برنامه تمرینی، آزمودنی‌های هر دو گروه در آزمون‌های زیر شرکت نمودند. زمان شروع آزمون‌ها نوبت صبح بود. با استفاده از کالیبر (روش هفت نقطه‌ای)، متر نواری و ترازو وضعیت آنتروپومتریک و ترکیب بدنی و با استفاده از تردمیل تکنو جیم و تست بروس حداکثر اکسیژن مصرفی اندازه‌گیری شد. با استفاده از هولتر مانیتور مدل My Patch & Vx3+ تغییرپذیری ضربان قلب اندازه‌گیری و ثبت شد.

مرحله دوم: قسمت اصلی برنامه تمرینی برای هر دو گروه تمرین ایروبیکی در سالن ورزشی و استخر به مدت بیست روز مطابق با پروتکل تمرین ایروبیکی تعیین شده برای هر دو گروه شروع گردید.

### پروتکل تمرین ایروبیکی

در پژوهش حاضر، تمامی مراحل تمرین ایروبیکی در آب، تحت نظارت گروه احیای پزشکی، در استخر و در منطقه کم‌عمق صورت گرفت. روند کار به این صورت بود که ابتدا

نوع تمرین ایروبیکیک با استفاده از فرمول زیر (۱۹) و ایجاد تناسب در انرژی مصرفی برای هر جلسه تمرین معادل سازی گردید. دلیل معادل سازی انرژی مصرفی در این نوع تمرینات (سالن ورزشی و استخر) همسان سازی فشار وارده ناشی از تمرین ایروبیکیک بر بدن آزمودنی های دو گروه است تا اثر خالص نوع تمرین ایروبیکیک سنجیده شود، نه اثر عوامل مداخله ای دیگر از قبیل فشار تمرین یا مدت نابرابر تمرین.

انتخاب مت براساس نوع فعالیت هوازی) = (دقیقه/کالری)  
انرژی مصرفی)

مرحله سوم: در این مرحله تمامی شاخص های اندازه گیری شده در مرحله اول مجدداً اندازه گیری گردید (پس آزمون).

#### اندازه گیری تغییر پذیری ضربان قلب

برای اندازه گیری تغییر پذیری ضربان قلب از سیستم هولتر مانیتور قلبی استفاده شد. از روش فرکانس محور و زمان محور جهت تشخیص به ترتیب تغییرات در فرکانس های مختلف و تغییرات زمانی استفاده گردید. در پروسه ی اندازه گیری تمامی دستورالعمل های راهنمای اندازه گیری کاملاً رعایت گردید؛ از آزمودنی ها خواسته شد تا محل اتصال لیدهای سیستم هولتر مانیتور به بدن را به صورت کامل و تمیز بتراشند و قبل از اتصال لید و الکترودها به روی بدن آزمودنی، محل مربوطه با الکل به خوبی تمیز گردید. به منظور اتصال بهتر از لیدهای مرغوب و مناسب دارای فوم و ژل استفاده شد. از آزمودنی و دستیاران کمکی خواسته شد تا در محیط مربوطه از تلفن همراه استفاده نمایند و تلفن همراه خود را حداقل به فاصله ۳ متر و در حالت

آزمودنی ها بدن خود را گرم نموده و سپس حرکات کششی، تمرینات ایروبیکیک در سالن ورزشی و استخر و سپس سرد کردن و ریکاوری را اجرا کردند. کلیه آزمودنی ها پس از ورود به استخر به راه رفتن در یک ردیف پرداختند به صورتی که تا قسمت سینه در آب بودند. دمای متوسط استخر به میزان ۲۶ تا ۲۸ درجه سلسیوس بود. همچنین میزان رطوبت (۵۰ تا ۶۰ درصد) نیز توسط محقق کنترل گردید. مدت زمان اجرای تمرین ۷۷ دقیقه بود که به مدت پنج دقیقه حرکات گرم کردن شامل راه رفتن با پای خم و دست خم، دور تا دور استخر اجرا گردید. در مدت ۷۲ دقیقه ای فعالیت در محل تعیین شده به طور متوسط در هر دقیقه به میزان ۳۰ متر را طی نمودند که در مجموع به طور میانگین در ۷۲ دقیقه فعالیت، هر آزمودنی مسیر ۲۱۶۰ متری را پیمود. بعد از اتمام تمرین حرکات سرد کردن و بازیافت به مدت ۱۰ دقیقه شامل حرکات کششی و دراز کشیدن در آب صورت گرفت. شدت تمرین با استفاده از ضربان سنج پولار در محدوده ی تقریبی ۷۰ درصد ضربان قلب پیشینه کنترل گردید. گروه تمرین ایروبیکیک در سالن ورزشی (تمرین ایروبیکیک بر روی تردمیل)، فعالیت ایروبیکیک را با همان میزان شدت فعالیت (۷۰ درصد ضربان قلب پیشینه) به مدت ۳۰ دقیقه و با روش معادل سازی مصرف انرژی به میزان گروه تمرین ایروبیکیک در آب اجرا نمود (۷).

فرمول معادل سازی انرژی مصرفی در جلسات تمرین ایروبیکیک در سالن ورزشی بر روی تردمیل و تمرین ایروبیکیک در آب برای هر یک از آزمودنی ها به صورت جداگانه و متغیر بر حسب وزن آزمودنی و

منتقل گردید. در کل مدت زمان اجرای تمرینات ورزشی، گروه کنترل هیچ گونه فعالیت ورزشی انجام ندادند و در مرحله‌ی پس‌آزمون تمامی فاکتورهای اندازه‌گیری شده در مرحله‌ی پیش‌آزمون مجدداً اندازه‌گیری گردید.

داده‌ها به صورت میانگین و انحراف معیار گزارش شدند. برای تمامی تجزیه و تحلیل‌ها، نرم‌الیتی داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیروویلیک مورد بررسی قرار گرفت. در صورت عدم مشاهده نرمال بودن داده‌ها، داده‌ها به شکل لگاریتم طبیعی خودشان تبدیل گشته و سپس مجدداً آزمون نرمالیته تکرار گردید. به منظور مقایسه تفاوت‌های موجود در مراحل مختلف پژوهش از تحلیل واریانس در اندازه‌های تکراری استفاده گردید. خطای آلفا به میزان ۰/۰۵ تعیین گردید (سطح اطمینان ۹۵ درصد). در صورت عدم معنی‌داری یک شاخص اندازه‌گیری، گزارش گردید، ولی چنانچه یک شاخص اندازه‌گیری معنی‌دار بود، در مرحله‌ی بعدی از آزمون تعقیبی توکی جهت مشخص نمودن تفاوت‌های بهتر استفاده شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ استفاده شد.

### یافته‌ها

نتایج پژوهش نشان داد که اجرای تمرین ایروبیکی در سالن ورزشی در مقایسه با گروه کنترل و تمرین ایروبیکی در آب به طور معنی‌داری سبب افزایش دامنه‌ی امواج با فرکانس بالا (HF) (مقادیر پیش‌آزمون؛  $743/5 \pm 2303/4$  و مقادیر پس‌آزمون؛  $72/1 \pm 4064/0$ ) می‌گردد. امواج با فرکانس بالا نمایانگر شدت غلبه سیستم پاراسمپاتیکی بر قلب

خاموش قرار دهند. در هنگام اتصال لیدها به بدن آزمودنی توجه شد که فشار اضافی به هسته مرکزی لیدها وارد نگردد، زیرا فشار زیاد در رسانایی تأثیر سوء دارد. همچنین از آزمودنی‌ها خواسته شد تا لوازم فلزی و گردنبند و دستبند فلزی به همراه نداشته باشند. به منظور اتصال لیدها به بدن آزمودنی‌ها از روش استاندارد توصیه شده شرکت سازنده سیستم هولتر مانیتور مربوطه استفاده گردید (۲۰).

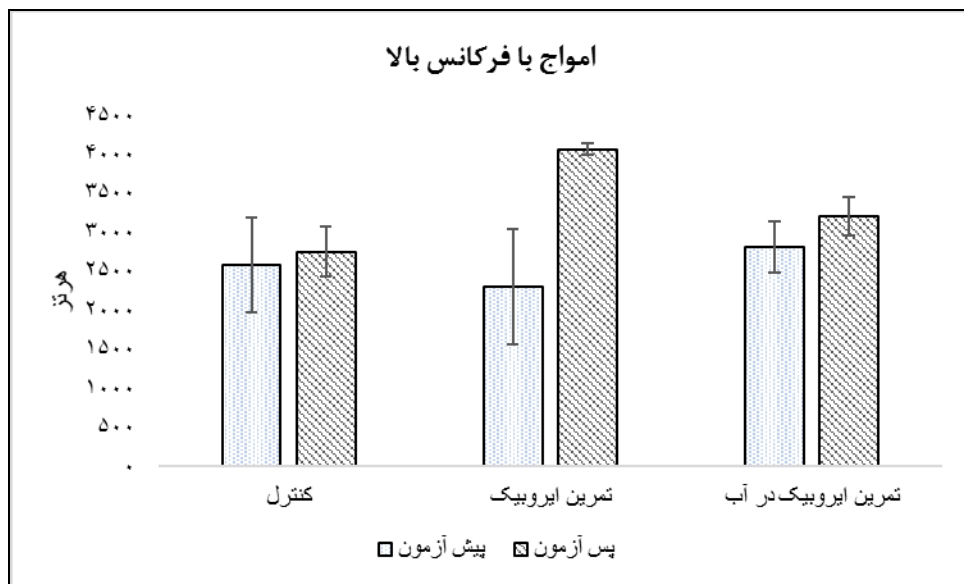
قبل از شروع اندازه‌گیری تغییرپذیری ضربان قلب (پیش‌آزمون) از آزمودنی‌ها خواسته شد در یک اتاق ساکت با نور کم به مدت ۱۵ دقیقه دراز بکشند. سپس به مدت ۱۰ دقیقه به وسیله‌ی هولتر مانیتور، ضربان قلب استراحتی هر فرد در حالت طاق‌باز مانیتور شد، سپس آنالیز طیفی بر روی تغییرات خودبه‌خودی ضربان قلب انجام گرفت. از نتایج این اندازه‌گیری برای محاسبه محدوده‌ی فرکانسی پارامترهای فرکانس محور تغییرپذیری ضربان قلب (فرکانس پایین، فرکانس بالا و نسبت فرکانس بالا/فرکانس پایین) و پارامترهای زمان محور تغییرپذیری ضربان قلب (SDNN, SDANN, pNN50, rMSSD) با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری مربوط به سیستم اندازه‌گیری (My Patch & Holter) استفاده شد. پس از آخرین روز تمرینات ایروبیکی در سالن ورزشی و استخر به منظور فروکش کردن اثرات موقتی آخرین جلسه‌ی تمرینی، یک روز بعد از اتمام تمرینات تحت شرایط استاندارد اشاره شده در قسمت پیش‌آزمون، تمامی مراحل اشاره شده یک‌بار دیگر به صورت دقیق و کنترل شده در همان محیط ثبت و به نرم‌افزار مربوطه

نسبت امواج با فرکانس پایین به امواج با فرکانس بالا، شاخص با اهمیتی از روش فرکانس محور است که گویای نسبت غلبه سیستم سمپاتیک به پاراسمپاتیک است. نسبت امواج با فرکانس پایین به امواج با فرکانس بالا در گروه تمرین ایروبیکی در آب (مقادیر پیش‌آزمون؛  $0.13 \pm 0.078$  و مقادیر پس‌آزمون؛  $0.15 \pm 0.071$ ) کاهش اندک ولی غیر معنی‌داری داشت ( $F=2/80$  و  $p=0/07$  با اندازه تأثیر  $0/06$ ). مقادیر توان کل (TP) در گروه تمرین ایروبیکی در سالن ورزشی (مقادیر پیش‌آزمون؛  $8480/5 \pm 190/6$  و مقادیر پس‌آزمون؛  $7395/0 \pm 412/1$ ) نسبت به گروه کنترل (مقادیر پیش‌آزمون؛  $9265/5 \pm 137/8$  و مقادیر پس‌آزمون؛  $9603/2 \pm 997/8$ ) و تمرین ایروبیکی در آب (مقادیر پیش‌آزمون؛  $9699/5 \pm 634/0$  و مقادیر پس‌آزمون؛  $8400/2 \pm 29/82$ ) کاهش اندک ولی غیر معنی‌داری را نشان داد ( $F=9/56$  و  $p=0/01$  با اندازه تأثیر  $0/25$ ).

است. در واقع اجرای تمرین ایروبیکی در سالن ورزشی نسبت به گروه کنترل و گروه تمرین ایروبیکی در استخر باعث تأثیر افزایشی مثبت بهتری بر سیستم پاراسمپاتیک سیستم عصبی اتونوم قلبی می‌گردد ( $F=19/34$  و  $p=0/01$  با اندازه تأثیر  $0/31$ ). امواج با فرکانس پایین (LF) در گروه تمرین ایروبیکی در سالن ورزشی (مقادیر پیش‌آزمون؛  $2007/7 \pm 445/2$  و مقادیر پس‌آزمون؛  $5061/0 \pm 213/1$ ) نسبت به گروه کنترل و تمرین ایروبیکی در آب افزایش مثبت معنی‌داری را نشان داد ( $F=10/26$  و  $p=0/01$  با اندازه تأثیر  $0/28$ ). امواج با فرکانس پایین نمایانگر غلبه سیستم سمپاتیک در تعادل سیستم اتونوم قلبی است. نسبت امواج با فرکانس پایین به امواج با فرکانس بالا (LF/HF) در گروه تمرین ایروبیکی در سالن ورزشی (مقادیر پیش‌آزمون؛  $0.90 \pm 0.21$  و مقادیر پس‌آزمون؛  $1/2 \pm 0/25$ ) نسبت به گروه کنترل و گروه تمرین ایروبیکی در آب افزایش معنی‌داری را نشان داد ( $F=7/11$  و  $p=0/01$  با اندازه تأثیر  $0/35$ ).

جدول ۱: میانگین  $\pm$  انحراف استاندارد مشخصات عمومی آزمودنی‌ها

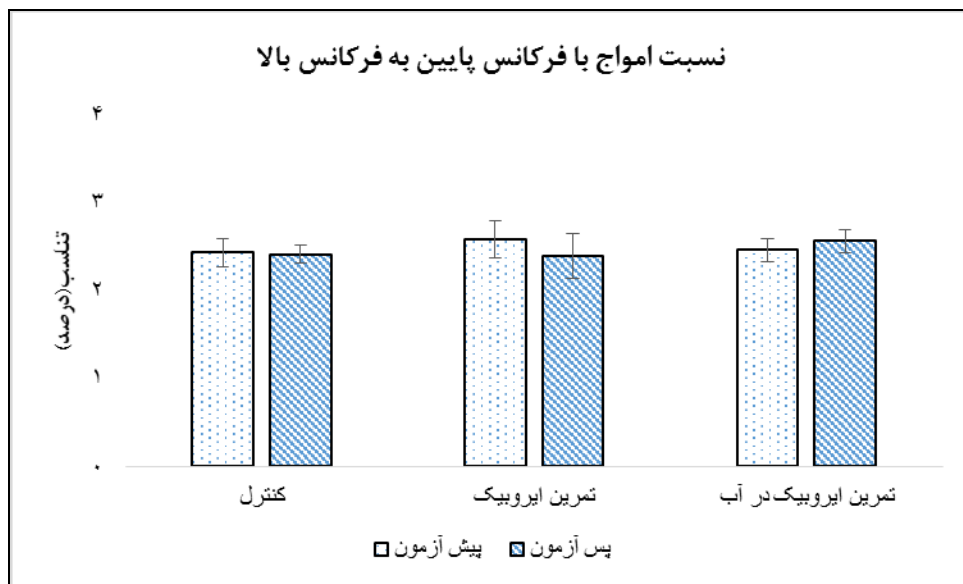
گروه	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	چربی بدن (درصد)	شاخص توده بدنی
کنترل	$26/8 \pm 1/39$	$174/2 \pm 2/57$	$75/5 \pm 3/53$	$22/1 \pm 1/19$	$25/00 \pm 1/24$
تمرین ایروبیکی	$25/9 \pm 1/85$	$173/5 \pm 1/61$	$77/2 \pm 2/74$	$25/18 \pm 1/87$	$25/81 \pm 1/52$
تمرین ایروبیکی در آب	$26/4 \pm 1/71$	$174/3 \pm 1/47$	$74/7 \pm 2/71$	$24/6 \pm 1/17$	$24/73 \pm 2/01$



شکل ۲: مقایسه امواج با فرکانس بالا (HF) در گروه‌های مختلف پژوهش



شکل ۳: مقایسه امواج با فرکانس پایین (LF) در گروه‌های مختلف پژوهش



شکل ۴: مقایسه نسبت امواج با فرکانس پایین به امواج با فرکانس بالا (LF/HF) در گروه‌های مختلف پژوهش

و  $F=9/34$  pNN50،  $p=0/01$  با اندازه تأثیر  $0/28$ ،  
 $F=12/58$  rMSSD و  $p=0/01$  با اندازه تأثیر  $0/34$  و  
 و  $p=0/01$  با اندازه تأثیر  $0/25$  گردید.

اجرای تمرین ایروبیکی در سالن ورزشی در  
 مقایسه با گروه کنترل و تمرین ایروبیکی در آب به  
 طور معنی‌داری سبب کاهش پارامترهای زمان محور  
 تغییرپذیری ضربان قلب از قبیل SDNN ( $F=5/47$ ) و  
 $F=11/8$  SDANN، ( $p=0/01$  با اندازه تأثیر  $0/32$ ) و

جدول ۲: پارامترهای زمان محور تغییرپذیری ضربان قلب در گروه‌های مختلف پژوهش

متغیر	گروه کنترل		گروه تمرین ایروبیکی		گروه تمرین ایروبیکی در آب	
	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون
SDNN	88/90 ± 2/84	88/0 ± 3/51	89/10 ± 4/62	60/12 ± 4/59 †*	92/50 ± 11/06	89/14 ± 7/19
SDANN	17/00 ± 8/43	15/00 ± 3/32	20/70 ± 9/94	5/00 ± 0/64 †*	15/55 ± 6/48	14/00 ± 1/02
pNN50	72/90 ± 10/75	75/40 ± 8/22	67/60 ± 13/45	29/15 ± 5/64 †*	76/40 ± 8/22	78/19 ± 3/25
rMSSD	10/14 ± 16/02	10/52 ± 12/01	93/60 ± 19/88	46/00 ± 0/98 †*	10/61 ± 12/33	10/50 ± 2/14

SDNN (انحراف معیار اینتروال‌های دو ضربان نرمال با واحد میلی ثانیه)، SDANN (انحراف معیار متوسط اینتروال‌های موج R نسبت به موج R بعدی با واحد میلی ثانیه)، rMSSD (ریشه توان دوم تفاوت‌های میانگین مربعات اینتروال‌های موج R نسبت به موج R بعدی با واحد میلی ثانیه) و pNN50 (درصدی از اینتروال‌های RR موفق که بیش از ۵۰ میلی ثانیه با هم متفاوت هستند) \* معناداری نسبت به پیش‌آزمون † معناداری نسبت به گروه کنترل

## بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر نشان داد که تمرین ایروبیکی نسبت به تمرین ایروبیکی در آب و گروه کنترل باعث تغییر معنی دار امواج با فرکانس پایین، امواج با فرکانس بالا و نسبت امواج با فرکانس پایین به بالا می گردد. این امر نشان دهنده‌ی تغییرپذیری بهتر ضربان قلب در تمرین ایروبیکی در مقایسه با تمرین ایروبیکی در آب است. این یافته تا حدودی مکمل یافته‌ی Richard و همکاران (۲۰۱۷) است که تأثیر فعالیت فیزیکی شدید بر تغییرپذیری ضربان قلب در مردان فعال را بررسی نمودند. در پژوهش مذکور، عاملی که بر تغییرپذیری ضربان قلب در مردان فعال تأثیر بیشتری داشت، شدت فعالیت ورزشی عنوان گردید (۲). با استناد به نتایج مطالعاتی در این قالب، یافته فعلی این پژوهش را می توان این طور توجیه نمود که اجرای تمرین ایروبیکی در آب احتمالاً به دلیل تأثیر هیدرواستاتیک آب و تعدیل عصبی به نوعی از فشار و استرس وارده بر سیستم اتونوم قلب جلوگیری به عمل می آورد. اجرای تمرین ایروبیکی در خارج از آب با وجود همسان سازی شدت و مدت فعالیت ایروبیکی با اجرای ایروبیکی در آب، احتمالاً بر سیستم قلبی عروقی فشار و شدت بالاتری را اعمال می نماید. مطالعه ریچارد و همکاران موافق با نتایج این پژوهش است، مشابهت این دو پژوهش به اثرگذاری شدت و استرس ورزشی اعمال شده و نمود اثر این استرس ورزشی در فاکتورهای فرکانس محور و زمان محور تغییرپذیری ضربان است؛ زیرا در پژوهش ما اجرای فعالیت ورزشی ایروبیکی نسبت به اجرای تمرین ایروبیکی در آب باعث تغییرپذیری

بیشتر ضربان قلب گردید، احتمالاً اجرای فعالیت ورزشی در آب به دلیل خاصیت آرام بخش بودن آب از میزان استرس ورزشی کاسته است.

Johnson و همکاران (۲۰۱۱) نشان داده اند که تمرین ایروبیکی باعث افزایش تغییرپذیری ضربان قلب می گردد. این محققین دلیل این امر را به فعالیت سیستم سمپاتیک و رنین - آنژیوتانسین نسبت داده اند (۲۱).

فعالیت سیستم سمپاتیک بر سلول های گرانولار واقع در کلیه اثر می گذارند و منجر به آزاد شدن آنژیوتانسین I می گردند، تبدیل آنژیوتانسین I به آنژیوتانسین II، باعث تسهیل آزاد شدن نورآدرنال از قسمت فوق کلیوی می گردد. ارتباط این یافته با پژوهش حاضر به این لحاظ است که سیستم گردش خون در اثر فعالیت در محیط ورزشی آبی و تغییرات جذب و باز جذب مایعات در این محیط، فشارخون بر اثر تغییرات سطوح پلاسمایی دستخوش برخی تغییرات می گردد، این امر در میزان فعال شدن سیستم رنین آنژیوتانسین اثر گذاشته و باعث فیدبک منفی بر سیستم عصبی سمپاتیک می گردد. فیدبک منفی در سیستم عصبی سمپاتیک باعث اثرگذاری این سیستم در قسمت های مختلف قلبی از جمله سیستم عصبی قلب می گردد. کاهش در تغییرات ضربان قلب در تمرین ایروبیکی در آب را تا حدودی می توان به این مطلب نسبت داد.

پارامترهای فرکانس محور تغییرپذیری ضربان قلب از قبیل امواج با فرکانس بالا (HF) و امواج با فرکانس پایین (LF)، مکانیسم های تنظیمی عصبی را منعکس می نمایند. در حالی که پارامترهای زمان

گردید. بدین معنی که این مدل تمرینی نیز تا حدودی باعث تعدیل تون واگی می‌گردد، ولی شدت اثرگذاری این نوع تمرین به اندازه تمرین ایروبیکی در خارج از آب نیست. کاربرد این یافته در این نکته است که در صورت تجویز پزشکی با هدف پیشگیری به تعدیل بیشتر تون واگی، توصیه ورزشی برای این شدت تعدیل واگی، اجرای تمرین ایروبیکی در خارج از آب است و در صورت نیاز به تعدیل اندک به تشخیص پزشک متخصص توصیه ورزشی به اجرای تمرین ایروبیکی در آب است.

پارامتر امواج با فرکانس پایین، تعدیل مرکزی رفلکس‌های بارورسپتور را نمایان می‌سازد (۲۵). بارورسپتورها گیرنده‌های عصبی در دیواره‌ی محل انشعابات رگ‌های کاروتید در گردن و در قوس آئورت می‌باشند که با کشیده شدن دیواره رگ تحریک می‌شوند. با افزایش فشارخون، بارورسپتورها شروع به فرستادن تعداد زیادی ایمپالس عصبی به بصل النخاع (مدولا) می‌نمایند. این ایمپالس‌ها در بصل النخاع، مرکز وازوموتور را مهار می‌کنند و در نتیجه، تعداد ایمپالس‌هایی که مرکز وازوموتور از طریق دستگاه عصبی سمپاتیک به قلب و عروق خونی می‌فرستد، کاهش می‌یابد. این امر باعث بازگشت فشارخون به سطح نرمال می‌گردد (۱۸)؛ بنابراین، بررسی امواج با فرکانس پایین به عنوان یک روش غیرتهاجمی و علمی در یافتن یکی از دلایل تغییرات فشارخون اهمیت فراوانی دارد. در پژوهش ما، پارامتر امواج با فرکانس پایین در گروه تمرین ایروبیکی خارج از آب نسبت به سایر گروه‌ها تفاوت‌های معنی‌داری را نشان داد. بدین معنی که

محور تغییرپذیری ضربان قلب به همراه پارامتر امواج با فرکانس بالا، به لحاظ کلینیکی همبستگی بالایی با تون واگی (پاراسمپاتیک) دارند. همچنین پارامتر امواج با فرکانس پایین، تعدیل مرکزی رفلکس‌های بارورسپتور را نمایان می‌سازد.

مطالعات صورت گرفته در آزمودنی‌های حیوانی (جوندگان)، مکانیسم‌های درگیر در تأثیر فعالیت ورزشی بر پارامترهای امواج با فرکانس بالا و پایین را به سیگنال‌های گابا (GABA-ergic) در هسته‌ی مرکزی آمیگدال واقع در بخش قدامی بصل النخاع نسبت داده‌اند (۲۲). هسته‌ی شکمی کناری بصل النخاع نقش اساسی در رفلکس‌های قلب و گردش خون از طریق تنظیم عصبی تون عروقی دارد. Bentzen و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ی مروری خود اثر نوروهای گابا-ارژیک بر سیستم قلبی عروقی را از دو مسیر عصبی و همودینامیک عنوان نموده‌اند. این محققین اثر نوروهای گابا-ارژیک بر سیستم عصبی قلبی را به اثرگذاری نوروهای گابا بر تون واگی نسبت داده‌اند و اثرگذاری نوروهای گابا بر سیستم همودینامیک عروقی را به تأثیر بر تون عروقی نسبت داده‌اند (۲۲). کاهش عملکرد تون واگی (امواج با فرکانس بالا و پارامترهای زمان محور) به عنوان فاکتور خطری است که بیماری قلبی و عروقی را پیش‌گویی می‌نماید (۲۳، ۲۴). تمرین ایروبیکی باعث افزایش دامنه‌ی امواج با فرکانس بالا و کاهش پارامترهای زمان محور گردید، بدین معنی که این نوع تمرین باعث افزایش عملکرد تون واگی در مردان فعال می‌گردد. تمرین ایروبیکی در آب باعث افزایش غیرمعنی‌دار در امواج با فرکانس بالا

اجرای تمرین ایروبیکی خارج از آب نسبت به اجرای ایروبیکی در آب تأثیر مؤثرتری بر عملکرد بارورسپتورهای عروقی دارد و به عنوان توصیه ورزشی برای افراد فعال با فشارخون طبیعی بالا (در محدوده‌ی رسیدن به فشارخون بالا) می‌توان از این یافته‌ی پژوهشی بهره‌برداری نمود.

پارامتر توان کل (TP) در مقایسه گروه‌های پژوهش تفاوت آن‌چنان معنی‌داری را نشان نداد. هرچند توان کل در گروه تمرین ایروبیکی در خارج از آب نسبت به سایر گروه‌ها اندکی کاهش ولی غیر معنی‌دار را نشان داد. کاهش پارامتر توان کل به معنای کاهش تغییرپذیری ضربان قلب و کاهش فعالیت کلی سیستم اتونوم قلبی است. بدین معنی که اجرای تمرین کوتاه‌مدت متوالی ایروبیکی در آب و خارج از آب تأثیر آن‌چنان کلی بر عملکرد سیستم اتونوم قلبی اعمال نمی‌کند. ولی به دلیل اثرگذاری بر پارامترهای مذکور قلبی می‌توان احتمال داد که اثر این مدل از فعالیت‌های ورزشی (مدت و شدت فعالیت) تأثیرات تکی بر پارامترهای تغییرپذیری ضربان قلب در برخی از پارامترها را دارد.

به‌طورکلی می‌توان نتیجه‌گیری نمود که استفاده از روش تغییرپذیری ضربان قلب به عنوان یک ابزار غیرتهاجمی در تشخیص تغییرات سیستم اتونوم قلبی کاربردی مؤثر در کشف دلایل تغییرات صورت گرفته در فاکتورهایی از قبیل ضربان قلب، فشارخون

و سایر فرآیندهای قلبی عروقی دارد. با توجه به یافته‌های این پژوهش و تفسیر آن با یافته‌های مشابه می‌توان اذعان نمود که جهت تغییرپذیری بهتر ضربان قلب که نشانه حفظ سلامتی افراد فعال است، اجرای تمرین ایروبیکی خارج از آب در مقایسه با اجرای ایروبیکی در آب توصیه می‌گردد. دلیل این اثرگذاری بهتر این نوع تمرین ایروبیکی را با توجه به یافته فعلی و استناد به دلایل توجیهی محققین قلبی، به شدت فعالیت ورزشی اعمال شده می‌توان نسبت داد.

### تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از رساله دکتری فیزیولوژی ورزشی گرایش قلب و عروق و تنفس دانشگاه محقق اردبیلی است که توسط معاونت پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی موردحمایت مالی قرار گرفته است. همچنین ابزار سنجش تغییرپذیری ضربان قلب (هولتر مانیتور قلبی) توسط دانشگاه محقق اردبیلی در اختیار پژوهشگر قرار گرفت. از تمامی حمایت‌های مالی و ابزاری دانشگاه محقق اردبیلی و اساتید راهنما و مشاور و آزمودنی‌های پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

## References

- 1- Santos R, Quitério E, Reis M, Oliveira I, Martins L, Gallo-Junior L, Catai A. Effects of age and physical activity on the autonomic control of heart rate in healthy men. *Braz J Med Biol Res.* 2005. 2 (38): 1331-38.
- 2- Richard M, Victoria M, Adam Z, Melino G. Vigorous physical activity predicts higher heart rate variability among younger adults. *J Physiol Anthropol.* 2017 36(24): 1-5.
- 3- Shaffer F, Ginsberg J. An Overview of Heart Rate variability Metrics and Norms. *Frontiers in Public Health.* 2017. 5(258): 1-17.
- 4- Kim H, Cheon E, Ba D, Lee Y, Koo B. Stress and Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature. *Psychiatry Investig.* 2018.15(3):235-245.
- 5- Adams J, Patel SH, Lopez J, Shacker A. The Effects of Passive Simulated Jogging on Short-Term Heart Rate Variability in a Heterogeneous Group of Human Subjects. *J Sports Med.* 2018. 12(5): 1-9.
- 6- Molina G, Porto L, Fontana K, Junqueira L. Post-exercise heart-rate recovery correlates to resting heart-rate variability in healthy men. *Clin Auton Res.* 2016. 9(12): 1-8.
- 7- Gomes R, Vanderle F, Vanderlei L, Garner D, Oliveira L, Raimundo R, Porto A, Valenti E. Dynamics of Heart Rate Responses to Exercise in Normotensive Men. *Indian J Physiol Pharmacol.* 2018. 62(1): 20-31.
- 8- Douglas J, Plews DJ, Handcock PJ, Rehrer NJ. The Beneficial Effect of Parasympathetic Reactivation on Sympathetic Drive During Simulated Rugby Sevens. *Int J Sports Physiol Perform,* 2016; 11: 480–88.
- 9- Mikołajec K, Maszczyk A, Chalimoniuk M, Langfort J, Gołaś A, Zajc A. The influence of strength exercises of the lower limbs on postural stability: A possible role of the autonomic nervous system. *Isokinet Exerc Sci.* 2017; 25(2): 79-89.
- 10- Molina GE, Fontana KE, Porto LGG, Junqueira LF. Post-exercise heart-rate recovery correlates to resting heart-rate variability in healthy men. *Clin Auton Res,* 2016; 26: 415-21.
- 11- Panissa VLG, Cal Abad, CC, Julio UF, Andreato LV, Franchini E. High-intensity intermittent exercise and its effects on heart rate variability and subsequent strength performance. *Front Physiol,* 2016; 7: 1–7.
- 12- Reyes del Paso GA, Langewitz W, Mulder LJM, van Roon A, Duschek S. The utility of low frequency heart rate variability as an index of sympathetic cardiac tone: A review with emphasis on a reanalysis of previous studies. *Psychophysiology,* 2013; 50: 477–487.
- 13- Tulppo MP, Kiviniemi AM, Hautala AJ, Kallio M, Seppänen T, Tiinanen S, Huikuri, HVR. Sympatho-vagal interaction in the recovery phase of exercise. *Clin Physiol Funct Imaging,* 2011; 31: 272–81
- 14- Kingsley JD, Figueroa A. Acute and training effects of resistance exercise on heart rate variability. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2016;36(3):179-87.
- 15- Nikolai AL, Novotny BA, Bohnen CL, Schleis KM, Dalleck LC. Cardiovascular and metabolic responses to water aerobics exercise in middle-aged and older adults. *J Phys Act Health.* 2009;6(3):333-8.
- 16- Bocalini DS, Bergamin M, Evangelista AL, Rica RL, Junior FL, Junior AF, Serra AJ, Rossi EM, Tucci PJ, dos Santos L. Post-exercise hypotension and heart rate variability

response after water-and land-ergometry exercise in hypertensive patients. PloS one. 2017 Jun 28;12 (6):e0180216.

17- Huang CC, Lin YY, Yang AL, Kuo TW, Kuo CH, Lee SD. Anti-Renal Fibrotic Effect of Exercise Training in Hypertension. Int J Mol Sci. 2018 Feb 20;19 (2):613-24.

18- Gomes SG, Silva LG, Santos TM, Totou NL, Souza PM, Pinto K, Coelho DB, Becker LK. Elderly hypertensive subjects have a better profile of cardiovascular and renal responses during water-based exercise. J Exerc Physiol Online. 2016 Aug 1;19(4): 21-31.

19- Coelho-Ravagnani CD, Melo FC, Ravagnani FC, Burini FH, Burini RC. Estimation of metabolic equivalent (MET) of an exercise protocol based on indirect calorimetry. Rev Bras Med Esporte. 2013;19(2):134-8.

20- Oscina Company. Cardiac Holter Heart Rate Guide. Available from: www.avecinna.com

21- Johnson MS, DeMarco VG, Schneider RI, Whaley-Connell AT, Heesch CM, Sowers JR. Effects of AT1 receptor blockers (ARBs) telmisartan and olmesartan on blood pressure, baroreflex sensitivity, and heart rate variability in the TGR (mRen2) 27 (Ren2) rat, a hypertensive model with increased renin-angiotensin-aldosterone system (RAAS) activity. The FASEB Journal. 2011; 25 (1): 1-8.

22- Bentzen BH, Grunnet M. Central and peripheral GABAA receptor regulation of the heart rate depends on the conscious state of the animal. Adv Pharmacol Sci. 2011; 2011: 1-11.

23- Curtis B, Okeefe J. Autonomic Tone as a Cardiovascular Risk Factor: The Dangers of Chronic Fight or Flight. Mayo Clin Proc. 2002;77:45-54.

24- Lovato NS, Anunciação PG, Polito MD. Blood pressure and heart rate variability after aerobic and weight exercises performed in the same session. Rev Bras Med Esporte. 2012 Feb;18(1):22-5.

25- Michael S, Graham KS, Davis GM. Cardiac autonomic responses during exercise and post-exercise recovery using heart rate variability and systolic time intervals-a review. Front Physiol. 2017 May 29;8:301-20.