Scientific Journal of Nursing, Midwifery and Paramedical Faculty, 2019; Vol 4(4), Spring, pp 30-45.

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

Asgar Iranpour[1], Lotfali Bolboli[1*]
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

Copyright © 2019 the Author (s). Published by **Kurdistan University of Medical Sciences**. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non Commercial License 4.0 (CCBY-NC), where it is permissible to download, share, remix, transform, and buildup the work provided it is properly cited. The work cannot be used commercially without permission from the journal.

[Downloaded from sjnmp.muk.ac.ir on 2026-11-25]

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

عسکر ایران‌پور[1]، لطفعلی بلبلی[1*]

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 دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۰۸ **تاریخ پذیرش:** ۱۳۹۷/۱۰/۱۶

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 ایروبیک 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 ایروبیک و گروه تمرین ایروبیک 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 ایروبیک در مقایسه با گروه کنترل و تمرین ایروبیک 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 SDNN، SDANN، pNN50 و rMSSD می‌گردد (p=۰/۰۱). همچنین اجرای تمرین ایروبیک 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=۰/۰۷).

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

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

مقدمه

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

[Downloaded from sjnmp.muk.ac.ir on 2026-11-25]

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

یکی از عوامل اثرگذار بر ضربان قلب، سیستم بارو رفلکس 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 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 ۰/۰۴-۰/۱۵ هرتز/ms^2)، HF (دامنه‌ی امواج با فرکانس بالا در محدوده‌ی ۰/۱۵-۰/۴۰ 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 الکترود 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.

[Downloaded from sjnmp.muk.ac.ir on 2026-11-25]



شکل ۱: محل اتصال لیدهای هولتر مانیتور قلبی

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. درحالی‌که تسهیل درک بهتر از این اثرات توسط متخصصین علوم ورزشی فواید بی‌شماری برای سلامتی عمومی خواهد داشت.

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.

شرکت در فعالیت‌های ورزشی به‌ویژه فعالیت ورزشی ایروبیک بر دستگاه‌های مختلف خصوصاً سیستم قلبی عروقی بدن فواید بی‌شماری دارد. شدت و ریتم تمرین ایروبیک 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 ایروبیک، فارغ از جذاب بودن مدل تمرینی برای افراد شرکت‌کننده در فعالیت ورزشی ایروبیک، 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

[Downloaded from sjnmp.muk.ac.ir on 2026-11-25]

وزن بدنی در محیط تمرین آبی در حین اجرای تمرین ایروبیک 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 تغییرپذیری ضربان قلب در افراد بالغ می‌گردد (۲)، لذا در این پژوهشگران برآن شدند تا تغییرپذیری ضربان قلب با دو روش فرکانس محور و زمان محور کوتاه‌مدت را متعاقب تمرینات ایروبیک در مردان فعال دانشگاهی بررسی نمایند. سؤال اصلی این پژوهش این است که آیا اجرای تمرین ایروبیک سبب تغییرپذیری مثبت ضربان قلب در مردان فعال می‌گردد؟ و کدام نوع روش تمرین ایروبیک (تمرین ایروبیک معمولی و تمرین ایروبیک 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 ۵۰-۴۸ 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

[Downloaded from sjnmp.muk.ac.ir on 2026-11-25]

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 آسیب‌دیدگی 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 آسیب‌دیدگی 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 ایروبیک=۱۰ نفر؛ تمرین ایروبیک در آب =۱۰ نفر) به صورت تصادفی و روش تصادفی‌سازی ساده با جدول اعداد تصادفی تقسیم گردیدند.

این پژوهش پس از ثبت در مرکز کاریزمایی‌های 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 ایروبیک 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 ایروبیک در سالن ورزشی و استخر به مدت بیست روز مطابق با پروتکل تمرین ایروبیک تعیین شده برای هر دو گروه شروع گردید.

پروتکل تمرین ایروبیک

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

[Downloaded from sjnmp.muk.ac.ir on 2026-11-25]

آزمودنی‌ها بدن خود را گرم نموده و سپس حرکات کششی، تمرینات ایروبیک در سالن ورزشی و استخر و سپس سرد کردن و ریکاوری را اجرا کردند. کلیه آزمودنی‌ها 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. مدت‌زمان 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 دقیقه‌ای 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 محدوده‌ی تقریبی ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه کنترل گردید. گروه تمرین ایروبیک در سالن ورزشی (تمرین ایروبیک بر روی تردمیل)، فعالیت ایروبیک را با همان میزان شدت فعالیت (۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه) به مدت ۳۰ دقیقه و با روش معادل‌سازی مصرف انرژی به میزان گروه تمرین ایروبیک در آب اجرا نمود (۷).

فرمول معادل‌سازی انرژی مصرفی در جلسات تمرین ایروبیک در سالن ورزشی بر روی تردمیل و تمرین ایروبیک در آب برای هر یک از آزمودنی‌ها به صورت جداگانه و متغیر بر حسب وزن آزمودنی و نوع تمرین ایروبیک با استفاده از فرمول زیر (۱۹) و ایجاد تناسب در انرژی مصرفی برای هر جلسه تمرین معادل‌سازی گردید. دلیل معادل‌سازی انرژی مصرفی در این نوع تمرینات (سالن ورزشی و استخر) همسان‌سازی فشار وارده ناشی از تمرین ایروبیک بر بدن آزمودنی‌های دو گروه است تا اثر خالص نوع تمرین ایروبیک سنجیده شود، نه اثر عوامل مداخله‌ای 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 شاخص‌های اندازه‌گیری شده در مرحله اول مجدداً اندازه‌گیری گردید (پس‌آزمون).

اندازه‌گیری تغییرپذیری ضربان قلب

برای اندازه‌گیری تغییرپذیری ضربان قلب از سیستم هولتر مانیتور قلبی استفاده شد. از روش فرکانس محور و زمان محور جهت تشخیص به ترتیب تغییرات در فرکانس‌های مختلف و تغییرات زمانی استفاده گردید. در پروسه‌ی اندازه‌گیری تمامی دستورالعمل‌های راهنمای اندازه‌گیری کاملاً رعایت گردید؛ از آزمودنی‌ها 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 ننمایند و تلفن همراه خود را حداقل به فاصله ۳ متر و در حالت

[Downloaded from sjnmp.muk.ac.ir on 2026-11-25]

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 ایروبیک در سالن ورزشی و استخر به منظور فروکش‌کردن 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 منتقل گردید. در کل مدت زمان اجرای تمرینات ورزشی، گروه کنترل هیچ‌گونه 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، نرمالیته‌ی داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیروویلک 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 ایروبیک در سالن ورزشی در مقایسه با گروه کنترل و تمرین ایروبیک در آب به طور معنی‌داری سبب افزایش دامنه‌ی امواج با فرکانس بالا (HF) (مقادیر پیش‌آزمون؛ ۷۴۳/۵±۲۳۰۳/۴ و مقادیر پس‌آزمون؛ ۷۲/۱±۴۰۶۴/۰) می‌گردد. امواج با فرکانس بالا نمایانگر شدت غلبه سیستم پاراسمپاتیک بر قلب

[Downloaded from sjnmp.muk.ac.ir on 2026-11-25]

است. در واقع اجرای تمرین ایروبیک در سالن ورزشی نسبت به گروه کنترل و گروه تمرین ایروبیک در استخر باعث تأثیر افزایشی مثبت بهتری بر سیستم پاراسمپاتیک سیستم عصبی اتونوم قلبی می‌گردد (F=۱۹/۳۴ و p=۰/۰۱ با اندازه تأثیر ۰/۳۱). امواج با فرکانس پایین (LF) در گروه تمرین ایروبیک در سالن ورزشی (مقادیر پیش‌آزمون؛ ۴۴۵/۲±۲۰۰۷/۷ و مقادیر پس‌آزمون؛ ۲۱۳/۱±۵۰۶۱/۰) نسبت به گروه کنترل و تمرین ایروبیک در آب افزایش مثبت معنی‌داری را نشان داد (F=۱۰/۲۶ و p=۰/۰۱ با اندازه تأثیر ۰/۲۸). 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 ایروبیک در سالن ورزشی (مقادیر پیش‌آزمون؛ ۰/۲۱±۰/۹۰ و مقادیر پس‌آزمون؛ ۰/۲۵±۱/۲) نسبت به گروه کنترل و گروه تمرین ایروبیک در آب افزایش معنی‌داری را نشان داد (F=۷/۱۱ و p=۰/۰۱ با اندازه تأثیر ۰/۳۵). 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 ایروبیک در آب (مقادیر پیش‌آزمون؛ ۰/۱۳±۰/۷۸ و مقادیر پس‌آزمون؛ ۰/۱۵±۰/۷۱) کاهش اندک ولی غیر معنی‌داری داشت (F=۲/۸۰ و p=۰/۰۷ با اندازه تأثیر ۰/۰۶). مقادیر توان کل (TP) در گروه تمرین ایروبیک در سالن ورزشی (مقادیر پیش‌آزمون؛ ۱۹۰/۶±۸۴۸۰/۵ و مقادیر پس‌آزمون؛ ۴۱۲/۱±۷۳۹۵/۰) نسبت به گروه کنترل (مقادیر پیش‌آزمون؛ ۱۳۷/۸±۹۲۶۵/۵ و مقادیر پس‌آزمون؛ ۹۹۷/۸±۹۶۰۳/۲) و تمرین ایروبیک در آب (مقادیر پیش‌آزمون؛ ۶۳۴/۰±۹۶۹۹/۵ و مقادیر پس‌آزمون؛ ۲۹/۸۲±۸۴۰۰/۲) کاهش اندک ولی غیر معنی‌داری را نشان داد (F=۹/۵۶ و p=۰/۰۱ با اندازه تأثیر ۰/۲۵).

جدول ۱: میانگین ± انحراف استاندارد مشخصات عمومی آزمودنی‌ها

گروه	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	چربی بدن (درصد)	شاخص توده بدنی
کنترل	۲۶/۸ ±۱/۳۹	۱۷۴/۲ ±۲/۵۷	۷۵/۵ ±۳/۵۳	۲۲/۱±۱/۱۹	۲۵/۰۰±۱/۲۴
تمرین ایروبیک	۲۵/۹ ±۱/۸۵	۱۷۳/۵ ±۱/۶۱	۷۷/۲ ±۲/۷۴	۲۵/۱۸±۱/۸۷	۲۵/۸۱±۱/۵۲
تمرین ایروبیک در آب	۲۶/۴ ±۱/۷۱	۱۷۴/۳ ±۱/۴۷	۷۴/۷ ±۲/۷۱	۲۴/۶ ±۱/۱۷	۲۴/۷۳±۲/۰۱

[Downloaded from sjnmp.muk.ac.ir on 2026-11-25]



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



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

[Downloaded from sjnmp.muk.ac.ir on 2026-11-25]



شکل ٤: مقایسه نسبت امواج با فرکانس پایین به امواج با فرکانس بالا (LF/HF) در گروه‌های مختلف پژوهش

اجرای تمرین ایروبیک در سالن ورزشی در مقایسه با گروه کنترل و تمرین ایروبیک در آب به طور معنی‌داری سبب کاهش پارامترهای زمان محور تغییرپذیری ضربان قلب از قبیل SDNN (F=۵/۴۷ و p=۰/۰۱ با اندازه تأثیر ۰/۳۲)، SDANN (F=۱۱/۸ و p=۰/۰۱ با اندازه تأثیر ۰/۲۸)، pNN50 (F=۹/۳۴ و p=۰/۰۱ با اندازه تأثیر ۰/۳۴) و rMSSD (F=۱۲/۵۸ و p=۰/۰۱ با اندازه تأثیر ۰/۲۵) گردید.

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

متغیر	گروه کنترل		گروه تمرین ایروبیک		گروه تمرین ایروبیک در آب	
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
SDNN	۸۸/۹۰±۲/۸۴	۸۸/۰±۳/۵۱	۸۹/۱۰±۴/۶۲	۶۰/۱۲±۴/۵۹ †*	۹۲/۵۰±۱۱/۰۶	۸۹/۱۴±۷/۱۹
SDANN	۱۷/۰۰±۸/۴۳	۱۵/۰۰±۳/۳۲	۲۰/۷۰±۹/۹۴	۵/۰۰±۰/۶۴†*	۱۵/۵۵±۶/۴۸	۱۴/۰۰±۱/۰۲
pNN50	۷۲/۹۰±۱۰/۷۵	۷۵/۴۰±۸/۲۲	۶۷/۶۰±۱۳/۴۵	۲۹/۱۵±۵/۶۴†*	۷۶/۴۰±۸/۲۲	۷۸/۱۹±۳/۲۵
rMSSD	۱۰۱/۱۴±۱۶/۰۲	۱۰۵/۲±۱۲/۰۱	۹۳/۶۰±۱۹/۸۸	۴۶/۰۰±۰/۹۸†*	۱۰۶/۱±۱۲/۳۳	۱۰۵/۰۰±۲/۱۴

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)، rMSSD (ریشه توان دوم تفاوت‌های میانگین مربعات اینتروال‌های موج R نسبت به موج R بعدی با واحد میلی‌ثانیه) و pNN50 (درصدی از اینتروال‌های RR موفق که بیش از ۵۰ میلی‌ثانیه با هم متفاوت هستند) * **معناداری نسبت به پیش‌آزمون** † **معناداری نسبت به گروه کنترل**

[Downloaded from sjnmp.muk.ac.ir on 2026-11-25]

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر نشان داد که تمرین ایروبیک نسبت به تمرین ایروبیک در آب و گروه کنترل باعث تغییر معنی‌دار امواج با فرکانس پایین، امواج با فرکانس بالا و نسبت امواج با فرکانس پایین به بالا می‌گردد. این امر نشان دهنده‌ی تغییرپذیری بهتر ضربان قلب در تمرین ایروبیک در مقایسه با تمرین ایروبیک 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 می‌توان این طور توجیه نمود که اجرای تمرین ایروبیک 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 می‌آورد. اجرای تمرین ایروبیک در خارج از آب با وجود همسان سازی شدت و مدت فعالیت ایروبیک با اجرای ایروبیک در آب، احتمالاً بر سیستم قلبی عروقی فشار و شدت بالاتری را اعمال می‌نماید. 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 ایروبیک نسبت به اجرای تمرین ایروبیک در آب باعث تغییرپذیری بیشتر ضربان قلب گردید، احتمالاً اجرای فعالیت ورزشی در آب به دلیل خاصیت آرام‌بخش بودن آب از میزان استرس ورزشی کاسته است.

Johnson و همکاران (۲۰۱۱) نشان داده‌اند که تمرین ایروبیک باعث افزایش تغییرپذیری ضربان قلب می‌گردد. این محققین دلیل این امر را به فعالیت سیستم سمپاتیک و رنین – آنژیوتانسین نسبت داده‌اند (۲۱).

فعالیت سیستم سمپاتیک بر سلول‌های گرانولار واقع در کلیه اثر می‌گذارند و منجر به آزاد شدن آنژیوتانسیون I می‌گردند، تبدیل آنژیوتانسین I به آنژیوتانسین II، باعث تسهیل آزاد شدن نورآدرنال از قسمت فوق کلیوی می‌گردد. 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 می‌گردد، این امر در میزان فعال شدن سیستم رنین آنژیوتانسین اثر گذاشته و باعث فیدبک منفی بر سیستم عصبی سمپاتیک می‌گردد. فیدبک منفی در سیستم عصبی سمپاتیک باعث اثرگذاری این سیستم در قسمت‌های مختلف قلبی از جمله سیستم عصبی قلب می‌گردد. کاهش در تغییرات ضربان قلب در تمرین ایروبیک در آب را تا حدودی می‌توان به این مطلب نسبت داد.

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

[Downloaded from sjnmp.muk.ac.ir on 2026-11-25]

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 نورون‌های گابا-ارژیک بر سیستم قلبی عروقی را از دو مسیر عصبی و همودینامیک عنوان نموده‌اند. این محققین اثر نورون‌های گابا- ارژیک بر سیستم عصبی قلبی را به اثرگذاری نورون‌های گابا بر تون واگی نسبت داده‌اند و اثرگذاری نورون‌های 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 ایروبیک 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 ایروبیک در آب باعث افزایش غیرمعنی‌دار در امواج با فرکانس بالا گردید. بدین معنی که این مدل تمرینی نیز تا حدودی باعث تعدیل تون واگی می‌گردد، ولی شدت اثرگذاری این نوع تمرین به اندازه تمرین ایروبیک 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 ایروبیک در خارج از آب است و در صورت نیاز به تعدیل اندک به تشخیص پزشک متخصص توصیه ورزشی به اجرای تمرین ایروبیک 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 ایروبیک خارج از آب نسبت به سایر گروه‌ها تفاوت‌های معنی‌داری را نشان داد. بدین معنی که

[Downloaded from sjnmp.muk.ac.ir on 2026-11-25]

اجرای تمرین ایروبیک خارج از آب نسبت به اجرای ایروبیک 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 ایروبیک 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 ایروبیک در آب و خارج از آب تأثیر آن‌چنان کلی بر عملکرد سیستم اتونوم قلبی اعمال نمی‌کند. ولی به دلیل اثرگذاری بر پارامترهای مذکور قبلی 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 ایروبیک خارج از آب در مقایسه با اجرای ایروبیک در آب توصیه می‌گردد. دلیل این اثرگذاری بهتر این نوع تمرین ایروبیک را با توجه به یافته فعلی و استناد به دلایل توجیهی محققین قبلی، 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.

[Downloaded from sjnmp.muk.ac.ir on 2026-11-25]

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

[Downloaded from sjnmp.muk.ac.ir on 2026-11-25]

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.

[Downloaded from sjnmp.muk.ac.ir on 2026-11-25]