**پژوهش‌نامهٔ فیزیولوژی ورزشی کاربردی** **مقاله پژوهشی**
سال هفدهم/ شماره سی و سوم/بهار و تابستان ۱۴۰۰

دریافت: ۹۹/۸/۲ پذیرش: ۹۹/۱۱/۲۸ ص ص: ۵۹-۳۵

# اثر دوره تمرین هوازی هم‌حجم تک و دو جلسه‌ای در روز بر سیستم عصبی اتونوم قلبی در مردان جوان غیر ورزشکار: تحلیل خطی و غیرخطی تغییرپذیری ضربان قلب

لطفعلی بلبلی[۱]، عسگر ایران پور[۲]

## چکیده

**سابقه و هدف:** اجرای مطلق تمرین هوازی در مطالعات صورت گرفته بدون در نظرگیری ریتم شبانه‌روزی ضربان قلب با پاسخ‌های متفاوت و غیرقابل مقایسه‌ای در تغییرپذیری ضربان قلب همراه بوده است. هدف از این پژوهش، بررسی اثر تمرین هوازی هم‌حجم تک و دو جلسه‌ای در زمان‌های مختلف روز بر سیستم عصبی اتونوم قلبی در مردان جوان غیر ورزشکار بود. **مواد و روشها:** ۴۸ مرد جوان غیرورزشکار در گروه‌های پژوهش (کنترل=۱۲ نفر، تمرین هوازی تک‌جلسه‌ای صبح= ۱۲ نفر، تمرین هوازی تک‌جلسه‌ای بعد از ظهر= ۱۲ نفر و تمرین هوازی دوجلسه‌ای صبح و بعد از ظهر= ۱۲ نفر) تقسیم شدند. گروه‌های تمرین تک‌جلسه‌ای فعالیت ۶۰ دقیقه‌ای و گروه تمرین دو جلسه‌ای در روز، فعالیت دو نوبتی ۳۰ دقیقه‌ای در روز با شدت ۶۰ درصد حداکثر ضربان قلب بیشینه به مدت سه هفته با روزهای متوالی اجرا کردند. شاخص‌های تغییرپذیری ضربان قلب (SDNN، rMSSD، LF، HF، LF/HF، SD1، SD2 و SD1/SD2) با استفاده از هولتر مانیتور قلبی اندازه‌گیری شد. جهت تجزیه و تحلیل آماری از تحلیل واریانس چند متغیره و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. **یافته‌ها:** تمرین هوازی بر تمامی شاخص‌های تغییرپذیری ضربان قلب تأثیر معنی‌داری دارد (p=۰/۰۱). تمرین صبح بر شاخص‌های SDNN، rMSSD، SD1، SD2 اثر افزایشی و بر شاخص LF اثر کاهشی و تمرین بعد از ظهر بر شاخص‌های HF اثر افزایشی و LF/HF اثر کاهشی و تمرین صبح و بعد از ظهر بر شاخص SD2/SD1 اثر کاهشی، بارزتری نسبت به دو گروه دیگر دارند (p=۰/۰۱). **نتیجه گیری:** احتمال می‌رود برنامه‌ی تمرین هوازی تک‌جلسه‌ای در نوبت صبح بر عملکرد سیستم اتونوم قلبی تأثیر بهتری داشته باشد.

**واژه‌های کلیدی:** تمرین هوازی، سیستم اتونوم قلبی، تغییرپذیری ضربان قلب

۱ دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. نویسنده مسئول: L_bolboli@uma.ac.ir
۲ دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

## مقدمه

پاسخ‌های هیجانی بدن به محیط پیرامون خود بدون تلاش هوشیار فرد رخ می‌دهند (۱). این پاسخ‌ها در اصطلاح، پاسخ‌های اتونومیک یا خودکار نامیده می‌شوند، که از سیستم عصبی اتونومیک[1] سرمنشأ می‌گیرند (۲). سیستم عصبی اتونومیک نقش عملکردی خود بر اندام‌های هدف را از طریق دو زیرمجموعه عصبی سمپاتیک و پاراسمپاتیک اعمال می‌کند. از منظر فیزیولوژیکی، این دو زیرمجموعه عملکردهای متقابلی دارند (۳). سیستم عصبی اتونومیک در پاسخ به تغییرات سریع در ضربان قلب و فشار خون نقش تنظیمی پویا و دینامیک ایفا می‌کند (۴). به طوری که زیر مجموعه عصبی سمپاتیکی با افزایش تنش و تواتر قلبی و زیر مجموعه پاراسمپاتیکی با کاهش تنش و تواتر قلبی، نقش خود بر کرونوتروپی قلبی را ایفا می‌کنند. تعادل بین این دو سیستم، نقش بسزایی در پاسخ‌پذیری و انعطاف قلبی در مواجهه با شرایط استرس‌زا و فشار ناشی از تمرین ورزشی دارد (۵). با استناد به مطالعات قبلی در این زمینه می‌توان عنوان کرد که عدم تعادل بین این دو سیستم در برخی مواقع می‌تواند با پیامدهای ناگواری از قبیل مرگ‌های ناگهانی همراه باشد (۹-۶). سنجش تعادل بین سیستم‌های عصبی سمپاتیک و پاراسمپاتیک با روش‌های اندازه‌گیری مستقیم و غیرمستقیم صورت می‌گیرد (۱۰). با این وجود، استفاده از روش‌های مستقیم به دلیل هزینه‌های بالا و مشکلات مربوط به کاربرد در محیط‌های ورزشی، کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. اندازه‌گیری تغییرپذیری ضربان قلب[2] با استفاده از هولتر مانیتور قلبی به عنوان یک روش غیرمستقیم و آسان برای پایش تعادل سیستم‌های عصبی سمپاتیک و پاراسمپاتیک در بیشتر مطالعات مرتبط با علوم ورزشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش با سنجش توان در بازه‌های زمانی و فرکانسی، تغییرپذیری ضربان قلب به صورت خطی مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین با استفاده از روش‌های غیرخطی از قبیل روش پوینکر پلات[3] می‌توان به تغییرات زمانی و فرکانسی به صورت یکجا دست یافت (۱۱).

طبق گزارش انجمن اروپایی کاردیولوژی[4] و انجمن الکتروفیزیولوژی آمریکای شمالی[5] کاهش تغییرپذیری ضربان قلب با اختلال عملکرد سیستم عصبی اتونوم، ناخوشی و مرگ و میر قلبی و اختلالات روانی مرتبط می‌باشد (۱۲). اختلال عملکرد سیستم اتونوم قلبی در بیشتر ناخوشی‌ها و بیماری‌ها از قبیل نوروپاتی دیابتی، پرفشار خونی و سایر اختلالات مرتبط با این سیستم عصبی گزارش شده است (۱۳). بنابراین تغییرپذیری ضربان قلب با مرگ و میر همبستگی منفی دارد (۱۴). با این وجود، بررسی و کنترل عملکرد سیستم عصبی اتونوم قلبی در این بیماری‌ها در واقع نوعی مداليته‌ی درمانی شناخته می‌شود. در این بین شناخت و آگاهی از ریشه این مشکلات و ارائه راهکار مناسب در دوران شیوع و آسیب‌پذیری ناشی از اختلال عملکرد سیستم عصبی اتونوم قلبی اهمیت دو چندانی دارد. مطالعات زیادی در گذر زمان (هانکین و همکاران[6](۱۹۹۸)، لویسوهون و همکاران[7](۱۹۹۸)، کوستلو و همکاران[8](۲۰۰۳) و سالوجا و همکاران[9](۲۰۰۴)) دوران جوانی را به عنوان دوره زمانی کلیدی گسترش اختلال

[1] Autonomic nervous system
[2] Heart Rate Variability
[3] Poincare Plot
[4] European Society of Cardiology
[5] North American Society of Pacing Electrophysiology
[6] Hankin and et al
[7] Lewisohn and et al
[8] Costello and et al
[9] Saluja and et al

عملکرد اتونومیک و بیماری‌های مرتبط از قبیل افسردگی و اضطراب اجتماعی گزارش کرده‌اند (۱۸-۱۵). داشتن سبک زندگی کم‌تحرک و درگیر بودن با اختلالات متابولیکی از قبیل چاقی، اضافه وزن، داشتن زمینه ژنتیکی مستعد بودن به اختلال اتونومیک و پایین بودن سطح آمادگی بدنی در کنار افسردگی و اضطراب اجتماعی، زمینه‌ی گسترش اختلال عملکرد عصبی اتونومیک را مضاعف می‌کنند (۱۹). به طوری که در برخی مواقع فرد بدون آگاهی از شرایط پیش‌زمینه‌ی خود و مستعد بودن به اختلالات و مرگ ناگهانی ناشی از ضعف پاسخ‌پذیری و انعطاف قلبی به مواجهه با شرایط استرس‌زای محیطی و فشار ناگهانی ناشی از شرکت در برنامه‌های فعالیت ورزشی، با پیامدهای غیرقابل جبرانی مواجه می‌گردد (۲۰). بنابراین صرف قرارگیری در دوره جوانی و نداشتن علائم خاص بیماری‌های مرتبط از قبیل نوروپاتی دیابتی و پرفشار خونی نمی‌تواند تضمین‌کننده‌ی سلامتی عمومی این قشر جمعیتی در نظر گرفته شود.

فقر حرکتی و داشتن سبک زندگی کم‌تحرک در گروه‌های افراد جوان در طولانی‌مدت با مشکلاتی از قبیل چاقی، بیماری‌های قلبی عروقی و کاهش کیفیت زندگی فرد همراه است (۲۱). مطالعات صورت گرفته در این زمینه نشان داده‌اند که پیامدهای ناشی از سبک زندگی کم‌تحرک با یکدیگر مرتبط بوده و در برخی مواقع سبب تشدید اثرات همدیگر می‌گردند. کوستا و همکاران[1](۲۰۱۷) در یک مطالعه متاآنالیز اثرات تغییرات وزن بر سیستم عصبی اتونومیک را در آزمودنی‌های جوان و کم سن و سال بررسی کردند. در این مطالعه گزارش گردید که از بین ۲۷ مطالعه بررسی شده، چهار مطالعه اثرات افزایش وزن ناشی از کم‌تحرکی و تغذیه نامناسب و ۲۳ مطالعه اثرات کاهش وزن ناشی از تمرینات ورزشی و کنترل غذایی را بررسی کرده‌اند. نتایج این مطالعه گویای این مطلب بود که کاهش وزن با کاهش در سطوح شاخص‌های امواج با توان فرکانس پایین و نسبت امواج با توان فرکانس پایین به بالا (شاخص‌های مرتبط با غلبه‌ی سیستم عصبی سمپاتیکی) و افزایش وزن با افزایش شاخص‌های مذکور و کاهش شاخص امواج با توان فرکانس بالا (شاخص مرتبط با غلبه‌ی سیستم عصبی پاراسمپاتیکی) مرتبط می‌باشند. بنابراین پیامدهای منفی فقر حرکتی از جمله تغییرات سطوح چربی بدنی، فشار خون و سایر مولفه‌های اختلالات متابولیکی می‌توانند سبب تغییراتی در عملکرد سیستم اتونوم قلبی گردد (۲۲). به طوری که به نظر می‌رسد نقش تغییرات سطوح فشار خون در این بین برجسته‌تر باشد. زیرا عملکرد بارورفلکس شریانی و ارتباط آن با مراکز بالاتر مغزی با تغییرات هر دو فاکتور ضربان قلب و فشار خون مرتبط می‌باشد. بارورفلکس شریانی پایانه‌های وابران عصبی هستند که به لحاظ مکانیکی حساس می‌باشند. این سنسورهای فشاری در سینوس شریانی کاروتید (ورودی مغز) و قوس آئورت (خروجی قلب) قرار دارند. هر گونه تغییر در قسمت لومن شریان‌های مذکور باعث فعال شدن این سنسورها و ارسال پیام وابرانی به مرکز تلفیقی مغز می‌گردد. در این قسمت تلفیقی پیام وابران مذکور بر مسیر عصبی سمپاتیک و پاراسمپاتیک اثر می‌گذارد. مسیرهای عصبی سمپاتیک بر هر دوی قلب و عروق خونی تأثیر می‌گذارند، در حالی که مسیرهای آوران پاراسمپاتیکی بر سلول‌های مولد ضربان قلب در گره سینوسی دهلیزی قلب تأثیر می‌گذارند. همچنین در بدن انسان بارورفلکس سمپاتیکی با فشار خون دیاستولی در ارتباط می‌باشد (۲۱).

مطالعات نشان داده‌اند که سطوح فشار خون بعد از شرکت در برنامه تمرین ورزشی کاهش می‌یابد. مکانیسم عمل این کاهش در سطوح فشار خون را به کاهش برون‌ده قلبی ( ۲۳،۲۴) و مقاومت عروقی سیستمیک[2](۲۵،۲۶)

[1] Costa and et al
[2] Systemic vascular resistance

نسبت داده‌اند. هر دوی این پاسخ‌های مکانیسمی در اثر تغییرات در تعدیل اتونومیک قلبی (۲۷،۲۸) و فعالیت سمپاتیکی وازوموتوری[1](۲۹،۳۰) متأثر از شرکت در برنامه تمرین ورزشی، دستخوش تغییر می‌گردند. فارغ از اثرات مطلق تمرینات ورزشی و به ویژه تمرینات هوازی بر عملکرد قلبی عروقی، در برخی مطالعات از قبیل مطالعه نیکوخصلت و همکاران (۲۰۱۷) اشاره شده است که ریتم شبانه‌روزی فشار خون و ضربان قلب متأثر از تواتر جلسات تمرینی در روز می‌باشد (۳۱). به طوری که در این مطالعه عنوان گردید که متعاقب تمرین تک جلسه‌ای نسبت به دو جلسه‌ای در روز، سطوح فشار خون و ضربان قلب در مقادیر ارزشی پایین‌تری قرار می‌گیرند. در این مطالعه ضربان قلب (با استفاده از سیستم پولار) و فشار خون به صورت مطلق اندازه‌گیری گردیدند و با محدودیت‌های تحقیقی از قبیل عدم سنجش تغییرپذیری ضربان قلب( اندازه‌گیری با استفاده از هولتر مانیتور قلبی) و فشار خون همراه بودند. بدین معنی که پایین بودن سطوح ضربان قلب، تضمینی بر پاسخ‌پذیری و انعطاف قلبی بهتر به شرایط استرس‌زای محیطی از قبیل اجرای فعالیت ورزشی نمی‌باشد. در واقع از نتیجه مطالعه این محققین برداشت می‌گردد که انجام جلسه‌ی تمرین ورزشی در یک نوبت روز مطلوب‌تر می‌باشد. البته مطالعه نیکوخصلت و همکاران فقط به بررسی اثرات حاد یک جلسه فعالیت ورزشی پرداخته است و در این زمینه خلاء اطلاعاتی مبنی بر اثرات یک دوره تمرین ورزشی با این شرایط تمرینی وجود دارد. در مطالعه‌ی دیگری، یاماناکا و همکاران[2](۲۰۱۵) این سوال را که کدام نوبت روز برای اثرات مطلوب تمرین هوازی بر تغییرپذیری ضربان قلب بهتر است، را پاسخ داده‌اند و فعالیت غالب سیستم عصبی پاراسمپاتیکی در شرایط تمرین در نوبت صبح را گزارش نمودند (۳۲). پروتکل تمرین هوازی در این مطالعه به صورت تک جلسه در روز، در نوبت‌های صبح و بعد از ظهر بود. محدودیت اصلی این مطالعه دوره کوتاه تمرین هوازی به مدت چهار روز در روزهای متوالی بود. این در حالی است که سوگاوارا و همکاران[3](۲۰۰۳) فعالیت مجدد بهتر سیستم عصبی پاراسمپاتیکی را بعد از یک جلسه فعالیت ورزشی بعد از ظهر نسبت به نوبت صبح گزارش کردند (۳۳). در مطالعه دیگری پرودل و همکاران[4](۲۰۱۷) تفاوت معنی‌داری بین اجرای فعالیت ورزشی هوازی در سه نوبت صبح، ظهر و شب بر تغییرپذیری ضربان قلب در مردان جوان سالم و کم‌تحرک را مشاهده نکردند (۳۴). در سایر مطالعات مرتبط نیز اکثراً بر اجرای تمرین هوازی در روزهای غیرمتوالی و به صورت سه یا چهار جلسه در هفته در یک نوبت روز (بیشتر نوبت صبح) تمرکز شده است (۳۵). محدودیت اصلی در این مطالعات می‌تواند عدم توجه به اثرات ریتم‌های شبانه‌روزی و پراکنده بودن جلسات تمرینی در روزهای غیرمتوالی باشد.

به خوبی شناخته شده است که ضربان قلب در طول روز افزایش و با نزدیک شدن به دوره شبانه کاهش می‌یابد (۳۶). از آنجایی که منشأ ضربان قلب گره آغازگر ضربان قلب در دهلیز راست می‌باشد و توسط مراکز تنظیمی بالاتر کنترل می‌گردد، این نوع تغییرات ریتمی تحت عنوان ریتم‌های اندوژنوز[5] شناخته می‌شوند (۳۷). این فرآیند جهت تنظیم چرخه خواب و بیداری و یا چرخه استراحت فعالیتی ضروری است (۳۸). توصیف ریتم‌های شبانه‌روزی در متغیرهای فیزیولوژیکی مرتبط با فعالیت ورزشی سخت بوده ولی سنجش این متغیرها در یک زمان ثابت از روز، اطلاعاتی از مکانیسم‌های درگیر در همان بازه زمانی را بیان می‌کند (۳۹). امروزه اجرای فعالیت

[1] Vasomotor sympathetic activity
[2] Yamanaka and et al
[3] Sugawara and et al
[4] Prodel and et al
[5] Endogenous rhythm

ورزشی با دو جلسه در روز در بین مربیان و ورزشکاران به دلیل اثرات مطلوب بر ریکاوری، کنترل وزن و سایر مولفه‌های فیزیولوژیکی از قبیل اکسیژن مصرفی از محبوبیت خاصی برخوردار است (۴۲-۴۰). همچنین در افراد آماتور و غیرورزشکار، مطالعات زیادی به حصول فوائد سلامتی حداکثری جلسات ورزشی دو بار در روز اشاره کرده‌اند (۴۶-۴۳). در افراد غیربیمار نشان داده شده است که ضربان قلب در اوایل روز الگوی شبانه‌روزی قوی و در حالت اوج داشته و با نزدیک شدن به پایان روز از میزان این الگو کاسته می‌شود. این تغییرات در الگوی شبانه-روزی ناشی از تعدیل در سیستم اتونوم مرکزی بوده، که تحت کنترل تنظیمی هسته فوق کیاسمایی هیپوتالاموس[1] می‌باشد (۴۷). ذهنی و همکاران (۱۳۹۳) اشاره کردند که در بررسی‌های دلایل مرگ و میر در ایران در بین سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۷۹ هجری شمسی، بیماری‌های قلبی عروقی مسئول ۳۴/۶ درصد از کل مرگ و میرها معرفی شدند. نکته جالب توجه در این مطالعه اثبات این پیامد بود که بیشترین میزان مرگ‌های ناگهانی قلبی در این سال‌ها در فاصله زمانی ۶ صبح تا ۱۲ ظهر بود (۴۸). بنابراین می‌توان فرض نمود که اجرای فعالیت ورزشی در یک زمان خاص از روز با اثرات متفاوتی بر متغیرهای فیزیولوژیکی از قبیل تغییرپذیری ضربان قلب همراه باشد. از آنجایی که جهت حصول یک الگوی ثابت شبانه‌روزی بعد از اعمال مداخله‌ی جدید از قبیل فعالیت ورزشی نیاز به تکرار مداخله در روزهای متوالی می‌باشد، اجرای ثابت مداخله در روزهای متوالی مطلوب به نظر می‌رسد. لذا هدف از این مطالعه، بررسی اثرات اجرای تمرین هوازی در نوبت‌های مختلف روز (صبح و بعد از ظهر) در روزهای متوالی به مدت سه هفته (۲۱ جلسه تمرینی) بر تغییرپذیری ضربان قلب در مردان جوان غیرورزشکار بود. پیامد اولیه این مطالعه، اثر اجرای تمرین هوازی در روزهای متوالی بر تغییرپذیری ضربان قلب در مردان جوان غیرورزشکار بود. همچنین پیامدهای ثانویه این مطالعه شامل اثر اجرای تمرین هوازی در زمان‌های مختلف روز و اجرای تمرین هوازی هم حجم تک و دو جلسه‌ای در روز بر تغییرپذیری ضربان قلب در مردان جوان غیرورزشکار بود.

## روش پژوهش

### انتخاب آزمودنی

از جامعه آماری مردان جوان غیرورزشکار و دارای سبک زندگی کم‌تحرک تعداد ۴۸ نفر از بین داوطلبین واجدشرایط، با روش نمونه‌گیری تصادفی به عنوان نمونه‌ی آماری برای این پژوهش انتخاب شدند. معیارهای ورود به پژوهش شامل نداشتن سابقه‌ی بیماری قلبی و عروقی، داشتن سن در محدوده‌ی ۲۰ تا ۳۰ سال، بی-تمرینی حداقل به مدت شش ماه و معیارهای خروج از پژوهش شامل مشاهده هر گونه نارسایی قلبی، تنفسی و سایر بیماری‌های تشدیدشونده در اثر شرکت در فعالیت ورزشی با تشخیص پزشک تیم پژوهش بود. آزمودنی‌های پژوهش بعد از تکمیل رضایت‌نامه شرکت داوطلبانه در پژوهش به صورت متقابل بین آزمودنی و محقق، مطابق با دستورالعمل‌های تعیین شده اخلاق در پژوهش پزشکی از قبیل خروج آزادانه آزمودنی در هر مرحله از مطالعه و بندهای مذکور در دستورالعمل اخلاق در پژوهش به نفع آزمودنی، با روش تصادفی‌سازی ساده با جدول اعداد تصادفی در گروه‌هی پژوهش (گروه کنترل=۱۲ نفر، گروه تمرین هوازی تک‌جلسه‌ای صبح= ۱۲ نفر، گروه تمرین هوازی تک‌جلسه‌ای بعد از ظهر= ۱۲ نفر و گروه تمرین هوازی دوجلسه‌ای در روز در صبح و بعد از ظهر= ۱۲ نفر) قرار گرفتند.

[1] Suprachiasmatic nucleus of hypothalamus

## طرح پژوهش

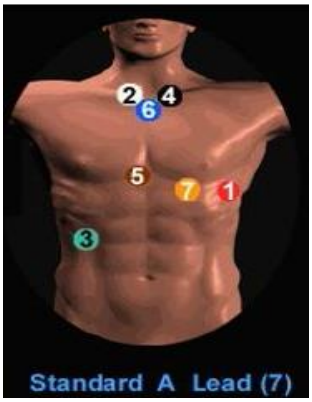
بعد از انتخاب آزمودنی‌ها، یک جلسه آشنایی با مراحل اجرای طرح با تمامی آزمودنی‌ها ترتیب داده شد. در دوره پیش‌آزمون، یک روز قبل از شروع برنامه‌ی تمرینی، مشخصات عمومی آزمودنی‌ها از قبیل سن، قد، وزن، درصد چربی بدنی و ضربان قلب پایه اندازه‌گیری شد (جدول شماره ۱). در مرحله پیش‌آزمون تغییرپذیری ضربان قلب آزمودنی‌ها با دقت سنجش و ثبت گردید. سپس به مدت ۲۱ روز متوالی قسمت اصلی دوره تمرین هوازی تک-جلسه‌ای و دو جلسه‌ای در روز در نوبت‌های صبح و بعد از ظهر اجرا شد و در نهایت در مرحله پس‌آزمون اندازه-گیری تغییرپذیری ضربان قلب به دقت و در همان محل مرحله پیش‌آزمون مجدداً اندازه‌گیری شد. مطابق با برنامه خواب و بیداری که در اختیار آزمودنی‌ها قرار داده شده بود، حداقل میزان خواب برای آزمودنی به مدت هفت ساعت و تقریباً از ساعت ۱۲ شب تا ۷ صبح بود. تمامی آزمودنی‌ها توصیه‌های لازم برای داشتن تغذیه کامل را اجرا نموده و توجیه گردیدند که ۳ ساعت قبل از اجرای فعالیت ورزشی هوازی از تغذیه سنگین اجتناب نموده و مصرف مناسبی از نوشیدنی‌های مطلوب جهت حفظ مناسب آب بدن را داشته باشند.

## اندازه‌گیری تغییرپذیری ضربان قلب

قبل از اندازه‌گیری تغییرپذیری ضربان قلب به تمامی آزمودنی‌ها توصیه شد تا ۱۲ ساعت قبل از اندازه‌گیری از خوردن مواد محتوی کافئین خودداری کنند، تا ۲۴ ساعت قبل از اندازه‌گیری از مصرف سیگار خودداری نموده و از انجام هر گونه فعالیت فیزیکی شدید اجتناب کنند. اندازه‌گیری در محیطی سرپوشیده در محدوده‌ی دمایی مطلوب ۲۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه صورت پذیرفت. برای اندازه‌گیری تغییرپذیری ضربان قلب از سیستم هولتر مانیتور مدل My Patch & Vx3+ ساخت کشور آمریکا (نمایندگی در ایران– شرکت اوسینا) استفاده شد. 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 کاملاً 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 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 نامطلوب 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 با ۷ لید استفاده شد (شکل ۱).

قبل از شروع اندازه‌گیری تغییرپذیری ضربان قلب (در مرحله قبل از تمرین) از آزمودنی‌ها خواسته شد در یک اتاق ساکت با نور کم به مدت ۱۵ دقیقه دراز بکشند. سپس به مدت ۲۰ دقیقه به وسیله‌ی هولتر مانیتور، ضربان قلب استراحتی هر فرد در حالت طاق‌باز مانیتور شد، در مرحله‌ی بعدی، آنالیز طیفی بر روی تغییرات خودبخودی ضربان قلب انجام گرفت. پس از آخرین روز تمرینات هوازی به منظور فروکش کردن اثرات موقتی آخرین جلسه‌ی تمرینی، یک روز بعد از اتمام تمرینات تحت شرایط استاندارد اشاره شده در مرحله قبل از تمرین، تمامی مراحل اشاره شده یکبار دیگر به صورت دقیق و کنترل شده در همان محیط ثبت و به نرم‌افزار مربوطه انتقال یافت. بعد از انتقال داده‌ها با استفاده از حافظه رم دستگاه از دستگاه هولتر مانیتور قلبی به کامپیوتر مجهز به برنامه و نرم‌افزار

مربوطه، سایر مراحل استخراج داده‌ها (شاخص‌های خطی زمان محور، فرکانس محور و شاخص‌های غیرخطی تغییرپذیری ضربان قلب) با استفاده از نرم‌افزار، بعد از اجرای مراحل گام به گام استخراج داده منطبق با دفترچه راهنمای دستگاه، صورت گرفت. در واقع اندازه‌گیری مستقیم از آزمودنی‌ها با استفاده از هولتر مانیتور قلبی دارای ۷ لید اتصالی صورت پذیرفت و خروجی داده‌ها از نرم‌افزار مخصوص این هولتر قلبی پایش و ثبت شد (شکل ۲)(۲۱).




**شکل ۱: محل اتصال لیدهای هولتر مانیتور قلبی مدل My Patch & Vx3+**

**شکل ۲: نمونه‌ای از نوار قلبی ثبت شده جهت بررسی فواصل توالی‌های ضربان قلب در یک آزمودنی**

## تمرین هوازی

دوره تمرین هوازی صبح در بازه‌ی زمانی ۰۸:۳۰ تا ۰۹:۳۰ و بعد از ظهر در بازه زمانی ۱۶:۳۰ تا ۱۷:۳۰ برای گروه‌های تمرین هوازی تک جلسه‌ای صبح و بعد از ظهر تعیین شد. این دوره برای گروه تمرین هوازی دوجلسه-ای در روز به صورت هم‌حجم در بازه زمانی ۰۸:۳۰ تا ۰۹:۰۰ و ۱۶:۳۰ تا ۱۷:۰۰ اجرا شد. قبل از هر دوره تمرین، مرحله گرم کردن عمومی به مدت ۱۰ دقیقه با اجرای حرکت دوی نرم و حرکات کششی و در پایان فعالیت دوره سرد کردن اختیاری اجرا شد. در جلسه اصلی تمرین بر روی تردمیل، تمرین هوازی به مدت ۶۰ دقیقه با شدت فعالیتی ۶۰ درصد حداکثر ضربان قلب بیشینه برای هر آزمودنی تعیین شد. گروه تمرین هوازی تک جلسه‌ای صبح بعد از ۱۰ دقیقه گرم کردن، ساعت ۰۸:۳۰ دقیقه تمرین خود را شروع و ساعت۰۹:۳۰ دقیقه دوره تمرین روزانه خود را به اتمام رساندند. گروه تمرین هوازی تک جلسه‌ای بعد از ظهر ساعت ۱۶:۳۰ دقیقه تمرین خود را شروع و ساعت ۱۷:۳۰ دقیقه دوره تمرین روزانه خود را به اتمام رساندند. همچنین گروه تمرین هوازی دو جلسه‌ای صبح و

بعد از ظهر، جلسه اول تمرین خود را در ساعت ۰۸:۳۰ دقیقه شروع و در ساعت ۰۹:۰۰ به اتمام رساندند، این گروه جلسه‌ی دوم خود را در ساعت ۱۶:۳۰ شروع و در ساعت ۱۷:۰۰ به اتمام رساندند (۲۶). شدت تمرین هوازی با استفاده از سیستم پولار (مدل Polar H1 Heart Rate Sensor، ساخت کشور فنلاند) بر روی تردمیل تکنوجیم (مدل Excite Run 600، ساخت کشور ایتالیا) کنترل شد.

## روش‌های تجزیه و تحلیل آماری

به منظور گزارش نتایج از شاخص‌های گرایش به مرکز و پراکندگی، میانگین و انحراف معیار استفاده شد. جهت اطمینان از طبیعی بودن داده‌ها و همگنی واریانس‌ها به ترتیب از آزمون آماری شاپیروویلک و لون استفاده شد. در بخش آمار استنباطی جهت تحلیل داده‌ها، از آزمون تحلیل واریانس چند متغیره و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. تمامی تحلیل‌ها در نرم‌افزار Spss نسخه ۲۱ در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ صورت گرفت.

## یافته‌ها

مشخصات عمومی آزمودنی‌های پژوهش شامل سن، قد، وزن، درصد چربی بدنی و ضربان قلب پایه در جدول شماره ۱ گزارش شده است.

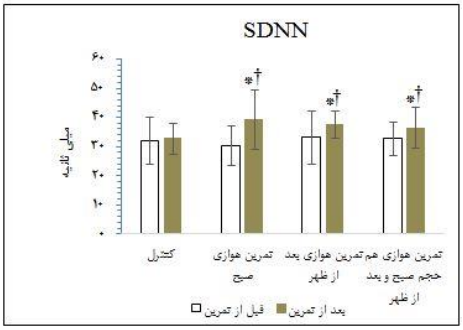
**جدول۱: میانگین و انحراف معیار مربوط به ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها**

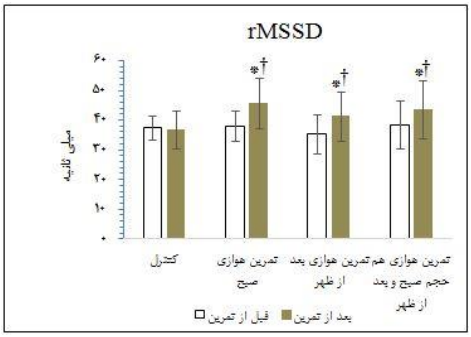
| متغیر | کنترل | تمرین هوازی صبح | تمرین هوازی بعد از ظهر | تمرین هوازی هم حجم صبح و بعد از ظهر |
|---|---|---|---|---|
| سن (سال) | ۲۷/۱۸ ±۴/۹۳ | ۲۶/۵۷ ±۶/۳۸ | ۲۷/۳۱ ±۶/۶۲ | ۲۸/۲۷ ±۳/۹۷ |
| قد (سانتی متر) | ۱۷۴/۵۸ ±۷/۳۲ | ۱۷۶/۰۲ ±۵/۱۹ | ۱۷۴/۹۶ ±۸/۲۷ | ۱۷۵/۶۴ ±۶/۷۴ |
| وزن (کیلوگرم) | ۷۹/۴۶ ±۶/۴۸ | ۷۸/۸۲ ±۵/۷۳ | ۸۰/۵۸ ±۵/۳۱ | ۷۹/۲۱ ±۴/۷۰ |
| چربی بدن (درصد) | ۲۴/۵۱±۳/۷۲ | ۲۷/۳۹±۶/۲۰ | ۲۵/۴۶±۵/۱۲ | ۲۵/۸۷±۴/۳۸ |
| ضربان قلب پایه (ضربه در دقیقه) | ۷۴/۳۸±۵/۳۲ | ۷۲/۹۱±۷/۱۳ | ۶۹/۷۰±۴/۸۶ | ۷۲/۸۴±۵/۶۵ |

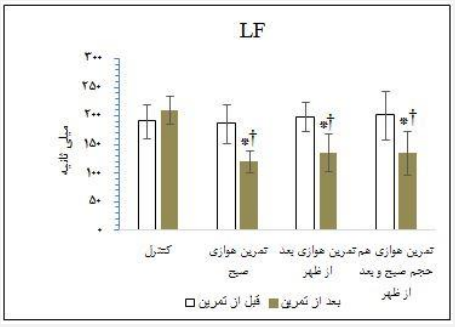
نتایج پژوهش نشان داد که شرکت در برنامه تمرین هوازی تک‌جلسه‌ای در روزهای متوالی به مدت سه هفته در نوبت صبح و بعد از ظهر، باعث افزایش مطلق معنی‌دار شاخص‌های خطی زمان‌محور انحراف معیار اینتروال‌های دو ضربان نرمال با واحد میلی ثانیه[1] (SDNN) و ریشه توان دوم تفاوت‌های میانگین مربعات اینتروال‌های موج R نسبت به موج R بعدی با واحد میلی ثانیه[2] (rMSSD)، شاخص خطی فرکانس‌محور امواج با فرکانس بالا (HF) و شاخص‌های غیرخطی انحراف معیار پهنا[3] (SD1) و انحراف معیار طول[4] (SD2) تغییرپذیری ضربان قلب

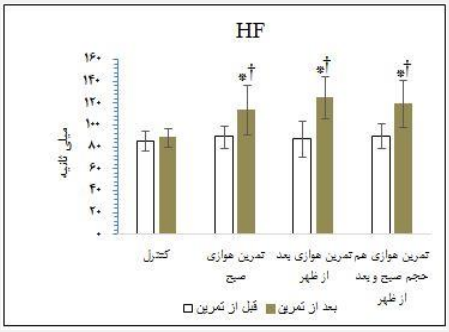
[1] Normal-to-normal standard deviation
[2] Root mean square of successive differences of RR intervals
[3] Standard deviation perpendicular the line of identity
[4] Standard deviation along the line of identity

و کاهش مطلق معنی‌دار شاخص‌های خطی فرکانس‌محور امواج با فرکانس پایین[1] (LF) و شاخص نسبت امواج با فرکانس پایین به بالا[2] (LF/HF) و شاخص غیرخطی SD2/SD1 تغییرپذیری ضربان قلب (تنها تمرین هوازی صبح) نسبت به گروه کنترل و دوره پیش‌آزمون می‌گردد (p=۰/۰۱). بررسی نسبی میزان تغییرات شاخص‌های خطی و غیرخطی مذکور در نوبت صبح و بعد از ظهر نسبت به گروه کنترل تغییرات افزایشی (SDNN، rMSSD، HF، SD1 و SD2) و کاهشی (LF، LF/HF و SD2/SD1) معنی‌داری را نشان داد (p=۰/۰۱). نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که در شاخص SDNN بین میزان تغییرات نسبی ناشی از تمرین هوازی صبح و بعد از ظهر تفاوت معنی‌داری وجود دارد (p=۰/۰۱). در شاخص HF بین میزان تغییرات نسبی ناشی از تمرین هوازی صبح و بعد از ظهر تفاوت معنی‌داری وجود داشت (p=۰/۰۱). همچنین در شاخص SD2/SD1 بین میزان تغییرات نسبی ناشی از تمرین هوازی صبح و بعد از ظهر تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (p=۰/۰۱).

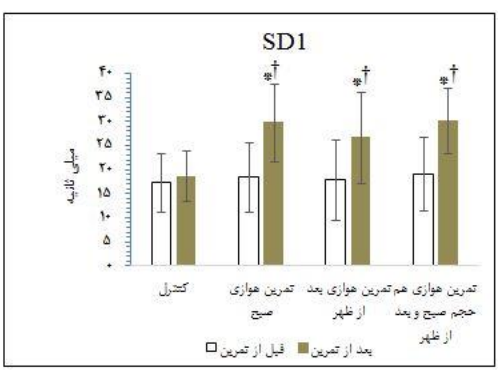


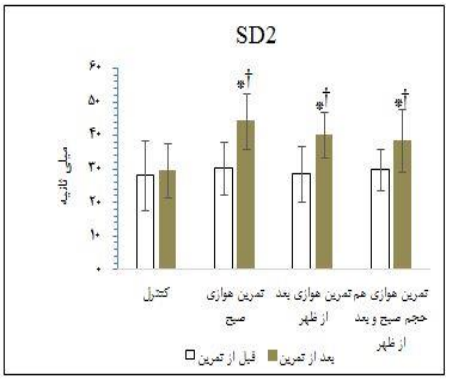



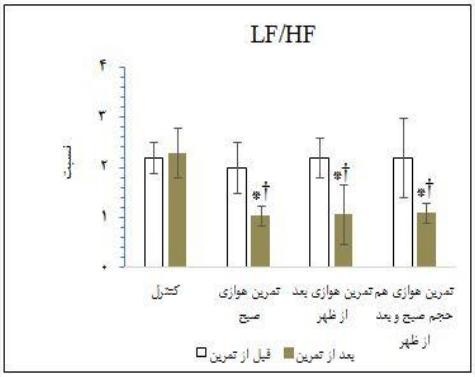



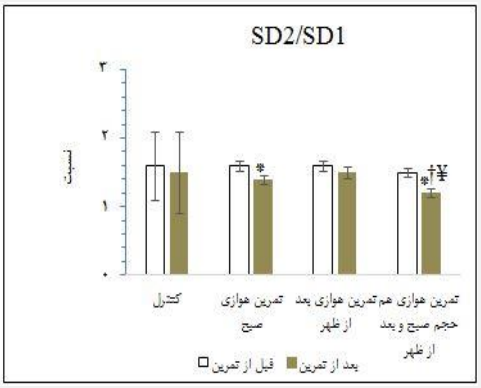




[1] Low frequency
[2] Low frequency to High frequency Ratio




**نمودار۱: اثر تمرین هوازی در زمان‌های مختلف روز بر شاخص‌های خطی و غیرخطی تغییرپذیری ضربان قلب. تفاوت معنی‌دار بین گروه کنترل و تمرینات هوازی صبح و بعد از ظهر (†)، تفاوت معنی-دار قبل و بعد از تمرین هوازی (*)، تفاوت معنی‌دار بین تمرینات هوازی صبح و بعد از ظهر (¥)**

همچنین نتایج نشان داد که شرکت در برنامه تمرین هوازی دو جلسه‌ای هم‌حجم در روزهای متوالی به مدت سه هفته در نوبت صبح و بعد از ظهر، باعث افزایش مطلق و نسبی (میزان تغییرات) معنی‌دار شاخص‌های خطی زمان‌محور SDNN و rMSSD، شاخص خطی فرکانس‌محور HF و شاخص‌های غیرخطی SD1، SD2 تغییرپذیری ضربان قلب و کاهش مطلق معنی‌دار شاخص‌های خطی فرکانس‌محور LF و LF/HF و شاخص غیرخطی SD2/SD1 تغییرپذیری ضربان قلب نسبت به گروه کنترل و دوره پیش‌آزمون می‌گردد (p=۰/۰۱). بررسی نسبی تغییرات شاخص زمان‌محور SDNN و rMSSD نشان داد که بین گروه تمرین هوازی دوجلسه‌ای هم‌حجم در نوبت‌های صبح و بعد از ظهر با تمرینات تک‌جلسه‌ای نوبت صبح تفاوت معنی‌داری وجود دارد

(p=۰/۰۱). همچنین در شاخص‌های غیرخطی SD2 و SD2/SD1 تغییرات نسبی معنی‌دار گروه تمرین هوازی دوجلسه‌ای هم‌حجم صبح و بعد از ظهر با تمرینات تک‌جلسه‌ای صبح مشاهده شد (p=۰/۰۱). درمقایسه تغییرات مطلق گروه تمرین هوازی دوجلسه‌ای هم‌حجم صبح و بعد از ظهر با تمرینات تک‌جلسه‌ای بعد از ظهر تغییرات معنی‌داری مشاهده شد (p=۰/۰۱).

**جدول ۲: نتایج مقایسه میزان تغییرات متغیرهای اندازه‌گیری شده در گروه‌های پژوهش در مراحل قبل و بعد از تمرین هوازی**

| متغیرها | کنترل | تمرین هوازی صبح | تمرین هوازی بعد از ظهر | تمرین هوازی هم حجم صبح و بعد از ظهر |
|---|---|---|---|---|
| SDNN | ۰/۰۲±۰/۱۱ | ۰/۲۳±۰/۰۹ | ۰/۱۲±۰/۰۸ | ۰/۱۰ ±۰/۰۵ |
| P value | | p=۰/۰۱ †¥ | p=۰/۰۱ †¥ | p=۰/۰۱ †¥ |
| rMSSD | −۰/۰۱±۰/۰۸ | ۰/۱۶±۰/۱۲ | ۰/۱۴±۰/۱۰ | ۰/۱۱ ±۰/۰۹ |
| P value | | p=۰/۰۱ †¥ | p=۰/۰۱ † | p=۰/۰۱ †¥ |
| LF | ۰/۰۹±۰/۰۶ | −۰/۵۴±۰/۲ | −۰/۴۶±۰/۲ | −۰/۴۷ ±۰/۳ |
| P value | | p=۰/۰۱ † | p=۰/۰۱ † | p=۰/۰۱ † |
| HF | ۰/۰۳±۰/۰۹ | ۰/۲۱±۰/۱۳ | ۰/۳۰±۰/۱۶ | ۰/۲۴ ±۰/۶ |
| P value | | p=۰/۰۱ †¥ | p=۰/۰۱ †¥ | p=۰/۰۱ † |
| LF/HF | ۰/۰۴±۰/۰۱ | −۰/۹۰±۰/۱ | −۱/۰۵±۰/۸ | −۱/۰۰ ±۰/۰۶ |
| P value | | p=۰/۰۱ † | p=۰/۰۱ † | p=۰/۰۱ † |
| SD1 | ۰/۰۷±۰/۰۵ | ۰/۳۸±۰/۷ | ۰/۳۳±۰/۱ | ۰/۳۶ ±۰/۰۹ |
| P value | | p=۰/۰۱ † | p=۰/۰۱ † | p=۰/۰۱ † |
| SD2 | ۰/۰۵±۰/۰۳ | ۰/۳۲±۰/۱ | ۰/۲۸±۰/۱ | ۰/۲۲ ±۰/۰۸ |
| P value | | p=۰/۰۱ †¥ | p=۰/۰۱ † | p=۰/۰۱ †¥ |
| SD2/SD1 | −۰/۰۶±۰/۰۲ | −۰/۱۴±۰/۰۴ | −۰/۰۶±۰/۰۳ | −۰/۲۵ ±۰/۰۴ |
| P value | | p=۰/۰۱ †¥ | p=۰/۰۱ ¥ | p=۰/۰۱ †¥ |

تفاوت معنی‌دار بین گروه کنترل و تمرینات هوازی صبح و بعد از ظهر (†)، تفاوت معنی‌دار بین تمرینات هوازی صبح و بعد از ظهر (¥)

## بحث و بررسی

شاخص خطی زمان‌محور انحراف معیار اینتروال‌های دو ضربان نرمال[1] (SDNN) بیانگر تغییرپذیری کل در اینتروال‌های ضربان قلب و کنترل و ریکاوری عصب اتونومیک قلبی بوده و بالا بودن این مقدار عددی در نوار قلبی ثبت شده می‌تواند گویای سلامتی قلبی قلمداد گردد. این شاخص در بیشتر مطالعات (۵۲-۴۹) بدون در نظرگیری زمان‌های مختلف روز، با افزایش معنی‌دار بعد از مداخله تمرین هوازی همراه بوده است.

[1] Normal-to-normal standard deviation

**جدول ۳: تحلیل عاملی بررسی تأثیر زمان و گروه بر تغییرپذیری ضربان قلب**

| متغیر | منبع | اندازه اثر | توان آماری | معنی داری (Sig) |
|---|---|---|---|---|
| SDNN | گروه | ۰/۲۰ | ۰/۶۵ | ۰/۰۳ |
| | زمان | ۰/۷۱ | ۱ | ۰/۰۱ |
| | تعامل گروه با زمان | ۰/۵۰ | ۱ | ۰/۰۱ |
| rMSSD | گروه | ۰/۲۴ | ۰/۴۸ | ۰/۰۲ |
| | زمان | ۰/۸۱ | ۱ | ۰/۰۱ |
| | تعامل گروه با زمان | ۰/۶۶ | ۱ | ۰/۰۱ |
| LF | گروه | ۰/۲۶ | ۰/۹۰ | ۰/۱۲ |
| | زمان | ۰/۹۶ | ۱ | ۰/۰۱ |
| | تعامل گروه با زمان | ۰/۹۵ | ۱ | ۰/۰۱ |
| HF | گروه | ۰/۲۳ | ۰/۸۵ | ۰/۰۱ |
| | زمان | ۰/۹۱ | ۱ | ۰/۰۱ |
| | تعامل گروه با زمان | ۰/۷۵ | ۱ | ۰/۰۱ |
| LF/HF | گروه | ۰/۲۹ | ۱ | ۰/۰۷ |
| | زمان | ۰/۹۷ | ۱ | ۰/۰۱ |
| | تعامل گروه با زمان | ۰/۹۳ | ۱ | ۰/۰۱ |
| SD1 | گروه | ۰/۱۲ | ۰/۵۱ | ۰/۱۰ |
| | زمان | ۰/۹۹ | ۱ | ۰/۰۱ |
| | تعامل گروه با زمان | ۰/۹۶ | ۱ | ۰/۰۱ |
| SD2 | گروه | ۰/۱۳ | ۰/۵۴ | ۰/۰۲ |
| | زمان | ۰/۹۵ | ۱ | ۰/۰۱ |
| | تعامل گروه با زمان | ۰/۸۵ | ۱ | ۰/۰۱ |
| SD2/SD1 | گروه | ۰/۱۸ | ۰/۷۱ | ۰/۰۲ |
| | زمان | ۰/۵۶ | ۱ | ۰/۰۱ |
| | تعامل گروه با زمان | ۰/۴۵ | ۰/۹۹ | ۰/۰۱ |

این یافته‌ها موافق با نتیجه مطالعه ما می‌باشند. در حالی که در مطالعه کوفمن و همکاران[1](۲۰۰۸) و سالز و همکاران[2](۲۰۱۲) با وجود ترکیب مداخله تمرین هوازی با کنترل رژیم غذایی این شاخص تفاوت معنی‌داری را نسبت به دوره قبل از مداخله نشان نداد (۵۳،۵۴). با در نظرگیری زمان‌های مختلف روز، نتایج مطالعه ما نشان داد که اجرای برنامه تمرین هوازی تک جلسه‌ای صبح به مدت ۶۰ دقیقه با ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه نسبت به تمرین هوازی تک جلسه‌ای بعد از ظهر و تمرین هوازی دو جلسه‌ای هم حجم صبح و بعد از ظهر در مردان جوان

[1] Kaufman and et al
[2] Sales and et al

غیرورزشکار با افزایش بهتری در این شاخص همراه است. در این زمینه مطالعات چندی موافق با یافته ما می-باشند. ایزیوکا و همکاران[1](۲۰۲۰) افزایش معنی‌دار در شاخص خطی زمان محور SDNN را بعد از اجرای دوره تمرین دو هفته‌ای صبح در بازیکنان بدمینتون گزارش کردند (۵۵). محدودیت اصلی مطالعه ایزیوکا و همکاران عدم کنترل شدت تمرین در تمامی آزمودنی‌ها بود که در مطالعه ما شدت تمرین برای بررسی‌های دقیق‌تر کنترل شد. تفاوت اصلی دو مطالعه در نوع آزمودنی ورزشکار و غیرورزشکار بود که با استناد به سایر مطالعات می‌توان این تفاوت را مورد بحث و بررسی قرار داد. مولگارد و همکاران[2](۱۹۹۱) با بررسی ریتم شبانه‌روزی ضربان قلب و شاخص SDNN در افراد تمرین نکرده به این نتیجه رسیدند که با در نظرگیری سطح فعالیت بدنی افراد، شاخص SDNN در بازه زمانی صبح نسبت به ساعات دیگر شبانه‌روز در سطح بالایی می‌باشد (۵۶). لذا در مطالعه ما مشخص شد که با رفع محدودیت تحقیقی مطالعه ایزیوکا و همکاران (کنترل شدت تمرین) و مشخص کردن نوع آزمودنی (مردان جوان غیرورزشکار) و تعیین سطح فعالیت بدنی که در مطالعه مولگارد و همکاران به صورت کلی بیان شده بود، اجرای تمرین هوازی در صبح نسبت به بعد از ظهر بر شاخص خطی زمان‌محور SDNN در مردان جوان غیرورزشکار تأثیر بهتری دارد.

با این وجود فارغ از سطح فعالیت بدنی افراد، در مطالعه دیگری فن و همکاران[3](۲۰۰۹) مقادیر شاخص SDNN در صبح نسبت به بعد از ظهر را در آزمودنی‌های مردان مسن بالا گزارش کردند (۵۷). بنابراین با استناد به مطالعاتی از این قبیل می‌توان عنوان کرد که احتمالاً بالا بودن مقادیر شاخص SDNN در مطالعه ما بیشتر به دلیل اثرات زمانی صبح بوده باشد تا اثرات مطلق تمرین هوازی. با استناد به مطالعات دیگر در این زمینه می‌توان مکانیسم‌های اثرگذار بر عملکرد سیستم عصبی اتونوم قلبی در صبح را بررسی کرد. ویپرت و همکاران[4](۲۰۱۸) مکانیسم عمل تغییرات ضربان قلب و عملکرد سیستم عصبی اتونوم قلبی بعد از شرکت در دوره فعالیت ورزشی در روزهای متوالی را به نقش کراتین کیناز در دوره زمانی صبح نسبت داده‌اند (۵۸). نتایج مطالعات در این زمینه اشاره بر این دارند که سطوح کراتین کیناز در صبح نسبت به ساعات دیگر روز پایین می‌باشد (۶۱-۵۹). در برخی دیگر از مطالعات دلیل پایین بودن سطوح شاخص SDNN در بعد از ظهر را به عوامل استرسی نسبت داده‌اند. ژائو و همکاران[5](۲۰۲۰) اشاره کردند که بعد از ساعت ۱۱ صبح به بعد، افزایش عوامل استرسی باعث کاهش سطوح شاخص SDNN تغییرپذیری ضربان قلب می‌گردد (۶۲). به طور کلی می‌توان عنوان کرد که ماهیت تمرین هوازی با افزایش در شاخص SDNN همراه است. در این بین عوامل دیگری از قبیل تغییرات ریتم شبانه‌روزی می‌تواند بر این شاخص تأثیر داشته باشند. به طوری که اجرای تمرین هوازی در صبح به دلیل عوامل متابولیسمی از قبیل تغییرات سطوح کراتین‌کیناز و پایین بودن عوامل استرسی می‌تواند منجر به افزایش بیشتر شاخص SDNN گردد. محدودیت اصلی در ادبیات پژوهشی در این زمینه، بررسی دوره‌های تمرین هوازی تنها در یک نوبت روز بود که به دلیل تفاوت نوع آزمودنی‌ها، مقایسه اثرات زمان‌های مختلف روز منطقی به نظر نمی‌رسید، که در این مطالعه اثرات زمان‌های مختلف روز بر شاخص SDNN بررسی گردید.

[1] Iizuka and et al
[2] Molgaard and et al
[3] Fan and et al
[4] Weippert and et al
[5] Zhao and et al

شاخص خطی زمان‌محور ریشه توان دوم تفاوت‌های میانگین مربعات اینتروال‌های موج R نسبت به موج R بعدی[1] (rMSSD) نشانگر بهبود تون واگی است و بالا بودن مقدار عددی این شاخص در نوار قلبی ثبت شده، نشانه سلامتی قلب معرفی می‌گردد. نتایج مطالعه ما نشان داد که اجرای برنامه تمرین هوازی تک جلسه‌ای صبح نسبت به تمرین هوازی دو جلسه‌ای هم حجم صبح و بعد از ظهر در مردان جوان غیرورزشکار با افزایش بهتری در این شاخص همراه است. این در حالی است که تغییرات افزایشی این شاخص در تمرین هوازی تک جلسه‌ای صبح و بعد از ظهر با اندکی برتری در تمرین صبح، تفاوت معنی‌داری نداشت. در مطالعات صورت گرفته در این زمینه (۵۳-۴۹) بدون در نظرگیری زمان‌های مختلف روز، شاخص rMSSD نسبت به دوره قبل از مداخله تمرین هوازی افزایش معنی‌داری داشت. این یافته‌ها موافق با نتایج مطالعه ما می‌باشند. دامنه این تغییر در این مطالعات از هشت درصد تغییر (۶۳) تا ۶۵ درصد تغییر (۵۳) نسبت به قبل از مداخله تمرین هوازی متغیر بود. این در حالی است که در مطالعه ما این دامنه تغییر از ۱۱ درصد تغییر در تمرین هوازی هم حجم صبح و بعد از ظهر تا ۱۶ درصد تغییر در تمرین هوازی صبح متغیر بود. با در نظرگیری اثرات زمان‌های مختلف روز بر شاخص rMSSD می‌توان چندین مطالعه در این زمینه را اشاره کرد. چوی و همکاران[2](۲۰۰۸) گزارش کردند که بدون اجرای تمرین ورزشی، با توجه به تغییرات ریتم شبانه‌روزی، شاخص rMSSD در بازه زمانی بعد از ظهر نسبت به صبح در سطح پایین می‌باشد (۶۴). همچنین آرنسون و همکاران[3](۱۹۹۹) اشاره کردند که در بیماران دیابتی مبتلا به نوروپاتی اتونومیک قلبی، شاخص rMSSD متأثر از ریتم شبانه‌روزی بوده و در بازه زمانی بعد از ظهر افزایش اندکی را نشان داد (۶۵). بنابراین به نظر می‌رسد که این شاخص متأثر از ریتم شبانه‌روزی بوده ولی عوامل دیگری نیز می‌توانند بر این شاخص موثر باشند. در مطالعه چوی و همکاران بدون اعمال مداخله تمرینی تنها اثرات ریتم شبانه‌روزی بر این شاخص سنجیده شده است، در حالی که در مطالعه ما با اعمال مداخله تمرین هوازی و بررسی اثرات زمان‌های مختلف روز، نتایج مکمل و قابل مقایسه‌ای بر ادبیات پژوهشی قبلی اضافه شد. همچنین با استناد به مطالعه آرنسون و همکاران می‌توان اثرپذیری شاخص rMSSD از ریتم شبانه‌روزی حتی در شرایط اختلال سیستم اتونومیک در بیماران را مطرح کرد. بنابراین به نظر می‌رسد که در مطالعه ما تغییرات معنی‌دار در شاخص rMSSD با وجود اثرات افزایشی تمرین هوازی بر این شاخص، از اثرات زمان‌های مختلف روز نیز متأثر بوده است. در این زمینه می‌توان به بررسی مکانیسم عمل تغییرات شاخص rMSSD ناشی از تمرین و ریتم شبانه‌روزی پرداخت. همچنین ربانی و همکاران (۱۳۹۵) سرکوب بیان آنژیوتانسیون II ناشی از شرکت در برنامه تمرین هوازی را به عنوان مکانیسم عمل افزایش شاخص rMSSD و بهبود تون واگی گزارش کردند (۶۶).

شاخص خطی فرکانس محور امواج با فرکانس پایین (LF) نشانگر فعالیت غالب سیستم عصبی سمپاتیک بوده و کاهش مقدار عددی این شاخص نشانه سلامتی قلبی مفروض است. نتایج مطالعه ما نشان داد که با وجود عدم تفاوت معنی‌دار بین تغییرات کاهشی این شاخص در گروه‌های تمرین هوازی، میزان کاهش این شاخص در تمرین هوازی صبح بیشتر بود. در برخی مطالعات در این زمینه (۵۲،۶۷) بدون در نظرگیری زمان‌های مختلف روز، عدم تغییر در شاخص خطی فرکانس محور LF بعد از تمرین هوازی گزارش شده است. این در حالی است که در برخی دیگر از مطالعات (۶۸) کاهش در شاخص LF بعد از تمرین هوازی گزارش شده است. با در نظرگیری

[1] Root mean square of successive differences of RR intervals
[2] Choi and et al
[3] Aronson and et al

اثرات زمان‌های مختلف روز بر شاخص LF می‌توان به بحث و بررسی نتایج مطالعات در این زمینه پرداخت. یاماناکا و همکاران[1](۲۰۱۵) اثر فعالیت ورزشی هوازی صبح بر سیستم عصبی اتونوم قلبی در مردان سالم را بررسی کردند و اشاره کردند که تغییرپذیری ضربان قلب در اثر شرکت در فعالیت ورزشی تغییر می‌یابد و مشاهده کردند که شاخص LF بعد از فعالیت ورزشی صبح افزایش معنی‌داری دارد (۳۲). نتایج مطالعه یاماناکا و همکاران مغایر با نتایج مطالعه ما می‌باشد. محدودیت اصلی در مطالعه یاماناکا و همکاران، تعداد روزهای پایین تمرین هوازی (چهار روز متوالی) بود که ما در مطالعه خود این دوره تمرین را به ۲۱ روز متوالی افزایش دادیم. به نظر می‌رسد که اجرای تمرین هوازی در روزهای تمرینی متوالی بیشتر، با اثرات بهتر بر شاخص LF همراه است. علاوه بر روزهای تمرین، شرایط سنی آزمودنی‌ها نیز می‌تواند به عنوان یک فاکتور موثر بر تغییرات ضربان قلب مورد بحث قرار گیرد. در این زمینه گاف و همکاران[2](۲۰۱۰) با بررسی تغییرات شاخص LF در آزمودنی‌های جوان و میانسال به این نتیجه رسیدند که شاخص LF در آزمودنی‌های جوان نسبت به میانسال در زمان صبح افزایش بیشتری دارد (۶۹). محدودیت اصلی در مطالعه گاف و همکاران عدم در نظرگیری اثر فعالیت ورزشی بر تغییرات شاخص LF در دو گروه آزمودنی‌ها بود که احتمالاً شرکت در تمرین ورزشی اثرات شرایط سنی بر ریتم شبانه-روزی شاخص LF را در دو گروه آزمودنی تحت تأثیر قرار دهد. لذا ما در این مطالعه محدودیت اصلی مطالعه گاف و همکاران را حداقل در یک گروه آزمودنی با بررسی همزمان اثر زمان‌های مختلف روز و اثر تمرین هوازی بررسی نمودیم. در نهایت مشخص گردید که بعد از دوره تمرین هوازی با وجود استفاده از آزمودنی‌های جوان، مقادیر شاخص LF در دوره زمانی صبح نسبت به بعد از ظهر کاهش بیشتر ولی غیرمعنی‌داری داشت.

مطالعات قبلی در این زمینه مکانیسم عمل تغییرات شاخص LF در زمان صبح را بیشتر به تغییرات فشار خون در صبح نسبت داده‌اند. دبریتو و همکاران[3](۲۰۱۵) در مطالعه خود مکانیسم‌های افت فشار خون پس فعالیتی[4] را در دوره‌های فعالیت ورزشی صبح و بعد از ظهر در افراد دارای وضعیت پیش پرفشار خونی بررسی کردند و پاسخ سیستم عصبی اتونومیک به فعالیت ورزشی در صبح و بعد از ظهر را به عنوان یکی از مکانیسم‌های اصلی موثر گزارش کردند. به طوری که بعد از اجرای فعالیت ورزشی دوچرخه کارسنج به مدت ۴۵ دقیقه با شدت ۵۰ درصد اکسیژن مصرفی اوج در صبح و بعد از ظهر، کاهش برون‌ده قلبی بیشتری را بعد از فعالیت ورزشی در صبح نسبت به بعد از ظهر گزارش کردند. تغییرات حجم ضربه‌ای در صبح و بعد از ظهر نزدیک به هم بود، ولی تواتر ضربان قلب بعد از فعالیت ورزشی بعد از ظهر نسبت به صبح بیشتر بود. همچنین مقارن با بالا بودن ضربان قلب در بعد از ظهر، شاخص LF در بعد از ظهر نسبت به صبح افزایش داشت (۷۰). در مطالعه دیگری پویرر و همکاران[5](۲۰۰۳) کند شدن پاسخ‌های کوله سیستوکین‌ها در اثر سبک زندگی کم‌تحرک را به عنوان مکانیسم عمل افزایش فعالیت LF گزارش کردند (۵۱).

شاخص خطی فرکانس محور امواج با فرکانس بالا (HF) نشانگر فعالیت سیستم عصبی پاراسمپاتیک بوده و افزایش مقدار عددی این شاخص اشاره بر سلامتی قلبی دارد. نتایج مطالعه ما نشان داد که تغییرات این شاخص

[1] Yamanaka and et al
[2] Goff and et al
[3] De Brito and et al
[4] Post-Exercise Hypotension
[5] Poirier and et al

در تمرین بعد از ظهر نسبت به صبح مشهودتر می‌باشد. چوی و همکاران[1](۲۰۰۸) اشاره کردند که بدون اجرای تمرین ورزشی، با توجه به تغییرات ریتم شبانه‌روزی، شاخص HF در بازه زمانی بعد از ظهر نسبت به صبح در سطح پایین می‌باشد (۶۴). محدودیت اصلی مطالعه چوی و همکاران، بررسی تکی اثر ریتم شبانه‌روزی (نه تمرین ورزشی) بر شاخص HF بود که ما در این مطالعه اثر همزمان ریتم شبانه‌روزی و تمرین ورزشی را بر این شاخص بررسی کردیم. بنابراین با استناد به نتایج دو مطالعه می‌توان عنوان کرد که پایین بودن شاخص HF در بعد از ظهر احتمالاً با پاسخ بهتری به محرک تمرینی همراه باشد. در مطالعه دیگری آرنسون و همکاران[2](۱۹۹۹) اشاره کردند که در بیماران دیابتی مبتلا به نوروپاتی اتونومیک قلبی، شاخص HF از ریتم شبانه‌روزی متأثر نیست (۶۵). این احتمال وجود دارد که اختلال در سیستم اتونوم قلبی ریتم شبانه‌روزی شاخص HF را مختل نماید. این در حالی است که در مطالعه یاماناکا و همکاران[3](۲۰۱۵) نتیجه مخالف با نتایج ما به دست آمد، که اثر فعالیت ورزشی هوازی صبح بر سیستم عصبی اتونوم قلبی را در مردان سالم بررسی کردند و اشاره کردند که تغییرپذیری ضربان قلب در اثر شرکت در فعالیت ورزشی تغییر یافته و شاخص HF بعد از فعالیت ورزشی صبح افزایش معنی‌داری دارد (۳۲). محدودیت مطالعه یاماناکا و همکاران، تعداد روزهای تمرینی پایین (چهار روز متوالی) بود که در مطالعه ما این تعداد به ۲۱ روز متوالی افزایش یافت. به نظر می‌رسد فاکتور دیگر موثر بر شاخص HF، اثر سازگاری طولانی‌مدت ناشی از تمرین ورزشی هوازی باشد. بنابراین می‌توان شاخص HF را به عنوان حساس‌ترین شاخص تغییرپذیری ضربان قلب مطرح کرد که از شرایط مختلف شبانه‌روزی، اختلال و بیماری و شرایط تمرینی متأثر می‌گردد. در این مطالعه ما شرایط تمرین ورزشی و ریتم شبانه‌روزی را به صورت همزمان در آزمودنی‌ها غیربیمار با وضعیت سبک زندگی غیرفعال بررسی کردیم. به تحقیقات آینده پیشنهاد می‌گردد که پروتکل تمرینی این مطالعه را در گروه‌های آزمودنی مبتلا به اختلال سیستم اتونوم قلبی مورد بررسی قرار دهند.

شاخص خطی فرکانس محور نسبت امواج با فرکانس پایین به بالا (LF/HF) نشانگر تعادل و یا غلبه در فعالیت سیستم عصبی سمپاتیک بر پاراسمپاتیک می‌باشد، نتایج نشان داد که مقادیر این شاخص در تمرین بعد از ظهر نسبت به صبح بیشتر می‌باشد. بدون در نظرگیری زمان‌های مختلف روز، اجرای دوره تمرین هوازی با کاهش این نسبت همراه است. کوستا و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه مرور سیستماتیک و متاآنالیز نشان دادند که از بین مطالعات منتخب تعداد پنج مطالعه مشاهده‌ای[4](۴۹–۵۱،۵۳،۷۱) شاخص LF/HF را بعد از شرکت در فعالیت ورزشی هوازی همراه با کاهش وزن بررسی کردند. در تمامی این مطالعات این نسبت بعد از دوره تمرین هوازی کاهش داشت. بدین معنی که فعالیت سیستم عصبی پاراسمپاتیک بر سمپاتیک بعد از دوره تمرین هوازی غالب می‌باشد. این یافته‌ها موافق با نتایج مطالعه ما می‌باشد، که کاهش این شاخص در تمامی گروه‌های تمرین هوازی را نشان داد. چوی و همکاران[5](۲۰۰۸) اشاره کردند که شاخص نسبت LF/HF از ریتم‌های شبانه‌روزی متأثر نمی‌گردد (۶۴). این در حالی است که در مطالعات فوق تأکید شد که شاخص HF از ریتم شبانه‌روزی متأثر است. این احتمال وجود دارد که شاخص LF از یک الگوی شبانه‌روزی پیروی نکرده و این تعادل را در زمان‌های

[1] Choi and et al
[2] Aronson and et al
[3] Yamanaka and et al
[4] Observational studies
[5] Choi and et al

مختلف روز مختل نماید. دبریتو و همکاران[1](۲۰۱۵) در مطالعه خود مکانیسم‌های افت فشار خون پس فعالیتی[2] را در دوره‌های فعالیت ورزشی صبح و بعد از ظهر در افراد دارای وضعیت پیش پرفشار خونی بررسی کردند و پاسخ سیستم عصبی اتونومیک به فعالیت ورزشی در صبح و بعد از ظهر را به عنوان یکی از مکانیسم‌های اصلی موثر گزارش کردند. به طوری که بعد از اجرای فعالیت ورزشی دوچرخه کارسنج به مدت ۴۵ دقیقه با شدت ۵۰ درصد اکسیژن مصرفی اوج در صبح و بعد از ظهر، کاهش برون‌ده قلبی بیشتری را بعد از فعالیت ورزشی در صبح نسبت به بعد از ظهر گزارش کردند. تغییرات حجم ضربه‌ای در صبح و بعد از ظهر نزدیک به هم بود، ولی تواتر ضربان قلب بعد از فعالیت ورزشی بعد از ظهر نسبت به صبح بیشتر بود. همچنین مقارن با بالا بودن ضربان قلب در بعد از ظهر، شاخص LF و شاخص LF/HF در بعد از ظهر نسبت به صبح افزایش داشت (۷۰). بررسی مطالعه ما نشان می‌دهد که شاخص HF به نسبت مشخصی متناسب با تغییرات LF/HF متغیر بوده است ولی شاخص LF از این الگو پیروی نکرده و در زمان‌های مختلف روز تغییرات متفاوتی داشته است. در حالی که در مطالعه دبریتو و همکاران تغییرات شاخص LF همسو با تغییرات شاخص LF/HF می‌باشد. نتیجه دو مطالعه از این بعد، مغایر همدیگر می‌باشند. در مطالعه دیگری گاف و همکاران[3](۲۰۱۰) با بررسی تغییرات شاخص LF و LF/HF در آزمودنی‌های جوان و میانسال به این نتیجه رسیدند که شاخص LF و LF/HF در آزمودنی‌های جوان نسبت به میانسال در زمان صبح افزایش بیشتری دارد (۶۹). این نتایج اشاره بر این دارد که سهم بیشتری از تغییرات شاخص LF/HF به تغییرات شاخص LF مربوط است.

شاخص غیرخطی انحراف معیار پهنا[4] (SD1) نشانگر بهبود تون واگی است و بالا بودن مقدار عددی این شاخص در نوار قلبی ثبت شده نشانه سلامتی قلب معرفی می‌گردد. نتایج مطالعه ما نشان داد که با وجود تغییرات افزایشی نزدیک به همدیگر در این شاخص در گروه‌های مداخله، تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های مداخله مشاهده نشد. مقادیر تغییرات عددی این شاخص در گروه‌های مداخله نسبت به کنترل معنی‌دار بود و این تغییرات در تمرین صبح نسبت به دو گروه دیگر بالاتر بود. شاخص غیرخطی انحراف معیار طول[5] (SD2) نشانه فعالیت غالب سمپاتیکی بوده که در مطالعه ما در گروه تمرین هوازی صبح نسبت به تمرین هوازی دو جلسه‌ای صبح و بعد از ظهر افزایش معنی‌داری داشت و نسبت به تمرین هوازی تک جلسه‌ای بعد از ظهر با وجود تغییرات بیشتر، معنی-دار نبود. همچنین نتایج مطالعه ما نشان داد که شاخص SD1 به عنوان یک شاخص غیرخطی بررسی تغییرپذیری ضربان قلب همسو با تغییرات شاخص خطی HF به شرایط تمرین صبح و بعد از ظهر تغییرات یکسانی ندارد. این در حالی است که تغییرات دو شاخص SD2 و LF در زمان‌های مختلف روز نزدیک به همدیگر بود. در این زمینه نتایج این مطالعه با مطالعه ایران‌پور و همکاران (۱۳۹۸) همسو می‌باشد که با بررسی اثر تمرین هوازی با شدت متوسط ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه در مردان جوان غیرورزشکار به این نتیجه دست یافتند که این پروتکل تمرینی باعث بهبودی در شاخص‌های غیرخطی تغییرپذیری ضربان قلب (SD1 و SD2) می‌گردد (۷۲). یافته جدید این مطالعه نسبت به مطالعه ایران‌پور و همکاران بررسی اثرات زمان‌های مختلف روز بر شاخص‌های

[1] De Brito and et al
[2] Post-Exercise Hypotension
[3] Goff and et al
[4] Standard deviation perpendicular the line of identity
[5] Standard deviation along the line of identity

غیرخطی تغییرپذیری ضربان قلب بود. در مطالعه دیگری هو و همکاران[1](۲۰۰۹) اثر شدت فعالیت ورزشی را به عنوان مکانیسم احتمالی مانع برای افزایش شاخص‌های غیرخطی تغییرپذیری ضربان قلب (SD1 و SD2) عنوان کردند (۷۳). شدت فعالیت ورزشی در مطالعه ما متوسط بود که به نظر می‌رسد با افزایش شدت فعالیت ورزشی شاهد تغییرات بیشتری در این شاخص‌ها باشیم که به مطالعات آینده اجرای چنین پروتکل تمرینی پیشنهاد می-گردد. نتایج برخی دیگر از مطالعات مغایر با یافته‌های ما می‌باشد. کوستا و همکاران[2](۲۰۱۸) شاخص‌های غیرخطی تغییرپذیری ضربان قلب را در بازیکنان زن فوتبال متعاقب اجرای چهار هفته تمرین بعد از ظهر بررسی کردند و اشاره کردند که هیچکدام از شاخص‌های غیرخطی SD1 و SD2 بعد از این دوره تمرین هوازی در بازیکنان زن فوتبالیست تغییر معنی‌داری نداشت (۷۴).

شاخص SD2/SD1 بیانگر تعادل سمپاتوواگال قلبی بوده و نتایج مطالعه ما نشان داد که مقادیر کاهشی این شاخص در تمرین دو جلسه‌ای صبح و بعد از ظهر نسبت به دو گروه تمرین تک جلسه‌ای صبح و بعد از ظهر بیشتر بود. همچنین با بررسی نتایج این مطالعه مشخص گردید که شاخص غیرخطی SD2/SD1 و شاخص خطی LF/HF با نتایج تقریباً نزدیک به همدیگر همراه هستند. از جمله محدودیت‌های اصلی این مطالعه می‌توان به عدم سنجش متغیرهای مرتبط با تغییرپذیری ضربان قلب اشاره کرد. با بررسی مکانیسمی مشخص گردیده است که تغییرات ضربان قلب با فشار خون مقارن بوده و به نظر می‌رسد که با وجود ریتم‌های شبانه‌روزی برای فشار خون، این دو شاخص ارتباط جالبی با یکدیگر داشته باشند. لذا به مطالعات آینده پیشنهاد می‌گردد که تغییرات ریتم شبانه‌روزی تغییرپذیری ضربان قلب و فشار خون را همزمان در یک مطالعه مورد بررسی قرار دهند. محدودیت دیگر این مطالعه نوع آزمودنی‌ها می‌باشد، این احتمال می‌رود که این نتایج در آزمودنی‌های با اختلال سیستم عصبی اتونومیک قلبی متفاوت باشد و وضعیت اختلال سیستم عصبی اتونومیک قلبی بر ریتم شبانه‌روزی تغییرپذیری ضربان قلب تأثیر متفاوتی داشته باشد.

## نتیجه‌گیری

شرکت منظم در برنامه تمرین هوازی با شدت ۶۰ درصد حداکثر ضربان قلب بیشینه به مدت سه هفته در روزهای متوالی باعث بهبود افزایشی تغییرپذیری ضربان قلب در مردان جوان غیرورزشکار می‌گردد. اجرای برنامه‌ی تمرین هوازی صبح بر تغییرپذیری ضربان قلب و عملکرد سیستم عصبی اتونوم قلبی تا حدودی تاثیر بهتری نسبت به تمرین هوازی بعد از ظهر دارد. همچنین اجرای برنامه تمرین هوازی دوجلسه‌ای هم‌حجم صبح و بعد از ظهر نسبت به تمرین هوازی تک‌جلسه‌ای صبح و بعد از ظهر در اثرگذاری بر عملکرد سیستم اتونوم قلبی مزیت مشهودی ندارد.

## تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی تحت حمایت مالی دانشگاه محقق اردبیلی با شماره مجوز ۹۹/د/۹/۱۱۷۳۲ می‌باشد. نویسندگان مقاله، نهایت تشکر و قدردانی را از آزمودنی‌های پژوهش و معاونت پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی دارند.

[1] Hu and et al
[2] Costa and et al

## منابع


1. Orem TR, Wheelock MD, Goodman AM, Harnett NG, Wood KH, Gossett EW, Granger DA, Mrug S, Knight DC. Amygdala and prefrontal cortex activity varies with individual differences in the emotional response to psychosocial stress. Behavioral neuroscience. 2019 Apr;133(2):203.
2. Quintana DS, Guastella AJ, Outhred T, Hickie IB, Kemp AH. Heart rate variability is associated with emotion recognition: direct evidence for a relationship between the autonomic nervous system and social cognition. International Journal of Psychophysiology. 2012 Nov 1;86(2):168-72.
3. Ziemssen T, Siepmann T. The investigation of the cardiovascular and sudomotor autonomic nervous system—a review. Frontiers in neurology. 2019 Feb 12;10:53.
4. Quintana DS, Guastella AJ, Outhred T, Hickie IB, Kemp AH. Heart rate variability is associated with emotion recognition: direct evidence for a relationship between the autonomic nervous system and social cognition. International Journal of Psychophysiology. 2012 Nov 1;86(2):168-72.
5. Thayer JF, Hansen AL, Johnsen BH. The non-invasive assessment of autonomic influences on the heart using impedance cardiography and heart rate variability. InHandbook of behavioral medicine 2010 (pp. 723-740). Springer, New York, NY.
6. Piralaiy E, Siahkuhian M, Nikoukheslat S, Bolboli L, Aslan Abadi N, Sheikhalizadeh M, Fathollahi S. [Efficacy of the Moderate Intensity Aerobic training on Heart Rate Variability (HRV) in Patients with the Type-2 Diabetic Neuropathy]. Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2019 August-September; 41(3):44-52. Persian.
7. Zali A, Arefian N. Heart rate variability. Research in Medicine. 2012; 36 (3) :163-166. Persian.
8. Fakharirad F, Ghazalian F, Nikbakht H, Lotfian S, Nikpajouh A. Effect of long term combined cardiac rehabilitation and yoga training on heart rate variability in POST CABG patients. Razi J Med Sci. 2019;26(10):38-47. Persian.
9. 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. Persian.
10. Hirsch J, Mackintosh RM. Measuring activity of the autonomic nervous system in humans. Obesity research. 2003 Jan 1;11(1):2-4.
11. Acharya UR, Joseph KP, Kannathal N, Lim CM, Suri JS. Heart rate variability: a review. Medical and biological engineering and computing. 2006 Dec 1;44(12):1031-51.
12. Task Force for the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing Electrophysiology (1996) Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Circulation 93:1043–1065 [PubMed: 8598068]
13. de Brito LC, Rezende RA, da Silva Junior ND, Tinucci T, Casarini DE, Cipolla-Neto J, et al. (2015) Post-Exercise Hypotension and Its Mechanisms Differ after

Morning and Evening Exercise: A Randomized Crossover Study. PLoS ONE 10(7): e0132458. doi:10.1371/journal. pone.0132458

14. Farajivafa V, Khosravi N, Molanouri Shamsi M, Agha-Alinejad H. Exercise and Heart Rate Variability in Cancer Patients: A Systematic Review. ijbd. 2019; 12 (4) :64-75. Persian.
15. Hankin BL, Abramson LY, Moffitt TE, Silva PA, McGee R, Angell KE (1998) Development of depression from preadolescence to young adulthood: emerging gender differences in a 10-year longitudinal study. J Abnorm Psychol 107:128–140 [PubMed: 9505045]
16. Lewinsohn PM, Rohde P, Seeley JR (1998) Major depressive disorder in older adolescents: prevalence, risk factors, and clinical implications. Clin Psychol Rev 18:765–794 [PubMed: 9827321]
17. Costello EJ, Mustillo S, Erkanli A, Keeler G, Angold A (2003) Prevalence and development of psychiatric disorders in childhood and adolescence. Arch Gen Psychiatry 60:837–844 [PubMed: 12912767]
18. Saluja G, Iachan R, Scheidt PC, Overpeck MD, Sun W, Giedd JN (2004) Prevalence of and risk factors for depressive symptoms among young adolescents. Arch Pediatr Adolesc Med 158:760–765 [PubMed: 15289248]
19. Wang X, Thayer JF, Treiber F, Snieder H (2005) Ethnic differences and heritability of heart rate variability in African- and European American youth. Am J Cardiol 96:1166–1172 [PubMed: 16214458]
20. Wang X, Ding X, Su S, Li Z, Reisese H, Thayer JF, Treiber F, Sneider H (2009) Genetic influences on heart rate variability at rest and during stress. Psychophysiology 467:458–465
21. Iranpour A, Bolboli L. Evaluation of the effects of aerobic exercise in the aqueous environment on heart rate variability by using Poincare plot nonlinear method. J Birjand Univ Med Sci.. 2020; 27 (3) :251-264
22. Costa J, Moreira A, Moreira P, Delgado L, Silva D, Effects of weight changes in the autonomic nervous system: A systematic review and meta-analysis, Clinical Nutrition (2018), doi: 10.1016/j.clnu.2018.01.006.
23. Endo MY, Kajimoto C, Yamada M, Miura A, Hayashi N, Koga S, et al. Acute effect of oral water intake during exercise on post-exercise hypotension. Eur J Clin Nutr. 2012; 66(11):1208–13. doi: 10.1038/ ejcn.2012.139 PMID: 23047713.
24. Rondon MUPB, Alves MJNN, Braga AMFW, Teixeira OTUN, Barreto ACP, Krieger EM, et al. Postexercise Blood Pressure Reduction in Elderly Hypertensive Patients. J Am Col Cardiol. 2002; 39(4):676–82.
25. New KJ, Reilly ME, Templeton K, Ellis G, James PE, McEneny J, et al. Free radical-mediated lipid peroxidation and systemic nitric oxide bioavailability: implications for postexercise hemodynamics. Am J Hypertens. 2013; 26(1):126–34. doi: 10.1093/ajh/hps025 PMID: 23382336.
26. Legramante JM, Galante A, Massaro M, Attanasio A, Raimondi G, Pigozzi F, et al. Hemodynamic and autonomic correlates of postexercise hypotension in patients with mild hypertension. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2002; 282(4):R1037–43. PMID: 11893607.

27. Liu S, Goodman J, Nolan R, Lacombe S, Thomas SG. Blood pressure responses to acute and chronic exercise are related in prehypertension. Med Sci Sports Exerc. 2012; 44(9):1644–52. doi: 10.1249/ MSS.0b013e31825408fb PMID: 22899388.
28. Teixeira L, Ritti-Dias RM, Tinucci T, Mion Junior D, Forjaz CL. Post-concurrent exercise hemodynamics and cardiac autonomic modulation. Eur J Appl Physiol. 2011; 111(9):2069–78. PMID: 21259026. doi: 10.1007/s00421-010-1811-1
29. Bisquolo VA, Cardoso CG Jr., Ortega KC, Gusmao JL, Tinucci T, Negrao CE, et al. Previous exercise attenuates muscle sympathetic activity and increases blood flow during acute euglycemic hyperinsulinemia. J Appl Physiol. 2005; 98(3):866–71. PMID: 15542577.
30. Halliwill JR, Taylor JA, Eckberg DL. Impaired sympathetic vascular regulation in humans after acute dynamic exercise. J Physiol. 1996; 495 (Pt 1):279–88. PMID: 8866370.
31. Nikookheslat S, Sarraf VS, Ahmadzadeh M. Effect of One and Two Split Aerobic Exercise Sessions on Circadian Rhythm of Heart Rate and Blood Pressure. J Sports Med Doping Stud. 2017;7(189):2161-0673. Persian.
32. Yamanaka, Y.; Hashimoto, S.; Takasu, N.N.; Tanahashi, Y.; Nishide, S.Y.; Honma, S.; Honma, K. Morning and evening physical exercise dierentially regulate the autonomic nervous system during nocturnal sleep in humans. Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. 2015, 309, R1112–R1121.
33. Sugawara, J.; Hamada, Y.; Nishijima, T.; Matsuda, M. Diurnal variations of post-exercise parasympathetic nervous reactivation in dierent chronotypes. Jpn. Heart J. 2001, 42, 163–171.
34. Prodel, E.; Peçanha, T.; Silva, L.P.D.; Paula, R.B.; Martinez, D.G.; Lima, J.R.P.; Laterza, M.C. Dierent times of day do not change heart rate variability recovery after light exercise in sedentary subjects: 24 hours Holter monitoring. Chronobiol. Int. 2017, 34, 1354–1365.
35. Myllymäki, T.; Rusko, H.; Syväoja, H.; Juuti, T.; Kinnunen, M.L.; Kyröläinen, H. Effects of exercise intensity and duration on nocturnal heart rate variability and sleep quality. Eur. J. Appl. Physiol. 2012, 112, 801–809.
36. Biaggioni I (2008) Circadian clocks, autonomic rhythms, and blood pressure dipping. Hypertension 52: 797-798.
37. Salehpour, Mojtaba. Circadian rhythm and physical activity. Neshat Varzesh Magazine. Eighth year. Number fourteen. Persian.
38. Clark L, Denby L, Pregibon D, Harshfield GA, Pickering TG, et al. (1987). A quantitative analysis of the effects of the activity and time of day on the diurnal variations of blood pressure. J Chronic Dis 40: 671-681.
39. Edwards BJ, Waterhouse J, Atkinson G, Reilly T (2002) Exercise does not necessarily influence the phase of the circadian rhythm in temperature in healthy humans. J Sports Sci 20: 725–732.
40. Larsen I, Welde B, Martins C, Tjønna (2014) High- and moderateintensity aerobic exercise and excess post- exercise oxygen consumption in men with metabolic syndrome. Scand J Med Sci Sports 24: e174-e179.

41. Kang J, Mangine GT, Ratamess NA, Faigenbaum AD, Hoffman JR (2014) Acute effect of intensity fluctuation on energy output and substrate utilization. J Strength Cond Res 28: 2136-2144.
42. Soares-Miranda L, Sattelmair J, Chaves P, Duncan GE, Siscovick DS (2014) Physical activity and heart rate variability in older adults: The cardiovascular health study. Circulation 129: 2100-2110.
43. Del Gobbo L, Kalantarian S, Imamura F, Lemaitre R, Siscovick D, et al. (2014) Contribution of preventable risk factors for incident congestive heart failure in older adults: The cardiovascular health study. Circulation 129: AMP47.
44. Marsden DL, Dunn A, Callister R, Levi CR, Spratt NJ (2013) Characteristics of exercise training interventions to improve cardiorespiratory fitness after stroke a systematic review with metaanalysis. Neurorehabil Neural Repair 27: 775-788.
45. Atkinson G, Reilly T (1996) Circadian variation in sports performance. Sports Med 21: 292-311.
46. Bagger M, Petersen PH, Pedersen PK (2003) Biological variation in variables associated with exercise training. Int J Sports Med 24: 433-440.
47. Liu S, Thomas SG, Sasson Z, Banks L, Busato M, et al. (2013) Blood pressure reduction following prolonged exercise in young and middleaged endurance athletes. Eur J Prev Cardiol 20: 956-962.
48. Zehni K, Rokhzadi MZ. The relationship of the occurrence of heart attacks with circadian variations and other cardiovascular risk factors. Scientific Journal of Nursing, Midwifery and Paramedical Faculty. 2015 Jul 10;1(1):22-32. Persian.
49. Müller MJ, Enderle J, Pourhassan M, Braun W, Eggeling B, Lagerpusch M, et al. Metabolic adaptation to caloric restriction and subsequent refeeding: the Minnesota Starvation Experiment revisited. The American Journal of Clinical Nutrition. 2015;102(4):807-42 19.
50. Akehi Y, Yoshimatsu H, Kurokawa M, Sakata T, Eto H, Ito S, et al. VLCD-induced weight loss improves heart rate variability in moderately obese Japanese. Experimental biology and medicine (Maywood, NJ). 2001;226(5):440-5.
51. Poirier P, Hernandez TL, Weil KM, Shepard TJ, Eckel RH. Impact of diet-induced weight loss on the cardiac autonomic nervous system in severe obesity. Obesity research.38 2003;11(9):1040-7.
52. Mazurak N, Sauer H, Weimer K, Dammann D, Zipfel S, Horing B, et al. Effect of a weight reduction program on baseline and stress-induced heart rate variability in children with obesity. Obesity (Silver Spring, Md). 2016;24(2):439-45.
53. Kaufman CL, Kaiser DR, Kelly AS, Dengel JL, Steinberger J, Dengel DR. Diet revision in overweight children: effect on autonomic and vascular function. Clinical Autonomic Research.2008;18(2):105-8.
54. Sales AR, Silva BM, Neves FJ, Rocha NG, Medeiros RF, Castro RR, et al. Diet and exercise training reduce blood pressure and improve autonomic modulation in women with prehypertension. European journal of applied physiology. 2012;112(9):3369-78.
55. Iizuka T, Ohiwa N, Atomi T, Shimizu M, Atomi Y. Morning Heart Rate Variability as an Indication of Fatigue Status in Badminton Players during a Training Camp. Sports. 2020; 8(11):147. https://doi.org/10.3390/sports8110147

56. Mølgaard H, Sørensen KE, Bjerregaard P. Circadian variation and influence of risk factors on heart rate variability in healthy subjects. The American journal of cardiology. 1991 Sep 15;68(8):777-84.
57. Fan ZT, Meng Q, Weisel C, Laumbach R, Ohman-Strickland P, Shalat S, Hernandez MZ, Black K. Acute exposure to elevated PM 2.5 generated by traffic and cardiopulmonary health effects in healthy older adults. Journal of exposure science & environmental epidemiology. 2009 Jul;19(5):525-33.
58. Weippert M, Behrens M, Mau-Moeller A, Bruhn S, Behrens K. Relationship between morning heart rate variability and creatine kinase response during intensified training in recreational endurance athletes. Frontiers in physiology. 2018 Sep 13;9:1267.
59. Hammouda O, Chahed H, Chtourou H, Ferchichi S, Miled A, Souissi N. Morning-to-evening difference of biomarkers of muscle injury and antioxidant status in young trained soccer players. Biological Rhythm Research. 2012 Aug 1;43(4):431-8.
60. Gutenbrunner C. 2000. Circadian variations of the serum creatine kinase level: a masking effect? Chronobiol Int. 17:583–590.
61. Kanabrocki EL, Sothern RB, Scheving LE, Vesely DL, Tsai TH, Shelstad J, Cournoyer C, Greco J, Mermall H, Ferlin H, et al. 1990. Reference values for circadian rhythms of 98 variables in clinically healthy men in fifth decade of life. Chronobiol Int. 7:445–461.
62. Zhao S, Chi A, Yan J, Yao C. Feature of Heart Rate Variability and Metabolic Mechanism in Female College Students with Depression. BioMed research international. 2020 Feb 27;2020.
63. Bluher S, Petroff D, Keller A, Wagner A, Classen J, Baum P. Effect of a 1-Year Obesity Intervention (KLAKS Program) on Preexisting Autonomic Nervous Dysfunction in Childhood Obesity. Journal of child neurology. 2015;30(9):1174-81.
64. Choi CJ, Choi WS, Kim KS. The Changes in Heart Rate Variability between Morning and Afternoon. Journal of the Korean Academy of Family Medicine. 2008 Aug 10;29(8):579-84.
65. Aronson D, Weinrauch LA, D'Elia JA, Tofler GH, Burger AJ. Circadian patterns of heart rate variability, fibrinolytic activity, and hemostatic factors in type I diabetes mellitus with cardiac autonomic neuropathy. The American journal of cardiology. 1999 Aug 15;84(4):449-53.
66. Rabbani M, Bambaeichi E, Esfarjani F, Rabbani A. Effects of 8 weeks of high-intensity interval training with two different intensity control methods on aerobic power and heart rate variability in young active girls. 3. 2016; 8 (16) :24-32
67. Alvarez GE, Davy BM, Ballard TP, Beske SD, Davy KP. Weight loss increases cardiovagal baroreflex function in obese young and older men. American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism. 2005;289(4):E665-E9.
68. Prado DM, Silva AG, Trombetta IC, Ribeiro MM, Guazzelli IC, Matos LN, et al. Exercise training associated with diet improves heart rate recovery and cardiac autonomic nervous system activity in obese children. International journal of sports medicine. 2010;31(12):860-5.

69. Goff EA, Nicholas CL, Malaweera AS, Simonds AK, Trinder J, Morrell MJ. The influence of age on heart rate variability during morning wakefulness. Clinical Autonomic Research. 2010 Jun 1;20(3):175-82.
70. de Brito LC, Rezende RA, da Silva Junior ND, Tinucci T, Casarini DE, Cipolla-Neto J, et al. (2015) Post-Exercise Hypotension and Its Mechanisms Differ after Morning and Evening Exercise: A Randomized Crossover Study. PLoS ONE 10(7): e0132458. doi:10.1371/journal. pone.0132458
71. Esposito K, Marfella R, Gualdiero P, Carusone C, Pontillo A, Giugliano G, et al. Sympathovagal balance, nighttime blood pressure, and QT intervals in normotensive obese women. Obesity research. 2003;11(5):653-9.
72. Iranpour A, Bolboli L. The Effect of Aerobic Exercise on Cardiac Autonomic Nervous System Using Poincare's Geometric Method. Journal of Applied Exercise Physiology. 2019 Dec 22;15(30):175-88.
73. Hu M, Finni T, Zou L, Perhonen M, Sedliak M, Alen M, et al. Effects of strength training on work capacity and parasympathetic heart rate modulation during exercise in physically inactive men. International journal of sports medicine. 2009;30(10):719-24.
74. Costa JA, Brito J, Nakamura FY, Oliveira EM, Rebelo AN. Effects of late-night training on “slow-wave sleep episode” and hour-by-hour-derived nocturnal cardiac autonomic activity in female soccer players. International journal of sports physiology and performance. 2018 May 1;13(5):638-44.

# Effect of Daily and Twice-Daily Aerobic Exercise Courses with the Same Volume on Cardiac Autonomic Nervous System in Young Non-Athlete Men: Linear and Non-Linear Analysis of Heart Rate Variability

Lotfali Bolboli[1*], Asgar Iranpour

Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

[*]**Corresponding author**: L_bolboli@uma.ac.ir

**Abstract**

**Background and Purpose:** Without considering the circadian rhythm of heart rate, previous studies found controversial and incomparable responses of heart rate variability to aerobic exercises. The present study intended to investigate the effect of different aerobic exercise courses with the same volume, which were performed daily or twice-daily at different times of the day, on the autonomic cardiac nervous systems of young, non-athlete men.

**Methodology:** 48 young, non-athlete men were randomly divided into 4 groups, each group included 12 participants. The first group performed a 60-minute session of aerobic exercise in the morning, while the second one had the same course in the afternoon. Also, the third group had two sessions of aerobic exercise with a 30-minute duration in the morning and afternoon. The fourth one was the control group, having no intervention. The exercise courses were performed daily for 3 consecutive weeks, with the intensity of 60% of the maximum heart rate. The heart rate variability parameters, including the SDNN, rMSSD, LF, HF, LF/HF, SD1, SD2, and SD2/SD1, were assessed using a Holter monitor. The multivariate analysis of variance and the Bonferroni post hoc test were used for data analysis.

**Results:** Aerobic exercises had significant effects on all the heart rate variability parameters ($p = 0.01$). The daily morning course could increase the SDNN, rMSSD, SD1, and SD2 while decreasing the LF. The daily afternoon course led to an increased HF and decreased LF/HF. Also, the twice-daily course led to a more prominent decreasing effect on the SD2/SD1 compared to the other exercise groups ($p = 0.01$).

**Conclusion:** It was highly probable that the daily morning exercise course had better effects on the cardiac autonomic system function.

**Key words:** Aerobic Exercise, Cardiac Autonomic System, Heart Rate Variability