

Research Paper

Morning and Evening Effect of Exercise on Circadian Rhythm of Cardiac Hemodynamic and Autonomic Variables

N. Aboozari¹, S. Ahmadizad², L. Mourot³

1. Ph.D. Candidate in Cardiorespiratory Exercise Physiology, Department of Biological Sciences in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
2. Professor, Department of Biological Sciences in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
3. Associate professor, Prognostic Factors and Regulatory Factors of Cardiac and Vascular Pathologies (EA3920), Exercise Performance Health Innovation (EPHI) Platform, University of Bourgogne Franche-Comté, 25000 Besançon, France

Received: 2021/07/16

Accepted: 2022/01/11

Abstract

Aim: Exercise as a modulator of circadian rhythm causes post exercise hypotension, the magnitude and duration of this hypotensive effect is different depending on many situations, including changing in the autonomic system. The purpose of this study is to evaluate the effect of morning and evening exercise on circadian rhythm of heart hemodynamic and autonomic variables. **Methods:** 8 young healthy man (mean 32 ± 3 years old) attended the laboratory in 3 different sessions and performed a HIIE consisting of 10 rep of 90% and 9 recoveries at 30% of VO_{2max} in the morning (08:00) and evening (16:00) and a control. In all three sessions, 24hr assessment of systolic, diastolic and mean blood pressure was measured every 15 min (day) and every 45 min (night) and every 5 min for autonomic variables (nuLF, nuHF, nuLFHFR and VLF). **Findings:** The results showed that the BP changes after exercise are visible to 19hr and 20hr in morning and evening, respectively ($p < 0.01$). The average changes in BP in sleep, awake and 24hr assessment revealed that the BP is significantly lower after exercise compared to control trial ($p < 0.01$). In addition, 3 to 8 hours after exercise in the morning and 5 to 6 hours after exercise at the afternoon, post exercise hypotension occurred ($p < 0.05$). **Conclusion:** In conclusion, exercise regardless of the performance time has a lowering effect on hemodynamic variables. Furthermore, morning exercise had more impact on decreasing the BP during sleep, while evening exercise had more impact on awake and 24hr BP.

Keywords: Circadian Rhythm, Hemodynamic Variables, Autonomic variables, High Intensity Interval Exercise

1. Email: n.aboozari@yahoo.com

2. Email: s_ahmadizad@sbu.ac.ir

3. Email: laurent.mourot@univ-fcomte.fr



Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

Extended Abstract

Background and Purpose

Hypertension is the most common cardiovascular risk factor related to morbidity and mortality and its prevalence is increasing worldwide (1, 2). 24-h assessment of blood pressure shows a circadian rhythm with two peaks; one in early morning and one in the last hours of the day (3). Likewise, cardiovascular events follow a regular rhythm with the most incidence in the early part of the day which is related to the morning surge of blood pressure (4). Exercise as a modulator of circadian rhythm causes post exercise hypotension (5-7), the magnitude and duration of this hypotensive effect is different depending on many situations, including changing in the autonomic system. The purpose of this study is to evaluate the effect of morning and evening exercise on circadian rhythm of heart hemodynamic and autonomic variables.

Materials and Methods

To conduct this study, 8 young healthy men (mean 32 ± 3 years old) attended the laboratory for the initial assessment of aerobic capacity and 1-RM. The subjects were asked to fill out the consent form and refrain from participating in any exercise activity, alcohol and caffeine consumption 24 hours before and during the trial. After that, the subjects took part in 3 separated sessions for at least 3 to 4 days. They carried out 5 minutes of warm-up and an high intensity interval exercise consisting of 10 rep of 90% VO_{2max} and 9 recoveries at 30% of VO_{2max} in the morning (08:00) and evening (16:00) followed by 5 minutes of cool-down, and a control session. In the control session, the subjects were asked to continue their routine lifestyle. In the trials, after eating a specific snack (1 piece of oat bread, a tablespoon of jam with a glass of water (130 kcal)) and wearing the blood pressure and ECG holters, the subjects rested in a sitting position for 30 minutes. Then, all the resting measurements were conducted. In all three sessions, systolic, diastolic and mean blood pressure was measured every 15 min (day) and every 45 min (night) and every 5 min for autonomic variables (nuLF, nuHF, nuLFHFR, and VLF) for the 24 following hours. For analyzing the data, the evaluation of data were averaged per hour. Then, to eliminate the effect of baseline values, the differences from resting value were calculated (8). The Shapiro-Wilk test was used to determine the normality of data and repeated-measure ANOVA test was used to determine the difference between the three sessions. Besides, the paired contrast is used as a post hoc test if it is needed. The data were analyzed using the statistical software of SPSS version 23 and a two-way ANOVA (session \times time) with repeated measures used to compare the changes of all variables in the trials.



In addition, to compare the data for sleep, awake and 24-hr assessments among the trials, a repeated measures of ANOVA (one-way) was employed.

Findings

The results showed that the BP changes after exercise are visible to 19hr and 20hr in morning and evening, respectively ($p < 0.01$). The average changes in BP in sleep, awake and 24hr assessment showed that the BP is significantly lower after exercise compared to control trial ($p < 0.01$). In addition, post exercise hypotension occurred 3 to 8 hours after exercise in the morning and 5 to 6 hours after exercise in the afternoon ($p < 0.05$). The mean blood pressure showed a significant difference in three sessions and the difference was significant for the control session with morning activity at 3, 5, 6, 14, 17, 18 and 19 hours after exercise ($p < 0.01$). Comparison of control session with evening exercise was also significant at 3, 5, 6, 10, 15, 16, 19 and 20 hours after exercise ($p < 0.01$). Assessments of sleep, awake and 24hr revealed that the mean blood pressure of control session in comparison to morning session was significantly different in sleep time and during 24hr, while control session compared to evening session was significantly different in awake time and 24hr ($p < 0.01$). The analysis of data for heart rate showed a significant difference between the three sessions and this difference was significant for the control session with morning activity at 1, 6, 8 and 15 hours after activity ($p < 0.01$), and the comparison of control session with evening activity was also significant at 3, 16 and 19 hours after activity ($p < 0.01$). The sleep, awake and 24hr analysis showed that the heart rate of the control session was significantly different from evening activity, as well as evening activity with morning awake time and 24 hours comparisons ($p < 0.01$). The statistical analysis for nuLF, nuHF and nuLFHFR showed that the changes remained 20hr after exercise regardless of the performance time. Furthermore, the results showed that the VLF changes lasted to 22hr after afternoon session while it lasted to 6hr after morning session.

Conclusion

In conclusion, exercise regardless of the performance time has a lowering effect on hemodynamic variables. Furthermore, morning exercise had more impact on decreasing the BP during sleep, while evening exercise had more impact on awake and 24-hr BP. Besides, studies have shown that the lower level of VLF are related to the morbidity and mortality. The findings of the present study revealed that exercise activity significantly increased the amount of VLF in the morning and evening compared to the control session, indicating the positive effects of exercise in the risk of mortality. The study's findings showed that morning activity leads



to PEH and changes in hemodynamic factors (which was decreasing on average) and these changes are significant up to 19 hours after exercise sessions compared to the control. Therefore, it seems that exercise in the morning will not increase the risk of cardiac events during the recovery time.

The Article Message

Based on the present study's findings, exercise, regardless of the time, leads to a decrease in hemodynamic variables and a autonomic modulation of the heart. Additionally, exercise in the morning has a greater effect on lowering blood pressure during sleep, while performing exercise in the evening leads to a greater reduction in blood pressure during waking hours and 24 hours after exercise. Due to the limitations of this study, including the lack of estimation of stress and dietary intake, as well as considering the importance of the gender, future researches need to be made more information about the other aspects of exercising in different time of day and its pros and cons.

Ethical Considerations

Compliance with Research Ethical Guidelines

In the present study, the informed consent was signed by all of the participants and the research methodos were approved by the Bioethical Committee of Shahid Beheshti University (IR.SBU.REC.1398.013)

Funding

This study received no funding from public, commercial, or nonprofit organizations.

Authors' Contributions

All authors have participated in designing, implementing and writing all parts of the present study.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgement

The authors wish to thank volunteers for their enthusiastic participation in this study.

References

1. Ciolac EG. High-intensity interval training and hypertension: maximizing the benefits of exercise? *American journal of cardiovascular disease*. 2012;2(2):102.
2. Boutcher Y, Boutcher S. Exercise intensity and hypertension: what's new? *Journal of human hypertension*. 2017;31(3):157-64.



3. Chobanian A, Bakris G, Black H, Cushman W, Green L, Izzo Jr J, et al. The National High Blood Pressure Education Program Coordinating Committee National High Blood Pressure Education Program Coordinating Committee. Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Pressure Hypertension. 2003;42:206-1252.
4. Cohen MC, Rohtla KM, Lavery CE, Muller JE, Mittleman MA. Meta-analysis of the morning excess of acute myocardial infarction and sudden cardiac death. American Journal of Cardiology. 1997;79(11):1512-6.
5. Mizuno K. Human circadian rhythms and exercise: significance and application in real-life situations. The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine. 2014;3(3):307-15.
6. Wolff CA, Esser KA. Exercise timing and circadian rhythms. Current opinion in physiology. 2019;10:64-9.
7. Youngstedt SD, Elliott JA, Kripke DF. Human circadian phase-response curves for exercise. The Journal of physiology. 2019;597(8):2253-68.
8. Pescatello LS, Guidry MA, Blanchard BE, Kerr A, Taylor AL, Johnson AN, et al. Exercise intensity alters postexercise hypotension. Journal of hypertension. 2004;22(10):1881-8



تأثیر فعالیت ورزشی در صبح و عصر بر تغییرات ریتم شبانه‌روزی متغیرهای همودینامیک و اتونومیک قلبی

نازنین ابوذری^۱، سجاد احمدی‌زاد^۲، لورنت مورو^۳

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزش قلب و عروق و تنفس، گروه علوم زیستی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. استاد تمام فیزیولوژی ورزش، گروه علوم زیستی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. دانشیار فیزیولوژی ورزش، عوامل تشخیصی و تنظیمی آسیب‌های قلبی و عروقی، دانشگاه فرانچ کامته، بیزانسن، فرانسه

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۲۵

چکیده

هدف: فعالیت ورزشی به‌عنوان تنظیم‌کننده ریتم شبانه‌روزی باعث افت فشارخون بعد از ورزش می‌شود که میزان و مدت زمان آن به عواملی مانند تغییرات سیستم خودمختار وابسته است؛ بنابراین این پژوهش با هدف بررسی تأثیر فعالیت در صبح و عصر بر ریتم شبانه‌روزی فشارخون انجام شد. روش تحقیق: هشت مرد جوان سالم (با میانگین سنی 32 ± 3 سال) در سه جلسه مجزا به آزمایشگاه مراجعه کردند و جلسات فعالیت HIE صبح (۰۸:۰۰) و عصر (۱۶:۰۰) (فعالیت شامل ۱۰ وهله فعالیت ۹۰ درصد و ۳ وهله ریکاوری ۳۰ درصد VO_{2max}) و کنترل را انجام دادند. در هر سه جلسه ارزیابی بیست و چهار ساعته، فشارخون هر ۱۵ دقیقه در روز و هر ۴۵ دقیقه در شب گرفته شد و هولتر مانیتورینگ قلب (nuLF, nuHF, nuLFHFR و VLF) هر پنج دقیقه بررسی شد. یافته‌ها: نتایج نشان داد که متغیرهای همودینامیک پس از ورزش روند کاهشی داشتند و در مقایسه با جلسه کنترل در صبح تا ۱۹ ساعت و در عصر تا ۲۰ ساعت پایدار بود ($P < 0.01$). میانگین تغییرات همودینامیک در زمان خواب، بیداری و ۲۴ ساعت نشان داد فشارخون بعد از فعالیت پایین‌تر از جلسه کنترل بود ($P < 0.01$). همچنین سه تا هشت ساعت بعد از فعالیت در صبح و پنج تا شش ساعت بعد از فعالیت عصر، افت فشارخون پس از ورزش کردن روی داد ($P < 0.01$). نتیجه‌گیری: ه‌طور کلی، فعالیت ورزشی

1. Email: n.aboozari@yahoo.com
2. Email: s_ahmadizad@sbu.ac.ir
3. Email: laurent.mourot@univ-fcomte.fr



صرف‌نظر از زمان انجام‌دادن باعث روندی کاهشی در فشارخون سیستول، دیاستول و میانگین و تعدیل متغیرهای اتونومیک می‌شود. همچنین فعالیت صبح تأثیر بیشتری بر کاهش فشارخون زمان خواب و فعالیت عصر بر فشارخون زمان بیداری و بیست‌وچهار ساعته دارد.

واژگان کلیدی: ریتم شبانه‌روزی، همودینامیک، متغیرهای اتونومیک، فعالیت تناوبی با شدت زیاد.

مقدمه

ریتم بیولوژیک، پدیده‌ای فراگیر در تمام ارگانیسم‌های موجود زنده است که به‌وسیلهٔ یک ساعت درونی تولید می‌شود و توانایی سازگاری با محیط دارد (۱). ریتم شبانه‌روزی تحت تأثیر محرک‌های بیرونی مانند خواب، فعالیت فیزیکی و عوامل محیطی قرار می‌گیرد (۲، ۳). فشارخون نیز مانند سایر متغیرهای بیولوژیک ریتم شبانه‌روزی دارد؛ به‌طوری‌که در طول خواب (ساعات ۲۲:۰۰ تا ۶:۰۰) در کمترین مقدار و در طول روز بیشتر است (۴). سازوکار فیزیولوژیک این تغییرات شبانه‌روزی تغییرات متفاوتی است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به تحت‌تأثیر قرارگرفتن مسیرهای شبکیه‌ای-هیپوتالاموسی، هسته‌های فوق‌کیاسماتیک، ملاتونین ترشحی از غده پینه‌آل و درنهایت تأثیر آن بر سیستم عصبی خودمختار در جهت تغییرات شبانه‌روزی ضربان قلب و فشارخون اشاره کرد. علاوه‌براین، تحت‌تأثیر قراردادن مسیر رنین- آنژیوتانسین-آلدسترون، اندازه عروق خونی و حجم خون و همچنین تأثیر هورمونی کورتیزول بر تنظیم فشارخون مؤثر است و تمامی این سازوکارها تحت تأثیر ریتم شبانه‌روزی است (۵). عنوان شده است که فشارخون در طول روز یک بار در ساعات آغازین (۶:۰۰) و بار دیگر در انتهای ساعات کاری (۱۷:۰۰) به بیشترین مقدار خود می‌رسد. همچنین مقادیر بالای فشارخون در طول ساعات کاری (۸:۰۰ تا ۱۷:۰۰) گزارش شده است (۶، ۷). از طرفی همبستگی زیادی بین اندازه‌گیری بیست‌وچهار ساعته فشارخون و ارزیابی آسیب‌های همهٔ اعضای بدن گزارش شده است که اهمیت بررسی دقیق ریتم شبانه‌روزی فشارخون را نمایان می‌کند (۸، ۷). همچنین میزان وقوع حوادث قلبی در ساعات اولیه صبح اهمیت بررسی‌های بیست‌وچهار ساعته را دوچندان کرده است (۶). فعالیت ورزشی به‌عنوان فاکتور تنظیم‌کننده ریتم شبانه‌روزی در انسان شناخته شده است (۱۰-۱۲). فعالیت ورزشی منظم باعث سلامت قلبی-عروقی می‌شود (۷). همچنین به‌دلیل تأثیر آن بر کاهش فشارخون به‌عنوان درمان غیردارویی، به افراد مبتلا به فشارخون بالا توصیه می‌شود (۸). همچنین فعالیت ورزشی حاد به کاهش موقت فشارخون طی دوره ریکاوری در گروه‌های متفاوت سالم (۹)،



بیمار (۱۰، ۱۱) و ورزشکار (۱۲) منجر می‌شود و با عنوان افت فشارخون پس از ورزش^۱ (PEH) شناخته می‌شود. سازوکارهای متفاوت مرکزی و محیطی برای روی دادن PEH ذکر شده است. کاهش برون‌ده قلبی و حجم ضربه‌ای، کاهش مقاومت عروقی، کاهش ضربان قلب و فعالیت سمپاتیک و افزایش بازفعالی پاراسمپاتیک از مکانیسم‌های ذکر شده درباره PEH هستند.

میزان و مدت زمان کاهش فشارخون بعد از ورزش با توجه به عوامل متفاوت از جمله میزان فشارخون پایه، شدت و نوع ورزش، میزان آمادگی جسمانی افراد و زمان فعالیت در روز متفاوت خواهد بود. با توجه به ریتم شبانه‌روزی فشارخون در حالت عادی که در ساعات آغازین روز به بیشترین مقادیر خود می‌رسد (۶)، به نظر می‌رسد تأثیر زمان فعالیت بر تغییرات این متغیر اهمیت دارد. از طرفی بیشترین میزان وقوع رویدادهای قلبی در ساعات اولیه صبح گزارش شده است که با تغییر وضعیت بدن از خوابیده به نشسته، افزایش هورمون کورتیزول، هضم اولین وعده غذایی و همچنین تغییرات فشارخون ناشی از این موارد در ارتباط است (۶). زمان فعالیت ورزشی در روز بر عوامل فیزیولوژیک متعددی تأثیرگذار است (۱۳). بریتو و همکاران^۲ در پژوهشی بیان کردند که فعالیت ورزشی در صبح و عصر نه تنها به اثرات متفاوت بر عوامل همودینامیک منجر می‌شود، بلکه مکانیسم‌های مؤثر در PEH به دنبال فعالیت مشابه در صبح با عصر متفاوت خواهد بود (۱۴). عنوان شده است که فعالیت در صبح به کاهش فشار افزایش یافته در عصر منجر می‌شود؛ در صورتی که بر فشارخون صبح تأثیر ندارد. از طرفی انجام دادن فعالیت در عصر احتمالاً موجب کاهش فشارخون صبحگاهی می‌شود؛ در حالی که بر فشارخون عصر روز بعد تأثیر نمی‌گذارد (۱۵). برخی عنوان کرده‌اند که فعالیت در عصر اثرات کاهشی بیشتری بر فشارخون دارد (۱۶-۱۸)؛ در حالی که نتایج پژوهش بریتو و همکاران نشان داد که با حذف تأثیر ریتم شبانه‌روزی فعالیت صبح اثرات بیشتری در مقایسه با فعالیت عصر دارد (۱۴). همچنین به‌تازگی، بوماسامودرام و همکاران در پژوهشی مروری عنوان کرده‌اند که فعالیت در صبح باعث اثرات با دامنه بیشتر و به‌مدت طولانی‌تر در کاهش فشارخون پس از ورزش می‌شود (۱۹)؛ با وجود این، همچنان اثرات فعالیت در صبح و عصر بر متغیرهای همودینامیک در افراد سالم و غیرورزشکار مشخص نیست و از طرفی سازوکارهای مرتبط با تغییرات کاهش فشارخون بعد از فعالیت به‌خوبی مشخص نشده است. مشخص شده است که در میان سایر مکانیسم‌ها، تغییرات در سیستم عصبی خودکار^۳ تا

1. Post Exercise Hypotension
2. Brito et al.
3. Autonomic Nervous System



حد زیادی تغییرات PEH را توضیح می‌دهد (۲۰). در این راستا، تغییرپذیری ضربان قلب^۱ (HRV) که پیش‌بینی‌کننده‌ای مستقل از وقایع قلبی-عروقی است (۲۱)، می‌تواند به‌عنوان یک متغیر ساده و غیرتهاجمی استفاده شود (۲۲). HRV به تغییرات بین فواصل زمانی دو ضربه پشت سر هم و به تعبیری تغییرات بین تناوب‌های R-R گفته می‌شود و بیان شده است که کاهش آن با افزایش میزان مرگ‌ومیر در ارتباط است (۲۳). همچنین در افراد مبتلا به فشارخون بالا، کاهش HRV مشاهده شده است؛ در صورتی که فعالیت ورزشی منظم به افزایش تغییرپذیری ضربان قلب منجر می‌شود (۲۶، ۲۷). موروت و همکاران^۲ تأثیر یک دوره تمرین تداومی و تناوبی بر تغییرات HRV را بررسی کردند و نشان دادند که بین تغییرات همودینامیک و HRV ارتباط وجود دارد (۲۸). آن‌ها ذکر کردند که کاهش فواصل R-R و مقادیر HRV در ساعت اول ریکاوری پس از ورزش می‌تواند پاسخی برای کاهش فشارخون در مقایسه با جلسه کنترل باشد (۲۴). در این زمینه بررسی امواج با فرکانس کوتاه^۳ (LF) و نسبت امواج فرکانس بلند و کوتاه (LFHFR) به‌عنوان بازتاب‌دهنده فعالیت سمپاتیک، امواج با فرکانس بلند^۴ (HF) نشان‌دهنده فعالیت اعصاب پاراسمپاتیک (و واحدهای تعدیل‌شده^۵ آن‌ها که مقادیر شفاف‌تری برای بیان فعالیت سیستم عصبی هستند) و امواج با فرکانس خیلی کوتاه^۶ (VLF) برای تعیین تعادل سپاتوواگال مدنظر قرار گرفته‌اند. بیان شده است که یک جلسه فعالیت ورزشی موجب کاهش HRV می‌شود (۲۵) که با افزایش خطر مرگ‌ومیر در ارتباط است (۲۳). از طرفی سبک زندگی کم‌تحرك نیز یکی از عوامل خطر قلبی-عروقی شناخته شده است که اهمیت بررسی تأثیر یک جلسه فعالیت ورزشی بر تغییرات قلبی این جامعه را افزایش می‌دهد (۲۷). به‌رغم اهمیت تغییرات HRV و ارتباط آن با تغییرات همودینامیک، در مطالعات اندک تغییرات HRV پس از ورزش بررسی شده است و بیشتر آن‌ها بر فعالیت‌های تداومی متمرکز شده‌اند (۲۸). در همین راستا، پرودل و همکاران^۷ در پژوهشی به این سؤال پاسخ دادند که فعالیت در صبح که با وقوع حوادث قلبی همراه است، آیا باعث افزایش HR و کاهش HRV شده و به افزایش خطر قلبی برای افراد سالم کم‌تحرك منجر می‌شود. نتایج این پژوهش نشان داد که nuLF تا ۳۰ دقیقه بعد از قطع فعالیت کاهش یافت، اما همچنان

1. Hear Rate Variability
2. Mourot et al.
3. Low Frequency Band
4. High Frequency Band
5. Normalized Unit (nu)
6. Very Low Frequency Band
7. Prodel et al.



بالاتر از سطوح استراحتی بود. $nuHF$ تا ۶۰ دقیقه پس از ورزش افزایش یافت، اما مقادیر آن کمتر از سطوح استراحتی بود. همچنین نسبت LF/HF تا ۶۰ دقیقه در ریکاوری کاهش یافت، اما همچنان بالاتر از مقادیر سطوح استراحتی بود. این پژوهشگران نتیجه گرفتند انجام دادن فعالیت سبک هوازی در صبح موجب تأخیر در ریکاوری HR و HRV در افراد سالم کم‌تحرک نمی‌شود (۲۷)؛ با وجود این، تأثیر فعالیت‌هایی با شدت‌های بیشتر مانند فعالیت‌های $HIIE$ در زمان‌های مختلف روز و تأثیر آن بر عوامل همودینامیک و اتونومیک قلبی در این گروه از افراد همچنان مشخص نیست.

با توجه به اهمیت بررسی بیست‌وچهار ساعته متغیرها در تشخیص بیماری‌ها و همچنین ارتباط نزدیک متغیرهای همودینامیک با عوامل خطر قلبی-عروقی، و در کنار آن نامشخص بودن ارتباط ریتم شبانه‌روزی فشارخون و وقایع قلبی، اهمیت بررسی بیست‌وچهار ساعته تغییرات همودینامیک به‌عنوان شاخص‌های مهم قلبی و بررسی متغیرهای اتونومیک به‌عنوان مؤلفه‌های مرتبط با ریسک قلبی و تعیین‌کننده مکانیسم PEH ، به‌دنبال فعالیت ورزشی دوچندان می‌شود. همچنین سبک زندگی کم‌تحرک یکی از عوامل خطر گسترش بیماری‌های قلبی-عروقی شناخته شده است (۳۲-۳۴) و بررسی عملکرد قلب بعد از فعالیت در افراد با این سبک زندگی اهمیت ویژه‌ای در سلامت دارد. از طرفی پژوهش‌ها در این زمینه متناقض و محدود است و همچنان مشخص نیست که تأثیر فعالیت در صبح و عصر بر تغییرات همودینامیک و اتونومیک طی ۲۴ ساعت بعد از فعالیت چگونه خواهد بود؛ بنابراین این پژوهش با هدف بررسی تأثیر زمان فعالیت ورزشی در روز بر ریتم شبانه‌روزی متغیرهای همودینامیک و اتونومیک قلبی انجام شد.

روش پژوهش

آزمودنی‌های پژوهش هشت مرد جوان سالم با میانگین سنی 3 ± 32 سال و بدون سابقه فعالیت ورزشی منظم بودند که داوطلبانه در پژوهش شرکت کردند. میانگین Vo_{2max} برای آزمودنی‌ها ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) $3 \pm 39.8/68$ ، میانگین قد (سانتی‌متر) 9 ± 173 ، میانگین وزن (کیلوگرم) $71 \pm 74/2$ و میانگین شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مجذور متر) $3/12 \pm 24/76$ بود. آزمودنی‌ها ضمن پرکردن فرم رضایت‌نامه متعهد شدند که در طول فرایند پژوهش از شرکت در هرگونه فعالیت ورزشی، مصرف الکل و کافئین ۲۴ ساعت قبل و در طی انجام شدن پژوهش خودداری کنند. همچنین از آن‌ها خواسته شد در مدت زمان شرکت در پژوهش روند عادی زندگی خود را ادامه دهند. تمامی مراحل پژوهش توسط کمیته اخلاق زیستی دانشگاه شهید بهشتی تأیید شد (IR.SBU.REC.1398.013).



پس از آشناسازی با ترمیمیل و پروتکل اجرایی، آزمودنی‌ها در اولین جلسه حضور خود در آزمایشگاه برای اندازه‌گیری VO_{2max} آماده شدند. آزمون توسط دستگاه تجزیه گازهای تنفسی (Cortex Metalyzer3B, Cortex Metamax3B) انجام شد و شامل پنج دقیقه گرم کردن با سرعت ۳/۲ کیلومتر/ساعت بود. بعد از آن افراد با سرعت چهار کیلومتر/ساعت شروع به پیاده‌روی یا دویدن روی ترمیمیل کردند و هر دو دقیقه دو کیلومتر بر ساعت به سرعت نوارگردان افزوده شد تا به سرعت ۱۶ کیلومتر بر ساعت رسیدند. در صورت رسیدن به سرعت ۱۶ کیلومتر/ساعت، هر دو دقیقه دو درصد به شیب نوارگردان افزوده شد تا جایی که آزمودنی به واماندگی برسد و طبق معیارهای سازمان ACSM آزمون را به پایان برساند. آزمودنی‌ها در طی آزمون تشویق کلامی شدند (۳۵). همچنین اندازه‌گیری قد و وزن به منظور ارزیابی شاخص توده بدن در ابتدای این جلسه انجام شد. پس از آن آزمودنی‌ها در سه جلسه جداگانه فعالیت صبح، فعالیت عصر و جلسه کنترل، با حداقل سه تا چهار روز فاصله بین آن به آزمایشگاه مراجعه کردند.

آزمودنی‌ها در جلسه فعالیت صبح در ساعت ۰۷:۰۰ و در جلسه عصر در ساعت ۱۷:۰۰ در محل آزمایشگاه حضور یافتند. پس از صرف میان‌وعده مشخص شده (یک برش نان جو، یک قاشق مربا به همراه یک لیوان آب معادل ۱۳۰ کالری) و اتصال دستگاه هولتر فشارخون و هولتر قلبی، به مدت ۳۰ دقیقه در حالت نشسته استراحت کردند و پس از آن ارزیابی اولیه پیش از فعالیت در ساعت ۰۸:۰۰ برای جلسه صبح و در ساعت ۱۸:۰۰ برای جلسه عصر انجام شد. بعد از گرم کردن (پنج دقیقه پیاده‌روی روی ترمیمیل با سرعت ۳/۲) پروتکل اصلی فعالیت دویدن تناوبی روی ترمیمیل انجام شد. فعالیت شامل ۱۰ وهله یک دقیقه‌ای با شدت ۸۵-۹۰ درصد VO_{2max} بود که با وهله‌های یک دقیقه‌ای استراحت فعال با شدت ۳۰ درصد VO_{2max} از هم جدا شدند. در انتها پنج دقیقه سرد کردن (پیاده‌روی با سرعت ۳/۲) انجام شد. پس از اتمام فعالیت، ارزیابی مؤلفه‌های همودینامیک شامل فشارخون سیستولیک، دیاستولیک، فشارخون میانگین و ضربان قلب هر ۱۵ دقیقه در روز و هر ۴۵ دقیقه در شب به مدت ۲۴ ساعت انجام شد. همچنین ارزیابی متغیرهای اتونومیک شامل νHF ، νLF و $\nu LFHFR$ به صورت مداوم در طول ۲۴ ساعت انجام شد و گزارش‌های آن به‌زای هر پنج دقیقه توسط دستگاه ارائه شد. در جلسه کنترل ارزیابی پایه پس از صرف میان‌وعده و ۳۰ دقیقه استراحت انجام شد و پس از آن، ۲۴ ساعت اندازه‌گیری مطابق با زمان‌بندی جلسات فعالیت صورت گرفت. از آزمودنی‌ها خواسته شد تا در جلسه کنترل روال عادی زندگی خود را دنبال کنند.

پس از جمع‌آوری اطلاعات میانگین داده‌ها در هر ساعت ارزیابی محاسبه و پس از آن برای حذف تأثیر مقادیر پایه، اختلاف اعداد از مقادیر پیش از ورزش محاسبه شد و برای تحلیل‌های آماری استفاده شد



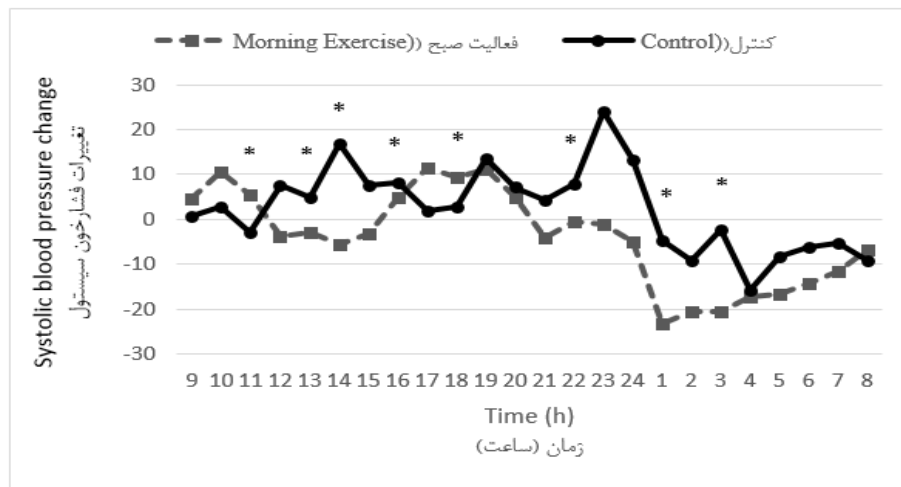
(۲۹). طبیعی بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک مشخص شد و برای تعیین تفاوت میان داده‌های سه جلسه از آزمون آنوای مکرر و در صورت معنادار بودن نتایج از آزمون تعقیبی زوجی کانتراست^۱ برای تعیین محل تفاوت استفاده شد. برای مشخص کردن تفاوت میان داده‌های ساعات بیداری، خواب و ۲۴ ساعت در سه جلسه، ابتدا میانگین هر جلسه محاسبه شد (ساعات خواب ۲۴:۰۰ تا ۰۸:۰۰، ساعات بیداری ۰۸:۰۰ تا ۲۴:۰۰) و پس از آن از آزمون آنوای مکرر یک طرفه و در صورت معنادار بودن نتایج از آزمون تعقیبی زوجی برای تعیین محل تفاوت استفاده شد. تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار اسپاس^۲ نسخه ۲۳ انجام شد و سطح معناداری آزمون‌ها $P \leq 0.05$ در نظر گرفته شد.

نتایج

نتایج حاصل از تحلیل داده‌ها نشان داد که تعامل (جلسه \times زمان) برای متغیر فشارخون سیستمی معنادار بود ($P = 0.00$). نتایج مقایسه زوج‌ها نشان داد که این تفاوت در ۳، ۵، ۶، ۸، ۱۰، ۱۴، ۱۷ و ۱۹ ساعت بعد از فعالیت (در مقایسه با ارزیابی بعدی) برای جلسه فعالیت صبح در مقابل جلسه کنترل (شکل شماره یک) و در ۳، ۵، ۶، ۹، ۱۰، ۱۵، ۱۶، ۱۹ و ۲۰ ساعت بعد از فعالیت برای جلسه فعالیت عصر در مقایسه با جلسه کنترل (شکل شماره دو) وجود داشت. همچنین ارزیابی‌های زمان خواب، بیداری و بیست و چهار ساعته نشان داد که فشارخون سیستمی جلسه کنترل در مقایسه با فعالیت صبح در خواب ($P = 0.00$) و ۲۴ ساعت ($P = 0.03$)، جلسه کنترل با فعالیت عصر در بیداری ($P = 0.04$) و ۲۴ ساعت ($P = 0.02$) تفاوت معنادار داشت؛ در حالی که مقایسه داده‌های فشار سیستمیک در فعالیت صبح و عصر تفاوت معناداری را نشان نداد ($P > 0.05$).

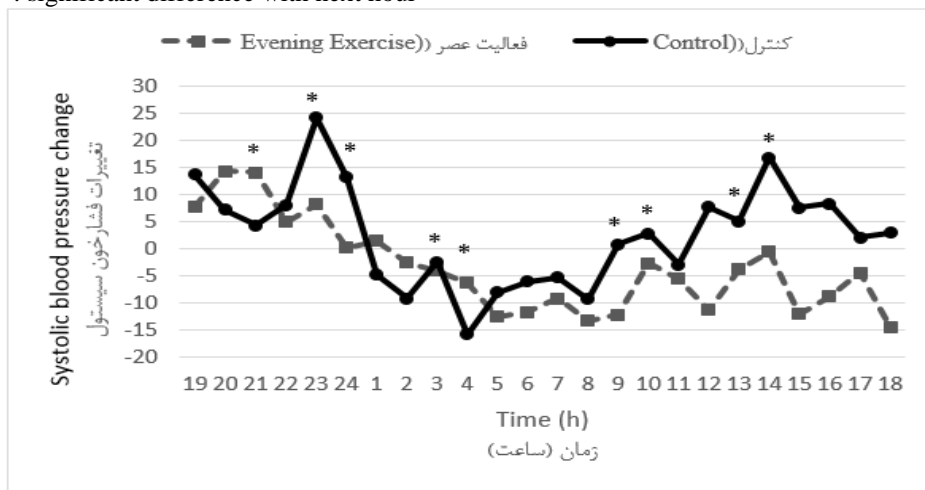
1. Contrast
2. SPSS





شکل ۱- تغییرات فشارخون سیستول در جلسه فعالیت صبح در مقایسه با جلسه کنترل
*: تفاوت معنادار با ساعت بعد

Figure 1- Systolic blood pressure changes in morning exercise and control session
*: significant difference with next hour

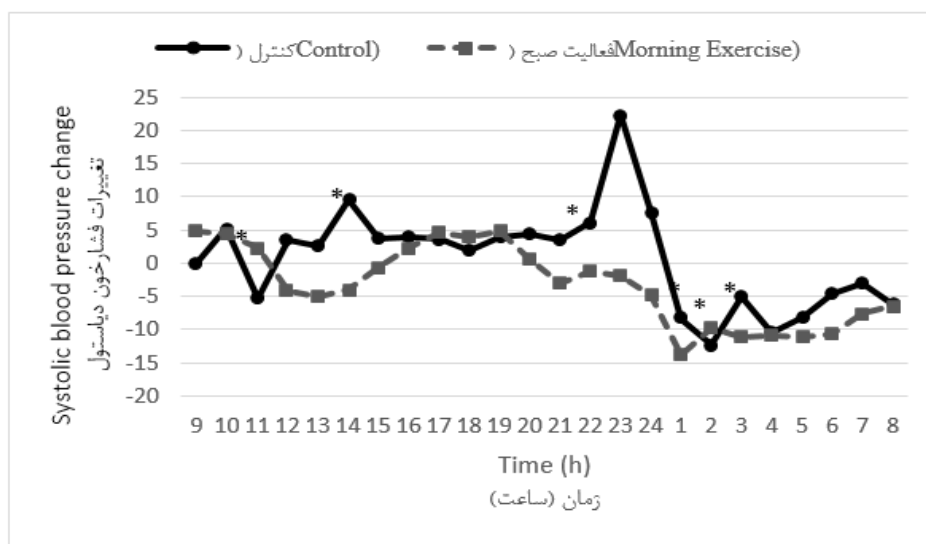


شکل ۲- تغییرات فشارخون سیستول در جلسه فعالیت عصر در مقایسه با جلسه کنترل
*: تفاوت معنادار با ساعت بعد

Figure 2- Systolic blood pressure changes in evening exercise and control session
*: significant difference with next hour



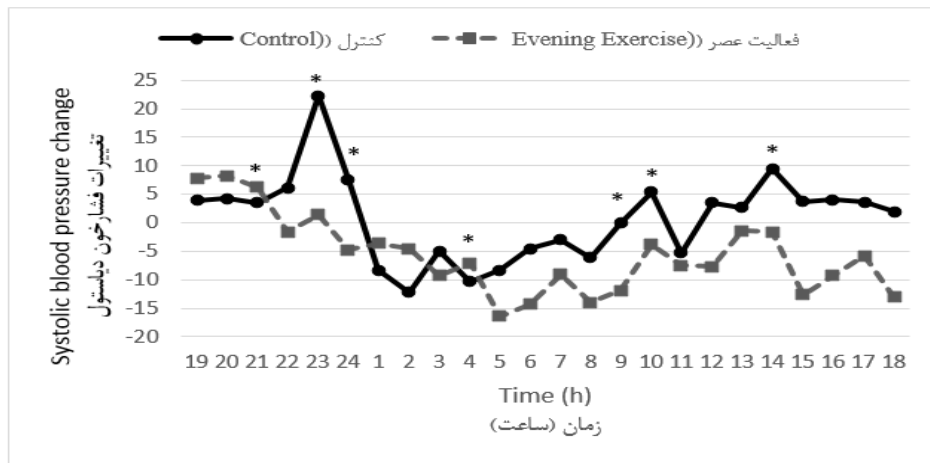
نتایج آزمون برای فشارخون دیاستولی تفاوت معنادار در سه جلسه را نشان داد ($P < 0.01$). این تفاوت برای جلسه کنترل در مقایسه با فعالیت صبح در ۳، ۶، ۱۴، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ ساعت بعد از فعالیت (شکل شماره سه) و برای جلسه کنترل با فعالیت عصر در ۳، ۵، ۶، ۱۰، ۱۵، ۱۶ و ۲۰ ساعت بعد از فعالیت (شکل شماره چهار) معنادار ($P < 0.01$) بود. ارزیابی‌های زمان خواب، بیداری و بیست و چهار ساعته نشان داد که فشارخون دیاستول جلسه کنترل در مقایسه با فعالیت صبح در خواب، جلسه کنترل با فعالیت عصر در خواب، بیداری و ۲۴ ساعت و فعالیت صبح با عصر تنها در بیداری تفاوت معنادار داشت ($P < 0.01$).



شکل ۳- تغییرات فشارخون دیاستول در جلسه فعالیت صبح در مقایسه با جلسه کنترل
*: تفاوت معنادار با ساعت بعد

Figure 3- Diastolic blood pressure changes in morning exercise and control session
*: significant difference with next hour





شکل ۴- تغییرات فشارخون دیاستول در جلسه فعالیت عصر در مقایسه با جلسه کنترل
*: تفاوت معنادار با ساعت بعد

Figure 4-Diastolic blood pressure changes in evening exercise and control session
*: significant difference with next hour

فشارخون میانگین تفاوت معناداری را در سه جلسه نشان داد و این تفاوت برای جلسه کنترل با فعالیت صبح در ۳، ۵، ۶، ۱۴، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ ساعت بعد از فعالیت معنادار بود ($P < 0.01$). مقایسه جلسه کنترل با فعالیت عصر نیز در ۳، ۵، ۶، ۱۰، ۱۵، ۱۶، ۱۹ و ۲۰ ساعت بعد از فعالیت معنادار بود ($P < 0.01$). ارزیابی‌های زمان خواب، بیداری و بیست و چهار ساعته نشان داد که فشارخون میانگین جلسه کنترل در مقایسه با فعالیت صبح در خواب و ۲۴ ساعت، جلسه کنترل با فعالیت عصر در بیداری و ۲۴ ساعت و فعالیت صبح با عصر در بیداری و خواب تفاوت معنادار داشت ($P < 0.01$). نتایج حاصل از تحلیل داده‌های ضربان قلب تفاوت معناداری را در سه جلسه نشان داد و این تفاوت برای جلسه کنترل با فعالیت صبح در ۱، ۶، ۸ و ۱۵ ساعت بعد از فعالیت معنادار بود ($P < 0.01$). مقایسه جلسه کنترل با فعالیت عصر نیز در ۳، ۱۶ و ۱۹ ساعت بعد از فعالیت معنادار بود ($P < 0.01$). همچنین ارزیابی‌های زمان خواب، بیداری و بیست و چهار ساعته نشان داد که ضربان قلب جلسه کنترل با فعالیت عصر، همچنین فعالیت عصر با صبح در بیداری و ۲۴ ساعت تفاوت معنادار داشتند ($P < 0.01$).



نتایج حاصل از تحلیل داده‌ها نشان داد که تعامل برای متغیرهای nuHF ، nuLF و nuLFHFR معنادار بود ($P < 0.01$). نتایج مقایسه زوج‌ها نشان داد که این تفاوت برای متغیر nuLF در ۲، ۶، ۷، ۱۶، ۱۹ و ۲۰ ساعت، متغیر nuHF در ۲، ۶، ۷، ۱۶، ۱۹ و ۲۰ ساعت (جدول شماره یک) و برای متغیر nuLFHFR (شکل شماره پنج) در ۳، ۶، ۷، ۱۶، ۱۹ و ۲۰ ساعت بعد از فعالیت برای جلسه فعالیت صبح در مقابل جلسه کنترل و برای مقایسه جلسه فعالیت عصر با جلسه کنترل unLF در ۱، ۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ ساعت، nuHF در ۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ ساعت، nuLFHFR (شکل شماره شش) در ۱۲، ۱۳، ۱۶، ۱۷، ۱۹ و ۲۰ ساعت بعد از فعالیت وجود داشت. همچنین نتایج تحلیل داده‌های تعامل در متغیر VLF تفاوت معناداری را نشان داد ($P < 0.01$). تفاوت در این متغیر در مقایسه جلسه فعالیت صبح با جلسه کنترل تنها در شش ۶ پس از فعالیت و در مقایسه فعالیت عصر با جلسه کنترل در ۷، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۶، ۲۱ و ۲۲ ساعت بعد از فعالیت معنادار بود.

جدول ۱- نتایج حاصل از آزمون تحلیل واریانس دوسویه (درون گروهی و تعقیبی) برای مؤلفه‌های nuHF و nuLF

Table 1- Results of two-way ANOVA (within group and post-hoc) for nuHF and nuLF

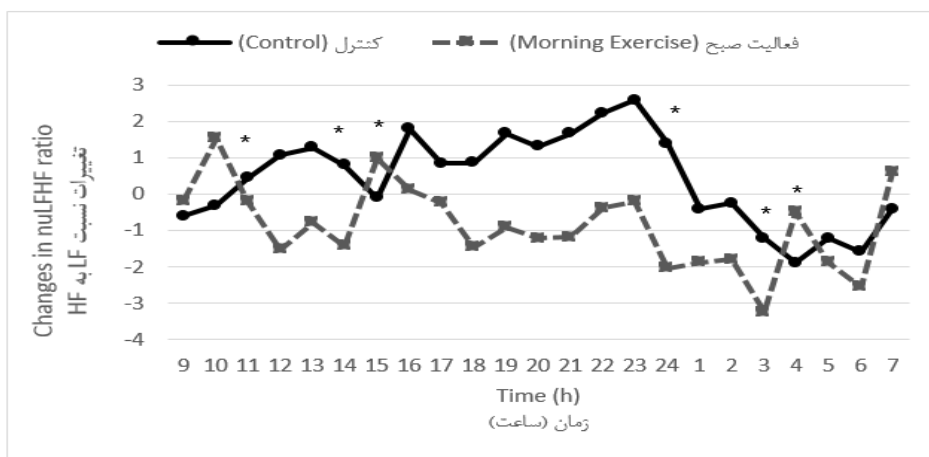
نام متغیر Variable Name	نوع آزمون Test	میانگین \pm انحراف معیار Mean \pm SD	سطح معناداری درون گروهی Within group significancy	سطح معناداری درون گروهی تعقیبی (ساعات تفاوت معنادار) Significancy in Post-hoc test
nuHF	فعالیت صبح در مقایسه با کنترل Morning Exercise vs. Control	صبح = 0.063 ± 0.097	Sig = 0.00	ساعت ۲ با ساعت ۳ = 0.011
				ساعت ۶ با ساعت ۷ = 0.05
				ساعت ۷ با ساعت ۸ = 0.010
				ساعت ۱۶ با ساعت ۱۷ = 0.001
				ساعت ۱۹ با ساعت ۲۰ = 0.001
				ساعت ۲۰ با ساعت ۲۱ = 0.040
	فعالیت عصر در مقایسه با کنترل Evening Exercise vs. Control	عصر = 0.084 ± 0.083	Sig = 0.00	ساعت ۸ با ساعت ۹ = 0.056
				ساعت ۱۰ با ساعت ۱۱ = 0.029
				ساعت ۱۲ با ساعت ۱۳ = 0.00
				ساعت ۱۳ با ساعت ۱۴ = 0.001
				ساعت ۱۶ با ساعت ۱۷ = 0.001
				ساعت ۱۷ با ساعت ۱۸ = 0.005
				ساعت ۱۸ با ساعت ۱۹ = 0.003
				ساعت ۱۹ با ساعت ۲۰ = 0.014
				ساعت ۲۰ با ساعت ۲۱ = 0.001



ادامهٔ جدول ۱- نتایج حاصل از آزمون تحلیل واریانس دوسویه (درون‌گروهی و تعقیبی) برای مؤلفه‌های nuLF و nuHF

Table 1- Results of two-way ANOVA (within group and post-hoc) for nuHF and nuLF

نام متغیر Variable Name	نوع آزمون Test	میانگین ± انحراف معیار SD±Mean	سطح معناداری درون‌گروهی Within group significancy	سطح معناداری درون‌گروهی تعقیبی (ساعات تفاوت معنادار) Significancy in Post-hoc test
nuLF	فعالیت صبح در مقایسه با کنترل Morning Exercise vs. Control	(Morning) = صبح- 0.063 ± 0.097	Sig = 0.00	3 ساعت = 0.014 ساعت 2 با
	فعالیت عصر در مقایسه با کنترل Evening Exercise vs. Control	(Evening) = عصر- 0.084 ± 0.083		7 = 0.05 ساعت 6 با

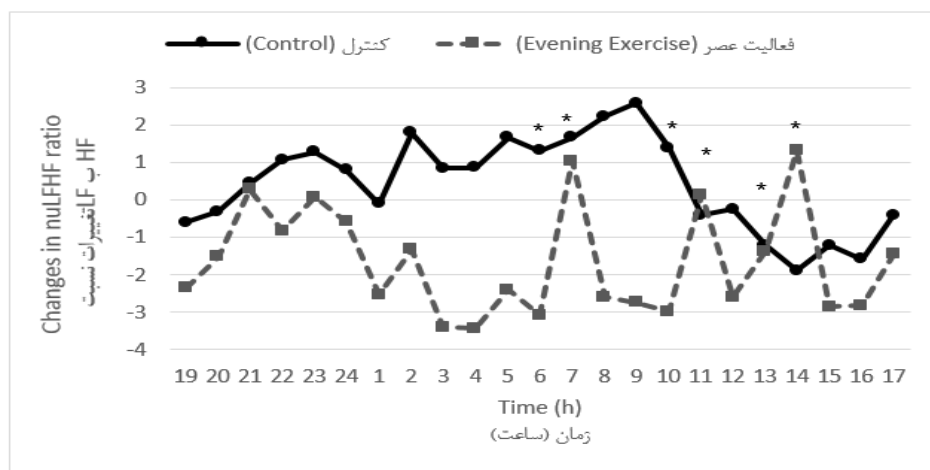


شکل ۵- تغییرات نسبت LF به HF در جلسه فعالیت صبح در مقایسه با جلسه کنترل
*: تفاوت معنادار با ساعت بعد

Figure 5- LF/HF ratio changes in morning exercise and control session

*: significant difference with next hour





شکل ۶- تغییرات نسبت LF به HF در جلسه فعالیت عصر در مقایسه با جلسه کنترل
*: تفاوت معنادار با ساعت بعد

Figure 6- LF/HF ratio changes in evening exercise and control session

*: significant difference with next hour

بحث و نتیجه گیری

هدف از انجام شدن این پژوهش، بررسی تأثیر زمان فعالیت ورزشی در روز بر ریتم شبانه روزی متغیرهای همودینامیک بود که برای اولین بار در افراد سالم کم تحرک به صورت بیست و چهار ساعته ارزیابی شد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تغییرات فشارخون سیستول، دیاستول و میانگین در زمان های پس از فعالیت صبح و عصر روند کاهشی داشت و این تغییرات به ترتیب تا ۱۹ ساعت و ۲۰ ساعت بعد از فعالیت پایدار بود. همچنین میانگین تغییرات همودینامیک در زمان خواب، بیداری و ۲۴ ساعت نشان داد که فشارخون بعد از فعالیت فارغ از زمان آن به طور معناداری پایین تر از جلسه کنترل بود. بررسی نمودار جلسه کنترل نشان داد که علاوه بر افزایش فشارخون صبحگاهی و انتهای روز (۳۰)، فشارخون در ساعات خواب آزمودنی ها افزایش داشت؛ با وجود این، فعالیت به کاهش فشارخون در ساعات خواب منجر شد و این میزان در فعالیت عصر به طور معناداری پایین تر از جلسه کنترل بود. همسو با نتایج پژوهش والاس و همکاران که نزدیک ترین پژوهش به پژوهش حاضر است، فعالیت در عصر به کاهش فشار سیستول زمان خواب و همچنین ابتدای صبح منجر شد (۳۱). علاوه بر این، در پژوهش حاضر میزان فشارخون سیستول ۲۴ ساعت بعد از فعالیت در جلسه فعالیت



عصر به‌طور معناداری پایین‌تر از جلسه کنترل بود. بریتو و همکاران با اضافه‌کردن جلسه کنترل برای حذف تأثیر ریتم شبانه‌روزی نشان دادند که میزان PEH در صبح بیشتر از فعالیت در عصر است (۱۴)؛ درحالی‌که نتایج پژوهش حاضر نشان داد که PEH در جلسات صبح و عصر در مدت‌زمان تقریباً مشابه اتفاق افتاد. از طرفی فشارخون سیستول در ارزیابی‌های خواب و بیداری و ۲۴ ساعت تفاوت معناداری با هم نشان نداد؛ با وجود این، ارزیابی‌های پژوهش بریتو و همکاران تنها در دو نوبت قبل و بعد از ورزش بود و آزمودنی‌های پژوهش نیز افراد مبتلا به پیش‌فشارخونی بودند که با پژوهش حاضر مقایسه‌شدنی نیست. شایان ذکر است در مطالعه حاضر علاوه بر جلسه کنترل برای در نظر گرفتن تأثیر ریتم شبانه‌روزی، تفاضل داده‌ها از مقادیر استراحتی محاسبه شد تا تأثیر فشارخون اولیه نیز حذف شود که در پژوهش‌های اخیر بر این مسئله تأکید شده است (۳۶). به‌طور کلی، تغییرات فشارخون در خواب در افراد سالم بدون اختلالات خواب ناشی از تنظیم منفی سیستم سمپاتیک و تنظیم مثبت سیستم پاراسمپاتیک است که با کاهش ۲۰ تا ۲۵ درصدی ضربان قلب، ۲۹ درصد برون‌ده قلبی، ۷ درصد حجم ضربه‌ای و افزایش ۲۲ درصدی مقاومت عروقی سیستمی در ارتباط است (۳۲). در همین راستا، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میزان فعالیت nuLF بازتاب‌دهنده فعالیت سمپاتیک بعد از فعالیت ورزشی فارغ از ساعت انجام‌دادن آن کاهش داشته است؛ درحالی‌که nuHF که نشان‌دهنده فعالیت پاراسمپاتیک است، در جلسات فعالیت ورزشی در مقایسه با جلسه کنترل افزایش داشته است که نشان‌دهنده تأثیر مثبت فعالیت بر کاهش فعالیت سمپاتیکی و غالب‌شدن پاراسمپاتیک پس از ورزش است. افزایش فعالیت واگی پس از قطع فعالیت ورزشی به محافظت اولیه در مقابل مرگ ناگهانی و فیبریلاسیون بطنی منجر می‌شود؛ با وجود این، بازگشت به حالت اولیه و تأخیر در تعادل سمپاتوواگی اثر محافظت اولیه قلبی را کاهش خواهد داد (۳۳). از طرفی در میان مؤلفه‌های تغییرپذیری ضربان قلب، VLF که شاخصی از تعادل سمپاتوواگی است، بیشترین ارتباط با مرگ‌ومیر دارد. VLF پایین با مرگ ناشی از آریتمی نیز در ارتباط است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که فعالیت ورزشی میزان VLF را در صبح و عصر نسبت به جلسه کنترل به‌طور معناداری افزایش داده است که نشان‌دهنده تأثیرات مثبت فعالیت ورزشی در این زمینه است.

مشخص شده است که پاسخ‌های اتساع عروقی به هایپرمی واکنشی در عصر بیشتر از صبح است (۳۴) و این ریتم شبانه‌روزی احتمالاً تأثیر ورزش بر عروق را تسهیل می‌کند. علاوه بر این، پاسخ‌های اتساع عروقی موضعی به فعالیت ورزشی به‌دلیل میزان کمتر مواد تنگ‌کننده عروقی مانند آنژیوتنسنین دو در صبح، تنها در فعالیت عصر اتفاق می‌افتد (۳۵). با توجه به حساسیت بیشتر گیرنده‌های فشار در عصر در مقایسه با صبح (۳۶)، مکانیسم احتمالی کاهش فشارخون در عصر افزایش پاسخ اتساع عروقی



است که در ادامه به افت فشارخون منجر خواهد شد (۱۴). از طرفی ریتم شبانه‌روزی فعالیت رنین پلاسمایی^۱ که تعیین‌کننده میزان^۲ تغییرات فشارخون تحت عوامل بیرونی مانند فعالیت ورزشی است، نشان می‌دهد که میزان آن در عصر بیشتر است؛ بنابراین یکی از مکانیسم‌های احتمالی تغییرات فشارخون بعد از فعالیت عصر، فعالیت سیستم رنین-آنژیوتنسین است که در نهایت به تغییرات بیشتر فشارخون در عصر منجر می‌شود (۳۷). به‌طور میانگین، فشار سیستول، دیاستول و میانگین در زمان خواب بعد از فعالیت صبح کمتر از فعالیت عصر و جلسه کنترل بود. بیان شده است که کاهش فشار سیستول بعد از فعالیت در صبح با کاهش برون‌ده قلبی همراه است که تنها در صبح اتفاق می‌افتد و با افزایش مقاومت عروقی-سیستمی جبران نمی‌شود (۱۴). برون‌ده قلبی پایین به دلیل کاهش حجم ضربه‌ای اتفاق می‌افتد و عنوان شده است که افزایش ضربان قلب در صبح کم است و باعث جبران برون‌ده کاهش‌یافته نمی‌شود (۳۸). نتایج پژوهش حاضر نیز نشان داد که ضربان قلب در خواب، بیداری و ۲۴ ساعت در جلسه کنترل بیشتر از فعالیت صبح و عصر بوده است؛ بنابراین می‌توان مکانیسم مذکور را یکی از مسیرهای احتمالی برای کاهش فشارخون بعد از فعالیت عنوان کرد.

با توجه به تعداد زیاد وقایع قلبی در هنگام صبح، درباره فعالیت کردن در این ساعت نگرانی‌هایی وجود دارد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که فعالیت در صبح به PEH و تغییر عوامل همودینامیک (که تأثیر آن به‌طور میانگین کاهشی بوده است) منجر می‌شود و این تغییرات تا ۱۹ ساعت بعد از فعالیت در مقایسه با جلسه کنترل معنادار بود؛ بنابراین به نظر می‌رسد فعالیت ورزشی در صبح موجب افزایش ریسک وقوع حوادث قلبی طی دوره ریکاوری نمی‌شود. با وجود تأثیر کاهشی بیشتر فعالیت صبح بر فشار هنگام خواب، فعالیت عصر موجب کاهش فشار زمان بیداری و بیست‌وچهار ساعتی می‌شود که این کاهش فشار شامل تأثیر بر فشار افزایش‌یافته در هنگام عصر و صبح روز بعد نیز می‌شود.

پیام مقاله

به‌طور کلی، براساس یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان نتیجه‌گیری کرد که فعالیت ورزشی فارغ از زمان انجام‌دادن آن به اثرات کاهشی در متغیرهای همودینامیک و تعدیل اتونومیک قلب می‌شود. همچنین فعالیت در صبح تأثیر بیشتری بر کاهش فشارخون زمان خواب دارد؛ درحالی‌که فعالیت در عصر به کاهش بیشتر فشارخون در زمان بیداری و ۲۴ ساعت می‌شود. با توجه به محدودیت‌های این پژوهش

1. Plasma Renin Activity (PRA)
2. Magnitude



شامل کنترل‌نشدن میزان استرس و وعده‌های غذایی افراد و با توجه به اهمیت ارزیابی تأثیر جنسیت، پیشنهاد می‌شود در آینده پژوهش‌هایی مشابه با مطالعه حاضر با لحاظ کردن موارد ذکر شده انجام شود.

ملاحظات اخلاقی

در مطالعه حاضر، رضایت آگاهانه از شرکت‌کنندگان در پژوهش کسب شده است و تمامی مراحل پژوهش توسط کمیته اخلاق زیستی دانشگاه شهید بهشتی تأیید شد (IR.SBU.REC.1398.013).

حامی مالی

این پژوهش هیچ‌گونه کمک مالی از سازمانهای تأمین مالی در بخشهای عمومی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در طراحی، اجرا و نگارش همه بخش‌های پژوهش حاضر مشارکت داشته‌اند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان پژوهش حاضر بدین وسیله از تمامی کسانی که ایشان را در انجام این تحقیق یاری کردند، قدردانی می‌کنند.

منابع

1. Guo Y-F, Stein PK. Circadian rhythm in the cardiovascular system: chronocardiology. *American heart journal*. 2003;145(5):779-86.
2. Lee H, Cho CH, Kim L. Human circadian rhythms. *Sleep Medicine and Psychophysiology*. 2014;21(2):51-60.
3. Atkinson G, Jones H, Ainslie PN. Circadian variation in the circulatory responses to exercise: relevance to the morning peaks in strokes and cardiac events. *European journal of applied physiology*. 2010;108(1):15-29.
4. Committee NHBPEPC. Report on ambulatory blood pressure monitoring. *Arch Intern Med*. 1990;150:2270-80.
5. Hower IM, Harper SA, Buford TW. Circadian rhythms, exercise, and cardiovascular health. *Journal of circadian rhythms*. 2018;16.



6. Cohen MC, Rohtla KM, Lavery CE, Muller JE, Mittleman MA. Meta-analysis of the morning excess of acute myocardial infarction and sudden cardiac death. *American Journal of Cardiology*. 1997;79(11):1512-6.
7. Queiroz ACC, Kanegusuku H, Forjaz CLdM. Effects of resistance training on blood pressure in the elderly. *Arquivos brasileiros de cardiologia*. 2010;95(1):135-40.
8. Pescatello LS, MacDonald HV, Lamberti L, Johnson BT. Exercise for hypertension: a prescription update integrating existing recommendations with emerging research. *Current hypertension reports*. 2015;17(11):87.
9. Rezk C, Marrache R, Tinucci T, Mion D, Forjaz C. Post-resistance exercise hypotension, hemodynamics, and heart rate variability: influence of exercise intensity. *European journal of applied physiology*. 2006;98(1):105-12.
10. Morais P, Campbell C, Sales M, Motta D, Moreira S, Cunha V, et al. Acute resistance exercise is more effective than aerobic exercise for 24 h blood pressure control in type 2 diabetics. *Diabetes & metabolism*. 2011;37(2):112-7.
11. Moraes MR, Bacurau RF, Ramalho JD, Reis FC, Casarini DE, Chagas JR, et al. Increase in kinins on post-exercise hypotension in normotensive and hypertensive volunteers. 2007.
12. Mazzocante RP, Sousa IRCd, Moreira SR, Prestes J, Simões HG, Campbell CSG. The period of the day affects the twenty-four hour blood pressure response to an acute combined exercise session in Brazilian jiu jitsu athletes. *Motriz: Revista de Educação Física*. 2015;21(3):281-9.
13. Chaix A, Panda S. Timing tweaks exercise. *Nature Reviews Endocrinology*. 2019;15(8):440-1.
14. de Brito LC, Rezende RA, da Silva Junior ND, Tinucci T, Casarini DE, Cipolla-Neto J, et al. Post-exercise hypotension and its mechanisms differ after morning and evening exercise: a randomized crossover study. *PloS one*. 2015;10(7):e0132458.
15. Wallace J, Bogle P, King B, Krasnoff J, Jastremski C. The magnitude and duration of ambulatory blood pressure reduction following acute exercise. *Journal of human hypertension*. 1999;13(6):361.
16. Geiser F, Kenagy G. Polyunsaturated lipid diet lengthens torpor and reduces body temperature in a hibernator. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 1987;252(5):R897-R901.
17. Jones H, Taylor CE, Lewis NC, George K, Atkinson G. Post-exercise blood pressure reduction is greater following intermittent than continuous exercise and is influenced less by diurnal variation. *Chronobiology international*. 2009;26(2):293-306.
18. Jones H. K; Edwards B; Atkinson G. Effects of time of day on post-exercise blood pressure: circadian or sleep-related influences. *Chronobiol Int*. 2008;25(6):987-98.
19. Bommasamudram T, Gandhi P, Iype RO, Raj B, Chandrasekaran B. Circadian influence on post-exercise hypotension: a review. *Comparative Exercise Physiology*. 2021;17(4):381-6.



20. 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. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 2002;282(4):R1037-R43.
21. Electrophysiology TFotESoCtNASoP. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation*. 1996;93(5):1043-65.
22. Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TDD, Godoy MFD. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery*. 2009;24(2):205-17.
23. Curtis BM, O'Keefe Jr JH, editors. Autonomic tone as a cardiovascular risk factor: the dangers of chronic fight or flight. *Mayo Clinic Proceedings*; 2002: Elsevier.
24. Mourrot L, Bouhaddi M, Tordi N, Rouillon J-D, Regnard J. Short-and long-term effects of a single bout of exercise on heart rate variability: comparison between constant and interval training exercises. *European journal of applied physiology*. 2004;92(4-5):508-17.
25. Arai Y, Saul JP, Albrecht P, Hartley LH, Lilly LS, Cohen RJ, et al. Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 1989;256(1):H132-H41.
26. Yamamoto Y, Hughson RL, Peterson JC. Autonomic control of heart rate during exercise studied by heart rate variability spectral analysis. *Journal of applied physiology*. 1991;71(3):1136-42.
27. Prodel E, Peçanha T, Silva LPD, Paula RBD, Martinez DG, Lima JRPD, et al. Different times of day do not change heart rate variability recovery after light exercise in sedentary subjects: 24 hours Holter monitoring. *Chronobiology international*. 2017;34(10):1354-65.
28. Shaffer F, McCraty R, Zerr CL. A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Frontiers in psychology*. 2014;5:1040.
29. Pescatello LS, Guidry MA, Blanchard BE, Kerr A, Taylor AL, Johnson AN, et al. Exercise intensity alters postexercise hypotension. *Journal of hypertension*. 2004;22(10):1881-8.
30. Smolensky MH, Hermida RC, Portaluppi F. Circadian mechanisms of 24-hour blood pressure regulation and patterning. *Sleep medicine reviews*. 2017;33:4-16.
31. Wallace J, Bogle P, King B, Krasnoff J, Jastremski C. The magnitude and duration of ambulatory blood pressure reduction following acute exercise. *Journal of human hypertension*. 1999;13(6):361-6.
32. Veerman DP, Imholz BP, Wieling W, Wesseling KH, van Montfrans GA. Circadian profile of systemic hemodynamics. *Hypertension*. 1995;26(1):55-9.
33. Hautala A, Tulppo MP, Mäkikallio TH, Laukkanen R, Nissilä S, Huikuri HV. Changes in cardiac autonomic regulation after prolonged maximal exercise. *Clinical Physiology*. 2001;21(2):238-45.



34. Otto ME, Svatikova A, Barretto RBdM, Santos S, Hoffmann M, Khandheria B, et al. Early morning attenuation of endothelial function in healthy humans. *Circulation*. 2004;109(21):2507-10.
35. Cugini P, Lucia P. Circadian rhythm of the renin-angiotensin-aldosterone system: a summary of our research studies. *La Clinica terapeutica*. 2004;155(7-8):287-91.
36. Taylor CE, Atkinson G, Willie CK, Jones H, Ainslie PN, Tzeng Y-C. Diurnal variation in the mechanical and neural components of the baroreflex. *Hypertension*. 2011;58(1):51-6.
37. Stephenson LA, Kolka MA, Francesconi R, Gonzalez RR. Circadian variations in plasma renin activity, catecholamines and aldosterone during exercise in women. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1989;58(7):756-64.
38. Jones H, Pritchard C, George K, Edwards B, Atkinson G. The acute post-exercise response of blood pressure varies with time of day. *European journal of applied physiology*. 2008;104(3):481-9.

استناد به مقاله

ابوذری نازنین، احمدی‌زاد سجاد، مورو لورنت. تأثیر فعالیت ورزشی در صبح و عصر بر تغییرات ریتم شبانه‌روزی متغیرهای همودینامیک و اتونومیک قلبی. *فیزیولوژی ورزشی*. تابستان ۱۴۰۱؛ ۱۴(۵۴): ۷۰-۱۴۷. شناسه دیجیتال: 10.22089/SPJ.2022.10972.2150

N. Aboozari, S. Ahmadizad, L. Mourot. Zimmer. Morning and Evening Effect of Exercise on Circadian Rhythm of Cardiac Hemodynamic and Autonomic Variables. *Summer 2022*; 14(54): 147-70. (In Persian). Doi: 10.22089/SPJ.2022.10972.2150

