

Comparison of the Effects of Two Different Protocols of High-Intensity Interval Training (HIIT) on Some Coagulation and Fibrinolytic Factors in Overweight Young Women

Mohammad Reza Kordi¹ , Rasoul Dokhtabdiyan² , Azizeh Ahmadi^{3✉} , Rahman Soori⁴ 
, Amaneh Akovan⁵ 

1. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: mrkori@ut.ac.ir
2. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran; Iran. E-mail: rasoulabdiyan@ut.ac.ir
3. Corresponding Author, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran. E-mail: Ahmadi_a87@yahoo.com
4. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: soori@ut.ac.ir
5. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Islamic Azad University, Shushtar Branch, Shushtar, Iran. E-mail: aami2558@gmail.com

Article Info

Article type:

Research

Article history:

Received:

10 January 2022

Received in revised form:

14 February 2022

Accepted:

17 February 2022

Published online:

18 June 2025

Keywords:

Mean Platelet Volume (MPV), Plasminogen Activator Inhibitor-1 (PAI-1), Platelet Distribution Width (PDW), Prothrombin Time (PT), The Ratio of Large Cells to Platelets (P-LCR), Partial Thromboplastin Time (PTT), Tissue Plasminogen Activator (t-PA).

ABSTRACT

Introduction: Blood coagulation and fibrinolysis are vital for the body and are regulated by the balance between activators and inhibitors. This study aimed to compare the effect of two different types of High-Intensity Interval Training (HIIT) on blood coagulation factors and fibrinolysis.

Methods: twenty-four women with a mean age of $25/75 \pm 1/18$ years and mean weight of 74.51 ± 6.27 kg, were randomly assigned to two HIIT₁ (n=8), HIIT₂ (n=8) experimental groups and a control (n=8) group. In each session, the HIIT₁ group performed four sets of 30-second running at an intensity of 19-20 Rate of Perceived Exertion (RPE) and two minutes of rest between sets, and the HIIT₂ group performed four sets of 60-second running at the same intensity and four minutes of rest. The training protocol was conducted for four weeks and three sessions per week. To analyze the data, the mixed intergroup and intragroup analysis of variance (ANOVA) test was used at the significance level of $\alpha=0.05$.

Results: The Ratio of Platelets to Large Cells (P-LCR), and Mean Platelet Volume (MPV) had a significant decrease only in the HIIT₁ group ($P<0.05$). Plasma Fibrinogen significantly decreased in two experimental groups ($P<0.05$), but the intergroup difference was significant only between the HIIT₁ group and control ($P=0.025$). The levels of tissue Plasminogen Activator (t-PA) and type-1 tissue Plasminogen Activator Inhibitor (PAI-1) significantly increased and decreased in the experimental groups ($P<0.05$), respectively. The partial Thromboplastin Time (PTT) index significantly increased only in the HIIT₁ group ($P=0.042$).

Conclusion: Four weeks of HIIT reduces coagulation indices and improves the fibrinolysis process. It seems that short-term (30-second) HIIT training provides more useful benefits than mid-term (60-second) HIIT training with better activity economy and lower overall training volume.

Cite this article: Kordi M.R., Dokhtabdiyan R., Ahmadi A., Soori R., Akovan A. Comparison of the Effects of Two Different Protocols of High-Intensity Interval Training (HIIT) on Some Coagulation and Fibrinolytic Factors in Overweight Young Women. *Journal of Sport Biosciences*. 2022; 17(1): 5-21.

DOI: <http://doi.org/10.22059/JSB.2023.353965.1567>



Journal of Sport Biosciences by University of Tehran Press is licensed under [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).
| Web site: <https://jsb.ut.ac.ir/> | Email: jsb@ut.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

There is a relationship between obesity and overweight, and mortality and cardiovascular diseases. Most cardiovascular events begin with a blood clot or thrombus that blocks arterial blood flow. In contrast to blood coagulation, there is a fibrinolytic system. The performance of both of these systems is vital for the body and is regulated by the balance between activators and inhibitors. Regular sports activities have long been considered a factor in reducing the risk of cardiovascular diseases, however, the effect of High-Intensity Interval Training (HIIT) on coagulation and fibrinolytic potential has not been determined yet. Therefore, the present study aimed to compare the effects of two different HIIT protocols on some coagulation and fibrinolytic factors in overweight young girls.

Methods

The current study was quasi-experimental, with a pre-test and a post-test design. The statistical population of the present study included all women aged 24 to 28 years with overweight in Fatemeh female's Dormitory of Tehran University. Then, 24 women were selected as the research samples from this statistical population in a purposeful way and according to the inclusion criteria in a simple random way. Participants were randomly assigned to three groups ($n=8$ in each group), including the HIIT₁, HIIT₂, and Control groups. The HIIT₁ and HIIT₂ groups performed intense interval training for four weeks at an intensity of 19–20 Rate of Perceived Exertion (RPE). The exercise program of the HIIT₁ group consisted of three sessions per week and each session consisted of four sets of 30-second running with a two-minute rest interval between sets. The HIIT₂ group performed three sessions per week and each session consisted of four sets of 60-second running with a four-

minute rest interval between sets. 48 hours before the start of the first training session and 48 hours after the last session, blood samples, height, weight, fat percentage, and resting heart rate were taken and recorded. A mixed analysis of variance (ANOVA) test was used to analyze the data at the significant level of $\alpha=0.05$.

Result

The Ratio of Platelets to Large Cells (P-LCR), and Mean Platelet Volume (MPV) had a significant decrease only in the HIIT₁ group ($P<0.05$). Plasma Fibrinogen significantly decreased in two experimental groups ($P<0.05$), but the intergroup difference was significant only between the HIIT₁ group and control ($P=0.025$). The levels of tissue Plasminogen Activator (t-PA) and type-1 tissue Plasminogen Activator Inhibitor (PAI-1) significantly increased and decreased in the experimental groups ($P<0.05$), respectively. The partial Thromboplastin Time (PTT) index significantly increased only in the HIIT₁ group ($P=0.042$).

Conclusion

Four weeks of HIIT reduces coagulation indices and improves the fibrinolysis process. It seems that short-term (30-second) HIIT training provides more useful benefits than mid-term (60-second) HIIT training with better activity economy and lower overall training volume.

Ethical Considerations:

Compliance: In this research, ethical principles were followed for all participants and the practice and test process.

Funding: Financial resources were provided by the authors.

Authors' contribution: The contribution of the authors in conducting this research has been equal.

Conflict of interest: The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments: The authors thank all the participants who helped and supported us in this research.

مقایسه تأثیر دو پروتکل مختلف تمرین تناوبی شدید (HIIT) بر برخی عوامل انعقادی و

فیبریولیتیک در دختران جوان دارای اضافه وزن

محمد رضا کردی^۱، رسول دخت عبدیان^۲، عزیزه احمدی^۳✉، رحمان سوری^۴، آمنه آکوان^۵

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: mrkori@ut.ac.ir
۲. دکتری فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: rasoulabdiyan@ut.ac.ir
۳. نویسنده مسوول، دکتری فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: Ahmadi_a87@yahoo.com
۴. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: soori@ut.ac.ir
۵. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر، شوشتر، ایران رایانامه: aami2558@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی	مقدمه: انعقاد خون و فیبریولیز برای بدن حیاتی است و با تعادل بین فعال کننده‌ها و مهار کننده‌ها تنظیم می‌شود. هدف از پژوهش حاضر مقایسه تأثیر دو نوع مختلف تمرین تناوبی شدید (HIIT) بر عوامل انعقادی خون و فیبریولیز است.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۰	روش پژوهش: ۲۴ دختر با میانگین سن $25/75 \pm 1/18$ سال و وزن $74/51 \pm 6/27$ کیلوگرم به صورت تصادفی به سه گروه تمرینی HIIT ₁ (n=8)، گروه HIIT ₂ (n=8) و گروه کنترل (n=8) تقسیم شدند. گروه HIIT ₁ در هر جلسه چهار ست دویدن ۳۰ ثانیه‌ای با شدت ۱۹ - ۲۰ میزان درک فشار (RPE) و دو دقیقه استراحت بین ست‌ها و گروه HIIT ₂ چهار ست دویدن ۶۰ ثانیه‌ای با همان شدت و چهار دقیقه استراحت را انجام دادند، تمرین، چهار هفته و سه جلسه در هفته اجرا شد. برای تحلیل داده‌ها از آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) مخلوط بین گروهی و درون گروهی در سطح معناداری ($P < 0/05$) استفاده شد.
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۲۵	یافته‌ها: نسبت پلاکت به سلول‌های بزرگ ($P = 0/048$) و میانگین حجمی پلاکت ($P = 0/001$) تنها در گروه HIIT ₁ کاهش معنادار داشت ($P < 0/05$). فیبریولون در دو گروه تجربی کاهش معناداری داشت ($P < 0/05$)، اما تفاوت بین گروهی تنها بین گروه HIIT ₁ و کنترل معنادار بود ($P = 0/025$). سطوح فعال کننده پلاسمینوژن بافتی و مهار کننده فعال کننده پلاسمینوژن - ۱ ($PAI-1$)، زمان نسبی ترومبوپلاستین (PT)، زمان نسبی ترومبوپلاستین (PTT)، فعال کننده پلاسمینوژن بافتی ($t-PA$)، گستره توزیع پلاکتی (PDW)، میانگین حجم پلاکتی (MPV)، مهار کننده فعال کننده پلاسمینوژن - ۱ ($PAI-1$)، نسبت سلول‌های بزرگ به پلاکت ($P-LCR$)
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۸	نتیجه‌گیری: چهار هفته HIIT موجب کاهش شاخص‌های انعقادی و بهبود فرایند فیبریولیز می‌شود. تمرین HIIT کوتاه مدت (۳۰ ثانیه‌ای) با اقتصاد فعالیت بهتر و حجم کلی تمرین کمتر نسبت به HIIT میان مدت (۶۰ ثانیه‌ای) فواید سودمندتری حاصل می‌کند.
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۳/۲۹	

استناد: کردی، محمد رضا؛ دخت عبدیان، رسول؛ احمدی، عزیزه؛ سوری، رحمان؛ و آمنه؛ آکوان. مقایسه تأثیر دو پروتکل مختلف تمرین تناوبی شدید (HIIT) بر برخی عوامل انعقادی و فیبریولیتیک در دختران جوان دارای اضافه وزن. نشریه علوم زیستی ورزشی. ۱۴۰۰؛ ۱۷ (۱): ۵-۲۱.

DOI: <http://doi.org/10.22059/JSB.2023.353965.1567>

دسترسی به این نشریه علمی، رایگان است و حق مالکیت فکری خود را بر اساس لایسنس کپی‌رایت کامنز (CC BY-NC 4.0) به نویسندگان واگذار کرده است. | آدرس نشریه: <https://jsb.ut.ac.ir/> | ایمیل: jsb@ut.ac.ir



مقدمه

بی‌حرکی خطر ابتلا به بیماری‌ها را افزایش می‌دهد. حدود ۴۵/۸ درصد زنان ایرانی در فعالیتهای ورزشی شرکت نمی‌کنند. بر اساس آمار مرکز بهداشت ایالات متحده، بیش از ۵۵/۲ درصد از جمعیت زنان بر اساس شاخص توده بدنی اضافه وزن دارند. از طرفی نتایج تحقیقات ارتباط زیادی را بین چاقی و اضافه وزن با مرگ‌ومیر و بیماری‌های قلبی عروقی نشان می‌دهند [۱]. بیشتر حوادث قلبی-عروقی با لخته خون یا ترومبوز شروع می‌شود که جریان خون شریانی را مسدود می‌کند. نشانگرهای انعقاد خون و فیبرینولیز از جمله پلاکت‌ها (ترومبوسیت)، فیبرینوژن، فعال‌کننده پلاسمینوژن بافتی، مهارکننده فعال‌کننده پلاسمینوژن بافتی نوع یک^۳ به‌طور مستقل با بیماری قلبی-عروقی مرتبطاند [۲]. شاخص‌های متعددی جهت بررسی عملکرد پلاکت وجود دارد که از بین آنها تعداد پلاکت^۴، میانگین حجم پلاکتی^۵، گستره توزیع پلاکتی^۶ و نسبت پلاکت به سلول‌های بزرگ^۷ شاخص‌های مهم و در دسترس‌اند. در هموستاز طبیعی، پلاکت‌ها با تحریک تولید ترومبین و تولید ترومبوز اعمال نقش می‌کنند [۳]. فیبرینوژن در کبد ساخته می‌شود و پروتئین محلول در خون است. فیبرینوژن با تبدیل شدن به فیبرین که توسط آنزیم‌های خاصی صورت می‌گیرد، در انعقاد خون نقش مهمی ایفا می‌کند و افزایش آن با خطرهای التهابی و لخته‌زایی نیز همراه است [۴]. آزمون زمان پروترومبین^۸ که مسیر خارجی انعقاد و آزمون زمان ترومبوپلاستین^۹ که مسیر داخلی انعقاد را بررسی می‌کنند، برای نشان دادن میزان انعقاد خون و بررسی آن استفاده می‌شوند. طولانی شدن زمان هر دوی این آزمون‌ها در اثر کاهش یا عدم فعالیت برخی عوامل انعقادی، به‌وجود می‌آید و کاهش آنها به هر دلیل سبب افزایش خطر انعقاد نابجای خون می‌شود [۵]. همچنین اختلال و عدم تعادل در سیستم انعقادی/فیبرینولیزی نقش مهمی در ابتلا به حملات قلبی دارند. در سیستم فیبرینولیزی، آنزیمی به نام پلاسمین وجود دارد که پیوندهای بین مولکول فیبرین را می‌شکند و موجب حل شدن لخته خون می‌شود. پلاسمینوژن شکل غیرفعال پلاسمین است که در حالت عادی در خون وجود دارد. از مهم‌ترین فعال‌کننده‌های فیبرینولیز، فعال‌کننده پلاسمینوژن بافتی است که پلاسمینوژن را به شکل فعال خود (پلاسمین) تبدیل می‌کند [۶]. مهارکننده فعال‌کننده پلاسمینوژن بافتی نوع یک، مهم‌ترین مهارکننده سیستم فیبرینولیز است که از طریق مهار فعال‌کننده پلاسمینوژن بافتی عمل می‌کند، بنابراین افزایش مهارکننده فعال‌کننده پلاسمینوژن بافتی نوع یک عامل خطری برای ترومبوز و آترواسکلروز است [۷].

فعالیت‌های منظم ورزشی از دیرباز به‌عنوان عامل کاهش‌دهنده خطر بیماری‌های قلبی-عروقی مدنظر بوده است. بیشتر یافته‌ها نشان می‌دهد فعالیت بدنی حاد خیلی شدید موجب افزایش پتانسیل ترومبوزی می‌شود [۳، ۸]. این افزایش توجیه می‌کند که چرا فعالیت بدنی کوتاه‌مدت حاد، به‌ویژه فعالیت ورزشی شدید موجب وقوع ایسکمی (کم‌خونی قلبی) می‌شود. اما سازگاری ناشی از فعالیت‌های بدنی منظم، با کاهش انعقاد و افزایش ظرفیت فیبرینولیزی همراه است [۹، ۱۰]. بنابراین تأثیرات حفاظتی فعالیت‌های بدنی منظم تا حدی به کاهش پتانسیل ترومبوزی مربوط است. با این حال بر اساس نتایج تعدادی از تحقیقات سیستم انعقادی و فیبرینولیزی به وهله‌های حاد فعالیت ورزشی با شدت بالا به‌طور چشمگیری بیشتر از فعالیت‌های با شدت کم یا متوسط پاسخ می‌دهند [۱۱، ۱۲]. تمرین تناوبی شدید (HIIT) اخیراً مورد توجه پژوهشگران فیزیولوژی ورزش قرار گرفته است و شامل وهله‌های کوتاهی از فعالیت بدنی با شدت بسیار زیاد (بیشتر از ۹۰

1. US National Center for Health

2. Tissue plasminogen activator (t-PA)

3. Tissue Plasminogen activator inhibitor-1 (PAI-1)

4. Platelet count (PLT)

5. Mean Platelet Volume (MPV)

6. Platelet Distribution Width (PDW)

7. Platelet to Large Cell Ratio (P-LCR)

8. Prothrombin time (PT)

9. Partial thromboplastin time (PTT)

10. High intensity interval training (HIIT)

درصد ضربان قلب بیشینه) است، که با وهله‌های استراحتی فعال با شدت بسیار کم یا غیرفعال همراه است. در کل HIIT را می‌توان در زیربخش‌های متفاوتی (همچون HIIT کوتاه‌مدت: کمتر از ۳۰ ثانیه و بلندمدت: بین ۳۰ ثانیه تا چهار دقیقه) دسته‌بندی کرد [۱۳]. تنها چند مطالعه تأثیر تمرین تناوبی با شدت بالا را بر شاخص‌های انعقادی و فیبریولیز در افراد غیرفعال سالم یا دارای اضافه وزن و چاق بررسی کرده‌اند. نتایج این تحقیقات نیز نشان می‌دهد انواع مختلف HIIT تأثیرات متفاوتی بر این شاخص‌ها می‌گذارد. جعفری و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر تمرینات HIIT را به مدت هشت هفته (سه جلسه در هفته) با شدت ۹۰ تا ۹۵ درصد حداکثر ضربان قلب بر عوامل آتروژنیک در زنان جوان چاق بررسی کردند. نتیجه تحقیق آنها کاهش معنادار فیبریولیز را نشان داد [۱۴]. امینی و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند هشت هفته HIIT (آزمون رفت و برگشت ۴۰ متر با حداکثر سرعت، سه جلسه در هفته با شدت ۹۰ درصد حداکثر ضربان قلب) در مردان جوان سالم غیرورزشکار به کاهش معنادار در تعداد پلاکت منجر می‌شود [۱۵]. در این دو پژوهش نوع تمرین تناوبی (کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت) مشخص نشده است. در مقابل سبحانی و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر هشت هفته HIIT کوتاه‌مدت (وهله‌های ۳۵ ثانیه‌ای با ۳۰ ثانیه استراحت بین وهله‌ها و تواتر سه جلسه در هفته) را بر شاخص‌های انعقادی و فیبریولیز مردان جوان سالم غیرورزشکار بررسی کردند. نتایج تحقیق افزایش زمان پروترومبین و عدم تغییر تعداد پلاکت‌ها و سطح فیبریولیز را نشان داد [۱۶].

حاتمی و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند یک جلسه پروتکل تناوبی با شدت ۱۱۰ درصد توان بیشینه (شش تکرار ۳۰ ثانیه‌ای با سه و نیم دقیقه استراحت فعال بین وهله‌ها) و ۸۵ درصد (شش تکرار دودقیقه‌ای با دو دقیقه استراحت فعال بین وهله‌ها)، تأثیری بر زمان پروترومبین، زمان نسبی ترومبوپلاستین و فیبریولیز مردان دارای اضافه وزن نداشت [۱۷]. همچنین ساکت و همکاران (۲۰۱۵) تأثیر هشت هفته (سه وهله ۳۰ ثانیه‌ای با شدت بالا با دوچرخه کارسنج با چهار و نیم دقیقه استراحت فعال بین وهله‌ها و سه روز در هفته) را بر شاخص‌های انعقادی در مردان جوان غیرفعال سالم بررسی کردند. نتایج این تحقیق نیز عدم تغییر در شاخص‌های زمان پروترومبین^۱ و زمان ترومبوپلاستین را نشان داد. اما فیبریولیز پس از چهار هفته کاهش و بعد از هشت هفته افزایش داشت [۱۸]. همتی‌نفر و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر شش هفته HIIT کوتاه‌مدت (وهله‌های ۳۰ ثانیه‌ای با ۳۰ ثانیه استراحت بین وهله‌ها) را بر عوامل فیبریولیتیک مردان جوان غیرفعال بررسی کردند. آنها نشان دادند مقادیر مهارکننده فعال‌کننده پلاسمینوژن بافتی نوع یک کاهش و فعال‌کننده پلاسمینوژن بافتی افزایش یافت [۱۹].

پژوهش‌هایی که به بررسی سازگاری‌های انعقادی نسبت به تمرینات ورزشی پرداخته‌اند، اغلب از فعالیت‌های استقامتی سنتی با شدت متوسط بهره برده‌اند، که برای ارتقای سلامتی از جمله کاهش خطر بیماری کرونر قلبی، بهبود عملکرد قلب و تنفس و کاهش مرگ‌ومیر طراحی می‌شوند [۲۰، ۲۱]. با وجود این بسیاری از افراد به‌علت نداشتن زمان کافی در این تمرینات شرکت نمی‌کنند. شواهد در حال رشد نشان می‌دهد HIIT علی‌رغم حجم پایین و کارآمد بودن از لحاظ زمانی به اندازه تمرینات استقامتی سنتی با شدت متوسط بر بهبود ظرفیت هوازی، عملکرد قلب و کاهش عوامل خطر مرتبط با بیماری‌های قلبی-عروقی مؤثر است [۲۲، ۲۳]. HIIT به بهبود عملکرد اندوتلیال، فشارخون استراحتی و ساختار بطن چپ منجر می‌شود، که هر یک به ترومبوز مربوط می‌شوند [۸، ۲۴]. با این حال هنوز اثر HIIT بر انعقاد و پتانسیل فیبریولیتیکی به‌طور کامل مشخص نشده است. با توجه به کارآمد بودن این شیوه تمرینی از لحاظ زمانی، تناقض‌های موجود در نتایج تحقیقات انجام‌گرفته و نبود پژوهشی در زمینه مقایسه دو پروتکل مختلف تمرین تناوبی با شدت برابر، هدف تحقیق حاضر مقایسه تأثیر دو پروتکل مختلف تمرین تناوبی شدید بر برخی عوامل انعقادی و فیبریولیتیک در دختران جوان دارای اضافه وزن است.

^۱. Prothrombin time (PT)

روش‌شناسی پژوهش

طرح پژوهش و شرکت‌کنندگان

این تحقیق از نوع کاربردی است و به روش نیمه‌تجربی انجام گرفت. دانشجویان ساکن خوابگاه دخترانه فاطمیه دانشگاه تهران با دامنه سنی ۲۴ تا ۲۸ سال و دارای اضافه وزن (BMI بالای ۲۴/۹) جامعه آماری پژوهش را تشکیل دادند. برای تعیین نمونه آماری، ابتدا اطلاع‌رسانی کامل انجام گرفت. سپس از بین مراجعه‌کننده‌ها، نفراتی (۳۰ نفر) که دارای معیارهای ورود به تحقیق بودند، انتخاب شدند و داوطلبانه در پژوهش شرکت کردند. معیار ورود به تحقیق شامل سن، داشتن BMI بالای ۲۴/۹، نداشتن سابقه بیماری یا بیماری اثرگذار بر متغیرهای تحقیق، نداشتن سابقه حضور در برنامه‌های ورزشی منظم حداقل در شش ماه گذشته، مصرف نکردن دارو یا مکمل بود. آزمودنی‌ها پس از اطلاع از شرایط تحقیق، برگه رضایت‌نامه شخصی شرکت در پژوهش را تکمیل کردند. پرسشنامه سلامتی و میزان فعالیت توسط آزمودنی‌ها پر شد. داده‌های شش نفر از این آزمودنی‌ها (دو نفر به علت بیماری سرماخوردگی و چهار نفر هم به علت تعداد جلسات تمرینی کمتر) از فرایند تحقیق کنار گذاشته شد. اصل رازداری تحقیق و اصول اخلاقی در پژوهش‌های انسانی برای تمامی آزمودنی‌ها و فرایند تمرین و آزمون رعایت شد. در هر مرحله از تحقیق، آزمودنی‌ها آزاد بودند در زمان دلخواه از فرایند تحقیق خارج شوند.

روند اجرای تحقیق

آزمودنی‌های تحقیق با میانگین سن $25/75 \pm 1/18$ سال، قد $161/29 \pm 4/23$ سانتی‌متر، وزن $74/51 \pm 6/27$ کیلوگرم، درصد چربی $23/70 \pm 2/23$ و $BMI 28/66 \pm 1/89$ به‌طور تصادفی در سه گروه HIIT₁ (هشت نفر)، گروه HIIT₂ (هشت نفر) و گروه کنترل (هشت نفر) قرار گرفتند. گروه‌های HIIT₁ و HIIT₂ تمرین تناوبی شدید را به مدت چهار هفته با شدت ۱۹ تا ۲۰ میزان درک فشار اجرا کردند [۲۶]. شدت تمرین برای هر آزمودنی جداگانه محاسبه می‌شد. برای اطمینان از پایش دقیق شدت تمرینات، پایش ضربان قلب و مقیاس درک فشار بزرگ مدنظر قرار می‌گرفت.

پروتکل تمرین

برای بررسی آزمون‌های پروتکل تمرینی، سه نفر از آزمودنی‌های هر گروه به‌طور تصادفی انتخاب شدند و یک هفته پیش از شروع تمرینات، برنامه تمرینی توسط آنها اجرا شد تا اینکه سطح قابل تحمل بودن شدت تمرینات توسط آنها آزمون شود. مکان تمرین سالن ورزشی خوابگاه فاطمیه دانشگاه تهران بود. جلسات تمرینی ابتدا با ۱۵ دقیقه گرم کردن عمومی آغاز می‌شد که شامل پنج دقیقه دویدن نرم، پنج دقیقه تمرینات کششی پویا و پنج دقیقه حرکات جهشی و انفجاری جهت افزایش ضربان قلب تا حد مطلوب بود و در پایان هر جلسه تمرینی نیز به مدت ۱۰ دقیقه برنامه سرد کردن داشتند. گروه‌های تمرینی یک مسیر تعیین شده ۲۰ متری را با حداکثر سرعت به صورت رفت و برگشتی می‌دویدند. برنامه تمرینی در جدول ۱ آورده شده است.

برنامه تمرینی گروه HIIT₁ به‌صورت سه جلسه در هفته و هر جلسه چهار ست ۳۰ ثانیه‌ای دویدن با شدت ۱۹-۲۰ RPE (به‌صورت ابزار پایش کمکی شدت تمرین) و با استراحت دودقیقه‌ای بین ست‌ها و گروه HIIT₂ سه جلسه در هفته و هر جلسه چهار ست ۶۰ ثانیه‌ای با شدت ۱۹-۲۰ RPE و با استراحت چهاردقیقه‌ای بین ست‌ها اجرا شد. گروه HIIT₁ در طول چهار هفته تمرین در مجموع ۲۴ دقیقه

1. Borg Scale - Rate of perceived exertion (RPE)

تمرین با شدت ۱۹-۲۰ RPE با در نظر گرفتن مجموع ۹۶ دقیقه استراحت حاصل از استراحت‌های بین ست‌ها؛ در کل دو ساعت را صرف زمان تمرین کرد. گروه HIIT₂ در کل چهار ساعت تمرین داشتند که از مجموع ۴۸ دقیقه تمرین با شدت ۱۹-۲۰ RPE با ۱۹۲ دقیقه استراحت بین تکرارها حاصل شد. در طول انجام تمرینات تناوبی ضربان قلب آزمودنی‌های گروه‌های تجربی به بالاتر از ۱۸۰ ضربه در دقیقه می‌رسید. در طول این مدت گروه کنترل فعالیتی نداشتند.

جدول ۱. پروتکل تمرینی

گروه تمرینی	طول مدت تمرین	تعداد جلسات در هفته	تعداد تکرار در هر جلسه	مدت زمان تکرارها	مدت زمان استراحت فعال بین هر تکرار	شدت تمرین
HIIT ₁	چهار هفته	سه جلسه در هفته	چهار تکرار	۳۰ ثانیه	دو دقیقه	۱۹-۲۰ RPE یا ۹۰ درصد HRmax
HIIT ₂	چهار هفته	سه جلسه در هفته	چهار تکرار	۶۰ ثانیه	چهار دقیقه	۱۹-۲۰ RPE یا ۹۰ درصد HRmax

روش‌های اندازه‌گیری

برای اندازه‌گیری قد و وزن آزمودنی‌ها از ترازوی استاندارد پزشکی SECA مدل (220CE) ساخت آلمان مجهز به قدسنج استفاده شد. اندازه‌گیری چربی بدن با استفاده از کالیپر Skin Fold Harpenden، مدل RH15 9LB با دقت ۰/۲ میلی‌متر، ساخت انگلیس به روش چین‌پوستی سه‌نقطه‌ای جکسون - پولاک انجام گرفت [۲۵]. شاخص توده بدنی افراد از طریق تقسیم وزن آزمودنی‌ها (به کیلوگرم) بر قد (به متر مربع) آنها محاسبه شد. برای پایش ضربان قلب استراحتی و ضربان قلب در طول فعالیت، از ضربان‌سنج Beurer مدل M80 ساخت آلمان استفاده شد.

۴۸ ساعت پیش از شروع اولین جلسه تمرینی و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه، نمونه‌های خونی گرفته شد. اندازه‌گیری نمونه‌های خونی در آزمایشگاه غدد درون‌ریز و متابولیسم دانشگاه شهید بهشتی، بین ساعت ۹ تا ۱۰ صبح به صورت ناشتا انجام گرفت. ۵ سی‌سی خون در لوله آزمایش حاوی ۲۰۰ میکرولیتر ماده ضدانعقاد EDTA ریخته شد تا اندازه‌گیری‌های CBC انجام گیرد. بعد باقیمانده خون با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد، سانتریفیوژ شدند. پلاسما به دست آمده برای اندازه‌گیری بقیه شاخص‌ها استفاده شد. کیت مورد استفاده برای اندازه‌گیری فیبرینوژن از شرکت مهسا یاران بود. سطوح پلاسمایی PAI-1 با استفاده از کیت مخصوص شرکت باستر (ساخت چین) که حساسیت آن کمتر از پیکوگرم بر میلی‌لیتر است، اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری مقادیر t-PA پلاسما از روش الایزا و از کیت مخصوص شرکت گلوری آمریکا با حساسیت ۰/۵ تا ۱۵ میکروگرم در لیتر استفاده شد و در نهایت برای اندازه‌گیری PT و PTT از کیت‌های مخصوص شرکت فیشر آمریکا استفاده شد.

روش آماری

اطلاعات به دست آمده در این تحقیق بر اساس میانگین و انحراف استاندارد گزارش شده است. تمامی عملیات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ صورت گرفت. برای تعیین نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) مخلوط بین گروهی و درون گروهی (گروه × زمان) انجام گرفت، پیش از بررسی نتایج تفاوت بین گروه‌ها، برای احراز برابری واریانس خطاهای بین گروهی نتایج آزمون لون (Levene's test) بررسی می‌شد. زمانی که نتیجه آزمون

آماري تفاوت بين گروه‌ها را معنادار نشان داد، از آزمون تعقيبي بنفروني براي مشخص کردن تفاوت بين تعداد مقايسه‌ها استفاده شد. مقدار خطا در سطح معناداري $P < 0.05$ محاسبه شد.

يافته‌هاي پژوهشي

بررسي آزمون کولموگروف-اسميرنوف نشان داد، توزيع تمام متغيرهاي مورد سنجش طبيعي است. جدول ۲ توصيف آماري مشخصات فردي آزمودني‌ها در هر گروه (ميانگين \pm انحراف استاندارد) را نشان مي‌دهد. جدول ۳ ميانگين و انحراف استاندارد متغيرها همراه با اندازه اثر مداخله تمريني و سطح معناداري تغييرات در پيش‌آزمون و پس‌آزمون را نشان مي‌دهد.

جدول ۲. مشخصات دموگرافيك آزمودني‌ها (ميانگين و انحراف استاندارد)

متغيرها	گروه HIIT ₁	گروه HIIT ₂	گروه کنترل
قد (۲۷)	۱۶۲/۲ \pm ۱۲/۸۵	۱۵۹/۵ \pm ۲۵/۸۹	۱۶۲/۲ \pm ۵۰/۹۷
سن (سال)	۲۵/۰ \pm ۳۷/۷۴	۲۶/۱ \pm ۶۲/۳۰	۲۵/۱ \pm ۲۵/۰۳
وزن (کيلوگرم)	۷۶/۸ \pm ۰۳/۰۹	۷۲/۵ \pm ۵۱/۱۹	۷۵/۵ \pm ۴۱
درصد چربي	۳۰/۲ \pm ۳۶/۰۹	۳۰/۱ \pm ۴۰/۷۶	۳۱/۲ \pm ۳۵/۸۵
BMI	۲۸/۲ \pm ۸۷/۲۷	۲۸/۱ \pm ۷۵/۸۹	۲۸/۱ \pm ۳۸/۷۰

جدول ۳. ميانگين، انحراف استاندارد و نتايج تجزيه و تحليل استنباطي تغييرات درون گروهی متغيرهاي تحقيق و اندازه اثر تمرين

متغيرها	گروه‌ها	پيش از فعاليت	پس از فعاليت	اندازه اثر	مقدار P
PLT ($\times 10^3 / \mu\text{L}$)	گروه HIIT ₁	۲۲۷/۷۸ \pm ۸۷/۱۱	۲۳۶/۸۰ \pm ۶۲/۵۶	۰/۰۵۷	۰/۲۷۱
	گروه HIIT ₂	۲۲۷/۵۴ \pm ۶۲/۶۶	۲۲۸/۵۸ \pm ۷۵/۹۴	۰/۰۰۱	۰/۸۸۶
	گروه کنترل	۲۲۲/۴۷ \pm ۷۵/۹۰	۲۲۶/۴۷ \pm ۲۵/۳۳	۰/۰۱۰	۰/۶۵۵
P-LCR (%)	گروه HIIT ₁	۳۱/۴ \pm ۲۳/۴۸	۲۹/۴ \pm ۶۳/۹۸	۰/۱۷۰	*۰/۰۴۸
	گروه HIIT ₂	۲۲/۳ \pm ۹۸/۳۱	۲۲/۵ \pm ۵۱/۶۲	۰/۰۱۷	۰/۵۵۵
	گروه کنترل	۲۳/۶ \pm ۱۱/۳۴	۲۴/۶ \pm ۹۸/۳۴	۰/۰۰۱	۰/۸۷۳
PDW (fL)	گروه HIIT ₁	۱۴/۱ \pm ۶۰/۲۵	۱۳/۲ \pm ۴۱/۲۲	۰/۱۶۳	۰/۰۵۶
	گروه HIIT ₂	۱۲/۱ \pm ۸۰/۹۷	۱۱/۱ \pm ۸۱/۸۰	۰/۱۱۹	۰/۱۰۷
	گروه کنترل	۱۳/۱ \pm ۱۲/۸۶	۱۲/۱ \pm ۵۱/۲۲	۰/۰۴۹	۰/۳۰۹
MPV (fL)	گروه HIIT ₁	۱۰/۰ \pm ۷۶/۶۲	۹/۰ \pm ۴۲/۵۷	۰/۵۳۶	**۰/۰۰۱
	گروه HIIT ₂	۹/۱ \pm ۵۷/۰۵	۹/۰ \pm ۱۱/۷۹	۰/۱۲۱	۰/۱۰۴
	گروه کنترل	۹/۱ \pm ۷۳/۲۴	۹/۱ \pm ۵۶/۱۶	۰/۰۱۹	۰/۵۲۷
فيبرينونژن (mg/dl)	گروه HIIT ₁	۳۵۴/۶۵ \pm ۶۳/۷۵	۲۵۷/۵۹ \pm ۲۵/۹۱	۰/۵۰۱	**۰/۰۰۱
	گروه HIIT ₂	۳۵۳/۳۶ \pm ۵۰/۹۵	۲۹۳/۶۵ \pm ۱۳/۹۹	۰/۲۷۸	**۰/۰۱۰
	گروه کنترل	۳۵۸/۳۳ \pm ۵۰/۰۱	۳۴۸/۳۶ \pm ۲۵/۰۰	۰/۰۴۳	۰/۳۴۵
PT(s)	گروه HIIT ₁	۱۲/۱۰ \pm ۰/۴۳۵	۱۲/۸۸ \pm ۰/۴۱۵	۰/۶۷۶	۰/۰۵۸
	گروه HIIT ₂	۱۲/۲۱ \pm ۰/۴۹۰	۱۲/۶۳ \pm ۰/۴۸۱	۰/۳۹۶	۰/۲۱۰
	گروه کنترل	۱۲/۱۳ \pm ۰/۴۸۳	۱۲/۱۴ \pm ۰/۵۱۲	۰/۰۱۰	۰/۹۳۰

گروه HIIT ₁	۲۸/۰۲ ± ۴۳	۲۸/۶۲ ± ۳۸	۰/۵۹۴	۰/۰۴۲
گروه HIIT ₂	۲۸/۱۳ ± ۲۸	۲۸/۲۹ ± ۳۱	۰/۲۶۱	۰/۱۰۳
گروه کنترل	۲۸/۰۸ ± ۳۰	۲۷/۹۸ ± ۴۱	۰/۱۳۷	۰/۲۳۵
گروه HIIT ₁	۱۰/۵ ± ۲/۱	۱۳/۸ ± ۱/۲	۰/۴۹۴	۰/۰۴۵
گروه HIIT ₂	۹/۹ ± ۲/۹	۱۳/۶ ± ۲/۱	۰/۵۸۹	۰/۰۳۹
گروه کنترل	۱۰/۸ ± ۲/۸	۱۰/۱ ± ۳/۱	۰/۱۱۷	۰/۵۹۵
گروه HIIT ₁	۲۳/۰۱ ± ۹	۱۲ ± ۷/۸	۰/۵۴۷	۰/۰۱۹
گروه HIIT ₂	۲۲/۳۵ ± ۱۲	۱۴ ± ۱۳/۸	۰/۳۰۷	۰/۰۲۸
گروه کنترل	۲۴ ± ۱۰	۲۴/۹ ± ۱۱	۰/۰۴۲	۰/۴۸۸

** سطح معناداری ($P < 0/01$)، * سطح معناداری ($P < 0/05$). شمارش پلاکت (PLT)، نسبت پلاکت‌های بزرگ خون (P-LCR)، گستره توزیع پلاکتی (PDW)، میانگین حجم پلاکتی (MPV)، زمان پروترومبین (PT)، زمان نسبی ترومبوپلاستین (PTT)، فعال‌کننده پلاسمینوژن بافتی (t-PA)، مهارکننده فعال‌کننده پلاسمینوژن - ۱ (PAI-1)، S (ثانیه). کوهن اندازه اثر (۰/۲) پایین، (۰/۵) متوسط و (۰/۸) بالا ذکر کرده است [۲۸].

در پیش‌آزمون بین هیچ‌کدام از گروه‌ها در هیچ‌یک از متغیرهای وابسته تحقیق تفاوت معناداری وجود نداشت ($P < 0/05$). در بین شاخص‌های پلاکتی، در متغیرهای P-LCR و MPV تنها در گروه HIIT₁ کاهش معناداری مشاهده شد ($P = 0/048$; $P = 0/001$). در تفاوت بین گروهی تغییرات معناداری مشاهده نشد ($P = 0/242$) ($P = 0/066$). ولی اثر تعاملی بین گروه‌ها (گروه × زمان) در فاکتور MPV معنادار بود ($P = 0/017$). در متغیر PDW و PLT در تمامی گروه‌ها، تغییرات درون‌گروهی ($P > 0/05$) و اثر تعاملی بین گروه‌ها (گروه × زمان) معنادار نبود ($P = 0/783$); تفاوت بین گروهی تنها بین دو گروه HIIT₁ و HIIT₂ در متغیر PDW معنادار بود ($P = 0/04$).

در سایر شاخص‌های انعقادی، فیبرینوژن پلاسمایی در هر دو گروه تمرینی کاهش معناداری داشت ($P < 0/05$). اما تفاوت بین گروهی در پس‌آزمون تنها بین گروه HIIT₁ و گروه کنترل معنادار بود ($P = 0/025$), بین گروه‌ها اثر تعاملی معنادار مشاهده نشد ($P = 0/055$). در متغیر PT تغییرات درون‌گروهی در هیچ‌یک از گروه‌ها معنادار نبود ($P > 0/05$). در تفاوت بین گروهی ($P = 0/059$) و اثر تعاملی ($P = 0/069$) بین گروه‌ها (گروه × زمان) تغییرات معناداری مشاهده نشد. در فاکتور PTT فقط در گروه HIIT₁ افزایش معناداری وجود داشت ($P = 0/042$). بین گروه‌ها در پس‌آزمون تفاوت معناداری وجود نداشت ($P = 0/617$). همچنین اثر تعاملی بین گروه‌ها مشاهده نشد ($P = 0/081$).

در شاخص‌های فیبرینولیزی، در هر دو گروه تجربی، شاخص‌های PAI-1 و t-PA به ترتیب کاهش و افزایش معناداری داشتند. در هر دو شاخص بین گروه کنترل و گروه HIIT₁ ($P = 0/026$) ($P = 0/038$) و همچنین بین گروه کنترل و HIIT₂ ($P = 0/032$) ($P = 0/033$) تفاوت معناداری مشاهده شد. بین دو گروه تجربی تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P = 0/862$) ($P = 0/923$). اثر تعاملی بین گروه‌ها (گروه × زمان) معنادار نبود ($P = 0/095$) ($P = 0/069$).

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش مقایسه تأثیر دو پروتکل مختلف تمرین تناوبی شدید بر برخی عوامل انعقادی و فیبرینولیتیک در دختران جوان دارای اضافه وزن بود. بر اساس نتایج HIIT مارکرهای انعقادی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و فعالیت فیبرینولیتیک را تقویت می‌کند، به طوری که پس از مداخله تمرینی، در هر دو گروه تجربی t-PA افزایش و PAI-1 کاهش معناداری داشتند. در هر دو فاکتور اندازه‌گیری، بین گروه کنترل با هر یک از گروه‌های تجربی در پس‌آزمون تفاوت معناداری مشاهده شد، اما بین گروه‌های تجربی تفاوت معناداری مشاهده نشد.

این یافته‌ها همسو با یافته‌های مطالعات قبلی است که نشان می‌دهند تغییرات در انعقاد و فیبرینولیز تحت تأثیر شدت فعالیت قرار می‌گیرند [۱۲، ۲۹، ۳۰]. در مورد تأثیر اجرای HIIT بر شاخص‌های فیبرینولیزی و انعقادی تحقیقات کمی وجود دارد و بیشتر تحقیقات از تمرین مقاومتی و استقامتی بهره برده‌اند. یافته‌های ما نشان می‌دهد بعد از مداخلهٔ تمرینی، t-PA و PAI-1 در هر دو گروه HIIT₁ و HIIT₂ به ترتیب افزایش و کاهش معناداری داشتند. در هر دو فاکتور اندازه‌گیری، بین گروه کنترل با هر یک از گروه‌های تجربی در پس‌آزمون تفاوت معناداری مشاهده شد، اما بین گروه‌های تجربی تفاوت معناداری مشاهده نشد. نتایج تحقیقات انجام‌گرفته در مورد تأثیر تمرین بر فیبرینولیز متناقض است. ۱۲ هفته تمرین هوازی موجب افزایش ظرفیت فیبرینولیز در بزرگسالان سالم می‌شود [۳۱]. شدت فعالیت ورزشی نیز احتمالاً یکی از فاکتورهای مهم در خصوص سازگاری‌های فیبرینولیتیکی باشد [۳۰]. سطوح پلاسمایی t-PA و PAI-1 از فعالیت با شدت بالا بیشتر از فعالیت با شدت متوسط تأثیر می‌پذیرد [۱۱، ۲۹]. فعالیت ورزشی منظم و با شدت بالا از طریق تأثیر بر عملکرد اندوتلیال (افزایش تولید NO) به رهایش t-PA از سلول‌های اندوتلیال و فعال شدن سیستم فیبرینولیز منجر می‌شود [۳۲]. خادمی و همکاران (۲۰۲۰) عنوان کردند فیبرینولیز در شدت‌های کمتر از ۵۰٪ HRmax اتفاق نمی‌افتد و تأثیر شدت تمرین بر فیبرینولیز بیشتر از مدت تمرین است، مگر اینکه مدت تمرین، بالا (بیشتر از ۱ ساعت) باشد، که هر کدام با مکانیسم جداگانه‌ای تأثیر مطلوبی بر سیستم فیبرینولیتیک می‌گذارد [۳۳]. ۶۰ دقیقه فعالیت هوازی با شدت ۷۵-۸۰٪ HRmax مقادیر پروتئین‌های پلازما (t-PA، PAI-1) را تغییر می‌دهد [۳۴]. بنابراین شدت بالای پروتکل‌های تمرین HIIT (بیش از ۹۰٪ HRmax) در طول چهار هفته تمرین منظم در تحقیق حاضر احتمالاً یکی از دلایل افزایش عملکرد سیستم فیبرینولیزی است. از طرفی مطالعات نشان می‌دهند که فعالیت بدنی از طریق تأثیری که بر کاهش وزن و درصد چربی دارد، موجب افزایش فعالیت t-PA و کاهش فعالیت PAI-1 می‌شود [۳۴، ۳۵]. بنابراین کاهش درصد چربی در تحقیق حاضر احتمالاً یکی دیگر از عوامل تغییر در مقادیر پروتئین‌های PAI-1 و t-PA باشد.

بوچان^۱ و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند هفت هفته اجرای HIIT به کاهش PAI-1 در نوجوانان منجر می‌شود [۳۶]. همتی‌نفر و همکاران گزارش کردند شش هفته HIIT موجب کاهش مقادیر PAI-1 و افزایش t-PA می‌شود. همین‌طور کرم‌پور و همکاران (۲۰۱۸) عنوان کردند که HIIT از طریق افزایش فرایند انعقاد (افزایش تعداد پلاکت‌ها و کاهش زمان PT و PTT) و تقویت سیستم فیبرینولیزی به تعادل انعقاد/فیبرینولیز منجر می‌شود [۳۷]. در مقابل ساکت^۲ و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که هشت هفته HIIT بر ظرفیت فیبرینولیز (t-PA و PAI-1) مردان بزرگسال تأثیری ندارد [۲]. برخی پژوهشگران نیز کاهش t-PA را گزارش کرده‌اند [۳۸]. با بررسی دقیق پژوهش‌های انجام‌گرفته می‌توان تفاوت در نتایج را با عواملی مثل برنامهٔ تمرینی، وضعیت تمرینی آزمودنی‌ها و سلامت آنها مرتبط دانست. مطالعات نشان می‌دهند که تأثیر فعالیت بدنی شدید بر سیستم فیبرینولیتیکی در افراد سالم و بیمار متفاوت است. چنانکه در افراد دارای عوامل خطرزای قلبی یا افرادی که پرفشار خونی دارند، برعکس افراد سالم، موجب افزایش سکتۀ قلبی حاد می‌شود [۳۹]. در تحقیق دیگری که تأثیر HIIT و فعالیت با شدت متوسط را در افراد دارای دیابت نوع دو بررسی کردند، فعالیت با شدت متوسط را برای بهبود شاخص‌های فیبرینولیزی (کاهش PAI-1) پیشنهاد کردند [۴۰]. در کنار تأثیر نوع و شدت تمرین، سن آزمودنی نیز بر تغییرات t-PA تأثیر می‌گذارد. نتایج تحقیق روی آزمودنی‌های مسن، نشان داد شش ماه تمرین ورزشی (پنج روز در هفته با شدت‌های مختلف)، t-PA را کاهش داد [۴۱]. همچنین ساکت و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند هشت هفته تمرین HIIT با تواتر سه روز در هفته تأثیری بر شاخص‌های

¹. Buchan

². Sackett

انعقادی و فیبریولیزی مردان مسن ندارد [۴۲]. بنابراین با توجه به جوان بودن آزمودنی‌های تحقیق حاضر، یکی از علت‌های احتمالی تفاوت در نتایج را می‌توان با سن آزمودنی‌ها مرتبط دانست.

در داخل بدن با پیوستن پلاکت‌ها به هم به صورت شبکه تورینه، لخته خون شکل می‌گیرد. تشکیل توده پلاکتی اولین فرایند اصلی در تشکیل لخته خون است. پلاکت‌ها و عوامل انعقادی از طریق ایجاد ترومبوز در تشکیل پلاک آترواسکلروزی نقش دارند. فعالیت بدنی در حکم شمشیر دولبه عمل می‌کند، به طوری که هم می‌تواند موجب تحریک سیستم انعقادی شود و هم در برابر این تحریکات نقش پیشگیری‌کننده داشته باشد [۹]. نتایج تحقیق ما نشان می‌دهد چهار هفته تمرین HIIT موجب کاهش شاخص‌های انعقادی خون می‌شود. در این میان HIIT کوتاه‌مدت بیشترین تأثیر را دارد و موجب کاهش مقادیر MPV، PDW، P-LCR، فیبرینوژن و افزایش زمان PT و PTT شده است، اما HIIT₂ تنها بر فیبرینوژن مؤثر است و موجب کاهش مقدار فیبرینوژن خون شده است. یافته‌های ما از این فرضیه که تغییر در شاخص‌های انعقادی احتمالاً متأثر از شدت فعالیت است [۱۲، ۲۹]، حمایت می‌کند. در مقابل نتایج چندین پژوهش نیز نشان می‌دهد PTT که برای ارزیابی مسیرهای داخلی و مشترک آبشار انعقادی به کار می‌رود، به دنبال تمرینات استقامتی سستی در افراد سالم و بیمار طولانی می‌شود. دلیل احتمالی این محققان برای افزایش زمان PTT حجم تمرین است [۴۳، ۴۴]. در راستای این فرضیه ساکت و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی در زمینه تأثیر هشت هفته تمرین HIIT بر شاخص‌های انعقادی، نشان دادند تنها مقدار فیبرینوژن پلاسما پس از چهار هفته تمرین HIIT کاهش می‌یابد و بعد از هشت هفته به بالاتر از مقدار پایه می‌رسد و در مقادیر PT و PPT تغییرات معناداری مشاهده نکردند [۲]. حاتمی و همکاران نیز گزارش کردند HIIE بر مقادیر PT و PPT و فیبرینوژن تأثیری ندارد [۱۷]. بنابراین این محققان عنوان کردند پایین بودن حجم تمرینات HIIT احتمالاً عامل عدم تغییر فاکتورهای انعقادی از جمله PT و PPT بوده است. در صورتی که یافته‌های پژوهش ما نشان می‌دهد با اینکه تمرین HIIT₁ حجم تمرینی پایین‌تری نسبت به HIIT₂ دارد، اما در حقیقت بیشترین تغییرات در فاکتورهای PT و PPT در این گروه تمرینی مشاهده می‌شود. الدو^۱ و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند تمرین ورزشی سبب کاهش PT و PTT در دانش‌آموزان نیجری شد. آنها این کاهش را مضر دانستند و به افزایش احتمال خطرهای بیماری قلبی - عروقی نسبت دادند [۴۵]. بنابراین در پژوهش حاضر از جهاتی می‌توان افزایش معنادار PT و PTT در گروه HIIT₁ را مثبت در نظر گرفت. این در حالی است که مقدار PT و PTT در گروه HIIT₂ افزایش غیرمعناداری را نشان داد. غلظت لاکتات خون، تغییرات کاتکولامین‌ها و تعداد پلاکت‌ها از جمله عوامل اثرگذار بر زمان‌های انعقادی PTT و PT هستند. همچنین کاهش وزن بر اثر تمرینات می‌تواند استرس اکسیداتیو، فعالیت پلاکت‌ها و التهابات مزمن را کنترل کند و از این طریق موجب تغییر PTT شود. هیچ‌یک از موارد ذکر شده به جز تعداد پلاکت‌ها، در تحقیق حاضر بررسی نشده است. نتایج تحقیق حاضر در هیچ از گروه‌های تمرینی تفاوت معناداری را در تعداد پلاکت‌ها نشان نداد، اما شاخص‌های مرتبط با پلاکت در گروه HIIT₁ بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون کاهش معناداری را نشان داد. احتمال می‌رود کاهش این شاخص‌ها با افزایش زمان PT و PTT در گروه HIIT₁ مرتبط باشد. الگوی تغییر زمان PTT (طول مدت تشکیل لخته) می‌تواند از طریق نوع تمرینات تعیین شود، یعنی با بیشتر شدن مدت تمرینات زمان PTT کاهش می‌یابد [۴۶]. پس می‌توان گفت مدت زمان تمرینی کمتر در گروه HIIT₁ نسبت به گروه HIIT₂ از دلایل احتمالی افزایش معنادار PTT در گروه HIIT₁ است.

همراستا با نتایج پژوهش حاضر دونوان^۲ و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند در مردان سالم، پس از ۲۴ هفته تمرین با شدت‌های ۶۰ درصد VO_{2max} و ۸۰ درصد VO_{2max}، مقدار فیبرینوژن در هر دو گروه تمرینی کاهش داشته است. دلیل احتمالی کاهش فیبرینوژن پلاسما

¹. Eledo

². O'Donovan

پس از ورزش بیشینه و زیر بیشینه، مصرف فیبرینوژن توسط آبشار انعقادی ذکر شده است [۴۷]. نتیجه یک مقاله مروری نیز نشان می‌دهد مقادیر فیبرینوژن پلاسما در اثر تمرینات هوازی و HIIT کاهش می‌یابد [۴۸]. تغییر در سطوح فیبرینوژن ممکن است با فعالیت سیستم عصبی سمپاتیک و تغییر در پروفایل لیپیدی همراه باشد [۴۹]. در مقابل بیان شده است که ۳۰ دقیقه تمرین هوازی زیر بیشینه موجب افزایش فیبرینوژن در زنان چاق ۲۵ ساله می‌شود. افزایش فیبرینوژن پلاسما ممکن است به دلیل روند مزمن بالارونده عوامل التهابی مانند پروتئین واکنشی C (CRP) باشد که پس از تمرین یا بر اثر عفونت مزمن افزایش می‌یابد [۵۰]. ساکت و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند مقدار فیبرینوژن پلاسما پس از چهار هفته تمرین HIIT کاهش می‌یابد و پس از هشت هفته به بالاتر از مقدار پایه می‌رسد. با توجه به نتایج تحقیقات انجام گرفته و تحقیق حاضر به نظر می‌رسد، میزان فیبرینوژن از مدت تمرین تأثیر می‌پذیرد و هر دو نوع پروتکل HIIT با ۴ هفته تمرین در کاهش دادن میزان فیبرینوژن دختران دارای اضافه وزن به خوبی عمل می‌کند. اما اجرای HIIT کوتاه مدت (۳۰ ثانیه‌ای) در مقایسه با اجرای میان مدت (۶۰ ثانیه‌ای) با صرف زمان تمرینی کمتر، موجب کاهش بیشتر سطح فیبرینوژن پلاسما شده است که می‌توان گفت از لحاظ اقتصاد زمانی و کاهش بیماری‌های قلبی برتری دارد.

در تحقیقی لی^۱ و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند پس از فعالیت بدنی شدید، افزایش معناداری در تعداد پلاکت‌ها وجود دارد [۵۱]. در همین زمینه قنبری نیکی و همکاران (۲۰۱۰) عنوان کردند پس از چهار هفته تمرین بی‌هوازی (RAST) افزایش معناداری در PLT مشاهده شد که تغییرات در حجم و اندازه پلاکت‌ها احتمالاً به افزایش لخته‌سازی خون منجر می‌شود که به نوبه خود ناشی از این شکل تمرین است [۵۲]. همچنین عنوان شده است احتمالاً نور اپی نفرین و اپی نفرین میانجی فعال‌سازی پلاکت‌های افزایش یافته ناشی از فعالیت باشند [۵۳]. شواهد نشان می‌دهد تفاوت در پاسخ کاتکولامین‌ها به ورزش می‌تواند موجب تفاوت در تجمع پلاکت‌ها در افراد غیرفعال نسبت به افراد فعال شود [۵۴]. همچنین فعالیت ورزشی حاد ممکن است از طریق افزایش فشار و جریان خون، فعال شدن پلاکت‌های ناشی از فرایند تنش برشی را افزایش دهد [۵۴]. همسو با تحقیق حاضر در بررسی نعمتی و همکاران (۱۳۹۰) روی مردان جوان غیرورزشکار پس از اجرای انقباض برون‌گرا (پنج نوبت ۱۵ تا ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه توسط دستگاه خم‌کننده زانو) در میزان پلاکت‌ها ۴۸ ساعت پس از فعالیت تغییر معناداری مشاهده نشد [۵۵]. پیشینه تحقیقات تناقضاتی را نشان می‌دهند. به نظر می‌رسد علت این تناقض ریشه در عدم افزایش حجم پلاسما دارد که ناشی از خون‌گیری ۲۴ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینات است؛ زیرا در بیشتر تحقیقات خون‌گیری پس از ۲۴ ساعت انجام گرفته است، احتمالاً اثر پاسخ به تمرین با تحت تأثیر قرار دادن وضعیت هموستازی، تأثیرات سازگاری را کمرنگ‌تر یا محو می‌کند. بهتر بود که ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین، خون‌گیری انجام می‌گرفت؛ زیرا هنگام فعالیت بدنی حاد، پلاکت‌های تازه از مغز استخوان، عروق طحال و سایر ذخایر پلاکت رها می‌شوند و سطح پلاکت‌های خون را افزایش می‌دهند. ترشح اپی نفرین ناشی از فعالیت بدنی هم موجب انقباض قوی طحال می‌شود، یعنی جایی که حدود یک سوم پلاکت‌ها بدن در آن ذخیره شده است [۵۴]. این مکانیسم می‌تواند دلیل افزایش زیاد میزان پلاکت‌ها در بعضی از تحقیقات باشد. درست است که پس از تمرین (اندازه اثر تمرین خیلی ناچیز بود) افزایش غیرمعنادار تعداد پلاکت‌ها را مشاهده کردیم، ولی زمانی که دیگر شاخص‌های پلاکتی را بررسی می‌کنیم، مشخص می‌شود که پس از چهار هفته تمرین HIIT دیگر شاخص‌های مرتبط با پلاکت‌ها کاهش داشته‌اند. به نظر می‌رسد در تفسیر نتایج تغییرات پلاکتی، تغییرات دیگر شاخص‌های مرتبط با پلاکت‌ها (نسبت سلول‌های بزرگ پلاکتی P-LCR، گستره توزیع پلاکتی PDW، میانگین حجم پلاکتی MPV) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد، همچنین مشاهدات ما نشان می‌دهند که اندازه اثر تمرین در کاهش دادن شاخص‌های

^۱ . Li

مرتبط با پلاکت‌ها بیشتر به نفع گروه HIIT₁ است، از این رو می‌توان گفت تمرینات ۳۰ ثانیه‌ای با صرف زمان و حجم تمرینی کمتر فواید سودمندتری را حاصل می‌کنند.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد چهار هفته HIIT کوتاه‌مدت با وهله‌های ۳۰ ثانیه‌ای (مدت زمان کل تمرین در هر جلسه دو دقیقه) با مدت زمان فعالیت کمتر و حجم کلی تمرین کمتر نسبت به چهار هفته HIIT میان‌مدت ۶۰ ثانیه‌ای (در مجموع چهار دقیقه تمرین در هر جلسه) فواید سودمندتری را در ارتباط با کاهش شاخص‌های انعقادی و افزایش فعالیت فیبرینولیتیکی حاصل می‌کند. این تغییرات می‌تواند حاکی از این باشد که احتمالاً اجرای HIIT₁ نسبت به اجرای HIIT₂ بتواند تغییرات مطلوبی را در شاخص‌های انعقادی و فیبرینولیتیکی دختران دارای اضافه وزن ایجاد کند. شایان ذکر است کنترل دقیق میزان و نوع فعالیت‌های روزانه و میزان خواب آزمودنی‌ها و همچنین حالات روانی و استرس آنها حین انجام پژوهش امکان‌پذیر نبود و این از محدودیت‌های تحقیق به‌شمار می‌رود.

تقدیر و تشکر

از آزمودنی‌هایی که در این پژوهش شرکت کردند و با رعایت ملاحظات اخلاقی به تعهدات خویش پایبند بودند و ما را در این تحقیق یاری کردند، صمیمانه سپاسگزاریم. از مسئولان خوابگاه فاطمیه کوی دانشگاه تهران نیز که امکانات تمرین آزمودنی‌ها را برای ما فراهم آوردند، تقدیر و تشکر می‌کنیم.

References

- [1]. Rashidi T, Baghaiee B, Forouzandeh R, Noruzian M. The Effect of Four-Week Vibration Training on Adiponectin and Fibrinolysis Markers Levels in Overweight Women. *Journal of Advanced Sport Technology*. 2020;3(2):120-8.
- [2]. Sackett JR, Farrell DP, Nagelkirk PR. Hemostatic Adaptations to High Intensity Interval Training in Healthy Adult Men. *International Journal of Sports Medicine*. 2020;41(12):867-72. DOI: 10.1055/a-1165-2040
- [3]. Cadroy Y, Pillard F, Sakariassen KS, Thalamas C, Boneu B, Riviere D. Strenuous but not moderate exercise increases the thrombotic tendency in healthy sedentary male volunteers. *Journal of applied physiology*. 2002;93(3):829-33. doi:10.1152/jappphysiol.00206.2002
- [4]. Van den Burg P, Hospers J, Mosterd W, Bouma B, Huisveld I. Aging, physical conditioning, and exercise-induced changes in hemostatic factors and reaction products. *Journal of Applied Physiology*. 2000;88(5):1558-64. doi.org/10.1152/jappl.2000.88.5.1558
- [5]. Mirsaiedi M, Mahdiraji HA, Khameslu MB, Mazidi A, Akhundi A. Comparison the effect of aerobic and resistance exercises in Sari elderly sedentary men on coagulation and fibrinolytic factors. *Annals of Biological Research*. 2012;3(5):2083-6. https://doi.org/10.1016/j.scispo.2022.05.006
- [6]. Coughlin AM, Nagelkirk PR, Cooper JA, Paton CM, Friderici KH, Wingerd BA, et al. The Influence of Tissue Plasminogen Activator I/D Polymorphism on the tPA Response to Exercise. *International journal of exercise science*. 2018;11(3):1136.
- [7]. Ueshima S, Matsuo O. Development of new fibrinolytic agents. *Current pharmaceutical design*.

2006;12(7):849-57. <https://doi.org/10.2174/138161206776056065>

- [8]. Moholdt TT, Amundsen BH, Rustad LA, Wahba A, Løvø KT, Gullikstad LR, et al. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise after coronary artery bypass surgery: a randomized study of cardiovascular effects and quality of life. *American heart journal*. 2009;158(6):1031-7. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2009.10.003>
- [9]. Smith DL, Fernhall B. *Advanced cardiovascular exercise physiology: Human Kinetics*; 2011.
- [10]. Yarnell JW, Sweetnam PM, Rumley A, Lowe GD. Lifestyle and hemostatic risk factors for ischemic heart disease: the Caerphilly Study. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*. 2000;20(1):271-9. <https://doi.org/10.1161/01.ATV.20.1.271>
- [11]. Womack CJ, Rasmussen JM, Vickers DG, Paton CM, Osmond PJ, Davis GL. Changes in fibrinolysis following exercise above and below lactate threshold. *Thrombosis research*. 2006;118(2):263-8 <https://doi.org/10.1016/j.thromres.2005.06.016>.
- [12]. El-Sayed MS. Exercise intensity-related responses of fibrinolytic activity and vasopressin in man. *Medicine and science in sports and exercise*. 1990;22(4):494-500. <https://doi.org/10.1249/00005768-199008000-00013>
- [13]. MacLaren D, Morton J. *Biochemistry for sport and exercise metabolism: John Wiley & Sons*; 2011.
- [14]. Jafari M, Rahimzadeh S, Gharezadeh SJE. Effect of eight weeks High Intensity Interval Training (HIIT) on some atherogenic factors. 2021;23(3):79-84. doi:10.22034/23.3.79 (In Persian)
- [15]. Amini A SV, Mohammad Taghi M, Shirwani H. the effect of eight weeks of high intensity interval training (HIIT) on some coagulation factors (number of platelets, PT, PTT, fibrinogen) and fibrinolysis (D-dimer) in healthy young non-athletes men,. *Regional Conference of New Physiology and Sports Medicine Approaches*, Saqez, <https://civilicacom/doc/831031>. 2017; 3(5):661-73. <https://doi.org/10.22077/jpsbs.2015.15> (In Persian)
- [16]. Sobhani V, Mohammadi M, Shirvani H, Amini AJTHoMS. Long-Term Effect of High-Intensity Interval and Concurrent Exercise on Blood Coagulation and Fibrinolysis Parameters in Non-Athlete Healthy Young Men. 2016;22(4):329-36. doi:10.18869/acadpub.hms.22.4.329 (In Persian)
- [17]. Hatamy M, Rahmani HJJoS, Physiology E. Response of coagulation factors to different high intensity interval exercise protocols in young overweight men. 2021;14(1):1-8. <https://doi.org/10.52547/joeppa.14.1.1> (In Persian)
- [18]. Sackett JR. Hemostatic adaptations following a high-intensity interval training intervention in healthy men. 2015. <http://doi.org/liblink.bsu.edu/catkey/1787150>
- [19]. Hemati Nafar M, Kordi MR, Chubineh S, Chubineh SJJSoSB. The Effect of Six-weeks High Intensity Interval Training (HIIT) on Fibrinolytic Factors (t-PA, PAI-1& t-PA/PAI-1) in Sedentary Young men. 2013;5(3):77-89. <https://doi.org/10.22059/jsb.2013.32188> (In Persian)

- [20]. Dougherty CM, Glenny R, Kudenchuk PJ. Aerobic exercise improves fitness and heart rate variability after an implantable cardioverter defibrillator. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*. 2008;28(5):307. doi: 10.1097/01.HCR.0000336140.56322.1f
- [21]. Vatten LJ, Nilsen TI, Romundstad PR, Drøyvold WB, Holmen J. Adiposity and physical activity as predictors of cardiovascular mortality. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2006;13(6):909-15. <https://doi.org/10.1097/01.hjr.0000239463.80390.52>
- [22]. Helgerud J, Høydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, et al. Aerobic high-intensity intervals improve V̇O₂max more than moderate training. *Medicine & science in sports & exercise*. 2007;39(4):665-71. DOI: 10.1249/mss.0b013e3180304570
- [23]. Burgomaster KA, Howarth KR, Phillips SM, Rakobowchuk M, MacDonald MJ, McGee SL, et al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *The Journal of physiology*. 2008;586(1):151-60. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.142109>
- [24]. Whyte LJ, Gill JM, Cathcart AJ. Effect of 2 weeks of sprint interval training on health-related outcomes in sedentary overweight/obese men. *Metabolism*. 2010;59(10):1421-8. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2010.01.002>
- [25]. Jackson AS, Pollock ML. Practical assessment of body-composition. *Physician and Sportsmedicine*. 1985;13(5):76-& <https://doi.org/10.1080/00913847.1985.11708790>
- [26]. Borg G. Simple rating methods for estimation of perceived exertion. *Physical work and effort*. 1976:39-46. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-021373-6.50010-6>
- [27]. McMillan DE. Disturbance of serum viscosity in diabetes mellitus. *Journal of Clinical Investigation*. 2016;53(4):1071. <https://doi.org/10.1172/JCI107644>.
- [28]. Pallant J. SPSS survival manual: A step-by-step guide to data analysis using SPSS version 15. Maidenhead, Berkshire, England: McGraw-Hill Education. 2007. <https://doi.org/10.1111/1753-6405.12166>
- [29]. El-Sayed MS. Effects of exercise on blood coagulation, fibrinolysis and platelet aggregation. *Sports medicine*. 1996;22(5):282-98. <https://doi.org/10.2165/00007256-199622050-00002>
- [30]. Rezaeimanesh DJAoPP. The effects of high-intensity interval training on fibrinolytic factors, D-dimer, and fibrinogen in men with type 2 diabetes. 2020;1:154.
- [31]. Burg PVD, Hospers J, Van Vliet M, Mosterd W, Bouma B, Huisveld I. Effect of endurance training and seasonal fluctuation on coagulation and fibrinolysis in young sedentary men. *Journal of Applied Physiology*. 2018;82(2):613-20. <https://doi.org/10.1152/jappl.1997.82.2.613>
- [32]. Van Guilder GP, Hoetzer GL, Smith DT, Irmiger HM, Greiner JJ, Stauffer BL, et al. Endothelial t-PA release is impaired in overweight and obese adults but can be improved with regular aerobic exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 2005;289(5):E807-E13. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00072.2005>
- [33]. Rajabi H, Khedmatgozar E, Dastmalchi J, Dehkoda MJJSMJ. Comparison of high-intensity

- interval and continuous training effects on plasma levels of fibrinolytic factors in CAD patients. 2019;18(3):287-300. <https://doi.org/10.22118/jsmj.2019.193157.1755>
- [34]. Khademi A, Tofighee A. The effect of aerobic, resistance and concurrent exercise on some of the major blood homeostasis factors. *Journal of Social Sciences and Humanities Research*. 2020;8(2).
- [35]. Hemati Nafar M, Kordi MR, Chubineh S, Chubineh S. The Effect of Six-weeks High Intensity Interval Training (HIIT) on Fibrinolytic Factors (t-PA, PAI-1& t-PA/PAI-1) in Sedentary Young men. *Journal of Sport Biosciences*. 2013;5(3):77-89. <https://doi.org/10.22059/jsb.2013.32188>
- [36]. Buchan DS, Ollis S, Young JD, Thomas NE, Cooper SM, Tong TK, et al. The effects of time and intensity of exercise on novel and established markers of CVD in adolescent youth. *American Journal of Human Biology*. 2011;23(4):517-26. <https://doi.org/10.1002/ajhb.21166>
- [37]. Karampour S, Gaeini AA. Response of coagulation and anti-coagulant factors of elite athletes following acute resistance and high-intensity interval training. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 2017;58(1-2):120-6. DOI: 10.23736/s0022-4707.17.06822-0
- [38]. Hegde SS, Goldfarb AH, Hegde S. Clotting and fibrinolytic activity change during the 1 h after a submaximal run. *Medicine and science in sports and exercise*. 2001;33(6):887-92. DOI: 10.1097/00005768-200106000-00006
- [39]. Desouza CA, Dengel DR, Rogers MA, Cox K, Macko RF. Fibrinolytic responses to acute physical activity in older hypertensive men. *Journal of applied physiology*. 2019;82(6):1765-70. <https://doi.org/10.1152/jappl.1997.82.6.1765>
- [40]. Ahmad A, Ali F, Ali HJAiR. Effect of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on plasminogen activator inhibitor-1 in Type 2 diabetic women. 2022;36(1). <https://doi.org/10.5114/areh.2022.122031>
- [41]. Stratton JR, Chandler WL, Schwartz RS, Cerqueira MD, Levy WC, Kahn SE, et al. Effects of physical conditioning on fibrinolytic variables and fibrinogen in young and old healthy adults. *Circulation*. 1991;83(5):1692-7. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.83.5.1692>
- [42]. Sackett JR, Farrell DP, Nagelkirk PRJIJoSM. Hemostatic adaptations to high intensity interval training in healthy adult men. 2020;41(12):867-72. DOI: 10.1055/a-1165-2040
- [43]. Hilberg T, Menzel K, Wehmeier UF. Endurance training modifies exercise-induced activation of blood coagulation: RCT. *European journal of applied physiology*. 2013;113(6):1423-30. DOI:10.1007/s00421-012-2564-9
- [44]. Suzuki T, Yamauchi K, Yamada Y, Furumichi T, Furui H, Tsuzuki J, et al. Blood coagulability and fibrinolytic activity before and after physical training during the recovery phase of acute myocardial infarction. *Clinical cardiology*. 2020;15(5):358-64. <https://doi.org/10.1002/clc.4960150510>
- [45]. Eledo BO, Igwe R, Okamgba OC, Izah SC. Effect of Exercise on Some Haemostatic Parameters Among Students in a Tertiary Educational Institution in Nigeria. *American Journal of Health Research*. 2017;5(5):145-8. doi: 10.11648/j.ajhr.20170505.15
- [46]. Abd El-Kader SM, Al-Jiffri OH. Coagulation, fibrinolytic and cytokines parameters response to

- weight reduction in obese subjects. *European Journal of General Medicine*. 2018;15(1):27-32. <https://doi.org/10.29333/ejgm/81730>
- [47]. O'Donovan G, Owen A, Bird SR, Kearney EM, Nevill AM, Jones DW, et al. Changes in cardiorespiratory fitness and coronary heart disease risk factors following 24 wk of moderate-or high-intensity exercise of equal energy cost. *Journal of applied physiology*. 2005;98(5):1619-25. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01310.2004>
- [48]. Eslami R, Heidary D, Mehdipour A, Heidari SJSJoIBTO. The Effects of Acute Exercise and Exercise Training on Plasma Fibrinogen Levels in Healthy Individuals: A Meta-Analysis. 2021;18(2):127-41. DOI: 10.1371/journal.pone.0151653
- [49]. Filar-Mierzwa K, Marchewka A, Dąbrowski Z, Bac A, Marchewka JJCh, microcirculation. Effects of dance movement therapy on the rheological properties of blood in elderly women. 2019;72(2):211-9. DOI: 10.3233/CH-180470
- [50]. Chen Y-W, Apostolakis S, Lip GY. Exercise-induced changes in inflammatory processes: Implications for thrombogenesis in cardiovascular disease. *Annals of medicine*. 2014;46(7):439-55. doi: 10.3109/07853890.2014.927713. Epub 2014 Jul 11.
- [51]. Li N, He S, Blombäck M, Hjemdahl P. Platelet Activity, Coagulation, and Fibrinolysis During Exercise in Healthy Males Effects of Thrombin Inhibition by Argatroban and Enoxaparin. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*. 2007;27(2):407-13. DOI: 10.1161/01.ATV.0000253906.19648.ac
- [52]. Ghanbari Niaki A, Mohammadi S. Effect of 4 Weeks of an Aerobic (RAST) Training on Hematological Changes In Male Kick-Boxers. *Journal of Applied Exercise Physiology (Journal of Sports Science)*. 2010;5(10):75-87. (In Persian)
- [53]. Meade T, Ruddock V, Stirling Y, Chakrabarti R, Miller G. Fibrinolytic activity, clotting factors, and long-term incidence of ischaemic heart disease in the Northwick Park Heart Study. *The Lancet*. 1993;342(8879):1076-9. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(93\)92062-X](https://doi.org/10.1016/0140-6736(93)92062-X)
- [54]. El-Sayed MS, Ali N, Ali ZE-SJSm. Aggregation and activation of blood platelets in exercise and training. *Sports medicine*. 2005;35(1):11-22.
- [55]. Nemati G, Rahmani Nf, Mirzayi B. Effect of eccentric contraction on hematological blood markers in non-athlete young man. *Sport Physiology (Research On Sport Science)*. 2012;4(15):71-82. (In Persian)