Research Paper

Responses of Hemodynamic and Hematological Changes to Resistance Exercise with and Without Blood Flow Restriction in Patients with Type 2 Diabetic

Elahe Malekyian Fini[1*], Mahbubeh Motefakker[2], Sajad Ahmadizad[3], Morteza Salimian[4], Fatemeh Mokhtari Andani[5]

1. PhD in Physical Education and Sports Science, Department of Biological Sciences in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
2. M.Sc of Hematology laboratory, Department of Laboratory Sciences, School of Allied Medical Sciences, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, Iran.
3. Professor, Department of Biological Sciences in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
4. Assistant Professor of Hematology, Department of Laboratory Sciences, School of Allied Medical Sciences, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, Iran.
5. PhD in biochemistry and sport metabolic, Department of exercise physiology, Faculty of sport sciences, Mazandaran University, Babolsar, Iran.

Received: 2022/05/29 **Accepted:** 2022/11/19

Abstract

Introduction: Diabetes is one of the most important health problems in the world. The aim of this study was to evaluate the response of a session of resistance exercise with blood flow restriction (REBFR) to hemodynamic and hematological changes in type 2 diabetic patients.

Materials and Methods: Fifteen patients with type 2 diabetes performed knee flexion and extension of the resistance exercise with and without BFR in two sessions with intensity of 20% and 80% 1RM, respectively. Hemodynamic and hematological changes were measured at before, immediately and 30 minutes after exercise. Repeated analysis of variance was used to evaluate the effect of the intervention on quantitative factors.

Results: The mean values of systolic and diastolic blood pressure and heart rate values in both training sessions were not significantly different ($P < 0.05$). The results showed that there was no significant difference between WBC, RBC, HCT, Hb, MCH, MCHC, MCV and PV indices between resistance exercise sessions with and without BFR ($P < 0.05$). According to the findings, the amount of RBC and Hb increased significantly immediately after REBFR ($P < 0.05$), which returned to resting levels after 30 minutes of recovery.

Conclusion: Low-intensity REBFR due to no significant change in hemodynamic, hematological and platelet parameters can be an effective and low-cost mechanism in preventing cardiovascular disease in patients with type 2 diabetes and as a Non-pharmacological treatment system and alternative to high-intensity resistance exercise to prevent muscle atrophy, especially in clinical populations, especially diabetics.

***Corresponding Author:** Nilofar Mikaeili Fini
Address: Kashan, km 6, Qutb Rawandi Blvd., Kashan University, Department of Physical Education and Sports Sciences
Tel: 03155912892
E-mail: malekyian.e@gmail.com

Keywords: Resistance exercise, Blood flow restriction, Diabetes, Hematocrit, Hemoglobin, Red blood cells

How to cite this article: Malekyian Fini E., Motefakker M, Ahmadizad S., Salimian M, Mokhtari Andani F. Responses of Hemodynamic and Hematological Changes to Resistance Exercise with and Without Blood Flow Restriction in Patients with Type 2 Diabetic, Journal of Sabzevar University of Medical Sciences, 2023; 30(2):284-300.

Copyright © 2023 Sabzevar University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution- Non Commercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.
Published by Sabzevar University of Medical Sciences.

Introduction

Hemoreology is a branch of biology that specifically affects the blood and its interactions with the effects on the blood. Blood is made up of two parts, plasma (mainly water) and hematocrit (HCT), all of which originate from bone marrow-based stem cells. Blood hematocrits consisting of white blood cells (WBC), red blood cells (RBCs) and platelets (PLT) float in plasma.

There is little information on hematological changes after resistance exercise with blood flow restriction in clinical populations. On the one hand, in diabetic patients, the natural behavior of red blood cells, especially in blood circulation, changes, and on the other hand, high -intensity resistance exercise may exacerbate this red blood cell behavior. Therefore, due to the importance of implementation of resistance exercise as a non -pharmaceutical therapeutic system and the prevention of muscle atrophy in these clinical populations, the present study aimed to investigate the effect of low -intensity resistance exercise along with blood flow restriction to hematological changes.

Methodology

Fifteen women with type 2 diabetes participated in the study. Participants were screened and consulted by a cardiologist for any heart condition including ischemia, angina pectoris, arrhythmia, heart failure, and abnormal ECG. Participants received no more than two medicines at the time of the study and did not receive insulin, antiplatelet drugs such as aspirin, NSAID, and Clopidogrel. Participants who had bone or joint problems (lower back and knee), muscle injury, any other condition that stopped them from doing exercise, a history of specific infectious and immune disorders, smoking, and alcohol consumption were excluded. Participants completed a Medical History Questionnaire as well as an informed consent form after explaining the study protocols and having understood the procedures. This study is carried out conforming to the guidelines for the use of human subjects in research as outlined in the current Declaration of Helsinki and was approved by the University Ethical Board (IR.KAUMS.REC.1399.035).

Participants attended the laboratory in two different sessions with one week intervening and performed unilateral knee flexion and extension exercises either with or without BFR in a randomized, crossover design. Participants were instructed to refrain from exercise for 48 h before reporting to the laboratory for testing.

In each trial, after changing the attire, participants rested in the sitting position for 20 min where the first fasting blood sample was taken. Thereafter, they had 5 min general warm-up and 2, 3 min static and dynamic stretching exercises for thigh and leg muscles. After the general warm-up and prior to the main exercise protocol, a specific warm-up including knee flexion and extension (2 sets of 8 repetitions) with an unloaded machine and a light load was performed. The resistance exercise protocol consisted of 3 sets of 6 repetitions at 80% of 1-RM for knee flexion and extension with the dominant leg. Two minutes of rest was allowed between sets and exercises. A second venous blood sample was taken immediately after exercise. Participants were then rested on the chair for 30 min and at the end of this period (recovery), the third blood sample was taken. At the end of each set, we recorded heart rate and blood pressure. The second exercise trial included performing 3 sets of 15 repetitions at 20% of 1-RM for knee flexion and extension exercises with BFR. For the BFR condition, a lower extremity pressure cuff (AS-027, ABN Company, Indonesia) with a range of 406 to 660mm was placed around the most proximal portion of the exercised leg and inflated to a pressure of 150 mmHg. In this session, 30 s rest was given between sets and exercises, and all measurements were made similar to the exercise trial without BFR.

Results

The mean blood pressure of systole and diastolic blood pressure in both exercise sessions was not significantly different with and without blood flow restriction ($P > 0.05$). The mean blood pressure of systole and diastolic blood pressure in the knee extension exercise at rest and immediately after the third set in resistance exercise with and without blood flow restriction had no significant changes ($P > 0.05$). Comparison of systolic blood pressure in the knee flexion exercise and with restriction of blood flow increased at rest and immediately after the end of the third set, which was statistically significant (P

<0.05). Systolic blood pressure increased in the rest of the knee flexion exercise without blood flow restriction, and immediately after the end of the third set, which was statistically significant (P <0.05). Comparison of diastolic blood pressure values at the time of blood flow restriction and knee flexion exercise had significant changes at the end of the third set compared to the rest period (P <0.05). Average diastolic blood pressure at the time of implementation of knee flexion exercise and without blood flow restriction from rest time to immediate after the third set did not significantly change (P >0.05).

Research results showed that there was no significant difference between resistance exercise sessions with and without blood flow restriction in WBC, RBC, HCT, HB, MCH, MCHC, MCV and PV indicators (P >0.05). According to the findings, the value of RBC and HB immediately after resistance exercise with blood flow restriction, from 4.95± 0.61 to 5.06±0.55 and from 13.54±1.43 to 13.94±1.22 increased significantly (P <0.05), which returned to rest after 30 minutes of recovery and eliminating the response effect. The WBC index increased immediately after the resistance exercise without blood flow restriction from 6.56±1.14 to 7.09±1.40 but was not significant (P >0.05); But after 30 minutes of recovery, there was a significant decrease (P <0.05). The MCV index was significantly reduced 30 minutes after resistance exercise with blood flow restriction (83.91±5.71 to 82.55±3.99) (P <0.05). Plasma volume decreased by 4.7 % and 2.4 %, respectively, but between two ways of resisting activity was not statistically significant (P >0.05).

Discussion

The results of the present study showed that systole and diastolic blood pressure were the same as both exercise sessions. One of the reasons for the same results of the average blood pressure of the two exercise methods can be to integrate training load (intensity and volume of exercise). On the other hand, the performance of high -intensity exercise causes the release of ANP, which can adjust blood pressure. Accordingly, it can be concluded that the changes in blood pressure in two exercise methods are equal. Measuring blood pressure during a resistance exercise can be useful to prevent adverse hypertension and reduce cardiovascular risk, especially in patients with hypertension. During resistance exercise, blood pressure increases according to the intensity of exercise. In fact, with the onset of resistance exercise, the increase in sympathetic stimulation, plasma catecholamine and decreased parasympathetic activity increase blood pressure and it increases with increasing exercise intensity.

According to the research findings, the number of red blood cells (RBC) and hemoglobin (HB) increased immediately after resistance exercise with blood flow restriction. In line with the findings of our study, studies that examined hematological responses to resistance exercise showed that a resistance exercise session would significantly increase RBC and HB levels, which are transient in response to resistance exercise, and after 30 Recovery minutes back to the pre - exercise level. Exposure to hypoxia is recognized as an important factor that can cause multiple changes in metabolic and physiological levels. This may have adverse effects on some rheological and blood behavioral parameters that can directly affect the oxygen supply to the tissue. Along with our findings, Ahmadinezad et al. (2005) showed an increase in the number of RBC and HB, which increased all of these transient rheological parameters and returned to the previous level by the end of recovery. On the other hand, the increase in RBC in the blood can result in the release of the RBC stored in the spleen, which results in an increase in blood HB per unit volume.

Conclusion

The overall trend of the research shows that a session of blood flow restriction compared to traditional resistance activity shows similar results in the amount of hemodynamic and hematological indices in diabetic patients; there have been no significant changes in these indicators. On the other hand, as studies have shown that resistance activity in a traditional way compared to resistance activity with blood flow limitation (due to low load and volume) results in increased platelet activity. Therefore, implementation of low -intensity resistance exercise and with limited blood flow due to the lack of significant change in hemodynamic,

hematological and platelets can be effective and low -cost mechanisms in preventing cardiovascular disease in patients with type 2 diabetes and as a diabetes, as this study showed the results of resistance exercise with low -intensity and blood flow restriction similar to traditional resistance exercises.

Acknowledgment

Thank you to everyone who helped us with this research.

Conflict of Interest: Researchers in this study did not have any conflict of interest.

مقاله پژوهشی

پاسخ تغییرات همودینامیک و هماتولوژیک به فعالیت مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون در بیماران دیابتی نوع ۲

الهه ملکیان فینی[1*]، محبوبه متفکر[2]، سجاد احمدی‌زاد[3]، مرتضی سلیمیان[4]، فاطمه مختاری اندانی[5]

۱. دکتری، گروه علوم زیستی ورزشی، دانشکدهٔ علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. کارشناس ارشد آزمایشگاه تحقیقات هماتولوژی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، ایران
۳. دانشیار، گروه علوم زیستی ورزشی، دانشکدهٔ علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۴. استادیار گروه هماتولوژی، گروه علوم آزمایشگاهی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، کاشان، ایران
۵. دکتری بیوشیمی و متابولیک ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۸

* نویسندهٔ مسئول: الهه ملکیان فینی
نشانی: کاشان، کیلومتر ۶ بلوار قطب راوندی، دانشگاه کاشان گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، کد پستی: ۸۷۳۱۷۵۳۱۵۳
تلفن: ۰۳۱۵۵۹۱۲۸۹۲
رایانامه: malekyian.e@gmail.com
شناسه ORCID: 0000-0002-9804-1518
شناسه ORCID نویسنده اول: 0000-0002-9804-1518

کلیدواژه‌ها:
فعالیت مقاومتی، محدودیت جریان خون، دیابت، هماتوکریت، هموگلوبین، گلبول قرمز

چکیده

زمینه و هدف: بیماری دیابت از مهم‌ترین مشکلات سلامت در سراسر جهان می‌باشد. هدف از این پژوهش، بررسی پاسخ یک جلسه فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون بر تغییرات همودینامیک و هماتولوژیک بیماران دیابتی نوع ۲ بود.

مواد و روش‌ها: پانزده بیمار مبتلا به دیابت نوع ۲، فعالیت مقاومتی بازکردن و خم کردن زانو با و بدون محدودیت جریان را در دو جلسه به‌ترتیب با شدت ۲۰ و ۸۰ درصد 1RM اجرا کردند. اندازه‌گیری تغییرات همودینامیکی و هماتولوژیکی قبل، بلافاصله و ۳۰ دقیقه پس از فعالیت صورت گرفت. برای بررسی تأثیر مداخله بر فاکتورهای کمی از آنالیز واریانس مکرر استفاده شد.

یافته‌ها: میانگین مقادیر فشار خون سیستول و دیاستول و مقادیر ضربان قلب در هر دو جلسه تمرینی تفاوت معناداری نداشت (P> ۰/۰۵). نتایج نشان داد که بین جلسات فعالیت مقاومتی با محدودیت و بدون محدودیت، جریان تفاوت معناداری در شاخص‌های WBC، RBC، HCT، Hb، MCH، MCHC، MCV و PV مشاهده نشد (P> ۰/۰۵). با توجه به یافته‌ها، مقدار RBC و Hb بلافاصله پس از فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون، افزایش معناداری یافت (P< ۰/۰۵) که بعد از ۳۰ دقیقه ریکاوری، به سطوح استراحتی بازگشت.

نتیجه‌گیری: اجرای فعالیت مقاومتی با شدت کم و با محدودیت جریان خون به دلیل نبود تغییر معنادار شاخص‌های همودینامیکی، هماتولوژیکی و پلاکتی می‌تواند سازوکار مؤثر و کم‌هزینه در جلوگیری از بروز بیماری‌های قلبی- عروقی در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ باشد و به‌عنوان یک سیستم درمانی غیردارویی و جایگزین تمرین مقاومتی با شدت بالا از آتروفی عضلات به‌ویژه در جمعیت‌های بالینی به‌ویژه بیماران دیابتی پیشگیری کند.

مقدمه

فعالیت ورزشی منظم علاوه بر بهبود عملکرد ورزشی، تأثیرات مفیدی بر سلامتی افراد دارد (۱). برنامه‌های ورزشی در مراحل پیشگیری، درمان و بهبودی بیماری‌های قلبی- عروقی، ریوی و متابولیکی (۲) تجویز می‌شود.

همورئولوژی، شاخه‌ای از بیورئولوژی است که به‌طور خاص بر خون و فعل و انفعالات آن تحت تأثیر محدودیت‌های اعمال‌شده

Copyright © 2023 Sabzevar University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution- Non Commercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.
Published by Sabzevar University of Medical Sciences.

تمرکز می‌کند. خون از دو بخش پلاسما[1] (به‌طور عمده آب) و هماتوکریت (HCT)[2] تشکیل شده که منشأ همه آنها سلول بنیان[3] مستقر در مغز استخوان است (۳). هماتوکریت خون متشکل از گلبول‌های سفید (WBC)[4]، قرمز (RBC)[5] و پلاکت‌ها (PLT)[6] در پلاسما شناورند (۳).

تأثیرات کوتاه‌مدت و بلندمدت شیوه‌های مختلف فعالیت ورزشی بر هموروئولوژی به‌خوبی تعریف شده است (۴). مطالعات مقطعی در مقایسه ورزشکاران با افراد کم‌تحرک نشان داده است که ورزشکاران، ویسکوزیته خون، PV[7] و Hct کمتری دارند (۵). اثر حاد، به پاسخ فیزیولوژیکی در زمان اجرای فعالیت ورزشی اشاره دارد. برخلاف یافته‌های مربوط به تمرین ورزشی، مطالعاتی که تأثیرات حاد فعالیت ورزش هوازی را بررسی می‌کنند، افزایش WBV[8] را نشان داده‌اند که عمدتاً به دلیل افزایش هموگلوبین است، همچنین تغییرات در رئولوژی گلبول‌های قرمز به دلیل افزایش تجمع RBC و کاهش تغییر شکل RBC است (۶). تغییرات رئولوژی خون به دنبال اجرای شیوه‌های متفاوت فعالیت ورزشی یکسان نیست. فعالیت ورزشی به نوع، مدت، شدت و زمان فعالیت ورزشی و همچنین شرایط محیطی بستگی دارد (۴).

افزایش سطح گلوکز، غشای گلبول قرمز را سفت می‌کند و رفتار طبیعی گلبول‌های قرمز را به‌ویژه در گردش خون تغییر می‌دهد که یکی از مهم‌ترین پیامدهای گلبول‌های قرمز تغییریافته، افزایش WBV است (۷). علاوه بر این، هماتوکریت در دیابت به دلیل افزایش نفوذپذیری دیواره عروق مویرگی افزایش یافته است که به‌نوبه خود باعث افزایش WBV می‌شود (۷). همچنین بین حساسیت به انسولین و هموروئولوژی، رابطه منفی وجود دارد (۸). همچنین مقادیر بالایی از هموگلوبین گلیکوزیله شده در این بیماران با کاهش تغییر شکل‌پذیری اریتروسیت‌ها مرتبط شده است (۸).

فعالیت مقاومتی یا تمرین با وزنه، برای پیشگیری از بروز آسیب‌ها، افزایش حجم عضلانی و همچنین در برنامه‌های توانبخشی استفاده می‌شود (۹، ۱۰). مطالعات در مورد بررسی پاسخ هموروئولوژیکی به فعالیت مقاومتی نشان داده است که یک جلسه فعالیت مقاومتی منجر به افزایش معنادار در سطوح RBC، Hb و Hct شده است (۱۱، ۱۲).

با مطالعه پیشینه پژوهش در زمینه تأثیرات فعالیت بدنی بر عوامل هماتولوژیک مشخص می‌شود در پژوهش‌های گوناگون، عمده برنامه‌های تمرینی از نوع استقامتی یا مقاومتی در افراد سالم بوده است. از این رو، اطلاعات اندکی در مورد تغییرات هموتولوژیک پس از فعالیت‌های مقاومتی با محدودیت جریان خون در جمعیت‌های بالینی وجود دارد. از سویی در بیماران دیابتی، رفتار طبیعی گلبول‌های قرمز به‌ویژه در گردش خون، تغییر می‌کند و از سویی دیگر، فعالیت مقاومتی با شدت بالا، احتمالاً این رفتار گلبول قرمز را تشدید می‌کند. از این رو، بنابر اهمیت اجرای فعالیت مقاومتی به‌عنوان یک سیستم درمانی غیردارویی و نیز پیشگیری از آتروفی عضلات در این جمعیت‌های بالینی، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر فعالیت مقاومتی با شدت کم همراه با محدودیت جریان خون بر تغییرات هموتولوژیک اجرا شده است.

۲. مواد و روش

این مطالعه کارآزمایی بالینی با کد اخلاق IR.KAUMS.REC.1399.035 در کمیته اخلاق معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کاشان ثبت گردید. ۱۵ بیمار مبتلا به دیابت نوع ۲، به‌صورت نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و در مطالعه شرکت کردند که سابقه فعالیت منظم ورزشی نداشتند. آزمودنی‌ها در شش ماه اخیر، تمرین مقاومتی نداشتند و مبتلا به بیماری مفاصل نبودند. آزمودنی‌ها دارای بیماری آشکار قلبی از جمله بیماری ایسکمیک قلبی شامل MI، آنژین صدری، آریتمی، نارسایی قلبی، بیماری دریچه‌ای نبودند و ECG غیرطبیعی نداشتند. آزمودنی‌های موردمطالعه به‌طور هم‌زمان بیش از دو نوع دارو دریافت نمی‌کردند و مصرف انسولین، داروهای ضدپلاکتی مثل آسپرین، NSAID و Clopidogrel نیز نداشتند. سابقه بیماری خاص عفونی و ایمنی، کشیدن سیگار، مصرف نوشیدنی‌های حاوی الکل، مکمل‌های غذایی و داروهای ضدالتهابی، آسیب عضلانی، آسیب مفصل زانو و لگن و نیز صدمات بافتی یا مفصلی به دنبال اجرای تمرینات مقاومتی، از مهم‌ترین عوامل خروج آزمودنی‌ها در این طرح تحقیق بود. ابتدا آزمودنی‌ها پیش از ورود به مطالعه توسط پزشک متخصص قلب مشاوره و پس از تأیید پزشک متخصص وارد مطالعه شدند. آزمودنی‌ها پرسش‌نامه سلامت و سابقه پزشکی و همچنین فرم رضایت‌نامه آگاهانه شرکت در آزمون را تکمیل و امضا کردند و به آنان این اطمینان داده شد که در هر مرحله از مطالعه می‌توانند از این طرح تحقیق خارج شوند.

1. Plasma
2. Hematocrit
3. Stem cell
4. White blood cell
5. Red blood cell
6. Platelets
7. Plasma volume
8. Whole blood viscosity

متغیر مستقل پژوهش، فعالیت مقاومتی با محدودیت و بدون محدودیت جریان خون و متغیرهای وابسته پژوهش، عوامل همودینامیکی (ضربان قلب و فشار خون سیستول و دیاستول) و عوامل خون‌شناسی آزمودنی‌ها شامل WBC (گلبول سفید)، RBC (گلبول قرمز)، RDW (پهنای توزیع گلبول قرمز)، HCT (هماتوکریت)، HB (هموگلوبین)، MCH (مقدارمتوسط هموگلوبین)، MCHC (غلظت متوسط هموگلوبین)، MCV (میانگین حجم گلبول قرمز) و PV (حجم پلاسما) بوده است. ابتدا کلیه مراحل و شیوه اجرای طرح تحقیقاتی برای آزمودنی‌ها شرح و ویژگی‌های آزمودنی‌ها (سن، قد، وزن، توده بدنی، WHR) طی دو جلسه ثبت گردید و آزمودنی‌ها با شیوه اجرای تمرین مقاومتی و نحوه اندازه‌گیری حداکثر قدرت بیشینه آشنا شدند. در طول جلسات آشنایی، این اطمینان حاصل شد که همه آزمودنی‌ها، روش‌های صحیح اجرای فعالیت مقاومتی با محدودیت و بدون محدودیت جریان را فراگرفته‌اند. از کلیه آزمودنی‌های طرح تحقیق آزمون ECG گرفته شد.

۱.۲. اندازه‌گیری یک تکرار بیشینه (1RM)

پس از آشنایی آزمودنی‌ها با روش تمرین و روش تعیین حداکثر قدرت، در روز سوم 1RM[1] در دو حرکت جلوپا و پشت پا گرفته شد. یک تکرار بیشینه آزمودنی‌ها در حرکات با وزنه به روش زیر و بر اساس فرمول برزیسکی تعیین گردید (۱۳).

$$1\text{RM} = \frac{\text{وزنه جابه جاشده}(kg)}{1.0278 - (0.0278 \times \text{تعداد تکرار})}$$

۲.۲. برنامه تمرینی

آزمودنی‌ها در هر جلسه قبل از آشنایی با روش اجرای تمرین و نیز اجرای پروتکل تمرینی، به گرم کردن گروه‌های عضلانی (چهارسرانی، همسترینگ و دوقلو) با حرکات کششی ایستا و پویا پرداختند.

هر آزمودنی در یک جلسه در نوبت صبح در محل سالن بدنسازی حضور یافت و پروتکل فعالیت مقاومتی را اجرا و در جلسه دیگر با فاصله ۸-۶ روز پروتکل فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون را اجرا کرد. آزمودنی‌ها هنگام ورود به سالن بدنسازی و قبل از اجرای پروتکل تمرینی به مدت ۳۰-۲۰ دقیقه در حالت نشسته به استراحت پرداختند. پس از استراحت و در وضعیت ناشتا، اولین نمونه خونی گرفته شد. پیش از شروع تمرین، گرم کردن مشابه آن چه در جلسه تعیین 1RM انجام شد اجرا شد. گرم کردن شامل ۴ دقیقه حرکات کششی ایستا و ۴ دقیقه حرکت کششی پویا در پایین تنه به‌ویژه عضلات درگیر در طرح تمرین بود. سپس پروتکل فعالیت مقاومتی را اجرا کردند. پس از اتمام فعالیت بلافاصله، دومین نمونه خونی گرفته شد. سپس آزمودنی‌ها به مدت ۳۰ دقیقه بر روی صندلی در حالت استراحت قرار گرفتند و در انتهای زمان استراحت، نمونه خونی سوم گرفته شد. پروتکل تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون نیز شامل فعالیت بازکردن زانو و خم کردن زانو بود. محدودیت جریان خون در عضله چهارسرانی با کاف محدودکننده به عرض ۱۷/۵ سانتی‌متر و فشار ۱۵۰ میلی‌متر جیوه به‌صورت تداومی اعمال گردید. کاف محدودکننده در انتهای پروگزیمال پای برتر، بسته شد. سپس آزمودنی بر روی دستگاه نشسته و فشار کاف اعمال شد. در پایان هر ست، ضربان قلب و فشار خون ثبت گردید. شایان ذکر است که ترتیب اجرای دو جلسه برای آزمودنی‌ها تصادفی و به شکل متقاطع بود.

جدول ۱. فعالیت مقاومتی با محدودیت و بدون محدودیت جریان خون

	مقاومت (بار)	تکرار	ست	استراحت
جلسه اول	٪۸۰	۶	۳	s۱۲۰
جلسه دوم	٪۲۰	۱۵	۳	s۳۰

۳.۲. خون‌گیری و تحلیل آزمایشگاهی

برای کسب اطلاع از تغییرات عوامل هماتوژیکال متعاقب فعالیت ورزشی مقاومتی با محدودیت و بدون محدودیت جریان خون، پنج سی‌سی از خون سیاهرگی هر آزمودنی بدون ایجاد کمترین آسیب بافتی و عروقی به‌آرامی و با کمترین فشار در حالت نشسته، ۳ نوبت (پیش از فعالیت، بلافاصله و ۳۰ دقیقه پس از فعالیت) گرفته شد. نمونه‌های خونی بلافاصله به لوله‌های حاوی ماده ضدانعقاد K3EDTA ریخته شد و در آزمایشگاه بالینی شاخص‌های هماتولوژیک MCHC, MCH, MCV, HCT, HB, RBC, با استفاده از دستگاه Cell (Sysmex K-1000)

1. Repetition Maximum

Counter ساخت ژاپن تجزیه و تحلیل شد.

حجم پلاسمایی خون (PV) نیز با استفاده از معادله دیل و کاستیل[1] محاسبه شد (۱۳).

$$\%\Delta PV=((HB1/HB2)\times((100-HCT2)/(100-HCT1))-1)\times100$$

جداول و شاخص‌های مرکزی و پراکندگی در قالب روش‌های آمار توصیفی بیان گردید. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها به‌عنوان پیش‌فرض از روش‌های به‌کاررفته در آزمون کولموگروف اسمیرنف استفاده شد.

برای بررسی تأثیر مداخله بر فاکتورهای کمی در فاز حاد از آنالیز واریانس مکرر (۳×۲) استفاده شد. به‌منظور بررسی داده‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS22 استفاده گردید. سطح معنی‌داری برای تمام تحلیل‌های آماری P< ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

۳. یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. میانگین مقادیر فشار خون سیستول و دیاستول در هر دو جلسه تمرینی با محدودیت و بدون محدودیت جریان، تفاوت معناداری نداشت (P> ۰/۰۵). میانگین مقادیر فشار خون سیستول و دیاستول در حرکت باز کردن زانو در زمان استراحت و بلافاصله پس از ست سوم در فعالیت مقاومتی با محدودیت و بدون محدودیت جریان، تغییرات معناداری نداشت (P> ۰/۰۵). مقایسه مقادیر فشار خون سیستول در حرکت خم کردن زانو و با محدودیت جریان خون، در زمان استراحت و بلافاصله بعد از پایان ست سوم افزایش یافت که از لحاظ آماری، معنادار بود (P< ۰/۰۵). فشار خون سیستول در حرکت خم کردن زانو و بدون محدودیت جریان خون، در زمان استراحت و بلافاصله بعد از پایان ست سوم افزایش یافت که از لحاظ آماری معنادار بود (P< ۰/۰۵). مقایسه مقادیر فشار خون دیاستولی در زمان محدودیت جریان خون و در حرکت خم کردن زانو، در پایان ست سوم نسبت به دوره استراحت، تغییرات معناداری داشت (P<۰/۰۵). میانگین فشار خون دیاستولی در زمان اجرای حرکت خم کردن زانو و بدون محدودیت جریان خون از مقادیر زمان استراحت به بلافاصله بعد از ست سوم، تغییر معناداری نداشت (P>۰/۰۵) (جدول ۳)

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها

ویژگی / شاخص آماری	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	BMI (کیلوگرم بر مترمربع)	WHR	یک تکرار بیشینه (1RM) (کیلوگرم)	
						باز کردن زانو	خم کردن زانو
میانگین (انحراف معیار)	±۷/۲۴ ۴۷/۶۰	±۶/۸۷ ۱۵۶/۸۰	±۱۳/۷۸ ۶۹/۷۲	۲۸/۴۳ ±۵/۳۹	±۰/۰۶ ۰/۸۶	۴۱/۰۰ ±۱۳/۵۲	±۱۱/۶۹ ۲۸/۴۶

جدول ۳. میانگین (± انحراف معیار) فشار خون سیستول و دیاستول در دو شیوه تمرینی با محدودیت و بدون محدودیت جریان خون

نوع حرکت	نوع فعالیت	مرحله فعالیت	فشار خون سیستول	فشار خون دیاستول
باز کردن زانو	محدودیت جریان خون	استراحت	۱۲۳±۱۸	۸۳/۳±۱۲/۹
		پایان فعالیت	۱۲۲±۱۷	۸۱/۳±۸/۳
	بدون محدودیت جریان خون	استراحت	۱۲۲±۱۲	۸۲/۶±۱۰/۳
		پایان فعالیت	۱۲۳±۱۵	۸۰/۶±۱۱/۶
خم کردن زانو	محدودیت جریان خون	استراحت	۱۲۳±۱۸	۸۳/۳±۱۲/۹
		پایان فعالیت	۱۳۷±۲۴*	۹۱/۳±۱۳"
	بدون محدودیت جریان خون	استراحت	۱۲۲±۱۲	۸۲±۱۱/۴
		پایان فعالیت	۱۳۱±۱۸*	۸۸/۶±۱۰/۶

نشان‌دهنده تفاوت معناداری بین شیوه‌های تمرینی با محدودیت و بدون محدودیت جریان خون

*** نشان‌دهنده تفاوت معناداری بین مرحله استراحت و پایان فعالیت**

1. Dill and Costill

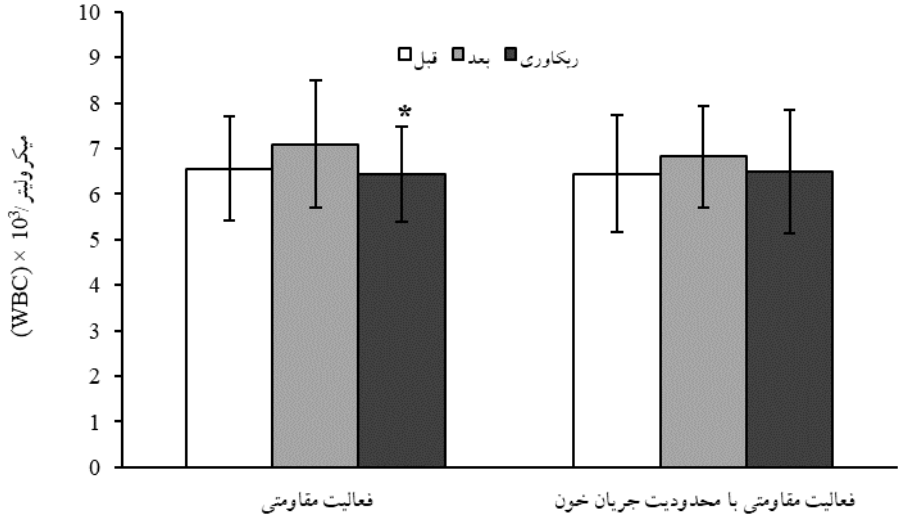
میانگین مقادیر ضربان قلب در هر دو جلسه تمرینی با محدودیت و بدون محدودیت جریان در هر دو حرکت بازکردن زانو و خم کردن زانو نسبت به یکدیگر، تفاوت معناداری نداشت (P> ۰/۰۵). میانگین ضربان قلب در هر دو جلسه تمرینی نسبت به زمان استراحت در حرکت خم کردن زانو، افزایش معناداری داشته است (P< ۰/۰۵). (جدول ۴)

جدول ۴. میانگین (± انحراف معیار) ضربان قلب در دو شیوه تمرینی با محدودیت و بدون محدودیت جریان خون

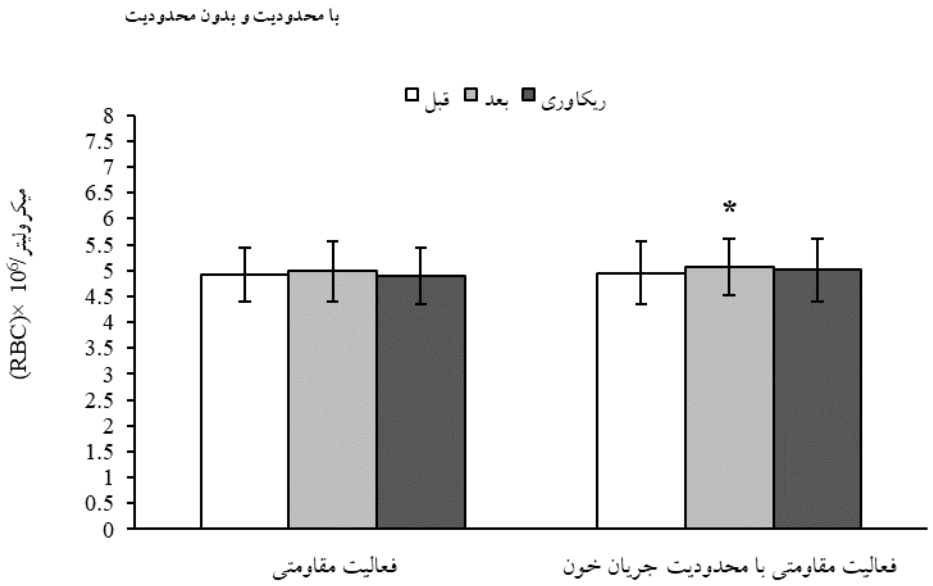
نوع حرکت	نوع فعالیت	مرحله فعالیت	ضربان قلب
باز کردن زانو	محدودیت جریان خون	استراحت	۸۰/۴±۱۰/۶
		پایان فعالیت	۸۴/۸±۱۲/۵
	بدون محدودیت جریان خون	استراحت	۷۶/۴±۹/۵
		پایان فعالیت	۷۹/۹±۱۰/۱
خم کردن زانو	محدودیت جریان خون	استراحت	۸۰/۴±۱۰/۶
		پایان فعالیت	۹۰/۰±۱۲/۸*
	بدون محدودیت جریان خون	استراحت	۷۶/۴±۹/۵
		پایان فعالیت	۸۳/۷±۹/۲*

*** نشان‌دهنده تفاوت معناداری بین مرحله استراحت و پایان فعالیت**

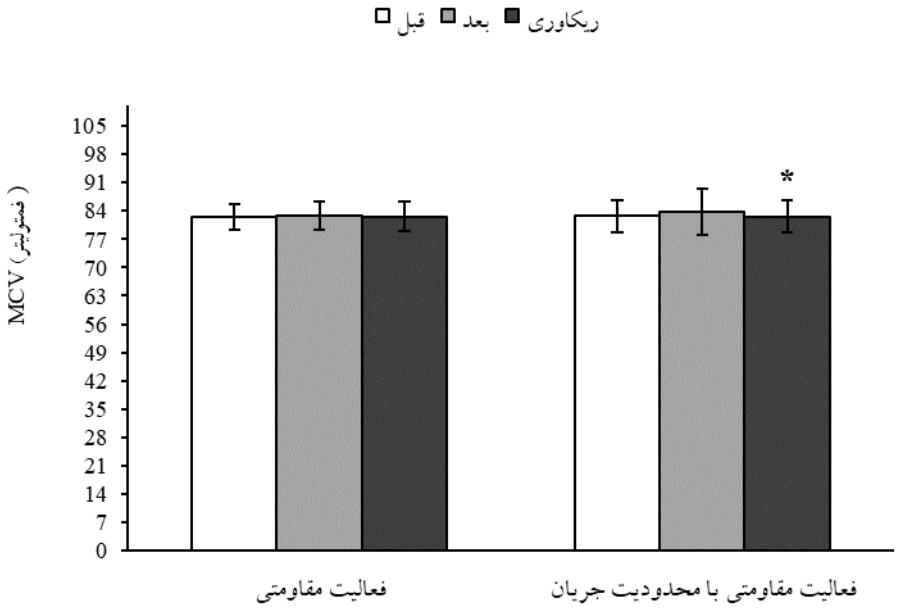
نتایج پژوهش نشان داد که بین جلسات فعالیت مقاومتی با محدودیت و بدون محدودیت جریان، تفاوت معناداری در شاخص‌های WBC، RBC، HCT، Hb، MCH، MCHC، MCV و PV مشاهده نشد (P> ۰/۰۵). با توجه به یافته‌ها، مقدار RBC و Hb بلافاصله پس از فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون به‌ترتیب از ۰/۶۱ ± ۴/۹۵ به ۰/۵۵ ± ۵/۰۶ و از ۱/۴۳ ± ۱۳/۵۴ به ۱/۲۲ ± ۱۳/۹۴ افزایش معناداری یافت (P< ۰/۰۵) که بعد از ۳۰ دقیقه ریکاوری و حذف اثر پاسخ، به سطوح استراحتی بازگشت. شاخص WBC بلافاصله پس از فعالیت مقاومتی بدون محدودیت جریان خون از ۱/۱۴ ± ۶/۵۶ به ۱/۴۰ ± ۷/۰۹ افزایش یافت اما معنادار نبود (P> ۰/۰۵)؛ اما پس از ۳۰ دقیقه ریکاوری، کاهش معناداری داشت (P< ۰/۰۵). شاخص MCV، ۳۰ دقیقه پس از فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون، کاهش معناداری داشت (۵/۷۱ ± ۸۳/۹۱ به ۳/۹۹ ± ۸۲/۵۵) (P< ۰/۰۵). حجم پلاسمابه دنبال اجرای فعالیت مقاومتی با محدودیت و بدون محدودیت جریان خون به‌ترتیب ۴/۷ درصد و ۲/۴ درصد کاهش یافت اما بین دو شیوه فعالیت مقاومتی از لحاظ آماری، معنادار نبود (P> ۰/۰۵).



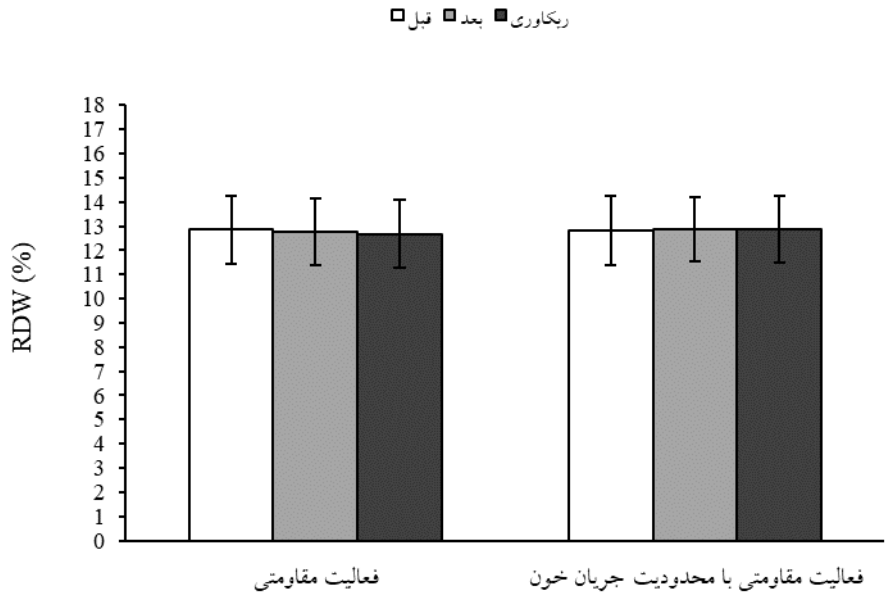
نمودار ۱.



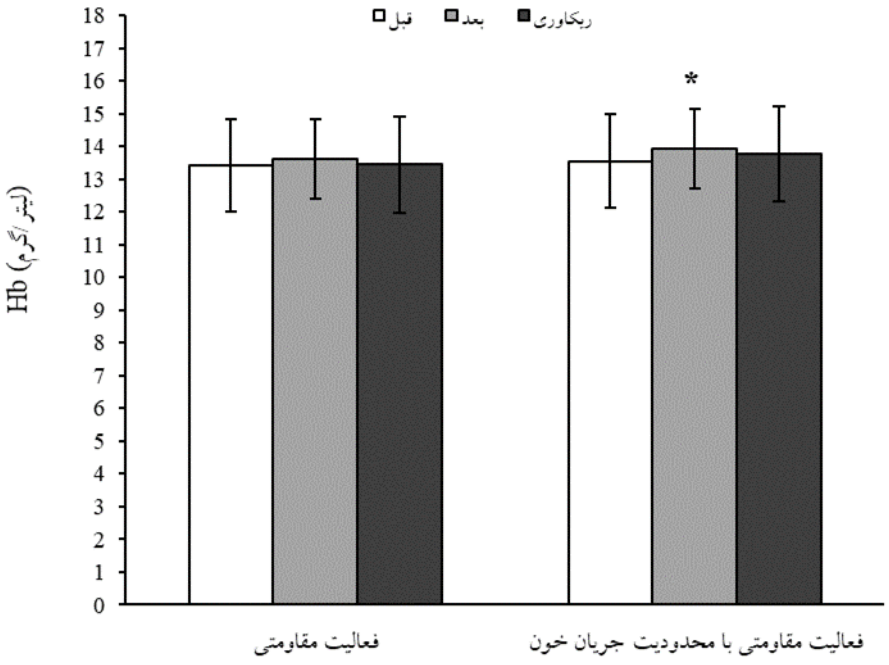
نمودار ۲.



نمودار ۳.



نمودار ۴.



نمودار ۵.

٤. بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش، تغییرات همودینامیکی و هماتولوژیکی در بیماران مبتلا به دیابت نوع۲ در پاسخ به فعالیت مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون بررسی شد. یافته‌های مطالعه حاضر نشان می‌دهد که نتایج به‌دست‌آمده از فشار خون سیستول و دیاستول در حرکت جلو پا و پشت پا در حین اجرای فعالیت متفاوت می‌باشد. مقایسه مقادیر فشار خون سیستول در حرکت پشت پا در هر دو جلسه تمرین با و بدون محدودیت جریان خون، در زمان استراحت و بلافاصله بعد از پایان ست سوم افزایش یافت. میانگین فشار خون دیاستولی فقط در زمان اجرای حرکت پشت پا و با محدودیت جریان خون در مقایسه بدون محدودیت جریان خون از مقادیر

زمان استراحت به بلافاصله پس از ست سوم روند افزایشی یافت. یافته‌های پژوهش نشان داد حجم پلاسمای خون (PV) آزمودنی‌ها پیش از تمرین، بلافاصله و ۳۰ دقیقه پس از فعالیت مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون، تغییر معنی‌داری نداشته است. این یافته حاکی از نبود پدیده رقیق یا غلیظ شدن پلاسما و ثبات نسبی حجم آن است. نتایج پژوهش نشان داد که بین جلسات فعالیت مقاومتی با و بدون محدودیت جریان تفاوت معناداری در شاخص‌های WBC، RBC، HCT، Hb، MCH، MCHC، MCV و PV مشاهده نداشت. همچنین یافته‌ها نشان داد مقدار RBC و Hb بلافاصله پس از فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون افزایش یافت که بعد از ۳۰ دقیقه ریکاوری و حذف اثر پاسخ، به سطوح استراحتی بازگشت. همچنین شاخص MCV، ۳۰ دقیقه پس از فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون، کاهش معناداری داشت. شاخص WBC بلافاصله پس از فعالیت مقاومتی بدون محدودیت جریان خون از افزایش یافت اما معنادار نبود.

یکی از آثار اجرای فعالیت مقاومتی افزایش ضربان قلب و فشار خون سیستولی و دیاستولی حین اجرا می‌باشد که می‌تواند ریسک رخدادهای قلبی- عروقی به‌ویژه پارگی آنوریسم را در هنگام اجرای فعالیت افزایش دهد (۱۴). کالج پزشکی ورزشی آمریکا سطح احتیاط برای فشار خون سیستولی را ۲۲۵ میلی‌متر جیوه قرار داده است (۱۵). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که فشار خون سیستول و دیاستول در مقایسه هر دو جلسه تمرینی نسبت به یکدیگر یکسان بود. یکی از دلایل یکسان بودن نتایج میانگین فشار خون دو شیوه تمرینی را می‌توان به یکسان‌سازی بار تمرینی (شدت و حجم تمرین) دو شیوه تمرینی بر اساس تأکید مطالعات نسبت داد (۱۶). از سویی دیگر اجرای فعالیت با شدت بالا موجب رهایش پپتید ناتریوریتیک دهلیزی (ANP) می‌شود که می‌تواند فشار خون را تعدیل کند. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات فشار خون در دو شیوه تمرینی، برابر باشد (۱۷، ۱۸).

طی فعالیت ورزشی مقاومتی، فشار خون متناسب با شدت فعالیت افزایش می‌یابد (۱۹). همسو با برخی از نتایج مطالعه حاضر، فشار خون در طول فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون، افزایش یافت (۱۹، ۲۰) و برخی دیگر در تضاد با یافته‌های به‌دست‌آمده، روند کاهشی را نشان داد (۱۸، ۲۱). این تناقضات نیز احتمالاً مرتبط با میزان توده عضلانی و تعداد جلسات یا پارامترهای فعالیت مقاومتی باشد. براساس برخی شواهد موجود، تجمع مواد حاصل از متابولیسم و کمبود اکسیژن طی فعالیت ورزشی با محدودیت جریان خون، پاسخ غدد درون‌ریز به تمرین ورزشی را افزایش می‌دهد (۲۲). علاوه بر این، برخی شواهد، بیانگر افزایش سطوح نوراپی نفرین پلاسما تا ۲۴ ساعت پس از یک جلسه فعالیت مقاومتی می‌باشد که نشان از فعال بودن احتمالی سیستم عصبی سمپاتیک پس از فعالیت ورزشی است که منتج به افزایش طولانی‌مدت فشار خون پس از فعالیت مقاومتی می‌شود (۲۳)؛ در واقع با شروع فعالیت مقاومتی، افزایش تحریک سمپاتیک، کاتکولامین‌های پلاسما و کاهش فعالیت پاراسمپاتیک موجب افزایش فشار خون می‌شود و با افزایش شدت فعالیت، بیشتر می‌گردد (۲۴). از سویی دیگر عواملی از قبیل فاصله عضلات اسکلتی فعال از قلب، واکنش‌های عروقی متفاوت، نوع تارهای عضلانی پاها و دست‌ها و فشارهای همودینامیکی و متابولیکی بیشتر به‌واسطه حجم توده عضلانی فعال و نیز نحوه قرارگیری آزمودنی به‌منظور اجرای حرکات مختلف ممکن است بر پاسخ فشار خون به فعالیت ورزشی تأثیرگذار باشد (۲۵). بافت عضله بزرگ‌تر، موجب تاثیر بیشتر بر تحریک و رهاسازی عوامل تحریکی افزایش‌دهنده فشارخون می‌گردد (۲۶). در مطالعه حاضر، فشار خون سیستولی و دیاستولی در حرکت پشت پا نسبت به حرکت جلوپا به دلیل نوع قرارگیری آزمودنی هنگام اجرا افزایش معناداری دارد. افزایش ترشح کاتکولامین‌ها که موجب افزایش ضربان و انقباض‌پذیری قلب و همچنین افزایش برون‌ده قلبی می‌شود، از جمله این پاسخ‌ها هستند که سبب افزایش فشار شریانی می‌شود (۲۷، ۲۸). بر این اساس، در ورزش با شدت پایین و با محدودیت جریان خون این احتمال وجود دارد که ایسکمی ناشی از محدودیت جریان از طریق افزایش مقاومت عروق محیطی و سیستمیک سبب افزایش نیاز عضله قلب به اکسیژن و در نهایت افزایش فشار خون سیستولی شود (۲۲). کاهش اکسیژن ناشی از محدود کردن جریان خون در بافت عضلانی، از مهم‌ترین عوامل شیمیایی است که نیاز به اکسیژن را تا دو برابر نسبت به حالت معمول افزایش می‌دهد. تجمع محصولات متابولیکی از جمله یون‌های هیدروژن ناشی از افزایش غلظت پلاسمایی اسید لاکتیک تولیدشده طی فعالیت ورزشی با محدودیت جریان سبب تحریک اعصاب سمپاتیک می‌شود و گیرنده‌های مکانیکی مربوط به عضلات مخطط را تحریک و فعال می‌کند (۲۹). فعال شدن گیرنده‌های متابولیکی، موجب افزایش فعالیت عصب سمپاتیک در عضلات مخطط می‌شود که خود به تحریک مراکز قلبی- عروقی و افزایش فشار خون سیستولی می‌انجامد (۲۹).

نتایج به‌دست‌آمده از اغلب پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه تغییرات گلبول‌های سفید در فعالیت‌های گوناگون جسمانی مشخص می‌کند در فعالیت‌های شدید و طولانی، افزایش گلبول-های سفید بیشتر و پایدارتر است. با وجود این، نبود افزایش معنادار شمار گلبول‌های سفید پس از یک جلسه فعالیت مقاومتی بدون

محدودیت جریان خون در این پژوهش و پژوهش‌های مشابه ممکن است ناشی از تحریک نشدن عوامل ایمنی، محور هیپوتالاموس-هیپوفیز- فوق کلیه [1] و کافی نبودن مدت و شدت تمرینات در ایجاد تغییرات مذکور باشد که حاکی از ایمن بودن اجرای این گونه فعالیت‌ها است. این یافته با پژوهش‌های سینگ (۲۰۱۸)، فورتاناتو و همکاران (۲۰۱۸) و مارکوس و همکاران (۲۰۲۰) همخوانی دارد (۳۰-۳۲). همچنین این افزایش غیرمعنادار WBC ممکن است به دلیل تجمع برخی لکوسیت‌ها در محل تارهای عضلانی آسیب‌دیده باشد که یافته‌های مطالعه قنبری نیاکی و همکاران (۲۰۰۵) و ناتالی و همکاران (۲۰۰۳) را تأیید می‌کند (۳۳، ۳۴). نبود افزایش معناداری WBC می‌تواند به دلیل زمان خون‌گیری (بلافاصله پس از فعالیت) باشد که ممکن است با گذشت زمان بیشتری از اجرای فعالیت، سطح WBC افزایش یابد؛ زیرا مطالعات بیان می‌دارد نوتروفیل‌ها که حدود ۷۰ درصد از WBC را تشکیل می‌دهند یک پاسخ دو مرحله را به‌صورت افزایش اندک اولیه، کاهش تا میزان استراحتی در محدوده زمانی ۶۰-۳۰ دقیقه پس از فعالیت ورزشی، سپس افزایش بیشتر (تا دو برابر) ۴-۲ ساعت پس از فعالیت ورزشی را دارند (۳۵). مطالعات بیان می‌دارد که WBC بعد از فعالیت شدید، افزایش می‌یابد اما پس از دوره ریکاوری به سطوح استراحتی بازمی‌گردد (۳۶) که یافته‌های ما این موضوع را تأیید می‌کند. سازوکار احتمالی این کاهش معنادار، ناشی از تأثیرات هورمونی بر ترشح، حاشیه‌گزینی و مهاجرت متغیرهای WBC است (۳۷).

بر اساس یافته‌های پژوهش، تعداد RBC و HB بلافاصله پس از فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون افزایش داشته است. همسو با یافته‌های مطالعه ما مطالعاتی که پاسخ‌های هماتولوژیک به فعالیت مقاومتی را مورد بررسی قرار دادند نشان دادند که یک جلسه فعالیت مقاومتی باعث افزایش قابل توجه سطوح RBC و Hb می‌شود که تغییرات در پاسخ به فعالیت مقاومتی گذرا می‌باشد و به سطح قبل از فعالیت پس از ۳۰ دقیقه ریکاوری بازمی‌گردد (۱۱، ۱۲). قرار گرفتن در معرض هیپوکسی هیپوباریک به‌عنوان یک عامل مهم شناخته می‌شود که می‌تواند تغییرات متعددی را در سطوح متابولیک و فیزیولوژیکی ایجاد کند (۳۸) که ممکن است تأثیرات نامطلوبی بر برخی پارامترهای رئولوژیکی و رفتار خون داشته باشد که به‌طور مستقیم می‌تواند بر اکسیژن‌رسانی به بافت تأثیر بگذارد (۳۹). اسمیت و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که هیپوکسی، برای مثال، کاهش غلظت اکسیژن در بافت‌ها، اغلب به‌عنوان علت اصلی آسیب سلولی و بافت محسوب می‌شود (۴۰)؛ به طوری که هیپوکسی حاد برای یک دوره کوتاه (۵-۱۱ دقیقه) منجر به افزایش شاخص تجمع اریتروسیت ها می‌شود (۴۱). ظرفیت حمل اکسیژن با غلظت هموگلوبین و تعداد گلبول‌های قرمز خون تعیین می‌شود (۴۲). از این رو اهمیت پارامترهای هماتولوژیک در تأمین اکسیژن مصرفی و در نهایت کارایی بدن بیشتر مشخص می‌شود. مشاهدات بسیاری نشان داده‌اند که ترکیب خون در نتیجه فعالیت بدنی تغییر می‌کند (۴۲). همسو با یافته‌های ما مطالعه احمدی‌زاد و همکاران (۲۰۰۵) افزایش در تعداد RBC و Hb را نشان دادند که افزایش تمام این پارامترهای رئولوژیکی گذرا بود و تا پایان ریکاوری به سطح پیشین بازگردانده شد (۱۱). از سویی دیگر افزایش RBC در خون می‌تواند در نتیجه رهایش RBC ذخیرش شده در طحال باشد که به افزایش Hb خون در واحد حجم می‌انجامد (۴۵). همچنین نتایج مطالعه ما یافته‌های اراضی و همکاران (۲۰۰۹)، براون و همکاران (۲۰۰۷) والسید و همکاران (۲۰۰۵) را تأیید می‌کند (۴۶-۴۸). علی‌رغم اینکه تعداد مطلق گلبول‌های قرمز در خون تغییر نمی‌کند تعداد گلبول‌های قرمز در بافت‌های فعال بلافاصله بعد از حذف محدودیت جریان خون، افزایش پیدا می‌کند. این پدیده به دلیل افزایش جریان خون در بافت‌های فعال به‌وجود می‌آید که با افزایش شمار گلبول‌های قرمز و همچنین افزایش هموگلوبین بلافاصله پس از فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون در پژوهش حاضر، همسو است (۴۹). با استناد به دیگر یافته‌های پژوهش، علی‌رغم افزایش عوامل RBC و HB بلافاصله پس از فعالیت، با گذشت ۳۰ دقیقه پس از فعالیت، کاهش این عوامل مشاهده شده است که با یافته‌های احمدی زاد و همکاران (۲۰۰۵ و ۲۰۰۶) و امیر ساسان و همکاران (۱۳۸۰) همخوانی دارد (۵۰-۵۲). بروز این پدیده تأخیری را می‌توان به عواملی همچون شدت، مدت، ماهیت فعالیت و استراحت ناکافی بین تمرینات نسبت داد که به‌طور مؤثر شاخص‌های مهم تبادلات گازی و انتقال اکسیژن به عضلات فعال را کاهش داده‌اند (۵۳).

برخی از پژوهشگران در ارتباط با تغییرات ورزشی در سیستم گلبول‌های قرمز و عوامل خونی، دگرگونی مورفولوژی اریتروسیت‌ها را در رابطه با عوامل MCH, MCHC, MCV و PLT متعاقب فعالیت‌های بدنی کوتاه‌مدت بدون تغییر ذکر کرده‌اند (۹). همچنین حضرتیان (۲۰۲۰)، هوی‌جون و همکاران (۲۰۰۴) و قنبری و همکاران (۲۰۰۵) هیچ‌گونه تغییرات معنی‌داری را در غلظت عوامل خونی آزمودنی‌ها بعد از تمرین گزارش نکرده‌اند که با یافته‌های پژوهش حاضر مبنی بر عدم تغییر معنی‌دار شاخص‌های MCV, MCH, MCHC, و RDW بلافاصله و ۳۰ دقیقه پس از فعالیت

1. Hypotalamus-Pituitary-Adrenal-axis

مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون همخوانی دارد (۳۳، ۵۴، ۵۵). این عدم تغییر معناداری احتمالاً مستقل از تغییرات حجم پلاسمایی است (۳۳، ۵۴). این امر را می‌توان به پدیده سازگاری و تطابق خونی در این گروه‌ها نسبت داد (۳۳، ۵۵).

روند کلی یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که یک جلسه فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون در مقایسه با فعالیت مقاومتی سنتی نتایج مشابهی را در میزان شاخص‌های همودینامیکی و هماتولوژیکی در بیماران دیابتی نشان می‌دهد؛ به‌طوری که تغییرات معناداری در این شاخص‌ها مشاهده نشده است. از سویی دیگر با توجه به این که مطالعات ثابت کرده‌اند فعالیت مقاومتی به شیوه سنتی در مقایسه با فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون (به دلیل بار و حجم کم) منجر به افزایش فعالیت پلاکتی می‌گردد؛ از این رو اجرای تمرین مقاومتی با شدت کم و با محدودیت جریان خون به دلیل عدم تغییر معنادار شاخص‌های همودینامیکی، هماتولوژیکی و پلاکتی می‌تواند سازوکار مؤثر و کم‌هزینه در جلوگیری از بروز بیماری‌های قلبی-عروقی در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ باشد و به‌عنوان یک سیستم درمانی غیردارویی و جایگزین تمرین مقاومتی با شدت بالا از آتروفی عضلات به‌ویژه در جمعیت‌های بالینی به‌ویژه بیماران دیابتی پیشگیری کند زیرا این مطالعه نشان داد نتایج تمرینات با شدت پایین به همراه محدودیت جریان خون مشابه با تمرینات مقاومتی سنتی بوده است.

تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که ما را در انجام این پژوهش یاری دادند، سپاسگزاریم.

References

[1]. Malm C, Jakobsson J, Isaksson A. Physical Activity and Sports—Real Health Benefits: A Review with Insight into the Public Health of Sweden. Sports. 2019; 7(127): 1–28. doi: 10.3390/sports7050127.

[2]. Giallauria F, Strisciuglio T, Cuomo G, Di Lorenzo A, D'Angelo A, Volpicelli M, Izzo R, Manzi MV, Barbato E, Morisco C. Exercise training: the holistic approach in cardiovascular prevention. High Blood Pressure & Cardiovascular Prevention. 2021;28(6):561-77. doi: 10.1007/s40292-021-00482-6. Epub 2021 Nov 1.

[3]. Maurya A, Murallidharan JS, Sharma A, Agarwal A. Microfluidics geometries involved in effective blood plasma separation. Microfluidics and Nanofluidics. 2022;26(10):1-38. doi: 10.1007/s10404-022-02578-4. Epub 2022 Sep 4.

[4]. El-Sayed MS, Ali N, El-Sayed Ali Z. Haemorheology in exercise and training. Sports Med. 2005; 35: 649–70. doi: 10.2165/00007256-200535080-00001.

[5]. Shadiow J, Tarumi T, Dhindsa M, Hunter SD. A comparison of blood viscosity and hematocrit levels between yoga practitioners and sedentary adults. International Journal of Exercise Science. 2019;12(2):425.

[6]. Kucukal E, Man Y, Hill A, Liu S, Bode A, An R, Kadambi J, Little JA, Gurkan UA. Whole blood viscosity and red blood cell adhesion: Potential biomarkers for targeted and curative therapies in sickle cell disease. American journal of hematology. 2020;95(11):1246-56. doi: 10.1002/ajh.25933. Epub 2020 Aug 10.

[7]. Irace C, Carallo C, Scavelli F, De Franceschi MS, Esposito T, Gnasso A. Blood viscosity in subjects with normoglycemia and prediabetes. Diabetes care. 2014;37(2):488-92. doi: 10.2337/dc13-1374. Epub 2013 Sep 23.

[8]. Yoshida K, Kimura T, Aoki T, Tsunekawa K, Araki O, Shoho Y, Nara M, Sumino H, Murakami M. Fasting serum insulin levels and insulin resistance are associated with blood rheology in Japanese young adults without diabetes. Journal of International Medical Research. 2016;44(3):496-507. doi: 10.1177/0300060515627561. Epub 2016 Feb 26.

[9]. Fini EM, Salimian M, Ahmadizad S. Responses of platelet CD markers and indices to resistance exercise with and without blood flow restriction in patients with type 2 diabetes. Clinical Hemorheology and Microcirculation. 2022;80(3):281-9. doi: 10.3233/CH-211229.

[10]. Short KR, Vittone JL, Bigelow ML, Proctor DN, Coenen-Schimke JM, Rys P, et al. Changes in myosin heavy chain mRNA and protein expression in human skeletal muscle with age and endurance exercise training. J Appl Physiol. 2005; 99(1):95-102. doi: 10.1152/japplphysiol.00129.2005.

[11]. Ahmadizad S and El-Sayed M.S. The acute effects of resistance exercise on the main determinants of blood rheology, J. Sports Sci. 2005; 23: 243–249. doi: 10.1080/02640410410001730151.

[12]. Ahmadizad S, El-Sayed M.S and MacLaren D.P. Effects of water intake on the responses of haemorheological variables to resistance exercise, Clin. Hemorheol. Microcirc. 2006; 35: 317–327. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16899951/

[13]. Cauza E, Hanusch-Enserer U, Strasser B, Ludvik B, Metz-Schimmerl S, Pacini G, et al. The relative benefits of endurance and strength training on the metabolic factors and muscle function of people with type 2 diabetes mellitus. Arch Phys Med Rehabil. 2005; 86(8): 1527-1533. doi.org/10.1016/j.apmr.2005.01.007

[14]. Gomides RS, Dias RM, Souza DR, Costa LA, Ortega KC, Mion D, et al. Finger blood pressure during leg resistance exercise. Int. J. Sports Med. 2010; 31(8): 590-395. doi: 10.1055/s-0030-1252054.

[15]. Forberg SI, Storen O, Fredriksen PM. Blood pressure during leg extension in children. Int. J. Sports Med. 2012; 33(10): 802-806. doi: 10.1055/s-0032-1304589. Epub 2012 May 4.

[16]. Bourdon PC, Cardinale M, Murray A, Gastin P, Kellmann M, Varley MC, et al. Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. Int J Sports Physiol Perform. 2017; 12(2): S2-161-S2-170. doi: 10.1123/IJSPP.2017-0208.

[17]. Park SY, Kwak YS, Harveson A, Weavil JC, Seo KE. Low intensity resistance exercise training with blood flow restriction: insight into cardiovascular function, and skeletal muscle hypertrophy in humans. Korean J Physiol Pharmacol. 2015; 19(3):191-6. doi: 10.4196/kjpp.2015.19.3.191.

[18]. Simão R, Fleck SJ, Polito M, Monteiro W, Farinatti P. Effects of resistance training intensity, volume, and session format

on the postexercise hypotensive response. J. Strength Cond. Res. 2005; 19(4):853-8. doi: 10.1519/R-16494.1.

[19]. Taghizadeh M, Ahmadizad S, Hovanloo F, Akbarinia A. Hemodynamic changes in response to concentric and eccentric isokinetic contractions and subsequent recovery period. Iranian journal of cardiovascular nursing. 2013; 2(2):48-56. [Article in Farsi] http://journal.icns.org.ir/article-1-177-en.html

[20]. Akbarinia A, Ahmadizad S, Ebrahim K, Basami M, Shemshaki A, Karami R. Effects of different types of isokinetic contraction on hemodynamic parameters in men. J. Mod. Rehabil. 2013; 7(2):61-69. http://mrj.tums.ac.ir/article-1-5013-en.html

[21]. Rezk CC, Marrache RC, Tinucci T, Mion D, Forjaz CL. Post-resistance exercise hypotension, hemodynamics, and heart rate variability: influence of exercise intensity. Eur. J. Appl. Physiol. 2006; 98(1):105-112. doi: 10.1007/s00421-006-0257-y. Epub 2006 Aug 3.

[22]. Otsuki T, Maeda S, Iemitsu M, Saito Y, Tanimura Y, Ajisaka R, Miyauchi T. Vascular endothelium-derived factors and arterial stiffness in strength-and endurance-trained men. Am. J. Physiol. Heart Circ. 2007; 292(2):H786-91. doi: 10.1152/ajpheart.00678.2006. Epub 2006 Sep 22.

[23]. Sawczyn S, Mishchenko V, Moska W, Sawczyn M, Jagiełło M, Kuehne T, Kostrzewa-Nowak D, Nowak R, Cięszczyk P. Strength and aerobic training in overweight females in Gdansk, Poland. Open Medicine. 2015;10(1). doi: 10.1515/med-2015-0021. eCollection 2015.

[24]. Hansen AB, Moralez G, Romero SA, Gasho C, Tymko MM, Ainslie PN, Hofstätter F, Rainer SL, Lawley JS, Hearon Jr CM. Mechanisms of sympathetic restraint in human skeletal muscle during exercise: role of α-adrenergic and nonadrenergic mechanisms. American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology. 2020; 319(1):H192-202. doi: 10.1152/ajpheart.00208.2020. Epub 2020 Jun 5.

[25]. Ahmadizad S, Amraei Z, Bassami M. Responses of Hemorheological Variables to Upper and Lower Body Interval Exercises in Overweight and Obese Individuals. Sport Physiology. 2019; 11(41):47-62. https://doi.org/10.22089/spj.2017.4166.1558

[26]. Ebrahimi H, Ahmadizad S, Matin Homaei H, Javidi M. Response of blood pressure and heart rateto various protocols and different movements of resistance exercise. Ebnesina - IRIAF Health Administration. 2016; 17(4): 43-52. http://ebnesina.ajaums.ac.ir/article-1-307-en.html

[27]. Ozaki H, Yasuda T, Ogasawara R, Sakamaki-Sunaga M, Naito H, Abe T. Effects of high-intensity and blood flow-restricted low-intensity resistance training on carotid arterial compliance: role of blood pressure during training sessions. Eur. J. Appl. Physiol. 2013; 113(1):167-74. doi: 10.1007/s00421-012-2422-9. Epub 2012 May 23.

[28]. Renzi CP, Tanaka H, Sugawara JU. Effects of leg blood flow restriction during walking on cardiovascular function. Med Sci Sports Exerc. 2010; 42(4):726. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181bdb454.

[29]. Morley WN, Ferth S, Debenham MI, Boston M, Power GA, Burr JF. Training response to 8 weeks of blood flow restricted training is not improved by preferentially altering tissue hypoxia or lactate accumulation when training to repetition failure. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 2021;46(10):1257-64. doi: 10.1139/apnm-2020-1056. Epub 2021 Apr 30.

[30]. Singh P. Effects of a low intensity circuit resistance exercise session on selected hematological parameters of male college students. Int. J. Physiol. Nutr. Phys. Educ. 2018; 3(1): 308-310. https://www.journalofsports.com/pdf/2018/vol3issue1/PartF/3-1-100-945.pdf

[31]. Fortunato AK, Pontes WM, De Souza DM, Prazeres JS, Marcucci-Barbosa LS, Santos JM, Veira ÉL, Bearzoti E, Pinto KM, Talvani A, Da Silva AN. Strength training session induces important changes on physiological, immunological, and inflammatory biomarkers. Journal of immunology research. 2018; 2018. doi.org/10.1155/2018/9675216.

[32]. Marcucci-Barbosa LS, Martins-Junior FD, Lobo LF, de Morais MG, Aidar FJ, Vieira EL, Nunes-Silva A. The effects of strength training session with different types of muscle action on white blood cells counting and Th1/Th2 response. Sport Sciences for Health. 2020; 16(2):239-48. https://link.springer.com/article/10.1007/s11332-019-00597-3

[33]. Ghanbari-Niaki A, Tayebi SM. Effects of a low intensity circuit resistance exercise session on some hematological parameters of male collage students. Annals of Applied Sport Science. 2013; 1(1):6-11. [Article in Farsi] http://aassjournal.com/article-1-48-en.html.

[34]. Natale VM, Brenner IK, Moldoveanu AI, Vasiliou P, Shek P, Shephard RJ. Effects of three different types of exercise on blood leukocyte count during and following exercise. Sao Paulo Medical Journal. 2003;121:09-14.doi: 10.1590/s1516-31802003000100003.

[35]. Mousavi T and Abdullahi M. Exercise and white blood cells: number, distribution and cell proliferation. Chapter 3 of the book Immunology and Exercise. Imam Hussein University. Publications. 2003; 65-126.

[36]. Cerqueira É, Marinho DA, Neiva HP, Lourenço O. Inflammatory effects of high and moderate intensity exercise—A systematic review. Frontiers in physiology. 2020:1550. doi: 10.3389/fphys.2019.01550. eCollection 2019.

[37]. El-Sayed MS, El-Sayed ZA, Ahmadizad S. Exercise and training effects on blood haemostasis in healthand disease. Int. J. Sports Med. 2004; 34(3):181-200. doi: 10.2165/00007256-200434030-00004.

[38]. Guardado I, Ureña B, Cardenosa A, Cardenosa M, Camacho G, Andrada R. Effects of strength training under hypoxic conditions on muscle performance, body composition and haematological variables. Biology of Sport. 2020; 37(2):121-9. doi: 10.5114/biolsport.2020.93037. Epub 2020 Feb 11.

[39]. Yelmen N, Ozdemir S, Guner I, Toplan S, Sahin G, Yaman OM, Sipahi S.The effects of chronic long-term intermittent hypobaric hypoxia on blood rhe-ology parameters. Gen. Physiol. Biophys. 2011; 30: 389–395. doi: 10.4149/gpb_2011_04_389.

[40]. Smith MM, Lucas AR, Hamlin RL, Devor ST. Associations among hemorheological factors and maximal oxygen consumption. Is there a role for blood viscosity in explaining athletic performance? Clin Hemorheol Microcirc. 2015; 60:347–362. doi: 10.3233/CH-131708.

[41]. Zhang M, Li XM, Feng J, Xu GJ, Liu XB, Jiang H, Niu CY, Zhao ZG. Changes of blood viscosity and erythrocyte rheology in acute hypoxic hypoxia mices. Chin J Appl Physiol. 2012; 28: 454–457. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23252303/

[42]. Kindlovits R, Pereira AM, Sousa AC, Viana JL, Teixeira VH. Effects of Acute and Chronic Exercise in Hypoxia on Cardiovascular and Glycemic Parameters in Patients with Type 2 Diabetes: A Systematic Review. High Altitude Medicine & Biology. 2022. doi: 10.1089/ham.2022.0029.

[43]. Turpin C, Catan A, Guerin-Dubourg A, Debussche X, Bravo SB, Álvarez E, Van Den Elsen J, Meilhac O, Rondeau P, Bourdon E. Enhanced oxidative stress and damage in glycated erythrocytes. PLoS One. 2020; 15(7): e0235335. doi: 10.1371/journal.pone.0235335.

[44]. Revin VV, Gromova NV, Revina ES, Samonova AY, Tychkov AY, Bochkareva SS, Moskovkin AA, Kuzmenko TP. The influence of oxidative stress and natural antioxidants on morphometric parameters of red blood cells, the hemoglobin oxygen binding capacity, and the activity of antioxidant enzymes. BioMed research

international. 2019; 16;2019. doi: 10.1155/2019/2109269.

[45]. Wilmore JH, Costill DL. Physiology of Sport and Exercise. 2nd ed. Indiana: Human Kinetics: 2005; 436-51. file:///C:/Users/rahaie/Downloads/67213913407.pdf

[46]. Arazi H, Damirchi A, Mostafalo A. The effects of one bout of concurrent exercises (Endurance-Resistance) on hematological variables in male athletes. Exercise Physiology. 2009; 2:1-10.

[47]. EL-Sayed MS, Nagia A, EL-Sayed Z. Hemorheology in exercise and training. Spots Medicine. 2005; 35:144-145. doi: 10.2165/00007256-200535080-00001.

[48]. Brun JF, Connesb P, Varlet-Marie E. Alterations of blood rheology during and after exercise are both consequences and modifiers of bodys adaptation to muscular activity. Hemorhelogie et exercise physique Science & sports. 2007; 22(6): 251-266. doi.org/10.1016/j.scispo.2007.09.010

[49]. Kiouptsi K, Gambaryan S, Walter E, Walter U, Jurk K, Reinhardt C. Hypoxia impairs agonist-induced integrin αIIbβ3 activation and platelet aggregation. Sci. Rep. 2017; 7(1): 7621. doi: 10.1038/s41598-017-07988-x.

[50]. Ahmadizad S, El-Sayed MS. The acute effects of resistance exercise on the main determinants of blood rheology. Journal of sports sciences. 2005; 23(3):243-9. doi: 10.1080/02640410410001730151.

[51]. Ahmadizad S, El-Sayed MS, MacLaren DP. Effects of water intake on the responses of haemorheological variables to resistance exercise. Clinical hemorheology and microcirculation. 2006; 35(1-2):317-27. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16899951/

[52]. Arabnejd N, Pourranjbar M, Rafie F. Effect of compound circular exercises on some of the blood parameters and immune system in non-athlete students. Sport Sciences for Health. 2019; 15(1):149-55. https://link.springer.com/article/10.1007/s11332-018-0504-8.

[53]. Ramazanpour MR. The effect of a selected exercise program on aerobic fitness and its comparison in two groups of college men. Olympic. 2001; (9): 53-64. [Article in Farsi]

[54]. Hazratian MR, TaheriChadorneshin H, Rashidi A. The effect of one bout of intensive judo exercise on select hematological and immunological parameters in adolescent elite judo athletes. Asian Journal of Sports Medicine. 2020; 11(2). doi: 10.5812/asjsm.101364

[55]. Huey- June Wu, et al. Effects of 24 h ultra-marathon on biochemical and hematological parameters. Word J Gastroenterology. 2004; (18):2711-2714. doi: 10.3748/wjg.v10.i18.2711.