

Correlation between arterial stiffness changes following glucose ingestion and aerobic exercise with baseline levels of blood sugar factors (FBS) and Malondialdehyde (MDA) in inactive women

Adel Donyaei ^{1*}, Mehrnegar rojhannezhad ², Farhad Gholami ³

Receive 2023 June 02; Accepted 2023 September 29

Abstract

Aim: The purpose of this research was to investigate the relationship between basal levels of malondialdehyde (MDA) and fasting blood glucose (FBS) with arterial stiffness indices (including cardiovascular-ankle vascular index (CAVI) and ankle-brachial index (ABI)) following glucose ingestion and aerobic exercise. **Method:** This semi-experimental research was conducted on 40 inactive women subjects in the age group of 20 to 45 years, Shahrood city. After 12 hours of fasting, FBS and MDA were measured. Then the measurements of weight, height, body composition and arterial stiffness (CAVI and ABI) were taken at baseline and response; 30 minutes, acute endurance activity with 65% maximum heart rate was performed on the treadmill. Consumption of 75 grams of glucose in 225 ml of water was done after 30 minutes of finishing the activity, and after that, another hour of inactive rest was done, and at the end, arterial stiffness and blood sugar were measured again. **Results:** There is a significant relationship between the baseline levels of MDA and FBS with the baseline levels of CAVI ($p=0.001$), but there was no significant relationship between these baseline levels of these two variables with changes in CAVI after exercise and glucose ingestion ($p>0.05$). ABI was also significantly related to baseline levels of MDA and FBS in both baseline ($p=0.001$) and response ($p=0.003$) levels. **Conclusion:** In general, it can be concluded that baseline arterial stiffness is related to baseline levels of MDA and FBS, but in the face of conditions disturbing homeostasis such as exercise and glucose ingestion, only the changes in peripheral arterial stiffness (ABI) are related to these cases.

Keywords: Arterial Stiffness, Blood Sugar, Malondialdehyde, Endurance Exercise



Scan this QR code to see the accompanying video, or visit jahssp.azaruniv.ac.ir

1. Assistant Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Physical Education, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran.
***(corresponding author)**
(adelldonyai@yahoo.com)
2. MSc of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran.
3. Associate Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Physical Education, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran.

Cite as: Adel Donyaei, Mehrnegar rojhannezhad, Farhad Gholami. Correlation between arterial stiffness changes following glucose ingestion and aerobic exercise with baseline levels of blood sugar factors (FBS) and Malondialdehyde (MDA) in inactive women. Applied Health Studies in Sport Physiology. 2024; 11(1): 82-95.

Owner and Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

Journal ISSN (online): 2676-6507

Access Type: Open Access

DOI: 10.22049/JAHSSP.2023.28706.1560

DOR:



Extended abstract

Background

Malondialdehyde (MDA) is one of the indicators of lipid peroxidation and is increased in atherosclerotic patients (11). In addition, elevated blood glucose (FBS) is an independent predictive factor for increased arterial stiffness (15). In this regard, it seems that the two factors of MDA and FBS can be indicators that are related to arterial stiffness and predict its indicators (CAVI and ABI) in vessels. Therefore, investigating this issue is one of the purposes of the present research; Also, considering the acute effects of aerobic exercise in improving arterial stiffness and the negative effects of glucose consumption on the other hand, as well as the possibility of the relationship between the response of arterial stiffness to the two mentioned factors (MDA and FBS), The next purpose was to investigate the relationship between the response of arterial stiffness following glucose ingestion and aerobic exercise (two factors disrupting vascular homeostasis) with MDA and FBS.

Materials and Methods

The current research was an interventional and semi-experimental trial; The subjects of this research were included in the study among all the inactive women of Shahrood City in the age range of 20 to 45 years old. The conditions for entering the research included the following: body mass index less than 30 kg/m², not suffering from chronic or acute diseases for at least one year before the start of the research, not using any medication, normal blood pressure (less than 140.90 mmHg) and non-smoking and alcohol consumption. Also, all the subjects were in the follicular phase of the menstrual cycle in order. The code of ethics was also obtained before conducting the research (creative code: IR.SHAHROODUT.REC.1401.020).

Research protocol

After 12 hours of fasting, blood sampling was done to measure the basic levels of blood factors (FBS and MDA). Afterward, the body composition analysis was done and after 15 minutes of rest in the lying position, the basic and initial arterial stiffness test was performed. After warming up, an aerobic exercise protocol consisting of 30 minutes of running on a treadmill with 65% of maximum heart rate was performed, followed by 30 minutes of passive rest, and then 75 grams of glucose dissolved in 225 ml of water was consumed (33). In the following, they rested for 60 minutes again, and the arterial stiffness test and FBS measurement were performed again (all in one session). Arterial stiffness and FBS were measured 2 times (before starting the exercise and after 120 minutes of the whole protocol steps).

Statistical analysis

The possible changes of the measured variables (CAVI, ABI, FBS) due to the direct effect of exercise intervention and glucose consumption in two stages of measurement (before and after the exercise intervention and glucose consumption) were investigated with t-test; Also, simple linear regression test was used to check the relationship between variables.

Results

The dependent t-test showed significant changes in the two steps of measuring the CAVI ($p=0.05$) and FBS ($p=0.001$) before and after the intervention had significant changes, but the ABI had no significant changes ($p=0.4$). relationship between the basic levels of MDA and FBS (predictor variables) with the criterion variables including the levels of the two indicators CAVI and ABI at the basic level (the first stage of measurement) and also The changes of these two indicators from the first stage to the second stage and after the intervention It was checked separately (a total of eight correlations). The results of the significance F test to check the significance of the regression equations show that among the eight relationships investigated, there is a significant relationship in the linear relationship between the baseline levels of MDA and FBS with the resting levels of the two indicators of arterial stiffness (CAVI and ABI) ($p=0.001$), also a significant relationship was observed in the changes of ABI with MDA and FBS ($p=0.003$).

Discussion

It seems that one of the main reasons for the difference between the current research and the previous research is the age and underlying diseases of the subjects, past research has mainly been conducted on middle-aged and elderly people, as well as those with underlying diseases such as metabolic syndrome, and therefore, the association of vascular function with MDA and FBS is probably influenced by these two factors (age and underlying disease). Another effective factor in the responses is the gender of the research subjects. Studies have investigated and discussed the effect of gender on arterial stiffness and have stated that gender affects the mechanisms of arterial stiffness (28). Regarding the results of the present study, the direct relationship between the baseline levels of FBS and peripheral and central arterial stiffness



at the baseline level, as well as the relationship with the changes in arterial stiffness after glucose consumption and exercise in the peripheral arteries, is completely evident and significant. but the important point was the negative and opposite relationship between these two variables, which is why our results were opposite to the results of previous research. subjects in the present study were healthy and without underlying diseases, in this regard, the average FBS also shows the normal range; Considering that this is the first research done on healthy subjects, it can represent a new hypothesis that the relationship between the arterial stiffness and FBS in the normal range and in abnormal levels and diseases can be different, in general, the accurate interpretation of the results and a clearer understanding of the issue requires more research while examining other possible factors involved and the use of both gender in subjects.

Article message

According to the relationship between arterial stiffness indices (CAVI and ABI) in the basic state, as well as the response of ABI to aerobic exercise with moderate intensity and glucose consumption, it seems necessary to control the serum level of MDA. However regarding FBS levels, it seems necessary to maintain this factor within the normal range, although more research is needed to make an accurate recommendation.



مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش

سال یازدهم، شماره اول؛

بهار و تابستان ۱۴۰۳؛ صفحات ۸۲-۹۵

Open Access

مقاله پژوهشی

ارتباط تغییرات سختی شریانی متعاقب مصرف گلوکز و فعالیت هوازی با سطوح پایه قندخون (FBS) و مالون‌دی‌آلدئید (MDA) در زنان غیرفعال

عادل دنیایی^{۱*}، مهرنگار رجحان‌نژاد^۲، فرهاد غلامی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۷

چکیده

هدف: با عنایت به اهمیت فاکتورهای فشار اکسایشی و همچنین قند خون در سلامت و عملکرد عروقی، این تحقیق با هدف بررسی ارتباط سطوح پایه مالون‌دی‌آلدئید (MDA) و قندخون ناشتایی (FBS) با شاخص‌های سختی شریانی (شامل: شاخص عروقی قلبی-مچ پای (CAVI) و شاخص مچ پای بازویی (ABI))، متعاقب مصرف گلوکز و فعالیت ورزشی هوازی انجام شد. **روش‌شناسی:** این پژوهش به صورت نیمه تجربی روی ۴۰ آزمودنی زن غیرفعال در رده سنی ۲۰ تا ۴۵ سال شهرستان شاهرود انجام گرفت. بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی نمونه خون وریدی از آزمودنی‌ها برای اندازه‌گیری FBS و MDA و نیز اندازه‌گیری‌های وزن، قد، ترکیب بدن و سختی شریانی (CAVI و ABI) پایه انجام شد؛ در ادامه ۳۰ دقیقه فعالیت استقامتی حاد با ۶۵٪ حداکثر ضربان قلب ذخیره بر روی نوارگردان اجرا شد. آزمودنی‌ها ۷۵ گرم گلوکز محلول در ۲۲۵ میلی‌لیتر آب را پس از ۳۰ دقیقه از اتمام فعالیت مصرف کردند و پس از آن یک ساعت دیگر استراحت غیر فعال انجام شد؛ در انتها سختی شریانی و قندخون مجدد اندازه‌گیری شد. **یافته‌ها:** بین سطوح پایه MDA و FBS با سطوح پایه CAVI ارتباط معنی‌داری وجود دارد ($p=0/001$)، اما بین سطوح پایه MDA و FBS با تغییرات CAVI بعد از فعالیت و مصرف گلوکز ارتباط معنی‌داری وجود نداشت ($p>0/05$). همچنین سطوح پایه MDA و FBS با شاخص ABI در هر دو سطح پایه ($p=0/001$) و نیز تغییرات این شاخص در مرحله دوم اندازه‌گیری پس از مداخله به نسبت سطوح استراحت ($p=0/003$) ارتباط معناداری داشتند. **نتیجه‌گیری:** بطور کل می‌توان نتیجه گرفت سختی شریانی پایه با سطوح پایه MDA و FBS ارتباط دارد اما در مواجهه با شرایط بر هم زننده هموستاز هم‌چون فعالیت ورزشی استقامتی با شدت متوسط و مصرف گلوکز تنها پاسخ شاخص سختی شریانی محیطی (ABI) با این موارد ارتباط دارد.

واژه‌های کلیدی: سختی شریانی، قند خون، مالون‌دی‌آلدئید، فعالیت استقامتی

نحوه ارجاع: عادل دنیایی، مهرنگار رجحان‌نژاد، فرهاد غلامی. "ارتباط تغییرات سختی شریانی متعاقب مصرف گلوکز و فعالیت هوازی با سطوح پایه قندخون (FBS) و مالون‌دی‌آلدئید (MDA) در زنان غیرفعال". مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش. ۱۴۰۳؛ ۱۱ (۱): ۸۲-۹۵.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

شاپای الکترونیکی: ۶۵۰۷-۲۶۷۶

نوع دسترسی: آزاد

DOI: 10.22049/JAHSSP.2023.28706.1560

DOR: 20.1001.



با اسکن QR فوق می‌توانید جزئیات مقاله حاضر را در سایت www.jahssp.azaruniv.ac.ir/ مشاهده کنید.

۱. استادیار گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران. (نویسنده مسئول): adelldonyai@yahoo.com
۲. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.
۳. دانشیار گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.



مقدمه

اثبات رسیده است (۷). ورزش و فعالیت بدنی نیز با کاهش سختی شریانی، یک فرآیند تحت بالینی برای بیماری‌های قلبی عروقی می‌باشد. در همین راستا، تأثیر انواع مختلف ورزش (هوازی، مقاومتی، ترکیبی، تمرین تناوبی، کشش، یا روش‌های ذهن-بدن) بر سختی شریانی تا حدودی مشخص شده است. در یک متآنالیز گسترده یافته‌های سردلی^۷ و همکاران نشان داد که ورزش هوازی، تمرین ترکیبی، تمرین تناوبی و تمرینات ذهن-بدن موثرترین روش‌های ورزشی برای کاهش سختی شریانی است و نقش مهمی در پیشگیری از بیماری‌های قلبی عروقی دارند (۸). همچنین در خصوص اثرات حاد فعالیت بدنی نیز تحقیقات متعدد انجام شده است، در همین راستا هوانگ^۸ و همکاران نشان دادند که فعالیت هوازی بر روی دوجرخه کارسنج در آزمودنی‌های جوان و سالم (۲۰ تا ۴۹ سال) با درصد چربی متفاوت می‌تواند باعث کاهش سختی شریانی شود (۹). در همین راستا سیایوس^۹ و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که دو نوع فعالیت هوازی حاد با شدت متوسط مداوم و تناوبی با شدت بالا، هرچند تفاوت‌های در برخی شاخص‌های اندازه‌گیری شده داشتند، ولی به طور کلی هر دو نوع فعالیت هوازی باعث کاهش سختی شریانی شدند (۱۰). مالون‌دی‌آلدئید (MDA^{۱۰}) نیز، یکی از شاخص‌های قوی پراکسیداسیون لیپیدی است و به طور قابل توجهی در بیماران آترواسکلروتیک افزایش می‌یابد (۱۱). مالون‌دی‌آلدئید یکی از محصولات اصلی از بین برنده‌ی اسیدهای چرب غیر اشباع بوسیله‌ی رادیکال‌های آزاد است که توسط رادیکال هیدروکسیل ایجاد شده و منعکس کننده میزان استرس اکسیداتیو موجود در ارگانسیم است (۱۲). همچنین با کاهش آنزیم‌های ضد اکسایشی مانند گلوکوتاتیون پراکسیداز^{۱۱} و کاتالاز^{۱۲} موجود در بیماران آترواسکلروتیک مرتبط است. این شواهد از این واقعیت حمایت می‌کند که عدم تعادل اکسیدان‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها به تصلب شریانی کمک می‌کند (۱۳). التهاب نیز نقش عمده‌ای در سخت شدن شریان‌های بزرگ دارد و آترواسکلروز نیز به عنوان یک بیماری التهابی در نظر گرفته می‌شود. التهاب با درجه پایین در تمام مراحل توسعه آترواسکلروز، از مرحله اولیه اختلال عملکرد اندوتلیال گرفته تا تشکیل پلاک آترواسکلروتیک بالغ، اختلال در صدمات آترواسکلروتیک، رسوب پارگی پلاک، و عوارض ترومبوتیک حاد آتروم نقش دارد (۱۴). علاوه بر این، افزایش قند خون^{۱۳} (FBS) یک فاکتور پیش بینی کننده مستقل برای افزایش سختی شریانی است (۱۵). نشان داده شده است که قند خون بالا می‌تواند احتمالاً به دلیل رسوب

یکی از پیامدهای زندگی بی‌تحرک، سختی شریان^۱ مرکزی است و سختی در شریان‌های الاستیک مرکزی نشان دهنده خطر بیماری‌های قلبی عروقی است (۱). سختی شریانی یک پیش‌بینی کننده مستقل برای بیماری‌های قلبی عروقی و مرگ و میر ناشی از آن است. با هر انقباض سیستولیک قلب، موج نبض ایجاد شده توسط این شریان‌های الاستیک از طریق گردش خون حرکت می‌کند. سرعت این موج ضربان به طور مستقیم با سختی شریان‌ها مرتبط است و سرعت بالاتر نشان دهنده رگ‌های سخت‌تر است. بنابراین، سختی عروق را می‌توان با سرعت امواج ضربان شریانی که از درخت شریانی عبور می‌کنند اندازه‌گیری کرد (۲). تغییر ترکیب ماتریکس خارج سلولی و هندسه شریانی^۲ منجر به سختی در ساختار شریان‌ها می‌شود. رسوب کلسیم و سایر عوامل مانند پیوند متقابل کلاژن به واسطه محصولات نهایی گلیکوزیلاسیون پیشرفته، سختی ساختاری شریان را تشدید می‌کند. از سوی دیگر، اختلال عملکرد اندوتلیال هم یکی از علل سختی شریان است. عوامل مختلف همراه با افزایش سن، مانند سبک زندگی، بیماری متابولیک و نارسایی کلیوی، می‌توانند پیشرفت سختی شریانی را تسریع کنند. سختی شریانی با افزایش مقاومت شریان محیطی و سختی دیواره شریان مرکزی، بازتاب موج ضربان را افزایش می‌دهد و در نتیجه باعث افزایش پس بار قلبی می‌شود که می‌تواند باعث هیپرتروفی بطن چپ، اختلال عملکرد دیاستولیک و نارسایی قلب شود، حتی اگر عملکرد سیستولیک حفظ شود. بنابراین، مهار یا کاهش سرعت پیشرفت سختی شریان یک راه ایده آل برای جلوگیری از بیماری‌های قلبی عروقی^۳ و نارسایی قلبی است (۳). شاخص عروقی قلبی-مچ پا^۴ (CAVI) به عنوان یک روش پیشرفته و جدید برای تشخیص سختی شریانی می‌باشد (۴). مهم‌ترین ویژگی CAVI تکرارپذیری به دلیل استقلال از فشار خون در آزمایش است. شاخص CAVI در اندازه‌گیری‌های مکرر در فشار خون سیستولیک مختلف بیش از ۱۰ میلی متر جیوه بدون تغییر است (۵). شاخص مچ پا-بازویی^۵ (ABI) نیز از فشار سیستولیک در مچ پا، تقسیم بر فشار سیستولیک در بازو حاصل می‌شود. نشان داده شده است که این یک معیار خاص و حساس برای تشخیص بیماری شریان محیطی^۶ است. علاوه بر این، نشان داده شده است که ABI مرگ و میر و حوادث نامطلوب قلبی عروقی را مستقل از عوامل خطر بیماری‌های قلبی عروقی سنتی پیش بینی می‌کند (۶). ورزش نیز از جمله روش‌های پیشگیری و درمان بیماری‌های غیر واگیر می‌باشد که در تحقیقات متعدد این نقش به

7 Sardeli

8 Huang

9 Siasos

10 Malondialdehyde

11 Glutathione peroxidase

12 Catalase

13 Fasting Blood Glucose

1 Arterial stiffness

2 Arterial geometry

3 Cardiovascular diseases

4 Cardio-Ankle Vascular Index

5 Ankle-Brachial Index

6 Peripheral Artery Disease



مرحله فولیکولی چرخه قاعدگی قرار داشتند. همچنین یک هفته قبل از آزمون، برای اطمینان از وضعیت جسمی و روحی آزمودنی‌ها و بررسی عدم سابقه بیماری قلبی -عروقی، دیابت، بیماری‌های عفونی و مصرف هر نوع دارو و مکمل که ممکن بود منجر به اثرگذاری در تحقیق شود، طبق پرسشنامه پزشکی سلامت مورد بررسی قرار گرفت (۱۸). در نهایت نمونه آماری در دسترس این پژوهش را ۴۰ زن که دارای شرایط ورود به تحقیق بودند، تشکیل دادند. پس از فراخوان عمومی و توجیه کامل شرکت‌کنندگان، فرم رضایت‌نامه از آنان اخذ شد و پرسشنامه سلامتی و فعالیت بدنی (PAR-Q) را تکمیل کردند (۱۹) و به‌عنوان آزمودنی انتخاب شدند، جهت رعایت مسائل اخلاقی به آزمودنی‌ها اطمینان داده شد که اطلاعات دریافتی آن‌ها کاملاً محرمانه در نزد پژوهشگر خواهد ماند و همچنین جهت بررسی اطلاعات از روش کدگذاری استفاده شد. با عنایت به پاندمی کرونا، کلیه پروتکل‌های بهداشتی توصیه شده در زمان اجرای آزمون رعایت شد، همچنین تمامی مراحل این پژوهش منطبق با اصول اخلاقی بر اساس معاهده هلسینکی (اصول اخلاقی در پژوهش‌های پزشکی بر روی انسان) اجرا شد و کد اخلاق نیز قبل از اجرای تحقیق اخذ گردید.

(کد اخلاق: IR.SHAHROODUT.REC.1401.020).

اجرای مراحل آزمون

آزمودنی‌ها پس از ۱۲ ساعت ناشتا به آزمایشگاه فیزیولوژی دانشکده تربیت‌بدنی دانشگاه صنعتی شاهرود مراجعه کرده و نمونه‌گیری خون برای اندازه‌گیری سطوح پایه فاکتورهای خون (قندخون و مالون‌دی‌آلدئید) انجام گردید. در ادامه ابتدا آنالیز ترکیب بدنی انجام شد و بعد از ۱۵ دقیقه استراحت در حالت دراز کشیده در محیط آرام و با دمای کنترل شده بین ۲۵ تا ۲۷ درجه سلسیوس و با کنترل ضربان قلب استراحتی فرد، تست پایه و اولیه سختی شریانی گرفته شد. در ادامه گرم کردن عمومی مشتمل بر ۵ دقیقه پیاده روی تند یا دویدن نرم روی نوارگردان بود که بعد از گرم کردن یک پروتکل فعالیت هوازی شامل ۳۰ دقیقه دویدن بر روی نوارگردان با ۶۵ درصد حداکثر ضربان قلب ذخیره انجام شد، ضربان قلب توسط ضربان سنج پلار (ساخت کشور فنلاند) کنترل شد؛ به دنبال آن آزمودنی‌ها ۳۰ دقیقه استراحت غیرفعال داشتند و در ادامه مقدار ۷۵ گرم گلوکز محلول در ۲۲۵ میلی لیتر آب را در مدت ۵ دقیقه نوشیدند و مجدد ۶۰ دقیقه استراحت غیرفعال نموده و مجدد تست سختی شریانی و اندازه‌گیری قند خون انجام شد (همه در یک جلسه). در واقع شاخص‌های سختی شریانی و قند خون ۲ بار (قبل از شروع فعالیت و پس از ۱۲۰ دقیقه کل مراحل پروتکل) اندازه‌گیری

گلوکز در عروق منجر به سخت تر شدن عروق شود. هایپرگلیسمی پس از غذا هم باعث افزایش سختی شریانی می‌شود. به طور خاص، سختی شریانی آئورت ۶۰ دقیقه پس از مصرف گلوکز افزایش می‌یابد (۱۶). بر همین اساس کوبایاشی^۱ و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی اثرات حاد ورزش هوازی با شدت متوسط بر سختی شریانی قبل و بعد از مصرف گلوکز بررسی کردند و نتایج نشان داد که تمرین هوازی به‌طور مؤثری افزایش سختی شریانی را زمانی که قبل از مصرف گلوکز اجرا می‌شود، سرکوب می‌کند (۱۷). همچنین هیوانگ^۲ و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که شرایط متابولیک غیرطبیعی باعث افزایش سختی شریانی می‌شود که یکی از عوامل خطر بیماری قلبی عروقی است، حتی پس از در نظر گرفتن و متعادل سازی سن، جنس و فشار خون باز هم این افزایش در سختی مشهود است. از آنجایی که سختی شریانی می‌تواند در بسیاری از بیماری‌ها نقش اساسی داشته باشد، عوامل درگیر در ایجاد و نیز مرتبط با سختی شریانی از اهمیت زیادی برخوردار هستند در همین راستا و با عنایت به توضیحاتی که شرح آن در بالا ذکر شد، به نظر می‌رسد دو عامل مالون‌دی‌آلدئید و قند خون می‌توانند نشانگرهای باشند که با سختی شریانی در ارتباط هستند و به نوعی پیش‌بینی کننده شاخص‌های آن (CAVI و ABI) در عروق باشند، لذا بررسی این موضوع یکی از اهداف تحقیق حاضر می‌باشد؛ همچنین با عنایت به اثرات حاد فعالیت هوازی در بهبود سختی شریانی از یک طرف و اثرات منفی مصرف گلوکز از طرف دیگر و نیز احتمال ارتباط چگونگی پاسخ سختی شریانی به دو عامل ذکر شده (مالون‌دی‌آلدئید و قند خون)، هدف بعدی بررسی ارتباط پاسخ سختی شریانی به فعالیت بدنی و مصرف گلوکز (دو عامل برهم زننده هموستاز عروقی) با سطوح مالون‌دی‌آلدئید و قند خون می‌باشد.

روش پژوهش

تحقیق حاضر از نوع مداخله‌ای و کارآزمایی به صورت نیمه تجربی بود؛ آزمودنی‌های این پژوهش از بین کلیه زنان غیرفعال شهر شاهرود در محدوده سنی ۲۰ الی ۴۵ سال به صورت در دسترس به تحقیق وارد شدند. شرایط ورود به تحقیق شامل: عدم ابتلا به چاقی (شاخص توده بدنی کمتر از ۳۰ کیلوگرم/مترمربع)، عدم ابتلا به بیماری‌های مزمن یا حاد حداقل در مدت یک سال پیش از شروع تحقیق، عدم استفاده از هرگونه دارو، دارا بودن فشارخون طبیعی (کمتر از ۱۴۰/۹۰ میلیمترجیوه) و عدم استعمال دخانیات و مصرف الکل بود، همچنین برای عدم تأثیرگذاری چرخه قاعدگی زنان بر سختی شریانی، همه آزمودنی‌ها در

¹ Kobayashi

² Hwang



روش آماری

جهت بررسی داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS-21 از روش‌های توصیفی و استنباطی استفاده گردید. در راستای توصیف داده‌ها با شاخص‌های فراوانی از درصد، میانگین و انحراف معیار استفاده شد. تغییرات احتمالی متغیرهای مورد اندازه‌گیری (CAVI, ABI, FBS) به واسطه اثر مستقیم مداخله ورزشی و مصرف گلوکز در دو مرحله اندازه‌گیری (قبل و بعد از مداخله ورزشی و مصرف گلوکز) با تی‌وابسته بررسی شد؛ در ادامه ضمن بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها و سایر پیش فرض‌های مورد نیاز، از آزمون رگرسیون خطی ساده جهت بررسی ارتباط بین متغیرها استفاده شد؛ در این راستا قندخون و مالون‌دی‌آلدئید استراحتی به عنوان متغیرهای پیش بین و سطوح دو شاخص CAVI و ABI در سطح پایه (مرحله اول اندازه‌گیری) و نیز تغییرات و تفاوت این دو شاخص از مرحله اول به مرحله دوم (تغییرات) به عنوان متغیرهای ملاک تعیین شد. همچنین سطح معناداری برای تجزیه و تحلیل تمامی آزمون‌های آماری $p < 0.05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در جدول ۱- میانگین و انحراف معیار شاخص‌های انتروپومتریک و فردی آزمودنی‌های حاضر در تحقیق نشان داده شده است.

جدول ۱ - میانگین و انحراف معیار شاخص‌های انتروپومتریک و فردی آزمودنی‌ها

ویژگی‌ها	(N=40)
سن (سال)	28/9 ± 7/6
قد (سانتیمتر)	160/9 ± 5/9
وزن (کیلوگرم)	68 ± 13
شاخص توده بدنی (کیلوگرم / متر مربع)	26/4 ± 4/1
درصد چربی (%)	29/04 ± 6/2
فشارخون سیستول (میلی متر جیوه)	119 ± 14
فشارخون دیاستول (میلی متر جیوه)	75 ± 15
MDA (نانو مول / میلی لیتر)	6/52 ± 3/1
قند خون ناشتا (FBS) (میلی گرم / دسی لیتر)	92 ± 6

شد. انتخاب شدت و مدت فعالیت بدنی و نیز میزان و زمان مصرف گلوکز و نیز زمان‌بندی اندازه‌گیری سختی شریانی پس از آن بر اساس مطالعات کوبایاشی و همکاران (۲۰، ۲۱) و نیز تحقیق دنیایی و همکاران (۲۲) انجام شد که در آن بهترین شدت برای پاسخ سختی شریانی را شدت‌های متوسط (۶۵ درصد حداکثر ضربان قلب ذخیره) بیان کردند و نیز بهترین زمان اندازه‌گیری سختی شریانی را یک ساعت پس از مصرف گلوکز عنوان کرده بودند.

اندازه‌گیری‌ها

نمونه خون شرکت‌کنندگان قبل از شروع آزمون و پس از حداقل ۱۲ ساعت ناشتایی به میزان ۱۰ سی‌سی در حالت نشسته گرفته شد. سرم نمونه‌های خون برای اندازه‌گیری قندخون و مالون‌دی‌آلدئید جدا شد. برای اندازه‌گیری سطح مالون‌دی‌آلدئید به عنوان نشانگر پراکسیداسیون لیپیدی، از کیت سنجش ساخت شرکت نوند سلامت ایران استفاده شد. اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدئید سرمی با روش رنگ سنجی و بر پایه واکنش با تیوباربیتوریک اسید^۱ انجام شد. برای اندازه‌گیری قند خون در هر دو مرحله نیز به روش آنزیمی گلوکزاکسیداز از کیت شرکت پارس آزمون ایران و با استفاده از دستگاه اتوآنالیزر استفاده شد. همچنین تست سختی شریان‌ها با استفاده از سیستم VaSera-VS-2000 (شرکت فوکودا Denshi ژاپن) انجام شد (۲۳). از این دستگاه برای تشخیص سن عروقی و همچنین برای غربالگری بیماری‌های شریان محیطی و مرکزی استفاده می‌شود. دو شاخص CAVI (شاخص عروقی قلبی - میج پای) و ABI (شاخص میج پای بازویی) توسط این دستگاه اندازه‌گیری شد (۸). این دستگاه دارای ۴ کاف می‌باشد که به دو بازو و دو میج پا وصل می‌شود و یک میکروفون که بر روی جناغ سینه در فضای بین دنده‌ای دوم قرار می‌گیرد. مکانیسم دستگاه به این شکل است که در سنجش سختی شریانی مرکزی (CAVI) سختی شریانی را از مبدا آئورت تا میج پا اندازه‌گیری می‌کند (۲۴). ترکیب بدنی شامل وزن، درصد چربی و شاخص توده بدنی نیز با استفاده از دستگاه In body مدل ۲۳۰ ساخت کشور کره جنوبی اندازه‌گیری شد. در خصوص کنترل‌های تغذیه‌ای نیز از آنجای که مطالعه به صورت تک جلسه‌ای و در حالت ناشتا برای همه آزمودنی‌ها انجام شد، تا حدود زیادی اثرات مداخله‌ای رژیم‌های غذایی متفاوت کنترل شد، اما برای کنترل بیشتر اثر حاد ضد اکسایش‌های طبیعی بر مالون‌دی‌آلدئید استراحتی، لیستی از مواد غذایی رایج و داری مقادیر بالای این مواد تهیه و در اختیار آزمودنی‌ها قرار گرفت تا در ۲۴ ساعت قبل از جلسه آزمون از خوردن آنها اجتناب کنند.

¹ Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)



همچنین در تغییرات شاخص ABI با MDA و FBS نیز ارتباط معنی دار مشاهده شد ($p=0/003$)؛ برای شش معادله پژوهش که نتایج آزمون F معنی داری بود، فرضیه استقلال مشاهدات (عدم همبستگی باقیمانده‌ها) با استفاده از آماره دوربین واتسون بررسی شد که در محدوده مطلوب (مقدار آماره بین ۱٫۵ تا ۲٫۵) به دست آمد.

بر این اساس، استفاده از رگرسیون برای پیش‌بینی متغیرهای ملاک مناسب شناخته شد. نمودار هیستوگرام (که میانگین و انحراف معیار نیز در آن مشخص است) نیز به عنوان آخرین مرحله که در تحلیل رگرسیون استفاده می‌شود و طبیعی بودن (نرمالیت) توزیع باقیمانده‌ها را می‌سنجد، معادله‌های رگرسیون را تأیید کرد. نرمال بودن نمودار نشان می‌دهد که در تحلیل رگرسیون، گرایش به سمت خطاها وجود ندارد و استفاده از رگرسیون مجاز بوده است (مدل برازش دارد). لذا بر اساس ضریب تعیین (R^2) برای MDA که میزان ۰/۳۹۱ است، مشخص شد که این متغیر توانایی تبیین به میزان ۳۹/۱ درصد برای شاخص CAVI در حالت پایه را دارد و ارتباط این دو نیز مثبت و مستقیم می‌باشد، این میزان با ضریب تعیین ۰/۸۷۶ برای FBS توانایی تبیین به میزان ۸۷/۶ درصد را برای شاخص CAVI ولی به صورت منفی و عکس دارا بود. همچنین در خصوص شاخص ABI در حالت پایه مشخص شد که MDA با ضریب تعیین ۰/۴۵۲ توانایی تبیین به میزان ۴۵/۲ درصد (مثبت و مستقیم) و FBS با ضریب تعیین ۰/۶۱۹ توانایی تبیین به میزان ۶۱/۹ درصد (منفی و عکس) را دارند؛ همچنین در خصوص تغییرات شاخص ABI مشخص شد که MDA با ضریب تعیین ۰/۱۹۴ توانایی تبیین مثبت و مستقیم به میزان ۱۹/۴ درصد و FBS با ضریب تعیین ۰/۲۱۲ توانایی تبیین منفی و عکس به میزان ۲۱/۲ درصد برای تغییرات شاخص ABI را دارند (جدول شماره ۳).

در جدول ۲- اطلاعات توصیفی و همچنین مقایسه درون گروهی متغیرهای تحقیق نشان داده شده است. آزمون تی وابسته در دو مرحله اندازه‌گیری شاخص CAVI قبل و بعد از مداخله، تغییرات را معنی دار نشان داد ($p=0/005$ و $t=2/02$) همچنین قندخون قبل و بعد از مداخله، تغییرات معنی دار داشت ($p=0/001$ و $t=-3/46$) اما شاخص ABI، تغییرات معنی دار نداشت ($p=0/4$ و $t=0/85$) (جدول شماره ۲).

جدول ۲ - اطلاعات توصیفی و مقایسه درون گروهی (تی وابسته)

متغیرها	میانگین \pm انحراف معیار
شاخص عروقی قلبی - میج پای CAVI	پایه (مرحله اول اندازه‌گیری) $5/99 \pm 0/77$
	پاسخ (مرحله دوم اندازه‌گیری - بعد از مداخله) $5/7 \pm 1$
	t $2/02$
شاخص میج پا - بازویی ABI	p $0/050^*$
	پایه (مرحله اول اندازه‌گیری) $1/05 \pm 0/1$
	پاسخ (مرحله دوم اندازه‌گیری - بعد از مداخله) $1/02 \pm 0/19$
قند خون (FBS) (میلی‌گرم / دسی لیتر)	t $0/850$
	p $0/4$
	پایه (مرحله اول اندازه‌گیری) 92 ± 6
	پاسخ (مرحله دوم اندازه‌گیری - بعد از مداخله) 108 ± 29
	t $-3/46$
	P $0/001^*$

*معنی داری در سطح ($p < 0/05$)

در جدول ۳ نتایج رگرسیون خطی ساده مربوط به ضرایب رگرسیون، ضرایب تعیین و تحلیل واریانس رگرسیون در خصوص ارتباط بین سطوح پایه MDA و FBS (متغیرهای پیش‌بین) با متغیرهای ملاک شامل سطوح دو شاخص CAVI و ABI در سطح پایه (مرحله اول اندازه‌گیری) و نیز تغییرات این دو شاخص از مرحله اول به مرحله دوم و پس از مداخله به طور مجزا نشان داده شده است (مجموعاً هشت ارتباط). نتایج آزمون معنی‌داری در ستون F برای بررسی معنی‌داری معادله‌های رگرسیون نشان می‌دهد که از بین هشت ارتباط مورد بررسی، در رابطه خطی بین سطوح پایه MDA و FBS و سطوح استراحتی دو شاخص CAVI و ABI ارتباط معنی‌داری وجود دارد ($p=0/001$).

جدول ۳: رگرسیون خطی ساده برای رابطه بین متغیر پیش‌بین (سطوح پایه MDA و FBS) با متغیرهای ملاک (شاخص‌های CAVI و ABI در حالت پایه و نیز تغییرات آنها متعاقب فعالیت ورزشی و مصرف گلوکز)

مقدار p	ضرایب تعیین		ضرایب رگرسیون		متغیر پیش‌بین	متغیر ملاک
	F	R2	R	SE		
۰/۰۰۱*	۲۶/۳۱	۰/۳۹۱	۰/۶۲۵	۰/۱۸	۰/۰۹	CAVI پایه
۰/۰۰۱*	۲۶۸	۰/۸۷۶	۰/۹۳۶	۰/۰۰۶	-۰/۱	FBS پایه
۰/۶۰۱	۰/۳۷۸	۰/۰۰۷	۰/۰۸۲	۰/۰۱۲	۰/۰۰۶	MDA پایه
۰/۴۰۸	۰/۷۰۱	۰/۰۱۸	۰/۱۳۵	۰/۰۱۱	-۰/۰۰۹	FBS پایه
۰/۰۰۱*	۳۳/۸۱	۰/۴۵۲	۰/۶۷۲	۰/۰۰۲	۰/۰۱۴	MDA پایه
۰/۰۰۱*	۶۱/۶۵	۰/۶۱۹	۰/۷۸۷	۰/۰۰۲	-۰/۰۱۳	FBS پایه
۰/۰۰۳*	۹/۸۹	۰/۱۹۴	۰/۴۴۱	۰/۰۰۶	۰/۰۱۹	MDA پایه
۰/۰۰۳*	۱۰/۲۱	۰/۲۱۲	۰/۴۶۰	۰/۰۰۵	-۰/۰۱۷	FBS پایه

*معنی داری در سطح (p < ۰/۰۵)

تغییرات در WHR و سطوح MDA به طور معنی داری مشاهده شد (۲۶). به نظر می‌رسد یکی از دلایل اصلی تفاوت تحقیق حاضر با تحقیقات گذشته سن و بیماری‌های زمینه‌ای آزمودنی‌ها باشد، چرا که تحقیقات گذشته عمدتاً در افراد میانسال و سالمند و همچنین دارای بیماری‌های زمینه‌ای نظیر سندروم متابولیک انجام شده و لذا احتمالاً نحوه ارتباط عملکرد عروق با فاکتورهای نظیر MDA و FBS تحت تاثیر این دو عامل (سن و بیماری زمینه‌ای) قرار می‌گیرد. به طور کلی استرس اکسیداتیو را می‌توان به سه روش تجزیه و تحلیل کرد: با اندازه‌گیری مستقیم ROS، با اندازه‌گیری وجود یا عدم وجود آنتی‌اکسیدان‌ها، یا با اندازه‌گیری آسیب به پروتئین‌ها، لیپیدها، DNA یا RNA. با این وجود، از آنجایی که ROS بسیار ناپایدار است، بیشتر از آسیب به پروتئین‌ها، لیپیدها، DNA یا RNA برای ارزیابی استرس اکسیداتیو استفاده می‌شود و بطور معمول از اندازه‌گیری‌های محصولات متابولیک و رادیکال‌های آزاد حاصل از اکسایش لیپیدها مانند MDA استفاده می‌شود (۲۷). احتمالاً یکی دیگر از عوامل مؤثر در چگونگی پاسخ‌ها، جنسیت آزمودنی‌های تحقیق باشد، مطالعاتی به بررسی و بحث در مورد تاثیر جنسیت در سختی شریانی پرداخته‌اند، و بیان کرده‌اند که جنسیت بر روی مکانیسم‌ها و سختی شریان قلب و عروق مؤثر است (۲۸). مشخص شده است که زنان نسبت به مردان هم‌سن خود از سختی شریان کمتری برخوردار هستند و پس از افزایش هورمون‌های جنسی در دوره بلوغ سختی شریانی در مردان افزایش بیشتری می‌یابد. استروژن به عنوان یک هورمون جنسی زنانه، محافظ قلب است و مطالعات حاکی از آن است که زنان قبل از یائسگی (همانند آزمودنی‌های این تحقیق) در برابر ایجاد CVD در مقایسه با مردان محافظت

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که بین سطوح پایه MDA و FBS با سطوح پایه و استراحتی شاخص CAVI (مرحله اول اندازه‌گیری) ارتباط معنی داری وجود دارد (در خصوص FBS رابطه منفی و عکس و در خصوص MDA رابطه مثبت و مستقیم). ولی بین سطوح پایه MDA و FBS با تغییرات شاخص CAVI متعاقب مصرف گلوکز و فعالیت ورزشی (تغییرات و تفاوت CAVI از مرحله اول به مرحله دوم بعد از مداخله) ارتباط معنی داری وجود ندارد. اما شاخص ABI هم در سطح پایه و هم تغییرات ABI متعاقب مصرف گلوکز و فعالیت ورزشی (تغییرات و تفاوت ABI از مرحله اول به مرحله دوم بعد از مداخله) با سطوح پایه MDA و FBS ارتباط معناداری یافت شد (در خصوص FBS رابطه منفی و عکس و در خصوص MDA رابطه مثبت و مستقیم). برخلاف نتایج ما روچادا و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که هرچند سرعت موج ضربان آنورت (aPWV) به عنوان یک شاخص سختی شریانی مرکزی مانند CAVI و نیز سطوح MDA در بیماران مبتلا به سندرم متابولیک بالاتر از هم سن و سال‌های غیر بیمار می‌باشد ولی بین این دو فاکتور و سایر شاخص‌های سندروم متابولیک ارتباط معنی داری یافت نشد و در خصوص شاخص ABI نیز هیچ تفاوتی را بین دو گروه گزارش نکردند (۲۵). ولی در تحقیق کیم و همکاران (۲۰۱۳) مشخص شد. سرعت موج ضربان آنورت با تغییرات نسبت دور کمر به باسن (WHR)، نشانگرهای استرس التهابی (اینترلوکین ۶ و ۸ و پروتئین واکنشی C) و اکسیداتیو (MDA) همبستگی مثبت دارد. همچنین در تجزیه و تحلیل از افراد با کاهش سرعت موج ضربان آنورت در مقابل افزایش سرعت موج ضربان آنورت،



پرداخته است، می‌تواند بیانگر فرضیه جدید باشد که ارتباط سختی عروق با قند خون در محدوده نرمال و در سطوح غیر نرمال و بیماری‌ها می‌تواند به گونه‌ای متفاوت باشد که با توجه به شواهد اندک، نیاز به بررسی بیشتر و همه جانبه کاملاً مشهود است و می‌بایست در تحقیقات آتی به آن پرداخته شود. همچنین با توجه به نتایج در تحقیق حاضر در خصوص پاسخ عروقی به انجام فعالیت هوازی با شدت متوسط و مصرف گلوکز متعاقب آن، همانند نتایج در تحقیقات قبلی نشان داده شد که در خصوص فاکتور CAVI این شاخص کاهش یافت و در خصوص فاکتور ABI نیز تغییر معنی دار نبود؛ این نتایج بدون در نظر گرفتن ارتباط پاسخ با سطوح پایه MDA و FBS می‌باشد و با تحقیقات کوبایاشی و همکاران (۱۷) هم راستا است، این تیم تحقیقی تأثیرات فعالیت هوازی حاد را بر سختی شریانی پس از مصرف گلوکز بررسی کردند. نمونه‌های مورد آزمون زنان جوان سالم بودند، نتایج حاکی از آن بود که فعالیت هوازی حاد بویژه در شدت‌های متوسط به طور موثری می‌تواند سختی شریانی متعاقب مصرف گلوکز را مهار کند (۳۲). همچنین این نتایج هم راستا با تحقیق دنیایی و همکاران (۱۴۰۱) نیز می‌باشد که نشان دادند که فعالیت بدنی با شدت متوسط و مصرف گلوکز باعث ایجاد پاسخ‌های عروقی (کاهش شاخص‌های سختی شریانی متعاقب فعالیت و مصرف گلوکز) می‌شود (۳۳). در مجموع تحقیقات قبلی نشان داده‌اند که فعالیت بدنی با شدت متوسط (حدود ۶۵ درصد ضربان قلب ذخیره) می‌تواند اثرات منفی مصرف گلوکز را بر عملکرد اندوتلیال عروق خنثی کند و پاسخ شاخص‌های سختی شریانی را کاهش دهد، حال آنکه بر اساس پیشینه و به واسطه مصرف گلوکز به صورت مجزا (بدون انجام فعالیت ورزشی) انتظار افزایش این شاخص‌ها می‌رود (۲۰، ۲۲، ۳۴) اما نتایج حاضر علاوه بر آن نشان می‌دهد چگونگی پاسخ عروق به مصرف گلوکز و فعالیت بدنی به سطوح پایه MDA و FBS وابسته است و مشخصاً پاسخ ABI با سطوح پایه MDA و FBS مرتبط می‌باشد. از محدودیت‌های پژوهش حاضر سن و ویژگی‌های آزمودنی‌های تحقیق بود که به نظر می‌رسد تحقیق در خصوص افراد با سنین بالاتر و نیز دار بودن برخی بیماری‌های زمینه‌ای مانند دیابت و سندروم متابولیک، بتواند اطلاعات بهتری در خصوص ارتباط متغیرهای مورد اندازه‌گیری بدست آورد؛ از طرفی تعداد زیادی متغیر التهابی وجود دارند که می‌توانند در ارتباط با عملکرد عروقی تأثیرگذار باشند و در مطالعه حاضر بررسی نشدند و لذا پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی مورد بررسی قرار گیرند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این مطالعه به نظر می‌رسد، بین سطوح پایه MDA و FBS با سختی شریانی (CAVI و ABI) ارتباط وجود دارد و سطوح پایه MDA و FBS می‌توانند به عنوان پیش‌بینی کننده سطوح پایه

بیشتری می‌شوند. دوپونت^۱ و همکاران نشان داد با پیری و بهم خوردن تنظیم تعادل بین کلاژن و الاستین، کلاژن بیشتری جایگزین الاستین می‌شود که منجر به سخت‌تر شدن دیواره شریان‌ها می‌شود (۲)، همچنین نشان داده شده است که استروژن به طور مستقیم بر روی بازسازی دیواره شریانی اثر می‌گذارد و این کار را با افزایش تولید الاستین و کاهش رسوب کلاژن انجام می‌دهد. زنان همچنین دارای گیرنده‌های استروژن شریانی بیشتری نسبت به مردان هستند و نیز تولید نیتریک اکساید در زنان قبل از یائسگی نسبت به مردان بیشتر است. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که سختی شریانی توسط درمان هورمونی در زنان بعد از یائسگی بهبود می‌یابد و دوباره پس از قطع مصرف کاهش می‌یابد (۲۹). به طور کلی تفسیر دقیق نتایج و درک روشن‌تر موضوع (ارتباط بین MDA با سختی شریانی و نقش جنسیت در این ارتباط)، به تحقیقات بیشتر ضمن بررسی سایر عوامل احتمالی درگیر و استفاده از هر دو جنس در آزمودنی‌ها نیاز دارد. در خصوص ارتباط سطوح قند خون با شاخص‌های سختی شریانی در یک مطالعه بزرگ شامل ۸۵۹۹ نفر که در جنوب چین تحت معاینه بهداشتی قرار گرفتند، باPWV با سندرم متابولیک و اجزای فردی آن همبستگی مثبت داشت، در این مطالعه، فشارخون و قندخون قوی‌ترین عوامل همبستگی را داشتند (۳۰). در مطالعه دیگری، فشارخون بالا و قندخون بالا در بیمارانی که تحت معاینه داوطلبانه سالم قرار گرفتند، با افزایش باPWV مرتبط بود (۳۱). هیوانگ و همکاران، FBS را بعنوان یکی از پیش‌بینی‌کننده‌های مستقل افزایش سختی شریانی با تجزیه و تحلیل چند متغیره دانستند و علاوه بر این، نشان دادند که شرایط متابولیک غیرطبیعی مانند سندرم متابولیک و دیابت شیرین، سختی شریانی را افزایش داده است. نتایج آنها نشان می‌دهد که شرایط متابولیک غیرطبیعی یکی از مکانیسم‌های افزایش سختی شریانی، مستقل از سن و فشارخون است (۱۵). در مطالعه‌ی حاضر نیز ارتباط مستقیم بین سطوح پایه FBS و سختی شریانی محیطی و مرکزی در سطح پایه و نیز ارتباط با تغییرات سختی شریانی پس از مصرف گلوکز و فعالیت ورزشی در عروق محیطی کاملاً مشهود و معنادار بود اما نکته حائز اهمیت رابطه منفی و عکس این دو متغیر بود که از این جهت نتایج ما با نتایج تحقیقات قبلی متضاد بود، عمده دلیل تفاوت نتایج ما با تحقیقات قبلی را می‌توان به ویژگی‌های آزمودنی‌ها مرتبط دانست، چرا که تحقیقات قبلی در افرادی که مشکل تحمل گلوکز و بیماری دیابت داشته‌اند انجام شده است ولی تحقیق حاضر آزمودنی‌ها سالم و بدون بیماری زمینه‌ای بودند، در اینخصوص میانگین قند خون نیز نشان می‌دهد قند ناشتا در محدوده نرمال بوده است؛ این موضوع با عنایت به اینکه اولین تحقیقی است که به آن

^۱ Do Pont

تشکر و قدردانی

از تمامی آزمودنی‌های شرکت کننده و کسانی که ما را در اجرای این تحقیق یاری رساندند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله، هیچ نفع متقابلی از انتشار آن ندارند

سختی شریانی مرکزی و محیطی در زنان جوان مطرح شوند. همچنین در خصوص پاسخ عروقی متعاقب مصرف گلوکز و فعالیت استقامتی با ۶۵٪ حداکثر ضربان قلب ذخیره در زنان غیرفعال می‌توان گفت که سطوح MDA و FBS ارتباط مثبت و مستقیمی با پاسخ ABI دارند. لذا با توجه به ارتباط شاخص‌های سختی شریانی (ABI و CAVI) در حالت پایه و همچنین پاسخ ABI به فعالیت بدنی با شدت متوسط و مصرف گلوکز، کنترل سطح سرمی MDA ضروری به نظر می‌رسد. اما در خصوص سطوح FBS به نظر می‌رسد، حفظ این فاکتور در محدوده نرمال ضروری است، هرچند برای توصیه دقیق تحقیقات بیشتر مورد نیاز است.

Reference

1. Saz-Lara A, Cavero-Redondo I, Álvarez-Bueno C, Notario-Pacheco B, Reina-Gutiérrez S, Sequí-Domínguez I, et al. What type of physical exercise should be recommended for improving arterial stiffness on adult population? A network meta-analysis. *European Journal of Cardiovascular Nursing*. 2021;20(7):696-716.
2. DuPont JJ, Kenney RM, Patel AR, Jaffe IZ. Sex differences in mechanisms of arterial stiffness. *British journal of pharmacology*. 2019;176(21):4208-25.
3. Namba T, Masaki N, Takase B, Adachi TJIJoMS. Arterial stiffness assessed by cardio-ankle vascular index. 2019;20(15):3664.
4. Vlachopoulos C, Aznaouridis K, Stefanadis C. Prediction of cardiovascular events and all-cause mortality with arterial stiffness: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the American College of Cardiology*. 2010;55(13):1318-27.
5. Shirai K, Hiruta N, Song M, Kurosu T, Suzuki J, Tomaru T, et al. Cardio-ankle vascular index (CAVI) as a novel indicator of arterial stiffness: theory, evidence and perspectives. 2011:1105.300-383.
6. Milasinovic DZ, Sekulic DB, Nikolic DD, Vukicevic AM, Tomic AP, Miladinovic UM, et al. Virtual ABI: A computationally derived ABI index for noninvasive assessment of femoro-popliteal bypass surgery outcome. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2021/09/01;208:106242.
7. Olamazadeh MH, Faramarzi M. The Role of Physical Activity and Exercise in Prevention of Non-Communicable Chronic Diseases in Iran. *Journal of Isfahan Medical School*. 2020;38(582):477-88.[In Persian]
8. Sardeli AV, Gáspari AF, Chacon-Mikahil MPJTJosm, fitness p. Acute, short-, and long-term effects of different types of exercise in central arterial stiffness: a systematic review and meta-analysis. 2018;58(6):923-32.
9. Huang Z, Chen G, Wang X, Zang Y, Yue Q, Cai Z, et al. The effect of acute aerobic exercise on arterial stiffness in individuals with different body fat percentages: A cross-sectional study. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2023;9:1072191.
10. Siasos G, Athanasiou D, Terzis G, Stasinaki A, Oikonomou E, Tsitkanou S, et al. Acute effects of different types of aerobic exercise on endothelial function and arterial stiffness. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2016;23(14):1565-72.
11. Khan MA, Baseer AJJPMA. Increased malondialdehyde levels in coronary heart disease. 2000;50(8):261-4.
12. Moreto F, Kano HT, Torezan GA, de Oliveira EP, Manda RM, Teixeira O, et al. Changes in malondialdehyde and C-reactive protein concentrations after lifestyle modification are related to different metabolic syndrome-associated pathophysiological processes. 2015;9(4):218-22.



23. Gómez-Marcos MÁ, Recio-Rodríguez JI, Patino-Alonso MC, Agudo-Conde C, Gómez-Sánchez L, Gomez-Sanchez M, et al. Cardio-ankle vascular index is associated with cardiovascular target organ damage and vascular structure and function in patients with diabetes or metabolic syndrome, LOD-DIABETES study: a case series report. *Cardiovascular diabetology*. 2015;14(1):1.
24. Yambe T, Yoshizawa M, Saijo Y, Yamaguchi T, Shibata M, Konno S, et al. Brachio-ankle pulse wave velocity and cardio-ankle vascular index (CAVI). *Biomedicine & pharmacotherapy*. 2004;58:S95-S8.
25. Sri-Amad R, Huipao N, Prasertsri P, Roengrit T. Aortic pulse wave velocity, ankle-brachial index, and malondialdehyde in older adults with or without metabolic syndrome. *Pulse*. 2020;8(1-2):31-9.
26. Kim JY, Kim OY, Paik JK, Kwon DY, Kim H-J, Lee JH. Association of age-related changes in circulating intermediary lipid metabolites, inflammatory and oxidative stress markers, and arterial stiffness in middle-aged men. *Age*. 2013;35:1507-19.
27. Urso ML, Clarkson PM. Oxidative stress, exercise, and antioxidant supplementation. *Toxicology*. 2003;189(1-2):41-54.
28. Baynard T, Carhart R, Weinstock R, Ploutz-Snyder L, Kanaley J. Short-term exercise training improves aerobic capacity with no change in arterial function in obesity. *European journal of applied physiology*. 2009;107:299-308.
29. Coutinho T. Arterial stiffness and its clinical implications in women. *Canadian Journal of Cardiology*. 2014;30(7):756-64.
30. Hwang IC, Suh S-Y, Seo A-R, Ahn HY, Yim E. Association between metabolic components and subclinical atherosclerosis in Korean adults. *Korean Journal of Family Medicine*. 2012;33(4):229.
31. Chen L, Zhu W, Mai L, Fang L, Ying K. The association of metabolic syndrome and its components with brachial-ankle pulse wave
13. Choi S-Y, Oh B-H, Park JB, Choi D-J, Rhee M-Y, Park SJJoa, et al. Age-associated increase in arterial stiffness measured according to the cardio-ankle vascular index without blood pressure changes in healthy adults. 2013:18267.
14. Cecelja M, Chowienczyk PJAR. Arterial stiffening: Causes and consequences. 2013;7(1):22-7.
15. Hwang H-S, Ko K-P, Kim MG, Kim S, Moon J, Chung WJ, et al. The role of abnormal metabolic conditions on arterial stiffness in healthy subjects with no drug treatment. *Clinical Hypertension*. 2016;22(1):1-6.
16. Baynard T, Carhart R, Weinstock R, Ploutz-Snyder L, Kanaley JJEjoap. Short-term exercise training improves aerobic capacity with no change in arterial function in obesity. 308-299:(3) 107;2009.
17. Kobayashi R, Yoshida S, Okamoto T. Effects of acute aerobic exercise on arterial stiffness before and after glucose ingestion. *International Journal of Sports Medicine*. 2017;38(01):12-8.
18. Goldberg DP, Hillier VF. A scaled version of the General Health Questionnaire. *Psychological medicine*. 1979;9(1):139-45.
19. Thomas S, Reading J, Shephard RJ. Revision of the Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q). *Can J Sport Sci*. 1992 1992/12//;17(4):338-45.
20. Kobayashi R, Yoshida S, Okamoto T. Arterial stiffness after glucose ingestion in exercise-trained versus untrained men. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2015;40(11):1151-6.
21. Kobayashi R, Sato K, Sakazaki M, Nagai Y, Iwanuma S, Ohashi N, et al. Acute effects of difference in glucose intake on arterial stiffness in healthy subjects. *Cardiology Journal*. 2021;28(3):446-52.
22. Donyaei A, Taghiabadi FS, Gholami F. The effect of different intensities of aerobic exercise before glucose ingestion on subsequent central arterial stiffness in active and inactive women. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*. 2021. [In Persian]



velocity in south China. *Atherosclerosis*. 2015;240(2):345-50.

32. Kobayashi R, Hatakeyama H, Hashimoto Y, Okamoto TJJPTS. Acute effects of accumulated aerobic exercise on aortic and peripheral pulse wave velocity in young males. 2018;30(1):181-4.

33. Donyaei A, Taghiabadi FS, Gholami F. The effect of different intensities of aerobic exercise before glucose ingestion on subsequent cardio-ankle vascular index in active and inactive women. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*. 2022;10(22):66-73. [In Persian]

34. Donyaei A, Rahimi M, Nabavi F. Association of Arterial Stiffness Following Glucose Uptake and Exercise with Baseline Vitamin D Levels in Inactive Men and Women. *Research in Sport Medicine and Technology*. [Research]. 2023;20(24):57-67. [In Persian]

