Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

Simultaneous effect of mealworm supplement with aerobic exercise on mitochondrial genes expression in the soleus muscle of rats with non-alcoholic fatty liver

Somayeh Paykari[1], Alireza Rahimi[2]*, Fariba Aghaei[3], Fuad Feizolahi[3]

1- Ph.D Student, Department of exercise physiology, Karaj branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran
2- Associate Professor, Department of exercise physiology, Karaj branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran
3- Assistant Professor, Department of exercise physiology, Karaj branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

Extended Abstract

Background and Aim: Non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD) is an acquired metabolic disorder characterized by the deposition of triglycerides in the liver, caused by factors other than alcohol consumption(1). Currently, the treatment of NAFLD primarily involves physical activity(9) and dietary supplements to reduce fat mass(16). Mitochondrial abnormalities, such as dysfunction in the electron transport chain and reduced beta-oxidation of fatty acids, contribute to fat accumulation in liver cells, leading to cellular damage and progression to non-alcoholic steatohepatitis (NASH)(2). Exercise not only reduces liver inflammation but also enhances mitochondrial biogenesis, improving morphological dynamics and regeneration rates through biogenesis and mitophagy(10). Additionally, insect-based supplements, such as mealworms, have demonstrated strong immunostimulatory, anticancer, antidiabetic, and antioxidant properties(17). This supplement, rich in protein, has been reported to exhibit anti-obesity effects by activating PGC-1α . Furthermore, it has been shown to effectively reduce weight and fat mass by influencing the expression of genes involved in fat metabolism(18). in this study, the simultaneous effect of mealworm protein supplementation with aerobic exercise on the expression of genes involved in mitochondrial biogenesis, including peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha (PGC-1α), uncoupling protein 1 (UCP1), mitofusin 1 (Mfn1), and dynamin-related protein 1 (Drp1), in the soleus muscle tissue of rats with NAFLD.

Materials and Methods: In this experimental study, 25 male Wistar rats were divided into five equal groups including: 1- healthy, 2- patient, 3- patient+ supplement, 4- patient+ exercise, 5- patient+ supplement + exercise. The sick groups developed NAFLD with high fat and cholesterol diet. Interval endurance exercise was performed for eight weeks, including running on a treadmill for 30 minutes, five days a week with gradual overload. mealworm supplement gavage with a dose of 20 mg/kg body weight was performed on the same days as exercise. Tissue sampling of the soleus muscle was performed 48 hours after the last exercise and supplement session. The animals were anesthetized with intraperitoneal injections of ketamine and xylazine, and the soleus muscle tissue was immediately collected. Each tissue sample was placed in a microtube containing liquid nitrogen and stored at -80°C until gene expression analysis. RNA extraction was performed using the RNX-Plus method, and the quality and quantity of RNA were assessed via spectrophotometry and agarose gel electrophoresis. The sequences of mRNAs corresponding to the genes PGC-1α , UCP1, Mfn1, and Drp1 were extracted using the NCBI database. Primers were designed using AllelID software and evaluated for specificity using BLAST. The obtained data were analyzed using independent t-tests and two-way ANOVA at a significance level of $p \leq 0.05$.

Results: The independent t-test results showed that in the diseased group, the expression of PGC-1α , UCP1, and Mfn1 genes significantly decreased compared to the healthy group, while the expression of Drp1 significantly increased ($p = 0.0001$). The two-way ANOVA results indicated that aerobic exercise significantly increased the expression of PGC-1α ($p = 0.0001$), UCP1 ($p = 0.0001$), and Mfn1 ($p = 0.0001$), while significantly decreasing the expression of Drp1 ($p = 0.0001$) in the soleus muscle tissue of rats with NAFLD. Additionally, statistical findings revealed that tenebrio molitor protein supplementation significantly increased the expression of UCP1 ($p = 0.0001$), PGC-1α ($p = 0.0001$), and Mfn1 ($p = 0.0001$), while significantly decreasing the expression of Drp1 ($p = 0.0001$) in the soleus muscle tissue of rats with NAFLD. However, the two-way ANOVA results showed that the combination of aerobic exercise and menebrio tolitor protein supplementation did not have a significant effect on the expression of UCP1 ($p = 0.537$), PGC-1α ($p = 0.361$),

or Drp1 (p = 0.881) in the soleus muscle tissue of rats with NAFLD. Nevertheless, the simultaneous intervention of aerobic exercise and mealworm protein supplementation significantly increased the expression of Mfn1 (p = 0.0001) in the soleus muscle tissue of rats with NAFLD.

Table 1. Results of two-way ANOVA comparing relative gene expression changes in the study groups

Gene	Source of Variation	SS	df	F	p-value	Partial η^2 (η^2)
PGC-1α	Exercise	846.36	1	87.65	0.0001*	0.84
	Supplement	770.65	1	79.81	0.0001**	0.83
	Exercise × Supplement	8.53	1	0.88	0.361	0.05
UCP-1	Exercise	143.64	1	108.19	0.0001*	0.87
	Supplement	294.46	1	221.80	0.0001**	0.93
	Exercise × Supplement	0.52	1	0.39	0.537	0.02
MFN-1	Exercise	58.52	1	564.68	0.0001*	0.97
	Supplement	38.83	1	374.63	0.0001**	0.95
	Exercise × Supplement	3.32	1	32.05	0.0001***	0.66
DRP-1	Exercise	0.66	1	104.20	0.0001*	0.86
	Supplement	0.69	1	109.00	0.0001**	0.87
	Exercise × Supplement	0.0001	1	0.02	0.881	0.00

*Significant effect of aerobic exercise on gene expression. **Significant effect of supplement on gene expression. ***Significant interaction effect ($p \leq 0.05$).

Conclusion: Aerobic exercise and mealworm protein supplementation each independently led to a significant increase in the expression of PGC-1α , UCP1, and Mfn1 genes, as well as a significant decrease in the expression of Drp1 in the soleus muscle of rats with NAFLD. It appears that moderate-intensity interval aerobic exercise and mealworm extract supplementation, individually, can positively influence the levels of key genes involved in mitochondrial biogenesis and fat metabolism, potentially aiding in the treatment of NAFLD. Further studies are recommended to explore the interactive effects of exercise and mealworm supplementation on mitochondrial capacity and fat metabolism, particularly in samples with obesity or type 2 diabetes associated with NAFLD.

Keywords: Aerobic exercise, mealworm Larvae, mitochondrial biogenesis, Fatty Liver

Hical Considerations: All stages of animal care and euthanasia were conducted in accordance with the Helsinki Declaration (1964).

Funding: Ethical approval was obtained from the Ethics Committee of Islamic Azad University, Karaj Branch (Code: IR.IAU.K.REC.1403.029).

Conflict of Interest: No conflicts of interest declared.

تاثیر همزمان مکمل یاری کرم آرد با تمرین هوازی بر بیان برخی ژن‌های میتوکندریایی در عضله نعلی موش‌های صحرایی مبتلا به کبد چرب غیر الکلی

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

سمیه پایکاری[۱]، علیرضا رحیمی[۲*]، فریبا آقایی[۳]، فواد فیض الهی[۳]

۱- دانشجوی دکتری، گروه فیزیولوژی ورزش، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.
۲- * دانشیار گروه فیزیولوژی ورزش، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.
۳- استادیار گروه فیزیولوژی ورزش، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.

نسخه پیش از انتشار ویراستاری نشده

چکیده

زمینه و هدف: شواهد بالینی کاملا تاییده ای مبنی بر اختلال ویژگی های هموروئولوژی خون در افراد مسن به ویژه دیابتی وجود دارد. هدف این پژوهش بررسی اثر ۴۰ جلسه تمرین تناوبی فانکشنال (HIFT) و یا پیاده روی نوردیک (INW) بر شاخص های هموروئولوژیکی و عملکرد بدنی مردان و زنان سالمند پیش دیابتی بود.

روش تحقیق: ۹۰ بیمار (۴۵ مرد و ۴۵ زن) ۵۰ تا ۷۵ ساله با HbA1c <۵/۷ به طور تصادفی در ۴ گروه تمرینی (مرد و یا زن INW یا HIFT) و ۲ گروه کنترل مرتبط دسته بندی شدند. ۴۰ جلسه پروتکل تمرینی براساس اصل اضافه بار انجام شد. ارزیابی هموروئولوژیک در قبل و بعد از مداخله ها نشان داد که:

یافته ها: هر دو روش تمرینی موجب کاهش معنی دار فیبرینوژن(p =<۰/۰۰۱)، ویسکوزیته خون (p =<۰/۰۰۱)، هماتوکریت(p =۰/۰۰۱) و افزایش گلبول سفید(p =۰/۰۰۲) و بهبود قدرت بالاتنه(p =۰/۰۰۲)، پایین تنه(p =<۰/۰۰۱) و ۶ دقیقه پیاده روی(p =<۰/۰۰۱) شد. اگرچه تفاوت معنی داری بین دو روش تمرینی دیده نشد، اثربخشی تمرینات در مردان بیشتر از زنان بود.

نتیجه گیری: بکارگیری روش های غیرداروییماننند تمرینات منظم بدنی موجب بهبود سلامت قلبی عروقی و عملکرد بدنی سالمندان در معرض دیابت می شود

کلمات کلیدی: تمرین تناوبی، پیاده روی نوردیک، عوامل خطرزای قلبی عروقی، کیفیت زندگی، سالمندی

مقدمه

سالمندی با تغییرات معکوس در دستگاههای مختلف بدن از جمله تغییرات منفی دوره ای مرتبط با سیستم هموروئولوژی همراه است (۱). کاهش وابسته به سن در عملکرد سلول های بدن با تغییرات مولکولی و عملکردی مختلف از جمله افزایش ویسکوزیته خون، تغییرات هموئوستاز خون همراه است که به نوبه خود به موجب افزایش خطر حوادث قلبی عروقی می شود (۲). لذا، به غیر از راهکارهای دارویی، اتخاذ هرگونه راهکار غیر دارویی که موجب کنترل تغییرات هموئوستاز خون شود، تاثیر بسزایی در پیشگیری از مشکلات وابسته به آن خواهد داشت.

در طی دهه اخیر، انجام تمرینات منظم بدنی به طور گسترده به‌عنوان یک سبک سالم زندگی و همچنین یک استراتژی مؤثر درمانی غیردارویی برای بیماری‌های قلبی عروقی (cardiovascular diseases) شناخته شده است (۳). یکی از اثرات تمرینات منظم بدنی، ایجاد تغییرات در شاخص های هماتولوژیک و رئولوژیک خونی است. خواص رئولوژیکی خون نقش بسیار مهمی در رساندن اکسیژن به بافت های بدن دارد و ویسکوزیته یکی از خواص رئولوژیکی خون است که تغییرات معکوس آن بویژه در دوران سالمندی با بروز حوادث قلبی عروقی همراه است. در مقابل، شواهد متعددی وجود دارد که نشان می دهد ورزش منظم بدنی از طریق تنظیم اتساع عروق شریانی و همینطور کاهش شاخص های التهابی از قبیل فیبرینوژن و گلبول های سفید خونی می تواند مکانیسم های محافظتی را ایجاد کند (۴). اگرچه محققان قبلی اثرات حاد و یک وهله تمرین عملکردی با شدت بالا HIFT (High Intensity Functional Training) و پیاده روی نوردیک NW (Nordic walking) را بر سیستم رئولوژی خون ورزشکاران بررسی کرده اند (۵)، اما تاثیر یک دوره تمرینات تناوبی نوردیک و تمرینات تناوبی عملکردی بر شاخص های هموروئولوژی خون مردان و زنان سالمند پیش دیابتی کاملا مشخص نیست.

در طی دهه اخیر، موانع متعددی از قبیل مشغله فراوان زندگی و نبود فرصت لازم برای پرداختن به فعالیت بدنی کم‌حجم و طولانی‌مدت در جلسات متعدد موجب شد که ایده کاهش جلسات تمرینی در هفته در برابر افزایش شدت ورزش مورد توجه محققان قرار گیرد (۸،۷). در این راستا، ایده HIFT به‌عنوان یک سبک تمرینی پیشرفته مرتبط با فعالیتهای روزمره مورد توجه قرار گرفت. در این روش تمرینی، فعالیتهای هوازی و مقاومتی عملکردی با هدف اصلی ایجاد نیازهای متابولیکی قابل توجه در قالب یک تمرین با زمان کارآمد ترکیب می شود (۹). NW روشی از فعالیت بدنی است که با چوب‌دستی و یا الگویی از آن (حرکات شبیه سازی شده) انجام می شود و اثرات مفید آن از قبیل به کارگیری عضلات تنه و اندام‌های فوقانی، افزایش مصرف اکسیژن (VO2)، افزایش سرعت راه رفتن و مصرف کالری بیشتر در هنگام ورزش، بدون افزایش تلاش درک شده در بیماران با نارسایی قلبی توسط محققان مختلف تایید شد (۱۲-۱۰). بعلاوه، این روش های تمرینی از حداقل تجهیزات و فضا استفاده می‌کند و محدودیت ضرورت حضور در مراکز تناسب اندام را کاهش می‌دهد. مطالعات نشان می‌دهد اجرای تمرینات HIFT در جمعیت‌های

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

در معرض خطر، موجب بهبود ظرفیت اکسیژن، مقاومت به انسولین و قدرت عضلانی (۱۴،۱۳)، و همچنین امتیاز سندروم متابولیک شده (۱۵) و در جمعیت های سالم، نیز موجب بهبود آمادگی قلبی تنفسی، قدرت و توان عضلانی، و سایز دور کمر و چابکی می شود (۹). با وجود این، تاثیر این تمرینات بر سیستم هورمونولوژی بویژه در مردان و زنان سالمند با وضعیت پیش دیابتی کمتر مورد توجه محققان قرار گرفته است.

ازاین‌رو، نظر به موانع و محدودیت‌های اقتصادی در شرایط کنونی جامعه، رویکردهای تمرینی تناوبی ساده و با حداقل امکانات بیش از هر زمان دیگر حائز اهمیت است و به نظر می‌رسد انتخاب مناسبی برای ارزیابی سیستم هورمونولوژیک در مردان و زنان سالمند باشد. فرض بر آن است تفاوت قابل‌توجهی بین اثربخشی ۴۰ جلسه تمرینات HIFT و پیاده نوردیک به روش تناوبی بر نشانگرهای هورمونولوژیک بین دو جنس (مردان در برابر زنان) وجود ندارد. براین‌اساس مطالعه حاضر در صدد پاسخگویی به دو سؤال است: اول اینکه، چه تفاوتی بین اثربخشی ۴۰ جلسه تمرینات HIFT و پیاده‌روی نوردیک به روش تناوبی بر شاخص‌های هورمونولوژیک و عملکرد بدنی مردان و زنان پیش دیابتی ۵۰ تا ۷۵ سال شهرستان قوچان وجود دارد؟ دوم: آیا تفاوتی بین اثربخشی این تمرینات بین دو جنس وجود دارد؟

روش تحقیق

مطالعه حاضر از نوع نیمه‌تجربی است که شامل ۴۰ جلسه تمرینی برای مردان و زنان سالمند (۵۰ تا ۷۵ سال) بود. این مطالعه تحت بررسی و تایید کمیته اخلاق ملی و بر اساس دستورالعمل هلسینکی در تابستان ۱۴۰۲ انجام شد. آزمودنی‌ها ضمن شرکت و رضایت آگاهانه در پژوهش، می‌توانستند در هر مرحله از مطالعه انصراف دهند. آزمایش خون در آزمایشگاه مرکزی قوچان و ارزیابی‌های عملکردی در باشگاه ورزشی توکل انجام شد. طرح مطالعاتی حاضر توسط کمیته اخلاق دانشگاه مازندران با کد IR.UMZ.REC.1402.016 بررسی و تایید گردید.

معیارهای ورود و خروج از تحقیق و نحوه دسته‌بندی آزمودنی‌ها: معیارهای ورود شامل قند خون ناشتایی در محدوده ۱۰۰ تا ۱۲۵ و سطح هموگلوبین A1C در دامنه ۵/۷ تا ۶/۴ درصد، عدم فعالیت بدنی منظم در شش ماه گذشته، عدم نقص‌عضو، عدم استعمال دخانیات در سه ماه گذشته، عدم مصرف الکل، یائسگی حداقل یک سال قبل از مطالعه در زنان و عدم بیماری‌های التهابی مزمن و کنترل نشده بودند. افراد شرکت‌کننده باید حداقل در ۸۷ درصد جلسات تمرینی بر اساس فرمول (تعداد جلسات تمرینی مورد انتظار تقسیم بر کل جلسات تمرینی ضربدر ۱۰۰) یعنی ۳۵ از ۴۰ جلسه شرکت می‌کردند.

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

در مجموع ۴۵ مرد و ۴۵ زن داوطلب از قوچان وارد مطالعه شدند و در تابستان ۱۴۰۲ به صورت تصادفی به گروه‌های کنترل و تجربی تقسیم شدند. گروه تجربی شامل گروه‌های INW و HIFT بود که هرکدام به زیرگروه‌های مردان و زنان (هر گروه ۱۵ نفر) تقسیم شدند.

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد مشخصات آنتروپومتریک و دموگرافیک گروههای مختلف مردان و زنان سالمند پیش دیابتی در ابتدای دوره تحقیق

		قند خون اولیه	سن(سال)	وزن(کیلوگرم)	قد(سانتی متر)	BMI (کیلوگرم/مترمربع)	WHR
کنترل	زنان	۱۰۳/۸۰±۳۱/۸۳	۵۶/۵۳±۵/۹۹	۷۳/۶۴±۶/۶۸	۱۵۶/۱۳±۶/۱۷	۳۰/۳۰±۴/۰۸	۰/۸۴±۰/۰۸
	مردان	۱۲۲/۶۰±۶۷/۱۰	۵۵/۷۳±۵/۹۴	۸۲/۲۸±۹/۸۱	۱۶۹/۲۷±۷/۲۹	۲۸/۸۴±۴/۳۰۰/۳۶۰	۰/۹۱±۰/۰۶
HIFT	زنان	۱۱۴/۷۳±۶۶/۱۰	۵۷/۶۰±۴/۸۳	۷۵/۶۰±۷/۰۲	۱۵۷/۸۷±۵/۷۵	۳۰/۶۰±۳/۹۵	۰/۸۲±۰/۰۴
	مردان	۱۳۶/۸۰±۶۷/۵۸	۵۶/۹۳±۶/۶۰	۵۳/۸۳±۱۰/۸۱	۱۷۱/۵۳±۵/۳۰	۲۸/۲۵±۳/۲۹	۰/۹۴±۰/۰۵
INW	زنان	۱۰۰/۰۶±۱۷/۱۶	۵۸/۸۷±۵/۴۴	۶۸/۵۳±۷/۸۵	۱۵۵±۶/۰۱	۲۸/۵۴±۳/۰۹	۰/۸۵±۰/۰۳
	مردان	۱۰۴/۶۰±۳۵/۱۸	۵۴/۲۰±۴/۶۷	۷۸/۵۰±۱۱/۰۳	۱۶۹/۸۰±۵/۴۵	۲۷/۳۰±۳/۶۸	۰/۸۹±۰/۰۵

*شاخص توده بدن (BMI)، نسبت کمر به لگن (WHR)

پروتکل تمرینی HIFT: پروتکل تمرینی تحقیق حاضر از مطالعه هرنیچ و همکاران (۱۶) اقتباس و با اندکی اصلاحات اجرا شد. آزمودنی‌ها طی ۲ جلسه اول نحوه اجرای صحیح حرکات ورزشی را آموختند. تمرینات طی ۴۰ جلسه انجام شد. پروتکل تمرینی اصلی شامل ۴ نوبت ۴ تا ۷,۵ دقیقه‌ای است که در فازهای تمرینی مختلف متغیر بودند. جهت رعایت اصل اضافه بار نیز در هر فاز تمرینی نسبت استراحت به فعالیت تغییرکرد. نسبت استراحت به فعالیت نوبت‌ها در ۱۰ جلسه ابتدایی ۱ به ۲، در ۱۰ جلسه دوم ۱ به ۲,۵ و در ۲۰ جلسه انتهایی به‌صورت ۱ به ۳ اعمال شد. هر نوبت از تمرینات شامل ۴ نوع حرکات دینامیک (هوازی)، قدرتی بالاتنه، قدرتی پایین تنه، قدرتی میان تنه می‌باشد. تمرینات شامل : پلانک، شکم روسی، پلانک تی آر ایکس، هالو هولد،شنای سوئدی، پای کوهنورد، ضربه به باسن، زانو بلند، نشر جانب، پشت بازو، سر شانه خم، بایسپس تی آر ایکس، پرس بالای سر ، گابلت اسکات، لانج، باکس جامپ و غیره بود.شاخص شدت تمرین بر اساس مقیاس درک فشار بورگ (RPE) بود که تمرینات HIFT با ۸۵ تا ۹۵ درصد حداکثر ضربان قلب را معادل RPE (۷-۹) از مقیاس ده عددی ارزیابی کردند.

پروتکل تمرینی پیاده روی نوردیک به روش تناوبی (INW): پروتکل پیاده روی نوردیک به روش تناوبی نیز با استفاده از بررسی محققان قبلی(۱۸،۱۷) و با اندکی اصلاحات طراحی شد. بطور خلاصه، آزمودنی ها فعالیت پیاده روی به روش نوردیک به مدت ۸ هفته، هر هفته ۵ جلسه و با شدت ۶۰ تا ۷۵ درصد MHR اجرا کردند. با توجه به مطالعه اولیه ، مسافت ۲۰۰۰ گام به عنوان میزان پایه برای مدت ۴۰ دقیقه اجرا نمودند. برای کنترل تعداد گام های طی شده ، از دستگاه گام سنج امرون مدل PAS20 استفاده شد.

از انتشار ویرایش نشده

آزمودنی ها تعدادگام از ۲۰۰۰ گام در جلسه اول را به ۸۸۰۰ گام در آخرین جلسه هفته چهارم در مدت ۴۰ دقیقه ثابت اجرا کردند. تعداد ست ها و استراحت بین آنها با رعایت اصل اضافه بار اعمال شد.

ارزیابی ترکیب بدن، ویژگی های فیزیولوژیک و عملکرد بدنی: ارزیابی ترکیب بدن، عملکرد بدنی و ویژگی های فیزیولوژیک مردان و زنان در دو نوبت قبل و بعد از مداخله های تمرینی و با روشهای استاندارد انجام شد.. ضربان قلب و فشارخون با گوشی پزشکی isomed و حداکثر ضربان قلب پیش‌بینی شده با استفاده از معادله تاناکا ((MHR=208-(0.7* Age) محاسبه شد. برای ارزیابی SPO2 نیز از دستگاه پالسی اکسی متر مدل PULSE OXIMETER FINGERTIP LK88 استفاده شد. پالس اکسی متر در نوک انگشت اشاره دست غیر برتر قرار داشت.

برای اندازه گیری قدرت پایین تنه از آزمون ۳۰ ثانیه ای نشست و برخاست برروی صندلی که توسط جونز و همکاران (۱۹) گسترش یافت، استفاده شد. این آزمون شاخص پایا و معتبر (درای روایی ۷۸-۷۱٪ و پایایی ۹۲-۸۴٪) از قدرت اندام تحتانی بدن فراهم می کند. جهت بررسی قدرت اندام فوقانی از آزمون پرس بازو ۳۰ ثانیه ای، به طریقی که قبلا توسط محققان دیگر (۱۹) توصیف شد، استفاده شد. برای ارزیابی آمادگی قلبی تنفسی، آزمون پیاده‌روی ۶ دقیقه‌ای، از آزمون ۶ دقیقه پیاده روی به روش استاندارد توصیف شده توسط محققان قبلی (۲۰) استفاده شد.

نحوه خون گیری و آنالیز آزمایشگاهی: خون گیری در وضعیت ۱۲ ساعت ناشتایی و در دو نوبت در قبل (سطوح پایه) و متعاقب ۴۰ جلسه و ۴۸ ساعت بعد از آخرین مداخله های تمرینی ارزیابی شدند. برای تعیین شاخص های هورمونولوژی از کیت های بیوشیمی شرکت فرآسماد با حساسیت بالای ۹۵ درصد و دستگاه اتوآنالایزر بیوشیمی مدل BT1500 ساخت کشور ایتالیا استفاده شد. انسولین با کیت انسولین مونوکیت با حساسیت بالای ۹۵ درصد و دستگاه الایزا ریدر مدل BIOTEK ELX800TS ساخت کشور آمریکا اندازه-گیری شد.

روش های تجزیه و تحلیل آماری: از آمار پارامتریک آنالیزواریانس دو طرفه جهت تعیین اثرات ۴۰ جلسه تمرینات HIFT و INW در مردان و زنان سالمند بر شاخص های هورمونولوژیک استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده ها نیز با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۷ و در سطح معنی داری کمتر از(۰/۰۵)، انجام گرفت.

یافته ها

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

تمام آزمودنی ها مداخله تمرینی ۴۰ جلسه تمرین HIFT و INW را بدون آسیب تکمیل کردند. درابتدای تحقیق تفاوت معنی داری بین میانگین مقادیر شاخص های رئولوژیک، هماتولوژیک و شاخص های عملکردی بین سه گروه زنان کنترل، HIFT و INW و سه گروه مردان کنترل، HIFT و INW وجود نداشت.

الف) اثر ۴۰ جلسه مداخله های تمرینی بر شاخص های رئولوژیک مردان و زنان سالمند پیش دیابتی

داده های جدول ۲ در مورد شاخص های رئولوژیکی نشان می دهد صرف نظر از نوع فعالیت ورزشی (HIFT و INW)، ۴۰ جلسه تمرین تناوبی موجب کاهش معنی دار مقادیر فیبرینوژن و ویسکوزیته خون در هر دو گروه مردان و زنان شد (به ترتیب: P=<۰/۰۰۱ و اندازه اثر= ۰/۰۶۰ ، P= <۰/۰۰۱و اندازه اثر= ۰/۰۶۱) در حالی که مقادیر پلاکت و آلبومین تفاوت معنی داری را نشان نمیدهد. تغییرات میزان پروتئین تام معنی دار نبوده اما به سطح معنی داری بسیار نزدیک بود (P=۰/۰۵۱).

همچنین مقایسه بین دو گروه تمرینی نشان داد بین تغییرات فیبرینوژن و ویسکوزیته خون تفاوت معنی داری وجود داشت (به ترتیب:P=۰/۰۰۶ و اندازه اثر= ۰/۰۵۶ ، P= <۰/۰۰۱و اندازه اثر= ۰/۰۷۷). فیبرینوژن در تمرینات INW افزایش بیشتری نسبت به تمرینات HIFT داشت؛ با این حال میزان ویسکوزیته خون در فعالیت HIFT کاهش بیشتری نسبت به تمرینات INW داشته است (P ≤ ۰/۰۵). بعلاوه، بین تغییرات پلاکت ، آلبومین و پروتئین تام به دو نوع تمرین HIFT و INW تفاوت معنی داری وجود نداشت (جدول ۲).

مقایسه جنسیت نیز نشان داد اگرچه تغییرات فیبرینوژن و ویسکوزیته خون بین دو جنس تفاوت معنی داری نداشت، اما تغییرات پلاکت ، آلبومین و پروتئین تام بین دو جنس تفاوت معنی داری داشت (به ترتیب: P=۰/۰۰۲ و اندازه اثر= ۰/۰۵۲ ، P=۰/۰۰۲ و اندازه اثر= ۰/۰۵۴ و P=<۰/۰۰۱ و اندازه اثر= ۰/۰۶۴). میزان پروتئین تام و پلاکت در مردان بیشتر از زنان افزایش داشته، اما میزان آلبومین در مردان بیشتر از زنان کاهش داشت (P ≤ ۰/۰۵).

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

جدول ۲. تغییرات شاخص های رئولوژیک طی ۴۰ جلسه تمرین HIFT و INW مردان و زنان

شاخص ها	گروه ها		پیش آزمون	پس آزمون	p-value	اندازه اثر
Fibrinogen	CO	زن	۳۰۷/۲۶±۵۴/۲۳	۳۱۰/۱۳±۴۲/۹۷	تمرین:۰/۰۰۶*	۰/۰۵۶

(mg/dL)		مرد	۲۹۲/۶۶±۲۶/۱۷	۲۹۲/۶۰±۲۴/۶۶	زمان:۰/۰۰۱>*	۰/۰۶۰
	HIFT	زن	۲۸۴/۷۳±۳۸/۵۰	۲۷۰/۰۰±۳۳/۴۶	جنسیت:۰/۰۶۹	۰/۰۱۸
		مرد	۲۹۸/۴۰±۱۶/۲۶	۲۷۵/۷۳±۱۶/۲۸	گروه*زمان:۰/۰۱*	۰/۰۴۹
	INW	زن	۳۱۴/۴۰±۲۰/۷۳	۲۸۳/۹۳±۱۳/۲۱		
		مرد	۲۹۴/۰۰±۲۳/۳۴	۲۶۴/۷۳±۲۹/۳۹		
PLT (10*3/uL)	CO	زن	۲۴۴/۸۰±۳۴/۱۹	۲۴۶/۴۰±۳۴/۱۹	تمرین:۰/۱۰	۰/۰۲۵
		مرد	۲۱۷/۱۳±۳۸/۸۰	۲۱۷/۷۳±۳۸/۵۳	زمان:۰/۰۹	۰/۰۱۵
	HIFT	زن	۲۴۶/۴۶±۶۴/۵۹	۲۴۷/۴۶±۶۳/۳۶	جنسیت:۰/۰۰۲*	۰/۰۵۲
		مرد	۲۳۶/۶۰±۴۱/۱۰	۲۵۰/۴۶±۴۱/۹۱	گروه*زمان:۰/۲۷	۰/۰۱۵
	INW	زن	۲۴۹/۲۰±۵۱/۶۰	۲۸۵/۷۳±۵۲/۶۵		
		مرد	۲۲۲/۶۰±۴۷/۹۶	۲۹۴/۰۰±۲۳/۳۴		
Blood viscosity (cP)	CO	زن	۴/۰۳±۰/۲۲	۴/۰۵±۰/۲۱	تمرین:۰/۰۰۱>*	۰/۰۷۷
		مرد	۴/۱۰±۰/۲۴	۴/۱۳±۰/۲۴	زمان:۰/۰۰۱>*	۰/۰۶۱
	HIFT	زن	۴/۰۲±۰/۱۹	۳/۸۰±۰/۱۸	جنسیت:۰/۲۲	۰/۰۰۸
		مرد	۴/۰۴±۰/۲۱	۳/۸۷±۰/۱۵	گروه*زمان:۰/۰۰۹*	۰/۰۵۵
	INW	زن	۴/۰۸±۰/۱۵	۳/۹۰±۰/۱۵		
		مرد	۴/۰۶±۰/۱۹	۳/۹۳±۰/۱۶		
ALB (g/dL)	CO	زن	۴/۰۰±۰/۲۷	۳/۹۸±۰/۳۲	تمرین:۰/۴۶	۰/۰۰۹
		مرد	۴/۲۵±۰/۲۳	۴/۲۵±۰/۲۶	زمان:۰/۴۷	۰/۰۰۳
	HIFT	زن	۴/۱۴±۰/۱۴	۴/۱۰±۰/۱۱	جنسیت:۰/۰۰۲*	۰/۰۵۴
		مرد	۴/۲۷±۰/۲۳	۴/۱۶±۰/۲۱	گروه*زمان:۰/۵۴	۰/۰۰۷
	INW	زن	۴/۱۶±۰/۱۶	۴/۱۵±۰/۱۱		
		مرد	۴/۰۹±۰/۱۴	۴/۱۲±۰/۰۷		
Total Proteine (g/dL)	CO	زن	۷/۰۲±۰/۵۲	۶/۹۲±۰/۵۳	تمرین:۰/۰۶	۰/۰۳۰
		مرد	۷/۲۵±۲۰/۳۶	۷/۱۲±۰/۳۶	زمان:۰/۰۵*	۰/۰۲۱
	HIFT	زن	۷/۰۳±۰/۳۸	۷/۱۴±۰/۲۱	جنسیت:۰/۰۰۱>*	۰/۰۶۴
		مرد	۷/۲۸±۰/۲۷	۷/۴۸±۰/۲۱	گروه*زمان:۰/۰۰۴*	۰/۰۶۲

	INW	زن	۷/۰۸±۰/۲۴	۷/۲۲±۰/۱۷	
		مرد	۶/۹۸±۰/۳۱	۷/۴۱±۰/۱۹	

بین گروه ها در سطح۰/۰۵≥p

ب) اثر۴۰ جلسه مداخله های تمرینی بر شاخص های هماتولوژیک مردان و زنان سالمند پیش دیابتی

تغییرات شاخص های هماتولوژیک در جدول ۳، موید آن است که ۴۰ جلسه تمرینات تناوبی صرف نظر از نوع آن (HIFT و INW)، موجب افزایش معنی دار مقادیر گلبول های سفید (P=۰/۰۲ و اندازه اثر= ۰/۰۲۸) و کاهش معنی دار هماتوکریت (P=۰/۰۰۱ و اندازه اثر= ۰/۰۵۶). در هر دو گروه مردان وزنان شده است. تعداد گلبول های قرمز، هموگلوبین، حجم متوسط سلولی، میانگین هموگلوبین سلولی ، غلظت هموگلوبین گلبول های قرمز و میزان توزیع گلبول های قرمز تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۳).

مقایسه بین دو گروه تمرینی نشان داد بین تغییرات گلبول های سفید، تعداد گلبول های قرمز، حجم متوسط سلولی، میانگین هموگلوبین سلولی و میزان توزیع گلبول های قرمز به دو نوع تمرین HIFT و INW تفاوت معنی داری وجود نداشت، اما هموگلوبین و غلظت گلبول های قرمز در تمرینات INW افزایش بیشتری نسبت به تمرینات HIFT داشتند ؛ با این حال میزان هماتوکریت در گروه INW در مقایسه با گروه کنترل میزان آن کاهش و در گروه HIFT در مقایسه با گروه کنترل افزایش داشت (P ≤ ۰/۰۵).

مقایسه جنسیت نیز نشان داد اگرچه تفاوت معنی داری در تغییرات حجم متوسط سلولی و میزان توزیع گلبول های قرمز بین دو جنس وجود نداشت (به ترتیب:P۰/۱۲۹= و اندازه اثر= ۰/۰۱۳ ، P=۰/۱۶۴ و اندازه اثر= ۰/۰۱۸)، اما در پاسخ های گلبول های سفید، تعداد گلبول های قرمز ، هموگلوبین، هماتوکریت، میانگین هموگلوبین سلولی و میانگین غلظت هموگلوبین گلبولی بین دو جنس تفاوت معنی داری مشاهده شد (جدول ۳). میزان گلبول های سفید، تعداد گلبول های قرمز، هموگلوبین، میانگین هموگلوبین سلولی ، میانگین غلظت هموگلوبین گلبولی در مردان بیشتر از زنان افزایش داشته، اما میزان هماتوکریت در مردان بیشتر از زنان کاهش داشت (P ≤ ۰/۰۵).

جدول ۳. تغییرات شاخص های هماتولوژیک طی ۴۰ جلسه تمرین HIFT و INW مردان و زنان

نسخه پیش از انتشار ویراستاری نشده

شاخص ها	گروه ها		پیش آزمون	پس آزمون	p-value	اندازه اثر
WBC (10*3/uL)	CO	زن	۵/۹۵±۱/۱۷	۶/۰۰±۱/۱۰	تمرین:۰/۸۲	۰/۰۲۸
		مرد	۷/۰۳±۱/۴۲	۷/۱۴±۱/۳۶	زمان:۰/۰۲*	۰/۰۲۸
	HIFT	زن	۶/۲۲۰±۱/۲۲	۶/۵۶±۱/۰۵	جنسیت:۰/۰۰۱>*	۰/۱۳۹
		مرد	۷/۴۱±۱/۵۷	۷/۹±۱/۲۷	گروه*زمان:۰/۱۹۶	۰/۰۱۹
	INW	زن	۵/۵۹±۱/۳۳	۶/۵۹±۰/۹۳		
		مرد	۶/۴۷±۱/۷۱	۷/۳۶±۱/۴۱		
RBC (10*6/uL)	CO	زن	۴/۷۰±۰/۴۲	۴/۷۱±۰/۴۱	تمرین:۰/۴۹	۰/۰۰۸
		مرد	۴/۸۵±۰/۴۵	۴/۸۸±۰/۴۷	زمان:۰/۳۰	۰/۰۰۶
	HIFT	زن	۴/۷۷±۰/۳۱	۴/۷۸±۰/۳۵	جنسیت:۰/۰۰۲*	۰/۰۵۲
		مرد	۴/۹۶±۰/۴۴	۵/۰۸±۰/۹۳	گروه*زمان:۰/۷۷	۰/۰۰۳
	INW	زن	۴/۵۷±۰/۳۳	۴/۸۳±۰/۹۸		
		مرد	۵/۰۱±۰/۴۶	۵/۰۷±۰/۴۱		
Hgb (g/dL)	CO	زن	۱۲/۹۴±۰/۹۱	۱۲/۹۱±۰/۸۹	تمرین:۰/۰۲*	۰/۰۴۳
		مرد	۱۴/۴۳±۱/۱۸	۱۴/۳۳±۱/۱۹	زمان:۰/۲۴	۰/۰۰۸
	HIFT	زن	۱۳/۴۶±۰/۷۹	۱۳/۵۴±۰/۹۴	جنسیت:۰/۰۰۱>*	۰/۲۸۷
		مرد	۱۴/۸۴±۱/۱۲	۱۵/۲۹//±۱/۰۶	گروه*زمان:۰/۳۷	۰/۰۱۱
	INW	زن	۱۳/۴۰±۱/۰۴	۱۳/۷۲±۰/۹۲		
		مرد	۱۴/۳۹±۱/۴۵	۱۵/۰۴±۱/۲۵		
HCT (%)	CO	زن	۳۹/۶۱±۱/۹۷	۳۹/۶۳±۱/۹۵	تمرین:۰/۰۴*	۰/۰۳۵
		مرد	۴۳/۱۴±۲/۹۸	۴۳/۲۲±۲/۹۷	زمان:۰/۰۰۱*	۰/۰۵۶
	HIFT	زن	۴۲/۵۵±۲/۲۹	۴۰/۹۳±۲/۷۶	جنسیت:۰/۰۰۱>*	۰/۱۷۸
		مرد	۴۳/۹۹±۳/۱۵	۴۱/۷۶±۲/۷۹	گروه*زمان:۰/۰۲*	۰/۰۴۶
	INW	زن	۴۰/۲۴±۲/۵۹	۳۸/۲۹±۲/۰۷		
		مرد	۴۴/۱۰±۳/۱۲	۴۰/۹۰±۲/۶۵		
MCV (fL)	CO	زن	۸۵/۳۰±۴/۸۰	۸۵/۱۱±۴/۶۱	تمرین:۰/۲۰	۰/۰۱۸
		مرد	۸۹/۱۶±۴/۲۸	۸۹/۱۶±۴/۲۴	زمان:۰/۵۷	۰/۰۰۲

	HIFT	زن	۸۸/۶۸±۳/۰۷	۸۸/۷۶±۳/۱۳	جنسیت:۰/۱۲۹	۰/۰۱۳
		مرد	۸۸/۴۵±۳/۲۴	۸۷/۶۲±۲/۸۱	گروه*زمان:۰/۹۵	۰/۰۰۱
	INW	زن	۸۸/۰۵±۳/۷۱	۸۷/۷۰±۲/۹۲		
		مرد	۸۷/۴۹±۳/۷۱	۸۶/۸۶±۲/۹۱		
MCH (pg)	CO	زن	۲۷/۶۸±۲/۲۹	۲۷/۲۴±۲/۷۷	تمرین:۰/۲۲	۰/۰۱۷
		مرد	۲۹/۸۲±۱/۹۱	۲۹/۸۹±۱/۹۳	زمان:۰/۹۳	۰/۰۰۰
	HIFT	زن	۲۸/۴۴±۱/۳۵	۲۸/۰۸±۱/۳۴	جنسیت:۰/۰۰۱>*	۰/۰۹۴
		مرد	۲۹/۸۰±۱/۳۷	۲۹/۹۸±۱/۵۸	گروه*زمان:۰/۶۸	۰/۰۰۵
	INW	زن	۲۹/۲۹±۱/۳۵	۲۹/۶۷±۱/۲۴		
		مرد	۲۸/۸۸±۱/۷۹	۲۹/۲۰±۱/۷۹		
MCHC (%)	CO	زن	۳۲/۲۰±۱/۶۶	۳۲/۳۷±۱/۶۴	تمرین:۰/۰۳*	۰/۰۳۸
		مرد	۳۳/۴۲±۰/۸۳	۳۳/۴۴±۰/۸۵	زمان:۰/۱۹	۰/۰۰۹
	HIFT	زن	۳۲/۰۶±۰/۸۰	۳۱/۹۰±۱/۱۲	جنسیت:۰/۰۰۱>*	۰/۱۲۴
		مرد	۳۳/۷۲±۰/۷۴	۳۴/۰۲±۱/۰۸	گروه*زمان:۰/۳۴	۰/۰۱۳
	INW	زن	۳۳/۲۷±۰/۸۴	۳۳/۸۴±۱/۰۴		
		مرد	۳۳/۹۸±۱/۲۹	۳۳/۶۴±۱/۳۲		
RDW_CV (%)	CO	زن	۱۳/۱۲±۱/۰۰	۱۳/۰۴±۱/۰۱	تمرین:۰/۳۴	۰/۰۱۲
		مرد	۱۲/۹۲±۰/۸۲	۱۲/۸۴±۰/۸۲	زمان:۰/۹۱	۰/۰۰۰
	HIFT	زن	۱۲/۷۸±۰/۷۳	۱۲/۷۹±۰/۶۶	جنسیت:۰/۱۶۴	۰/۰۱۸
		مرد	۱۲/۸۴±۰/۶۱	۱۲/۷۴±۰/۷۹	گروه*زمان:۰/۶۶*	۰/۰۰۵
	INW	زن	۱۲/۳۸±۰/۵۴	۱۲/۸۶±۰/۷۲		
		مرد	۱۳/۴۰±۰/۸۲	۱۳/۲۴±۰/۶۵		

*نشانه تفاوت معنی داری بین گروه ها در سطح۰/۰۵≥p

ج) اثر۴۰ جلسه مداخله های تمرینی بر شاخص های عملکردی مردان و زنان سالمند پیش دیابتی

تغییرات شاخص های عملکردی متعاقب ۴۰ جلسه تمرین HIFT و INW در مردان و زنان سالمند پیش دیابتی در جدول ۴ حاکی از آن است که هرچند هر دو نوع فعالیت ورزشی (HIFT و INW)، موجب افزایش معنی دار مقادیر قدرت بالا تنه، قدرت پایین تنه و ۶

دقیقه پیاده روی در هر دو گروه مردان و زنان شد (به ترتیب: P=۰/۰۰۲ و اندازه اثر= ۰/۰۵۵ ، P= <۰/۰۰۱و اندازه اثر= ۰/۱۰۱، P<۰/۰۰۱ و اندازه اثر= ۰/۱۲۰)، اما قدرت بالا تنه متعاقب دو نوع تمرین HIFT و INW تفاوت معنی داری وجود نداشت(P=۰/۴۱ و اندازه اثر= ۰/۰۱۰) اما بین تغییرات قدرت پایین تنه و ۶ دقیقه پیاده روی تفاوت معنی داری وجود داشت (به ترتیب:P=۰/۰۳ و اندازه اثر= ۰/۰۳۶، P= ۰/۰۱و اندازه اثر= ۰/۰۴۴). هر دو مورد متعاقب تمرینات INW افزایش بیشتری نسبت به تمرینات HIFT داشتند ($P \leq ۰/۰۵$).

مقایسه جنسیت نیز موید وجود تفاوت معنی دار تغییرات قدرت بالا تنه، قدرت پایین تنه و ۶ دقیقه پیاده روی بین دو جنس است (به ترتیب: P=<۰/۰۰۱ و اندازه اثر= ۰/۵۱۷ ، P=<۰/۰۰۱ و اندازه اثر= ۰/۲۴۷ و P=<۰/۰۰۱ و اندازه اثر= ۰/۱۲۶). مقادیر هر سه شاخص در مردان بیشتر از زنان افزایش داشت ($P \leq ۰/۰۵$).

جدول ۴. تغییرات شاخص های عملکردی طی ۴۰ جلسه تمرین HIFT و INW مردان و زنان

شاخص ها	گروه ها		پیش آزمون	پس آزمون	p-value	اندازه اثر
قدرت بالا تنه (تکرار)	CO	زن	۱۴/۲۰±۱/۲۶	۱۴/۳۳±۱/۱۱	تمرین:۰/۴۱	۰/۰۱۰
		مرد	۱۷/۰۶±۱/۹۰	۱۷/۰۶±۱/۷۵	زمان: ۰/۰۰۲*	۰/۰۵۵
	HIFT	زن	۱۳/۸۰±۰/۹۴	۱۵/۰۶±۰/۸۸	جنسیت: ۰/۰۰۱>*	۰/۵۱۷
		مرد	۱۷/۱۳±۱/۵۹	۱۸/۷۳±۱/۲۲	گروه*زمان:۰/۰۰۶*	۰/۰۵۸
	INW	زن	۱۳/۹۳±۰/۹۶	۱۵/۰۶±۱/۰۹		
		مرد	۱۶/۴۶±۱/۶۸	۱۸/۳۳±۱/۵۴		
قدرت پایین تنه (تکرار)	CO	زن	۱۴/۰۰±۱/۲۵	۱۴/۴۶±۱/۳۵	تمرین: ۰/۰۳*	۰/۰۳۶
		مرد	۱۵/۶۰±۱/۸۴	۱۵/۴۶±۱/۸۰	زمان: ۰/۰۰۱>*	۰/۱۰۱
	HIFT	زن	۱۳/۶۰±۱/۶۸	۱۴/۶۶±۱/۳۴	جنسیت: ۰/۰۰۱>*	۰/۲۴۷
		مرد	۱۵/۱۳±۱/۳۰	۱۷/۳۳±۱/۵۸	گروه*زمان:۰/۰۰۲*	۰/۰۶۹
	INW	زن	۱۳/۴۶±۱/۷۲	۱۵/۴۶±۱/۴۰		
		مرد	۱۶/۰۶±۱/۶۲	۱۸/۲۶±۱/۷۰		
6MWT (m)	CO	زن	۵۱۷/۳۳±۴۰/۴۳	۵۲۴/۵۳±۴۶/۱۵	تمرین:۰/۰۱*	۰/۰۴۴
		مرد	۵۴۸/۰۰±۵۳/۰۴	۵۵۱/۳۳±۴۸/۹۷	زمان: ۰/۰۰۱>*	۰/۱۲۰

نسخه پیش از انتشار

	HIFT	زن	۵۱۱/۳۳±۱۳۴/۵۲	۵۸۸/۶۶±۴۸/۸۲	جنسیت: ۰/۰۰۱>*	۰/۱۲۶
		مرد	۵۳۳/۰۰±۴۲/۲۹	۶۲۱/۰۰±۶۲/۴	گروه*زمان:۰/۰۰۱*	۰/۰۷۶
	INW	زن	۴۳۹/۳۳±۵۹/۶۶	۴۹۸/۶۶±۴۳/۱۱		
		مرد	۳۵۳/۰۰±۴۸/۲۹	۶۲۴/۳۳±۶۲/۵۸		

*نشانه تفاوت معنی داری بین گروه ها در سطح$p\leq ۰/۰۵$

بحث

در مطالعه حاضر مشخص شد که صرف نظر از نوع فعالیت ورزشی (HIFT و INW)، ۴۰ جلسه تمرین تناوبی موجب بهبود معنی دار سیستم هومورئولوژیکی و عملکرد بدنی در هر دو جنس شد و این اثر بخشی در مورد شاخص رئولوژیکی و عملکرد بدنی در مردان محسوس تر از زنان سالمند بود. در مطالعه حاضر مشخص شد ۴۰ جلسه تمرین HIFT و INW موجب کاهش معنی دار مقادیر فیبرینوژن و ویسکوزیته در هر دو گروه مردان و زنان شده است. یافته های برخی محققین نظیر کرافال جانوشک و همکاران (۲۰۲۳) نشان دادند انجام ۶ هفته تمرین پیاده روی نوردیک باعث کاهش قابل توجه میزان فیبرینوژن در بیماران مبتلا به سندروم کرونر شد (۲۱). با وجود این، تمرین HIFT نقش محافظتی مهمی در بیماران قلبی دارد، در حالی که نشان داده شده است تمرین تناوبی با شدت بالا ، زمان ترومبوپلاستین نسبتا فعال شده را طولانی میکند و فعالیت عامل انعقادی و مقادیر فیبرینوژن را کاهش میدهد (۲۳،۲۲) همچنین فعالیتهای هوازی منظم از طریق کاهش تحریکات کاتکولامینی، افزایش جریان خون در عضلات و افزایش کلی حجم خون منجر به کاهش سطوح فیبرینوژن میشوند(۲۴). همه این یافته‌ها با نتایج پژوهش حاضر همسو می‌باشند و تاثیر کاهشی تمرینات INW وHIIT بر سطوح فیبرینوژن و ویسکوزیته را نشان میدهند. به همین ترتیب، اثرات ورزش هوازی باعث افزایش حجم پلاسما در نتیجه کاهش ویسکوزیته خون، بهبود عوامل خونی و ESR می شود؛ در نتیجه، موجب بهبود سیالیت خون و پیشگیری برخی از بیماری های مرتبط با این شاخص ها، مانند بیماری های قلبی عروقی می گردد (۲۵). فعالیت ورزشی با توجه به نوع، مدت، شدت و همچنین میزان آمادگی بدنی فرد موجب تغییر در رئولوژی خون می شود (۲۲). محققین نشان داده اند که فعالیت مقاومتی با شدت بالا موجب افزایش تجمع پلاکتی می شود اما تمرینات منظم ورزشی با افزایش حجم پلاسما و کاهش نسبت هماتوکریت نسبت به حجم خون موجب کاهش ویسکوزیته پلاسما می شود (۲۶).

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

موضوع دیگری که در مطالعه بررسی شد اثرات ۴۰ جلسه تمرین HIFT و INW بر سیستم هماتولوژیک بود و مشخص شد که این تمرینات موجب افزایش معنی دار مقادیر گلبول های سفید، هموگلوبین و میانگین غلظت هموگلوبین گلبولی در هر دو گروه مردان و زنان شده است در حالی که مقدار هماتوکریت به طور معنی داری کاهش یافت. همچنن نتایج پـژوهش نشان داد که در برخی از فاکتورهای اریتروسـیت هـا تفاوت معنی داری بـین دو گـروه مشـاهده نشد. این یافته ها می تواند تا حدودی تاثیر محافظـت کننـده قلب در تمرینـاتHIFT و INW را توضیح دهد کـه بـا تـأمین گلبولهای قرمز غنی از هموگلوبین بـدون اصـلاح درصـد گلبولهای قرمز در حجم کـل خـون و در نتیجـه افـزایش ویسکوزیته خون یک عامل مهم خطر قلبی- عروقی است که اکسیژن رسانی سلول را بهبود می بخشد. دلیـل ایـن تفاوت در یافته ها را می توان به نوع تمرینات استفاده شده، شـدت تمرینات، جنسیت و سطح آمادگی آزمودنیها جستجو کرد (۲۸-۲۶).

در مطالعه حاضر هر دو تمرینات HIFT و INW باعث افزایش قدرت عضلانی پایین تنه و ۶ دقیقه پیاده روی در هر دو جنس شد، اما این افزایش متعاقب تمرینات HIFT در مردان بیشتر از زنان بود. مکانیسم افزایش قدرت ناشی از تمرین قدرتی میتواند بخشی مربوط به افزایش هماهنگی عصبی عضلانی و بخشی ناشی از تغییرات احتمالی تارها و شرایط هورمونهای آنابولیک مانند هورمون رشد و شبه انسولین باشد (۲۹) که البته در مطالعه حاضر سنجیده نشد. یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج پژوهشهای شرینگتن و همکاران (۲۰۱۹) همسوست که تاثیر مثبت برنامه های تمرینی مختلف را بر پیشگیری از زمین خوردن در افراد سالمند گزارش کرده بودند (۳۰). کی از محدودیتهای مطالعۀ حاضر، عدم کنترل کامل برنامۀ تغذیه ای سالمندان بر شاخصهای شاخص های رئولوژیک و هماتولوژیک سالمندان بوده است. بی تردید با کنترل دقیق تر وضعیت تغذیه‌ای افراد میتوان تأثیرات بارزتری از اینگونه پروتکلهای تمرینی را در سالمندان شاهد بود.

نتیجه گیری: بر اساس یافته‌های این پژوهش، صرف نظر از نوع تمرینات نوردیک تناوبی (INW) و تمرینات فانکشنال (HIFT)، ۴۰ جلسه تمرین تناوبی موجب بهبود معنی دار سیستم هموروئولوژیکی و عملکرد بدنی در هر دو جنس شد و این اثر بخشی در مردان محسوس تر از زنان سالمند بود.

تعارض منافع: هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

قدردانی و تشکر:

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

بدین وسیله از همکاری بی دریغ آزمودنی های پژوهش و تیم پژوهشی قدردانی می شود.

منابع

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

1. Matteini, F., Mulaw, M. A., & Florian, M. C. (2021). Aging of the Hematopoietic Stem Cell Niche: New Tools to Answer an Old Question. Frontiers in immunology, 12, 738204. https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.738204

2. Yan, B., Yuan, Q., & Guryanova, O. A. (2023). Epigenetic Mechanisms in Hematologic Aging and Premalignant Conditions. *Epigenomes*, *7*(4), 32. https://doi.org/10.3390/epigenomes7040032

3. Chen, H., Chen, C., Spanos, M., Li, G., Lu, R., Bei, Y., & Xiao, J. (2022). Exercise training maintains cardiovascular health: signaling pathways involved and potential therapeutics. *Signal transduction and targeted therapy*, *7*(1), 306. https://doi.org/10.1038/s41392-022-01153-1

4. Mardyła, M., Teległów, A., Ptaszek, B., Jekiełek, M., Mańko, G., & Marchewka, J. (2023). Effects of Rowing on Rheological Properties of Blood. *International journal of environmental research and public health*, *20*(6), 5159. https://doi.org/10.3390/ijerph20065159

5. Eslami R, Heidary D, Mehdipour A, Heidari S. The Effects of Acute Exercise and Exercise Training onPlasma Fibrinogen Levels in Healthy Individuals:A Meta-Analysis. Sci J Iran Blood Transfus Organ 2021; 18 (2) :127-141http://bloodjournal.ir/article-1-1379-en.html

6. Brigatto, F. A., Lima, L. E. M., Germano, M. D., Aoki, M. S., Braz, T. V., & Lopes, C. R. (2022). High Resistance-Training Volume Enhances Muscle Thickness in Resistance-Trained Men. *Journal of strength and conditioning research*, *36*(1), 22–30. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003413

7. Franco, C. M. C., Carneiro, M. A. S., de Sousa, J. F. R., Gomes, G. K., & Orsatti, F. L. (2021). Influence of High- and Low-Frequency Resistance Training on Lean Body Mass and Muscle Strength Gains in Untrained Men. *Journal of strength and conditioning research*, *35*(8), 2089–2094. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003145

8. Wang, X., Soh, K. G., Samsudin, S., Deng, N., Liu, X., Zhao, Y., & Akbar, S. (2023). Effects of high-intensity functional training on physical fitness and sport-specific performance among the athletes: A systematic review with meta-analysis. *PloS one*, *18*(12), e0295531. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295531

9. Prince, S. A., Wooding, E., Mielniczuk, L., Pipe, A. L., Chan, K. L., Keast, M. L., Harris, J., Tulloch, H. E., Mark, A. E., Cotie, L. M., Wells, G. A., & Reid, R. D. (2019). Nordic walking and standard exercise therapy in patients with chronic heart failure: A randomised controlled trial comparison. *European journal of preventive cardiology*, *26*(16), 1790–1794. https://doi.org/10.1177/2047487319871215

10. Sobczak, K., Nowinka, P., Wochna, K., & Domaszewska, K. (2023). The Effects of Nordic Walking with Poles with an Integrated Resistance Shock Absorber on Red Blood Cell Distribution and Cardiorespiratory Efficiency in Postmenopausal Women-A Randomized Controlled Trial. *Biology*, *12*(2), 179. https://doi.org/10.3390/biology12020179

11. Terada, T., Cotie, L. M., Tulloch, H., Mistura, M., Vidal-Almela, S., O'Neill, C. D., Reid, R. D., Pipe, A., & Reed, J. L. (2022). Sustained Effects of Different Exercise Modalities on Physical and Mental Health in Patients With Coronary Artery Disease: A Randomized Clinical Trial. *The Canadian journal of cardiology*, *38*(8), 1235–1243. https://doi.org/10.1016/j.cjca.2022.03.017

12. Nieuwoudt, S., Fealy, C. E., Foucher, J. A., Scelsi, A. R., Malin, S. K., Pagadala, M., Rocco, M., Burguera, B., & Kirwan, J. P. (2017). Functional high-intensity training improves pancreatic β-cell function in adults with type 2

detes. *American journal of physiology. Endocrinology and metabolism*, *313*(3), E314–E320. https://doi.org/10.1152/ajpendo.00407.2016

13. Posnakidis, G., Aphamis, G., Giannaki, C. D., Mougios, V., Aristotelous, P., Samoutis, G., & Bogdanis, G. C. (2022). High-Intensity Functional Training Improves Cardiorespiratory Fitness and Neuromuscular Performance Without Inflammation or Muscle Damage. *Journal of strength and conditioning research*, *36*(3), 615–623. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003516

14. Fealy, C. E., Nieuwoudt, S., Foucher, J. A., Scelsi, A. R., Malin, S. K., Pagadala, M., Cruz, L. A., Li, M., Rocco, M., Burguera, B., & Kirwan, J. P. (2018). Functional high-intensity exercise training ameliorates insulin resistance and cardiometabolic risk factors in type 2 diabetes. *Experimental physiology*, *103*(7), 985–994. https://doi.org/10.1113/EP086844

15. Heinrich, K. M., Crawford, D. A., Langford, C. R., Kehler, A., & Andrews, V. (2021). High-Intensity Functional Training Shows Promise for Improving Physical Functioning and Activity in Community-Dwelling Older Adults: A Pilot Study. *Journal of geriatric physical therapy (2001)*, *44*(1), 9–17. https://doi.org/10.1519/JPT.0000000000000251

16. Reed, J. L., Terada, T., Cotie, L. M., Tulloch, H. E., Leenen, F. H., Mistura, M., Hans, H., Wang, H. W., Vidal-Almela, S., Reid, R. D., & Pipe, A. L. (2022). The effects of high-intensity interval training, Nordic walking and moderate-to-vigorous intensity continuous training on functional capacity, depression and quality of life in patients with coronary artery disease enrolled in cardiac rehabilitation: A randomized controlled trial (CRX study). *Progress in cardiovascular diseases*, *70*, 73–83. https://doi.org/10.1016/j.pcad.2021.07.002

17. Sobczak, K., Nowinka, P., Wochna, K., & Domaszewska, K. (2023). The Effects of Nordic Walking with Poles with an Integrated Resistance Shock Absorber on Red Blood Cell Distribution and Cardiorespiratory Efficiency in Postmenopausal Women-A Randomized Controlled Trial. *Biology*, *12*(2), 179. https://doi.org/10.3390/biology12020179

18. Terada, T., Cotie, L. M., Tulloch, H., Mistura, M., Vidal-Almela, S., O'Neill, C. D., Reid, R. D., Pipe, A., & Reed, J. L. (2022). Sustained Effects of Different Exercise Modalities on Physical and Mental Health in Patients With Coronary Artery Disease: A Randomized Clinical Trial. *The Canadian journal of cardiology*, *38*(8), 1235–1243. https://doi.org/10.1016/j.cjca.2022.03.017

19. Hosseini SH, Samami N, Heshmati S, Mohamadi A. Effect of whole body vibration training program on strength, flexibility and mobility in inactive elderly men. Quarterly Journal of Geriatric Nursing. 2018; 4 (1). 2018;96. [Persian] http://jgn.medilam.ac.ir/article-1-232-en.html

20. Jalili M, Nazem F. Evaluation of validity and reliability of diagnostic 6 minute walk test (6MWT) in the measurment of cardio-respiratory efficiency with gass exchage analysis in boys. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2017 May 22;16(2):209-22.. [Persian] https://doi.org/10.22118/jsmj.2017.49246

21. Januszek, R., Kocik, B., Siłka, W., Gregorczyk-Maga, I., & Mika, P. (2023). The Effects of Cardiac Rehabilitation including Nordic Walking in Patients with Chronic Coronary Syndromes after Percutaneous Coronary Interventions in Elective Mode. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, *59*(7), 1355. https://doi.org/10.3390/medicina59071355

نسخه پیش از انتشار مرایت شده

22. Martins, R. A., Veríssimo, M. T., Coelho e Silva, M. J., Cumming, S. P., & Teixeira, A. M. (2010). Effects of aerobic and strength-based training on metabolic health indicators in older adults. *Lipids in health and disease*, *9*, 76. https://doi.org/10.1186/1476-511X-9-76

23. Košuta, D., Novaković, M., Božič Mijovski, M., & Jug, B. (2024). Acute effects of high intensity interval training versus moderate intensity continuous training on haemostasis in patients with coronary artery disease. *Scientific reports*, *14*(1), 1963. https://doi.org/10.1038/s41598-024-52521-6

24. Tekantapeh AB, Zolfaghari MR, Khademvatani K, Fattahi A. Impact of an Eight-Week Moderate-Intensity Aerobic Training Program, Combined With Supplementation of the Aqueous Extract of Cynodon dactylon, on Hemorheological Indices in Young Non-athletic Men. https://doi.org/10.34172/ajmb.2439

25. Karakoc, Y., Duzova, H., Polat, A., Emre, M. H., & Arabaci, I. (2005). Effects of training period on haemorheological variables in regularly trained footballers. *British journal of sports medicine*, *39*(2), e4. https://doi.org/10.1136/bjsm.2003.010637

26. Connes, P., Simmonds, M. J., Brun, J. F., & Baskurt, O. K. (2013). Exercise hemorheology: classical data, recent findings and unresolved issues. *Clinical hemorheology and microcirculation*, *53*(1-2), 187–199. https://doi.org/10.3233/CH-2012-1643

27. Karakoc Y, Duzova H, Polat A, et al. Effects of training period on haemorheological variables in regularly trained footballers. British journal of sports medicine 2005;39(2):e4-e. https://doi.org/10.1136/bjsm.2003.010637

28. Sandor B, Nagy A, Toth A, Rabai M, Mezey B, Csatho A, Czuriga I, Toth K, Szabados E. Effects of moderate aerobic exercise training on hemorheological and laboratory parameters in ischemic heart disease patients. PloS one. 2014 Oct 27;9(10):e110751. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110751

29. Fyfe JJ, Bishop DJ, Stepto NK. Interference between concurrent resistance and endurance exercise: molecular bases and the role of individual training variables. Sports medicine. 2014 Jun;44:743-62. https://doi.org/10.1007/s40279-014-0162-1

30. Sherrington, C., Fairhall, N. J., Wallbank, G. K., Tiedemann, A., Michaleff, Z. A., Howard, K., Clemson, L., Hopewell, S., & Lamb, S. E. (2019). Exercise for preventing falls in older people living in the community. *The Cochrane database of systematic reviews*, *1*(1), CD012424. https://doi.org/10.1002/14651858.CD012424.pub2

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده