Quarterly Journal of Physical Activity and Health

فصلنامه فعالیت بدنی و تندرستی

Online ISSN : 2821-224x Journal Homepage: https://sanad.iau.ir/journal/pah/

The Changes in the Levels of NF-kBp65, ABCA1 and Lipid Profile Following Eight Weeks Progressive Aerobic Training and Rice Bran Supplementation in Overweight Men

Abbas Laal Sazegar [1] , Shahram Gholamrezaei Darsara [*1], Mohammad Reza Fadaei Chafy [1]

1. Department of Physical Education and Sport Sciences, Ra.C., Islamic Azad University, Rasht, Iran.

Article Info

Article type:
Research Article

Article History:
Received:
June 3, 2025

Accepted:
August 26, 2025

Keywords:
Overweight, Progressive Aerobic Training, Rice Bran, Inflammation, NF-kBp65, ABCA1.

ABSTRACT

Introduction: Both exercise training and rice bran supplementation have been considered as effective interventions to improve lipid metabolism and attenuating the inflammation. However, the simultaneous effect of these two interventions is still remarkably unknown. **Aim:** the present study conducted aimed to investigate the changes in the levels of NF-kBp65, ABCA1 and lipid profile with eight weeks progressive aerobic training and rice bran ingestion in overweight men.

Method: The 60 overweight (BMI: 29.05±0.37 kg/m^2) men in four groups of 15 person each, including control, rice bran, aerobic training and aerobic training+rice bran, participated in this study. The progressive aerobic training program was exerted during eight weeks/three sessions per week with an intensity of 60 to 75% of maximum heart rate. The daily consumption of rice bran was 10 grams, which was consumed in two meals (before breakfast and before sleeping). 24 hours after the last intervention, blood samples were collected as in the pre-test, and the levels of NF-kBp65, ABCA1 and lipid profiles were measured using the specific kits. SPSS software was used for data analysis. For this purpose, the analysis of covariance test along with the Bonferroni post hoc test were used.

Results: All three intervention groups (rice bran, training, training+rice bran) showed a significant decrease in NF-kBp65 and significant increase in ABCA1 levels compared to the control group ($p<0.05$), but there was no significant difference between intervention groups for NF-kBp65 and ABCA1 levels ($p>0.05$). In addition, despite lipid profile improvement in all intervention groups compared to the control group, the increase in HDL and decrease in cholesterol, VLDL and triglyceride in the training+rice bran group were significant compared to the training and rice bran groups ($p<0.05$).

Conclusion: The rice bran ingestion along with progressive aerobic training can significantly increase the role of these training in improving the lipid profile and have a synergistic effect. This synergistic effect of training and rice bran is independent of the changes in the NF-kBp65 and ABCA1 levels.

Cite this article: Abbas Laal Sazegar, A., Gholamrezaei Darsara, Sh.,& Fadaei Chafy, M.R.(2025). The Changes in the Levels of NF-kBp65, ABCA1 and Lipid Profile Following Eight Weeks Progressive Aerobic Training and Rice Bran Supplementation in Overweight Men. Quarterly Journal of Physical Activity and Health, 4(2) ,1-24.

Corresponding: author

Shahram Gholamrezaei Darsara

Address: Department of Physical Education and Sport Sciences, Ra.C., Islamic Azad University, Rasht, Iran.

Email: shahram1347@iau.ac.ir

Extended Abstract

Introduction: Cardiovascular diseases are among the leading causes of mortality worldwide, often associated with chronic inflammation and dyslipidemia. Nuclear factor kappa B (NF-κBp65) is a transcription factor involved in inflammatory responses, while ATP-binding cassette transporter A1 (ABCA1) plays a crucial role in cholesterol efflux and lipid metabolism. Aerobic exercise and nutritional interventions are effective non-pharmacological strategies to modulate these pathways. However, few studies have investigated the combined effect of progressive aerobic training and rice bran supplementation on inflammatory and lipid-regulatory markers. This study aimed to examine the effect of these interventions on NF-κBp65 expression, ABCA1, and lipid profile in overweight men.

Methodology: Thirty-two overweight men (aged 40–50 years, BMI > 25 kg/m²) were recruited and randomly assigned into four groups (n=8 each): (1) aerobic training + rice bran, (2) aerobic training + placebo, (3) rice bran only, and (4) placebo. The aerobic training protocol lasted 8 weeks, consisting of three weekly sessions of progressive aerobic exercise at 65–75% HRmax. Rice bran supplementation was provided at 20 g/day with breakfast, while the placebo consisted of toasted flour. Fasting blood samples were collected 48 hours before and after the intervention. NF-κBp65, ABCA1, lipid profile (TC, TG, HDL-C, LDL-C), APOA-I, and APOB were measured. Data were analyzed using ANOVA, ANCOVA, and Bonferroni post hoc tests with a significance level set at $p < 0.05$.

Results: The combination of aerobic training and rice bran supplementation significantly reduced NF-κBp65 levels ($p = 0.001$) and increased ABCA1 expression ($p = 0.001$), HDL-C ($p = 0.001$), and APOA-I ($p = 0.005$) compared to control. No significant effects were observed for TC, TG, LDL-C, or APOB ($p > 0.05$). Aerobic training or rice bran alone also improved some markers, but the combined intervention showed the greatest effect.

Discussion: The findings indicate that eight weeks of progressive aerobic exercise, particularly when combined with rice bran supplementation, can improve anti-inflammatory signaling and lipid regulatory pathways in overweight men. The observed reduction in NF-κBp65 suggests decreased inflammatory activation, while the increase in ABCA1 and HDL-C highlights enhanced reverse cholesterol transport. These outcomes align with previous studies reporting anti-inflammatory effects of exercise and functional foods. However, the synergistic effect observed here suggests that integrating exercise with dietary supplementation may provide superior cardioprotective benefits.

Conclusion: Progressive aerobic training combined with rice bran supplementation significantly modulates inflammatory and lipid biomarkers, supporting its role as an effective non-pharmacological intervention for reducing cardiovascular risk in overweight populations.

Limitations and Suggestions: The main limitations include the relatively small sample size, short intervention duration, and lack of precise dietary control outside of supplementation. Future studies should involve larger cohorts, longer follow-up, and additional biomarkers of inflammation and oxidative stress to strengthen the findings.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the participants and laboratory staff who contributed to this study.

Funding

This research received no specific grant from any funding agency, commercial, or not-for-profit sectors.

Ethics approval and consent to participate

The study protocol was approved by the Institutional Ethics Committee, and written informed consent was obtained from all participants

Conflict interests

The authors declare no conflict of interest.

Quarterly Journal of Physical Activity and Health

فصلنامه فعالیت بدنی و تندرستی

وب سایت نشریه : https://sanad.iau.ir/journal/pah/ شاپای الکترونیکی : ۲۸۲۱-۲۲۴x

تغییرات سطوح NF-kBp65، ABCA1 و نیمرخ لیپیدی متعاقب هشت هفته تمرین هوازی پیشرونده و مکمل‌یاری سبوس برنج در مردان دارای اضافه وزن

عباس لعل سازگار[۱]، شهرام غلامرضایی دارسرا [*۱]، محمدرضا فدائی چافی[۱]

۱. گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله :
مقاله پژوهشی

تاریخچه مقاله :
تاریخ دریافت:
۱۳ خرداد ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش:
۴ شهریور۱۴۰۴

واژه های کلیدی :
اضافه وزن، تمرین هوازی پیشرونده، سبوس برنج، التهاب، NF-kBp65، ABCA1.

چکیده

مقدمه: تمرین ورزشی و مکمل‌یاری سبوس برنج هر دو به عنوان مداخلات موثر به منظور بهبود متابولیسم لیپید و کاهش التهاب مورد توجه قرار گرفته‌اند. با این همه، در رابطه با تاثیر همزمان این دو مداخله اطلاعات زیادی در دست نیست.

هدف: مطالعه حاضر با هدف بررسی تغییرات سطوح NF-kBp65، ABCA1 و نیمرخ لیپیدی با تمرینات هوازی پیشرونده و مصرف سبوس برنج در مردان دارای اضافه وزن اجرا گردید.

روش: تعداد ۶۰ مرد دارای اضافه وزن (BMI: ۲۹/۰۵ ± ۰/۳۷ kg/m^2) در چهار گروه ۱۵ نفری شامل گروه‌های کنترل، سبوس برنج، تمرین هوازی و تمرین هوازی+سبوس برنج در این مطالعه شرکت کردند. برنامه تمرین هوازی پیشرونده طی هشت هفته و سه جلسه در هفته با شدت ۶۰ تا ۷۵ درصد ضربان قلب بیشیه اجرا شد. مصرف روزانه سبوس برنج ۱۰ گرم بود که در دو وعده (قبل از صبحانه و قبل از خواب) مصرف گردید. ۲۴ ساعت بعد از آخرین مداخله اعمال شده، نمونه‌های خونی همانند پیش آزمون جمع‌آوری شد و سنجش سطوح NF-kBp65، ABCA1 و نیمرخ لیپیدی با کیت‌های اختصاصی انجام گرفت. از نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ برای تحلیل داده‌ها استفاده شد. بدین منظور، آزمون‌های آماری آنالیز کوواریانس به همراه آزمون تعقیبی بونفرونی مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها: هر سه گروه مداخله (سبوس برنج، تمرین، تمرین+سبوس)، کاهش معنادار NF-kBp65 و افزایش معنادار ABCA1 را نسبت به گروه کنترل نشان دادند ($p<۰/۰۵$)، اما تفاوت معناداری بین گروه‌های مداخله برای سطوح NF-kBp65 و ABCA1 مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). علاوه بر این، باوجود بهبود نیمرخ لیپیدی در هر سه گروه مداخله نسبت به گروه کنترل، افزایش HDL و کاهش کلسترول، VLDL و تری‌گلیسیرید در گروه تمرین+سبوس نسبت به گروه‌های تمرین و سبوس برنج به تنهایی معنادار بود ($p<۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: مصرف سبوس برنج به همراه تمرین هوازی پیشرونده می‌تواند نقش این تمرینات در بهبود نیمرخ لیپیدی را به صورت معناداری افزایش دهد و اثر سینرژیک داشته باشد. این تاثیر سینرژیک تمرین و سبوس برنج مستقل از تغییرات در سطوح NF-kBp65 و ABCA1 اعمال می‌شود.

استناد : لعل سازگار، عباس، غلامرضایی دارسرا، شهرام، و فدائی چافی، محمد رضا.(۱۴۰۴). تغییرات سطوح NF-kBp65، ABCA1 و نیمرخ لیپیدی متعاقب هشت هفته تمرین هوازی پیشرونده و مکمل یاری سبوس برنج در مردان دارای اضافه وزن. فصلنامه فعالیت بدنی و تندرستی،۴(۲)، ۱-۲۴.

نویسنده مسئول:
شهرام غلامرضایی دارسرا
نشانی: گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.
ایمیل: shahram1347@iau.ac.ir

مقدمه

چاقی پیامد ذخیره کالری مازاد مصرفی به صورت چربی است که به عنوان یک وضعیت چند عاملی، در نتیجه عوامل محیطی و ژنتیکی بروز می‌کند(Choe et al., 2022) . امروزه شیوع اضافه وزن و چاقی در جوامع مختلف به شدت مورد توجه قرار گرفته است و در مطالعات متعددی بدان پرداخته شده است که دلیل آن صرفاً مربوط به افزایش وزن بدن و توده چربی نیست، بلکه ناشی از نقش افزایش توده چربی در پاتوژنز اختلالات مختلف از جمله سندرم متابولیک و افزایش خطر بروز بیماری‌هایی مانند دیابت نوع۲، بیماری‌های قلبی–عروقی و ... است (Goossens 2008). و به دلیل این اثرات پاتولوژیک، چاقی با افزایش خطر مرگ و میر زودرس همراه است.(Goyal et al., 2014) . یکی دیگر از پیامدهای چاقی، نقش آن در تشدید التهاب به عنوان یکی از عوامل خطرزای اصلی برای اعمال اثرات زیان‌بار چاقی است که بواسطه افزایش ترشح آدیپوکاین‌های التهابی (از قبیل لپتین) و کاهش ترشح آدیپوکاین‌های ضدالتهابی (از قبیل آدیپونکتین) از بافت چربی بویژه بافت چربی احشایی مشخص می‌گردد.(De Heredia et al., 2012) .

عامل هسته‌ای کاپا B (NF-kB[1]) یکی از عوامل التهابی شناخته شده است که تنظیم افزایشی سطوح آن در پاسخ به فرآیندهای التهابی متعاقب افزایش توده چربی در افراد چاق گزارش شده است.(Ağar et al., 2022) . سلول‌های پستانداران مشتمل بر ۵ زیرواحد NF-kB است که یکی از شناخته‌ترین آنها NF-kBp65 است (Dolzhenko et al., 2015). NF-kB بواسطه نقشی که در تشدید التهاب و تولید سایتوکاین‌های التهابی دارد، می‌تواند در بروز اختلالات متابولیک ناشی از چاقی نقش عمده‌ای داشته باشد و از جمله تاثیر آن در افزایش مقاومت به انسولین و دیابت نوع۲ نشان داده شده است(Shehzad et al., 2011) . در مقابل، محققان گزارش کرده‌اند که مهار NF-kB بواسطه حذف هدفمند کیناز I-kappa-B (که تاحدود زیادی مسئول فعال‌سازی NF-kB است) منجر به کاهش التهاب ناشی از چاقی در بافت کبد و همچنین کاهش سطوح سایتوکاین‌های التهابی گردش خون از قبیل اینترلوکین۶ (IL-6[2]) و IL-1b می‌شود(Ferrante, 2007).

[1]. Nuclear Factor-kB

[2]. Interleukin 6

ناقل جعبه‌ای وابسته به آدنوزین تری فسفات (ABCA1[1])، یک پروتئین غشایی سلول با ۲۲۶۱ اسیدآمینه است که مرحله محدود کننده سرعت بیوژنز لیپوپروتئین پرچگال (HDL) را از طریق انتقال کلسترول مازاد سلولی آزاد و فسفولیپیدها به پذیرنده آپولیپوپروتئین تنظیم می‌کند و می‌تواند تاثیرات ضدالتهابی نیز داشته باشد (Babashamsi et al., 2019). تعامل ABCA1 با Apo-A1 منجر به تحریک مسیرهای سیگنالینگی می‌شود که در هر دوی فرآیندهای ضدالتهابی و خارج شدن لیپید تنظیم شده توسط ABCA1 درگیر هستند (Liu et al., 2012). بیان ABCA1 بواسطه قرارگیری در معرض محرک‌های التهابی از قبیل IL-1β، عامل نکروز تومور آلفا (TNF-α[2])، اینترفرون گاما و لیپوپلی‌ساکارید (LPS[3]) در یک مسیر سیگنالینگ وابسته به NF-kB کاهش پیدا می‌کند و از این رو، مهار مسیر NF-kB می‌تواند به عنوان یک استراتژی برای تضعیف تنظیم کاهشی ABCA1 توسط محرک‌های التهابی در نظر گرفته شود(Zhao et al., 2013) . شواهد موجود حاکی از آن است که چاقی و مقاومت به انسولین با بیان کمتر ABCA1 در بافت چربی احشایی انسان همراه هستند (Vincent et al., 2019).

در تایید گفته‌های فوق در مورد ارتباط ABCA1 با چاقی، محققان در پژوهشی عنوان کردند که کاهش شاخص توده بدن و درصد چربی بدن به دنبال هشت هفته تمرین طناب زدن در نوجوانان پسر دارای اضافه وزن و چاق با افزایش معنادار بیان ABCA1 همراه بوده است و افزایش ABCA1 به بهبود اجزای مختلف نیمرخ لیپیدی در گروه تمرین کرده منجر گردید(Ghorbanian et al., 2013) . برخی محققان نیز تاثیر فعالیت ورزشی در مقابله با التهاب موضعی و سیستمیک را به سرکوب فعال‌سازی NF-kB نسبت داده‌اند (Knapik et al., 2013). علاوه بر تمرینات ورزشی مختلف به عنوان یک عامل ضدالتهابی شناخته شده (Petersen e al., 2005) برخی مداخلات تغذیه‌ای از جمله مصرف سبوس برنج نیز به دلیل تاثیرات آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی مورد توجه قرار گرفته است (Saji et al., 2020) گزارش شده است که این تاثیرات ضدالتهابی مصرف عصاره سبوس برنج به عنوان یک مکمل ضدچاقی، تاحدودی بواسطه نقش آن در کاهش بیان NF-kBp65 و TNF-α در بافت چربی اعمال می‌شود(Sivamaruthi et al., 2023) . برخی محققان با تایید تاثیرات ضدالتهابی (کاهش بیان TLR-4، IL-6، TNF-α در بافت چربی سفید) پنج هفته تمرین هوازی، عصاره سبوس برنج و

[1]. ATP Binding Cassette Transporter A1
[2]. Tumor Necrosis Factor alpha
[3]. Lipopolysaccharide

تمرین+عصاره سبوس برنج در رت‌های چاق شده با رژیم غذایی چرب، تاثیر سینرژیکی برای مصرف عصاره سبوس برنج با تمرین ورزشی نشان ندادند .(Moazamigoodarzi el al., 2023). با این حال، برخی محققان عنوان کرده‌اند که اعمال همزمان این دو مداخله در افراد سالمند سالم می‌تواند تاثیری سینرژیک داشته باشد، به نحویکه کاهش سطوح IL-6 و پروتئین واکنشگر C (CRP[1]) را بعد از ۲٤ هفته تمرین ترکیبی (هوازی-مقاومتی) و مصرف سبوس برنج تنها در گروهی نشان دادند که هر دو مداخله به صورت همزمان اعمال شده بود (Seesen et al., 2020). باوجود این، نتایج در رابطه با تاثیر تمرینات ورزشی مختلف از جمله تمرین هوازی و مصرف سبوس برنج در ترکیب با یکدیگر بسیار محدود است و از این رو، در مطالعه حاضر تاثیر جداگانه و همزمان تمرینات هوازی پیشرونده و مصرف سبوس برنج بر سطوح NF-kBp65 و ABCA1 در مردان دارای اضافه وزن بررسی شده است.

روش

شرکت کنندگان

مردان غیر فعال ٤٠-۲۰ سال ساکن تهران در دو منطقه شهری با شاخص توده بدن بیشتر از ۰/۳۷ $kg.m^2$ ± ۲۹/۰۵، جامعه آماری این پژوهش را تشکیل می‌دادند. عدم ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی، دیابت، پرفشاری خون و ...، مصرف نکردن داروهای کاهش وزن و سبک زندگی غیرفعال طی دوره ٦ ماه قبل از ورود به مطالعه، معیارهای ورود به تحقیق را تشکیل می‌دادند. عدم شرکت در ۳ جلسه متوالی تمرین یا ٤ جلسه متناوب، بروز آسیب طی تمرینات ورزشی و عدم تمایل به ادامه شرکت در پژوهش نیز معیارهای خروج از پژوهش بودند. از نرم افزار G-power برای برآورد حجم نمونه استفاده شد. با فرض اینکه آماره مورد استفاده تحلیل کوواریانس باشد و اندازه اثر بزرگ ۰/۵۰ و توان آزمون متوسط ۰/۸۵، حجم نمونه پیشنهادی و خطای آلفای ۵ درصد، ٥٤ نفر برآورد شد که با در نظر گرفتن امکان ریزش آزمودنی‌ها، تعداد ٦۰ نفر انتخاب شدند که به صورت تصادفی در ٤ گروه ۱۵ نفری تقسیم‌بندی شدند. کسب رضایت آگاهانه و در اختیار قرار دادن نتایج مطالعه به آزمودنی ها، از اصول اخلاقی در این پژوهش بود. این مطالعه با شناسه‌ی

[1]. C Reactive Protein

IR.IAU.RASHT.1402.045 مورد تصویب کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت قرار گرفت.

روش اجرا

داوطلبین واجد شرایط شرکت در مطالعه حاضر بعد از انتخاب شدن به عنوان آزمودنی، به شکل تصادفی در چهار گروه و هر گروه ۱۵ نفر شامل گروه‌های۱) کنترل (بدون هیچ مداخله و تداوم سبک زندگی معمول روزانه)، ۲) مکمل سبوس برنج (هشت هفته مصرف مکمل سبوس برنج و عدم شرکت در برنامه تمرین ورزشی)، ۳) تمرین هوازی پیشرونده (هشت هفته انجام برنامه تمرین هوازی پیشرونده بدون مصرف مکمل سبوس برنج) و ٤) گروه تمرین هوازی پیشرونده+مکمل سبوس برنج (هشت هفته شرکت در برنامه تمرین هوازی پیشرونده و به صورت همزمان مصرف مکمل سبوس برنج به مدت هشت هفته) قرار گرفتند. بعد از گروه‌بندی آزمودنی‌ها، هر کدام از مداخلات به مدت هشت هفته توسط آزمودنی‌ها اجرا گردید.

خونگیری و سنجش متغیرها

جمع‌آوری نمونه‌های خونی در دو مرحله پیش آزمون (قبل از شروع مداخلات) و پس آزمون (٢٤ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین ورزشی و مصرف سبوس برنج)، در ساعت هشت صبح و بعد از ۱۰ تا ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه انجام گرفت. از هر آزمودنی ۵ سی‌سی خون از ورید بازویی گرفته شد که بلافاصله داخل لوله فالکون ریخته شد و سپس نمونه‌های خون با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۱۰ دقیقه، سانتریفیوژ شدند و سرم جدا شد. نمونه‌های سرمی تا زمان اندازه‌گیری متغیرهای پژوهش، در فریزر ۸۰- درجه سانتی-گراد نگهداری شد. مقادیر سرمی NF-kBp65 و ABCA1 با روش الایزا و با استفاده از کیت‌های اختصاصی شرکت Eastbiopharm ساخت کشور چین اندازه‌گیری شد. سطوح نیمرخ لیپیدی (شامل سطوح کلسترول، تری‌گلیسیرید، LDL، HDL و VLDL) نیز با کیت شرکت پارس‌آزمون (ساخت ایران-کرج) و به روش آنزیمی اندازه‌گیری شد.

برنامه تمرین ورزشی

برنامه تمرین ورزشی اجرا شده در مطالعه حاضر از نوع هوازی پیشرونده بود که سه جلسه در هفته و به مدت هشت هفته داخل سالن ورزشی با شرایط استاندارد (دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ٤٠ درصد) انجام شد. شدت برنامه تمرین هوازی در هفته اول ٦٠ درصد ضربان قلب بیشینه بود که به تدریج و تا هفته آخر، شدت تمرین به ۷۵ درصد ضربان قلب بیشینه رسید. مدت زمان هر جلسه تمرین نیز ۲۰ تا ۳۵ دقیقه بود (جدول۱). قبل و بعد از هر جلسه تمرین نیز به ترتیب گرم کردن (۱۰ دقیقه کشش، دوی نرم و نرمش) و سرد کردن (۵ دقیقه شامل کشش و راه رفتن) توسط آزمودنی‌ها اجرا گردید. شدت تمرین با ضربان قلب (با استفاده از نبض سرخرگ کاروتید) کنترل شد. به منظور محاسبه ضربان قلب بیشینه آزمودنی ها نیز از فرمول سن−۲۲۰ و برای پایش شدت جلسات تمرین از ضربان سنج پولار استفاده شد.

جدول ۱: پروتکل تمرین.

هفته‌های تمرین	مدت تمرین در هر جلسه (دقیقه)	شدت تمرین (% HRmax)
۲-۱	۲۰	٦٠
٤-۳	۲۵	٦٥
٦-٥	۳۰	۷۰
۸-۷	۳۵	۷۵

مکمل‌یاری سبوس برنج

گروه‌های دریافت کننده سبوس برنج، بسته‌های ۱۰ گرمی مکمل سبوس برنج (شرکت بیجار کاواترم) را برای مصرف هشت هفته (روزانه دو نوبت) دریافت کردند. از آنها خواسته شد قبل از صرف صبحانه و قبل از صرف شام یک بسته مکمل سبوس برنج مصرف کنند. آزمودنی‌ها می‌توانستند که در صورت تمایل، هر بسته ۱۰ گرمی را در ماست ریخته و میل نمایند (Tazakori et al., 2007).

تجزیه و تحلیل یافته‌ها

نحوه توزیع داده‌های پژوهش با استفاده از آزمون شاپیرو–ویلک بررسی شد که نتایج این آزمون بیانگر آن بود که یافته‌ها دارای توزیع طبیعی هستند (p>۰/۰۵). از این رو، آزمون‌های پارامتریک به منظور مقایسه تغییرات بین گروهی مورد استفاده قرار گرفتند. در همین راستا، بررسی تغییرات بین گروهی با استفاده از آزمون آنالیز کوواریانس (ANCOVA) انجام شد و مقایسه دو به دوی گروه‌ها و تعیین محل اختلاف بین گروه‌ها نیز با آزمون تعقیبی بونفرونی تعیین گردید. سطح معناداری برای همه آزمون‌های آماری، p<۰/۰۵ در نظر گرفته شد و به منظور تجزیه و تحلیل نتایج، نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۶ مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها

در جدول۲، ویژگی‌های جسمانی شرکت کنندگان از قبیل سن، قد، وزن بدن و شاخص تودن بدن (BMI) در گروه‌های مختلف تحقیق گزارش شده است.

جدول۲: ویژگی‌های جسمانی آزمودنی‌ها.

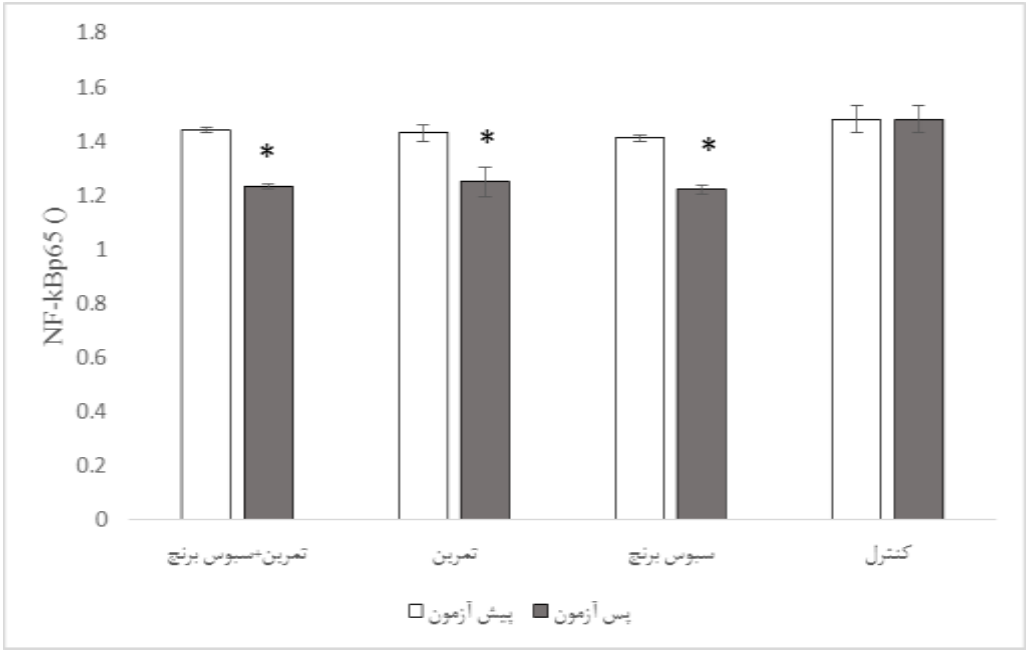
متغیر		تمرین+سبوس برنج	تمرین	سبوس برنج	کنترل
سن(سال)		۳۷/۶۲ ± ۱/۷۳	۳۷/۵۸ ± ۱/۷۱	۳۷/۰۷ ± ۲/۲۹	۳۷/۹۰ ± ۱/۷۷
قد(سانتی‌متر)		۱۷۶/۷۰ ± ۱/۹۱	۱۷۶/۲۶ ± ۱/۸۶	۱۷۶/۰۰ ± ۱/۸۸	۱۷۷/۵۰ ± ۲/۱۱
وزن (کیلوگرم)	قبل	۹۱/۵۸ ± ۱/۰۰	۸۸/۸۶ ± ۱/۱۵	۸۹/۵۲ ± ۲/۰۶	۹۳/۸٤ ± ٤/۰۳
	بعد	۸٦/٤۱ ± ۲/۰۰	۸۵/۹۵ ± ۱/۰۸	۸۹/۰۳ ± ۲/۱۳	۹٤/۰٤ ± ۳/۸۹
شاخص توده بدن	قبل	۲۹/۳۷ ± ۰/۳۲	۲۸/۵۰ ± ۰/۲٤	۲۸/۹۸ ± ۰/۱٤	۲۹/۲۲ ± ۰/۱۸
	بعد	۲۷/۷۱ ± ۰/۳۰	۲۷/۷۲ ± ۰/٤۰	۲۸/۷۲ ± ۰/۲۷	۲۹/۲۹ ± ۰/۲۳

بررسی تغییرات بین گروهی نشان داد که تفاوت معناداری برای سطوح کلسترول، تری‌گلیسرید، LDL، HDL و VLDL بین گروه‌های مختلف پژوهش وجود دارد. مطابق نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی، مشاهده شد که سطوح HDL در گروه تمرین+سبوس برنج نسبت به گروه‌های تمرین (p=۰/۰۰۲)، سبوس برنج (p<۰/۰۰۱) و کنترل (p<۰/۰۰۱) به صورت معناداری افزایش یافته است. افزایش HDL در گروه تمرین (p<۰/۰۰۱) و مکمل (p<۰/۰۰۱) نیز نسبت به گروه کنترل معنادار بود. سطوح VLDL نیز در گروه تمرین نسبت به گروه‌های

تمرین+سبوس برنج (p=۰/۰۰۲)، سبوس برنج (p=۰/۰۲۹) و کنترل (p<۰/۰۰۱) و همچنین در گروه سبوس برنج نسبت به گروه تمرین+سبوس برنج (p=۰/۰۲۹) کاهش معناداری نشان داد. علاوه بر این، کاهش معنادار LDL در گروه‌های تمرین و تمرین+سبوس برنج در مقایسه با گروه‌های سبوس برنج و کنترل مشاهده شد (p<۰/۰۰۱). همچنین، سطوح LDL در گروه سبوس برنج نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری نشان داد (p=۰/۰۰۶). سطوح کلسترول و تری‌گلیسیرید نیز در گروه‌های تمرین+سبوس برنج، تمرین و سبوس برنج نسبت به گروه کنترل به صورت معناداری کاهش یافت (p<۰/۰۰۱). همچنین، کاهش کلسترول و تری‌گلیسیرید در گروه تمرین+سبوس برنج نسبت به گروه‌های تمرین و سبوس برنج و همچنین در گروه سبوس برنج نسبت به گروه کنترل معنادار بود (p<۰/۰۰۱). سطوح سرمی اجزای مختلف نیمرخ لیپیدی (شامل کلسترول، LDL، HDL، تری‌گلیسیرید و VLDL) در گروه‌های مختلف پژوهش قبل و بعد از مداخلات هشت هفته‌ای در جدول۳ گزارش شده است.

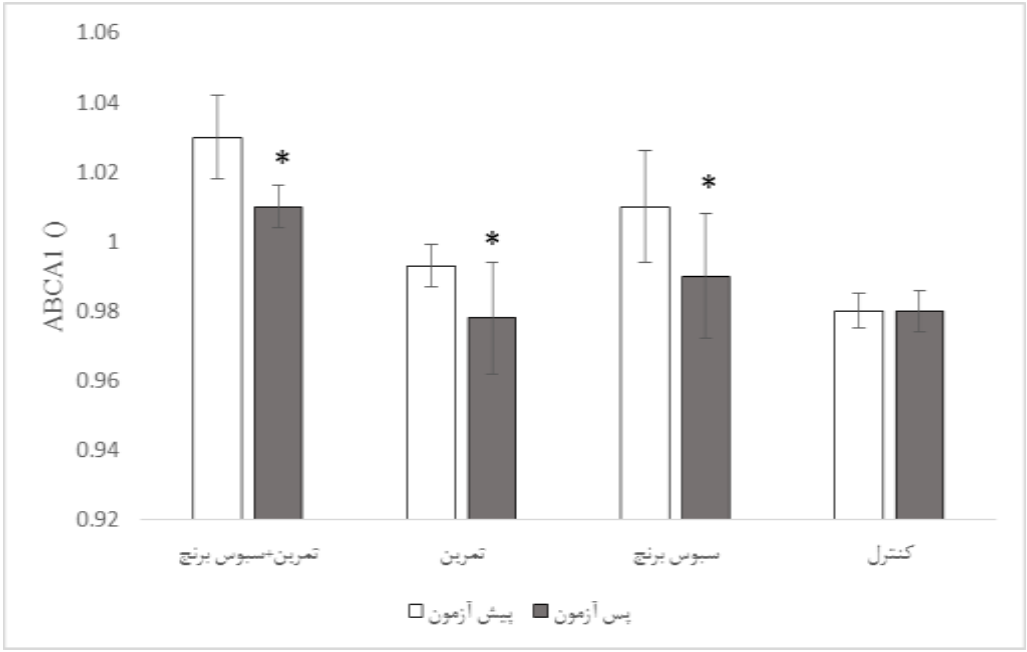
جدول۳: سطوح کلسترول، تری‌گلیسیرید، LDL، HDL و VLDL در گروه‌های مختلف پژوهش.

متغیر	مرحله خونگیری	تمرین+سبوس برنج	تمرین	سبوس برنج	کنترل
کلسترول (mg/dl)	پیش آزمون	۱۹۲/۲۶ ± ۱۰/۸۹	۱۹۳/٤٤ ± ۱۰/۰۸	۱۸٤/۰٦ ± ۱٦/۱۸	۱۹٥/۷۳ ± ۱۱/۰۹
	پس آزمون	۱۷٥/۱۳ ± ۷/۱٥	۱۸۱/۲۲ ± ۷/۳۰	۱۷٤/۲۰ ± ۱٥/۱۹	۱۹۸/٥۳ ± ۱۰/۹۹
تری‌گلیسیرید (mg/dl)	پیش آزمون	۱۸۹/٦۷ ± ۷/۳٤	۱۹۱/۸۷ ± ۷/۳٦	۱۸٤/٤۷ ± ۱۸/۲۲	۱۹٦/۸۰ ± ۹/۰۹
	پس آزمون	۱٦۸/۸۷ ± ۷/۲۷	۱۷۹/۲۷ ± ٥/۸۷	۱۷٦/۳۳ ± ۱٤/٥٥	۱۹۹/۱۳ ± ۸/۸۱
LDL (mg/dl)	پیش آزمون	۱۳٤/٥۳ ± ۸/۳٥	۱۳۰/۲۷ ± ۸/۹۰	۱۳۲/٦۰ ± ٦/۰٦	۱۳۰/٥۳ ± ۲/٤۱
	پس آزمون	۱۱۱/٤۷ ± ۱۱/۰۰	۱۱۲/۰۷ ± ٤/٥۱	۱۲٦/۰۰ ± ٦/۲٥	۱۳۱/۳۳ ± ۲/٦۳
HDL (mg/dl)	پیش آزمون	۳۷/۲۷ ± ۲/۸۱	۳٦/۳۳ ± ۱/۲۹	٤۰/٦۷ ± ۳/۷۳	۳٤/۳۳ ± ۱/۳٤
	پس آزمون	٤۳/٥۳ ± ۲/۱۰	٤۰/٦۷ ± ۲/٤٤	٤۲/٦۰ ± ۳/۲۲	۳٤/۸۷ ± ۱/۸۱
VLDL (mg/dl)	پیش آزمون	٤٤/۳۳ ± ۲/۲۸	٤۲/۱۳ ± ۲/٤۷	٤۰/٥۳ ± ۳/٥٦	٤۰/۱۳ ± ۱/۸۰
	پس آزمون	٤۳/۳۳ ± ۷/۷۸	۳۳/۰۰ ± ۱/۲٥	۳۷/۷۳ ± ۲/۷۱	٤۰/۸۰ ± ۱/۸۲



شکل۱: سطوح NF-kBp65 در گروه‌های مختلف پژوهش. * نشانه کاهش معنادار نسبت به گروه کنترل.

بر اساس نتایج برگرفته از آزمون آنالیز کوواریانس، مشخص شد که سطوح NF-kBp65 و ABCA1 بعد از هشت هفته مداخله بین گروه‌های مختلف پژوهش تفاوت معناداری داشته است (p<۰/۰۰۱). نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که سطوح NF-kBp65 در گروه‌های تمرین+سبوس برنج، تمرین و سبوس برنج نسبت به گروه کنترل به صورت معناداری کاهش یافته است (p<۰/۰۰۱) (شکل۱). علاوه بر این، افزایش معنادار سطوح سرمی ABCA1 در گروه تمرین+سبوس برنج (p=۰/۰۵)، تمرین (p=۰/۰۳۰) و سبوس برنج (p=۰/۰۰۸) نسبت به گروه کنترل مشاهده شد. باوجود این، تغییرات سطوح گردش خون NF-kBp65 و ABCA1 بین سایر گروه‌های پژوهش تفاوت معناداری را از نظر آماری نشان نداد (p>۰/۰۵) (شکل۲).



شکل۲: سطوح ABCA1 در گروه‌های مختلف پژوهش. * نشانه افزایش معنادار نسبت به گروه کنترل.

بحث و نتیجه گیری

یافته اصلی مطالعه حاضر این بود که هر سه مداخله (مکمل، تمرین، تمرین+مکمل)، کاهش معنادار NF-kBp65 را نسبت به گروه کنترل به همراه داشته‌اند، هرچند که تغییرات NF-kBp65 بین گروه‌های مختلف مداخله نسبت به یکدیگر معنادار نبود. به نظر می‌رسد که اغلب بیماری‌های مزمن ناشی از عوامل سبک زندگی، با التهاب مرتبط هستند. التهاب به صورت مکانیکی فعال می‌شود و NF-κB یک میانجی مهم است (Kunnumakkara et al. 2020). فعال‌سازی NF-κB توسط طیف وسیعی از عوامل از قبیل استرس، سیگار کشیدن، ویروس، باکتری، محرک التهابی، سایتوکاین‌ها، رادیکال‌های آزاد و کارسینوژن‌ها تحریک می‌شود. هنگام فعال شدن، NF-κB می‌تواند بیان حدود ٤٠٠ ژن را تنظیم کند که عبارتند از آنزیم‌ها، سایتوکاین‌ها (IL-1، TNF-α، IL-6، IL-8 و کموکاین‌ها)، مولکول‌های چسبان، مولکول‌های تنظیم کننده چرخه سلول، پروتئین‌های سلولی و عوامل آنژیوژنیک. بر همین اساس، عنوان شده است که NF-κB با انواع مختلفی از

بیماری‌های انسان از قبیل آسم، آترواسکلروز، دیابت، آلزایمر و سرطان مرتبط است (Serasanambati et al., 2016).

NF-κBبه ویژه زیرواحد NF-kBp65 نقش مهمی در بروز مقاومت به انسولین و دیابت نوع ۲ ناشی از چاقی و رژیم‌های پرچرب دارد و از این رو به عنوان یک هدف بالقوه درمانی برای بهبود حساسیت انسولین معرفی شده است (Shoelson et al., 2003). یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که تمرین ورزشی به عنوان یک مداخله غیردارویی مؤثر می‌تواند به تنظیم کاهشی NF-kBp65 منجر شود. اگرچه شواهد موجود در این زمینه محدود است، اما نتایج پژوهش‌های پیشین نیز کاهش معنادار بیان NF-kBp65 در سلول‌های تک‌هسته‌ای و سطوح گردش خون پس از ۱۲ هفته تمرین ترکیبی را در بیماران دیابتی نوع ۲ گزارش کرده‌اند (Liu et al., 2015). علاوه بر این، سطح پایه NF-kBp65 در این بیماران بالاتر از افراد سالم است که بیانگر نقش پاتوژنیک NF-κB در دیابت و اختلالات متابولیکی مرتبط می‌باشد (Patel et al., 2009). به طور کلی، یافته‌های این مطالعه با شواهد پیشین مبنی بر ارتباط NF-κB با پاتوژنز دیابت و التهاب سیستمیک همسو است.

مطالعات انسانی و حیوانی نشان داده‌اند که کاهش NF-kBp65 در بافت چربی می‌تواند یکی از دلایل کاهش سطوح گردش خون آن پس از تمرین ورزشی باشد. لیرا و همکاران گزارش کردند که ۱۱ هفته تمرین هوازی بیان NF-kBp65 در بافت چربی را کاهش داده است، در حالی‌که بیش‌تمرینی منجر به افزایش آن همراه با افزایش IL-6 شده است (Lira et al., 2010). همچنین، کاهش NF-kBp65 در مطالعه حاضر با کاهش درصد چربی بدن همسو بود. شواهد حیوانی نیز نشان داده‌اند که مهار NF-kBp65 با راپامایسین می‌تواند تمایز آدیپوسیت را متوقف کرده و تجمع چربی ناشی از رژیم پرچرب را کاهش دهد (Ray et ah., 2014). از سوی دیگر، پاسخ بافت‌های مختلف چربی به ورزش متفاوت است؛ به‌طوری‌که روسا و همکاران تغییرات متناقضی را در بافت‌های مزانتریک و پشت‌مغبنی به دلیل تفاوت در تعداد ماکروفاژها و ظرفیت ترشحی آنها گزارش کردند (Rosa et al., 2011). در مجموع، کاهش NF-kBp65 می‌تواند از طریق مهار مسیرهای پایین‌دستی شامل TNF-α ، IL-1، IL-6و IL-8 در کاهش التهاب سیستمیک نقش داشته و یکی از مکانیسم‌های احتمالی اثرات ضدالتهابی تمرین ورزشی باشد (Thoma et al.,2018, Adaikalakoteswari et al., 2007).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین، مصرف سبوس برنج و ترکیب این دو مداخله منجر به افزایش معنادار سطوح ABCA1 گردید، هرچند تفاوت چشمگیری میان گروه‌های تجربی مشاهده نشد. ABCA1 پروتئینی غشایی است که در کبد، بافت چربی، دستگاه گوارش و ماکروفاژها بیان می‌شود و در نخستین گام انتقال معکوس کلسترول با اتصال به Apo-AI و Apo-E ، به تشکیل HDL کمک می‌کند(Ye Z, (Lu Yet al.,2020)(Hasan et al., 2019)(Ghaznavi et al., 2018). شواهد نشان می‌دهد که افراد چاق یا دارای اضافه‌وزن سطح بیان و پروتئین ABCA1 پایین‌تری نسبت به افراد سالم دارند که این موضوع با کاهش آدیپونکتین مرتبط است (Xu M et al., 2009). با توجه به اینکه تمرین ورزشی قادر به افزایش آدیپونکتین است (Simpsonet al., (2008)، این عامل می‌تواند یکی از دلایل افزایش ABCA1 در پاسخ به تمرین باشد. همچنین، مطالعات انسانی و حیوانی تأیید کرده‌اند که چه فعالیت حاد (Tayebiet al., 2019) و چه دوره‌های طولانی تمرین (Rashidlamir et al., 2011) می‌تواند بیان ABCA1 را افزایش دهد. بوتچر و همکاران نشان دادند که تمرین هوازی کم‌شدت طی هشت هفته، سطح ABCA1 را در لکوسیت‌ها بالا برده و به بهبود نیمرخ لیپیدی منجر شده است (Butcher et al., 2008). این اثر با فعال‌سازی مسیرهایی نظیر افزایشoxLDL ، تحریک CD36 و فعال‌سازی PPARγ و LXRα رخ می‌دهد که نهایتاً موجب افزایش HDL می‌شود (Butcher et al., 2008).

یافته‌های دیگر پژوهش‌ها نیز نشان داده‌اند که تمرینات هوازی و بی‌هوازی هر دو می‌توانند بیان ABCA1 و همزمان بهبود نیمرخ لیپیدی را القا کنند. به‌طور مثال، تمرین هوازی ۱۲ هفته‌ای در زنان دارای اضافه‌وزن موجب افزایشABCA1 ، کاهش کلسترول، تری‌گلیسیرید و LDL و افزایش HDL همراه با بالا رفتن-Apo A1شد (Tofighi et al., 2015). به همین ترتیب، رشیدلمیر و همکاران افزایش ABCA1 در لنفوسیت‌های کشتی‌گیران را بعد از هشت هفته تمرین بی‌هوازی گزارش کردند که با بهبود پروفایل لیپیدی همراه بود (Rashidlamir et al., 2011). فعال‌سازی PPARγ و LXRα به‌عنوان مسیرهای اصلی در تنظیم افزایشی ABCA1 معرفی شده‌اند (Jessup et al., 2006)(Tsubakio-Yamamoto et al., 2008). نتایج مطالعه حاضر نیز نشان داد که تمرین و مکمل سبوس برنج همزمان می‌توانند اثرات بیشتری بر کاهش کلسترول، تری‌گلیسیرید، VLDLو افزایش HDL نسبت به مداخلات منفرد داشته باشند. بهبود نیمرخ لیپیدی با تمرین

ورزشی علاوه بر افزایش ABCA1، به مکانیسم‌هایی نظیر افزایش فعالیت LPL (Mann et al., 2014)، افزایش LCAT (Michel L. 2006) و کاهش ترشح VLDL از کبد (Marinangeli et al., 2006) نسبت داده می‌شود. همچنین شواهد حاکی از آن است که تمرین هوازی در مقایسه با تمرین مقاومتی اثر بیشتری بر بهبود پروفایل لیپیدی دارد که علت آن مصرف انرژی بالاتر و تعدیل فعالیت لیپاز کبدی، بهبود اکسایش اسیدهای چرب و افزایش ظرفیت میتوکندریایی است (Gordon et al., 2014).

یافته دیگر مطالعه حاضر نشان داد که مصرف سبوس برنج به تنهایی نیز با کاهش معنادار سطوح NF-kBp65، افزایش ABCA1 و بهبود نیمرخ لیپیدی همراه بوده است. برنج یکی از غلات اصلی مصرفی در جهان است و سبوس برنج به عنوان محصول جانبی فرآیند آسیاب، به دلیل نقش‌های سلامت‌بخش خود از جمله تعدیل عوامل خطر دیابت نوع ۲ و بیماری‌های قلبی–عروقی مورد توجه قرار گرفته است (Saji et al.,2019). مطالعات پیشین اثرات گسترده سبوس برنج از جمله کاهش لیپید، خاصیت آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی و ضدیبوست را گزارش کرده‌اند (Nagendra Prasad et al., 2011). علاوه بر این، خواص ضدالتهابی سبوس برنج نیز به‌خوبی اثبات شده است؛ به‌طوری‌که کاهش بیان IL-6، TNF-α و MCP-1 در بافت چربی رت‌های تغذیه‌شده با رژیم پرچرب گزارش گردیده و این تغییرات با بهبود مقاومت به انسولین و کاهش خطر سندرم متابولیک همراه بوده است (Boonloh et al., 2015)(Candiracci et al., 2014). برخی محققان این اثرات را به تنظیم سایتوکاین‌های مشتق از ماکروفاژها و کاهش اندازه آدیپوسیت‌ها نسبت داده‌اند (Candiracci et al., 2014). همچنین تغییر فنوتیپ ماکروفاژها از حالت التهابی (M1) به ضدالتهابی (M2) به‌عنوان مکانیسم دیگری در اثرات ضدالتهابی سبوس برنج در چاقی مطرح شده است (Park et al., 2021).

یکی از سازوکارهای مهم در اثرات ضدالتهابی سبوس برنج، تعدیل مسیر NF-κB است. شن[1] و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که گاما توکوترینول[2] مشتق از سبوس برنج از طریق مهار فسفوریلاسیون مسیرهای JNK و ERK1/2و کاهش انتقال NF-kBp65 از سیتوزول به هسته، بیان سایتوکاین‌های التهابی از جمله IL-6 و TNF-α را مهار می‌کند (Shen et al., 2018). این یافته‌ها نشان می‌دهد که سبوس برنج می‌تواند به‌طور مستقیم مسیرهای التهابی را تحت تأثیر قرار دهد. با وجود شواهد مثبت، مطالعات محدودی به بررسی اثرات

[1]. Shen
[2]. Tocotrienol

همزمان تمرین ورزشی و مصرف سبوس برنج پرداخته‌اند. در یک پژوهش روی سالمندان، ۱۲ هفته تمرین مقاومتی و مصرف سبوس برنج به‌طور جداگانه و ترکیبی باعث کاهش التهاب سیستمیک شامل IL-6 ، CRPو TNF-αشدند، هرچند اثرات ترکیبی قوی‌تر از مداخلات منفرد بود (annon et al., 2019). ناهمخوانی این یافته‌ها با مطالعه حاضر می‌تواند ناشی از تفاوت در مدت مداخله، ویژگی آزمودنی‌ها و نوع شاخص‌های التهابی بررسی‌شده باشد. در مجموع، این شواهد تأیید می‌کنند که سبوس برنج چه به‌تنهایی و چه همراه با تمرین ورزشی می‌تواند به‌عنوان یک عامل تعدیل‌کننده التهاب عمل کند.

در پژوهشی دیگر، محققان همسو با نتایج حاضر عنوان کردند که علی‌رغم تاثیرات ضدالتهابی (کاهش میزان بیان ژن‌های TLR-4، IL-6 و TNF-α) تمرین هوازی و مصرف عصاره سبوس برنج به تنهایی طی یک دوره چهار هفته‌ای در بافت چربی رت‌های چاق، این دو مداخله در ترکیب با یکدیگر نتوانسته‌اند که تاثیر سینرژیک داشته باشند و کاهش بیان این ژن‌های التهابی در گروه تمرین+سبوس برنج نسبت به گروه تمرین و سبوس برنج معنادار نبود. باوجود این، محققان عنوان کردند که مصرف سبوس برنج می‌تواند یک مداخله موثر ضدچاقی باشد (Moazamigoodarzi et al., 2023). باتوجه به اینکه خود چاقی به عنوان یک وضعیت التهابی شناخته شده است و چاقی و افزایش توده چربی نقش قابل توجهی در تشدید التهاب دارد (Moazamigoodarzi et al., 2023)، شاید بتوان تاثیرات ضدالتهابی سبوس برنج را به نقش ضدچاقی سبوس برنج نسبت داد که این تاثیرات ضدچاقی در مطالعات قبلی نیز مورد تایید قرار گرفته است (Sivamaruthi et al., 2023).

سبوس برنج می‌تواند موجب کاهش تجمع التهاب و کلسترول در موش‌های مدل آترواسکلروز شود که مکانیسم اصلی آن این است که سبوس برنج موجب مهار فعال‌سازی مسیر پیام‌رسانی TLR4/MyD88/NF-κB و تنظیم افزایشی بیان ژن‌های مرتبط با اثرگذاری کلسترول از قبیل PPARγ/LXRα/ABCA1/ABCG1 می‌شود و از این رو، موجب بازسازی تعادل کلسترول می‌گردد (Mu et al., 2024). مطالعات دیگر نیز نشان داده‌اند که چاقی ناشی از رژیم پرچرب موجب کاهش ABCA1 در کبد می‌شود، در حالی‌که مصرف سبوس برنج طی ٦٠ روز بیان ABCA1 را افزایش و بیان Apo-B را کاهش داده و به این ترتیب نیمرخ لیپیدی را بهبود می‌بخشد (Chithra et al., 2015). همچنین، نقش γ-oryzanol به عنوان ترکیب فعال اصلی سبوس برنج در

جلوگیری از تجمع لیپید در کبد و بهبود پروفایل لیپیدی گزارش شده است (Yang et al., 2019). یکی از سازوکارهای دیگر اثرگذاری سبوس برنج مهار آنزیم HMG-CoA ردوکتاز است که در سنتز کلسترول نقش محدودکننده سرعت دارد و کاهش آن می‌تواند به کاهش سطوح کلسترول منجر شود (Yang et al., 2019). در همین راستا، یافته‌ها نشان داده‌اند که تمرین هوازی، مصرف سبوس برنج و ترکیب این دو مداخله طی چهار هفته، سطوح HMG-CoA ردوکتاز را در رت‌های چاق کاهش داده‌اند (Maleki et al., 2024). با وجود این شواهد، به دلیل محدود بودن مطالعات موجود در زمینه اثرات همزمان تمرین ورزشی و سبوس برنج، نمی‌توان جمع‌بندی دقیقی از سازوکار اثرگذاری ترکیبی آنها داشت و بررسی این موضوع نیازمند پژوهش‌های بیشتر است.

نتیجه‌گیری کلی

مطالعه حاضر نشان داد که مصرف سبوس برنج، تمرین هوازی پیشرونده و ترکیب آنها به مدت هشت هفته می‌تواند نقش مهمی در کاهش NF-kBp65 به عنوان یک نشانگر التهابی داشته باشد و تاثیرات مثبت مداخلات ذکر شده در بهبود نشانگرهای متابولیسم لیپید (ABCA1 و نیمرخ لیپیدی) مشاهده گردید. بر اساس نتایج حاضر، می‌توان ادعا کرد که مصرف سبوس برنج به همراه تمرین هوازی پیشرونده می‌تواند نقش این تمرینات در بهبود نیمرخ لیپیدی را به صورت معناداری افزایش دهد و اثر سینرژیک داشته باشد. این تاثیر سینرژیک تمرین و سبوس برنج در بهبود نیمرخ لیپیدی مستقل از تغییرات در سطوح NF-kBp65 و ABCA1 اعمال می‌شود و احتمالاً سازوکارهای دیگری در آن نقش دارند که شناسایی آنها مستلزم مطالعات بیشتر است.

تعارض منافع

هیچگونه تضاد منافعی برای نویسندگان این مقاله وجود ندارد.

حمایت مالی

مقاله‌ی حاضر برگرفته از رساله‌ی دکتری و بدون حمایت مالی انجام شده است.

References

Adaikalakoteswari, A., Rema, M., Mohan, V., & Balasubramanyam, M. (2007). Oxidative DNA damage and augmentation of poly (ADP-ribose) polymerase/nuclear factor-kappa B signaling in patients with type 2 diabetes and microangiopathy. The international journal of biochemistry & cell biology, 39(9):1673-84.

Ağar, M,, Güngör, K., Güngör, N., Kavrut, M., & MADENLP, A. (2022). Vitamin D supplementation inhibits NF-kB signaling pathway in lean and obese women. European review for medical and pharmacological sciences ,26:3973-7.

Annon, J., Micalos, P., Pak, S. (2019).A study protocol to evaluate a fermented rice bran supplement and resistance training on immune function and muscle performance in healthy older people. Journal of Science and Medicine in Sport,22:S79.

Babashamsi, M.M., Koukhaloo, S.Z., Halalkhor, S,, Salimi, A., & Babashamsi, M. (2019). ABCA1 and metabolic syndrome; a review of the ABCA1 role in HDL-VLDL production, insulin-glucose homeostasis, inflammation and obesity. Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews, 13(2):1529-34.

Boonloh, K., Kukongviriyapan, V., Kongyingyoes, B., Kukongviriyapan, U., Thawornchinsombut, S., & Pannangpetch, P.(2015). Rice bran protein hydrolysates improve insulin resistance and decrease pro-inflammatory cytokine gene expression in rats fed a high carbohydrate-high fat diet. Nutrients, 7(8):6313-29.

Butcher, L.R., Thomas, A., Backx, K., Roberts, A., Webb, R., & Morris, K. (2008). Low-intensity exercise exerts beneficial effects on plasma lipids via PPARγ. Medicine & Science in Sports & Exercise, 40(7):1263-70.

Candiracci, M., Justo, M.L., Castano, A., Rodriguez-Rodriguez, R., & Herrera, M.D. (2014). Rice bran enzymatic extract–supplemented diets modulate adipose tissue inflammation markers in Zucker rats. Nutrition,30(4):466-72.

Chithra, P.K., Sindhu, G., Shalini, V., Parvathy, R., Jayalekshmy, A., & Helen, A. (2015). Dietary Njavara rice bran oil reduces experimentally induced hypercholesterolaemia by regulating genes involved in lipid metabolism. British Journal of Nutrition,113(8):1207-19.

Choe, E.K., Shivakumar, M., Lee, S.M., Verma, A., & Kim, D. (2022).Dissecting the clinical relevance of polygenic risk score for obesity—a cross-sectional, longitudinal analysis. International Journal of Obesity, 2022;46(9):1686-93.

De Heredia, F.P., Gómez-Martínez, S., & Marcos, A. (2012). Obesity, inflammation and the immune system. Proceedings of the Nutrition Society, 71(2):332-8.

Dolzhenko, A., Richter, T., & Sagalovsky, S. (2015). Role of nuclear factor (NF)-kB protein in atherosclerosis and diabetes: a potential therapeutic target. Problems of Endocrine Pathology, 54(4):87-104.

Ferrante, Jr. A. (2007). Obesity-induced inflammation: a metabolic dialogue in the language of inflammation. Journal of internal medicine,262(4):408-14.

Ghaznavi H., Aali, E., & Soltanpour. M.S. (2018). Association study of the ATP-binding cassette transporter A1 (ABCA1) Rs2230806 genetic variation with lipid profile and coronary artery disease risk in an Iranian population. Open access Macedonian journal of medical sciences,6(2):274.

Ghorbanian, B., Ravassi, A., Kordi, M.R., & Hedayati, M. (2013).The effects of rope training on lymphocyte ABCA1 expression, plasma ApoA-I and HDL-c in boy adolescents. International journal of endocrinology and metabolism.11(2):76.

Goossens, GH. (2008). The role of adipose tissue dysfunction in the pathogenesis of obesity-related insulin resistance. Physiology & behavior, 94(2):206-18.

Gordon, B., Chen, S., & Durstine, J.L.(2014). The effects of exercise training on the traditional lipid profile and beyond. Current sports medicine reports,13(4):253-9.

Goyal A, Nimmakayala KR, & Zonszein J. (2014). Is there a paradox in obesity? Cardiology in review, 22(4):163-70.

Hasan, M.M., Hosen, M.B., Rahman, M.M., Howlader, M.Z.H., & Kabir, Y. (2019). Association of ATP binding cassette transporter 1 (ABCA 1) gene polymorphism with type 2 diabetes mellitus (T2DM) in Bangladeshi population. Gene, 688:151-4.

Jacobo-Albavera, L., Domínguez-Pérez, M., Medina-Leyte, D.J., González-Garrido, A., & Villarreal-Molina, T. (2021). The role of the ATP-binding cassette A1 (ABCA1) in human disease. International journal of molecular sciences,22(4):1593.

Jessup, W., Gelissen, I.C., Gaus, K., & Kritharides, L. (2006). Roles of ATP binding cassette transporters A1 and G1, scavenger receptor BI and membrane lipid domains in cholesterol export from macrophages. Current opinion in lipidology,17(3):247-57.

Knapik, D., Young, N., Blazek, A., Wu, L-C., Eubank, T., Jarjour, W., et al. (2013). Exercise antagonizes local and systemic inflammation via suppression of NF-κB activation. Osteoarthritis and Cartilage, 21:S61-S2.

Kunnumakkara, A.B., Shabnam, B., Girisa, S., Harsha, C., Banik, K., Devi, T.B., et al. (2020). Inflammation, NF-κB, and chronic diseases: how are they linked? Critical Reviews™ in Immunology,40(1).

Kurtys, E., Eisel, U.L., Hageman, R.J., Verkuyl, J.M., Broersen, L.M., Dierckx, R.A., et al. (2018). Anti-inflammatory effects of rice bran components. Nutrition reviews,76(5):372-9.

Lira, F.S., Rosa, J.C., Pimentel, G.D., Tarini, V.A., Arida, R.M., Faloppa, F., et al. (2010). Inflammation and adipose tissue: effects of progressive load training in rats. Lipids in Health and Disease,9:1-10.

Liu, Y., Liu, S-x., Cai, Y., Xie, K-l., Zhang, W-l., & Zheng, F. (2015). Effects of combined aerobic and resistance training on the glycolipid metabolism and inflammation levels in type 2 diabetes mellitus. Journal of physical therapy science, 27(7):2365-71.

Liu, Y., Tang, C. (2012). Regulation of ABCA1 functions by signaling pathways. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids,1821(3):522-9.

Maleki, S., Azarbayjani, M.A., Malayeri, S.R., Peeri, M., & Ahmadabad, S.R. (2024). The effect of aerobic exercise and ethanolic extract of rice bran on the expression of Acetyl-CoA Carboxylase and HMGCR genes in the liver tissue of rats fed with a high-fat diet. Health Nexus,2(3):89-100.

Mann, S., Beedie, C., & Jimenez, A. (2014). Differential effects of aerobic exercise, resistance training and combined exercise modalities on cholesterol and the lipid profile: review, synthesis and recommendations. Sports medicine,44:211-21.

Marinangeli, C.P., Varady, K.A., & Jones, P.J. (2006). Plant sterols combined with exercise for the treatment of hypercholesterolemia: overview of independent and synergistic mechanisms of action. The Journal of nutritional biochemistry,17(4):217-24.

Michel, L. (2006). Blood lipid responses after continuous and accumulated aerobic exercise. Sport J,245:29-54.

Moazamigoodarzi, M., Gholamrezaei, Darsara, S.,Azarbayjani, M.A., & Elmiye, A. (2023). The Simultaneous Effect of Aerobic Exercise and Rice Bran Extract Consumption on Inflammatory Genes Expression in White Adipose Tissue of Obese Female Rats. Journal of Sport Biosciences, 15(4):5-20.

Mu, J., Lin, Q., Chen, Y., Wang, J., Yu, X., Huang, F., et al. (2024).Rice bran active peptide (RBAP) inhibited macrophage differentiation to foam cell and atherosclerosis in mice via regulating cholesterol efflux. Phytomedicine,132:155864.

Nagendra, Prasad, M., Sanjay, K., Shravya, Khatokar, M., Vismaya, M., Nanjunda, & Swamy, S. (2011). Health benefits of rice bran-a review. J Nutr Food Sci,1(3):1-7.

Park, H., Yu S., & Kim, W. (2021). Rice bran oil attenuates chronic inflammation by inducing m2 macrophage switching in high-fat diet-fed obese mice. Foods,10(2):359.

Patel, S., Santani, D. (2009). Role of NF-κB in the pathogenesis of diabetes and its associated complications. Pharmacological reports,61(4):595-603.

Petersen, A.M.W., Pedersen, B.K. (2005). The anti-inflammatory effect of exercise. Journal of applied physiology,98(4):1154-62.

Rashidlamir, A., Saadatnia, A., Ebrahimi-Atri, A., & Delphan, M. (2011). Effect of eight weeks of wrestling and circuit fitness training on APO lipoprotein AI and lymphocyte ABCA1 gene expression in well-trained wrestlers. International Journal of Wrestling Science,1(2):48-53.

Ray, P.D., Maclellan, R.A., He, J., Liu, Z., & Wu, J. (2014). Downregulation of RelA (p65) by rapamycin inhibits murine adipocyte differentiation and reduces fat mass of C57BL/6J mice despite high fat diet. International Scholarly Research Notices, (1):540582.

Rosa, J.C., Lira, F.S., Eguchi, R., Pimentel, G.D., Venâncio, D.P., Cunha, C.A., et al. (2011). Exhaustive exercise increases inflammatory response via toll like receptor-4 and NF-κBp65 pathway in rat adipose tissue. Journal of Cellular Physiology,226(6):1604-7.

Saji, N., Francis, N., Schwarz, L.J., Blanchard, C.L., & Santhakumar, A.B. (2020). The antioxidant and anti-inflammatory properties of rice bran phenolic extracts. Foods,9(6):829.

Saji, N., Francis, N., Schwarz, L.J., Blanchard, C.L., & Santhakumar, A.B. (2019) .Rice bran derived bioactive compounds modulate risk factors of cardiovascular disease and type 2 diabetes mellitus: An updated review. Nutrients,11(11):2736.

Seesen, M., Semmarath, W., Yodkeeree, S., Sapbamrer, R., Ayood, P., Malasao, R., et al. (2020). Combined black rice germ, bran supplement and exercise intervention modulate aging biomarkers and improve physical performance and lower-body muscle strength parameters in aging population. International Journal of Environmental Research and Public Health,17(8):2931.

Serasanambati, M., Chilakapati, S.R. (2016). Function of nuclear factor kappa B (NF-kB) in human diseases-a review. South Indian Journal of Biological Sciences,2(4):368-87.

Shehzad, A., Ha, T., Subhan, F., & Lee, Y.S. (2011). New mechanisms and the anti-inflammatory role of curcumin in obesity and obesity-related metabolic diseases. European journal of nutrition, 50:151-61.

Shen, J., Yang, T., Xu, Y., Luo, Y., Zhong, X., Shi, L., et al. (2018). δ-Tocotrienol, isolated from rice bran, exerts an anti-inflammatory effect via MAPKs and PPARs signaling pathways in lipopolysaccharide-stimulated macrophages. International journal of molecular sciences,19(10):3022.

Shoelson, S.E., Lee J., & Yuan, M. (2003). Inflammation and the IKKβ/IκB/NF-κB axis in obesity-and diet-induced insulin resistance. International journal of obesity,27(3):S49-S52.

Simpson, K.A., Singh, M.A.F. (2008). Effects of exercise on adiponectin: a systematic review. Obesity,16(2):241-56.

Sivamaruthi, B.S., Alagarsamy, K., Thangaleela, S., Bharathi, M., Kesika, P., & Chaiyasut, C. (2023). Composition, microbiota, mechanisms, and anti-obesity properties of Rice bran. Foods,12(6):1300.

Tayebi, S.M., Khademosharie, M., Parsa, T.A., Abaszadegan, M., Saeidi, A., & Nenasheva, A. (2019). The acute effect of running exercise on liver abca1 gene expression in male Wistar rats. Человек Спорт Медицина,19(S1):43-9.

Tazakori, Z., Dehghan, M., Iranparvar, M., Zare, M., Foladi, N., & Mohmmadi, R. (2007). Effect of rice bran powder on blood glucose levels and serum lipid parameters in diabetes patient II. Research Journal of Biological sciences,2(3):252-255.

Thoma, A., Lightfoot, A.P. (2018). NF-kB and inflammatory cytokine signalling: role in skeletal muscle atrophy. Muscle Atrophy,267-79.

Tofighi, A., Rahmani, F., Qarakhanlou, B.J., & Babaei, S. (2015).The effect of regular aerobic exercise on reverse cholesterol transport A1 and apo lipoprotein aI gene expression in inactive women. Iranian Red Crescent Medical Journal,17(4).

Tsubakio-Yamamoto, K., Matsuura, F., Koseki, M., Oku, H., Sandoval, J.C., Inagaki, M., et al. (2008). Adiponectin prevents atherosclerosis by increasing cholesterol efflux from macrophages. Biochemical and biophysical research communications, 375(3):390-4.

Vincent, V., Thakkar, H., Aggarwal, S., Mridha, A.R., Ramakrishnan, L., & Singh, A. (2019). ATP-binding cassette transporter A1 (ABCA1) expression in adipose tissue and its modulation with insulin resistance in obesity. Diabetes, metabolic syndrome and obesity: targets and therapy,275-84.

Xu, M., Zhou, H., Wang, J., Li, C., & Yu, Y. (2009). The expression of ATP-binding cassette transporter A1 in Chinese overweight and obese patients. International journal of obesity, 33(8):851-6.

Yang, S-C., Huang, W-C., Ng, X.E., Lee, M-C., Hsu, Y-J., Huang, C-C., et al. (2019). Rice bran reduces weight gain and modulates lipid metabolism in rats with high-energy-diet-induced obesity. Nutrients,11(9):2033.

Ye, Z., Lu, Y., & Wu, T. (2020). The impact of ATP-binding cassette transporters on metabolic diseases. Nutrition & Metabolism,17(1):61.

Zhao, G-J., Tang, S-L., & Lv, Y-C. (2013).Ouyang X-P, He P-P, Yao F, et al. Antagonism of betulinic acid on LPS-mediated inhibition of ABCA1 and cholesterol efflux through inhibiting nuclear factor-kappaB signaling pathway and miR-33 expression. PloS one,8(9):e74782.