



Research Article

Effect of Eight Weeks of Concurrent Training with Omega-3 Supplementation on Physical Fitness Indicators and Liver Enzymes in Elderly Women

Nahid Taheri¹ , Amir Hossein Haghighi^{2*} , Roya Askari³ , Hadi Shahrabadi⁴

1. MSc Student of Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
2. Professor of Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
3. Associate Professor of Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
4. Ph.D in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

* **Corresponding author:** Amir Hossein Haghighi, PhD. Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran. Email: ah.haghighi@hsu.ac.ir

DOI: [10.32592/cmja.15.1.12](https://doi.org/10.32592/cmja.15.1.12)

How to Cite this Article:

Taheri N, Haghighi AH, Askari R, Shahrabadi H. Effect of Eight Weeks of Concurrent Training with Omega-3 Supplementation on Physical Fitness Indicators and Liver Enzymes in Elderly Women. *Complement MedJ*. 2025;15(1): 12-23 DOI: [10.32592/cmja.15.1.12](https://doi.org/10.32592/cmja.15.1.12)

Received: 01 October 2024

Accepted: 07 April 2025

Keywords:

Aging
Exercise
Health
Omega-3
Physical fitness
© 2025 Arak University of Medical Sciences

Abstract

Introduction: Aging is associated with a decrease in physical function and changes in the function and structure of the liver. The present study aimed to investigate the effect of eight weeks of concurrent training with omega-3 supplementation on physical fitness indices and liver enzymes in elderly women.

Materials and Methods: This quasi-experimental study involved 48 women residing in a nursing home in Neyshabur, Iran, who were selected through purposive non-random sampling from a total of 90 participants. Then, they were randomly assigned (by drawing lots) to four groups: placebo, supplement, training, and supplement + training. The training consisted of eight weeks, three sessions per week, and each session lasted 50 to 70 minutes. The subjects in the supplement group consumed one gram of omega-3 capsules daily for eight weeks. The resistance training and aerobic training programs included performing exercise movements with a 2-kilogram medicine ball and rhythmic movements to music, respectively.

Results: After eight weeks of intervention, a significant improvement in body fat percentage, maximum oxygen consumption, upper and lower body strength, right and left hand grip strength, upper body explosive power, agility/dynamic balance, aspartate aminotransferase, and alanine aminotransferase was observed in the supplement+training and training groups ($P < 0.01$). No significant difference was observed between the supplement+training and training groups except for the indicators of body fat percentage and upper body strength ($P > 0.05$), and these two indicators improved more markedly in the supplement+training group than in the training group ($P < 0.01$).

Conclusion: It seems that concurrent training alone or along with omega-3 supplementation can improve the health of elderly women. Furthermore, taking omega-3 supplementation alone can enhance physical fitness and liver enzymes in this group of people.

INTRODUCTION

Aging is a complex process that leads to marked changes in all body systems and individual functions (Moradi-Kelardeh et al., 2020). Sarcopenia, which is characterized by an age-related decrease in skeletal muscle mass, strength, or physical performance, has emerged as a global social issue since it leads to frailty, restricted mobility, and increased mortality among older adults (Otsuka et al., 2022). One of the organs of the body that undergoes changes in its function and structure during this period is the liver, which is associated with a decrease in liver volume and a decrease in liver regeneration capacity. The high prevalence of non-alcoholic fatty liver disease in the elderly, which is accompanied by an increase in liver enzymes, such as aspartate aminotransferase (AST) and alanine transaminase (ALT), can be caused by the accumulation of fat in liver cells, inflammation, fibrosis, cirrhosis and carcinoma of liver cells (Moradi-Kelardeh et al., 2020). Omega-3 fatty acids are polyunsaturated fatty acids that increase the oxidation of fatty acids in the liver, adipose tissue, and skeletal muscles (Albracht-Schulte et al., 2018). In this regard, Li et al. (2015) acknowledged that six months of dietary intake of polyunsaturated fatty acids in individuals with non-alcoholic steatohepatitis, there was a reduction in AST and ALT enzyme levels, as well as an improvement in lipid profile indicators, such as total cholesterol, triglycerides, and low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C). Engagement in exercise training is recommended as a safe and effective way to prevent the rapid decrease in cardio-respiratory fitness and muscle strength associated with aging and can play an important role in maintaining health and physical performance while also slowing the advancement of chronic illnesses (Khalafi et al., 2022). Although extensive studies have been conducted regarding the use of omega-3 supplementation and concurrent training on improving the health of the elderly, most studies have examined the effects of these two interventions separately. In light of the aforementioned issues, the present study aimed to assess the effect of eight weeks of concurrent training with omega-3 supplementation on physical fitness indicators and liver enzymes in elderly women.

METHODS

The present research was conducted using a quasi-experimental design with a pre-test and post-test, involving three experimental groups and one placebo group. A total of 48 cases were selected by purposive non-random sampling from among 90 women aged 60-75 years from a nursing home in Neyshabur, Iran. All subjects completed the written consent form after being informed about the research objectives and methods. The subjects were randomly assigned to four groups of training (aerobic-resistance, n=12), supplement+training (aerobic-resistance and omega-3 supplementation, n=12), supplement

(omega-3 supplementation, n=12), and placebo (dextrose, n=12) after measuring anthropometric and body composition parameters, blood sampling for biochemical analysis (AST and ALT) and physical fitness tests (maximum oxygen consumption, upper and lower body strength, right and left hand grip strength, upper body explosive power and agility/dynamic balance). After the pre-test, the participants in the training groups (training and supplement+training) underwent concurrent aerobic-resistance training for eight weeks, while the non-training groups (supplement and placebo) continued with their daily and routine activities. The supplement groups (supplement+training and supplement) received 1 g/day of omega-3 capsules for eight weeks, and the placebo groups (training and placebo) received dextrose capsules. The resistance and aerobic training programs included performing exercises with a two-kilogram medicine ball and performing rhythmic movements accompanied by music, respectively. After eight weeks of intervention, the covariance test and Welch ANOVA were used to compare the measured variables among the four study groups. Bonferroni and Dunnett's T3 post hoc tests were also used to compare the differences between pairs of groups. All statistical calculations were performed using SPSS software (version 23).

RESULTS

After eight weeks of intervention, maximum oxygen consumption, upper and lower body strength, right and left hand grip strength, upper body explosive power and agility/dynamic balance increased significantly ($P<0.01$) in the supplement+ training and training groups; nonetheless, body fat percentage, AST, and ALT decreased significantly ($P<0.001$). Omega-3 supplementation alone was able to improve body fat percentage ($P<0.001$), upper ($P<0.001$) and lower ($P<0.001$) body strength, upper body explosive power ($P=0.028$), agility/dynamic balance ($P=0.029$), AST ($P<0.001$), and ALT ($P=0.004$) in the elderly. No significant difference was observed between the supplement+training and training groups except for body fat percentage ($P=0.001$) and upper body strength ($P=0.009$) so that these two indicators improved more markedly in the supplement+training group than in the training group.

CONCLUSION

As evidenced by the obtained results, coaches and health centers can use concurrent training alone or in conjunction with omega-3 supplementation to enhance the health of older adults, as both methods appear to improve physical fitness indicators and liver enzymes. Although the present study found that omega-3 supplementation, when combined with concurrent training, did not enhance most indicators compared to exercise alone, it was effective in improving body fat percentage, upper and lower body strength, upper body explosive power, agility/dynamic balance, as well as AST and ALT levels in older adults.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Ethics Committee of Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

(IR.HSU.REC.1398.023). The study protocol followed the latest version of the Declaration of Helsinki. Informed consent was obtained from the participants, and the confidentiality of their information was observed.

Funding

There is no funding support.

Authors Contributions

Authors contributed equally to the

conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgements

We appreciate all the participants who had the necessary cooperation on this study.



تأثیر هشت هفته تمرین همزمان همراه با مکمل امگا ۳ بر شاخص‌های آمادگی جسمانی و آنزیم‌های کبدی در زنان سالمند

ناهید طاهری^۱ ID، امیرحسین حقیقی^{۲*} ID، رؤیا عسکری^۳ ID، هادی شهرآبادی^۴ ID

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

۲. استاد فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

۳. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

۴. دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

* نویسنده مسئول: امیرحسین حقیقی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران. ایمیل: ah.haghighi@hsu.ac.ir

چکیده	تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۰
مقدمه: سالمندی با کاهش عملکرد جسمانی و تغییر در عملکرد و ساختار کبد همراه است. هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر هشت هفته تمرین همزمان همراه با مکمل امگا ۳ بر شاخص‌های آمادگی جسمانی و آنزیم‌های کبدی در زنان سالمند بود.	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۱۸
روش کار: در این مطالعه نیمه‌تجربی، ۴۸ زن ساکن در سرای سالمندان شهرستان نیشابور به‌صورت نمونه‌گیری غیرتصادفی هدفمند از بین نود نفر انتخاب شدند. سپس آن‌ها به‌طور تصادفی (قرعه‌کشی) در چهار گروه دارونما، مکمل، تمرین و مکمل + تمرین قرار گرفتند. تمرین شامل هشت هفته، سه جلسه در هفته و هر جلسه پنجاه تا هفتاد دقیقه بود. آزمودنی‌های گروه مکمل به مدت هشت هفته، روزانه یک گرم کپسول امگا ۳ را مصرف کردند. برنامه تمرین مقاومتی و تمرینات هوازی به‌ترتیب شامل اجرای حرکات ورزشی با توپ طبی دوکیلوگرمی و اجرای حرکات ریتمیک به همراه موسیقی بود. بعد از هشت هفته مداخله از آزمون کوواریانس و ولج (Welch ANOVA) برای مقایسه متغیرهای درصد چربی بدن، حداکثر اکسیژن مصرفی، قدرت بالا و پایین‌تنه، قدرت پنجه دست راست و چپ، قدرت انفجاری بالاتنه، چابکی / تعادل پویا، AST و ALT در بین چهار گروه مورد مطالعه استفاده شد. همچنین، برای مقایسه تفاوت بین جفت گروه‌ها، از آزمون تعقیبی بونفرونی و دانت تی ۳ استفاده شد.	واژگان کلیدی: سالمندی تمرین، امگا ۳ سلامت آمادگی جسمانی
یافته‌ها: پس از هشت هفته مداخله، بهبود معناداری در درصد چربی بدن، حداکثر اکسیژن مصرفی، قدرت بالا و پایین‌تنه، قدرت پنجه دست راست و چپ، قدرت انفجاری بالاتنه، چابکی / تعادل پویا، AST و ALT در گروه‌های مکمل + تمرین و تمرین مشاهده شد ($P < 0.01$). تفاوت معناداری بین دو گروه مکمل + تمرین و تمرین به‌جز در شاخص‌های درصد چربی بدن و قدرت بالاتنه مشاهده نشد ($P > 0.05$)؛ به‌طوری‌که این دو شاخص در گروه مکمل + تمرین بیشتر از گروه تمرین بهبود یافتند ($P < 0.01$).	تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی اراک محفوظ است.
نتیجه‌گیری: به‌نظر می‌رسد تمرین همزمان به‌تنهایی یا همراه با مکمل امگا ۳ می‌تواند سلامت زنان سالمند را بهبود بخشد. علاوه‌بر این، مصرف مکمل امگا ۳ می‌تواند به‌تنهایی باعث بهبود آمادگی جسمانی و آنزیم‌های کبدی در این گروه از افراد جامعه شود.	

مقدمه

سالمندی فرایند پیچیده‌ای است که منجر به تغییراتی در تمام سیستم‌های بدن و عملکردهای فرد می‌شود (۱). سارکوپنیا (Sarcopenia) که با کاهش مرتبط با سن در توده عضلات اسکلتی و قدرت یا عملکرد جسمانی (مانند توانایی راه رفتن، بلند شدن از روی صندلی و بالا رفتن از پله‌ها) مشخص می‌شود، تبدیل به مسئله‌ای اجتماعی در سراسر جهان شده است؛ زیرا سارکوپنیا باعث ایجاد ضعف، محدودیت حرکتی و مرگومیر در جمعیت سالمند می‌شود (۲). همچنین، توان عضلانی اهمیت بسیاری برای توسعه عملکرد جسمانی و انجام دادن فعالیت‌های روزمره دارد و این شاخص در دوره سالمندی نسبت به قدرت بیشینه کاهش بیشتری می‌یابد (۳). همچنین، مشخص شده است که در افراد سالم، آمادگی قلبی‌تنفسی با افزایش هر دهه سن، تقریباً ۳/۵ میلی‌لیتر در کیلوگرم در دقیقه کاهش می‌یابد و گفتنی است که با افزایش ۱ میلی‌لیتر در کیلوگرم در دقیقه حداکثر اکسیژن مصرفی، وقایع قلبی‌عروقی و مرگومیر به‌ترتیب به میزان ۲۱ درصد و ۱۳ درصد کاهش می‌یابد (۴). هر سال، از هر سه سالمند، تقریباً یک نفر سقوط جدی را تجربه می‌کند که یکی از عوامل افتادن در این افراد، اختلالات تعادل است که ناشی از سالمندی، داروها و بیماری‌ها (مانند بیماری‌های قلبی‌عروقی، متابولیک، اسکلتی-عضلانی، عصبی و گوش) است (۵). یکی از اندام‌های بدن که در این دوره دچار تغییر در عملکرد و ساختار می‌شود، کبد است که حجم کبد و ظرفیت بازسازی آن کاهش می‌یابد. شیوع بالای بیماری کبد چرب غیرالکلی در سالمندان، که با افزایش آنزیم‌های کبدی از جمله آسپارات آمینوترانسفراز (AST: Aspartate aminotransferas) و آلانین آمینوترانسفراز (ALT: Alanine aminotransferas) همراه است، ممکن است ناشی از تجمع چربی در سلول‌های کبد، التهاب، فیبروزیس (Fibrosis)، سیروزیس (Cirrhosis) و کارسینوم (Carcinoma) سلول‌های کبدی باشد (۱). در نتیجه، محققان باید به دنبال توسعه سلامت و افزایش توانایی زندگی مستقل در سالمندان باشند و راهبردهای مؤثری را برای مقابله با مشکلات مرتبط با سن یا به تأخیر انداختن آن‌ها محقق سازند.

اسیدهای چرب امگا ۳، اسیدهای چرب غیراشباع چندانگانه‌اند که معمولاً در روغن ماهی به‌عنوان اسید ایکوزاپنتانوئیک (Eicosapentaenoic acid) و اسید دوکوزاهگزانوئیک (Docosahexaenoic acid) یافت می‌شوند (۶). امگا ۳ باعث افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب در کبد، بافت چربی و ماهیچه‌های اسکلتی می‌شود و در نتیجه ذخیره چربی در این بافت‌ها را محدود می‌کند (۷). درباره تأثیر مکمل امگا ۳ بر آنزیم‌های کبد نظریات ضدونقیضی وجود دارد؛ به‌طوری‌که کانسائو (Cansação) و همکاران (۸) نشان دادند که مصرف مکمل امگا ۳ برای شش ماه باعث کاهش شاخص توده بدنی و آنزیم‌های AST و ALT در بیماران مبتلا به کبد چرب غیرالکلی نشده است، اما میزان ALP و فیبروزیس کبدی دچار کاهش شد. توبین (Tobin) و همکاران (۹) گزارش دادند که مصرف مکمل امگا ۳ در برابر روغن زیتون برای ۲۴ هفته باعث کاهش آنزیم‌های AST و ALT در بیماران مبتلا به کبد چرب غیرالکلی نشده است. این در حالی بود که مصرف روغن زیتون باعث کاهش آنزیم‌های AST و ALT شده بود؛ اما لی (Li) و همکاران (۱۰) اذعان کردند که شش ماه مصرف اسیدهای چرب غیراشباع چندانگانه در بیماران مبتلا به استئاتوهپاتیت (Steatohepatitis)

غیرالکلی باعث کاهش آنزیم‌های AST و ALT همراه با کاهش شاخص‌های پروفایل لیپیدی مانند کلسترول تام، تری‌گلیسرید و لیپوپروتئین با چگالی کم (LDL-C) شده است. تاکنون پژوهشگران درباره نقش اسیدهای چرب غیراشباع چندانگانه بر عملکرد جسمانی به اجماع نرسیده‌اند (۱۱، ۱۲). در این باره کرزیمینسکا-زیماسکو (Krzyżmińska-Siemaszo) و همکاران (۱۱) بیان کردند که مصرف دوازده هفته مکمل امگا ۳ باعث تغییر در ترکیب بدن، قدرت عضلانی و چابکی / تعادل پویا در سالمندان مبتلا به کاهش توده عضلانی نمی‌شود، اما در مطالعه ژبروسکا (Żebrowska) و همکاران (۱۲) بهبودی در حداکثر اکسیژن مصرفی و نیتریک اکساید (Nitric oxide) سرم بر اثر سه هفته مصرف مکمل امگا ۳ در ورزش کارانی که تمرینات استقامتی انجام می‌دادند، مشاهده شد.

تمرینات ورزشی به‌عنوان روشی ایمن و مؤثر برای پیشگیری از کاهش سریع آمادگی قلبی‌تنفسی و قدرت عضلانی با افزایش سن توصیه می‌شود و می‌تواند نقش مهمی در حفظ سلامت و عملکرد جسمانی و همچنین محدود کردن پیشرفت بیماری‌های مزمن داشته باشد (۱۳). در این میان، تمرین هوازی بیشتر در توسعه آمادگی قلبی‌تنفسی و تمرین مقاومتی بیشتر در گسترش قدرت عضلانی نقش دارد (۱۴). اگرچه آثار مفید تمرین هوازی و مقاومتی برای سالمندان به‌خوبی ثابت شده است، ترکیب این دو روش تمرینی، که به‌عنوان تمرین همزمان توصیف می‌شود، در مقایسه با هر دو روش تمرینی مزایای بیشتری دارد (۱۳). اکثر مطالعات نشان دادند که انجام دادن فعالیت‌های جسمانی بدون مصرف مکمل به‌ویژه تمرین همزمان باعث بهبود در درصد چربی بدن (۱۵، ۱۶)، حداکثر اکسیژن مصرفی (۱۶-۱۸)، قدرت عضلانی (۱۵، ۱۶، ۱۸، ۱۹)، چابکی / تعادل پویا (۱۸، ۱۹) و آنزیم‌های کبدی (۲۰) در سالمندان سالم و بیمار می‌شود.

اگرچه درباره مصرف مکمل امگا ۳ و همچنین آثار مثبت تمرین همزمان بر بهبود سلامت سالمندان مطالعات گسترده‌ای انجام شده است (۸-۱۲، ۱۵-۲۰) بیشتر مطالعات تأثیر تمرین همزمان و مصرف مکمل امگا ۳ را به‌طور جداگانه بررسی کرده‌اند. هنوز سازگاری‌ها و آثار مثبت تمرین همزمان همراه با مکمل یاری امگا ۳ در سالمندان به‌طور دقیق درک نشده است. در نتیجه، مزیت این مطالعه بررسی همزمان این دو مداخله بود. از سوی دیگر، شیوع بالای بی‌حرکتی زنان سالمند در ایران (۲۱) یکی از علت‌های اصلی انتخاب این گروه از افراد جامعه برای این تحقیق بود. بنابراین، هدف از این مطالعه، بررسی اثر هشت هفته تمرین همزمان همراه با مکمل امگا ۳ بر شاخص‌های آمادگی جسمانی و آنزیم‌های کبدی در زنان سالمند بود. محققان این مطالعه فرض می‌کنند که تمرین همزمان همراه با مکمل امگا ۳ تأثیر مضاعفی بر بهبود سلامت زنان سالمند دارد.

روش کار

نمونه‌های پژوهش

این تحقیق به‌صورت نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون در سه گروه تجربی و یک گروه دارونما انجام شد. حجم نمونه این تحقیق براساس مطالعه مرادی کلارده و همکاران (۱) با اندازه اثر ۰/۴۶ در شاخص AST، توان آماری ۰/۸۵ و سطح معناداری ۰/۰۵، ۴۸ نفر تخمین زده شد. بدین منظور، ۴۸ نفر به‌صورت نمونه‌گیری غیرتصادفی هدفمند از بین نود زن ۶۰ تا ۷۵ ساله عضو سرای سالمندان شهرستان نیشابور، که این شرایط را داشتند، انتخاب شدند: عدم ابتلا به بیماری‌های حاد و مزمن (مانند بیماری‌های قلبی‌عروقی، دیابت و آلزایمر)؛ توانایی برقراری ارتباط با محقق و انجام دادن تمرینات طراحی‌شده در مطالعه، و نداشتن فعالیت منظم حداقل شش ماه قبل از شروع مطالعه. همچنین، معیارهای خروج از مطالعه شامل

شرکت کنندگان درخواست شد مسافت یک مایل (۱۶۰۹ متر) را تا آنجا که می توانند به تندی راه بروند. بلافاصله پس از اتمام آزمون، زمان صرف شده برای پیمودن این مسافت به همراه ضربان قلب این فعالیت را دو ارزیاب ثبت کردند. برای برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی فرد شرکت کننده، از این فرمول استفاده شد (۲۳):

$$\text{حداکثر اکسیژن مصرفی} = ۶/۹۶۵۲ + ۰/۰۰۹۱ \times \text{وزن (پوند)} - ۰/۰۲۵۷ \times \text{سن (سال)} - ۰/۰۲۲۴۰ \times \text{زمان پیاده روی (دقیقه)}$$

قدرت بالاتنه از طریق شمارش تعداد حرکات جلوبازو با وزنه دوکیلوگرمی که در سی ثانیه آزمودنی انجام می داد، اندازه گیری شد. همچنین، برای ارزیابی قدرت پایین تنه از آزمون سی ثانیه نشستن روی صندلی و برخاستن از آن استفاده شد. بدین صورت که فرد روی صندلی ای به ارتفاع ۴۵ سانتی متر به صورت صاف نشست و دست ها به حالت ضربدر روی سینه قرار گرفت. با علامت «رو» شرکت کننده به طور کامل ایستاد و بعد به حالت اولیه برگشت. حداکثر تعداد ایستادن در سی ثانیه، رکورد فرد محسوب شد (۲۴). برای تخمین قدرت پنجه دست از دینامومتر (Dynamometer) استفاده شد. ابتدا فرد روی صندلی نشست، دست خود را روی دسته صندلی گذاشت و سپس دستگیره دینامومتر را فشار داد. در هنگام اجرای آزمون، بازوها در راستای بدن قرار گرفت و زاویه آرنج تقریباً نود درجه بود (۱۸). حداکثر نیروی ثبت شده توسط دینامومتر برحسب کیلوگرم، به عنوان رکورد فرد در نظر گرفته شد.

برای سنجش توان عضلات بالاتنه، از پرتاب توپ طبی دوکیلوگرمی از روی میز شیب دار استفاده شد. به این ترتیب که آزمودنی روی میز شیب دار با زاویه ۴۵ درجه نشست و توپ را از سینه پرتاب کرد (۲۵). این آزمون دو بار تکرار شد و بیشترین عدد به متر به عنوان رکورد فرد ثبت شد.

برای ارزیابی چابکی / تعادل پویا، از آزمون برخاستن و رفتن (Timed-up-and-go) استفاده شد. این آزمون به این صورت است که آزمودنی روی صندلی می نشیند و دست ها روی زانو ها قرار می گیرد و پاها به صورت نود درجه است. مخروطی با فاصله ۲۴۴ سانتی متر از صندلی قرار می گیرد و آزمودنی باید با سرعت مسافت بین مخروط را طی کند و به موقعیت نشسته روی صندلی برگردد (۲۴). زمان صرف شده برای پیمودن مسافت مورد نظر اندازه گیری و ثبت شد.

به منظور ارزیابی آنزیم های ALT و AST سرم، ۴۸ ساعت قبل از آغاز تمرینات و ۴۸ ساعت پس از پایان تمرینات، از همه آزمودنی ها درخواست شد که به صورت ناشتا (دوازده ساعت) برای خون گیری در آزمایشگاه حاضر شوند. نمونه های خونی از ورید بازویی دست راست در حالت نشسته و در وضعیت استراحت به مقدار ۵ سی سی گرفته شد. برای جداسازی سرم، نمونه های خونی با ۳۵۰۰ دور در دقیقه برای ۵ دقیقه سانتریفیوژ شد و سرم های به دست آمده به داخل تیوپ ویژه منتقل، و در دمای ۳۰- درجه سانتی گراد نگهداری شد. میزان آنزیم های ALT و AST سرم به روش فتومتریک با استفاده از کیت های شرکت پارس آزمون ساخت ایران با ضریب خطای احتمالی ۰/۰۱ اندازه گیری شد.

مطابق جدول ۱، برنامه تمرین شامل دو بخش تمرین هوازی و مقاومتی بود که این برنامه به مدت هشت هفته و سه جلسه در هفته، که مدت زمان هر جلسه تمرین همراه با گرم کردن و سرد کردن بین پنجاه تا هفتاد دقیقه بود، انجام شد. برنامه تمرین هم زمان براساس پیشنهاد های مطالعات قبلی (۲۶، ۲۷) و مربیان با تجربه علوم ورزشی طراحی شد. برنامه تمرین مقاومتی شامل اجرای حرکات ورزشی با توپ طبی دوکیلوگرمی بود که شامل حرکت بالا و پایین بردن توپ به حالت خوابیده به پشت با زانوی خمیده، حرکت توپ طبی از بین پاها به پشت سر و سپس قرار گرفتن به حالت ایستاده،

عدم تمایل به ادامه تمرینات به دلایل شخصی، غیبت در پیش آزمون، پس آزمون و غیبت بیش از سه جلسه طی جلسات تمرین، و پرهیز از ادامه تمرین به درخواست پزشک متخصص بود.

روش اجرای پژوهش

بعد از یک جلسه آشنایی با اهداف و روش تحقیق، تمام آزمودنی ها فرم رضایت نامه کتبی مبنی بر شرکت در پژوهش را تکمیل کردند و به آن ها اطمینان داده شد که اطلاعاتشان به صورت محرمانه و بی نام نزد محققان نگهداری می شود. پیش از شروع مداخله، از شرکت کنندگان اندازه گیری های آنترپومتری (Anthropometry) و ترکیب بدنی (سن، قد، وزن، درصد چربی بدن و شاخص توده بدنی (Body mass index: BMI))، نمونه گیری خون برای تجزیه و تحلیل بیوشیمیایی (ALT و AST) و تست های آمادگی جسمانی (حداکثر اکسیژن مصرفی، قدرت بالاتنه و پایین تنه، قدرت پنجه دست راست و دست چپ، توان انفجاری بالاتنه و چابکی / تعادل پویا) انجام شد. سپس آزمودنی ها به روش تصادفی ساده (قرعه کشی) در چهار گروه تمرین (هوازی-مقاومتی، دوازده نفر)، مکمل + تمرین (هوازی-مقاومتی و مکمل امگا۳، دوازده نفر)، مکمل (مکمل امگا۳، دوازده نفر) و دارونما (دکستروز، دوازده نفر) قرار گرفتند. پس از اندازه گیری های پیش آزمون، شرکت کنندگان گروه تمرین به مدت هشت هفته برنامه تمرین هم زمان و شبه داروی کپسول دکستروز ۲ درصد را دریافت کردند. در این دوره، گروه مکمل + تمرین، برنامه تمرین هم زمان و روزانه یک گرم کپسول امگا۳ ساخت شرکت باریج اسانس (ایران) را دریافت کردند. همچنین، روزانه یک گرم کپسول امگا۳ و شبه داروی کپسول دکستروز ۲ درصد به ترتیب برای گروه های مکمل و دارونما تجویز شد. گفتنی است که گروه های مکمل و دارونما به جای تمرین هم زمان تنها فعالیت های روزمره و عادی خود را انجام دادند.

روش های آزمایشگاهی

برای اندازه گیری قد، از قدسنجی با مارک سکا (Seca) ساخت آلمان با دقت یک میلی متر استفاده شد. برای این کار، آزمودنی ها بدون کفش روی زمین به صورت صاف و کشیده می ایستند؛ به طوری که وزن روی هر دو پای فرد تقسیم شود و سر موازی سطح افق باشد. سپس در انتهای بازدم معمولی، ارزیاب خط کش را به صورت افقی و مماس بر کاسه سر می برد؛ به گونه ای که خط کش با دیوار زاویه قائمه بسازد. بدین طریق، قد فرد برحسب سانتی متر به دست آمد. برای اندازه گیری وزن، از ترازویی با مارک سکا (Seca) ساخت آلمان با دقت صد گرم استفاده شد. بدین منظور، از افراد خواسته شد فقط با لباس زیر روی ترازو قرار بگیرند و در حین وزن گیری، سر روبه بالا و دست ها در کنار تنه آویزان باشد و هیچ گونه حرکتی نداشته باشند. بدین طریق، وزن فرد برحسب کیلوگرم به دست آمد. شاخص توده بدنی از تقسیم وزن بر مجذور قد حاصل شد. برای محاسبه درصد چربی بدن، ضخامت چربی زیرپوستی سه نقطه از بدن (سه سر بازو، ران و فوق خاصره) (۲۲) آزمودنی ها با استفاده از کالیبر اندازه گیری شد. با استفاده از انگشت های شست و اشاره، چینی از پوست و چربی زیرپوستی را گرفتیم و آن را برای جدا کردن از بافت عضلانی زیر بالا کشیدیم و دو تا چهار ثانیه پس از اعمال فشار کامل کالیبر، ضخامت پوست را به میلی متر اندازه گیری کردیم.

برای اندازه گیری حداکثر اکسیژن مصرفی، از آزمون راه رفتن راکپورت استفاده شد. برای انجام دادن این آزمون، از

حرکات کششی) به مدت ده دقیقه، و پس از اتمام تمرینات اصلی، برنامه سرد کردن به مدت پنج دقیقه انجام شد. شدت تمرین هوازی، با استفاده از فرمول «کم کردن سن از ۲۲۰» اندازه‌گیری شد و به این طریق، تعداد ضربان قلب به دست آمد.

سرشانه با توپ و حرکت لانچ همراه با نگه داشتن توپ در قسمت سینه بود که قبل از شروع تمرینات هوازی انجام شد. بعد از پنج دقیقه استراحت، تمرینات هوازی انجام شد که شامل اجرای حرکات ریتیمیک به همراه موسیقی بود. برنامه گرم کردن (شامل دویدن آهسته و

جدول ۱: برنامه تمرین هم‌زمان

هفته	۲-۱	۴-۳	۶-۵	۸-۷
تمرین هوازی	هاست زمان هر تناوب (دقیقه) شدت (درصد حداکثر ضربان قلب) ها (ثانیه) استراحت بین ست	۲ ۵ ۶۰-۵۰ ۹۰-۶۰	۲ ۵ ۶۰-۵۰ ۹۰-۶۰	۲ ۶ ۶۰-۵۰ ۹۰-۶۰
هفته	۱	۲	۳	۴
تمرین مقاومتی	هاست تکرارها ها (ثانیه) استراحت بین ست استراحت بین حرکات (ثانیه)	۳ ۱۰-۸ ۹۰-۶۰ ۱۲۰-۶۰	۴ ۱۰-۸ ۹۰-۶۰ ۱۲۰-۶۰	۵ ۱۰-۸ ۹۰-۶۰ ۱۲۰-۶۰

تحلیل آماری

استفاده شد. از آزمون تی وابسته برای تفاوت‌های درون‌گروهی استفاده شد. برای مقایسه بین‌گروهی اندازه اثر ۰/۱۰، ۰/۲۵ و ۰/۴۰ به‌ترتیب به‌عنوان اندازه اثر پایین، متوسط و بالا در نظر گرفته شد (۲۸). همه محاسبات آماری از طریق نرم‌افزار اسپ‌اس‌اس نسخه ۲۳ انجام شد.

داده‌های خام پژوهش از طریق آمار توصیفی برحسب میانگین و انحراف استاندارد گزارش شد. فرضیات پژوهش با کمک آمار استنباطی در سطح معناداری ($P < 0/05$) بررسی شدند. برای اطمینان از طبیعی بودن داده‌ها، از آزمون شاپیرو ویلک (Shapiro-Wilk) و برای همگن بودن واریانس‌ها از آزمون لوین (Levene) استفاده شد. برای مقایسه بین‌گروهی متغیرهای وابسته به شرط همگن بودن واریانس‌ها، از آزمون آماری کوواریانس (ANCOVA)، و برای مقایسه تفاوت بین جفت گروه‌ها، از آزمون تعقیبی بونفرونی (Bonferroni) استفاده شد. در صورت عدم پذیرش همگنی واریانس‌ها، از آزمون آماری تحلیل واریانس ولج و برای مقایسه تفاوت بین جفت گروه‌ها، از آزمون تعقیبی دانت تی ۳

یافته‌ها

میانگین و انحراف استاندارد سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی زنان سالمند گروه‌های تمرین، مکمل + تمرین، مکمل و کنترل در جدول ۲ آورده شد. شاخص‌های میانگین و انحراف استاندارد و مقایسه جفتی شاخص‌های آمادگی جسمانی زنان سالمند گروه‌های تمرین، مکمل + تمرین، مکمل و کنترل به‌ترتیب در جدول‌های ۳ و ۴ آورده شد.

جدول ۲: میانگین و انحراف استاندارد اطلاعات جمعیت‌شناختی زنان سالمند

گروه‌ها	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)
تمرین	$64/00 \pm 2/78$	$160/00 \pm 0/39$	$70/16 \pm 4/82$	$27/07 \pm 1/20$
مکمل + تمرین	$65/25 \pm 3/36$	$162/00 \pm 0/21$	$72/00 \pm 2/52$	$26/74 \pm 1/36$
مکمل	$67/66 \pm 1/23$	$160/92 \pm 0/32$	$74/25 \pm 3/07$	$27/96 \pm 0/43$
دارونما	$67/03 \pm 1/50$	$160/00 \pm 0/02$	$67/08 \pm 5/08$	$26/22 \pm 2/17$

جدول ۳: تأثیر تمرین و مکمل بر شاخص‌های آمادگی جسمانی در زنان سالمند

متغیرها	گروه‌ها	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	تغییرات درون‌گروهی	تغییرات بین‌گروهی	نتایج آماری
چربی بدن (درصد)	تمرین	$34/58 \pm 2/35$	$30/83 \pm 2/41$	$\% \Delta = -10/87, p < 0/001^{\dagger}$	$\% \Delta = -14/89, p < 0/001^{\dagger}$ $\% \Delta = -2/79, p = 0/001^{\#}$ $\% \Delta = 6/85, p < 0/001^{\dagger}$ $\% \Delta = 4/36, p < 0/001^{\dagger}$	۱۵۳/۴۴ $< 0/001^{\dagger}$
	مکمل + تمرین	$35/25 \pm 2/60$	$30/00 \pm 2/30$	$\% \Delta = -14/89, p < 0/001^{\dagger}$		
	مکمل	$36/50 \pm 1/88$	$35/50 \pm 2/32$	$\% \Delta = -2/79, p = 0/001^{\#}$		
	دارونما	$37/83 \pm 0/94$	$40/42 \pm 1/24$	$\% \Delta = 6/85, p < 0/001^{\dagger}$		
حداکثر اکسیژن مصرفی (لیتر بر دقیقه)	تمرین	$1/61 \pm 0/08$	$1/68 \pm 0/07$	$\% \Delta = 4/36, p < 0/001^{\dagger}$	$\% \Delta = 3/96, p < 0/001^{\dagger}$ $\% \Delta = 0/48, p = 0/032^{\circ}$ $\% \Delta = -0/21, p = 0/339$	۲۴/۷۰ $< 0/001^{\dagger}$
	مکمل + تمرین	$1/62 \pm 0/06$	$1/68 \pm 0/07$	$\% \Delta = 3/96, p < 0/001^{\dagger}$		
	مکمل	$1/57 \pm 0/08$	$1/58 \pm 0/08$	$\% \Delta = 0/48, p = 0/032^{\circ}$		
	دارونما	$1/54 \pm 0/05$	$1/53 \pm 0/05$	$\% \Delta = -0/21, p = 0/339$		
قدرت بالاتنه (تعداد در سی ثانیه)	تمرین	$15/67 \pm 1/56$	$18/25 \pm 1/29$	$\% \Delta = 16/97, p < 0/001^{\dagger}$	$\% \Delta = 28/08, p < 0/001^{\dagger}$ $\% \Delta = 4/01, p = 0/002^{\#}$ $\% \Delta = 7/80, p < 0/001^{\dagger}$	۱۲۳/۰۴ $< 0/001^{\dagger}$
	مکمل + تمرین	$14/33 \pm 1/07$	$18/33 \pm 1/33$	$\% \Delta = 28/08, p < 0/001^{\dagger}$		
	مکمل	$14/67 \pm 0/79$	$15/25 \pm 0/87$	$\% \Delta = 4/01, p = 0/002^{\#}$		
	دارونما	$14/75 \pm 0/96$	$13/58 \pm 0/90$	$\% \Delta = 7/80, p < 0/001^{\dagger}$		
قدرت پایین‌تنه (تعداد در سی ثانیه)	تمرین	$14/33 \pm 2/15$	$16/83 \pm 1/95$	$\% \Delta = 18/22, p < 0/001^{\dagger}$	$\% \Delta = 16/42, p < 0/001^{\dagger}$ $\% \Delta = 7/77, p < 0/001^{\dagger}$ $\% \Delta = 3/46, p = 0/007^{\#}$	۶۷/۵۴ $< 0/001^{\dagger}$
	مکمل + تمرین	$15/83 \pm 1/85$	$18/33 \pm 1/43$	$\% \Delta = 16/42, p < 0/001^{\dagger}$		
	مکمل	$14/58 \pm 1/83$	$15/67 \pm 1/61$	$\% \Delta = 7/77, p < 0/001^{\dagger}$		
	دارونما	$14/67 \pm 1/50$	$14/17 \pm 1/64$	$\% \Delta = 3/46, p = 0/007^{\#}$		
قدرت پنجه دست راست	تمرین	$14/50 \pm 0/90$	$17/17 \pm 1/34$	$\% \Delta = 18/66, p < 0/001^{\dagger}$		۴۴/۹۳ $< 0/001^{\dagger}$

متغیرها	جفت‌ها	p-value	جفت‌ها	p-value
چربی بدن (درصد)	تمرین - مکمل + تمرین	۰/۰۰۱ [#]	مکمل + تمرین - مکمل	<۰/۰۰۱ [†]
	تمرین - مکمل	<۰/۰۰۱ [†]	مکمل + تمرین - دارونما	<۰/۰۰۱ [†]
	تمرین - دارونما	<۰/۰۰۱ [†]	مکمل - دارونما	<۰/۰۰۱ [†]
حداکثر اکسیژن مصرفی (لیتر بر دقیقه)	تمرین - مکمل + تمرین	۱/۰۰۰	مکمل + تمرین - مکمل	<۰/۰۰۱ [†]
	تمرین - مکمل	۰/۰۰۲ [#]	مکمل + تمرین - دارونما	<۰/۰۰۱ [†]
	تمرین - دارونما	<۰/۰۰۱ [†]	مکمل - دارونما	۰/۱۳۶
قدرت بالاتنه (تعداد در سی ثانیه)	تمرین - مکمل + تمرین	۰/۰۰۹ [#]	مکمل + تمرین - مکمل	<۰/۰۰۱ [†]
	تمرین - مکمل	<۰/۰۰۱ [†]	مکمل + تمرین - دارونما	<۰/۰۰۱ [†]
	تمرین - دارونما	<۰/۰۰۱ [†]	مکمل - دارونما	<۰/۰۰۱ [†]
قدرت پایین‌تنه (تعداد در سی ثانیه)	تمرین - مکمل + تمرین	۱/۰۰۰	مکمل + تمرین - مکمل	<۰/۰۰۱ [†]
	تمرین - مکمل	<۰/۰۰۱ [†]	مکمل + تمرین - دارونما	<۰/۰۰۱ [†]
	تمرین - دارونما	<۰/۰۰۱ [†]	مکمل - دارونما	<۰/۰۰۱ [†]
قدرت پنجه دست راست (کیلوگرم)	تمرین - مکمل + تمرین	۰/۵۳۴	مکمل + تمرین - مکمل	<۰/۰۰۱ [†]
	تمرین - مکمل	<۰/۰۰۱ [†]	مکمل + تمرین - دارونما	<۰/۰۰۱ [†]
	تمرین - دارونما	<۰/۰۰۱ [†]	مکمل - دارونما	۰/۸۰۳
قدرت پنجه دست چپ (کیلوگرم)	تمرین - مکمل + تمرین	۰/۷۴۹	مکمل + تمرین - مکمل	<۰/۰۰۱ [†]
	تمرین - مکمل	<۰/۰۰۱ [†]	مکمل + تمرین - دارونما	<۰/۰۰۱ [†]
	تمرین - دارونما	<۰/۰۰۱ [†]	مکمل - دارونما	۱/۰۰۰
توان انفجاری بالاتنه (متر)	تمرین - مکمل + تمرین	۰/۹۸۸	مکمل + تمرین - مکمل	۰/۰۰۵ [#]
	تمرین - مکمل	۰/۰۲۹ [°]	مکمل + تمرین - دارونما	۰/۰۰۱ [#]
	تمرین - دارونما	۰/۰۰۳ [#]	مکمل - دارونما	۰/۰۲۸ [°]
چابکی / تعادل پویا (ثانیه)	تمرین - مکمل + تمرین	۰/۹۹۹	مکمل + تمرین - مکمل	<۰/۰۰۱ [†]
	تمرین - مکمل	<۰/۰۰۱ [†]	مکمل + تمرین - دارونما	<۰/۰۰۱ [†]
	تمرین - دارونما	<۰/۰۰۱ [†]	مکمل - دارونما	۰/۰۲۹ [°]

چربی بدن بعد از دوره مداخله در گروه‌های تمرین، مکمل + تمرین و مکمل کاهش معناداری داشت ($P < 0/01$)، اما در گروه دارونما افزایش معناداری داشت ($P < 0/01$). چربی بدن در سه گروه مداخله نسبت به گروه دارونما کاهش معناداری داشت ($P < 0/01$). این کاهش در گروه مکمل + تمرین بیشتر از سایر گروه‌های مداخله بود ($P < 0/01$). همچنین، این کاهش در گروه تمرین بیشتر از گروه مکمل بود ($P < 0/01$).

حداکثر اکسیژن مصرفی بعد از دوره مداخله، در گروه‌های تمرین، مکمل + تمرین و مکمل افزایش معناداری داشت ($P < 0/05$)، اما در گروه دارونما بدون تغییر بود ($P = 0/339$). این شاخص در گروه‌های تمرین و مکمل + تمرین نسبت به گروه‌های مکمل و دارونما افزایش معناداری داشت ($P < 0/01$). تفاوت معناداری بین دو گروه تمرین و مکمل + تمرین مشاهده نشد ($P = 1/000$).

گروه دارونما بدون تغییر بود ($P=0/109$). این شاخص در سه گروه مداخله نسبت به گروه دارونما افزایش معناداری داشت ($P<0/05$). این افزایش در گروه‌های تمرین و مکمل + تمرین بیشتر از مکمل بود ($P<0/05$). تفاوت معناداری بین دو گروه تمرین و مکمل + تمرین مشاهده نشد ($P=0/988$). چابکی / تعادل پویا بعد از دوره مداخله، در گروه‌های تمرین، مکمل + تمرین و مکمل افزایش معناداری داشت ($P<0/01$), اما در گروه دارونما بدون تغییر بود ($P=0/103$). این شاخص در سه گروه مداخله نسبت به گروه دارونما افزایش معناداری داشت ($P<0/05$). این افزایش در گروه‌های تمرین و مکمل + تمرین بیشتر از مکمل بود ($P<0/01$). تفاوت معناداری بین دو گروه تمرین و مکمل + تمرین مشاهده نشد ($P=0/999$). شاخص‌های میانگین و انحراف استاندارد و مقایسه جفتی آنزیم‌های کبدی زنان سالمند گروه‌های تمرین، مکمل + تمرین، مکمل و کنترل در جدول‌های ۵ و ۶ آورده شد.

قدرت پنجه دست راست بعد از دوره مداخله، در گروه‌های تمرین، مکمل + تمرین و مکمل افزایش معناداری داشت ($P<0/05$), اما در گروه دارونما بدون تغییر بود ($P=1/000$). این شاخص در گروه‌های تمرین و مکمل + تمرین نسبت به گروه‌های مکمل و دارونما افزایش معناداری داشت ($P<0/01$). تفاوت معناداری بین دو گروه تمرین و مکمل + تمرین مشاهده نشد ($P=0/534$). قدرت پنجه دست چپ بعد از دوره مداخله، در گروه‌های تمرین و مکمل + تمرین افزایش معناداری داشت ($P<0/01$), اما در گروه‌های مکمل و دارونما بدون تغییر بود ($P>0/05$). این شاخص در گروه‌های تمرین و مکمل + تمرین نسبت به گروه‌های مکمل و دارونما افزایش معناداری داشت ($P<0/01$). تفاوت معناداری بین دو گروه تمرین و مکمل + تمرین مشاهده نشد ($P=0/749$). توان انفجاری بالاتنه بعد از دوره مداخله، در گروه‌های تمرین، مکمل + تمرین و مکمل افزایش معناداری داشت ($P<0/05$), اما در

جدول ۵: تأثیر تمرین و مکمل بر آنزیم‌های کبدی در زنان سالمند

متغیرها	گروه‌ها	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	تغییرات درون‌گروهی	تغییرات بین‌گروهی
					ES p-value F
(IU/L) AST	تمرین	$27/08 \pm 1/73$	$24/33 \pm 1/07$	$\% \Delta = 9/97, p < 0/001^{\dagger}$	$77/98$ $< 0/001^{\dagger}$ $0/845$
	مکمل + تمرین	$33/17 \pm 3/10$	$28/25 \pm 2/14$	$\% \Delta = 14/59, p < 0/001^{\dagger}$	
	مکمل	$27/67 \pm 2/06$	$27/08 \pm 1/93$	$\% \Delta = 2/07, p = 0/999^{\#}$	
(IU/L) ALT	دارونما	$32/75 \pm 3/22$	$33/67 \pm 3/03$	$\% \Delta = 2/92, p = 0/999^{\#}$	$46/59$ $< 0/001^{\dagger}$ $0/765$
	تمرین	$28/67 \pm 4/23$	$25/83 \pm 2/95$	$\% \Delta = 9/42, p < 0/001^{\dagger}$	
	مکمل + تمرین	$32/17 \pm 3/69$	$27/00 \pm 2/83$	$\% \Delta = 15/80, p < 0/001^{\dagger}$	
(IU/L) ALT	مکمل	$34/17 \pm 3/88$	$33/08 \pm 3/87$	$\% \Delta = 3/13, p = 0/12^*$	$36/17 \pm 3/04$
	دارونما	$35/50 \pm 3/34$	$36/17 \pm 3/04$	$\% \Delta = 1/98, p = 0/999^{\#}$	

* نشانه تفاوت معنادار در سطح $p < 0/05$, # نشانه تفاوت معنادار در سطح $p < 0/01$, † نشانه تفاوت معنادار در سطح $p < 0/001$ است.

جدول ۶: نتایج آزمون تعقیبی مربوط به آنزیم‌های کبدی در زنان سالمند

متغیرها	جفت‌ها	p-value	جفت‌ها	p-value
(IU/L) AST	تمرین - مکمل + تمرین	$1/000$	مکمل + تمرین - مکمل	$< 0/001^{\dagger}$
	تمرین - مکمل	$< 0/001^{\dagger}$	مکمل + تمرین - دارونما	$< 0/001^{\dagger}$
	تمرین - دارونما	$< 0/001^{\dagger}$	مکمل - دارونما	$< 0/001^{\dagger}$
(IU/L) ALT	تمرین - مکمل + تمرین	$0/082$	مکمل + تمرین - مکمل	$< 0/001^{\dagger}$
	تمرین - مکمل	$< 0/001^{\dagger}$	مکمل + تمرین - دارونما	$< 0/001^{\dagger}$
	تمرین - دارونما	$< 0/001^{\dagger}$	مکمل - دارونما	$0/004^{\#}$

* نشانه تفاوت معنادار بین گروهی در سطح $p < 0/05$, # نشانه تفاوت معنادار بین گروهی در سطح $p < 0/01$, † نشانه تفاوت معنادار بین گروهی در سطح $p < 0/001$ است.

بحث

براساس نتایج این تحقیق، پس از هشت هفته مداخله، در متغیرهای اندازه‌گیری‌شده یعنی درصد چربی بدن، حداکثر اکسیژن مصرفی، قدرت بالاتنه و پایین‌تنه، قدرت پنجه دست راست و دست چپ، توان انفجاری بالاتنه، چابکی / تعادل پویا، AST و ALT در گروه‌های مکمل + تمرین و تمرین بهبود معناداری مشاهده شد. درصد چربی بدن، قدرت بالاتنه و پایین‌تنه، توان انفجاری بالاتنه، چابکی / تعادل پویا، AST و ALT در گروه مکمل بهبود معناداری داشت. تفاوت معناداری بین گروه‌های مکمل + تمرین و تمرین به‌جز در شاخص‌های درصد چربی بدن و قدرت بالاتنه مشاهده نشد؛ به‌طوری‌که این دو شاخص در گروه مکمل + تمرین بهبود بیشتری نسبت به گروه تمرین داشت.

بر اثر مصرف مکمل امگا ۳ یا تمرین هم‌زمان، درصد چربی کاهش یافت. در یک مطالعه، مصرف دوازده هفته مکمل امگا ۳ باعث بهبود ترکیب بدن در سالمندان مبتلا به کاهش توده عضلانی نشد (۱۱). همچنین، مصرف مکمل

غلظت AST بعد از دوره مداخله، در گروه‌های تمرین، مکمل + تمرین و مکمل کاهش معناداری داشت ($P<0/01$), اما در گروه دارونما افزایش معناداری داشت ($P=0/005$). این شاخص در سه گروه مداخله نسبت به گروه دارونما کاهش معناداری داشت ($P<0/01$). این کاهش در گروه‌های تمرین و مکمل + تمرین بیشتر از مکمل بود ($P<0/01$). تفاوت معناداری بین دو گروه تمرین و مکمل + تمرین مشاهده نشد ($P=1/000$).

غلظت ALT بعد از دوره مداخله، در گروه‌های تمرین، مکمل + تمرین و مکمل کاهش معناداری داشت ($P<0/05$), اما در گروه دارونما افزایش معناداری داشت ($P=0/005$). این شاخص در سه گروه مداخله نسبت به گروه دارونما کاهش معناداری داشت ($P<0/01$). این کاهش در گروه‌های تمرین و مکمل + تمرین بیشتر از مکمل بود ($P<0/01$). تفاوت معناداری بین دو گروه تمرین و مکمل + تمرین مشاهده نشد ($P=0/082$).

می‌شود (۱۵، ۱۶، ۱۸، ۱۹). همچنین، لی و همکاران (۳۲) اذعان داشتند که تمرین مقاومتی تنها و مصرف مکمل روغن ماهی همراه با تمرین مقاومتی باعث بهبود قدرت پنجه دست و قدرت پایین‌تنه در سالمندان می‌شود، که موافق با نتایج مطالعه ما بود. احتمالاً تمرین مقاومتی نسبت به تمرین هوازی باعث بهبود بیشتر قدرت عضلانی در سالمندان می‌شود (۷، ۱۴) و ترکیب این دو روش تمرینی در یک جلسه نسبت به تمرین مقاومتی تنها، تداخلی در توسعه قدرت عضلانی و هایپرتروفی ندارد (۳۴). به نظر می‌رسد یک عامل تعیین‌کننده مهم در کاهش عضله همراه با افزایش سن، کاهش سنتز پروتئین عضلانی است که منجر به کاهش عملکرد عضله می‌شود (۶). اگرچه مکانیسم‌های افزایش سنتز پروتئین عضلانی از طریق امگا ۳ ناشناخته است، احتمال می‌رود در سلول‌های عضلانی اسید ایکوزاپنتانویک و اسید دوکوزاگترانویک باعث افزایش سیالیت غشا و بهبود جذب آمینو اسیدها شود و در نتیجه، حساسیت سلول به سنتز پروتئین عضلانی افزایش یابد (۶). عوامل عصبی، کسب مهارت، تغییرات مکانیکی و ریخت‌شناسی (Morphology) ممکن است در بهبود قدرت عضلانی نقش داشته باشند (۳۵).

بر اثر مصرف مکمل امگا ۳ یا تمرین همزمان، توان انفجاری بالاتنه افزایش یافت. در مطالعه‌ای مشاهده شد که توان انفجاری پایین‌تنه بر اثر چهار هفته مصرف مکمل امگا ۳ در بازیکنان فوتبال بدون تغییر بود (۳۶)، که نتایج این مطالعه موافق با مطالعه ما نیست. احتمالاً ویژگی شرکت‌کنندگان (سالمندان بی‌تحرك در برابر ورزش‌کاران) و طول مدت مداخله (هشت هفته در برابر چهار هفته) باعث ایجاد این اختلاف شده است. هولویالا (Holviala) و همکاران (۳۷) نشان دادند که ۲۱ هفته تمرین همزمان باعث بهبود توان انفجاری پایین‌تنه در سالمندان می‌شود و آن‌ها اذعان کردند که تمرین مقاومتی نقش بسیار مهمی در توسعه توان دارد، درحالی‌که تمرین هوازی باعث اختلال در توسعه توان نمی‌شود؛ اما شومان (Schumann) و همکاران (۳۴) در مطالعه‌ای مروری نشان دادند که انجام دادن تمرین هوازی و مقاومتی به‌خصوص در یک جلسه، ممکن است در توسعه توان انفجاری اختلال ایجاد کند. احتمالاً بهبود هماهنگی عضلانی و اندام‌های درگیر در حرکت و افزایش قدرت یا نیروی عضلانی باعث توسعه توان انفجاری می‌شود (۳۸).

بر اثر مصرف مکمل امگا ۳ یا تمرین همزمان، چابکی / تعادل پویا بهبود یافت. بیشتر مطالعات نشان دادند که انجام دادن تمرین همزمان در ۸ تا ۲۱ هفته، باعث بهبود چابکی / تعادل پویا در سالمندان می‌شود (۱۸، ۱۹، ۳۷) که موافق با نتایج این مطالعه بود. در مطالعه‌ای نشان داده شد که تمرین مقاومتی تنها و مصرف مکمل روغن ماهی همراه با تمرین مقاومتی، باعث بهبود چابکی / تعادل پویا در سالمندان می‌شود (۳۲)، که موافق با نتایج این مطالعه بود؛ اما در مطالعه دیگری مصرف دوازده هفته مکمل امگا ۳ باعث تغییر در چابکی / تعادل پویا در سالمندان مبتلا به کاهش توده عضلانی نشد (۱۱). بهبود این شاخص در افراد سالمند همراه با افزایش قدرت پایین‌تنه در این مطالعه بود و این افزایش قدرت ممکن است بر چابکی تأثیر بگذارد. بالین‌حال، افزایش هماهنگی عصبی-عضلانی و سازگاری عصبی دوک‌های عضلانی و اندام‌های وتری گلژی نیز بر بهبود چابکی تأثیر می‌گذارد (۱۸).

بر اثر مصرف مکمل امگا ۳ یا تمرین همزمان، آنزیم‌های AST و ALT سرم کاهش یافت. برخی از مطالعات نشان دادند که مصرف امگا ۳ در شش ماه، باعث کاهش آنزیم‌های AST و ALT سرم در بیماران مبتلا به کبد چرب غیرالکلی نشده است (۸، ۹)، که مخالف با نتایج مطالعه ما بود؛ اما مطالعه‌ای نشان داد که مصرف شش ماه اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه در بیماران مبتلا به استئاتوهایپاتیت غیرالکلی، باعث کاهش آنزیم‌های AST و ALT می‌شود (۱۰). دلشاد و همکاران (۲۰) بیان کردند که هشت هفته تمرین همزمان باعث کاهش آنزیم‌های AST

امگا ۳ برای شش ماه باعث بهبود ترکیب بدن در بیماران مبتلا به کبد چرب غیرالکلی نشد (۸)، که نتایج این مطالعات موافق با نتایج مطالعه ما نبود. باقری و همکاران (۱۵) نشان دادند که انجام دادن تمرین همزمان به مدت هشت هفته و سه جلسه در هفته، باعث کاهش درصد چربی بدن در سالمندان می‌شود که موافق با نتایج این مطالعه بود. بورچ (Burich) و همکاران (۱۶) نشان دادند که انجام دادن دوازده هفته و سه جلسه در هفته تمرین همزمان یا هوازی می‌تواند باعث کاهش درصد چربی بدن در سالمندان شود. استفان (Štěpán) و همکاران (۲۹) بیان کردند که مصرف مکمل امگا ۳ (روغن کالانوس) همراه با تمرین مقاومتی در چهار ماه، باعث کاهش درصد چربی بدن و افزایش توده بدون چربی در سالمندان شد. همچنین، تفاوت معناداری بین دو گروه تمرین مقاومتی و مکمل امگا ۳ (روغن کالانوس) در این دو شاخص مشاهده نشد. مکمل امگا ۳ ممکن است از طریق کاهش اشتها، افزایش اکسیداسیون چربی و کاهش رسوب چربی باعث کاهش درصد چربی بدن شود (۳۰). تغییرات در ترکیب بدن وابسته به شدت و نوع تمرین (هوازی یا مقاومتی) است (۷). در این مطالعه، به‌کارگیری همزمان تمرین هوازی و مقاومتی در محدوده شدت سبک تا متوسط، باعث کاهش درصد چربی بدن شد و مصرف مکمل امگا ۳ اثر مضاعفی بر کاهش این شاخص داشت. اکسیداسیون چربی از شدت سبک به متوسط افزایش می‌یابد؛ زیرا چربی‌ها منبع اصلی انرژی در این محدوده هستند (۳۱). آنچه برای همه مشخص شده، این است که مصرف مکمل امگا ۳ همراه با تمرینات هوازی منجر به کاهش توده چربی، و مصرف مکمل امگا ۳ همراه با تمرینات مقاومتی منجر به افزایش توده بدون چربی و بهبود ساختار عضله می‌شود (۷).

بر اثر تمرین تنها و مصرف مکمل امگا ۳ همراه با تمرین همزمان، حداکثر اکسیژن مصرفی افزایش یافت و نتایج نشان داد که مصرف مکمل اثر مضاعفی بر این شاخص ندارد. در یک مطالعه، بر اثر سه هفته مصرف مکمل امگا ۳ در ورزش‌کارانی که تمرینات استقامتی انجام می‌دادند، بهبودی در حداکثر اکسیژن مصرفی مشاهده شد (۱۲). بیشتر مطالعات نشان دادند که انجام دادن تمرین همزمان در هشت تا ده هفته، باعث بهبود حداکثر اکسیژن مصرفی در سالمندان می‌شود (۱۵، ۱۷). لی (Lee) و همکاران (۳۲) گزارش دادند که تمرین مقاومتی تنها و مصرف مکمل روغن ماهی همراه با تمرین مقاومتی در دوازده هفته، باعث بهبود آمادگی هوازی در سالمندان می‌شود. با توجه به نتایج مطالعات پیشین، می‌توان گفت بهبود آمادگی هوازی در سالمندان بیشتر بر اثر تمرین ورزشی به‌ویژه تمرین هوازی است (۱۴) نه مکمل، و عوامل بسیاری بر توسعه این شاخص نقش دارند، از جمله حجم ضربه‌ای، توانایی عضله فعال برای برداشت اکسیژن از جریان خون، چگالی موی‌رگی، غلظت هموگلوبین، ظرفیت اکسیداتیو میتوکندری، ویژگی عضله اسکلتی و ظرفیت ریوی (۳۳).

قدرت بالاتنه و پایین‌تنه، قدرت پنجه دست راست و دست چپ در طی تمرین تنها و مصرف مکمل امگا ۳ همراه با تمرین همزمان افزایش یافت و مصرف مکمل فقط اثر مضاعفی بر بهبود قدرت بالاتنه داشت. کرزیمینسکا-زیماسکو و همکاران (۱۱) بیان کردند که مصرف دوازده هفته مکمل امگا ۳ باعث بهبود قدرت عضلانی در سالمندان مبتلا به کاهش توده عضلانی نمی‌شود؛ درحالی‌که در این مطالعه، مکمل امگا ۳ فقط باعث بهبود قدرت بالاتنه و پایین‌تنه شد و تغییر معناداری در قدرت پنجه دست راست و دست چپ مشاهده نشد. بیشتر مطالعات نشان دادند که انجام دادن تمرین همزمان برای هشت تا دوازده هفته، باعث بهبود قدرت عضلانی در سالمندان

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، مربیان و مراکز بهداشتی‌درمانی می‌توانند از تمرینات هم‌زمان به‌تنهایی یا همراه با مکمل امگا ۳ برای بهبود سلامت سالمندان استفاده کنند؛ زیرا به نظر می‌رسد هر دو روش، شاخص‌های آمادگی جسمانی و آنزیم‌های کبدی را بهبود می‌بخشند. اگرچه در این مطالعه مصرف مکمل امگا ۳ در کنار تمرین هم‌زمان برای بهبود بیشتر این شاخص‌ها نسبت به تمرین تنها بی‌نتیجه بود، به‌تنهایی توانست باعث بهبود درصد چربی بدن، قدرت بالاتنه و پایین‌تنه، توان انفجاری بالاتنه، چابکی / تعادل پویا، AST و ALT در سالمندان شود.

تشکر و قدردانی

از تمام شرکت‌کنندگانی که در این مطالعه با ما همکاری داشتند، تشکر و قدردانی می‌کنیم.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان، در این مقاله هیچ تعارض منافی وجود ندارد.

ملاحظات اخلاقی

طرح این تحقیق را کمیته اخلاق دانشگاه حکیم سبزواری بررسی کرد و کد اخلاق IR.HSU.REC.1398.023 را برای آن در نظر گرفت.

سهم نویسندگان

تمام نویسندگان در طراحی، اجرا و نگارش این مطالعه سهم بودند.

حمایت مالی

این مقاله از طرف هیچ نهاد یا مؤسسه‌ای حمایت مالی نشده است.

References

- Moradi Keldar B, Rahmati-Ahmadabad S, Farzanegi P, Helalizadeh M, Azarbayjani MA. Effects of non-linear resistance training and curcumin supplementation on the liver biochemical markers levels and structure in older women with non-alcoholic fatty liver disease. *J Bodyw Mov Ther.* 2020;24(3):154–60. doi: 10.1016/j.jbmt.2020.02.021 pmid: 32825982
- Otsuka Y, Yamada Y, Maeda A, Izumo T, Rogi T, Shibata H, et al. Effects of resistance training intensity on muscle quantity/quality in middle-aged and older people: a randomized controlled trial. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2022;13(2):894–908. doi: 10.1002/jcsm.12941 pmid: 35187867
- Bårdstu HB, Andersen V, Fimland MS, Aasdahl L, Raastad T, Cumming KT, et al. Effectiveness of a resistance training program on physical function, muscle strength, and body composition in community-dwelling older adults receiving home care: a cluster-randomized controlled trial. *Eur Rev Aging Phys Act.* 2020;17:11. doi: 10.1186/s11556-020-00243-9 pmid: 32782626
- Taylor JL, Medina-Inojosa JR, Chacin-Suarez A, Smith JR, Squires RW, Thomas RJ, et al. Age-related differences for cardiorespiratory fitness improvement in patients undergoing cardiac rehabilitation. *Front Cardiovasc Med.* 2022;9:872757. doi: 10.3389/fcvm.2022.872757 pmid: 35498026
- Gaspar AGM, Lapão LV. eHealth for addressing balance disorders in the elderly: systematic review. *J Med Internet Res.* 2021;23(4):e22215. doi: 10.2196/22215 pmid: 33908890
- Rossato LT, Schoenfeld BJ, de Oliveira EP. Is there sufficient evidence to supplement omega-3 fatty acids to increase muscle mass and strength in young and older adults?. *Clin Nutr.* 2020;39(1):23–32. doi: 10.1016/j.clnu.2019.01.001 pmid: 30661906
- Albracht-Schulte K, Kalupahana NS, Ramalingam L, Wang S, Rahman SM, Robert-McComb J, et al. Omega-3 fatty acids in obesity and metabolic syndrome: a mechanistic update. *J Nutr Biochem.* 2018;58:1–16. doi: 10.1016/j.jnutbio.2018.02.012 pmid: 29621669
- Cansanção K, Citelli M, Carvalho Leite N, López de Las Hazas MC, Dávalos A, Tavares do Carmo M das G, et al. Impact of long-term supplementation with fish oil in individuals with non-alcoholic fatty liver disease: a double blind randomized placebo controlled clinical trial. *Nutrients.* 2020;12(11):3372. doi: 10.3390/nu12113372 pmid: 33147705
- Tobin D, Brevik-Andersen M, Qin Y, Innes JK, Calder PC. Evaluation of a high concentrate omega-3 for correcting the Omega-3 fatty acid nutritional deficiency in non-alcoholic fatty liver disease (CONDIN). *Nutrients.* 2018;10(8):1126. doi: 10.3390/nu10081126 pmid: 30127297
- Li YH, Yang LH, Sha KH, Liu TG, Zhang LG, Liu XX. Efficacy of poly-unsaturated fatty acid therapy on patients with nonalcoholic steatohepatitis. *World J Gastroenterol.* 2015;21(22):7008–13. doi: 10.3748/wjg.v21.i22.7008 pmid: 26078579
- Krzyminińska-Siemaszkó R, Czepulis N, Lewandowicz M, Zasadzka E, Suwalska A, Witowski J, et al. The effect of a 12-week Omega-3 supplementation on body composition, muscle strength and physical performance in elderly individuals with decreased muscle mass. *Int J Environ Res Public Health.* 2015;12(9):10558–74. doi: 10.3390/ijerph120910558 pmid: 26343698
- Żebrowska A, Mizia-Stec K, Mizia M, Gąsior Z, Poprzącki S. Omega-3 fatty acids supplementation improves endothelial function and maximal oxygen uptake in endurance-trained athletes. *Eur J Sport Sci.* 2015;15(4):305–14. doi: 10.1080/17461391.2014.949310 pmid: 25176010
- Khalafi M, Sakhaei MH, Rosenkranz SK, Symonds ME. Impact of concurrent training versus aerobic or resistance training on cardiorespiratory fitness and muscular strength in middle-aged to older adults: A systematic review and meta-analysis. *Physiol Behav.* 2022;254:113888. doi: 10.1016/j.physbeh.2022.113888 pmid: 35728627
- Haghighi AH, Ahmadi A, Askari R, Shahrabadi H, Moody JA, Miller JM, et al. A three-arm randomized controlled trial of

- aerobic and resistance training in women with spinal cord injuries: Effects on physical fitness and pulmonary function. *Heliyon*. 2024;**10**(13): e32538. doi: [10.1016/j.heliyon.2024.e32538](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32538) pmid: 39040233
15. Bagheri R, Moghadam BH, Church DD, Tinsley GM, Eskandari M, Moghadam BH, et al. The effects of concurrent training order on body composition and serum concentrations of follistatin, myostatin and GDF11 in sarcopenic elderly men. *Exp Gerontol*. 2020;**133**:110869. doi: [10.1016/j.exger.2020.110869](https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.110869) pmid: 32035222
 16. Burich R, Teljigović S, Boyle E, Sjøgaard G. Aerobic training alone or combined with strength training affects fitness in elderly: randomized trial. *Eur J Sport Sci*. 2015;**15**(8):773–83. doi: [10.1080/17461391.2015.1060262](https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1060262) pmid: 26681630
 17. Ferrari R, Fuchs SC, Kruel LFM, Cadore EL, Alberton CL, Pinto RS, et al. Effects of different concurrent resistance and aerobic training frequencies on muscle power and muscle quality in trained elderly men: a randomized clinical trial. *Aging Dis*. 2016;**7**(6):697–704. doi: [10.14336/AD.2016.0504](https://doi.org/10.14336/AD.2016.0504) pmid: 28053820
 18. Haghighi AH, Barzoei M, Kakhak SAH, Budini F, Shahrabadi H. Effect of multimodal exercise training on physical fitness indices, cognitive status, and depressive symptoms in Alzheimer's disease. *Dement Neuropsychol*. 2023;**17**:e20220008. doi: [10.1590/1980-5764-DN-2022-0008](https://doi.org/10.1590/1980-5764-DN-2022-0008) pmid: 37261252
 19. De Oliveira SN, De Jesus JH, Delevatti RS, Moro ARP. Effects of aerobic training combined with strength training with elastic resistance on functional capacity of older adults: a controlled randomized clinical trial. *Sport Sci Health*. 2021;**17**(3):725–33. doi: [10.1007/s11332-021-00739-6](https://doi.org/10.1007/s11332-021-00739-6)
 20. Delshad A, Dashti M, Astarabadi A. The effect of eight weeks of combined training (resistance-aerobic) on serum immunoglobulin G concentration and liver injury indices in elderly men. *Yafteh*. 2021;**22**(4):120–31. [Link](#)
 21. Eshaghi SR, Shahsanai A, Mellat Ardakani M. Assessment of the physical activity of elderly population of Isfahan, Iran. *JIMS*. 2011;**29**(147):939–46. [Link](#)
 22. Jackson AS, Pollock ML. Practical assessment of body composition. *Phys Sportsmed*. 1985;**13**(5):76–90. doi: [10.1080/00913847.1985.11708790](https://doi.org/10.1080/00913847.1985.11708790) pmid: 27463295
 23. Kline GM, Porcari JP, Hintermeister R, Freedson PS, Ward A, McCarron RF, et al. Estimation of VO2max from a one-mile track walk, gender, age, and body weight. *Med Sci Sports Exerc*. 1987;**19**(3):253–9. pmid: 3600239
 24. Rikli RE, Jones CJ. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *J Aging Phys Act*. 1999;**7**(2):129–61. doi: [10.1123/japa.7.2.129](https://doi.org/10.1123/japa.7.2.129)
 25. Ronai P, Gallo P. The seated medicine ball throw test for older adults. *ACSMs Health Fit J*. 2023;**27**(6):33–7. doi: [10.1249/FIT.0000000000000908](https://doi.org/10.1249/FIT.0000000000000908)
 26. Ma C, Li M, Li R, Wu C. The effect of rhythmic movement on physical and cognitive functions among cognitively healthy older adults: a systematic review and meta-analysis. *Arch Gerontol Geriatr*. 2023;**104**:104837. doi: [10.1016/j.archger.2022.104837](https://doi.org/10.1016/j.archger.2022.104837) pmid: 36257163
 27. Ransdell LB, Wayment HA, Lopez N, Lorts C, Schwartz AL, Pugliesi K, et al. The impact of resistance training on body composition, muscle strength, and functional fitness in older women (45–80 years): a systematic review (2010–2020). *Women (Basel)*. 2021;**1**(3):143–68. doi: [10.3390/women1030014](https://doi.org/10.3390/women1030014) pmid: 35702064
 28. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioural science (2nd Ed). *Routledge*. 1988. doi: [10.4324/9780203771587](https://doi.org/10.4324/9780203771587)
 29. Štěpán M, Daďová K, Matouš M, Krauzová E, Sontáková L, Koc M, et al. Exercise training combined with calanus oil supplementation improves the central cardiodynamic function in older women. *Nutrients*. 2021;**14**(1):149. doi: [10.3390/nu14010149](https://doi.org/10.3390/nu14010149) pmid: 35011022
 30. Salman HB, Salman MA, Yildiz Akal E. The effect of omega-3 fatty acid supplementation on weight loss and cognitive function in overweight or obese individuals on weight-loss diet. *Nutr Hosp*. 2022;**39**(4):803–13. doi: [10.20960/nh.03992](https://doi.org/10.20960/nh.03992) pmid: 35815739
 31. Muscella A, Stefano E, Lunetti P, Capobianco L, Marsigliante S. The regulation of fat metabolism during aerobic exercise. *Biomolecules*. 2020;**10**(12):1699. doi: [10.3390/biom10121699](https://doi.org/10.3390/biom10121699) pmid: 33371437
 32. Lee SR, Jo E, Khamoui AV. Chronic fish oil consumption with resistance training improves grip strength, physical function, and blood pressure in community-dwelling older adults. *Sports (Basel)*. 2019;**7**(7):167. doi: [10.3390/sports7070167](https://doi.org/10.3390/sports7070167) pmid: 31323951
 33. Patel PN, Horenstein MS, Zwibel H. Exercise physiology. *StatPearls Publishing*. 2024. pmid: 29489294
 34. Schumann M, Feuerbacher JF, Sünkeler M, Freitag N, Ronnestad BR, Doma K, et al. Compatibility of concurrent aerobic and strength training for skeletal muscle size and function: an updated systematic review and meta-analysis. *Sports Med*. 2022;**52**(3):601–12. doi: [10.1007/s40279-021-01587-7](https://doi.org/10.1007/s40279-021-01587-7) pmid: 34757594
 35. Taber CB, Vigotsky A, Nuckols G, Haun CT. Exercise-induced myofibrillar hypertrophy is a contributory cause of gains in muscle strength. *Sports Med*. 2019;**49**(7):993–7. doi: [10.1007/s40279-019-01107-8](https://doi.org/10.1007/s40279-019-01107-8) pmid: 31016546
 36. Gravina L, Brown FF, Alexander L, Dick J, Bell G, Witard OC, et al. n-3 Fatty acid supplementation during 4 weeks of training leads to improved anaerobic endurance capacity, but not maximal strength, speed, or power in soccer players. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2017;**27**(4):305–13. doi: [10.1123/ijsnem.2016-0325](https://doi.org/10.1123/ijsnem.2016-0325) pmid: 28387540
 37. Holviala J, Kraemer WJ, Sillanpää E, Karppinen H, Avela J, Kauhanen A, et al. Effects of strength, endurance and combined training on muscle strength, walking speed and dynamic balance in aging men. *Eur J Appl Physiol*. 2012;**112**(4):1335–47. doi: [10.1007/s00421-011-2089-7](https://doi.org/10.1007/s00421-011-2089-7) pmid: 21796409
 38. Santos EJAM, Janeira MAAS. Effects of complex training on explosive strength in adolescent male basketball players. *J Strength Cond Res*. 2008;**22**(3):903–9. doi: [10.1519/JSC.0b013e31816a59f2](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816a59f2) pmid: 18438223
 39. Vell MS, Creasy KT, Scorletti E, Seeling KS, Hehl L, Rendel MD, et al. Omega-3 intake is associated with liver disease protection. *Front Public Health*. 2023;**11**:1192099. doi: [10.3389/fpubh.2023.1192099](https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1192099) pmid: 37538264
 40. Shamsoddini A, Sobhani V, Ghamar Chehreh ME, Alavian SM, Zaree A. Effect of aerobic and resistance exercise training on liver enzymes and hepatic fat in iranian men with nonalcoholic fatty liver disease. *Hepat Mon*. 2015;**15**(10):e31434. doi: [10.5812/hepatmon.31434](https://doi.org/10.5812/hepatmon.31434) pmid: 26587039
 41. Huang YH, Chiu WC, Hsu YP, Lo YL, Wang YH. Effects of Omega-3 fatty acids on muscle mass, muscle strength and muscle performance among the elderly: a meta-analysis. *Nutrients*. 2020;**12**(12):3739. doi: [10.3390/nu12123739](https://doi.org/10.3390/nu12123739) pmid: 33291698