

The Effect of Aquatic Exercise on Selected Blood Indices, Body Composition, and Motor Performance in Elderly Men with Sarcopenia

Mohammad Fazel. Sabbaghi¹, Parisa. Pournemati^{2*}, Ali Asghar. Ravasi³

¹ PhD Student of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Alborz Campus

² Assistant Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran

³ Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran

* Corresponding author email address: pournemati@ut.ac.ir

Article Info

Article type:

Original Research

How to cite this article:

Sabbaghi, M. F., Pournemati, P., & Ravasi, A. A. (2024). The Effect of Aquatic Exercise on Selected Blood Indices, Body Composition, and Motor Performance in Elderly Men with Sarcopenia. *Longevity*, 2(4), 35-52.

<https://doi.org/10.61838/kman.longevity.2.4.3>



© 2024 the authors. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

ABSTRACT

This study investigates the effect of aquatic exercise on changes in serum blood levels, body composition, and motor performance in elderly men with sarcopenia. In this research, 24 elderly male volunteers with sarcopenia who met the inclusion criteria were selected. The experimental group (n = 12) participated in aquatic exercise training for eight weeks, with each session lasting 45 minutes. The movement speed for both concentric and eccentric phases was set at 2 seconds; the training load was increased by 1 kilogram every six sessions, and the rest interval between sets was 1 minute. The exercises consisted of simple movements in the sagittal and frontal planes targeting the hip, knee, and ankle joints. The control group (n = 11) only remained in water without exercising for six weeks. The criteria of the European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) were used to assess sarcopenia, and the Geriatric Locomotive Function Scale (GLFS-25) was employed to evaluate motor performance across various dimensions of daily living in the elderly. A 5 cc blood sample was drawn from the antecubital vein of each participant in a seated position, and serum levels of IGF-1, TGF- β , myostatin, and follistatin were measured using the ELISA method. Blood samples were collected in the morning, after 15 minutes of seated rest. The ioi353 body composition analyzer was used for evaluating body composition. Analysis of covariance (ANCOVA) and Bonferroni post-hoc tests were applied at a significance level of $\alpha \leq 0.05$. The findings indicated that aquatic exercise led to improvements in serum IGF-1 levels ($\eta = 0.22$, $p = 0.027$) and follistatin ($\eta = 0.36$, $p = 0.003$) in elderly men with sarcopenia. No significant changes were observed in serum TGF- β ($p = 0.626$) and myostatin ($p = 0.508$) levels after eight weeks of aquatic training. Additionally, aquatic exercise resulted in improvements in body composition (weight, fat mass, muscle mass, body mass index) in elderly men ($\eta \geq 0.40$, $p < 0.001$). Finally, aquatic exercise improved motor performance in elderly men with sarcopenia ($\eta = 0.46$, $p = 0.001$). The results of this study suggest that aquatic exercise can be recommended as a safe and effective method for improving certain muscle-related serum markers, such as IGF-1 and follistatin, as well as enhancing body composition and motor function in this population.

Keywords: aquatic, IGF-1, follistatin, body fat, motor activity, sarcopenia

Introduction

Sarcopenia is increasingly recognized as a degenerative condition defined by the progressive loss of skeletal muscle mass and function, which significantly compromises the quality of life among the elderly (Oliveira et al., 2020). Amid this concern, aquatic exercise has gained traction as a low-impact yet effective intervention for preserving muscle strength and improving motor performance in older adults. The resistance of water offers muscular benefits while minimizing joint strain, thus offering a safe training environment for individuals with limited mobility (Irandoost et al., 2019). Furthermore, aquatic exercise is believed to modulate blood biomarkers related to muscle growth and degeneration, such as insulin-like growth factor-1 (IGF-1), transforming growth factor-beta (TGF- β), myostatin, and follistatin (Bektan Kanat et al., 2024). IGF-1, in particular, promotes muscle protein synthesis via the PI3K/Akt signaling pathway and serves as a vital anabolic agent (Francesca et al., 2019). Conversely, myostatin and TGF- β are catabolic markers that suppress muscle growth (Lan et al., 2024), whereas follistatin counteracts myostatin, supporting muscle maintenance (Huang et al., 2024). While prior research suggests that physical exercise may favorably influence these biomarkers, the evidence, particularly concerning aquatic training, remains inconclusive (Huang et al., 2024).

Thus, given the multidimensional implications of sarcopenia on elderly health and the potential of aquatic exercise to target both functional and biochemical indicators, this study aimed to evaluate the effect of an eight-week aquatic training program on blood biomarkers, body composition, and motor performance in elderly men diagnosed with sarcopenia.

Methods and Materials

This semi-experimental study employed a pre-test/post-test design with a control group. A total of 24 elderly men aged 60 to 75 years from Qazvin, Iran, meeting the European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) criteria, were selected through purposive and convenient sampling. Participants were randomly assigned to either an experimental group ($n = 12$) undergoing aquatic exercise, or a control group ($n = 11$) engaging only in passive immersion without exercise. Inclusion criteria included absence of cardiovascular disease, joint disorders, and fear of water, while exclusion criteria included use of assistive walking devices and regular exercise in the past six months.

Participants in the intervention group completed aquatic training for eight weeks, three 45-minute sessions per week. Exercises were conducted in four phases, progressively increasing intensity and resistance (weights increased by 1 kg every six sessions). Movements included flexion/extension and adduction/abduction targeting hip, knee, and ankle joints. All exercises were guided by a certified aquatic fitness instructor. Water temperature was maintained between 26–29°C, and intensity was monitored using the Borg scale (RPE 9–11). Pre- and post-intervention assessments included anthropometric measurements (height, weight, BMI, fat mass, lean body mass using ioi353), motor performance using the Geriatric Locomotive Function Scale (GLFS-25), and serum biomarker analysis (IGF-1, TGF- β , myostatin, and follistatin) via ELISA.

Data analysis was conducted using SPSS-19. After confirming normality via the Shapiro-Wilk test, ANCOVA and Bonferroni post hoc tests were used at a significance level of $\alpha \leq 0.05$ to assess between-group differences while controlling for pre-test scores.

Findings and Results

Results confirmed the homogeneity of groups at baseline, with no significant pre-test differences across measured variables. Following the intervention, significant improvements were found in the aquatic exercise group compared to the control group. Specifically, serum IGF-1 levels increased significantly ($\eta^2 = 0.22$, $p = 0.027$), and follistatin levels also rose significantly ($\eta^2 = 0.36$, $p = 0.003$). Although increases in TGF- β and reductions in myostatin were observed in the exercise group, these changes were not statistically significant ($p = 0.626$ and $p = 0.508$, respectively).

In terms of body composition, significant reductions were observed in body weight ($\eta^2 = 0.80$, $p < 0.001$), fat mass ($\eta^2 = 0.93$, $p < 0.001$), and BMI ($\eta^2 = 0.80$, $p < 0.001$). Conversely, lean body mass increased significantly ($\eta^2 = 0.88$, $p < 0.001$). Finally, motor performance, as measured by the GLFS-25, improved significantly in the aquatic exercise group ($\eta^2 = 0.46$, $p = 0.001$), indicating reduced physical disability.

Conclusion

This study demonstrated that an eight-week aquatic exercise program can produce meaningful improvements in biochemical, physiological, and functional indicators associated with sarcopenia in elderly men. Notably, the increase in serum IGF-1 and follistatin levels suggests that aquatic training stimulates anabolic processes beneficial for muscle regeneration. Although changes in TGF- β and myostatin were not statistically significant, their trends still suggest potential regulatory effects requiring further exploration with larger samples or prolonged interventions.

Body composition outcomes, including reductions in fat mass and BMI and gains in lean body mass, further support the utility of aquatic exercise as a safe resistance modality suited to the elderly population. These results underscore the value of water-based resistance training, which enables muscle engagement with minimal joint strain. Improvements in motor performance as indicated by GLFS-25 scores reveal enhanced functional capacity and reduced physical limitation, translating into better quality of life and reduced risk of dependency in daily activities.

In practice, these findings affirm the role of structured aquatic training in the management and possibly prevention of sarcopenia-related decline. As an accessible and joint-friendly exercise modality, aquatic training holds promise for broad application in geriatric health promotion programs. Future research should explore the gender-specific effects, optimal training durations, and potential synergies with nutritional supplementation to maximize benefits. Overall, this study adds to the growing body of evidence supporting aquatic exercise as a holistic intervention capable of enhancing both internal health markers and external functional abilities in older adults with sarcopenia.

تأثیر ورزش در آب بر شاخص‌های خونی منتخب، ترکیب بدنی و عملکرد حرکتی در مردان سالمند مبتلابه سارکوپنی

محمدفاضل صباغی^۱، پریسا پورنعمتی^۲، علی اصغر رواسی^۳

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، واحد پردیس البرز، تهران، ایران

۲. استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳. استاد گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: pournemati@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله

پژوهشی/اصیل

نحوه استناد به این مقاله:

صباغی، محمدفاضل، پورنعمتی، پریسا، و رواسی، علی اصغر. (۱۴۰۳). تأثیر ورزش در آب بر شاخص‌های خونی منتخب، ترکیب بدنی و عملکرد حرکتی در مردان سالمند مبتلابه سارکوپنی. *طول عمر*، ۲(۴)، ۵۲-۳۵.



© ۱۴۰۳ تمامی حقوق انتشار این مقاله متعلق به نویسنده است. انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با گواهی (CC BY-NC 4.0) صورت گرفته است.

این مطالعه به بررسی اثر ورزش در آب بر تغییرات در سطوح سرمی خونی، ترکیب بدنی و عملکرد حرکتی در مردان سالمند مبتلابه سارکوپنی می‌پردازد. در این پژوهش، ۲۴ سالمند سارکوپنی داوطلب که معیارهای ورود به مطالعه را داشتند، انتخاب شدند. گروه تجربی (۱۲ نفر)، تمرینات ورزش در آب طی هشت هفته و هر جلسه تمرینی در مدت ۴۵ دقیقه را انجام داد. سرعت حرکات برای هر دو فاز درون‌گرا و برون‌گرا ۲ ثانیه، میزان افزایش بار تمرینی ۱ کیلوگرم در هر شش جلسه و استراحت بین ست‌ها ۱ دقیقه پیش‌بینی شد. تمرینات شامل حرکات ساده در محورهای ساجیتال و فرونتال برای مفاصل هیپ، زانو و مچ پا بود و گروه کنترل (۱۱ نفر) تنها با حضور در آب برای شش هفته پیگیری شدند. از معیارهای کارگروه اروپایی سارکوپنی در افراد سالمند (EWGSOP) برای بررسی سارکوپنی در سالمندان و از مقیاس عملکرد حرکتی سالمندان (GLFS-۲۵) برای سنجش عملکرد حرکتی در ابعاد مختلف زندگی روزمره سالمند استفاده شد. ۵ سی‌سی خون از ورید بازویی آزمودنی‌ها در حالت نشسته گرفته شد و مقادیر IGF-۱ و TGF-β، مایوستاتین و فولیستاتین سرمی با استفاده از روش الایزا اندازه‌گیری شد. نمونه‌های خونی در وضعیت نشسته، پس از ۱۵ دقیقه استراحت در صبح از ورید بازویی گرفته شد. در نهایت از دستگاه آنالیز بدن ioi۳۵۳ برای ارزیابی ترکیب بدنی استفاده شد. از آزمون تحلیل کوواریانس و آزمون تعقیبی بونفرونی در سطح معنی‌داری آلفای کوچک‌تر یا مساوی ۰/۰۵ استفاده شد. یافته‌های تحقیق نشان داد که ورزش در آب منجر به بهبود سطوح سرم IGF-۱ ($p=0.003$) و فولیستاتین ($p=0.003$) و مایوستاتین ($p=0.008$) پس از هشت هفته که تمرینات ورزش در آب تغییرات معنی‌داری نشان نداد. همچنین تمرینات ورزش در آب منجر به بهبود ترکیب بدنی (وزن، توده چربی، توده عضلانی، نمایه توده بدنی) مردان سالمند شد ($p<0.001$). در نهایت، تمرینات ورزش در آب منجر به بهبود عملکرد حرکتی مردان سالمند دارای سارکوپنی می‌شود ($p=0.001$). نتایج این پژوهش نشان داد که تمرینات ورزش در آب، می‌تواند به عنوان یک روش ایمن و مؤثر برای بهبود برخی سطوح سرمی مرتبط با عضله از جمله IGF-۱ و فولیستاتین، وضعیت ترکیب بدنی و بهبود عملکرد حرکتی در این گروه از افراد توصیه شود.

کلیدواژه‌ها: IGF-1، فولیستاتین، چربی بدن، فعالیت حرکتی، سارکوپنی

مقدمه

طبق تعریف سازمان بهداشت جهانی، سارکوپنی به عنوان یک بیماری با کاهش عضلات اسکلتی و قدرت عضلانی شناخته می شود که تأثیرات منفی زیادی بر کیفیت زندگی افراد سالمند می گذارد (Oliveira et al., 2020). این اختلال می تواند به ضعف عضلانی، کاهش عملکرد حرکتی و افزایش خطر سقوط و آسیب های جسمی منجر شود. علاوه بر این، تغییرات ترکیب بدنی مانند کاهش توده عضلانی و افزایش چربی بدن از ویژگی های برجسته سارکوپنی هستند که می توانند سلامت عمومی سالمندان را تهدید کنند (Prado et al., 2024). با توجه به اینکه توده عضلانی حدود ۶۰ درصد از توده کل بدن را تشکیل می دهد، هرگونه تغییرات پاتولوژی در این بافت حیاتی و متابولیسمی فعال می تواند پیامدهای جدی و گسترده ای برای افراد سالمند به همراه داشته باشد. این تغییرات، به ویژه در زمینه سارکوپنی، در سالمندان منجر به عواقب شدیدتری می شود، زیرا کاهش قدرت عضلانی و اختلالات عملکردی ناشی از این بیماری می تواند موجب بروز مجموعه ای از مشکلات بهداشتی مانند افت عملکرد حرکتی، ناتوانی و ضعف عضلانی شده که تأثیرات منفی زیادی بر کیفیت زندگی افراد سالمند دارد (Wang & Bai, 2012). از سوی دیگر، رشد سریع جمعیت سالمندان در دهه های اخیر، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، چالش های جدی برای سیستم های بهداشتی به همراه داشته است. یکی از مشکلات عمده در این گروه سنی، شیوع بالای سارکوپنی است (Irandoost et al., 2019). با شروع دهه چهارم زندگی، شواهد نشان می دهد که توده عضلانی و قدرت عضلات اسکلتی به صورت خطی کاهش می یابد، به طوری که تا دهه هشتم زندگی تا ۵۰ درصد از توده از دست می رود که با کاهش توده و قدرت عضلانی تأثیرات منفی زیادی استقلال و سالمندان دارد. از این رو می تواند بار زیادی بر سیستم های بهداشتی و مراقبتی وارد کند، زیرا نیاز به درمان های تخصصی و مراقبت های طولانی مدت برای مدیریت این بیماری وجود دارد (Wang & Bai, 2012).

در این زمینه و در میان انواع مختلف فعالیت های ورزشی، تمرینات آبی به عنوان یکی از روش های مؤثر در بهبود قدرت عضلانی و عملکرد حرکتی در افراد سالمند شناخته شده اند. ورزش در آب به دلیل اثرات مثبت بر ترکیب بدنی و کمترین فشار بر مفاصل، ممکن است برای افراد سالمند مبتلا به سارکوپنی مناسب باشد. آب به عنوان یک محیط مقاوم، به تقویت قدرت عضلانی کمک کرده و همچنین به دلیل نیروی شناوری آب، فشار کمتری به مفاصل وارد می کند و محیطی امن را برای سالمندی با ناتوانی عملکردی محیا می کند. علاوه بر این، این نوع تمرینات موجب افزایش گردش خون، کاهش خطر آسیب و بهبود عملکرد حرکتی می شود (Irandoost et al., 2019; Taheri et al., 2018).

سارکوپنی با چندین شاخص خونی مهم نیز مرتبط است که هر یک نقشی کلیدی در تنظیم و حفظ توده عضلانی ایفا می کنند. این شاخص ها شامل فاکتور رشد شبه انسولینی نوع ۱ (IGF-1)، فاکتور رشد تغییر شکل دهنده بتا (TGF-β)، میوستاتین^۳، و فولیستاتین^۴ هستند. تغییرات در سطوح سرمی این شاخص ها می تواند نشان دهنده وضعیت عضلات و پیشرفت سارکوپنی باشد (Bektan Kanat et al., 2024). IGF-1 از طریق مسیرهای سیگنالی مختلفی مانند مسیر PI3K/Akt نقش خود را ایفا می کند که به افزایش سنتز پروتئین در عضلات و جلوگیری از تحلیل رفتن آن ها کمک می کند. بنابراین، کاهش IGF-1 می تواند منجر به تحلیل عضلانی و تشدید سارکوپنی شود (Francesca et al., 2019). TGF-β و میوستاتین هر دو فاکتورهای ضد آنابولیک هستند که فرآیندهای کاتابولیک در عضلات را تحریک می کنند. میوستاتین به ویژه به عنوان یک مهارکننده قوی رشد عضلانی شناخته شده است و سطوح بالای آن با کاهش توده عضلانی و پیشرفت سارکوپنی

¹ Insulin-like growth factor 1

² Transforming growth factor-β

³ Myostatin

⁴ Follistatin

مرتبط است. افزایش فعالیت مایوستاتین می‌تواند باعث مهار سیگنال‌های آنابولیک و افزایش تجزیه پروتئین عضلانی شود (Lan et al., 2024). فولیستاتین یک پروتئین است که به‌طور طبیعی اثر مایوستاتین را مهار می‌کند. سطوح بالای فولیستاتین می‌تواند به حفظ یا افزایش توده عضلانی کمک کند. درواقع، فولیستاتین از طریق مهار مایوستاتین، فرآیندهای کاتابولیک را کاهش می‌دهد و باعث تقویت سیگنال‌های آنابولیک در عضلات می‌شود (Huang et al., 2024). به نظر می‌رسد تمرینات بدنی بر سطوح مولکولی و پروتئینی مرتبط با رشد عضلات و بهبود عملکرد بدنی در سالمندان نقش دارد (Huang et al., 2024; Scartoni et al., 2024).

با توجه به افزایش شیوع سارکوپنی در جمعیت سالمند و تأثیرات منفی آن بر سلامت جسمانی و روانی این گروه، پژوهش در زمینه یافتن راهکارهای مؤثر برای مقابله با این بیماری ضروری است. در سال‌های اخیر، مطالعات مختلفی در زمینه تأثیر تمرینات ورزشی بر افراد سالمند مبتلا به سارکوپنی انجام شده است. تحقیقاتی که در سال‌های اخیر انجام شده‌اند، نشان داده‌اند که ورزش در آب می‌تواند به کاهش توده چربی بدن، افزایش توده عضلانی و بهبود شاخص‌های خونی مانند سطح گلوکز و لیپیدها در افراد سالمند کمک کنند. این نتایج نشان‌دهنده اهمیت این نوع تمرینات در مقابله با مشکلات ناشی از سارکوپنی هستند (da Silva Gonçalves et al., 2023; Lee et al., 2023). درحالی‌که بسیاری از مطالعات بر تأثیر مثبت ورزش در آب تأکید دارند، تحقیقات دیگری نیز در تلاش‌اند تا برخی از محدودیت‌ها و چالش‌های موجود در این زمینه را روشن کنند. از سوی دیگر برخی تحقیقات نشان دادند که اثربخشی ورزش در آب در سالمندان ممکن است تحت تأثیر عواملی مانند شدت و مدت‌زمان تمرینات، سطح آمادگی بدنی فرد و نوع سارکوپنی موجود در بدن باشد (Melo et al., 2023). این چالش‌ها می‌تواند تأثیرات متفاوتی در افراد مختلف به همراه داشته باشد، بنابراین نیاز به تحقیقات بیشتر در این زمینه وجود دارد.

با توجه به اینکه سارکوپنی با تغییرات در شاخص‌های خونی ارتباط دارد و این شاخص‌ها نقشی کلیدی در تنظیم و حفظ توده عضلانی ایفا می‌کنند، پژوهش‌ها در این زمینه نشان می‌دهند که تمرینات ورزشی می‌توانند بر سطوح این فاکتورها تأثیر بگذارند (Bektan et al., 2024; Kanat et al., 2024; Francesca et al., 2019; Lan et al., 2024). بااین‌حال، هنوز اثرات تمرینات به‌ویژه ورزش در آب بر این شاخص‌ها به‌وضوح مشخص نشده است. برخی از مطالعات نشان می‌دهند که تمرینات ورزشی می‌توانند سطوح مایوستاتین را کاهش داده و IGF-1 را افزایش دهند، درحالی‌که سایر تحقیقات اشاره دارند که این اثرات ممکن است بسته به نوع تمرینات، شدت و مدت‌زمان متفاوت باشند (Lan et al., 2023; Melo et al., 2023). ازاین‌رو به نظر می‌رسد به تحقیقات بیشتری در این زمینه نیاز است تا اثرات دقیق این تمرینات بر شاخص‌های خونی مرتبط با سارکوپنی مشخص شود.

درنهایت با توجه به این موضوع که ورزش در آب محیطی ایمن و مناسب برای سالمندان به‌ویژه افراد مبتلا به سارکوپنی است که به دلیل تغییرات در ترکیب بدنی و کاهش قدرت عضلانی، با افت عملکرد حرکتی و احتمال سقوط روبرو می‌شوند. این تحقیق باهدف بررسی تأثیر ورزش در آب بر شاخص‌های خونی منتخب، ترکیب بدنی و عملکرد حرکتی در مردان سالمند مبتلا به سارکوپنی به دنبال بهبود درک بیشتر از تأثیرات ورزش در آب برای پیشگیری از سارکوپنی و بهبود سلامت سالمندان دارای سارکوپنی است.

روش پژوهش

تحقیق حاضر تغییرات شاخص‌های خونی منتخب، ترکیب بدن و عملکرد حرکتی در مردان سالمند دارای سارکوپنی را پس از ۸ هفته تمرینات ورزش در آب را موردبررسی قرار داد. بنابراین با توجه به ماهیت موضوع و اهدافی که در این تحقیق دنبال شد. این تحقیق کاربردی و از نوع نیمه تجربی است که با طرح تحقیق پیش‌آزمون و پس‌آزمون همراه با گروه کنترل بود. جامعه موردتحقیق را مردان سالمند ۶۰ تا ۷۵ سال قزوین تشکیل دادند. نمونه آماری از نوع در دسترس و هدفمند بود. به این منظور با استفاده از نرم‌افزار (G Power 3.1.9.2)

Freeware. University of Dusseldorf, Dusseldorf, Germany) مبتنی بر آزمون کوواریانس با توان آماری ۸۰ درصد و در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده و حجم نمونه تعیین ۱۸ نفر تعیین شد. برای جلوگیری از ریزش احتمالی تعداد ۲۴ نفر شرکت کننده مرد دارای معیارهای ورود به تحقیق، وارد این پژوهش شدند. (۱) افراد سالمند بالای ۶۰ سال دارای سارکوپنی (۲) عدم وجود اختلالات آرتروز مفاصل تحتانی و فوقانی (۳) تکمیل رضایت نامه و پرسشنامه آمادگی فعالیت بدنی^۱ (۴) نداشتن سابقه بیماری قلبی-عروقی (۵) عدم ترس از آب (۶) استفاده نکردن از ویلچر، واکر یا هر وسیله کمکی دیگر برای راه رفتن (۷) عدم استعمال دخانیات (۸) نداشتن فعالیت ورزشی منظم در شش ماه گذشته (۹) نداشتن سابقه قهرمانی (۱۰) انجام آزمون ارزیابی کوتاه عملکرد بدنی^۲ و کسب نمره بزرگ تر از نه. سارکوپنیا بر اساس معیارهای کارگروه اروپایی سارکوپنیا در افراد سالمند (EWGSOP)^۳ اندازه گیری شد (Hashemi et al., 2016). نقطه برش برای تعیین سارکوپنی: (الف) توده عضلانی: شاخص توده عضلانی اسکلتی (SMI) کمتر از ۸/۸۷ کیلوگرم بر مترمربع در مردان و کمتر از ۶/۴۲ کیلوگرم بر مترمربع در زنان، (ب) قدرت عضلانی (اندام تحتانی): در مردان و زنان کسب زمان بیشتر از ۱۵ ثانیه در آزمون Chair stand test و (ج) عملکرد فیزیکی: سرعت راه رفتن پایین تر ۰/۸ متر بر ثانیه در مسافت سه متر تعیین شد. SMI از تقسیم توده عضلات اسکلتی بر قد افراد برحسب مترمربع که توسط جانسن^۴ و همکاران ارائه شده است (Hassan et al., 2016). در ابتدای تحقیق، روش اجرا برای شرکت کنندگان توضیح داده شد و رضایت نامه کتبی جهت حضور در تحقیق و گواهی تأیید پزشک جهت انجام تمرینات ورزش در آب از آن ها اخذ شد. به تمامی شرکت کنندگان در این پژوهش اطمینان داده شد که در صورت بروز کوچک ترین مشکل در طی تمرینات می توانند از تحقیق خارج شوند. گروه تجربی (۱۲ نفر)، هشت هفته تمرینات ورزش در آب را با حضور مربی رسمی ورزش در آب و یک نفر منجی غریق انجام دادند و گروه کنترل (۱۱ نفر)، تنها در وقت مقرر در آب حضور یافتند و فعالیت بدنی انجام ندادند. یک آزمودنی از گروه کنترل به دلیل عدم تمایل به ادامه شرکت در تمرینات از تحقیق خارج شد. طرح تحقیق به تأیید کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی قزوین با کد IR.QUMS.REC.1403.166 رسیده است.

پس بعد از غربالگری اولیه، افراد سالمندی که مظنون به سارکوپنی هستند شناسایی شدند. یک هفته قبل از شروع برنامه های تمرینی ورزش در آب، سه جلسه جهت آشنایی با مداخلات تحقیق و محیط آبی برگزار و روند اجرای تمرینات توضیح داده شد. تمرینات ورزش در آب طی هشت هفته ۳ جلسه ۴۵ دقیقه ای انجام شد. در جلسه اول، از آزمودنی ها اندازه های آنتروپومتری قد، وزن و شاخص های ترکیب بدنی شامل: نمایه توده بدن و درصد چربی بدن به کمک دستگاه آنالیز بدن برای ارزیابی ترکیب بدنی مدل Body Composition ioi353 ساخت کمپانی JAWON کره اندازه گیری شد. همچنین مقیاس عملکرد حرکتی سالمندان (GLFS-25)^۵ که رایج ترین ابزار مورد استفاده برای نظارت بر سندرم حرکتی در سالمندان است استفاده شد که می تواند عملکرد حرکتی را در ابعاد مختلف زندگی روزمره سالمند ارزیابی کند. این پرسشنامه شامل ۲۵ گویه است که به عنوان یک ابزار استاندارد برای ارزیابی وضعیت عملکردی و حرکتی سالمندان طراحی شده است (Tokida et al., 2020) و ابعاد مختلف زندگی سالمندان (درد، فعالیت های روزانه، روابط اجتماعی و سلامت روانی) را ارزیابی می کند. هر یک از سؤالات این مقیاس بر اساس یک مقیاس پنج امتیازی (۰ تا ۴ امتیاز) نمره گذاری می شود، به طوری که امتیاز کل می تواند بین ۰ تا ۱۰۰ متغیر باشد. زیرمقیاس درد بدنی به بررسی درد یا ناراحتی بدنی می پردازد که می تواند بر توانایی های حرکتی و کیفیت زندگی سالمندان تأثیر بگذارد. زیرمقیاس مشکلات مرتبط با حرکت به ارزیابی مشکلات مرتبط با فعالیت های حرکتی پایه نظیر بلند شدن، نشستن و حرکت کردن

¹ Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q)

² Short Physical Performance Battery (SPPB)

³ European Working Group on Sarcopenia in Older People

⁴ Janssen

⁵ The 25-question Geriatric Locomotive Function Scale

پرداخته و نشانگر توانایی حرکتی پایه فرد است. زیرمقیاس فعالیت‌های روزمره به توانایی سالمند در انجام فعالیت‌های عادی روزانه مانند خوردن، لباس پوشیدن و نظافت شخصی مربوط می‌شود. زیرمقیاس فعالیت‌های اجتماعی به ارزیابی مشارکت سالمند در فعالیت‌های اجتماعی، تعاملات و روابط اجتماعی می‌پردازد که نقشی کلیدی در کیفیت زندگی فرد ایفا می‌کند. سرانجام، زیرمقیاس شناخت به ارزیابی توانایی‌های شناختی، از جمله تمرکز و حافظه سالمندان، می‌پردازد. دامنه نمره دهی پرسشنامه GLFS-25 به چهار سطح تقسیم می‌شوند: نمره ۰ تا ۶ به عنوان "LS-غیر" (عدم وجود مشکل)، نمره ۷ تا ۱۵ به عنوان "LS-1" (مرحله اول کاهش عملکرد حرکتی)، نمره ۱۶ تا ۲۳ به عنوان "LS-2" (مرحله دوم کاهش عملکرد حرکتی)، و نمره ۲۴ تا ۱۰۰ به عنوان "LS-3" (مرحله سوم کاهش عملکرد حرکتی) در نظر گرفته می‌شود. این مقیاس از روایی و پایایی مطلوبی برای سالمندان دارای سارکوپنی برخوردار است (Tokida et al., 2020). آزمودنی‌ها همچنین پروتکل آزمون ارزیابی کوتاه عملکرد بدنی^۱ را اجرا می‌کنند و افرادی که نمره آن‌ها بزرگ‌تر مساوی ۹ باشد ($SPPB \leq 9$) از تحقیق خارج شدند (Martins et al., 2015). پیش از مداخله تمرینی و ۴۸ ساعت پس از اتمام آخرین جلسه تمرین، ۵CC خون از ورید بازویی آزمودنی‌ها در حالت نشسته گرفته شد و بلافاصله به لوله‌های حاوی ماده ضد انعقاد ریخته و پس از انتقال به آزمایشگاه، مقادیر مایوستاتین، فولیستاتین، IGF-1 و TGF- β سرمی با استفاده از روش الایزا اندازه‌گیری شد. نمونه‌های خونی در وضعیت نشسته، پس از ۱۵ دقیقه استراحت (۵ سی‌سی) در صبح از ورید بازویی گرفته می‌شود. به این صورت که نمونه‌های خونی ۱۵ دقیقه در حرارت معمولی نگه‌داشته شد تا لخته شوند. بعد از ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس با سرعت سه هزار دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس سرم به درون میکروتیوب ریخته شد و در دمای منفی ۸۰ درجه سانتی گرا منجمد می‌شود. IGF-1 و TGF- β با کیت تجاری DRG IGF-I 600 ELISA Kit با حساسیت اندازه‌گیری ۱/۲۹ نانوگرم در میلی‌لیتر و ۲ نانوگرم در میلی‌لیتر به روش آنزیم رادیو ایمنواسی اندازه‌گیری شد (Bektan Kanat et al., 2024; Francesca et al., 2019; Lan et al., 2024).

برنامه تمرینی برای تحقیق حاضر در چهار فاز مختلف (هر شش جلسه یک فاز) و برای گروه‌های عضلانی اندام تحتانی با توجه به ملاحظات و محدودیت‌های سالمندان طراحی شده و بر اساس توصیه‌های ACSM برای این گروه سنی در آب اجرا شد (Araújo et al., 2017; Association, 2017). در عین تمرکز روی تقویت عضلات اندام تحتانی، سعی شد تا تمامی حرکات با داشتن اجزا عصبی عضلانی تأثیر مثبت در بهبود کنترل عصبی عضلانی نمایند و برای این منظور کیفیت اجرای حرکات در برنامه تمرینی حاضر بسیار مهم و مدنظر است. دمای آب توصیه‌شده برای سالمندان با توجه به اهداف تمرین، ۲۶ تا ۲۹ درجه سلسیوس بود (Association, 2017). تمام تمرینات اندام تحتانی در لبه استخر با تکیه دست‌ها به دیواره استخر انجام شد (Araújo et al., 2015; Association, 2017). شدت تمرین در این تحقیق با تلاش قابل‌درک ۹ الی ۱۱ از مقیاس استاندارد بورگ بود (Association, 2017). هر جلسه تمرینی در مدت ۴۵ دقیقه و در سه بخش اصلی گرم کردن، بخش اصلی و سرد کردن بود و مدت‌زمان گرم کردن ۷ دقیقه، بخش اصلی ۳۰ دقیقه و سرد کردن ۸ دقیقه می‌باشد. برای اطمینان از ایمنی و تکنیک صحیح تمرین، سرعت حرکات برای هر دو فاز درون‌گرا و برون‌گرا ۲ ثانیه، میزان افزایش بار تمرینی ۱ کیلوگرم در هر شش جلسه و استراحت بین ست‌ها ۱ دقیقه پیش‌بینی شد (Araújo et al., 2015).

اطلاعات به‌دست‌آمده از تحقیق با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ و با استفاده از آمار توصیفی و استنباطی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بعد از مشخص گردیدن طبیعی بودن توزیع داده‌ها به وسیله آزمون شاپیرو ویلک، و برای داده‌های طبیعی از آزمون تحلیل کوواریانس و آزمون تعقیبی بونفرونی در سطح معنی‌داری آلفای کوچک‌تر یا مساوی ۰/۰۵ استفاده شد.

¹ Short Physical Performance Battery Protocol (SPPB)

جدول ۱

برنامه میکروسیکل تمرینی ورزش در آب

هفته	نوبت/تکرار	تمرین (هر دو اندام راست و چپ)	استراحت بین نوبت	وزنه/کیلوگرم	زمان
۲-۱	۳×۱۵	Hip flexion and extension Hip adduction and abduction Knee flexion and extension Dorsi and Plantar flexion Toe flexion and extension	۱ دقیقه	۰	۳۰ دقیقه
۴-۳	۳×۱۵	Hip flexion and extension Hip adduction and abduction Knee flexion and extension Dorsi and Plantar flexion Toe flexion and extension	۱ دقیقه	۱	۳۰ دقیقه
۶-۵	۳×۱۵	Hip flexion and extension Hip adduction and abduction Knee flexion and extension Dorsi and Plantar flexion Toe flexion and extension	۱ دقیقه	۲	۳۰ دقیقه
۸-۷	۳×۱۵	Hip flexion and extension Hip adduction and abduction Knee flexion and extension Dorsi and Plantar flexion Toe flexion and extension	۱ دقیقه	۳	۳۰ دقیقه

یافته‌ها

با توجه به مقادیر به دست آمده از آزمون شاپیرو ویلک، مقدار P بیشتر از عدد بحرانی در سطح ۰/۰۵ بود که توزیع نرمال داده‌ها را نشان داد. از این رو برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های پارامتریک استفاده شد. نتایج آزمون آنالیز واریانس یک طرفه قبل از مداخله تمرینی، تفاوت معنی داری بین هیچ یک از متغیرهای تحقیق نشان نداد ($p > 0/05$) که نشان دهنده همگنی افراد در گروه‌های تصادفی مربوطه دارد. ویژگی‌های فردی شرکت کنندگان به همراه نتایج آزمون ANOVA برای همگنی گروه‌ها در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲

ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها (انحراف معیار ± میانگین)

متغیرها/گروه‌ها	ورزش در آب (n=۱۲)	کنترل (n=۱۱)	معنی داری
سن (سال)	۶۶/۷±۰۴/۲۹	۶۸/۶±۷۹/۲۷	۰/۳۴۵
قد ایستاده (سانتی متر)	۱۶۷/۳±۵۵/۳۱	۱۶۸/۲±۸۷/۱۰	۰/۱۵۴
وزن (کیلوگرم)	۶۴/۵±۴۷/۷۳	۶۴/۶±۸۵/۵۳	۰/۸۸۱
نمایه توده بدنی (کیلوگرم/مترمربع)	۲۱/۱±۴۳/۹۷	۲۱/۲±۹۰/۲۳	۰/۸۸۱

جدول ۳ متغیرهای مورد آزمون در ۲ گروه ورزش در آب و کنترل را نشان می‌دهد که شامل شاخص‌های منتخب خونی (IGF-1، TGF-β، مایوستاتین و فولیستاتین)، ترکیب بدنی شامل (وزن بدن، توده چربی، توده بدون چربی و نمایه توده بدن) و عملکرد حرکتی است.

جدول ۳

آمار توصیفی مربوط به آزمون‌ها در دو گروه تحقیق در پیش‌آزمون و پس‌آزمون (انحراف معیار $\pm$ میانگین)

متغیر	گروه‌ها	ورزش در آب	کنترل
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون
شاخص‌های	IGF-1 (ng/ml)	۹۵/۱۶ $\pm$ ۴۱/۴۲	۹۸/۱۶ $\pm$ ۶۰/۱۸
منتخب خونی	TGF- β (ng/ml)	۱۳۷/۲۹ $\pm$ ۰۱/۸۵	۱۴۲/۲۹ $\pm$ ۳۸/۵۹
	مایوستاتین (ng/ml)	۱۳۴/۳۳ $\pm$ ۲۲/۵۴	۱۲۹/۲۹ $\pm$ ۵۲/۶۲
	فولیستاتین (ng/ml)	۱۴۵/۲۷ $\pm$ ۱۶/۸۸	۱۴۹/۳۰ $\pm$ ۹۸/۴۳
ترکیب بدنی	W (kg)	۶۴/۵ $\pm$ ۴۷/۷۳	۶۳/۵ $\pm$ ۷۲/۶۹
	FM (kg)	۲۴/۱ $\pm$ ۳۲/۹۲	۲۱/۱ $\pm$ ۳۶/۸۵
	FMM (kg)	۴۰/۴ $\pm$ ۱۴/۸۱	۴۲/۷ $\pm$ ۲۷/۷۳
	BMI (kg/m ²)	۲۱/۱ $\pm$ ۶۹/۹۸	۲۱/۱ $\pm$ ۴۳/۹۷
عملکرد حرکتی	ناتوانی عملکردی (امتیاز)	۶۱/۵ $\pm$ ۰۹/۸۴	۵۶/۶ $\pm$ ۵۳/۸۶
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون
		۹۳/۱۲ $\pm$ ۴۱/۴۴	۹۳/۱۲ $\pm$ ۶۳/۶۵
		۱۶۲/۳۵ $\pm$ ۹۸/۹۱	۱۶۲/۴۰ $\pm$ ۱۶/۷۲
		۱۲۸/۵۰ $\pm$ ۵۲/۴۲	۱۳۰/۵۴ $\pm$ ۷۲/۳۳
		۱۳۱/۲۰ $\pm$ ۶۴/۹۰	۱۳۹/۲۲ $\pm$ ۴۱/۰۴
		۶۵/۶ $\pm$ ۰۸/۴۷	۶۴/۶ $\pm$ ۸۵/۵۳
		۲۲/۳ $\pm$ ۵۸/۰۸	۲۲/۳ $\pm$ ۵۸/۰۷
		۴۲/۷ $\pm$ ۴۵/۷۴	۴۲/۷ $\pm$ ۲۷/۷۳
		۲۱/۲ $\pm$ ۹۰/۲۳	۲۱/۲ $\pm$ ۸۲/۲۶
		۶۱/۶ $\pm$ ۴۲/۰۹	۶۰/۵ $\pm$ ۹۳/۳۴

IGF-1: فاکتور رشد شبه انسولین (نانوگرم بر میلی‌لیتر)، TGF- β : فاکتور رشد تغییردهنده بتا (نانوگرم بر میلی‌لیتر)، W: وزن بدن (کیلوگرم)، FM: توده چربی (کیلوگرم)، FMM: توده بدون چربی (کیلوگرم)، BMI: نمایه توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)

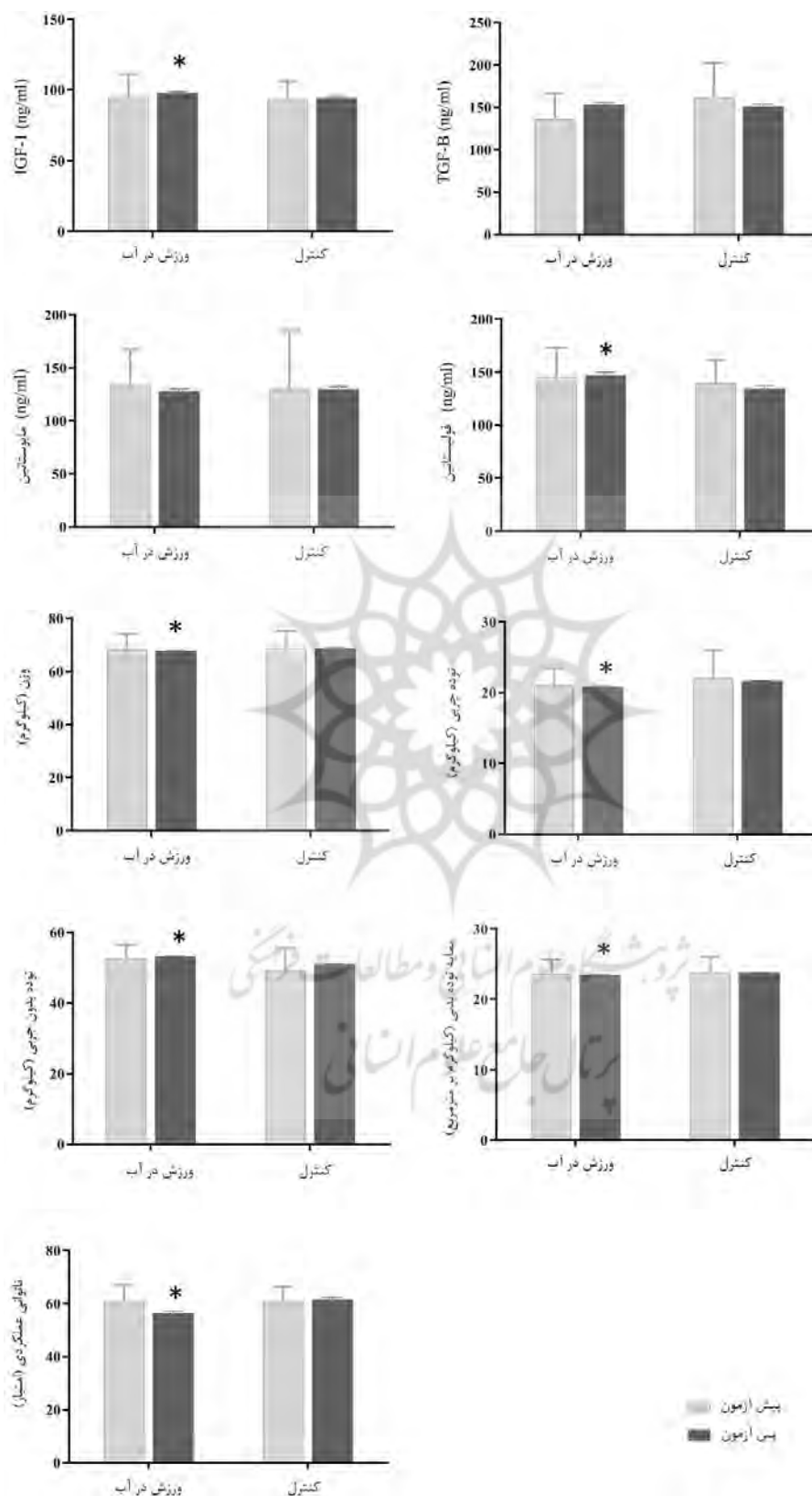
چربی (کیلوگرم)، FMM: توده بدون چربی (کیلوگرم)، BMI: نمایه توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)

از تحلیل کوواریانس برای کنترل اثر پیش‌آزمون برای جهت‌دهی درست فرضیات تحقیق استفاده کرد. پیش‌شرط‌های تحلیل کوواریانس یعنی بالا نبودن همبستگی ($r < 0.8$)، توزیع نرمال باقی‌مانده‌ها و همگنی واریانس‌ها در گروه‌ها برقرار بود. و با برقراری این پیش‌فرض‌ها در آزمون‌های فرضیه از روش کوواریانس استفاده شد. نتایج آزمون کوواریانس نشان داد که سطوح سرم IGF-1 در دو گروه آزمون اختلاف معنادار دارد ($F_{(1, 20)} = 5.73, p = 0.027, \eta^2 = 0.22$) و با توجه به آزمون بونفرونی سطوح سرم IGF-1 در گروه ورزش در آب بهبودیافته است ($MD = 1.87$ و $SD = 2.53$) است. سطوح سرم TGF- β در گروه ورزش در آب بهبودیافته است ($MD = 3.50$ و $SD = 1.46$) است. سطوح سرم مایوستاتین در گروه ورزش در آب کاهش‌یافته است ($MD = 1.87$ و $SD = 2.53$) است. سطوح سرم فولیستاتین در گروه ورزش در آب کاهش‌یافته است ($MD = 3.18$ و $SD = 3.18$) است. و لی از نظر آماری معنادار نبود ($F_{(1, 20)} = 0.46, p = 0.508, \eta^2 = 0.02$). سطوح سرم فولیستاتین در دو گروه آزمون اختلاف معنادار دارد ($MD = -2.15$ و $SD = 3.83$) است. نتایج آزمون کوواریانس برای ترکیب بدنی نشان داد که وزن در دو گروه آزمون اختلاف معنادار دارد. توده چربی در دو گروه آزمون اختلاف معنادار دارد ($F_{(1, 20)} = 5.41, p < 0.01, \eta^2 = 0.21$) و با توجه به آزمون بونفرونی وزن در آب کاهش‌یافته است ($MD = -0.97$ و $SD = 0.11$) است. توده چربی در دو گروه ورزش در آب کاهش‌یافته است ($MD = -1.57$ و $SD = 0.10$) است. توده بدون چربی در دو گروه ورزش در آب افزایش‌یافته است ($MD = 1.07$ و $SD = 0.09$) است. نمایه توده بدنی در دو گروه ورزش در آب کاهش‌یافته است ($MD = -0.34$ و $SD = 0.04$) است. در نهایت عملکرد حرکتی مورد آزمون قرار گرفت و مشخص شد که عملکرد حرکتی در دو گروه اختلاف معنادار دارد ($F_{(1, 20)} = 16.96, p = 0.001, \eta^2 = 0.46$) و با توجه به آزمون بونفرونی، عملکرد حرکتی در گروه ورزش در آب کاهش‌یافته است ($MD = -5.07$ و $SD = 1.23$).

نتایج آزمون بونفرونی برای مقایسه گروه‌ها در پس‌آزمون در شکل زیر بیان شده است.

شکل ۱

نتایج آزمون بونفرونی برای مقایسه گروه‌ها



IGF-1: فاکتور رشد شبه انسولین، TGF-β: فاکتور رشد تغییردهنده بتا، * اختلاف معنی‌دار با گروه کنترل (p < 0.05).

بحث و نتیجه‌گیری

سارکوپنی یکی از مشکلات شایع دوران سالمندی است که با کاهش توده عضلانی و ضعف عملکرد حرکتی همراه است و خطر ناتوانی جسمی را افزایش می‌دهد. ورزش در آب به دلیل فشار کمتر بر مفاصل و افزایش مقاومت طبیعی، احتمالاً یک روش مؤثر و ایمن برای بهبود شرایط جسمانی سالمندان است. این پژوهش به بررسی تأثیر ورزش در آب بر شاخص‌های خونی منتخب، ترکیب بدنی، و عملکرد حرکتی مردان سالمند مبتلا به سارکوپنی پرداخت. نتایج این تحقیق نشان داد که هشت هفته ورزش در آب منجر به افزایش سطوح سرم IGF-1 و فولیستاتین مردان سالمند دارای سارکوپنی می‌شود و با وجود افزایش سطوح سرم TGF- β و کاهش مایوستاتین پس از هشت هفته ورزش در آب، نتایج آزمون آماری معنی‌دار نبود. همچنین تمرینات ورزش در آب منجر به افزایش توده عضلانی و کاهش وزن، توده چربی و نمایه توده بدنی و بهبود عملکرد حرکتی مردان سالمند دارای سارکوپنی شد.

مطالعات نشان داده‌اند که عامل رشد شبه انسولینی ۱ (IGF-1) یک پروتئین حیاتی است که نقش مرکزی در تنظیم رشد و بازسازی عضلات اسکلتی ایفا می‌کند. این پروتئین در چندین ایزوفرم مختلف بیان می‌شود، که هر یک عملکردهای فیزیولوژیکی و بیولوژیکی منحصر به فردی دارند. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که IGF-1 می‌تواند به‌طور مستقیم بر فرآیندهای هیپرتروفی عضلانی و همچنین جلوگیری از تخریب عضلات مرتبط با سن، یعنی سارکوپنی، تأثیرگذار باشند و در فرآیندهای رشد نظام‌مند و ترمیم بافت‌ها نیز نقش دارد (Francesca et al., 2019). IGF-1 می‌تواند به‌طور مؤثر باعث افزایش سنتز پروتئین عضلانی، کاهش تخریب پروتئین، و بهبود عملکرد میتوکندریایی شوند. انواع تمرینات ورزشی به‌ویژه تمریناتی که ماهیت مقاومتی دارند می‌تواند سطوح IGF-1 را افزایش داده که این امر در پیشگیری یا بهبود سارکوپنی مؤثر است (Amiri et al., 2021). یک مطالعه فرا تحلیل و مروری در سال ۲۰۲۰ نشان داد که فعالیت‌های ورزشی به‌ویژه تمرینات مقاومتی و هوازی می‌توانند تولید و ترشح IGF-1 را افزایش دهند. ورزش منظم نه تنها باعث افزایش غلظت کلی IGF-1 می‌شود، بلکه فعالیت ایزوفورم‌های خاص این پروتئین را نیز تغییر داده و موجب تحریک مسیرهای آنابولیک از جمله PI3K/Akt/mTOR می‌شود که برای افزایش سنتز پروتئین عضلانی ضروری است. همچنین، ورزش از طریق IGF-1 می‌تواند فعالیت سلول‌های ماهواره‌ای را تحریک کرده و به بازسازی آسیب‌های عضلانی کمک کند (Jiang et al., 2020). تمرینات مقاومتی اثر بیشتری برافزایش سطوح IGF-1 در مقایسه با تمرینات هوازی دارند، زیرا این نوع تمرینات فشار مکانیکی بیشتری به عضلات وارد کرده و سیگنال‌های آنابولیک قوی‌تری ایجاد می‌کنند. از طرف دیگر، تمرینات هوازی نیز از طریق بهبود گردش خون و کاهش التهاب به تنظیم بیان IGF-1 کمک می‌کنند (Amiri et al., 2021). با افزایش سن، کاهش سطح IGF-1 و اختلال در عملکرد آن می‌تواند منجر به سارکوپنی و کاهش عملکرد عضلانی شود. شواهد حاکی از آن است که ورزش منظم در سالمندان می‌تواند کاهش سطوح IGF-1 را معکوس کرده و نقش محافظتی در برابر افت عملکرد عضلات ایفا کند. همچنین، ترکیب ورزش با تغذیه مناسب، به‌ویژه دریافت پروتئین کافی، می‌تواند اثرات مثبت IGF-1 بر عضلات را تقویت کند (Borst et al., 2002). از سوی دیگر، ورزش در آب که ماهیت هوازی و به‌خصوص مقاومتی دارد چراکه مقاومت آب حدود ۱۲ برابر هوا است علاوه بر اینکه محیطی ایمن را به دلیل نیروی شناوری و کاهش وزن در آب برای سالمندان دارای سارکوپنی ایجاد می‌کند، می‌تواند ماهیت تمرینات را به حالت مقاومتی تبدیل کند (Association, 2017). شواهد مختلف نشان داده‌اند که ورزش در آب با تحریک مسیرهای بیولوژیکی، سطح IGF-1 را افزایش می‌دهد و از این طریق به بهبود قدرت عضلانی و جلوگیری از سارکوپنی کمک می‌کند. ورزش آبی از طریق ویژگی‌های خاصی نظیر فشار هیدرواستاتیک و مقاومت آب، فشار مکانیکی ملایم و پایداری بیشتری بر عضلات وارد می‌کند. این فشارها سیگنال‌های مکانیکی ضروری برای فعال‌سازی مسیرهای سیگنالینگ آنابولیک مانند PI3K/Akt/mTOR را فراهم می‌کنند که منجر به افزایش بیان

IGF-1 و اثرات مثبت آن بر عضلات می‌شود. علاوه بر این، کاهش فشار بر مفاصل و ایجاد محیط کم استرس در ورزش آبی، امکان انجام حرکات بیشتر و مداوم را برای سالمندان فراهم می‌کند، که این امر محرک مداوم و مؤثری برای سنتز IGF-1 ایجاد می‌کند (Kang et al., 2020). همچنین، ورزش آبی گردش خون محیطی و اکسیژن‌رسانی به بافت‌ها را بهبود می‌بخشد. این تغییرات باعث تسهیل تحویل IGF-1 به بافت‌های هدف می‌شود و عملکرد بازسازی عضلات و کاهش التهابات مرتبط با پیری را تقویت می‌کند. علاوه بر این، ورزش در آب با کاهش استرس اکسیداتیو و تنظیم التهاب‌های سیستمیک همراه است که می‌تواند محیط بهینه‌تری برای عملکرد IGF-1 فراهم کند (Lee et al., 2014). نتایج تحقیقات حاکی از آن است که سالمندانی که به‌طور منظم ورزش در آب انجام می‌دهند، نه تنها افزایش قابل توجهی در سطح IGF-1 تجربه می‌کنند، بلکه بهبود عملکرد عضلانی، جلوگیری از کاهش توده عضلانی و بهبود کیفیت زندگی نیز در آنان مشاهده می‌شود (Çetin & Menteş, 2024; Kang et al., 2020).

فولستاتین، یک پروتئین تنظیمی کلیدی، نقش مهمی در مهار مایواستاتین و GDF11 ایفا می‌کند. این عوامل مهارکننده رشد عضلانی می‌توانند در فرآیندهای کاهش توده عضلانی نقش داشته باشند. نتایج مطالعه ما نشان داد که هشت هفته ورزش در آب منجر به افزایش فولستاتین و مهار مایواستاتین می‌شود ولی سطح سرم مایواستاتین از نظر آماری معنی‌دار نبود. ورزش در آب سیگنال‌های مکانیکی ملایمی ایجاد می‌کند که می‌تواند به افزایش سنتز فولستاتین و کاهش اثرات منفی مایواستاتین و GDF11 کمک کنند. فولستاتین با مهار مایواستاتین، که یک عامل کاتابولیک قوی است، فرآیندهای آنابولیک عضلات را تقویت کرده و از کاهش توده عضلانی جلوگیری می‌کند (Bagheri et al., 2020). مطالعات نشان داده‌اند که ورزش در آب به‌طور خاص می‌تواند سطح سرمی فولستاتین را افزایش دهد. این افزایش به دلیل تحریک مسیرهای سیگنالینگ آنابولیک مانند PI3K/Akt و افزایش تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای صورت می‌گیرد. علاوه بر این، مقاومت طبیعی آب باعث افزایش مصرف انرژی و تحریک رشد عضلات می‌شود، درحالی‌که استرس مکانیکی را کاهش می‌دهد، که این امر شرایط بهینه‌ای برای افزایش فولستاتین فراهم می‌کند (Barzegari Marvast et al., 2024). درنهایت نتایج تحقیق نشان داد که ورزش در آب به افزایش فاکتور رشد تغییردهنده بتا ($TGF-\beta$) می‌شود ولی از نظر آماری معنی‌دار نبود و شاید دلیل آن زمان و شدت تمرین‌ها بوده است. مسیر سیگنالینگ فاکتور $TGF-\beta$ به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تنظیم‌کننده‌های کاتابولیسم و آنابولیسم عضلات، نقش کلیدی در شرایط مرتبط با تحلیل عضلانی مانند آتروفی عضلات، سارکوپنی ایفا می‌کند. به‌عنوان یک تنظیم‌کننده اصلی مسیرهای کاتابولیک، از طریق فعال‌سازی مسیرهای Smad و غیر-Smad، نقش اساسی در فرآیند آتروفی عضلات ایفا می‌کند. فعال‌سازی این مسیرها منجر به تحریک فاکتورهای تخریب عضلانی نظیر مایواستاتین می‌شود که یکی از اعضای خانواده $TGF-\beta$ است و مستقیماً سنتز پروتئین عضلانی را سرکوب کرده و تجزیه آن را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، مسیر $TGF-\beta$ می‌تواند با تنظیم بیان ژن‌های مرتبط با تخریب عضلانی مانند MuRF-1 و Atrogin-1، سرعت تحلیل عضلات را افزایش دهد (Lan et al., 2024). سارکوپنی، به‌عنوان کاهش وابسته به سن توده و عملکرد عضلات، با افزایش فعالیت $TGF-\beta$ همراه است. این افزایش با کاهش حساسیت مسیرهای آنابولیک مانند PI3K/Akt/mTOR و افزایش فعالیت مسیرهای کاتابولیک مرتبط است. همچنین، با افزایش سن، سطح فاکتورهای ضدالتهابی کاهش یافته و محیطی پیش التهابی ایجاد می‌شود که فعالیت $TGF-\beta$ را تقویت می‌کند. این شرایط نه تنها تحلیل عضلات را تسریع می‌کند، بلکه فرآیند بازسازی و رشد مجدد عضلات را نیز مختل می‌سازد (Swati, 2022).

نتایج این مطالعه نشان داد که ورزش در آب منجر به بهبود توده عضلانی و کاهش وزن، نمایه توده بدنی و توده چربی و بهبود عملکرد حرکتی می‌شود. مطالعه به‌طور خاص نشان داده است که تمرینات مقاومتی به‌طور مؤثری می‌توانند ترکیب بدنی را بهبود داده و ظرفیت عملکردی عضلات را افزایش دهند. بهبود در توده عضلانی و کاهش چربی بدن در نتیجه این نوع تمرینات مشاهده شده است. علاوه بر این، این

بررسی تأیید کرده است که تمرینات مقاومتی منجر به افزایش عملکرد فیزیکی مانند توانایی انجام فعالیت‌های روزمره، بهبود سرعت راه رفتن، و تعادل می‌شود (da Silva Gonçalves et al., 2023). در تحقیقی مروری و فرا تحلیل در سال ۲۰۲۳ محققان نشان دادند که فعالیت بدنی با شدت متوسط تأثیر مثبتی در پیشگیری از ضعف بدنی در سالمندان دارد. مطالعه شامل ۱۰ پژوهش بود که ۵ مورد از آن‌ها آزمایش‌های تصادفی کنترل‌شده و ۵ مورد دیگر مطالعات طولی بودند. این پژوهش‌ها نشان دادند که فعالیت بدنی می‌تواند در حفظ قدرت عضلانی و جلوگیری از تحلیل آن مؤثر باشد. به‌ویژه، برنامه‌های تمرینی منظم شامل تمرینات مقاومتی، هوازی، انعطاف‌پذیری، و تعادل توصیه می‌شود. این مرور شواهد با اطمینان متوسط نشان می‌دهد که فعالیت بدنی یک مداخله مؤثر برای پیشگیری از ضعف در افراد بالای ۶۵ سال است (Oliveira et al., 2020). برنامه تمرینی ایدئال برای سالمندان باید شامل ترکیبی از تمرینات هوازی، مقاومتی، انعطاف‌پذیری و تعادل باشد و متناسب با توانایی‌ها و اهداف فرد طراحی شود که ورزش در آب در بهبود تمامی این مؤلفه‌ها به‌خوبی نقش بازی می‌کند (Association, 2017). مطالعات متعددی تأیید کرده‌اند که تمرینات مقاومتی، به‌ویژه در کاهش عوارض نامطلوب سارکوپنی، مؤثر هستند (Çetin & Menteş, 2024). به‌عنوان مثال، یک فرا تحلیل از ۴۹ مطالعه با ۱۳۲۸ شرکت‌کننده نشان داد که پس از حدود ۲۰ هفته تمرین مقاومتی، توده عضلانی اسکلتی به‌طور میانگین ۱/۱ کیلوگرم افزایش یافت (Barbagallo et al., 2022). نتایج تحقیقی دیگر نشان داد که ورزش در آب به‌طور معناداری باعث کاهش توده چربی بدن و افزایش توده عضلانی در زنان سالمند مبتلا به چاقی سارکوپنی شد. در این مطالعه، پس از ۱۲ هفته ورزش در آب، درصد چربی بدن در زنان مبتلا به چاقی سارکوپنی کاهش یافت، اما تغییرات معناداری در نمایه توده بدنی مشاهده نشد که شاید به دلیل عدم تغییرات شدید وزنی باشد (Qi et al., 2023).

افزایش سن با کاهش توده عضلانی، تراکم استخوان‌ها و افزایش چربی بدن همراه است که می‌تواند تأثیرات منفی بر ترکیب بدنی و عملکرد فیزیکی افراد سالمند داشته باشد. ورزش در آب به دلیل ویژگی‌های خاص خود نظیر کم‌فشاری بر مفاصل، ایمنی بیشتر و مقاومت طبیعی آب، به‌عنوان یک گزینه مطلوب برای بهبود ترکیب بدنی و عملکرد فیزیکی در سالمندان شناخته شده است. ورزش در آب، به‌عنوان یک روش تمرینی هوازی و مقاومتی، تأثیرات زیادی بر ترکیب بدنی سالمندان دارد (da Silva Gonçalves et al., 2023). تحقیقات نشان داده‌اند که ورزش در آب می‌تواند به کاهش درصد چربی بدن و افزایش توده عضلانی کمک کند. این نوع تمرینات به دلیل ویژگی‌های خاص هیدرو استاتیک آب، مقاومت طبیعی ایجادشده در هنگام حرکت در آب، و فشار آب بر عضلات و مفاصل، به‌طور مؤثری می‌تواند چربی‌های اضافی بدن را کاهش دهند و رشد عضلات را تحریک کنند (Bergamin et al., 2013). بر اساس نتایج فرا تحلیل مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۶، ورزش در آب باعث افزایش قابل‌توجه در توده عضلانی و کاهش چربی بدن در سالمندان شده است. این تغییرات در ترکیب بدنی، نه‌تنها به بهبود ظاهر جسمانی کمک می‌کند بلکه عملکرد فیزیکی کلی و عملکرد حرکتی افراد مسن را بهبود می‌بخشد، که به‌نوبه خود کیفیت زندگی آنان را افزایش می‌دهد (Waller et al., 2016).

مکانیسم‌های تأثیرگذار در این امر را می‌توان به مواردی نسبت داد از جمله: ورزش در آب ویژگی منحصر به فرد مقاومت هیدرو استاتیک را به همراه دارد. زمانی که فرد در آب حرکت می‌کند، آب مقاومت زیادی را ایجاد می‌کند که می‌تواند مشابه تمرینات مقاومتی عمل کند. این مقاومت باعث تحریک عضلات به‌منظور تولید نیرو در برابر آب می‌شود و بهبود رشد عضلانی را تسهیل می‌کند. به‌علاوه، مقاومت آب در تمام جهات (بالا، پایین، و جانبی) باعث فعال‌سازی بیشتر گروه‌های عضلانی می‌شود که به تقویت توده عضلانی و افزایش قدرت کمک می‌کند (Association, 2017). این امر به‌ویژه برای سالمندان مبتلا به سارکوپنی که ممکن است از ضعف عضلانی رنج ببرند، مفید است (Waller et al., 2016). ورزش در آب باعث تحریک مسیرهای آنابولیک مهم مانند PI3K/Akt/mTOR می‌شود که در سنتز پروتئین عضلانی و رشد عضلات نقش دارند. فعالیت عضلات در برابر مقاومت آب باعث فعال‌سازی این مسیرها و افزایش سنتز پروتئین‌های عضلانی می‌شود. به‌ویژه

در سالمندان مبتلا به سارکوپنی، که دچار تحلیل عضلات و کاهش فعالیت سلول‌های ماهواره‌ای (سلول‌های بنیادی عضلانی) هستند، این نوع ورزش می‌تواند به فعال‌سازی مجدد سلول‌های ماهواره‌ای کمک کند و بازسازی عضلات را تسریع کند (Qi et al., 2023). ورزش در آب علاوه بر مزایای مکانیکی، می‌تواند به کاهش استرس اکسیداتیو و التهاب سیستمیک کمک کند. این دو عامل، که از دلایل اصلی ضعف عضلانی در سارکوپنی به شمار می‌آیند، می‌توانند با کاهش عملکرد آنابولیک و افزایش تجزیه پروتئین‌ها و عضلات، روند تحلیل عضلانی را تسریع کنند. مطالعات نشان داده‌اند که تمرینات هوازی و مقاومتی در آب با بهبود شاخص‌های التهابی و کاهش سطح مارکرهای التهابی مانند CRP و $TNF-\alpha$ می‌توانند به جلوگیری از تخریب عضلات و بهبود ترکیب بدنی کمک کنند (Prado et al., 2024). ورزش در آب باعث بهبود حساسیت به انسولین و تنظیم بهتر گلوکز خون می‌شود. این به نوبه خود به کاهش ذخیره چربی و کاهش چربی‌های شکمی کمک می‌کند. با بهبود عملکرد انسولینی و کاهش ذخایر چربی، ورزش در آب می‌تواند منجر به بهبود ترکیب بدنی، کاهش وزن و افزایش توده عضلانی شود (Far et al., 2014). ورزش در آب به دلیل اثرات مثبت بر افزایش متابولیسم پایه و چربی سوزی، می‌تواند به کاهش وزن کمک کند. ورزش در آب باعث بهبود عملکرد سیستم قلبی-عروقی می‌شود، که این امر می‌تواند به بهبود اکسیژن‌رسانی به بافت‌ها و عضلات کمک کند. گردش خون بهتر موجب تغذیه بهتر عضلات و تسریع فرآیندهای بازسازی عضلانی می‌شود. این تأثیرات به ویژه در سالمندان مبتلا به سارکوپنی که ممکن است دچار کاهش اکسیژن‌رسانی به بافت‌ها باشند، مفید است. و درنهایت، ویژگی‌های هیدرو استاتیک آب فشار کمتری بر مفاصل وارد می‌کند. این امر برای سالمندان مبتلا به سارکوپنی که معمولاً دچار مشکلات مفصلی و دردهای ناشی از آن هستند، به ویژه اهمیت دارد. با کاهش فشار بر مفاصل، افراد می‌توانند تمرینات مقاومتی را با شدت بالاتر و مدت زمان بیشتر انجام دهند، که این باعث افزایش اثرات آنابولیک و رشد عضلانی می‌شود (Bagheri et al., 2020; da Silva Gonçalves et al., 2023; Qi et al., 2023). در نتیجه ورزش در آب به دلیل ویژگی‌های خاص خود مانند مقاومت هیدرو استاتیک، کاهش فشار بر مفاصل و تحریک عضلات، می‌تواند به طور مؤثری به بهبود عملکرد حرکتی در سالمندان مبتلا به سارکوپنی کمک کند. این نوع تمرینات باعث افزایش توده عضلانی، بهبود عملکرد قلبی-عروقی، افزایش انعطاف‌پذیری و تعادل، کاهش التهاب و استرس اکسیداتیو، و بهبود حساسیت به انسولین می‌شود. این اثرات به کاهش ضعف عضلانی، افزایش استقامت، و بهبود توانایی انجام فعالیت‌های روزمره در سالمندان کمک کرده و درنهایت به بهبود عملکرد حرکتی شده و استقلال آن‌ها را ارتقا می‌بخشد.

نتایج کاربردی تحقیق نشان می‌دهد که ورزش در آب می‌تواند به عنوان یک مداخله مؤثر برای سالمندان مبتلا به سارکوپنی در نظر گرفته شود. این نوع ورزش موجب بهبود شاخص‌های خونی منتخب از جمله افزایش سطح IGF-1 و فولستاتین شده است که این دو فاکتور نقش مهمی در رشد و بازسازی عضلات دارند. همچنین، بهبود ترکیب بدنی، شامل افزایش توده عضلانی و کاهش چربی بدن، و بهبود عملکرد حرکتی در انجام فعالیت‌های روزمره مشاهده شده است. بنابراین، ورزش در آب می‌تواند به بهبود سلامت فیزیکی، تقویت عملکرد عضلات و افزایش توانایی عملکردی سالمندان مبتلا به سارکوپنی کمک کند. این یافته‌ها تأکید می‌کنند که برنامه‌های تمرینی در آب می‌توانند به عنوان یک استراتژی مؤثر برای مدیریت و پیشگیری از مشکلات ناشی از سارکوپنی در این گروه سنی در نظر گرفته شوند.

این تحقیق دارای محدودیت‌هایی نیز بود، از آنجاکه شرکت‌کنندگان زن در مطالعه گنجانده نشدند، مشخص نیست که آیا نتایج مشابهی برای زنان به دست می‌آید یا خیر. با توجه به تفاوت‌های آشکار جنسیتی در ترکیب بدنی و اجزای سندرم متابولیک، مطالعه‌ای آینده برای روشن کردن اثرات ورزش در آب در زنان، از جمله زنان مبتلا به سارکوپنی، ضروری است.

درنهایت می‌توان بیان کرد که ورزش در آب یک مداخله مؤثر و ایمن برای سالمندان مبتلا به سارکوپنی است که به طور قابل توجهی می‌تواند عملکرد بدنی، ترکیب بدنی و شاخص‌های خونی منتخب را بهبود بخشد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که ورزش در آب باعث افزایش سطح IGF-1 و فولستاتین، دو عامل کلیدی در رشد عضلانی و بازسازی عضلات، می‌شود. علاوه بر این، این نوع تمرینات منجر به افزایش توده

عضلانی، کاهش توده چربی، کاهش وزن و نمایه توده بدنی و بهبود عملکرد حرکتی در انجام فعالیت‌های روزمره می‌شود. این تحقیق همچنین اهمیت ورزش‌های آبی را به عنوان یک روش درمانی برای سالمندان با مشکلات عضلانی و عملکردی تأکید می‌کند و پیشنهاد می‌دهد که این نوع تمرینات در برنامه‌های بهداشتی و ورزشی سالمندان گنجانده شود.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند. این پژوهش برگرفته از رساله دکترای محمدفاضل صباغی، دانشجوی دکترای فیزیولوژی ورزش دانشگاه تهران است.

موازین اخلاقی

این پژوهش با رعایت تمامی اصول اخلاقی در نگارش و انتشار مقاله انجام شده است.

شفافیت داده‌ها

داده‌ها و مآخذ پژوهش حاضر در صورت درخواست از نویسنده مسئول و ضمن رعایت اصول کپی رایت ارسال خواهد شد.

حامی مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

References

- Amiri, N., Fathei, M., & Mosaferi Ziaaldini, M. (2021). Effects of resistance training on muscle strength, insulin-like growth factor-1, and insulin-like growth factor-binding protein-3 in healthy elderly subjects: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Hormones*, 20, 247-257. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s42000-020-00250-6>
- Araújo, J. P., Neto, G. R., Loenneke, J. P., Bembem, M. G., Laurentino, G. C., Batista, G., Silva, J. C., Freitas, E. D., & Sousa, M. S. (2015). The effects of water-based exercise in combination with blood flow restriction on strength and functional capacity in post-menopausal women. *Age*, 37(6), 1-9. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11357-015-9851-4>
- Association, A. E. (2017). *Aquatic fitness professional manual*. Human Kinetics.
- Bagheri, R., Moghadam, B. H., Church, D. D., Tinsley, G. M., Eskandari, M., Moghadam, B. H., Motevalli, M. S., Baker, J. S., Robergs, R. A., & Wong, A. (2020). The effects of concurrent training order on body composition and serum concentrations of follistatin, myostatin and GDF11 in sarcopenic elderly men. *Experimental gerontology*, 133, 110869. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.110869>
- Barbagallo, M., Veronese, N., Di Prazza, A., Pollicino, F., Carruba, L., La Carrubba, A., & Dominguez, L. J. (2022). Effect of calcifediol on physical performance and muscle strength parameters: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 14(9), 1860. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/nu14091860>

- Barzegari Marvast, H., Akbarnejad, A., & Norouzi, J. (2024). Effect of 12 Weeks Incremental Resistance Training on Serum Levels of Myostatin, Follistatin, and IGF-I in Sedentary Elderly Men. *Iranian Journal of War and Public Health*, 16(1), 1-8. <https://doi.org/https://doi.org/10.58209/ijwph.16.1.1>
- Bektan Kanat, B., Suzan, V., Ulugerger Avci, G., Unal, D., Emiroglu Gedik, T., Suna Erdinciler, D., Doventas, A., & Yavuzer, H. (2024). Systemic inflammatory response index and monocyte-to-high density lipoprotein ratio-new biomarkers remarking the inflammation in primary sarcopenia: The SIMPS study. *Bratislava Medical Journal/Bratislavské Lekárske Listy*, 125(5). https://doi.org/https://doi.org/10.4149/blj_2024_49
- Bergamin, M., Ermolao, A., Tolomio, S., Berton, L., Sergi, G., & Zaccaria, M. (2013). Water-versus land-based exercise in elderly subjects: effects on physical performance and body composition. *Clinical interventions in aging*, 1109-1117. <https://doi.org/https://doi.org/10.2147/CIA.S44198>
- Borst, S. E., Vincent, K. R., Lowenthal, D. T., & Braith, R. W. (2002). Effects of resistance training on insulin like growth factor and its binding proteins in men and women aged 60 to 85. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50(5), 884-888. <https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1532-5415.2002.50215.x>
- Çetin, B., & Menteş, A. N. (2024). Effect of Aquatic Exercises on Strength and Quality of Life in Sarcopenia Older Individuals. *Turkish Journal of Sport and Exercise*, 26(1), 12-19. <https://doi.org/https://doi.org/10.15314/tsed.1395197>
- da Silva Gonçalves, L., da Silva, L. S. L., Benjamim, C. R., Tasinafo Jr, M., Bohn, L., Abud, G. F., Ortiz, G., & de Freitas, E. (2023). The effects of different exercise training types on body composition and physical performance in older adults with sarcopenic obesity: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of nutrition, health and aging*, 27(11), 1076-1090. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12603-023-2018-6>
- Far, M. S., Hejazi, S. M., & Boghrabadi, V. (2014). Relationship between 8 weeks exercise in water and insulin resistance. *Advances in Environmental Biology*, 66-71.
- Francesca, A., Laura, B., Gabriella, D., Bacurau, A. V. N., Carmine, N., Emanuele, R., Nadia, R., Scicchitano, B. M., & Antonio, M. (2019). Effects of IGF 1 isoforms on muscle growth and sarcopenia. *Aging Cell*, 2019(april), 1-11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/accel.12954>
- Hashemi, R., Shafiee, G., Motlagh, A. D., Pasalar, P., Esmailzadeh, A., Siassi, F., Larijani, B., & Heshmat, R. (2016). Sarcopenia and its associated factors in Iranian older individuals: Results of SARIR study. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 66, 18-22. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.archger.2016.04.016>
- Hassan, B. H., Hewitt, J., Keogh, J. W., Bermeo, S., Duque, G., & Henwood, T. R. (2016). Impact of resistance training on sarcopenia in nursing care facilities: A pilot study. *Geriatric nursing*, 37(2), 116-121. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2015.11.001>
- Huang, L.-Y., Lim, A. Y., Hsu, C.-C., Tsai, Y.-F., Fu, T.-C., Shyu, Y.-C., Peng, S.-C., & Wang, J.-S. (2024). Sustainability of exercise-induced benefits on circulating MicroRNAs and physical fitness in community-dwelling older adults: a randomized controlled trial with follow up. *BMC Geriatrics*, 24(1), 473. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s12877-024-05084-0>
- Irاندoust, K., Taheri, M., Mirmoezzi, M., H'mida, C., Chtourou, H., Trabelsi, K., Ammar, A., Nikolaidis, P. T., Rosemann, T., & Knechtel, B. (2019). The effect of aquatic exercise on postural mobility of healthy older adults with endomorphic somatotype. *International journal of environmental research and public health*, 16(22), 4387. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijerph16224387>
- Jiang, Q., Lou, K., Hou, L., Lu, Y., Sun, L., Tan, S. C., Low, T. Y., Kord-Varkaneh, H., & Pang, S. (2020). The effect of resistance training on serum insulin-like growth factor 1 (IGF-1): a systematic review and meta-analysis. *Complementary Therapies in Medicine*, 50, 102360. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ctim.2020.102360>
- Kang, D.-w., Bressel, E., & Kim, D.-y. (2020). Effects of aquatic exercise on insulin-like growth factor-1, brain-derived neurotrophic factor, vascular endothelial growth factor, and cognitive function in elderly women. *Experimental gerontology*, 132, 110842. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.110842>
- Lan, X.-Q., Deng, C.-J., Wang, Q.-Q., Zhao, L.-M., Jiao, B.-W., & Xiang, Y. (2024). The Role of TGF-β Signaling in Muscle Atrophy, Sarcopenia and Cancer Cachexia. *General and Comparative Endocrinology*, 114513. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2024.114513>
- Lee, I. H., Seo, E. J., & Lim, I. S. (2014). Effects of aquatic exercise and CES treatment on the changes of cognitive function, BDNF, IGF-1, and VEGF of persons with intellectual disabilities. *Journal of exercise nutrition & biochemistry*, 18(1), 19. <https://doi.org/https://doi.org/10.5717/jenb.2014.18.1.19>
- Lee, S. Y., Beom, J., Choi, J. H., Jang, H. C., Kim, E., Kim, K., Kim, M., Shim, G. Y., Won, C. W., & Lim, J.-Y. (2023). Effectiveness and clinical application of multidisciplinary combined exercise and nutrition intervention for sarcopenic older adults with metabolic syndrome: study protocol for a multicentre randomised controlled trial. *BMJ open*, 13(7), e070252. <https://doi.org/https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-070252>
- Martins, W. R., Safons, M. P., Bottaro, M., Blasczyk, J. C., Diniz, L. R., Fonseca, R. M. C., Bonini-Rocha, A. C., & de Oliveira, R. J. (2015). Effects of short term elastic resistance training on muscle mass and strength in untrained older adults: a randomized clinical trial. *BMC Geriatrics*, 15(1), 99. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s12877-015-0101-5>

- Melo, R. S., Cardeira, C. S. F., Rezende, D. S. A., Guimarães-do-Carmo, V. J., Lemos, A., & de Moura-Filho, A. G. (2023). Effectiveness of the aquatic physical therapy exercises to improve balance, gait, quality of life and reduce fall-related outcomes in healthy community-dwelling older adults: A systematic review and meta-analysis. *PLoS one*, 18(9), e0291193. <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0291193>
- Oliveira, J. S., Pinheiro, M. B., Fairhall, N., Walsh, S., Franks, T. C., Kwok, W., Bauman, A., & Sherrington, C. (2020). Evidence on physical activity and the prevention of frailty and sarcopenia among older people: a systematic review to inform the World Health Organization physical activity guidelines. *Journal of Physical Activity and Health*, 17(12), 1247-1258. <https://doi.org/https://doi.org/10.1123/jpah.2020-0323>
- Prado, C. M., Batsis, J. A., Donini, L. M., Gonzalez, M. C., & Siervo, M. (2024). Sarcopenic obesity in older adults: a clinical overview. *Nature Reviews Endocrinology*, 20(5), 261-277. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41574-023-00943-z>
- Qi, S., Horii, N., Kishigami, K., Miyachi, M., Iemitsu, M., & Sanada, K. (2023). Effects of water exercise on body composition and components of metabolic syndrome in older females with sarcopenic obesity. *Journal of Physical Therapy Science*, 35(1), 24-30. <https://doi.org/https://doi.org/10.1589/jpts.35.24>
- Scartoni, F. R., Machado, A. F., Bocalini, D. S., & Yázig, F. (2024). Effect of the aquatic program on strength and indicators of sarcopenia in elderly. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*(56), 31-39. <https://doi.org/https://doi.org/10.47197/retos.v56.103882>
- Swati, S. (2022). *The Role of TGF Beta Proteins In The Regulation of Skeletal Muscle Mass* Swinburne].
- Taheri, M., Mirmoezzi, M., & Sabaghi, M. (2018). Effects of aquatic on balance and preventing of fall among healthy elderly men. *J Saf Promot Inj Prev*, 6(3), 144-151.
- Tokida, R., Ikegami, S., Takahashi, J., Ido, Y., Sato, A., Sakai, N., Horiuchi, H., & Kato, H. (2020). Association between musculoskeletal function deterioration and locomotive syndrome in the general elderly population: a Japanese cohort survey randomly sampled from a basic resident registry. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 21, 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s12891-020-03469-x>
- Waller, B., Ogonowska-Słodownik, A., Vitor, M., Rodionova, K., Lambeck, J., Heinonen, A., & Daly, D. (2016). The effect of aquatic exercise on physical functioning in the older adult: a systematic review with meta-analysis. *Age and ageing*, 45(5), 593-601. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/ageing/afw102>
- Wang, C., & Bai, L. (2012). Sarcopenia in the elderly: basic and clinical issues. *Geriatrics & gerontology international*, 12(3), 388-396. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1447-0594.2012.00851.x>

