

Article Type:
Research Article

Article History:

Received: 2024/11/19
Revised: 2025/5/30
Accepted: 2025/6/28
Published: 2025/6/28

How to Cite:

Ghalavand S, Momeni L, Bagheri A. The interactive effects of aquatic aerobic training and royal jelly on body composition and Interleukin-6 in obese adolescent girls. *EBNESINA* 2025;27(2):53-63.
DOI: 10.22034/27.2.53

1. Department of Physical Education and Sport Sciences, Dez.C., Islamic Azad University, Dezful, Iran

✉ Corresponding Author:

Leila Momeni

Address: Department of Physical Education and Sport Sciences, Dez.C., Islamic Azad University, Dezful, Iran
Tel: +98 (61) 42420606
E-mail: leilam16@iau.ir



Aja University of Medical Sciences

EBNESINA

journal homepage: <https://ebnesina.ajams.ac.ir>

ISSN: 1735-9503
eISSN: 4653-2645



The interactive effects of aquatic aerobic training and royal jelly on body composition and Interleukin-6 in obese adolescent girls

Soghra Ghalavand ¹, Leila Momeni ^{1✉}, Aboutaleb Bagheri ¹

Abstract

Background and aims: Obesity in adolescents is frequently associated with low-grade systemic inflammation. This study aimed to examine the combined effects of aquatic aerobic exercise and royal jelly supplementation on body composition and interleukin-6 (IL-6) levels in obese adolescent girls.

Methods: In this semi-experimental study, 60 obese girls aged 15 to 17 years were randomly assigned to four groups: exercise, supplement, combined (exercise + supplement), and control (n = 15 per group). The exercise protocol consisted of eight weeks of aquatic aerobic training, conducted three times per week at 50–70% of heart rate reserve. The supplement group received 1000 mg of royal jelly daily. Body mass index (BMI) and IL-6 levels were measured before and after the intervention. Intra-group and inter-group comparisons were performed using paired t-tests and covariance analysis.

Results: A significant reduction in BMI was observed in the exercise and combined groups compared to the supplement and control groups ($p < 0.05$). Furthermore, IL-6 levels decreased significantly in all intervention groups compared to the control group, with the greatest reduction occurring in the combined group ($p < 0.05$).

Conclusion: Aquatic aerobic training effectively improves body composition and reduces inflammation in obese adolescents. While royal jelly supplementation alone does not influence body composition, it significantly lowers inflammation. The combined intervention demonstrated superior efficacy in reducing IL-6 levels compared to supplementation alone.

Keywords: obesity, inflammation, physical activity, royal jelly, interleukin-6

EBNESINA - IRIAF Health Administration

(Vol. 27, No. 2, Serial 91)



Copyright© 2025. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms. Downloaded from: <http://www.ebnesina.ajams.ac.ir>

Introduction

Childhood obesity is a pressing global public health issue, marked by increasing prevalence and serious associated health risks that persist into adulthood [1]. This epidemic affects both developed and developing nations [2], with a notable rise observed among Iranian children and adolescents, as evidenced by a 21-year longitudinal study from the Tehran Lipid and Glucose Study [3]. The surge in overweight and obesity is particularly pronounced in low- and middle-income countries, especially in urban areas. The underlying causes of childhood obesity mirror those in adults, and obese children often exhibit similar comorbidities [4].

The immune system undergoes critical development during childhood, and obesity can disrupt this process. The low-grade inflammation associated with childhood obesity warrants careful investigation to uncover early mechanisms and inform effective interventions [5]. Regular exercise is a cornerstone of a healthy lifestyle, and physical activity initiated in childhood can mitigate the adverse effects of obesity [5]. Aquatic exercise, in particular, reduces gravitational stress, making it an accessible option for individuals with low fitness levels [7].

Royal jelly, rich in bioactive compounds and antioxidants, has been shown to reduce oxidative stress and inflammation while improving lipid profiles and insulin sensitivity [11–13]. Combining aquatic aerobic exercise with royal jelly supplementation may offer synergistic benefits for physical health and immune-related markers in obese children. This study aimed to investigate the effects of an eight-week intervention involving aquatic aerobic exercise and royal jelly consumption on body composition and immune-related variables in obese adolescent girls.

Methods

In this semi-experimental study, 60 students aged 15–17 years with a body mass index (BMI) above the 95th percentile in Andimeshk County

were selected via purposive sampling and randomly assigned to one of four groups: the aquatic aerobic exercise group, the royal jelly supplementation group, the combined group (aquatic aerobic exercise plus royal jelly), and the control group (no intervention).

The exercise protocol spanned eight weeks, with three weekly sessions on alternate days. Each session included 10 minutes of general warm-up, 5 minutes of specific warm-up, 30 minutes of main exercise at 50–70% of heart rate reserve (calculated using the Karvonen method), and 10 minutes of cool-down [16]. All sessions were supervised by a coach and the researcher. The royal jelly supplement (Eurovital 1000 mg capsules) was administered once daily, manufactured and packaged in Iran under German license [17].

Data collection included BMI measurements and fasting blood samples taken 24 hours before and 72 hours after the intervention. Interleukin-6 (IL-6) levels were quantified using the ELISA method with a human kit from Randox, UK. Statistical analyses employed paired t-tests and analysis of covariance (ANCOVA).

Results

Within-group analyses revealed significant reductions in BMI for the exercise ($p < 0.001$) and combined ($p < 0.001$) groups, while no significant changes were observed in the supplement ($p = 0.933$) or control ($p = 0.276$) groups. Additionally, IL-6 levels decreased significantly in the exercise ($p < 0.001$), supplement ($p < 0.001$), and combined ($p < 0.001$) groups, with no change in the control group ($p = 0.843$).

Between-group comparisons (ANCOVA) demonstrated significant differences in BMI and IL-6 changes ($p < 0.001$). Post-hoc Bonferroni tests indicated that BMI reductions in the exercise and combined groups were significantly greater than in the supplement ($p < 0.001$) and control groups (exercise: $p < 0.001$; combined: $p = 0.002$). Similarly, IL-6 reductions were

significantly greater in the exercise ($p = 0.001$), supplement ($p = 0.003$), and combined ($p < 0.001$) groups compared to the control group. Notably, the combined group showed a greater IL-6 reduction than the supplement group ($p = 0.015$), while no significant difference was observed between the exercise and combined groups ($p = 0.060$).

Discussion and Conclusion

This study highlights the efficacy of aquatic aerobic exercise in significantly reducing BMI among obese adolescent girls, aligning with prior research on weight management in obese children [7, 16]. The buoyancy of water minimizes joint stress, making aquatic exercise a viable and well-tolerated option for obese individuals [19, 20]. The physical properties of water, such as its density and resistance, enhance energy expenditure, further supporting its role in weight loss and body composition improvement [19].

Aquatic exercise also significantly lowered IL-6 levels, underscoring its anti-inflammatory effects—a finding consistent with other studies [6, 21–23]. Royal jelly supplementation alone reduced IL-6 without affecting BMI, corroborating earlier research in children and adults [15, 27, 28]. The anti-inflammatory properties of royal jelly may stem from its inhibition of the NF- κ B, MAPK, and STAT3 pathways, along with reduced I κ B α phosphorylation [29].

The combined intervention yielded significant reductions in both BMI and IL-6, suggesting that exercise plays a primary role in obesity control, while royal jelly provides complementary anti-inflammatory benefits [1, 15, 21, 29]. Aquatic exercise targets fat reduction and enhances anti-inflammatory responses, whereas royal jelly directly modulates inflammatory pathways.

In conclusion, aquatic aerobic exercise—either alone or combined with royal jelly—effectively

reduces BMI and IL-6 levels in obese adolescents. This combined approach represents a safe and practical strategy for managing obesity and inflammation in this population. Future studies should explore longer intervention periods and a broader array of inflammatory markers to deepen our understanding of these effects.

Ethical Considerations

This study was conducted in accordance with ethical principles and the Declaration of Helsinki. All research procedures were approved by the Research Ethics Committee of Islamic Azad University, Dezful Branch (Ethics Code: IR.IAU.D.REC.1403.074). Parents of the children provided written informed consent after receiving full explanations of the study objectives and procedures. Age-appropriate explanations were also provided to the children, who retained the right to withdraw from the study at any time. Participants' information was kept confidential and used solely for the purposes of this research.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

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

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors would like to express their sincere thanks and appreciation to all individuals who contributed to this research, as well as to all the study participants.

تأثیر تمرینات ایروبیک آبی و ژل رویال بر ترکیب بدنی و IL-6 در دختران چاق نوجوان

صغری قلاوند^۱، لیلا مومنی^۱✉، ابوطالب باقری^۱

چکیده

زمینه و اهداف: چاقی در نوجوانان با التهاب سیستمیک خفیف همراه است. هدف مطالعه حاضر، بررسی اثر تمرینات ایروبیک آبی همراه با مصرف ژل رویال بر ترکیب بدنی و سطح اینترلوکین-۶ در دختران نوجوان چاق بود.

روش بررسی: در این مطالعه نیمه تجربی، ۶۰ دختر چاق (۱۵ تا ۱۷ سال) به طور تصادفی به چهار گروه تمرین، مکمل، ترکیبی و کنترل (هر گروه ۱۵ نفر) تقسیم شدند. تمرین شامل هشت هفته ایروبیک آبی (سه جلسه در هفته، با شدت ۵۰ تا ۷۰٪ ضربان قلب ذخیره) بود. گروه مکمل روزانه ۱۰۰۰ میلی گرم ژل رویال دریافت کرد. متغیرهای شاخص توده بدن و اینترلوکین-۶ پیش و پس از مداخله اندازه گیری شدند. برای مقایسه درون گروهی و بین گروهی از آزمون های تی زوجی و تحلیل کوریانس استفاده شد.

یافته ها: شاخص توده بدن در گروه های تمرین و ترکیبی نسبت به مکمل و کنترل کاهش معنی داری داشت ($p < ۰/۰۵$). همچنین کاهش معنی داری در سطح اینترلوکین-۶ در همه گروه های مداخله نسبت به کنترل مشاهده شد و این کاهش در گروه ترکیبی نسبت به مکمل نیز بیشتر بود ($p < ۰/۰۵$).

نتیجه گیری: تمرینات ایروبیک آبی علاوه بر بهبود ترکیب بدنی، التهاب را کاهش می دهد. ژل رویال نیز با وجود عدم تأثیر بر ترکیب بدنی، موجب کاهش التهاب می شود. ترکیب این دو مداخله، تأثیر بیشتری بر کاهش التهاب دارد.

کلمات کلیدی: چاقی، التهاب، فعالیت جسمانی، ژل رویال، اینترلوکین-۶

مقدمه

چاقی دوران کودکی یک مشکل بهداشت عمومی پیشرو در سراسر جهان است، زیرا به طور فزاینده‌ای شیوع دارد و بنابراین مسئول بیماری‌های جدی مرتبط با چاقی، نه تنها در دوران کودکی بلکه در بزرگسالی نیز هست [۱]. چاقی کودکان در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه به ابعاد همه‌گیر رسیده است. تا سال ۲۰۳۵، شیوع جهانی چاقی در افراد ۵ تا ۱۹ ساله ۱۸٪ در میان دختران و ۲۰٪ در میان پسران برآورد شده است [۲]. نتایج مطالعه طولی ۲۱ ساله ابیری و هکاران، با استفاده از داده‌های مطالعه قند و لیپید تهران، افزایش قابل توجهی در چاقی دوران کودکی در بین کودکان و نوجوانان ایرانی را نشان می‌دهد [۳]. اضافه وزن و چاقی در حال حاضر در کشورهای با درآمد کم و متوسط، به ویژه در محیط‌های شهری در حال افزایش است. علت چاقی در کودکان مشابه بزرگسالان است و کودکان چاق همان بیماری‌های همراهی را که با اضافه وزن و چاقی در بزرگسالان مرتبط است، بروز می‌دهند [۴]. سیستم ایمنی در طول دوران کودکی با مراحل بلوغ زیادی رشد می‌کند. چاقی ممکن است در این روند اختلال ایجاد کند. فرآیندهای ایمنی موجود در التهاب درجه پایین در چاقی کودکان باید به دقت بررسی شود تا مکانیسم‌های اولیه منجر به ایجاد برخی عوارض شناسایی و امکان مداخله بهینه فراهم شود [۵] که نشان‌دهنده اهمیت مداخلات هدفمند برای کاهش وزن و همچنین کاهش التهاب سیستمیک در کودکان چاق است.

ورزش منظم باید به عنوان بخشی طبیعی از یک سبک زندگی سالم در نظر گرفته شود و ترویج فعالیت بدنی از دوران کودکی برای محدود کردن اثرات منفی چاقی بر سلامت اهمیت دارد [۵]. نقش حیاتی سیستم ایمنی در توسعه فرآیندهای التهابی ناشی از چاقی و اثربخشی ورزش به عنوان یک مداخله ضد التهابی و غیردارویی ممکن است اهداف احتمالی را برای توسعه درمان‌های جدید و استراتژی‌های

پیشگیرانه اولیه فراهم کند [۱]. بر اساس نتایج تحقیق منیتی^۱ و همکاران، ورزش بدنی به عنوان یک راهکار کلیدی در پیشگیری و کنترل چاقی دوران کودکی و اختلالات متابولیک مرتبط با آن شناخته می‌شود. این مطالعه تأکید می‌کند که ارزیابی پارامترهای بیوشیمیایی می‌تواند مبنای علمی برای تجویز برنامه‌های ورزشی متناسب با نیازهای کودکان باشد [۶]. با توجه به اینکه چاقی موجب افزایش فشارهای بیومکانیکی بر اندام افراد چاق می‌آورد؛ محیط آب می‌تواند برای تمرینات این افراد مناسب باشد. تمرین در محیط آبی موجب برداشتن فشار جاذبه و در نتیجه راحتی انجام فعالیت‌های ورزشی برای افرادی که از آمادگی جسمانی پایین‌تری دارند، می‌شود [۷]. همچنین تحقیقات قبلی نشان داده‌اند که تمرینات ایروبیک آبی اثرات مثبتی بر کنترل وزن در بزرگسالان و کودکان چاق دارد [۷-۹]. در صنایع غذایی محصولات زنبور عسل به دلیل ارزش غذایی و اهداف درمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. محصولات زنبور عسل منبع بالقوه آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی هستند که می‌توانند با استرس اکسیداتیو زمینه‌ساز پاتوژن‌ز بسیاری از بیماری‌ها مقابله کنند. با توجه به علاقه روزافزون به استفاده از مواد فعال زیستی، از منابع طبیعی برای ارتقای سلامت و کاهش خطر ابتلا به برخی بیماری‌ها استفاده می‌شود [۱۰]. ژل رویال که با نام‌های آپیلاک^۲ یا ژل ملکه^۳ نیز شناخته می‌شود، ماده‌ای به رنگ زرد مایل به سفید و کرمی است که در غدد هیپوفارنکس و فک پایین زنبورهای کارگر ترشح می‌شود. لارو ملکه تنها با این ماده تغذیه می‌شود و لارو زنبور کارگر تنها در سه روز اول زندگی با ژل رویال تغذیه می‌شود، سپس با مخلوطی از عسل، گرده و شهد که نان زنبور نیز نامیده می‌شود، رژیم غذایی اصلی را تشکیل می‌دهد. ژل رویال از طریق ترکیب شیمیایی غنی از مواد مغذی منبع مهمی از غذا برای خانواده زنبور عسل است و نقش اساسی در بیولوژی این

1. Mennitti

2. Apilak

3. Queen Bee Jelly

تعیین اثر هشت هفته تمرینات ایروبیکی آبی و مصرف ژل بر ترکیب بدنی و متغیرهای مرتبط با سیستم ایمنی در دختران چاق نوجوان بود.

روش بررسی

در تحقیق نیمه تجربی حاضر از میان دانش آموزان ۱۷-۱۵ سال ساکن شهرستان اندیمشک که در سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ در حال تحصیل بودند و بر اساس شاخص توده بدن (شاخص توده بدنی بالاتر از صدک ۹۵)، تعداد ۶۰ نفر به روش نمونه گیری هدفمند انتخاب شدند و به صورت تصادفی به چهار گروه ۱۵ نفری تمرین ایروبیکی آبی، مکمل (ژل رویال)، ترکیبی (تمرین + مکمل) و کنترل (بدون مداخله) تقسیم شدند. پروتکل تمرین شامل هشت هفته تمرینات ایروبیکی آبی بود که به مدت هشت هفته و در سه جلسه از هفته به صورت یک روز در میان انجام شد. هر جلسه تمرین شامل گرم کردن عمومی به مدت ۱۰ دقیقه و گرم کردن اختصاصی به مدت ۵ دقیقه اجرا شد. سپس تمرینات اصلی که تحت نظارت مربی ایروبیکی و پژوهشگر انجام شد که شامل ۳۰ دقیقه تمرینات ایروبیکی آبی با شدت ۵۰ تا ۷۰٪ ضربان قلب ذخیره بود (به ترتیب از هفته ۱، ۳، ۵ و ۷ شدت ۵۰٪، ۵۵٪، ۶۰٪ و ۷۰٪). در پایان تمرین نیز سرد کردن به مدت ۱۰ دقیقه اجرا شد [۱۶]. ضربان قلب ذخیره نیز به روش کاروونن محاسبه شد:

$$\text{ضربان قلب بیشینه (HRmax)} = \text{سن} - ۲۲۰$$

$$\text{ضربان قلب ذخیره} = \text{ضربان قلب استراحت} + (\text{ضربان قلب استراحت} - \text{HRmax}) \times \text{درصد شدت}$$

برای مکمل از کپسول رویال ژلی یوروویتال استفاده شد. در هر کپسول ۱۰۰۰ میلی گرم ژل رویال است. این محصول تحت لیسانس آلمان، در ایران تولید و بسته بندی شده بود. مصرف به صورت روزانه یک عدد (۱۰۰۰ میلی گرم ژل رویال) است که دوز آن بر اساس تحقیقات قبلی انتخاب شد [۱۷].

۲۴ ساعت قبل از انجام مداخلات و ۷۲ ساعت پس از آخرین جلسه مداخله مشخصات تن سنجی و خون گیری به صورت ناشتا انجام شد. سطح IL-6 به روش الایزا و با کیت نمونه انسانی IL-6 ساخت شرکت رندوکس انگلستان انجام

حشرات دارد. همچنین گزارش شده است که ژل رویال یک غذای مغذی و عملکردی بسیار مهم برای انسان است که می تواند به طور مؤثر مکمل یک رژیم غذایی سالم باشد [۱۱]. پژوهش ها نشان داده اند که ژل رویال به دلیل وجود مواد فعال زیستی مختلف مانند 10-HAD^۱ اثرات عملکردی زیادی مانند اثرات ضدسرطانی، آنتی اکسیدانی و ضدالتهابی دارد [۱۱، ۱۲]. وجدی و همکاران در یک مرور نظام مند گزارش کردند که ژل رویال با کاهش استرس اکسیداتیو و التهاب، بهبود پروفایل لیپیدی، افزایش حساسیت به انسولین و تنظیم متابولیسم انرژی، ممکن است در مدیریت وزن و اختلالات متابولیک مؤثر باشد [۱۳]. همچنین اثرات مثبت تجویز ژل رویال بر کاهش التهاب و افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی در بزرگسالان دارای اضافه وزن گزارش شده است [۱۴، ۱۵].

با توجه به اهمیت فعالیت بدنی منظم [۱] و همچنین محصولات غذایی آنتی اکسیدانی بر سلامت سیستم ایمنی برای کاهش عوارض کاردیومتابولیک ناشی از چاقی می توان از محصولاتی مانند ژل رویال به عنوان یک محصول طبیعی حاوی آنتی اکسیدان ها استفاده کرد [۱۱، ۱۳]. اهمیت و ضرورت انجام این پژوهش در شرایطی برجسته می شود که شیوع چاقی در نوجوانان، به ویژه دختران، به عنوان یک چالش مهم سلامت عمومی شناخته می شود و با افزایش خطر ابتلا به بیماری های مزمن مرتبط با التهاب همراه است. از سوی دیگر، جستجو برای مداخلات غیرتهاجمی و کم هزینه که هم زمان بتوانند ترکیب بدنی را بهبود بخشیده و شاخص های التهابی مانند IL-6 (اینترلوکین-۶) را کاهش دهند، از اولویتهای پژوهشی محسوب می شود. در این راستا بررسی ترکیب تمرینات ایروبیکی آبی با مصرف ژل رویال، که هر دو دارای مزایای مستقل در بهبود سلامت هستند، می تواند راهکار مؤثری برای ارتقای سلامت جسمانی و کاهش التهاب در این گروه آسیب پذیر فراهم آورد. لذا با توجه به مطالب گفته شده هدف این پژوهش

1. 10-Hydroxydec-2-enoic acid

شد. برای اندازه‌گیری شاخص توده بدن نیز وزن آزمودنی‌ها به صورت ناشتا با حداقل لباس با ترازوی سکا اندازه‌گیری شد و بر قد آنها تقسیم شد.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه با رعایت اصول اخلاقی و بر اساس بیانیه هلسینکی انجام شد. والدین کودکان پس از دریافت توضیحات کامل در مورد اهداف و روش مطالعه، رضایتنامه آگاهانه را امضا کردند. همچنین به کودکان متناسب با سنشان توضیحاتی ارائه شد و حق خروج از مطالعه در هر زمان برای آنان محفوظ بود. اطلاعات شرکت‌کنندگان محرمانه باقی ماند و صرفاً در راستای اهداف پژوهش استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری

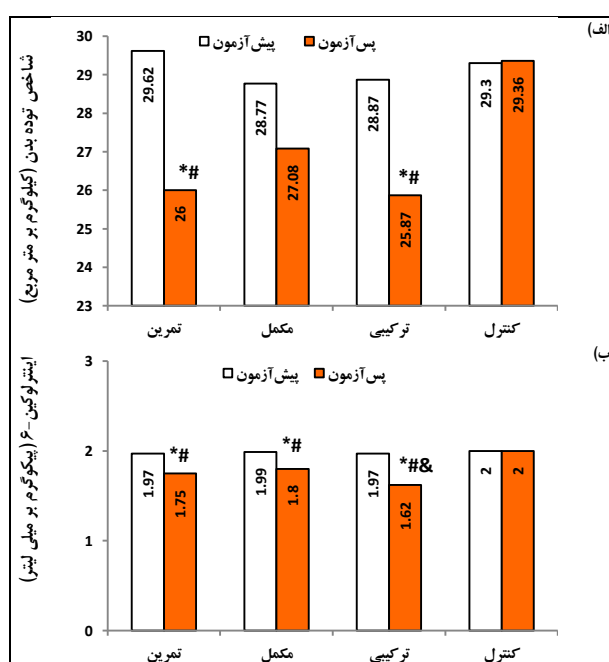
به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به دست آمده از تحقیق از روش‌های آماری تی زوجی و تحلیل کواریانس به ترتیب برای بررسی تغییرات درون گروهی و بین گروهی استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری با نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ و سطح معنی داری کمتر یا مساوی ۰/۰۵ انجام شد.

یافته‌ها

با توجه به نرمال بودن توزیع شاخص توده بدن و IL-6 در گروه‌های تحقیق و تجانس واریانس‌ها و همچنین با توجه به برقراری شیب رگرسیونی برای شاخص توده بدن ($p = ۰/۴۲۸$) و IL-6 ($p = ۰/۷۴۸$)، برای بررسی تغییرات درون گروهی و بین گروهی به ترتیب از آزمون‌های پارامتریک تی زوجی و تحلیل کواریانس استفاده شد. در بررسی تغییرات درون گروهی نتایج آزمون تی زوجی (جدول ۱) کاهش معنی‌داری در شاخص توده بدن در گروه‌های تمرین ($p < ۰/۰۰۱$) و ترکیبی ($p < ۰/۰۰۱$) مشاهده شد. اما تفاوت معنی‌داری در گروه‌های مکمل ($p = ۰/۹۳۳$) و کنترل ($p = ۰/۲۷۶$) مشاهده نشد. همچنین کاهش معنی‌داری در IL-6 در گروه‌های تمرین ($p < ۰/۰۰۱$)، مکمل ($p < ۰/۰۰۱$) و ترکیبی ($p < ۰/۰۰۱$)

مشاهده شد. اما تفاوت معنی‌داری در گروه کنترل ($p = ۰/۸۴۳$) مشاهده نشد. در بررسی تغییرات بین گروهی نیز نتایج آزمون تحلیل کواریانس نشان داد که تفاوت معنی‌داری در تغییرات شاخص توده بدن و IL-6 بین گروه‌های تحقیق وجود دارد ($p < ۰/۰۰۱$). به منظور یافتن محل اختلاف بین گروه‌های تحقیق از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد و نتایج این آزمون نشان داد که کاهش شاخص توده بدن در گروه‌های تمرین و ترکیبی نسبت به گروه‌های مکمل ($p < ۰/۰۰۱$) و کنترل (به ترتیب: $p < ۰/۰۰۱$; $p = ۰/۰۰۲$) معنی‌دار است (نمودار ۱-الف).

همچنین کاهش IL-6 در گروه‌های تمرین، مکمل و ترکیبی نسبت به گروه‌های کنترل معنی‌دار بود (به ترتیب: $p = ۰/۰۰۱$ ، $p = ۰/۰۰۳$ و $p < ۰/۰۰۱$). همچنین کاهش IL-6 در گروه ترکیبی به صورت معنی‌داری نسبت به گروه مکمل معنی‌دار بود ($p = ۰/۰۱۵$). اما تفاوت معنی‌داری بین دو گروه تمرین و ترکیبی مشاهده نشد (نمودار ۱-ب).



نمودار ۱- تغییرات شاخص توده بدن (الف) و اینترلوکین-۶ سرمی (ب)

در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه‌های مختلف

* تفاوت معنی‌دار در مقایسه با پیش‌آزمون (۰)، گروه کنترل (#) و گروه مکمل (&)

بحث و نتیجه گیری

در بررسی اثر تمرینات ایروبیکی آبی بر شاخص توده بدن، کاهش معنی داری در شاخص توده بدن دختران چاق مشاهده شد. تحقیقات قبلی نیز نشان داده اند که استفاده از تمرینات آبی می تواند موجب کنترل وزن و بهبود ترکیب بدنی در کودکان چاق شود [۷، ۱۶] که با نتایج تحقیق ما همسو هستند. فعالیت بدنی به عنوان بخشی جدایی ناپذیر از مدیریت افراد دارای اضافه وزن یا چاقی در ترکیب با رژیم غذایی، حمایت رفتاری و درمان بیماری های همراه شناخته می شود. مزایای مورد انتظار فعالیت بدنی یا ورزش، در این مجموعه شامل اثرات مثبت بر وزن است. که هدف اصلی از دست دادن چربی همراه با حفظ توده بدون چربی در طول کاهش وزن، و همچنین حفظ متعاقب کاهش وزن، ترکیب بدن است [۱۸]. اگرچه مطالعه تحقیقاتی زیادی برای کاهش وزن و افزایش تندرستی از طریق برنامه های ورزشی انجام شده در خشکی انجام شده است، اما هنوز هنگام انجام ورزش برنامه ریزی شده برای افراد چاق دشواری، ناراحتی و خطرات آسیب وجود دارد. باید در نظر گرفت که برنامه های ورزشی به دلیل توانایی محدود افراد چاق برای انجام تمرینات مؤثرتر بدون فشار مفاصل، ضربه زیاد، خطر آسیب و ناراحتی کلی مرتبط با ورزش زمینی چالش برانگیز است [۱۹]؛ پس تمرینات مبتنی بر آب نیز برای افراد دارای اضافه وزن یا چاق بسیار مفید است. در همین حال مطالعات قبلی پیشنهاد می کنند که یک برنامه ورزشی با شدت متوسط و تحرک کم باید برای افراد چاق به عنوان یک برنامه ورزشی مؤثر، به ویژه برای افراد چاق با وضعیت خلقی ضعیف و

خودکارآمدی پایین پیشنهاد شود. بنابراین تمرینات مبتنی بر آب یک شکل جایگزین مناسب از ورزش برای افراد دارای اضافه وزن و چاق است [۱۹]. خواص فیزیکی آب این امکان را به آن می دهد تا ابزاری ارزشمند در آمادگی جسمانی و ورزش باشد [۷، ۱۶]. چگالی آب تقریباً ۸۰۰ برابر هوا تعیین می شود. پس تمرین در محیط های آبی سطح بالایی از انرژی را با نیاز و صرف انرژی با تلاش ضروری کمتر برای بدن برای سوزاندن کالری به منظور کاهش وزن فراهم می کند [۱۹]. علاوه بر این افراد چاق به طور مؤثری قادر به مصرف انرژی یا سوزاندن کالری در وضعیت عمودی تمرینات آبی هستند. به نظر می رسد که مقاومت آب کاهش بار کاری مربوط به آن را جبران می کند در حالی که تحمل وزنی در محیط شناور وجود ندارد [۲۰]. میزان مصرف انرژی در ورزش های آبی به عواملی مانند عمق آب (تأثیر بر تحمل وزن و مقاومت)، سرعت حرکت (اثر بر کشش و مقاومت)، شدت تمرین (نیروی اعمال شده در برابر آب)، طول اندام ها (تعیین میزان مقاومت در حرکت) و شرایط محیطی نظیر دمای آب، آب و هوا و رطوبت بستگی دارد. [۱۹]. همچنین در تحقیق حاضر کاهش معنی داری در IL-6 در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل مشاهده شد. این نتایج نشان دهنده اثرات ضد التهابی تمرینات ایروبیکی آبی در نوجوانان چاق است. منیتی و همکاران نیز در پژوهشی روی ۴۴ کودک چاق کم تحرک، گزارش کردند که تمرینات ورزشی منظم موجب کاهش سطح سرمی IL-6 می شود که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد [۶]. مطالعه مروری خلفی و همکاران نیز نشان دهنده اثر تمرینات ورزشی برای کاهش IL-6 در نوجوانان بود که با یافته های تحقیق حاضر همخوانی داشت [۲۱]. فارینها^۱ و همکاران نیز نشان دادند که برنامه های تمرینی در آب قادر به بهبود پروفایل التهابی می شود [۲۲]. در مطالعه ای بر روی زنان میانسال چاق، هشت هفته تمرینات ایروبیکی آبی با اثرات سیگنال دهی سلولی باعث کاهش سطح IL-6 شد [۲۳].

جدول ۱- مقایسه تغییرات درون گروهی و بین گروهی شاخص توده بدن

متغیرها	گروه	مقایسه درون گروهی		مقایسه بین گروهی	
		پیش از موزن	پس از موزن	مقدار p	مقدار p
BMI (kg/m ²)	تمرین	۳۰/۷۲±۱/۰۰	۲۹/۲۶±۰/۸۸	<۰/۰۰۱*	۱۵/۰۳۰
	مکمل	۳۰/۸۳±۱/۲۳	۳۰/۸۲±۱/۲۸	۰/۹۳۳	
	ترکیبی	۳۰/۷۲±۰/۹۱	۲۹/۴۱±۱/۱۹	<۰/۰۰۱*	
	کنترل	۳۰/۵۳±۰/۸۳	۳۰/۲۸±۱/۰۶	۰/۲۷۶	
IL-6 (pg/ml)	تمرین	۱/۹۷±۰/۱۱	۱/۷۵±۰/۱۲	<۰/۰۰۱*	۱۷/۰۰۷
	مکمل	۱/۹۹±۰/۱۵	۱/۸۰±۰/۱۷	<۰/۰۰۱*	
	ترکیبی	۱/۹۷±۰/۰۹	۱/۶۲±۰/۱۹	<۰/۰۰۱*	
	کنترل	۲/۰۰±۰/۱۰	۲/۰۰±۰/۱۰	۰/۸۴۳	

اختلاف معنی دار نسبت به پیش از موزن (تی وابسته) (*) و بین گروه های تحقیق (تحلیل کواریانس) (##)

می‌توان این نتایج را این‌گونه تفسیر کرد که تمرینات ایروبیک آبی با شدت متوسط با بهبود ترکیب بدنی در کودکان موجب کاهش التهاب سیستمیک در این کودکان می‌شود. شواهد فراوانی نشان می‌دهد که تداخل بین استرس شبکه اندوپلاسمی (واکنش پروتئین باز شده^۱ ناسازگار) و التهاب، پاتوژنز چاقی را تسریع می‌کند [۲۴]. چاقی اغلب با یک حالت التهابی مزمن و با درجه پایین همراه است که کل بدن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این حالت التهابی پایدار، ارتباط هماهنگ بین محیط و مغز را مختل می‌کند، که نقش مهمی در حفظ هموستاز از طریق مسیرهای پیام‌رسانی هومورال، مواد مغذی، ایمنی و عصبی دارد [۲۵]. همچنین مشخص شده است که استفاده از تمرینات ورزشی در طول عمر به‌خصوص در دوران کودکی می‌تواند حتی بدون کاهش وزن موجب بهبود متابولیسم و سلامت متابولیکی در افراد چاق شود. در همین راستا^۲ و همکاران نیز در یک مطالعه مروری گزارش کردند که ورزش ممکن است یک مداخله مؤثر برای کاهش نشانگرهای پیش‌التهابی در افراد دارای اضافه وزن و چاقی باشد [۲۶].

در بررسی اثر مصرف مکمل ژل رویال بر متغیرهای مورد بررسی، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از ژل رویال (۱۰۰۰ میلی گرم در روز) موجب کاهش معنی‌دار سطوح IL-6 بدون تغییر معنی‌دار شاخص توده بدن نسبت به گروه کنترل شد. اعتماد و همکاران نیز نشان دادند که هشت هفته مکمل ژل رویال قبل از تمرین موجب کاهش IL-6 می‌شود [۱۵] که با نتایج ما همخوانی داشت. با این حال وجدی و همکاران عنوان کردند که مصرف ژل رویال موجب کاهش وزن بدن و شاخص توده بدن بزرگسالان می‌شود [۱۳] که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی ندارد. علت اختلاف در نتایج ممکن است تحت اثر عوامل مداخله‌گر به‌خصوص سن آزمودنی‌ها باشد. می‌توان اثرات ضدالتهابی مصرف ژل رویال در تحقیق حاضر را مستقل از وزن بدن و به خواص آنتی‌اکسیدانی ژل رویال نسبت داد.

مولایی و همکاران نیز در تحقیق روی زنان مبتلا به ام‌اس گزارش کردند که مصرف ژل رویال با دوز مشابه با تحقیق حاضر موجب کاهش فاکتورهای التهابی (فاکتور نکروز دهنده تومور-آلفا و پروتئین واکنشگر C) می‌شود [۲۷] که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. موسوی و همکاران نیز گزارش کردند که مصرف ژل رویال موجب کاهش IL-6 در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ شد [۲۸]. می‌توان گفت که ژل رویال می‌تواند پاسخ التهابی را با سرکوب فسفوریلاسیون IκBα، p38، و JNK و با مهار انتقال هسته NF-κB p65 کاهش دهد [۲۹]. در مجموع می‌توان این احتمال را داد که مصرف ژل رویال با توجه به خاصیت آنتی‌اکسیدانی که دارد می‌تواند موجب کاهش عوارض چاقی از جمله کاهش استرس اکسیداتیون و رادیکال‌های آزاد، بهبود متابولیسم و همچنین کاهش تولید سایتوکاین‌های التهابی در کودکان چاق شود.

در بررسی اثر تعاملی تمرینات ایروبیک آبی و مصرف ژل رویال نیز نتایج تحقیق حاضر نشان‌دهنده اثر معنی‌دار بر کاهش شاخص توده بدن و همچنین کاهش IL-6 شد. که با یافته‌های تحقیقات قبلی همسو است [۱۵، ۲۷]. اگرچه از نظر کمی تغییرات این متغیرها به صورت جزئی نسبت به گروه‌های دیگر بیشتر بود. اما فقط شاخص توده بدن در گروه تمرین نسبت به گروه مکمل برتری داشت. این نتایج نشان‌دهنده نقش بارزتر تمرینات ایروبیک آبی نسبت به مکمل یاری ژل رویال با هدف کنترل چاقی و التهاب در دختران چاق است. اثر ترکیبی تمرین ایروبیک آبی و مصرف ژل رویال بر کاهش التهاب، به ویژه کاهش IL-6، احتمالاً از طریق مکانیسم‌های مکمل و هم‌افزا صورت می‌گیرد. تمرینات ایروبیک باعث کاهش توده چربی، افزایش ترشح میوکاین‌های ضدالتهابی مانند IL-10 و کاهش بیان سایتوکاین‌های پیش‌التهابی در بافت چربی می‌شوند [۱، ۱۵، ۲۱]. همچنین فعالیت بدنی از طریق فعال‌سازی مسیرهای ضدالتهابی مانند AMPK و مهار مسیر NF-κB در سلول‌های ایمنی، نقش مؤثری در کاهش التهاب سیستمیک دارد [۲۱]. از سوی دیگر ژل رویال با دارا بودن ترکیبات زیستی نظیر

1. unfolded protein response

2. Tan

مطالعات بیشتر با بازه‌های زمانی طولانی‌تر، اندازه‌گیری سایر شاخص‌های التهابی و بررسی تفاوت‌های جنسی و سنی می‌تواند درک عمیق‌تری از اثرات این مداخلات فراهم آورد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با کد IR.IAU.D.REC.1403.074 به تصویب کارگروه اخلاق در پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی - واحد دزفول رسید. از تمامی افرادی که در این پژوهش کمک کرده‌اند و همچنین از کلیه شرکت‌کنندگان در پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

در این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافی وجود ندارد.

سهم نویسندگان

همه نویسندگان در ایده‌پردازی و انجام طرح، همچنین نگارش اولیه مقاله یا بازنگری آن سهمیم بوده‌اند و همه با تأیید نهایی مقاله حاضر مسئولیت دقت و صحت مطالب مندرج در آن را می‌پذیرند.

منابع مالی

در این پژوهش از هیچ ارگانی کمک مالی دریافت نگردید.

References

- Calcaterra V, Vandoni M, Rossi V, Berardo C, Grazi R, Cordaro E, et al. Use of physical activity and exercise to reduce inflammation in children and adolescents with obesity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(11):6908. doi:10.3390/ijerph19116908
- Putri RR, Danielsson P, Ekström N, Ericsson Å, Lindberg L, Marcus C, Hagman E. Effect of pediatric obesity treatment on long-term health. *JAMA Pediatrics*. 2025;179(3):302-309. doi:10.1001/jamapediatrics.2024.5552
- Abiri B, Ahmadi AR, Valizadeh A, Akbari M, Hosseini F, Nikoohemat M, et al. Trend analysis, gender-specific patterns, and age dynamics of childhood and adolescent obesity: insights from the Tehran lipid and glucose study. *BMC Public Health*. 2024;24(1):2764. doi:10.1186/s12889-024-20307-0
- Gunaratne N, Deplewski D. Metabolic consequences of pediatric obesity: A review of pathophysiology, screening, and treatment. *Pediatric Annals*. 2023;52(2):e62-e67. doi:10.3928/19382359-20230102-06
- Polak-Szczybyło E. Low-grade inflammation and role of anti-inflammatory diet in childhood obesity. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*. 2023;20(3). doi:10.3390/ijerph20031682
- Mennitti C, Ranieri A, Nigro E, Tripodi L, Brancaccio M, Ulisse J, et al. The impact of physical exercise on obesity in a cohort of southern Italian obese children: Improvement in cardiovascular risk and immune system biomarkers. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*. 2022;20(1). doi:10.3390/ijerph20010602
- Irandoost K, Taheri M, H'Mida C, Neto GR, Trabelsi K, Ammar A, et al. Exergaming and aquatic exercises affect lung function and weight loss in obese children. *International Journal of Sports Medicine*. 2021;42(6):566-572. doi:10.1055/a-1289-9307
- Oral O. Effects of aquatic exercise in the treatment of obesity. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*. 2021;33(1):25423-25426. doi:10.26717/BJSTR.2021.33.005331

9. Leite N, Lazarotto L, Cavazza JF, Lopes MdFA, Bento PCB, Von der Heyde MED, et al. Effects of aquatic exercise and nutritional guidance on the body composition of obese children and adolescents. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*. 2010;12(4):232-238. doi:10.1590/1980-0037.2010v12n4p232
10. Collazo N, Carpena M, Nuñez-Estevez B, Otero P, Simal-Gandara J, Prieto MA. Health promoting properties of bee royal jelly: Food of the queens. *Nutrients*. 2021;13(2). doi:10.3390/nu13020543
11. Botezan S, Baci G-M, Bagameri L, Paşca C, Dezmirean DS. Current status of the bioactive properties of royal jelly: A comprehensive review with a focus on its anticancer, anti-inflammatory, and antioxidant effects. *Molecules*. 2023;28(3):1510.
12. Sugiyama T, Takahashi K, Mori H. Royal jelly acid, 10-hydroxy-trans-2-decenoic acid, as a modulator of the innate immune responses. *Endocrine, Metabolic & Immune Disorders Drug Targets*. 2012;12(4):368-376. doi:10.2174/187153012803832530
13. Vajdi M, Musazadeh V, Khajeh M, Safaei E, Darzi M, Noshadi N, et al. The effects of royal jelly supplementation on anthropometric indices: a GRADE-assessed systematic review and dose-response meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in Nutrition*. 2023;10:1196258. doi:10.3389/fnut.2023.1196258
14. Petelin A, Kenig S, Kopinč R, Deželak M, Černelič Bizjak M, Jenko Pražnikar Z. Effects of royal jelly administration on lipid profile, satiety, inflammation, and antioxidant capacity in asymptomatic overweight adults. Evidence-Based Complementary And Alternative Medicine. 2019;2019:4969720. doi:10.1155/2019/4969720
15. Etemad Z, Zohali S. The effect of aerobic training and royal jelly supplementation on some inflammatory markers in overweight women. *Middle Eastern Journal of Disability Studies*. 2021;11(19):1-7. [Persian] doi:10.29252/mejds.0.0.111
16. Lee BA, Oh DJ. The effects of aquatic exercise on body composition, physical fitness, and vascular compliance of obese elementary students. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 2014;10(3):184-190. doi:10.12965/jer.140115
17. Khoshpey B, Djazayeri S, Amiri F, Malek M, Hosseini AF, Hosseini S, et al. Effect of royal jelly intake on serum glucose, Apolipoprotein A-I (ApoA-I), Apolipoprotein B (ApoB) and ApoB/ApoA-I ratios in patients with type 2 diabetes: A randomized, double-blind clinical trial study. *Canadian Journal of Diabetes*. 2016;40(4):324-328. doi:10.1016/j.cjcd.2016.01.003
18. Bellicha A, van Baak MA, Battista F, Beaulieu K, Blundell JE, Busetto L, et al. Effect of exercise training on weight loss, body composition changes, and weight maintenance in adults with overweight or obesity: An overview of 12 systematic reviews and 149 studies. *Obesity Reviews*. 2021;22 Suppl 4(Suppl 4):e13256. doi:10.1111/obr.13256
19. Cheikh IB, Marzouki H, Selmi O, Cherni B, Bouray S, Bouhlel E, et al. Effect of water-based aerobic training on anthropometric, biochemical, cardiovascular, and explosive strength parameters in young overweight and obese women: a randomized controlled trial. *PeerJ*. 2025;13:e19020. doi:10.7717/peerj.19020
20. Naz S, Mangi S, Saima R, Zehra W. Aquatic Therapy as a Modality for Managing Chronic Athletic Injuries: A Systematic Review: Role of Aquatic Therapy in Sports Injuries. *Allied Medical Research Journal*. 2024;2(2):267-276. doi:10.59564/amrj/02.02/029
21. Khalafi M, Symonds ME, Faramarzi M, Sharifmoradi K, Maleki AH, Rosenkranz SK. The effects of exercise training on inflammatory markers in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Physiology & Behavior*. 2024;278:114524. doi:10.1016/j.physbeh.2024.114524
22. Farinha C, Ferreira JP, Serrano J, Santos H, Oliveiros B, Silva FM, et al. The impact of aquatic exercise programs on the systemic hematological and inflammatory markers of community dwelling elderly: A randomized controlled trial. *Frontiers in Physiology*. 2022;13:838580. doi:10.3389/fphys.2022.838580
23. Mukarromah SB, Ali MA, Anggita GM, Lesmana R, Rosdianto AM, Komarudin, et al. The effect of aquarobics high intensity interval training in on interleukin-6 (IL-6) serum changes for over 8 weeks. *Journal of Physical Education and Sport*. 2022;22(12):3114-3121. doi:10.7752/jpes.2022.12394
24. Ajoolabady A, Lebeaupin C, Wu NN, Kaufman RJ, Ren J. ER stress and inflammation crosstalk in obesity. *Medicinal Research Reviews*. 2023;43(1):5-30. doi:10.1002/med.21921
25. Le Thuc O, García-Cáceres C. Obesity-induced inflammation: connecting the periphery to the brain. *Nature Metabolism*. 2024;6(7):1237-1252. doi:10.1038/s42255-024-01079-8
26. Tan L, Yan W, Yang W, Kamionka A, Lipowski M, Zhao Z, Zhao G. Effect of exercise on inflammatory markers in postmenopausal women with overweight and obesity: A systematic review and meta-analysis. *Experimental Gerontology*. 2023;183:112310. doi:10.1016/j.exger.2023.112310
27. Molaei R, Vahidian-Rezazadeh M, Moghtaderi A. Effect of 6 weeks aerobic exercise and oral Royal Jelly consumption on inflammatory factors' multiple sclerosis patients. *Medical Journal of Mashhad university of Medical Sciences*. 2019;62(3):1524-1535. [Persian] doi:10.22038/mjms.2019.14194
28. Mousavi SN, Jazayeri S, Khoshpay B, Malek M, Hosseini AF, Hosseini S, Shidfar F. Royal jelly decreases blood pressure, serum glucose, and interleukin-6 in patients with type 2 diabetes on an Iso-caloric diet. *Journal of Nutrition and Food Security*. 2017;2(4):300-307.
29. You MM, Chen YF, Pan YM, Liu YC, Tu J, Wang K, Hu FL. Royal jelly attenuates LPS-induced inflammation in BV-2 microglial cells through modulating NF-κB and p38/JNK signaling pathways. *Mediators of Inflammation*. 2018;2018:7834381. doi:10.1155/2018/7834381