



Ministry of Science, Research and Technology
Sport Sciences Research Institute

Sport Physiology

Journal homepage: <https://spj.ssric.ac.ir>



Original Article

The Effect of Eight Weeks Plyometric Training in Water or on Land on Anaerobic Capacity, and Lower and Upper Limb Function in Adolescent Boys

Ghader Ahmadzadeh Chalikdani¹ , Payam Saidie^{*2} ,
Abuzar Jorbonian² , Ashkan Golabi¹

1. Master's degree, Exercise Physiology Department, Faculty of Sports Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
2. Assistant Professor, Exercise Physiology Department, Faculty of Sports Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

Received: 2-Aug-2024 | Accepted: 1-Nov-2025 | Online Published: 12-Nov-2025

*Corresponding Author: Payam Saidie, E-mail: saidie-p@guilan.ac.ir

How to Cite: Ahmadzadeh Chalikdani, G; Saidie, P; Jorbonian, A; Golabi, A. (2025). The Effect of Eight Weeks Plyometric Training in Water or on Land on Anaerobic Capacity, and Lower and Upper Limb Function in Adolescent Boys. *Sport Physiology*, 17(67):103-121. (In Persian). Doi: [10.22089/spj.2025.4840](https://doi.org/10.22089/spj.2025.4840)

Extended Abstract

Background and Purpose

In competitive swimming, especially in sprint swimming, a strong start is crucial for achieving better records and requires increasing the explosive power of swimmers. Factors such as reaction time, high jump power and reduced underwater resistance are essential for an effective start, which can be improved with appropriate training. Plyometric training, by enhancing the stretch-shortening cycle (SSC), helps to increase muscle power, especially in the lower and upper limbs, and improves swimming performance over various distances. By creating rapid explosive movements, these exercises are very effective for sports such as swimming that require speed and power. Studies have shown that plyometric training in water and on land improves start times and breaststroke records and increases anaerobic power. For example, research has shown that six to eight weeks of plyometric training significantly improves swimmers' performance over distances of 10 to 25 meters. These exercises are particularly beneficial for adolescent swimmers, promoting improvements in strength, speed, and agility at an early age, which continue into adulthood. Coaches often focus on the upper body, while the lower body has greater potential for power generation. Comparing plyometric training in water and on land helps optimize training programs and provides a better understanding of the advantages and disadvantages of each



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

environment. This will help coaches and swimmers design more effective programs. Finally, the present study examined the effect of eight weeks of plyometric training in water and on land on anaerobic power and swimming record in adolescent boys to provide insights for improving training methods and developing elite swimmers.

Materials and Methods

The research population consisted of 30 male art students aged 9 to 15 years from the city of Lasht-e-Nesha, Rasht, who were selected from 45 volunteers with the inclusion criteria (no cardiovascular disease, no sports injury, and regular training for at least 6 months). After being called by the swimming committee and coordinating with their parents, the subjects were transferred to the exercise physiology laboratory of the University of Guilan and their anthropometric indices (height, weight, BMI, waist-to-hip ratio) were evaluated. Then, they were randomly divided into two groups of 15 (plyometric exercises in water and on land). After 10-15 minutes of general and specific warm-up, each group performed plyometric exercises, including 12 jumping movements (such as high knee jumps, squats, and deep jumps), three sessions per week for 8 weeks. Upper body anaerobic power was measured with a Monarch hand-held ergometer (resistance 5.5% of body weight) and lower body with a Monarch bicycle (resistance 7.5% of body weight) in a 30-second Wingate test. The 33-meter swimming record was recorded with a stopwatch and by 5 judges. The subjects' diet was monitored and a food questionnaire was completed. The post-test was performed 48 hours after the last training session. The data were analyzed using descriptive (mean, standard deviation) and inferential statistics (two-way analysis of variance and Bonferroni test) in SPSS version 24 software.

Results

The results of the study showed that plyometric training in water and on land significantly improved the 33-meter swimming record of adolescent swimmers ($p < 0.05$), with a decrease of 5.02% in the water group and 4.02% in the land group, indicating the relative superiority of water training ($F = 4.18$, $p = 0.042$). Peak lower body power improved significantly in both groups (water: $p = 0.002$, land: $p = 0.034$), with the water group being superior in the post-test ($p = 0.039$) and the percentage of changes was 14.63% (water) and 9.04% (land). The mean lower body power also improved in both groups (water: $p = 0.039$, dry: $p = 0.004$), but the dry group had a relative advantage in the post-test ($p = 0.045$) with changes of 13.04% (dry) and 12% (water). Peak upper body power significantly improved in both groups (water: $p = 0.034$, dry: $p = 0.001$) with changes of 18.67% (dry) and 15.47% (water), but the difference between the groups was not significant in the post-test ($p = 0.061$). The mean upper body power also improved (water: $p = 0.003$, dry: $p = 0.040$) with changes of 14.91% (dry) and 13.77% (water), without a significant difference between the groups ($p = 0.058$). The upper body fatigue index decreased in both groups (water: $p = 0.048$, dry: $p = 0.033$) with changes of -1.93% (water) and -2.12% (dry), with no significant difference between groups ($p = 0.065$). The lower body fatigue index also decreased significantly (water: $p = 0.031$, dry: $p = 0.045$) with changes of -9.21% (water) and -17.80% (dry) and a significant difference between groups at post-test ($p = 0.023$). In general, plyometric training in

water was more effective for swimming record and peak lower body power, while training on land was relatively superior for average lower body power and peak upper body power.

Conclusion

The results of the study showed that eight weeks of plyometric training in water and on land significantly improved the 33-meter swimming performance of adolescent swimmers, which is consistent with the findings of Arazi et al. (2011), Rajman et al. (2017), Orta et al. (2023), Adigozel et al. (2016), and Lavant et al. (2017). These exercises increase explosive power and speed by strengthening the stretch-shortening cycle (SSC), muscle strength, and neuromuscular coordination, especially in jumping movements such as diving. Peak and average lower body power improved in both groups, but the water group had a relative advantage (14.63% vs. 9.04% for peak power). Plyometric training enhances explosive force generation capacity by stimulating muscle spindles and storing elastic energy. Unlike the study by Kasser et al., which reported no effect of plyometric training, the difference in training duration (short-term in this study) is likely the reason for the discrepancy. Also, diving training with auditory stimuli reduced reaction time (13 ± 9 ms after four weeks). Elite swimmers had shorter block times than adolescents, but no significant difference in reaction time was observed. Plyometric training improves peak and average power due to the use of SSC and increased neural efficiency, which is critical for sports such as swimming, soccer, and basketball. The aquatic environment improves performance by reducing stress on the musculoskeletal system and increasing resistance. Although upper body anaerobic power did not differ significantly between the two groups, training in water was more effective for lower body power. Limitations of the study include the small sample size and the lack of complete control of confounding factors. Coaches can use water or land training as needed.

Key Words: Plyometric Training, Stretch-Shortening Cycle, Upper and Lower Body Anaerobic Power, Swimming

Article Message

Eight weeks of plyometric training conducted both in aquatic and land environments significantly improved sprint performance and anaerobic power in adolescent swimmers. These findings suggest that coaches may utilize either aquatic or land-based plyometric training, depending on available facilities and training objectives, to effectively enhance the athletic performance of adolescent swimmers.

Ethical Considerations

This study was approved by the Guilan Research Ethics Committee in Biomedical Research, in accordance with the guidelines of the Declaration of Helsinki.

Authors' Contributions

Conceptualization: (Payam Saidie, Ghader Ahmadzadeh)

Data Collection: (Ghader Ahmadzadeh.)

Data Analysis: (Ghader Ahmadzadeh, Payam Saidie.)

Manuscript Writing: (Ghader Ahmadzadeh, Payam Saidie, Abuzar Jorbonian, Ashkan Golabi.)

Review and Editing: (Payam Saidie, Abuzar Jorbonian, Ashkan Golabi)

Responsible for funding: (Ghader Ahmadzadeh)

Literature Review: (Ghader Ahmadzadeh, Payam Saidie, Abuzar Jorbonian, Ashkan Golabi)

Project Manager: (Payam Saidie, Abuzar Jorbonian)

Conflict of Interest

According to the authors, this article has no conflict of interest.

Acknowledgments

We sincerely thank and appreciate all the subjects who contributed to this study with their valuable cooperation and participation.



Ministry of Science, Research and Technology
Sport Sciences Research Institute

فیزیولوژی ورزشی

وبگاه نشریه: <https://spj.ssric.ac.ir>



مقاله پژوهشی

مقایسه هشت هفته تمرینات پلايومتریک در آب و خشکی بر توان بی‌هوازی و عملکرد اندام‌های تحتانی و فوقانی پسران نوجوان

قادر احمدزاده چلیکدانی^۱ , پیام سعیدی^{۲*} , ابوذر جوربنیان^۲ , اشکان گلابی^۱ 

۱. کارشناسی‌ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۲. استادیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۲ | تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۱۰ | تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۴/۰۸/۲۱

*نویسنده مسئول: پیام سعیدی، ایمیل: saidie-p@guilan.ac.ir

نحوه ارجاع‌دهی: احمدزاده چلیکدانی، قادر؛ سعیدی، پیام؛ جوربنیان، ابوذر؛ گلابی، اشکان. (۱۴۰۴). مقایسه هشت هفته تمرینات پلايومتریک در آب و خشکی بر توان بی‌هوازی و عملکرد اندام‌های تحتانی و فوقانی پسران نوجوان. فیزیولوژی ورزشی، ۱۷(۶۷): ۱۰۳-۱۲۱.

چکیده

هدف: محبوبیت برنامه‌های پلايومتریک در آب در حال افزایش است؛ زیرا جایگزین کم‌تنش‌تری در مقایسه با برنامه تمرینی پلايومتریک در خشکی است؛ بر این اساس، هدف پژوهش حاضر، مقایسه هشت هفته تمرینات پلايومتریک در آب و خشکی بر توان بی‌هوازی اندام‌های تحتانی و فوقانی و رکورد شنای پسران نوجوان شناگر بود.

مواد و روش‌ها: طرح این پژوهش نیمه‌تجربی از نوع پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. هنرآموزان شناگر نوجوان از بین ۳۰ داوطلب به طور تصادفی به دو گروه پلايومتریک در آب (۱۵ نفر) و پلايومتریک در خشکی (۱۵ نفر) تقسیم شدند. هرکدام از گروه‌ها به مدت هشت هفته در شرایط تمرینی مخصوص به خود قرار گرفتند. توان بی‌هوازی بالاتنه از طریق کارسنج ارگومتر و متر، توان بی‌هوازی پایین‌تنه از طریق آزمون وینگیت و عملکرد سرعتی شامل رکورد شنای ۳۳ متر در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که رکورد شنای ۳۳ متر سرعت در هر دو گروه تمرین پلايومتریک در آب و خشکی بهبود معناداری داشت ($P < 0.05$). همچنین اوج توان در گروه پلايومتریک در آب و میانگین توان در گروه پلايومتریک در خشکی افزایش معناداری داشت ($P < 0.05$)، اما در رابطه با شاخص خستگی تفاوت معناداری بین دو گروه مشاهده نشد ($P > 0.05$).

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد، تمرینات پلايومتریک در آب و خشکی هر دو باعث بهبود معنادار رکورد شنای ۳۳ متر و توان بی‌هوازی شدند، اما در شاخص خستگی تفاوتی بین دو گروه مشاهده نشد؛ از این رو می‌تواند به منظور آماده‌سازی پسران نوجوان شناگر به کار روند.

واژگان کلیدی: تمرین پلايومتریک، چرخه کشش-کوتاه‌شدن، توان بی‌هوازی بالاتنه و پایین‌تنه، ورزش شنا



مقدمه

از آنجاکه در شنای رقابتی به خصوص شنای سرعتی، اجرای خوب استارت، پیشروی و دستیابی به رکورد خوب را فراهم می‌کند، شناگران برای دستیابی به رکورد خوب باید توان انفجاری خود را افزایش دهند (۱). سرعت زیاد در زمان استارت و حفظ آن زیر آب مهم و ضروری است (۲). گریکوری و همکاران سه عامل را برای اجرای استارت خوب لازم می‌دانند: زمان عکس‌العمل، توان پرش بالا و مقاومت پایین حین سرخوردن زیر آب، که دو پارامتر آخر را با تمرین می‌توان بهبود بخشید. ضمن اینکه داشتن توان زیاد عضلات پا و بهبود توانایی پرش ممکن است در کاهش زمان استارت و زمان کل مسابقه مهم باشد. این محققان مدعی هستند در استارت بیشترین توان انفجاری قدرت پرش از سکو وجود دارد که باعث کاهش زمان استارت و افزایش مسافت افقی می‌شود (۳). استفاده از تمرین‌های صحیح و هدفمند می‌تواند به بهبود و افزایش توانایی و قابلیت‌های هر ورزشکاری کمک کند؛ این در حالی است که رسیدن به بهترین رکورد شنا به اجرای خوب مهارت به خصوص مهارت استارت بستگی دارد (۴). یکی از مشکلات اکثر مربیان در زمینه مربیگری و آموزش در جهت آماده‌سازی مسابقات این است که آن‌ها تمایل دارند روی بالاتنه تمرکز کنند؛ این در حالی است که پایین‌تنه از بالاتنه قوی‌تر است (۵).

نتایج پژوهش‌هایی که بر تمرینات پلايومتریک متمرکز شده‌اند نشان می‌دهد که این تمرینات باعث بهبود توان در اندام‌های تحتانی و افزایش توان اندام‌های فوقانی و رکورد سریع‌تر می‌شود (۶-۸). تمرین پلايومتریک عضله را قادر می‌سازد در کوتاه‌ترین زمان ممکن به حداکثر نیرو برسد؛ بنابراین روش تمرینی مفیدی برای آن دسته از فعالیت‌هایی است که به حرکات انفجاری و قدرتمند در مدت زمان کوتاه نیاز دارند. ورزش پلايومتریک به عنوان حرکت سریع و قدرتمند با استفاده از پیش‌کشش یا حرکت متقابل که شامل چرخه کوتاه کردن کشش^۱ (SSC) است، تعریف می‌شود (۹). تمرین‌های پلايومتریک می‌تواند شیوه مناسبی برای تقویت توان پای شناگران و پارامترهای استارت باشد؛ زیرا مستند شده است که تمرین‌های پلايومتریک در ترکیب با تمرین‌های قدرتی می‌تواند بهترین و بالاترین عملکرد را برای ورزشکاران فراهم کند (۱۰)؛ برای نمونه بیشاپ و همکاران دریافتند که تمرین‌های پلايومتریک باعث کاهش زمان شنای کرال سینه و زمان استارت تا تماس سر با آب می‌شود (۱۱). تمرینات پلايومتریک عملکرد شنا را در فواصل مختلف از جمله ۱۰، ۲۰ و ۲۵ متر بهبود می‌بخشد (۱۲، ۱۳)؛ برای مثال، صادقی و همکاران نشان دادند، شش هفته تمرین پلايومتریک بالاتنه به طور درخور توجهی عملکرد شنا را در این فواصل در مقایسه با گروه کنترل بهبود بخشیده است (۱۳). میلر و همکاران از مرور یافته‌های خود نتیجه گرفتند که اجرای تمرین‌های پلايومتریک در آب و خشکی باعث افزایش نیرو و توان عضلانی می‌شود (۱۴). نتایج پژوهشی مشابه اثر این حجم تمرین‌ها را برای افزایش توان عضلانی تأیید کرده است (۱۵).

در رقابت‌های المپیک، شنا بسیار مهم است؛ بنابراین در بیشتر کشورها سرمایه‌گذاری زیادی برای سنین نوجوانان و خردسالان در حوزه ورزش شنا انجام می‌گیرد. همچنین مطالعات گسترده‌ای ثابت کرده‌اند که انجام تمرینات

1. Stretch-Shortening Cycle (SSC)

پلايومتریک در سنین کم برای شناگران باعث می‌شود که عملکرد عضلات پایین‌تنه، سرعت و قدرت بهتری داشته باشند و بهبود این پارامترها در آن‌ها تا سنین بیشتر تقویت شود (۶، ۱۶). شروع قدرتمند و پرسرعت، به‌ویژه در ورزش‌هایی مانند شنا که لازمه آن سرعت و قدرت و تعادل عضلانی هم‌زمان است، مستلزم انجام تمرینات مناسب زیر نظر مربیان متخصص است. تمرینات پلايومتریک فاکتورهای ماندن سرعت، قدرت و چابکی را در ورزشکاران بهبود می‌دهد (۱۷). اهمیت مقایسه تمرینات پلايومتریک در خشکی و آب در این است که مشخص می‌کند کدام شرایط تمرینی تأثیر بیشتری بر بهبود توان بی‌هوازی اندام‌های فوقانی و تحتانی دارد. این موضوع می‌تواند مربیان و شناگران را در انتخاب و طراحی برنامه‌های تمرینی کارآمدتر کمک کند. همچنین ارزیابی محیط‌های تمرینی به‌منظور مقایسه تأثیر تمرینات پلايومتریک در آب و خشکی، می‌تواند درک بهتری از مزایا و معایب هر محیط برای بهبود کارایی شناگران ارائه دهد. درنهایت، پشتیبانی از چگونگی توسعه سریع و بهینه شناگران جوان برای برنامه‌ریزان ورزشی، به شناسایی روش‌های بهتر برای تمرین نوجوانان و جوانان کمک می‌کند؛ در نتیجه رشد و پیشرفت آینده این ورزشکاران را آسان می‌کند؛ بنابراین بررسی اثر هشت هفته تمرینات پلايومتریک در آب و خشکی، نه تنها می‌تواند به تقویت عملکرد شناگران کمک کند، بلکه بینش‌های ارزشمندی را برای روندهای آموزشی و تربیت ورزشکاران نخبه نیز ارائه می‌دهد؛ بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی مقایسه هشت هفته تمرینات پلايومتریک در آب و خشکی بر توان بی‌هوازی اندام‌های تحتانی و فوقانی و رکورد شنای پسران نوجوان شناگر انجام شد.

روش پژوهش

هنرآموزان پسر با دامنه سنی ۹ تا ۱۵ سال شهر لشت نشای رشت، جامعه آماری پژوهش حاضر را تشکیل دادند. با انتشار فراخوان اجرای پژوهش و مراجعه به هیئت ورزشی شنای سطح شهر، ذکر توضیحات اولیه درباره اهداف و نحوه اجرای پژوهش، ۴۵ نفر از هنرجویان با هماهنگی والدین اعلام برای حضور در پژوهش اعلام آمادگی کردند. از میان آن‌ها، ۳۰ نفر واجد شرایط به‌عنوان نمونه آماری انتخاب شدند. معیارهای ورود آزمودنی‌ها به پژوهش عبارت بودند از: نداشتن سابقه بیماری خاص مانند بیماری قلبی-عروقی؛ نداشتن آسیب ورزشی؛ داشتن تمرینات فعال و منظم ورزشی حداقل در شش ماه گذشته. پس از انتخاب آزمودنی‌ها، آن‌ها برای ایراد توضیحات بیشتر درباره فرایندهای اجرایی پژوهش، تکمیل کردن پرسشنامه‌های مربوط به سلامت پزشکی و فرم‌های شرکت داوطلبانه در مطالعه و رضایت‌نامه والدین و همچنین ارزیابی شاخص‌های آنتروپومتریک شامل قد، وزن، شاخص توده بدنی و نسبت دور کمر به لگن، به آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی دانشکده تربیت بدنی دانشگاه گیلان در شهر رشت انتقال داده شدند. سپس به صورت تصادفی به دو گروه ۱۵ نفری تمرینات پلايومتریک در آب و تمرینات پلايومتریک در خشکی تقسیم شدند. پس از گرم کردن عمومی و اختصاصی به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه شامل نرم‌دوی، حرکات چرخشی شانه‌ها (کتف‌ها)، حرکات پویا و رکاب زدن به مدت پنج دقیقه برای بالاتنه و پایین‌تنه اجرا شد. در جلسه اول، اندازه‌گیری توان بی‌هوازی بالاتنه، در جلسه دوم، توان بی‌هوازی پایین‌تنه و در جلسه سوم، رکورد شنای ۳۳ متر آن‌ها در استخر دانشکده علوم ورزشی اندازه‌گیری شد. سپس هرکدام از گروه‌های تمرینی پلايومتریک در آب و پلايومتریک در خشکی، سه جلسه در هفته به

مدت هشت هفته به اجرای تمرینات پرداختند. تمرین‌ها شامل ۱۲ نوع حرکت پرش زانو بالا جمع، پرش اسکوات، پرش جانبی با یک پا (متوالی)، پرش عمقی، پرش موشکی، پرش طول جفت پا (متوالی)، پرش جفت پا به بالا با توپ مدیسن بال، تاب عمودی با دمبل، تاب دست به راست و چپ با دمبل، پا توسینه با توپ مدیسن بال، تاب دادن دست به جلو و عقب با دمبل و لی لی کردن با پرتاب توپ از بالای سر بود (۱۸). پس از اتمام دوره تمرینی هشت هفته، پس از آزمون در ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی اجرا شد. برای مشابه بودن مواد غذایی مصرفی، از آزمودنی‌ها خواسته شد که رژیم غذایی خود را در طول تحقیق تغییر ندهند. برای کنترل دقیق‌تر نیز آن‌ها پرسشنامه ثبت مواد غذایی را تکمیل کردند.

توان بی‌هوازی

توان بی‌هوازی بالاتنه با استفاده از کارسنج ارگومتر دستی مونارک اندازه‌گیری شد. قبل از اجرای آزمون، آزمودنی‌ها به مدت شش دقیقه گرم کردن شامل حرکات کششی و نرمشی بالاتنه را انجام دادند. اجرای آزمون وینگیت بی‌هوازی بالاتنه، سه تا چهار دقیقه پس از گرم شدن صورت گرفت. مقاومت دستگاه براساس ۵/۵ درصد از وزن بدن شرکت‌کنندگان تعیین شد. افراد به مدت ۳۰ ثانیه به وسیله دستگاه کارسنج دستی رکاب زدند. شاخص‌های اوج توان، میانگین توان و شاخص خستگی آزمودنی‌ها توسط نرم‌افزار مونارک محاسبه شد (۱۹).

توان بی‌هوازی پایین‌تنه با استفاده از دوچرخه مونارک اندازه‌گیری شد. قبل از اجرای پروتکل مونارک بی‌هوازی، آزمودنی‌ها به مدت پنج دقیقه روی دوچرخه بدون وزنه، گرم کردن را انجام دادند. سپس با محاسبه وزن بدن فرد و تعیین مقاومت رکاب دوچرخه براساس ۷/۵ درصد از وزن بدن هریک از آزمودنی‌ها، میزان مقاومت هر فرد تعیین شد. پس از آن، افراد به مدت ۳۰ ثانیه با حداکثر فشار رکاب زدن را انجام دادند و بلافاصله پس از پایان ۳۰ ثانیه، ضریب قلب آزمودنی‌ها و شاخص‌های میانگین توان، اوج توان و شاخص خستگی، توسط نرم‌افزار مونارک محاسبه شد (۲۰).

زمان رکورد شنای سرعتی آزمودنی‌ها با استفاده از کرومومتر محاسبه شد. اجرای رکوردگیری در این آزمون به این صورت بود که هر پنج نفر پس از اعلام «رو» از سوی آزمونگر، شروع به شنای سرعتی به مسافت ۳۳ متر کردند. بلافاصله پس از رسیدن آن‌ها به خط پایان، رکورد آن‌ها توسط ثبت‌کننده‌های رکورد آزمودنی‌ها، ثبت شد. به‌منظور افزایش دقت اندازه‌گیری، پنج داور خط زمان آزمودن‌ها را ثبت کردند.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های آمار توصیفی و استنباطی استفاده شد. در سطح توصیفی، مشخصه‌های آماری مانند میانگین و انحراف معیار و در سطح آمار استنباطی، آزمون تحلیل واریانس دواراه (۲×۲) و آزمون تعقیبی بونفرونی با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ به کار رفت.

نتایج

ویژگی‌های توصیفی و آنتروپومتریک آزمودنی‌ها شامل سن، قد، وزن، شاخص توده بدنی و نسبت دور کمر به لگن، در جدول (۱) ارائه شده است. برای بررسی توزیع طبیعی داده‌ها، آزمون شاپیرو-ویلک به کار رفت و توزیع طبیعی داده‌ها تأیید شد.

جدول ۱- ویژگی‌های توصیفی و آنتروپومتریک آزمودنی‌ها

Table 1- Descriptive and anthropometric characteristics of the subjects

WHR	BMI (kg/m ²)	وزن (کیلوگرم) Weight (kg)	قد (سانتی‌متر) Height (cm)	سن (سال) Age (years)	گروه
0.84±0.017	21.92±3.70	55.10±11.90	158.56±10.37	12.90±2.93	پلايومتریک در آب (۱۵ نفر) Plyometrics in water (n=15)
0.83±0.015	18.23±2.80	50.63±8.40	166.64±9.43	12.34±2.65	پلايومتریک در خشکی (۱۵ نفر) Plyometrics on land (n=15)

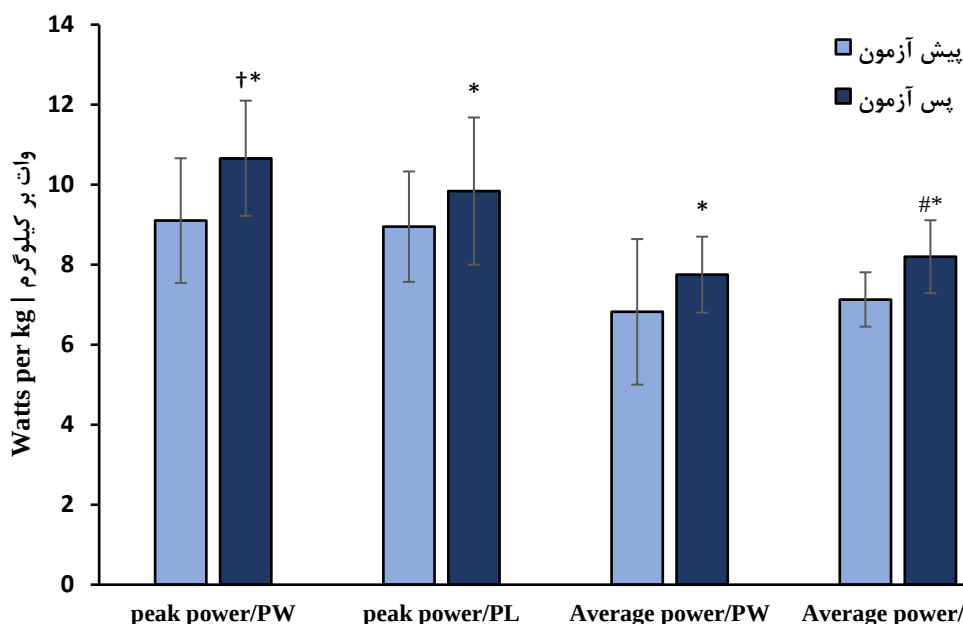
با توجه به نتایج درج‌شده در جدول (۲) مشخص شد که رکورد شنای ۳۳ متر، رکورد شناگران در پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون در هر دو گروه تمرینات پلايومتریک در آب و خشکی، کاهش یافت ($P<0/05$).

جدول ۲- نتایج رکورد شنای ۳۳ متر

Table 2- Results of 33-meter swimming record

میانگین±انحراف استاندارد Mean±SD	زمان Time	گروه Group
28.20±4.62	پیش‌آزمون Pre-test	پلايومتریک در آب
26.85±5.01	پس‌آزمون Post-test	Plyometrics in water
27.40±7.19	پیش‌آزمون Pre-test	پلايومتریک در خشکی
26.34±6.54	پس‌آزمون Post-test	Plyometrics on land

رکورد شنا در گروه پلايومتریک در آب ۵/۰۲ درصد و در گروه پلايومتریک در خشکی ۴/۰۲ درصد کاهش پیدا کرد که نشان‌دهنده اثربخشی بیشتر تمرینات پلايومتریک در آب در مقایسه با خشکی بود ($P=0/042$, $F=4/18$). در شاخص اوج توان پایین‌تنه، بین هر دو گروه در مقایسه با مرحله پیش‌آزمون تفاوت معناداری وجود داشت (گروه پلايومتریک در آب $P=0/002$ ، گروه پلايومتریک در خشکی $P=0/034$)؛ این در حالی است که در شاخص اوج توان پایین‌تنه در مرحله پس‌آزمون، تفاوت معناداری بین دو گروه مشاهده شد ($P=0/039$) که نشان از برتری نسبی تمرینات پلايومتریک در آب داشت. درصد تغییرات نیز در گروه تمرینات پلايومتریک در آب ۱۴/۶۳ درصد و در گروه تمرینات پلايومتریک در خشکی ۹/۰۴ درصد بود. نتایج شاخص میانگین توان پایین‌تنه نشان داد که هر دو گروه در مقایسه با مرحله پیش‌آزمون تفاوت معناداری داشتند (گروه پلايومتریک در آب $P=0/039$ ، گروه پلايومتریک در خشکی $P=0/004$)؛ این در حالی است که در نتایج توان در مرحله پس‌آزمون، اختلاف معناداری بین دو گروه مشاهده شد ($P=0/045$) که نشان از برتری نسبی تمرینات پلايومتریک در خشکی داشت. درصد تغییرات نیز در گروه تمرینات پلايومتریک در آب ۱۲ درصد و در گروه تمرینات پلايومتریک در خشکی ۱۳/۰۴ درصد بود (شکل ۱).



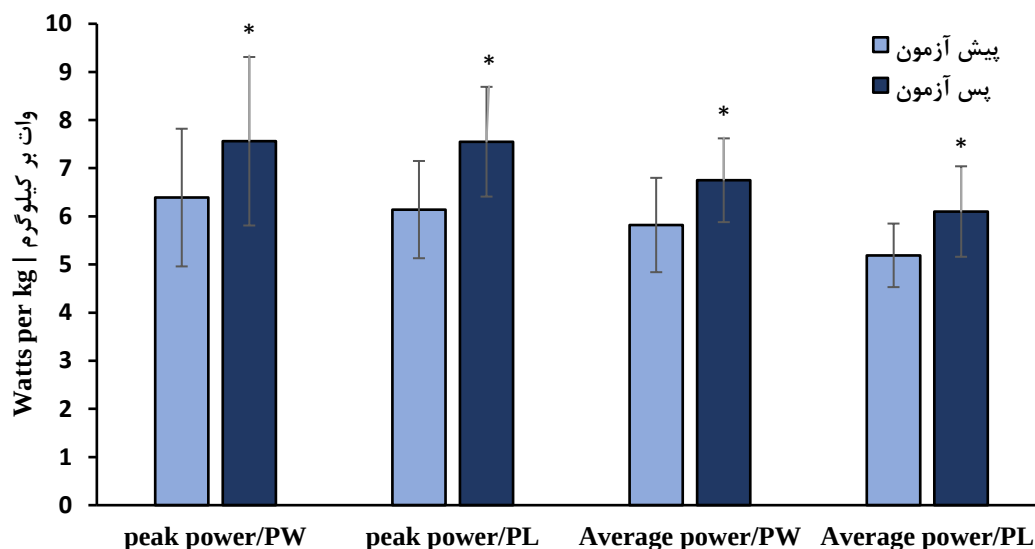
شکل ۱- تغییرات اوج و میانگین توان در پایین تنه در گروه‌های مطالعه‌شده

* تفاوت معنادار در مقایسه با مرحله پیش‌آزمون؛ † تفاوت معنادار در مقایسه با گروه تمرینات پلايومتریک در خشکی؛ # تفاوت معنادار در مقایسه با گروه تمرینات پلايومتریک در آب ($P < 0.05$); PW: تمرینات پلايومتریک در آب؛ PL: تمرینات پلايومتریک در خشکی

Figure 1- Changes in peak and average power in the lower body in the study groups

* Significant difference compared to the pre-test phase; † Significant difference compared to the plyometric training group on land; # Significant difference compared to the plyometric training group in water ($P < 0.05$); PW: Plyometric training in water; PL: Plyometric training on land

نتایج شاخص اوج توان بالاتنه نشان داد که هر دو گروه در مقایسه با مرحله پیش‌آزمون تفاوت معناداری داشتند (گروه پلايومتریک در آب $P = 0.034$ ، گروه پلايومتریک در خشکی $P = 0.001$). درصد تغییرات نیز در گروه تمرینات پلايومتریک در آب ۱۵/۴۷ درصد و در گروه تمرینات پلايومتریک در خشکی ۱۸/۶۷ درصد بود، اما در نتایج اوج توان در مرحله پس‌آزمون، اختلاف معناداری بین دو گروه مشاهده نشد ($P = 0.061$). نتایج شاخص میانگین توان بالاتنه نشان داد که هر دو گروه در مقایسه با مرحله پیش‌آزمون تفاوت معناداری داشتند (گروه پلايومتریک در آب $P = 0.003$ ، گروه پلايومتریک در خشکی $P = 0.040$). درصد تغییرات نیز در گروه تمرینات پلايومتریک در آب ۱۳/۷۷ درصد و در گروه تمرینات پلايومتریک در خشکی ۱۴/۹۱ درصد بود، اما در نتایج میانگین توان در مرحله پس‌آزمون، اختلاف معناداری بین دو گروه مشاهده نشد ($P = 0.058$) (شکل ۲).



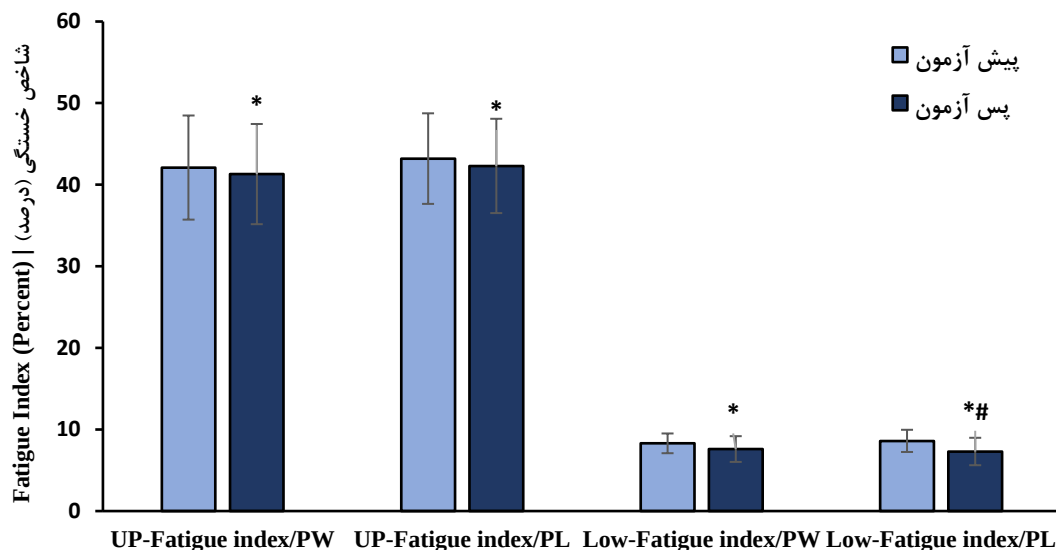
شکل ۲- تغییرات اوج و میانگین توان در بالاتنه در گروه‌های مطالعه‌شده

* تفاوت معنادار در مقایسه با مرحله پیش‌آزمون ($P < 0.05$): peak power/PW: اوج توان در تمرینات پلايومتریک در آب؛ peak power/PL: اوج توان در تمرینات پلايومتریک در خشکی؛ Average power/PW: میانگین توان در تمرینات پلايومتریک در آب؛ Average power/PL: میانگین توان در تمرینات پلايومتریک در خشکی

Figure 2- Changes in peak and average power in the upper body in the study groups

* Significant difference compared to the pre-test stage ($P < 0.05$); Peak power/PW: Peak power in plyometric exercises in water; Peak power/PL: Peak power in plyometric exercises on land; Average power/PW: Average power in plyometric exercises in water; Average power/PL: Average power in plyometric exercises on land

نتایج شاخص خستگی بالاتنه نشان داد که هر دو گروه در مقایسه با مرحله پیش‌آزمون تفاوت معناداری داشتند (گروه پلايومتریک در آب $P = 0.048$ ، گروه پلايومتریک در خشکی $P = 0.033$). درصد تغییرات نیز در گروه تمرینات پلايومتریک در آب $1/93$ - درصد و در گروه تمرینات پلايومتریک در خشکی $2/12$ - درصد بود، اما در مرحله پس‌آزمون اختلاف معناداری بین دو گروه مشاهده نشد ($P = 0.065$). نتایج شاخص خستگی پایین‌تنه نشان داد که هر دو گروه در مقایسه با مرحله پیش‌آزمون تفاوت معناداری داشتند (گروه پلايومتریک در آب $P = 0.031$ ، گروه پلايومتریک در خشکی $P = 0.045$). درصد تغییرات نیز در گروه تمرینات پلايومتریک در آب $9/21$ - درصد و در گروه تمرینات پلايومتریک در خشکی $17/80$ - درصد بود. در مرحله پس‌آزمون نیز اختلاف معناداری بین دو گروه مشاهده شد ($P = 0.023$) (شکل ۳).



شکل ۳- تغییرات شاخص خستگی در گروه‌های مطالعه‌شده

* تفاوت معنادار در مقایسه با مرحله پیش‌آزمون؛ # تفاوت معنادار در مقایسه با گروه تمرینات پلايومتریک در آب ($P < 0.05$)؛ UP-Fatigue index/PW: شاخص خستگی بالاتنه در تمرینات پلايومتریک در آب؛ UP-Fatigue index/PL: شاخص خستگی بالاتنه در تمرینات پلايومتریک در خشکی؛ Low-Fatigue index/PW: شاخص خستگی پایین‌تنه در تمرینات پلايومتریک در آب؛ Low-Fatigue index/PL: شاخص خستگی پایین‌تنه در تمرینات پلايومتریک در خشکی

Figure 3- Changes in fatigue index in the study groups

* Significant difference compared to the pre-test stage; # Significant difference compared to the plyometric training group in water ($P < 0.05$); UP-Fatigue index/PW: Upper body fatigue index in plyometric training in water; UP-Fatigue index/PL: Upper body fatigue index in plyometric training on land; Low-Fatigue index/PW: Lower body fatigue index in plyometric training in water; Low-Fatigue index/PL: Lower body fatigue index in plyometric training on land

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته اجرای تمرینات پلايومتریک در آب و خشکی باعث بهبود عملکرد شنای ۳۳ متر در شناگران شد. این یافته‌ها با نتایج پژوهش‌های رجمان و همکاران (۲۱)، اراضی و همکاران (۲۲)، آدیگوزل و همکاران (۲۳)، جورادو-لاوانت و همکاران (۲۴) و اورتا و همکاران (۲۰۲۳) همسوسست. در پژوهش‌های قبلی، بیشتر اثرات تمرینات پلايومتریک در آب و خشکی بر شاخص‌های عملکردی از جمله پرش‌های عمودی و قدرت ورزشکاران بررسی شد. یکی از اثرات شناخته‌شده تمرینات پلايومتریک در میزان پرش‌ها و جهش‌ها است. نشان داده شده است که اجرای مطلوب این نوع تمرینات می‌تواند عملکرد ورزشی از جمله سرعت، وزن و قدرت را بهبود بخشد (۲۴). این نوع فعالیت‌های بدنی برای رشته‌های ورزشی مانند فوتبال، بسکتبال، والیبال و شنا که می‌توانند عملکرد کلی ورزشی فرد را بهبود دهند، مهم هستند (۲۶، ۲۵). یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که میانگین و اوج توان پایین‌تنه در هر دو گروه پلايومتریک افزایش یافت، اما این افزایش در گروه پلايومتریک در آب بیشتر بود. نتایج پژوهش‌های انجام‌شده حاکی از

اثرگذاری تمرینات پلايومتریک بر قدرت انفجار پاها، به سبب افزایش خاصیت ارتجاعی و سازگاری سیستم عصبی-عضلانی، در حین حرکات جهشی مانند (شیرجه زدن) انفجاری است. هنگامی که ورزشکار حرکت پرشی انجام می‌دهد، بدن او تحت تأثیر نیروهای خارجی و انقباضات عضلانی است. از آنجاکه عوامل شیمیایی، مکانیکی و عصبی، نیرو و سفتی عضله در حال انقباض را تحت تأثیر قرار می‌دهند، افزایش سرعت انقباض از مرحله برون‌گرا به درون‌گرا باعث می‌شود که نیرو و قابلیت‌های انفجاری زیادی در عضلات اسکلتی ایجاد شود (۲۷). تمرینات پلايومتریک دوک عضله را به طور مؤثری تحریک می‌کند که شامل بارگیری مجدد عضله آگونیست و ذخیره انرژی الاستیک است. از طریق دستکاری شدت و حجم می‌توان ظرفیت تولید نیرو در چرخه کوتاه شدن کشش برای شروع انقباضات عضلانی را تغییر داد (۲۸). بهینه‌سازی تولید نیروی برون‌گرا به طور درخور توجهی باعث توسعه اجزای عضلانی و تولید قدرت انفجاری از طریق افزایش نرخ آتشباری واحد حرکتی و توسعه شدت انقباض درگیر در سیستم عصبی می‌شود (۲۹). با تأثیر بر برون‌ده قدرت عضلانی و تولید نیرو، اجرای ایمن تمرینات پلايومتریک در آب و خشکی در مطالعه حاضر، باعث بهبود عملکرد توانایی شناگران در مانور انفجاری شنای ۳۳ متر سرعت نشان داد؛ این در حالی است که کاسر و همکاران تأثیر نداشتن تمرینات پلايومتریک را بر عملکرد شناگران در گروه‌های سنی مختلف نشان دادند (۳۰) که با نتایج پژوهش حاضر ناهم‌سوست. یکی از دلایل احتمالی ناهم‌سو بودن پژوهش آن‌ها با نتایج پژوهش حاضر، تفاوت در مدت زمان دوره تمرینی است؛ به طوری که کراسر و همکاران تأثیر طولانی‌مدت تمرینات پلايومتریک را بر عملکرد ورزشی و تایم شنا در شناگران بررسی کردند (۳۰)؛ در حالی که در پژوهش حاضر دوره زمانی کوتاه‌مدت بود.

زمان تقسیم^۱ و زمان واکنش تأثیر درخور توجهی بر زمان نهایی در مسابقات پروانه ۱۰۰ متر دارد؛ به طوری که زمان واکنش ۵۱ درصد از زمان نهایی در ۵۰ متر اول را تشکیل می‌دهد (۳۱). تمرین شیرجه با محرک شنیداری که در آن شناگران با بوق الکترونیکی استفاده شده برای شروع مسابقه تمرین می‌کنند، می‌تواند زمان واکنش شروع شنا را در مقایسه با تمرین شیرجه بدون اجزای شنوایی به میزان چشمگیری کاهش دهد. در یک مطالعه نشان داده شد که میانگین زمان واکنش گروهی 13 ± 9 میلی‌ثانیه پس از چهار هفته تمرین شیرجه با محرک شنوایی کاهش می‌یابد. چهار نفر از پنج شناگر در گروه تمرین شنوایی، کاهش اندازه اثر متوسط تا بزرگ در زمان واکنش را نشان دادند (۳۲)؛ با این حال، هیچ تغییر درخور توجهی در زمان بلوک شناگران^۲ (BT) در مداخلات آموزشی شیرجه شنیداری یا غیر شنیداری مشاهده نشد. همچنین مشخص شد که شناگران نخبه در مقایسه با شناگران نوجوان، BT‌های کوتاه‌تری داشتند، اما تفاوت معناداری در RT‌ها وجود نداشت (۳۲). یکی دیگر از علل احتمالی ناهم‌سو بودن نتایج، افراد مطالعه شده است که در پژوهش حاضر شناگران نوجوان ۱۰ تا ۱۵ سال بودند که احتمالاً به دلیل پاسخ‌های فیزیولوژیک نوجوانان به تمرینات ورزشی است (۳۳). شناگران موفق زودهنگام که در سنین جوانی (قبل از ۲۰ سالگی) به اوج خود می‌رسند، اغلب برای حفظ همان سطح رقابت در بزرگسالی تلاش می‌کنند و در حدود ۱۶ تا ۲۰ سالگی عملکرد سطح

-
1. Split Time
 2. Block Times (BT)

بالایی را تجربه می‌کنند. شناگرانی که دیرتر موفق می‌شوند، تا سن ۲۰ تا ۲۴ سالگی بهبود عملکرد سالانه بیشتری را نشان می‌دهند (۳۴).

نشان داده شده است که تمرینات پلائیومتریک به طور درخور توجهی اوج قدرت را بهبود می‌بخشد و حداکثر نیرویی است که فرد می‌تواند در زمانی معین تولید کند. این بهبود به مکانیسم تمرینی خاص پلائیومتریک نسبت داده می‌شود که شامل حرکات سریع و قدرتمندی است که قدرت عضلانی و هماهنگی عصبی عضلانی را افزایش می‌دهد (۳۵). مطالعات به طور پیوسته نشان داده‌اند که تمرینات پلائیومتریک منجر به افزایش درخور توجهی در اوج قدرت، به‌ویژه در ارتفاع پرش عمودی و قدرت عضلانی می‌شود (۳۶، ۳۷). تأثیر تمرینات پلائیومتریک بر اوج قدرت در شش تا هشت هفته اول تمرین، پس از آن تغییرات هیپرتروفیک در عضلات شروع می‌شود (۳۷). تمرینات پلائیومتریک را می‌توان برای بهبود اوج قدرت در ورزش‌ها و فعالیت‌های مختلف از جمله دوی سرعت، پرش و لگد زدن استفاده کرد (۳۸، ۳۷). یکی از این مکانیسم‌های اثربخشی، چرخه کشش-کوتاه‌شدن (SSC) است. تمرینات پلائیومتریک شامل حرکات سریع و قدرتمندی است که از SSC استفاده می‌کند؛ در این چرخه ابتدا عضلات کشیده شده و سپس به‌سرعت منقبض می‌شوند که موجب افزایش توان و نیرو می‌شود. این چرخه امکان ذخیره‌سازی و آزادسازی کارآمد انرژی را فراهم می‌کند که منجر به افزایش اوج قدرت می‌شود (۳۶، ۳۷). همچنین این تمرینات می‌تواند هماهنگی عصبی عضلانی را افزایش دهد. تمرین پلائیومتریک با آموزش سیستم عصبی برای خودکارتر و کارآمدتر کردن حرکات، هماهنگی عصبی عضلانی را تقویت می‌کند. این افزایش کارایی عصبی امکان حرکات سریع‌تر و قدرتمندتر را فراهم می‌کند و در نتیجه اوج توان و میانگین توان را بهبود می‌بخشد (۳۶، ۳۷). افزایش و بهبود اوج و میانگین توان از طریق افزایش توسعه قدرت نیز حاصل می‌شود. تمرینات پلائیومتریک به طور خاص توسعه قدرت عضلانی را هدف قرار می‌دهد که برای بسیاری از فعالیت‌های ورزشی حیاتی است. با افزایش قدرت عضلانی، تمرین پلائیومتریک توانایی تولید نیرو به‌سرعت و کارآمد را افزایش می‌دهد که منجر به بهبود حداکثر قدرت می‌شود (۳۸، ۳۶).

علاقه به ورزش‌های آبی رو به افزایش است؛ زیرا این محیط مزایای جسمانی و روانی دارد، عملکردی مشابه با تمرینات پلائیومتریک ارائه می‌دهد و می‌تواند در توان‌بخشی و پیشگیری از آسیب‌ها مؤثر باشد. به دلیل شناوری بدن و چگالی بیشتر آب در مقایسه با هوا، تأثیر جاذبه بر آب کاهش می‌یابد. با افزایش عمق غوطه‌وری، میزان تحمل وزن بدن کمتر می‌شود. فردی که در آب ایستاده است، بسته به جنسیت، حدود ۲۸ تا ۳۵ درصد وزن بدن خود را تحمل می‌کند. این درصد با انجام فعالیت‌هایی مانند راه رفتن و افزایش سرعت حرکت بیشتر می‌شود (۳۹). آب ممکن است فشار وارد شده بر سیستم اسکلتی عضلانی را کاهش دهد؛ زیرا محیط آب باعث ایجاد شناوری می‌شود که استرس تحمل وزن بر اندام را کاهش می‌دهد (۴۰) و این موضوع می‌تواند احتمالاً یکی دیگر از اثرات مثبت تمرینات در آب بر بهبود عملکرد ورزشی باشد که در برخی تحقیقات از جمله مطالعات رجمان و همکاران (۲۱)، اراضی و همکاران (۲۲) و جورادو-لاوانت و همکاران (۲۴) گزارش شد. از طرفی، ویسکوزیته و مقاومت در برابر حرکت در داخل آب برای غلبه بر مقاومت و تولید حرکتی مشابه که زمین یا سایر سطوح با سهولت بیشتری تولید می‌شود، به فعال‌سازی بیشتر عضلانی نیاز دارد (۴۳)، هرچند در پژوهش حاضر، دو مدل تمرینی پلائیومتریک در آب و خشکی با هم مقایسه شد و نتایج نشان‌دهنده داد

که در توان بی‌هوازی بالاتنه در مقایسه با پایین‌تنه، بین گروه‌های تمرینی پلايومتریک در آب و خشکی تفاوت معناداری وجود نداشت. تمرینات پلايومتریک با افزایش قدرت عضلانی، هماهنگی عصبی-عضلانی و چرخه کوتاه‌کردن کشش، روشی مؤثر برای بهبود اوج قدرت است. مزایای تمرین پلايومتریک به‌خوبی مستند شده است و می‌تواند در ورزش‌ها و فعالیت‌های مختلف برای بهبود عملکرد کلی ورزشی اعمال شود.

تعداد کم نمونه‌های مطالعه، کنترل کامل نشدن عوامل مداخله‌گر مانند تفاوت‌های فردی و انگیزه آزمودنی‌ها از جمله محدودیت‌های مطالعه حاضر بود.

به طور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هر دو نوع تمرینات پلايومتریک در آب و خشکی به مدت هشت هفته، باعث بهبود معناداری در عملکرد سرعتی شناگران نوجوان شد. همچنین این دو نوع تمرین باعث افزایش معناداری در توان بی‌هوازی بالاتنه و پایین‌تنه در شناگران نوجوان شد؛ از این‌رو مربیان می‌توانند با توجه به نیاز و براساس شرایط خود، از تمرینات خشکی و آبی بهره ببرند.

پیام مقاله

تمرینات پلايومتریک در آب و خشکی به مدت هشت هفته، عملکرد سرعتی و توان بی‌هوازی شناگران نوجوان را به‌طور معناداری بهبود می‌بخشد. نتایج نشان داد که رکورد شنای ۳۳ متر در هر دو محیط تمرینی کاهش یافت که با برتری نسبی تمرینات آبی (۵/۰۲ درصد کاهش) در مقایسه با خشکی (۴/۰۲ درصد کاهش) همراه بود. اوج توان پایین‌تنه در محیط آبی (۱۴/۶۳ درصد افزایش) و میانگین توان در محیط خشکی (۱۳/۰۴ درصد افزایش) بهبود بیشتری را نشان داد. هر دو محیط تمرینی باعث افزایش معنادار توان بالاتنه و کاهش شاخص خستگی شدند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که مربیان می‌توانند بسته به امکانات و اهداف تمرینی، از هر دو روش برای بهبود عملکرد ورزشی شناگران نوجوان بهره بگیرند.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه با رعایت کامل اصول اخلاقی پژوهش روی انسان و مطابق با بیانیه هلسینکی (نسخه اصلاح‌شده ۲۰۱۳، فورتالزا، برزیل) (۴۴) انجام شد. قبل از شروع پژوهش، اهداف و روش‌های مطالعه به تمامی شرکت‌کنندگان و والدین آن‌ها توضیح داده شد و فرم‌های رضایت‌نامه آگاهانه کتبی از والدین دریافت شد. شرکت‌کنندگان از حق انصراف از مطالعه در هر زمان بدون هیچ‌گونه پیامد منفی آگاه شدند. همچنین محرمانگی اطلاعات شخصی و داده‌های پژوهشی تمامی آزمودنی‌ها حفظ شد و هویت شرکت‌کنندگان در گزارش‌ها و انتشارات محفوظ ماند.

مشارکت نویسندگان

ایده‌پردازی: پیام سعیدی و قادر احمدزاده

جمع‌آوری داده‌ها: قادر احمدزاده و پیام سعیدی

تحلیل داده‌ها: قادر احمدزاده، پیام سعیدی، ابوذر جوربنیان و اشکان گلابی

نوشتن مقاله: پیام سعیدی، ابوذر جوربنیان و اشکان گلابی

بازبینی و ویرایش: پیام سعیدی، ابوذر جوربنیان و اشکان گلابی
مرور ادبیات: قادر احمدزاده، پیام سعیدی، ابوذر جوربنیان و اشکان گلابی
مدیر پروژه: پیام سعیدی و ابوذر جوربنیان

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

از تمامی آزمودنی‌هایی که با همکاری و مشارکت ارزشمند خود در این مطالعه نقش داشتند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنیم.

منابع

1. Gonjo T, Olstad BH. Race analysis in competitive swimming: a narrative review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(1):69. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010069>
2. Tor E, Pease DL, Ball KA. Key parameters of the swimming start and their relationship to start performance. *Journal of Sports Sciences*. 2015;33(13):1313-21. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.990486>
3. Gregory Gutierrez, G. M., E. V. Macbeth, M. D. Tillman, and J. W. Chow. Does Plyometric Training Improve Swim Start Performance? Annual Meeting of the American Society of Biomechanics. (Presented On Poster September 9-10, 2004 At the ASB Meeting in Portland) 2004: 2. Available at: <https://lida.sport-iat.de/ta/Record/4014056>
4. Formicola D, Rainoldi A. A kinematic analysis to evaluate the start techniques' efficacy in swimming. *Sport Sciences for Health*. 2014;11:57-66. <https://doi.org/10.1007/s11332-014-0213-y>
5. Al-Tarawneh M. The impact of plyometric exercises on the development of leg kicks in freestyle swimming among physical education majors at mutah university. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*. 2023;18(6):648-53. Available at: <https://www.riped-online.com/articles/the-impact-of-plyometric-exercises-on-the-development-of-leg-kicks-in-freestyle-swimming-among-physical-education-majors-104179.html>
6. Sammoud S, Negra Y, Chaabene H, Bouguezzi R, Moran J, Granacher U. The effects of plyometric jump training on jumping and swimming performances in prepubertal male swimmers. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2019;18(4):805. Available at: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6873130/>
7. Wang X, Lv C, Qin X, Ji S, Dong D. Effectiveness of plyometric training vs. complex training on the explosive power of lower limbs: a systematic review. *Frontiers in Physiology*. 2023;13:1061110. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1061110>
8. Gaamouri N, Hammami M, Cherni Y, Rosemann T, Knechtle B, Chelly MS, van den Tillaar R. The effects of 10-week plyometric training program on athletic performance in youth female handball players. *Frontiers in Sports and Active Living*. 2023;5:1193026. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1193026>
9. Kobak MS, Rebold MJ, DeSalvo R, Otterstetter R. A comparison of aquatic-vs. land-based plyometrics on various performance variables. *International Journal of Exercise Science*. 2015;8(2):4. <https://doi.org/10.70252/UOKY4574>

10. Ramirez-Campillo R, Sanchez-Sanchez J, Romero-Moraleda B, Yanci J, García-Hermoso A, Manuel Clemente F. Effects of plyometric jump training in female soccer player's vertical jump height: a systematic review with meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*. 2020;38(13):1475-87. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1745503>
11. Bishop D, Smith R, Smith MF, Rigby H. Effect of plyometric training on swimming block start performance in adolescents. *Journal of strength and conditioning research*. National Strength & Conditioning Association. 2009;23:2137-43. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b8656d>
12. Sammoud S, Negra Y, Bouguezzi R, Hachana Y, Granacher U, Chaabene H. The effects of plyometric jump training on jump and sport-specific performances in prepubertal female swimmers. *Journal of Exercise Science & Fitness*. 2021;19(1):25-31. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2020.07.003>
13. Sadeghi M, Rajabi H, Nazem F. The effect of six weeks upper body plyometric training on anaerobic power and record of 25 meter front crawl performance in 10 years old swimmer boys. *Research in Sport Medicine and Technology*. 2023;21(25):15-29. <https://doi.org/10.61186/jsmt.21.25.15>
14. Miller M, Cheatham C, Porter A, Ricard M, Hennigar D, Berry D. Chest- and waist-deep aquatic plyometric training and average force, power, and vertical-jump performance. *International Journal of Aquatic Research and Education*. 2007;1. <https://doi.org/10.25035/ijare.01.04.04>
15. Miller M, Berry D, bullard, gilders. Comparisons of land-based and aquatic-based plyometric programs during an 8-week training period. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2002;11:268-83. <https://doi.org/10.1123/jsr.11.4.268>
16. Kennedy MD, Fischer R, Fairbanks K, Lefaivre L, Vickery L, Molzan J, Parent E. Can pre-season fitness measures predict time to injury in varsity athletes?: a retrospective case control study. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology*. 2012;4:1-10. <https://doi.org/10.1186/1758-2555-4-26>
17. Huang H, Huang W-Y, Wu C-E. The effect of plyometric training on the speed, agility, and explosive strength performance in elite athletes. *Applied Sciences*. 2023;13(6):3605. <https://doi.org/10.3390/app13063605>
18. Sporri D, Ditroilo M, Pickering Rodriguez EC, Johnston RJ, Sheehan WB, Watsford MLJ. The effect of water-based plyometric training on vertical stiffness and athletic performance. *PLoS ONE*. 2018;13(12):e0208439. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208439>
19. Kraus AS, Pasha EP, Machin DR, Alkatan M, Kloner RA, Tanaka HJTosmj. Bilateral upper limb remote ischemic preconditioning improves anaerobic power. *The Open Sports Medicine Journal*. 2015;9(1). <https://doi.org/10.2174/1874387001509010001>
20. Krishnan A, Sharma D, Bhatt M, Dixit A, Pradeep PJMJAFI. Comparison between standing broad jump test and wingate test for assessing lower limb anaerobic power in elite sportsmen. 2017;73(2):140-5. <https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2016.11.003>
21. Rejman M, Bilewski M, Szczepan S, Klarowicz A, Rudnik D, Maćkała KJAob, biomechanics. Assessing the impact of a targeted plyometric training on changes in selected kinematic parameters of the swimming start. *Armed Forces India*. 2017;19(2). <https://doi.org/10.5277/ABB-00679-2016-02>
22. Arazi H, Asadi A. The effect of aquatic and land plyometric training on strength, sprint, and balance in young basketball players; 2011. <https://doi.org/10.4100/jhse.2011.61.12>
23. Adigüzel NS, Günay M. The Effect of Eight Weeks Plyometric Training on Anaerobic Power, Counter Movement Jumping and Isokinetic Strength in 15-18 Years Basketball Players. *International Journal of Environmental and Science Education*. 2016;11(10):3241-50. Available at: http://www.ijese.net/makale_indir/IJESE_511_article_579af42fed5d4.pdf
24. Jurado-Lavanant A, Fernández-García J, Pareja-Blanco F, Alvero-Cruz J. Effects of land vs. aquatic plyometric training on vertical jump efectos del entrenamiento pliométrico acuático vs. Seco sobre

- el salto vertical. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*. 2017;17(65):73-84. <https://doi.org/10.15366/rimcafd2017.65.006>
25. Longakit J, Toring-Aque L, Lobo J, Ayubi N, Mamon R, Coming L, et al. The effect of a 4-week plyometric training exercise on specific physical fitness components in U21 novice volleyball players. *Pedagogy of Physical Culture and Sports*. 2025;29(2):86-95. <https://doi.org/10.15561/26649837.2025.0202>
 26. Ramirez-Campillo R, Garcia-Hermoso A, Moran J, Chaabene H, Negra Y, Scanlan AT. The effects of plyometric jump training on physical fitness attributes in basketball players: a meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*. 2022;11(6):656-70. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.07.005>
 27. Bishop DC, Smith RJ, Smith MF, Rigby HEJTJoS, Research C. Effect of plyometric training on swimming block start performance in adolescents. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 2009;23(7):2137-43. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b8656d>
 28. Weldon A, Duncan MJ, Turner A, Sampaio J, Noon M, Wong D, Lai VW. Contemporary practices of strength and conditioning coaches in professional soccer. *Biology of Sport*. 2021;38(3):377-90. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2021.99328>
 29. Dideriksen JL, Del Vecchio A, Farina D. Neural and muscular determinants of maximal rate of force development. *Journal of Neurophysiology*. 2020;123(1):149-57. <https://doi.org/10.1152/jn.00330.2019>
 30. Cañas-Jamett R, Figueroa-Puig J, Ramirez-Campillo R, Tuesta MJRBdMdE. Plyometric training improves swimming performance in recreationally-trained swimmers. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2020;26(5):436-40.
 31. https://doi.org/10.1590/1517-8692202026052019_0052
 32. Pramono BA, Mustar YS, Sumartiningsih S, Marsudi I, Hariyanto A, Sidik MA, Kusuma IDMAW. Analysis of reaction time, split time and final time records of swimming athletes in the Olympic Games on 2008-2021. *Physical Education Theory and Methodology*. 2023;23(3):346-52. <https://doi.org/10.17309/tmfv.2023.3.12>
 33. Papic C, Sinclair P, Fornusek C, Sanders R. The effect of auditory stimulus training on swimming start reaction time. *Sports Biomechanics*. 2018. <https://doi.org/10.1080/14763141.2017.1409260>
 34. Hoffman J. *Physiological aspects of sport training and performance: Human Kinetics*; 2014.
 35. Brustio PR, Cardinale M, Lupo C, Boccia G. Don't throw the baby out with the bathwater: talent in swimming sprinting events might be hidden at early age. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2022;17(11):1550-7. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2022-0162>
 36. Oehler E. Effectiveness of plyometric drills on peak, average and end anaerobic power in trained and untrained individuals. [Master's thesis]: [Lynchburg, US]. University of Lynchburg; 2020.
 37. Sole CJ, Bellon CR, Beckham GK. Plyometric training. In: *Advanced strength and conditioning*: London: Routledge; 2022. pp. 307-27. <https://doi.org/10.4324/9781003044734-21>
 38. Kenny L. The effect of explosive plyometric training on anaerobic power measured using Wingate analysis: Waterford Institute of Technology; 2014. <https://doi.org/10.1080/09720073.2016.11892072>
 39. Kons RL, Orssatto LB, Ache-Dias J, De Pauw K, Meeusen R, Trajano GS, et al. Effects of plyometric training on physical performance: An umbrella review. *Sports Medicine-Open*. 2023;9(1):4. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00550-8>
 40. Donoghue OA, Shimojo H, Takagi HJSh. Impact forces of plyometric exercises performed on land and in water. *Sports Healthy*. 2011;3(3):303-9. <https://doi.org/10.1177/1941738111403872>
 41. Robinson LE, Devor ST, Merrick MA, Buckworth JJJoS, Research C. The effects of land vs. aquatic plyometrics on power, torque, velocity, and muscle soreness in women. *Journal of Strength &*

- Conditioning Research. 2004;18(1):84-91. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)018<0084:teolva>2.0.co;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)018<0084:teolva>2.0.co;2)
42. Ravasi A-A, Mansournia MA, Kordi M, Shiran M, Ziaee VJRJoBS. The effect of aquatic and land plyometric training on physical performance and muscular enzymes in male wrestlers. Research Journal of Biological Sciences. 2008;3(5):457-61. <https://doi.org/10.1515/humo-2017-0041>
43. Amin AB, Asabre E, Razaghi S, Noh Y. Quantitative musculoskeletal monitoring and analysis in aquatic rehabilitation. Frontiers in Electronics. 2025;6:1566899. <https://doi.org/10.3389/felec.2025.1566899>
44. Salari A, Sahebozamani M, Daneshjoo A, Alimoradi M, Iranmanesh M, Relph N, Mendez-Rebolledo G. Effects of an aquatic protocol on electromyography activation and strength of lower limb muscles in blind women: A randomized controlled trial. PLoS One. 2025;20(5):e0322395. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0322395>
45. Association WM. World medical association declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. JAMA. 2013;310(20):2191-4. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>