Sport Medicine Studies **Volume 14, No 31, 2022, Page 65-98**

Research Paper

The Effect of Lower-Body Plyometric Training on Upper-body Electromyography Activity and Some Anthropometric and Functional Parameters in Young Athletes

H. Sotudeh Sorkhabadi[1], M. Mohammadnia Ahmadi[2], M. Yousefi[3], F. Alirezaei Noghondar [4]

1. MSc, Department of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran.
2. Associated Professor, Department of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran.
3. Associated Professor, Department of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran (Corresponding Author)
4. Associated Professor, Department of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Received Date: 2022/04/29 **Accepted Date: 2022/09/11**

Abstract

Many studies have considered adaptation in the transition from a trained organ to an untrained organ (cross-training) and unilateral training, however, the transfer effect between upper and lower body training has received less attention. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of upper and lower body plyometric training on anthropometric, performance and upper-body electromyography activity in young athletes. Thirty-six male students were selected and divided into three groups: control, - upper body plyometric, and upper-lower body plyometric (mixed) training. Plyometric exercise protocol for four weeks three times a week included push-up plyometric (4 sets/ 10 repetitions) performed by both groups. The mixed group also continued lower-body plyometric exercise (4 sets/ 10 repetitions on obstacles). At the beginning and end of the course, anthropometric tests (fat and fat- free mass) and functional (Wingate, overhead medicine ball throwing, and deadlift) were performed simultaneously with electromyography data evaluating. The physiological work did not change significantly in selected muscles ($p > 0.05$) with the addition of lower body plyometric training. The median of frequency in left and right pectoralis major muscles significantly reduced in the mixed group compared to other groups ($p < 0.05$). In addition, there was no difference in

1. Email: ihftrainer1976@gmail.com
2. Email: m.m.ahmadi2005@birjand.a.cir
3. Email: m.yousefi@birjand.ac.ir
4. Email: alirezaee@um.ac.ir

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

anthropometric, overhead medicine ball throwing, absolute and relative mean anaerobic power between groups ($p > 0.05$). In the deadlift, the mixed group had significantly better records than the upper body group ($p < 0.05$). In the relative anaerobic peak power, there were significant differences between training groups with control ($p < 0.05$). Based on the findings highlighting the role of lower body plyometric training on the transmission of force into the upper body, it is recommended that athletes use lower body plyometric along with upper body plyometric training.

Keywords: Upper Body Plyometric Training, Root Mean Square, Median Frequency, Wingate Anaerobic Test

External Abstract

Background and Abstract

Plyometric training with emphasis on jumping, throwing and leaping components is important in many sports fields. The changes caused by plyometric training in human muscle function have a neurological origin [1]. Some studies in this area have dealt with the neural adaptations of this training method [2-4]. Many studies have investigated the adaptation in the transfer from the trained limb to the untrained limb (reciprocal training) and unilateral training in resistance training [6-7]. However, the transition effect between upper body and lower body exercises has been paid less attention. The force transmission has an effective role in sports which more rely on the function of one part of body (e.g., upper body) and in successful athletic performance. To the best knowledge of the researchers, however, the transfer effect of plyometric exercises from lower body to upper body has never been studied. Therefore, it is important to examine the role of power transfer from lower body to upper body exercises in sports that require the power generation of a part of the body.

Materials and Methods

The present study has a quasi-experimental pre-test-post-test design. Thirty-six active students were randomly assigned to the three equal groups: upper body plyometric exercise (n=12); lower body-upper body plyometric exercise (n=12); and control (n=12) based on height, weight, fat percentage, body mass index, and strength. Anthropometric measurements (fat and fat-free mass) [8] and functional tests (throwing medicine ball over the head, dead lift, Wingate hand) [9-11] were performed for four sessions in pre- and post-training program. The neuromuscular activity of selected upper body muscles (pectoral, spinal extensor, biceps brachii, triceps brachii) also was recorded by an electromyography device during the execution of the medicine ball throwing test. Intervention groups (upper body plyometric exercise and lower body-upper body plyometric exercise groups)

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

performed exercise program for four weeks three times a week. To determine the intensity of training, the Borg scale was used. The two training groups first performed the plyometric push up movement (4 sets of 12 repetitions). In order to perform the push up, the subjects were lying down (prone) in the anatomical position, and opened their arms forward in a position where the elbows are slightly bent and ready to touch the ground [12]. They would then immediately reverse the movement by quickly opening their arms. After the end of this movement, the lower-body-upper-body group continued the training by jumping over obstacles with a variable height of 40-60 cm (4 sets of 12 repetitions) with an interval of 5 seconds between the returns [12]. To compare the mean difference between the pre-test and post-test of the groups, one-way analysis of variance was used, followed by Tukey's HSD test at significant level of 0,05 ($p < 0.05$).

Findings

Based on the results, the physiological work (RMS) increased after the 4-week training in the left pectoral muscle in both upper body and lower body-upper body groups and in the right pectoral muscle only in the upper body group compared to the control group, although it was not significant. Besides, no significant difference was observed in other muscles between the groups.

In addition, the median frequency (MF) of the left ($p = 0.04$) and right ($p = 0.001$) pectoral muscles in the intervention groups significantly changed after the 4-week intervention. The median frequency in the upper body group increased compared to the control group, however, it decreased in the upper body-lower body group in both muscles.

The median frequency of right erector spine muscles, left biceps brachii, and right triceps brachii increased only in the upper body group compared to the control group and decreased in the upper body-lower body group. According to the results of Tukey's test, there was no significant difference in the median frequency of the right pectoralis major muscle between the upper body group and the control group, but a significant difference was observed between the upper body group and the upper body-lower body group in the right pectoralis major muscle ($p < 0.05$).

As the analysis of anthropometric data (percentage of fat, fat mass and fat-free mass) shows, the percentage and mass of body fat after the 4-week intervention decreased in the training groups compared to the control group, however, fat-free mass increased, although these changes were not significant. In functional test, the record of throwing medicine ball from above the head in the upper body-lower body group was not significantly different from the control and upper body group. In the dead lift, a significant difference was observed between groups ($p=0.03$). In Wingate hand test, peak of relative anaerobic power was significantly different

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

between the groups (p=0.03). Based on Tukey's post hoc results, participants in the upper body-lower body group performed better in the deadlift compared to the upper body group (p=0.01) and the control group (p=0.01). In the variable of peak relative anaerobic power, two training groups showed improvement compared to the control group (p=0.02 and p=0.03). Nevertheless, the upper body-lower body group obtained a slight increase compared to the upper body group in the peak of absolute anaerobic power after the four-week training program, although this difference was not significant.

Conclusion

Based on the findings of the present study, performing upper body plyometric exercises for 4 weeks led to a significant improvement in the mean frequency of the right and left pectoral muscles compared to the control group. Although these changes were not observed in the mean frequency of the right and left pectoral muscles in the upper body-lower body plyometric training group, probably it is related to the neural efficiency occurred which can be attributed to the muscle fascia. The absence of differences in the physiological work of the selected muscles and the average absolute and relative anaerobic power of the Wingate hand test between two training groups confirmed this issue. In addition, training programs had no effect on anthropometric parameters. However, lower body and upper body plyometric exercises were somewhat effective on the performance status of young athletes. In conclusion, based on the study's findings which confirm the role of lower body plyometric exercises on power transmission to the upper body, it is suggested that athletes can use lower body plyometric exercises and upper body plyometric exercises at the same time.

Keywords: Upper Body Plyometric Training, Physiologic Work, Median Frequency, Wingate Test

References

1. Markovic, G. and P. Mikulic, *Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training.* Sports medicine, 2010. 40(10): p. 859-895.
2. Kubo, K., T. Ikebukuro, and H. Yata, *Effects of 4, 8, and 12 repetition maximum resistance training protocols on muscle volume and strength.* The Journal of Strength & Conditioning Research, 2021. 35(4): p. 879-885.
3. Wu, Y.K., et al., *Relationships between three potentiation effects of plyometric training and performance.* Scandinavian journal of medicine & science in sports, 2010. 20(1): p. e80-e86.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

4. Behrens, M., A. Mau-Moeller, and S. Bruhn, *Effect of plyometric training on neural and mechanical properties of the knee extensor muscles.* International journal of sports medicine, 2014. 35(02): p. 101-119.
5. Madarame, H., et al., *Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction.* Medicine+ Science in Sports+ Exercise, 2008. 40(2): p. 258.
6. Hansen S, Kvorning T, Kjaer M, Sjøgaard G. The effect of short-term strength training on human skeletal muscle: the importance of physiologically elevated hormone levels. Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2001 Dec;11(6):347-54.
7. Jackson, A.S., M.L. Pollock, and L.R. Gettman, *Intertester reliability of selected skinfold and circumference measurements and percent fat estimates.* Research Quarterly. American Alliance for Health, Physical Education and Recreation, 1978. 49(4): p. 546-551.
8. Raeder, C., J. Fernandez-Fernandez, and A. Ferrauti, *Effects of six weeks of medicine ball training on throwing velocity, throwing precision, and isokinetic strength of shoulder rotators in female handball players.* The Journal of Strength & Conditioning Research, 2015. 29(7): p. 1904-1914.
9. Helms, E.R., et al., *RPE and velocity relationships for the back squat, bench press, and deadlift in powerlifters.* The Journal of Strength & Conditioning Research, 2017. 31(2): p. 292-297.
10. Mousavi, S.K., V. Onvani, and H. Sadeghi, *The effect of lower limb muscle fatigue on balance in elite young athletes.* Modern Rehabilitation, 2013. 7(2).
11. Chelly, M.S., et al., *Effects of 8-week in-season plyometric training on upper and lower limb performance of elite adolescent handball players.* The Journal of Strength & Conditioning Research, 2014. 28(5): p.1401-1410.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

مطالعات طب ورزشی دوره ۱۴، شماره ۳۱، بهار ۱۴۰۱. صص ۹۸-۶۵

مقالهٔ پژوهشی

تأثیر تمرین پلایومتریک پایین‌تنه بر فعالیت الکتریکی عضلات بالاتنه و برخی پارامترهای آنتروپومتری و عملکردی در ورزشکاران جوان

حسن ستوده سرخ‌آبادی[۱]، محسن محمدنیا احمدی[۲]، محمد یوسفی[۳]، فاطمه علیرضایی نقندر[۴]

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۲. استادیار فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۳. استادیار بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران (نویسنده مسئول)
۴. استادیار بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

تاریخ ارسال ۱۴۰۰/۱۲/۱۶ تاریخ پذیرش ۱۴۰۱/۰۴/۲۵

چکیده

مطالعات بسیاری، سازگاری در انتقال از عضو تمرین‌کرده به عضو بدون تمرین (تمرین متقابل) و تمرین یک‌طرفه را بررسی کرده‌اند، بااین‌حال، به اثر انتقالی بین تمرینات بالاتنه و پایین‌تنه کمتر توجه شده است. با توجه به عدم بررسی اثر انتقالی تمرینات پلایومتریک پایین‌تنه به بالاتنه، هدف مطالعهٔ حاضر بررسی تأثیر تمرینات پلایومتریک بالاتنه و پایین‌تنه بر پارامترهای آنتروپومتری، عملکردی و فعالیت الکتریکی عضلات بالاتنهٔ ورزشکاران جوان بود. ۳۶ دانشجوی علوم ورزشی به‌صورت هدفمند انتخاب و به‌طور تصادفی در سه گروه برابر کنترل، تمرین پلایومتریک بالاتنه و تمرین پلایومتریک بالاتنه-پایین‌تنه (ترکیبی) تقسیم شدند. تمرینات بالاتنه (۴ هفته/۳ جلسه در هفته) مشتمل بر انجام شنای پلایومتریک روی دست (۴ نوبت ۱۲ تکراری) بود. پس از آن، گروه ترکیبی با پرش از روی موانع (۴ نوبت ۱۲ تکراری) تمرین را ادامه می‌دادند. در ابتدا و انتهای دوره، هم‌زمان با ثبت داده‌های الکترومیوگرافی عضلات منتخب، آزمون‌های آنتروپومتری (تودهٔ چربی و بدون چربی) و عملکردی (آزمون وینگیت دست، پرتاب توپ طبی از بالای سر و لیفت مرده) به عمل آمد. با اضافه شدن تمرین پلایومتریک پایین‌تنه، کار فیزیولوژیکی عضلات منتخب بالاتنه در دو گروه تمرینی در مقایسه با گروه کنترل تغییر معناداری ($p>0/05$) نکرد، ولی فرکانس میانهٔ عضله سینه‌ای چپ و راست در گروه ترکیبی در مقایسه با دو گروه دیگر با کاهشی معنادار همراه بود ($p<0/05$). گروه‌های مطالعه در متغیرهای

1. Email: ihftrainer1976@gmail.com
2. Email: m.m.ahmadi2005@birjand.a.cir
3. Email: m.yousefi@birjand.ac.ir
4. Email: alirezaee@um.ac.ir

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

آنتروپومتری، رکورد پرتاب توپ از بالای سر، میانگین توان بی‌هوازی مطلق و نسبی تفاوتی با یکدیگر نداشتند ($p>0/05$). در لیفت مرده برتری معناداری در گروه ترکیبی مشاهده شد ($p<0/05$). در اوج توان بی‌هوازی نسبی، تفاوت معناداری بین گروه‌های تمرینی و کنترل مشاهده شد ($p<0/05$). بر اساس یافته‌های مطالعهٔ حاضر مبنی بر تأیید نقش تمرینات پلایومتریک پایین‌تنه بر انتقال نیرو به بالاتنه، پیشنهاد می‌شود ورزشکاران از تمرینات پلایومتریک پایین‌تنه همراه با تمرینات پلایومتریک بالاتنه استفاده کنند.

واژگان‌کلیدی: تمرین پلویومتریک بالاتنه، کار فیزیولوژیکی، میانه‌فرکانس، آزمون وینگیت

مقدمه

بسیاری از ورزش‌ها و فعالیت‌های تفریحی به حرکات انفجاری بالاتنه نیاز دارند (۱،۲). مشاهده شده است فعالیت‌های پلایومتریکی که به‌طور منظم اجرا شود، موجب بهبود در توان و قدرت می‌شود (۳). تمرین پلایومتریک که در گذشته با عناوینی همچون روش شوک و تمرین پرش شناخته می‌شد، به بهبود تولید توان از طریق ترکیب قدرت و سرعت کمک می‌کند (۴). واژهٔ پلایومتریک از ترکیب دو کلمهٔ یونانی «پلایو» به معنای «بیشتر» و «متریک» به معنای «سنجیدن» ساخته شده است (۵). فعالیت‌های ورزشی پلایومتریک با درگیر کردن چرخهٔ کشش-کوتاه شدن (SSC)[1] عضلات را پس از کشیده شدن، به شکلی قدرتمند منقبض می‌کنند (۶). در یک چرخهٔ SSC، گروه عضلانی نخست با انقباض برون‌گرا، انرژی کشسانی را در خود ذخیره کرده، سپس با یک انقباض متمرکز، حداکثر نیرو را تولید می‌کند (۷). دو مرحلهٔ درون‌گرا و برون‌گرا با یک دوره استراحت کوتاه به نام مرحلهٔ استهلاک[2] از هم جدا می‌شوند (۸). هرچه مدت‌زمان مرحلهٔ استهلاک کمتر باشد، استفادهٔ بیشتر از انرژی کشسانی ذخیره‌شده در عضلات به افزایش بازده کار منجر می‌شود (۹). بنابراین منطقی به نظر می‌رسد که فرض شود که تغییرات حاصل از تمرین پلایومتریک در عملکرد عضلانی انسان منشأ عصبی دارد (۱۰) و البته برخی پژوهش‌ها نیز بر سازگاری‌های عصبی این مدل تمرینی تمرکز کرده‌اند (۱۳-۱۱). بیشتر مطالعات هنگام انقباض ارادی بیشینه (MVC) یا پرش برای تشخیص تغییر در فعالیت عصبی عضله به دنبال مداخلهٔ پلایومتریک از الکترومایوگرافی سطحی (EMG) استفاده کرده‌اند (۱۰،۱۴). تمرین پلایومتریک با سرعت زیاد، ضمن افزایش نرخ توسعهٔ نیرو (RFD)[3] (۱۵) برای بهبود پارامترهای قدرت و توان نیز استفاده می‌شود (۱۶).

1. Stretch-Shortening Cycle (SSC)
2. amortization-phase
3. Rate of Force Development (RFD)

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

به‌طورکلی، تمرین پلایومتریک با تأکید بر مؤلفهٔ پرش، پرتاب، جهش و جست‌وخیز برای بسیاری از ورزش‌ها مفید خواهد بود. پژوهشگران متعددی از تمرینات پلایومتریک در برنامه‌های تمرینی خود برای افزایش قابلیت‌های جسمانی پایین‌تنه استفاده کرده و نشان داده‌اند که چنین تمریناتی به افزایش متغیرهای عملکردی همچون توان عضلانی، ظرفیت بی‌هوازی، سرعت، شتاب، پرش و فعالیت الکتریکی در اندام تحتانی منجر می‌شود (۳،۱۳،۱۷). به‌علاوه، این مدل تمرینی با بهبود ویژگی‌های آنتروپومتری همچون تودهٔ چربی، تودهٔ بدون چربی پای برتر و کل بدن و محتوای معدنی استخوان (BMC) همراه بوده است؛ برای نمونه، در مطالعه‌ای جورادو-لاوانانت[1] و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر ده هفته (دو جلسه در هفته) تمرین پلایومتریک را بر عملکرد پرش مردان فعال بررسی و بهبود پرش (میزان تغییر: ۱۳/۴ درصد در کل دوره و ۱/۳ درصد در هفته) را گزارش کردند (۱۸). وایت‌هد و همکاران (۲۰۱۷) نیز اثر تمرین پلایومتریک کوتاه‌مدت (هشت هفته دو جلسه‌ای) را بر عملکرد عضلانی پایین‌تنه بررسی کردند. نتایج این مطالعه بهبود در پارامترهای قدرت عضلانی کم‌سرعت (یک تکرار بیشینه اسکوات پشت) و پرسرعت (پرش طول ایستاده، پرش عمودی) را به دنبال تمرین پلایومتریک نشان داد، بدون اینکه تغییری در سرعت (آزمون دوی ۲۰ متر سرعت) و چابکی (آزمون چابکی ۵۰۵) ایجاد شود (۱۹). همچنین، بهرنس و همکاران (۲۰۱۴) سازگاری‌های عصبی-عضلانی (الکترومایوگرافی) بازکننده‌های زانو را به دنبال هشت هفته تمرین پلایومتریک بررسی و پیشنهاد کردند که مداخلهٔ استفاده‌شده احتمالاً سازگاری‌های عصبی را به دنبال داشته که به‌طور ویژه با زاویهٔ زانو مرتبط است (۱۳). در مقابل، تمرین پلایومتریک بالاتنه، فعالیت‌های ورزشی زنجیره‌باز[2] (همچون پرتاب و پاس دادن با توپ) (۲۰) و زنجیره‌بسته[3] (انواع مختلف شنای سوئدی) (۱) با توپ طبی را در بر می‌گیرد. برخی مطالعات تأثیر حاد و طولانی‌مدت تمرین پلایومتریک بالاتنه را بر ویژگی‌های آنتروپومتری، عملکرد و فعالیت عصبی بالاتنه بررسی کرده‌اند (۲۵-۲۱)؛ برای نمونه، گلن و همکاران (۲۰۱۲) اثر حاد فعالیت پلایومتریک با حجم زیاد را بر عملکرد سرویس تنیس در بازیکنان نخبه بررسی کردند. فعالیت پلایومتریک مشتمل بر شش فعالیت بالستیک با استفاده از تراباند، پرتاب توپ طبی یک و سه کیلوگرمی و شش فعالیت بالستیک ۲۰ ثانیه‌ای با استراحت ۶۰ ثانیه بود. بر اساس نتایج، فعالیت پلایومتریک با حجم زیاد، سرعت سرویس تنیس را به‌طور معناداری افزایش داد (۲۱). در مطالعهٔ دیگری ویشن و سن (۲۰۱۵) تأثیر تمرین شنای سوئدی پلایومتریک و پویا را بر عملکرد

1. Jurado-Lavanant
2. Open Chain
3. Closed Chain

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

بالاتنه بررسی کردند. برنامهٔ تمرین شنای سوئدی (شش هفته/ سه جلسه در هفته) به‌صورت سه نوبت ۱۰-۱۲ تکراری در چهار هفتهٔ اول و چهار نوبت ۱۰-۱۱ تکراری در دو هفتهٔ آخر بود. بر اساس نتایج، تمرین شنای سوئدی پلایومتریک و پویا به میزان یکسان عملکرد بالاتنه را بهبود بخشید (۲۴). سینگلا و حوسین (۲۰۱۹) تأثیر هشت هفته (بار در هفته) تمرین پلایومتریک پرتاب توپ طبی را بر سازگاری‌های عصبی-عضلانی بالاتنه بررسی و گزارش کردند فعالیت عضلانی بازویی قدامی، تعادل و توان بالاتنه بهبود یافته است (۲۵).

از طرف دیگر، در مطالعات گذشته گزارش‌شده قدرت عضلاتی که هنگام تمرین قدرتی به‌طور مستقیم از آن‌ها استفاده نمی‌شود، بهبود یافته است (۲۷،۲۶). مطالعات متعدد، گزارش کرده‌اند عملکرد قدرتی در اندام تمرین‌نکرده طی تمرین قدرتی یک‌طرفه[1] تقویت می‌شود، (۲۸). موضوعی که در تمرین پلایومتریک هم به آن توجه شده است (۲۹). بوگدانیس و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعهٔ خود تأثیر تمرین پلایومتریک یک‌طرفه و دوطرفه را بر قدرت و عملکرد پرشی یک‌پا و جفت‌پا بررسی و مقایسه کردند. در این مطالعه، ۱۵ آزمودنی تمرین‌کرده به دو گروه تمرین یک‌طرفه (U) و دوطرفه (B)[2] تقسیم شدند و هر دو گروه فعالیت‌های ورزشی پلایومتریک بیشینهٔ پایین‌تنه را دو جلسه در هفته (به مدت شش هفته) اجرا کردند. آزمودنی‌های گروه U نصف تمرینات را با یک پا و گروه B کل تمرین را با دو پا اجرا میکرند (حجم یکسان در هر دو گروه تمرین بود). عملکرد پرشی با آزمون پرش بدون دورخیز (CMJ) و پرش عمقی (DJ)؛ و قدرت بیشینهٔ ایزومتریک پرس پا و RFD، قبل و بعد از دورهٔ تمرینی، برای یک پا به‌صورت مجزا و جفت‌پا (هم‌زمان) سنجیده شد. نتایج نشان داد پرش CMJ برای جفت‌پا بین دو گروه تفاوت معناداری نداشت، هرچند مجموع عملکرد پرش CMJ در پای راست و چپ فقط در گروه تمرین یک‌طرفه بهبود معناداری داشت. در مورد مؤلفهٔ قدرت جفت‌پا نیز هر دو گروه میزان افزایش مشابهی را تجربه کردند. مجموع قدرت بیشینه در پای راست و چپ نیز در گروه تمرین یک‌طرفه، در مقایسه با تمرین دو طرفه، با بهبود بیشتری همراه بود. نتایج در مورد متغیر RFD نیز به همین صورت گزارش شد. بر مبنای نتایج این مطالعه، تمرین پلایومتریک یک‌طرفه در بهبود عملکرد پرشی، قدرت بیشینه و RFD آزمودنی‌ها مؤثرتر از تمرین دوطرفه بود (۲۹) که مفهوم انتقال از عضو تمرین‌کرده به عضو بدون تمرین در «تمرین متقابل»[3] را تأیید می‌کند (۲۸). اثر انتقالی بین

1. Unilateral Strength Training
2. Bilateral
3. Cross-Education

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

تمرینات مقاومتی پایین‌تنه و بالاتنه نیز مشاهده شده است؛ برای نمونه، مادارام[1] و همکاران (۲۰۰۸)، افزایش اندازه و قدرت عضلهٔ بازویی را هنگامی گزارش کردند که فعالیت مقاومتی پایین‌تنه به برنامهٔ تمرینی بالاتنه افزوده شد (۲۸). مکانیسم افزایش قدرت در تمرین قدرتی تمرین متقابل به عوامل هورمونی، عصبی و مکانیکی نسبت داده می‌شود. برخی پژوهشگران گزارش کرده‌اند پاسخ هورمونی به برنامه‌ای تمرینی که برای کل بدن طراحی شده، در مقایسه با فعالیت ورزشی بالاتنه به‌تنهایی، بیشتر است (۲۹). در مقابل، برخی مطالعات حاکی از هایپرتروفی ناشی از تمرینات یک‌طرفه بدون افزایش در غلظت هورمون‌های درون‌ریز همچون هورمون رشد و تستوسترون بوده‌اند (۳۰) و به عبارتی نقش عوامل هورمونی را در افزایش قدرت ناشی از تمرین متقابل رد می‌کنند. همچنین این‌گونه پیشنهادشده که سازگاری‌های عصبی مرتبط با «تمرین متقابل»، افزایش برون‌ده حرکتی از نورون‌های حرکتی نخاع و برخی شکل‌های یادگیری حرکتی مرتبط با شکل‌پذیری عصبی قشر حرکتی، مجموعه پیش حرکتی و مخچه (۳۱) را در بر می‌گیرد. عامل مکانیکی (خطوط فاشیای عضلانی[2]) نیز یکی دیگر از عوامل احتمالی درگیر در انتقال نیرو از یک عضله به عضلهٔ دیگر در نظر گرفته می‌شود (۳۲). درواقع، فاشیا بافتی حاوی پروتئین‌های انقباضی است و مثل پروتئین انقباضی عمل می‌کند، ولی به‌اندازهٔ آن‌ها نیرو ایجاد نمی‌کند. مسئلهٔ انتقال نیرو در رشته‌های توانی همچون پرتاب وزنه، دیسک، چکش و ... که عملکرد یک بخش از بدن (به‌عنوان مثال بالاتنه) نقش مؤثری در ثبت رکورد و اجرای ورزشی موفق دارد نیز قابل‌توجه است. براین اساس، بررسی نقش انتقال نیرو از تمرینات پایین‌تنه به بالاتنه در چنین رشته‌هایی حائز اهمیت است. بااین‌حال، طبق بررسی‌های انجام‌شده اثر انتقالی تمرینات پلایومتریک پایین‌تنه به تمرینات پلایومتریک بالاتنه تا کنون مطالعه نشده و مطالعهٔ حاضر، در نظر دارد ضمن بررسی اثر انتقالی تمرینات پلایومتریک پایین‌تنه به تمرینات پلایومتریک بالاتنه، سازگاری‌های عصبی-عضلانی، آنتروپومتری و عملکردی در عضلات منتخب بالاتنه را نیز مد نظر قرار دهد. ازاین‌رو، هدف مطالعهٔ حاضر بررسی تأثیر تمرین پلایومتریک پایین‌تنه بر سازگاری‌های عصبی-عضلانی (کار فیزیولوژیکی[3]، فرکانس میانه[4]) عضلات منتخب بالاتنه و برخی پارامترهای آنتروپومتری و عملکردی در ورزشکاران جوان است.

1. Madarame
2. Myofaschia Lines
3. Root Mean Square (RMS)
4. Median Frequency (MDF)

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی بود که در قالب طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون به روش میدانی انجام شد. جامعهٔ آماری این پژوهش را کلیهٔ دانشجویان علوم ورزشی دانشگاه بیرجند تشکیل می‌دادند که در بازهٔ زمانی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ مشغول به تحصیل بودند. با استفاده از نرم‌افزار Gpower با سطح خطای نوع اول ۰/۰۵ و توان آزمون ۰/۸ و اندازهٔ اثر متوسط تعداد نمونه ۳۶ نفر در نظر گرفته شد. این ۳۶ نفر به‌صورت هدفمند به‌عنوان نمونهٔ آماری انتخاب شدند. افراد واجد شرایط شرکت در آزمون توسط پژوهشگر و بر اساس قد وزن، درصد چربی، شاخص تودهٔ بدنی و میزان قدرت در سه گروه برابر: تمرین پلایومتریک بالاتنه (n=۱۲؛ سن: ۱/۴۴±۲۱/۴۱؛ وزن: ۱۲/۹۳±۷۱/۸۳)؛ تمرین پلایومتریک پایین‌تنه-بالاتنه (n=۱۲؛ سن: ۰/۹۳±۲۱/۱۶؛ وزن: ۱۰/۹۱±۷۱/۴۴)، کنترل (n=۱۲؛ سن: ۱/۳۷±۲۰/۶۶؛ وزن: ۸/۵۴±۷۲/۱۶) تقسیم شدند. از آزمودنی‌ها در مرحلهٔ پیش‌آزمون، آزمون‌های آنتروپومتری (قد، وزن، درصد چربی، تودهٔ چربی و بدون چربی) و عملکردی (پرتاب توپ طبی از بالای سر، لیفت مرده، وینگیت دست) در چهار جلسه به عمل آمد. به‌منظور ارزیابی فعالیت عصبی-عضلانی، فعالیت الکتریکی عضلات منتخب بالاتنه (سینه‌ای، بازکننده ستون مهره‌ها، دوسر بازویی، سه سر بازویی) در هنگام اجرای آزمون پرتاب توپ طبی از بالای سر توسط دستگاه الکترومیوگرافی ثبت شد. از طریق آزمون‌های لیفت مرده و وینگیت دست نیز وضعیت عملکردی آزمودنی‌ها مورد سنجش قرار گرفت. پس از اجرای آزمون‌های فوق، آزمودنی‌های گروه‌های تمرینی به مدت چهار هفته برنامه تمرینی موردنظر را اجرا کردند.

برنامهٔ تمرینات پلایومتریک

برنامهٔ تمرینی به‌صورت سه جلسه در هفته و به مدت چهار هفته اجرا شد. جلسات پلایومتریک با ۱۵ دقیقه گرم کردن شروع می‌شد و به مدت ۳۰ دقیقه ادامه می‌یافت. برای تعیین میزان دقیق فشار تمرین از مقیاس بورگ در هر نوبت تمرینی استفاده شد.

برنامهٔ تمرین پلایومتریک بالاتنه

مدت‌زمان تمرین بالاتنه، ۲۵ دقیقه و مشتمل بر گرم کردن، فعالیت اصلی (اجرای حرکت شنای سوئدی به‌صورت پلایومتریک) و سرد کردن بود که برای هر دو گروه تمرینی در نظر گرفته شد. محل تمرین در پیست روباز و زمان تمرین در شب بود. آزمودنی‌ها برای اجرای حرکت شنای سوئدی، در حالت آناتومیک و در شرایطی که دست‌ها به طرفین آویزان بود، قرار می‌گرفتند. سپس به سمت جلو دراز کشیده (افتاده)، بازوها را روبه‌جلو باز می‌کردنددر حالتی که آرنج قدری خمیده و آماده برای

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

تماس با زمین باشد. آزمودنی‌ها به‌تدریج نیروی افتادن را با خم کردن بیشتر آرنج جذب و حرکت را با نزدیک کردن سینه به زمین متوقف می‌کردند. سپس، بلافاصله حرکت را با باز کردن سریع بازوها، برعکس انجام می‌دادند؛ بنابراین تنه به سمت عقب تا موقعیت ایستاده حرکت می‌کرد. این روند هر چهار ثانیه یک‌بار تکرار می‌شد تا تعداد تکرارها به حد معینی برسد (جدول شمارهٔ ۱). اگر آزمودنی قادر به برگشتن به موقعیت شروع نبود، مجاز بود با خم کردن لگن و قرار گرفتن در وضعیت چهاردست‌وپا به وضعیت ایستاده برگردد. در این مورد، شنای پلایومتریک با هدف توسعه توانایی برگشتن هر چه سریع‌تر به موقعیت ایستاده اجرا شد (۱۶)

برنامهٔ تمرین پلایومتریک پایین‌تنه

پس از خاتمهٔ برنامهٔ تمرینی بالاتنه، گروه تمرین پلایومتریک بالاتنه محل تمرین را ترک می‌کرد، ولی گروه تمرین پلایومتریک پایین‌تنه- بالاتنه به مدت ۲۰ دقیقه، تمرین را با اجرای تمرین پلایومتریک پایین‌تنه ادامه می‌دادند. در این برنامه، پرش برای دستیابی به حداکثر ارتفاع ممکن با حداقل زمان تماس با زمین (پرش سرزنده) اجرا می‌شد. هر دو پرش عمقی و از روی مانع با حرکت زاویه‌ای کم زانو اجرا می‌شدند. زمین تنها با قوس‌های پا تماس داشت؛ بنابراین عضلات ساق پا به‌طور ویژه تحت‌فشار قرار می‌گرفتند. هر نوبت پرش از روی مانع مشتمل بر ده پرش مداوم از روی موانعی بود که یک متر از یکدیگر فاصله داشتند. هر نوبت پرش عمقی شامل برگشت مجدد بعد از سقوط از روی جعبه (با ارتفاع متغیر ۴۰-۶۰ سانتی‌متری) با فاصلهٔ پنج ثانیه‌ای بین برگشت‌ها بود (جدول شمارهٔ ۱) (۱۶).

اندازه‌گیری متغیرهای اصلی پژوهش

اندازه‌گیری وزن و تعیین درصد چربی بدن

در مطالعهٔ حاضر برای اندازه‌گیری قد، آزمودنی با حداقل پوشش روی قدسنج (سکا، ساخت ایران) قرار می‌گرفت و قدش برحسب سانتی‌متر ثبت می‌شد. برای اندازه‌گیری وزن، آزمودنی با حداقل پوشش روی ترازو قرار می‌گرفت و وزنش اندازه‌گیری و برحسب کیلوگرم ثبت می‌شد (۳۰). ضخامت چربی زیرپوستی هفت نقطه از بدن (ران، فوق خاصره، شکم، تحت کتفی، سه سر بازو، زیر بغل و سینه) نیز با استفاده از کالیپر هارپندن (ساخت انگلستان) اندازه‌گیری می‌شد. پس از پایان کار، با قرار دادن میانگین اندازه‌گیری‌ها در معادلهٔ هفت‌نقطه‌ای جکسون - پولاک، چگالی استخوانی (BD)[1] و درصد چربی بدن تعیین می‌شد (۳۳).

1. Bone Density (BD)

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

(سن) ((۰/۲۸۸۲۶-)S((۰/۵۵+))S(۰/۴۳۴۹۹ (-۱۱۲/۱BD=

درصد چربی بدن=۴/۵۰ ×۱۰۰ -)BD/(۴/۹۵)

جدول ۱- برنامه تمرینات پلایومتریک بالاتنه و پایین‌تنه

جلسه	پایین‌تنه فعالیت ورزشی*نوبت*تکرار	بالاتنه فعالیت ورزشی*نوبت*تکرار
۱	پرش از روی مانع ۴۰ سانتی‌متری* ۵*۱۰	شنای سوئدی پویا*۳*۱۰
۲	پرش از روی مانع ۴۰ سانتی‌متری *۷*۱۰	شنای سوئدی پویا*۳*۱۰
۳	پرش از روی مانع ۴۰ سانتی‌متری ۸*۱۰	شنای سوئدی پویا*۳*۱۱
۴	پرش از روی مانع ۴۰ سانتی‌متری* ۱۰*۱۰	شنای سوئدی پویا*۳*۱۱
۵	پرش از روی مانع ۶۰ سانتی‌متری *۴*۱۰	شنای سوئدی پویا*۳*۱۲
۶	پرش از روی مانع ۴۰ سانتی‌متری* ۴*۱۰	شنای سوئدی پویا*۳*۱۲
۷	پرش از روی مانع ۴۰ سانتی‌متری* ۵*۱۰	شنای سوئدی پویا*۴*۱۰
۸	پرش از روی مانع ۴۰ سانتی‌متری *۵*۱۰	شنای سوئدی پویا*۴*۱۰
۹	پرش عمقی از ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری*۴*۱۰	شنای سوئدی پویا*۴*۱۱
۱۰	پرش عمقی از ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری*۴*۱۰	شنای سوئدی پویا*۵*۱۱
۱۱	پرش عمقی از ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری*۴*۱۰	شنای سوئدی پویا*۴*۱۲
۱۲	پرش عمقی از ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری*۴*۱۰	شنای سوئدی پویا*۴*۱۲

آزمون پرتاب توپ طبی از بالای سر

آزمودنی پس از پنج دقیقه گرم کردن، در حالتی که پاها به‌اندازه عرض شانه باز باشد، می‌ایستاد و توپ طبی (دو کیلوگرمی) را با دو دست در وسط شکم نگه می‌داشت. سپس، با کمی خم کردن زانو توپ را به پشت سر می‌برد و پس از آن، یک پرتاب انفجاری و شدید با تمام نیرو به سمت مقابل انجام می‌داد. مسافت طی‌شده با استفاده از یک متر نواری اندازه‌گیری و به‌عنوان عملکرد پرتاب توپ از بالای سر در نظر گرفته می‌شد (۳۴). آزمون، سه مرتبه تکرار و بهترین رکورد ثبت می‌شد. فعالیت الکتریکی عضلات سینه‌ای بزرگ و بازکنندهٔ ستون مهره‌ها در هنگام اجرای آزمون با دستگاه الکترومیوگرافی ثبت می‌شد (شکل شمارهٔ ۱).

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

تعیین یک تکرار بیشینه در آزمون لیفت مرده

یک تکرار بیشینه (1-RM)[1] در حرکت لیفت مرده مطابق با قوانین فدراسیون بین‌المللی پاورلیفتینگ تعیین شد. بدین منظور پس از گرم کردن عمومی، حرکت لیفت مرده در شرایط زیر پذیرفته می‌شد: بدن کاملاً صاف شود؛ هالتر در مرحلهٔ بالا کشیدن، رو به پایین حرکت نکند؛ آزمودنی با قرار دادن هالتر روی پا استراحت نکند؛ با فرمان شفاهی «پایین» مرحلهٔ انقباض درون‌گرا تکمیل شود. با در نظر گرفتن شرایط فوق، ابتدا یک تکرار بیشینه درحرکت لیفت مرده با استفاده از فرمول برزیسکی[2] برآورد می‌شد. بدین‌صورت که وزنه‌ای برای آزمودنی انتخاب می‌شد که بتواند حرکت لیفت مرده را ۶ تا ۱۲ تکرار انجام دهد. سپس بر اساس فرمول برزیسکی، میزان ۱-RM وی تعیین می‌شد (۳۴):

((تعداد تکرار × ۰/۰۲۷۸)- ۱/۰۲۷۸) ÷ وزنه جابه‌جا شده = یک تکرار بیشینه

سپس آزمودنی برای دستیابی به یک تکرار بیشینه واقعی در حرکت لیفت مرده، روند زیر را با فاصلهٔ استراحتی یک دقیقه دنبال کرد:

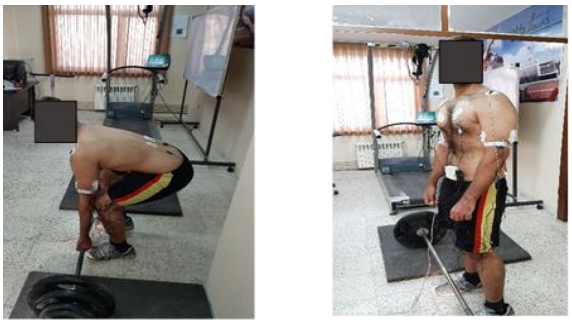
- اجرای ۸ تکرار با ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه برآوردی؛
- اجرای ۳ تکرار با ۶۰ درصد یک تکرار بیشینه برآوردی؛
- اجرای ۲ تکرار با ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه برآوردی؛
- اجرای ۱ تکرار با ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه برآوردی؛
- اجرای ۱ تکرار با ۹۰ درصد یک تکرار بیشینه برآوردی؛

شکل ۱- اجرای آزمون پرتاب طوب طبی از بالای سر

1. One-Repetition Maximum (1-RM)
2. Brzycki Equation

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

پس از انجام این مراحل که به‌نوعی آماده‌سازی برای اجرای آزمون نهایی محسوب می‌شد، آزمودنی در آخرین اقدام، برای دستیابی به حداکثر بار ممکن برای جابه‌جایی یک تکرار تلاش می‌کرد (۳۶). در هنگام اجرای حرکت نهایی، فعالیت الکتریکی عضلات سینه‌ای بزرگ و بازکننده ستون مهره‌ها ثبت می‌شد (شکل شمارهٔ ۲).



شکل ۲.اجرای آزمون لیفت مرده

آزمون وینگیت دست

به‌منظور ارزیابی توان و ظرفیت بی‌هوازی بالاتنه ورزشکاران، از آزمون وینگیت ۱۰ ثانیه‌ای دست استفاده شد. بدین منظور ابتدا، بار کاری به میزان ۵۵ گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن (۵/۵ درصد وزن کل بدن) فرد تعیین می‌شد. بعد از واردکردن اطلاعات شخصی آزمودنی (سن، جنس، وزن و قد) در نرم‌افزار، آزمون با قرار دادن مقدار وزنه تعیین‌شده روی دوچرخه آغاز می‌شد. بدین‌صورت که آزمودنی (پس از گرم کردن) با حداکثر سرعت شروع به پدال زدن می‌کرد و پس از رسیدن به بیشترین سرعت، وزنه‌ها به‌صورت دستی اعمال می‌شد (شکل شمارهٔ ۳) (۳۷).

شکل ۳- اجرای آزمون وینگیت دست

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

ثبت فعالیت الکترومایوگرافی عضلات منتخب بالاتنه

فعالیت عصبی-عضلانی عضلات منتخب بالاتنه (سینه‌ای، بازکنندۀ ستون مهره‌ها، دوسر بازویی، سه‌سر بازویی) در هنگام اجرای آزمون پرتاب توپ طبی از بالای سر (دستگاه ۱۶ کاناله بایوویژن[1] ساخت آلمان) ثبت می‌شد. بدین منظور، ابتدا محل نصب الکترودهای الکترومایوگرافی روی بدن آزمودنی، با استفاده از پیشنهاد SENIAM[2] تعیین می‌شد. سپس، محل نصب الکترودها با الکل تمیز و موهای پوست آن ناحیه تراشیده می‌شد. پس از آن، الکترودهای سطحی به‌موازات فیبرهای عضله و با فاصلۀ مرکزبه‌مرکز دو سانتی‌متر در محل‌های موردنظر عضلات دو سر بازویی، سینه‌ای بزرگ و بازکنندۀ ستون مهره‌ها نصب می‌شد. برای کاهش نویز یا سیگنال‌های ناخواستۀ ناشی از حرکت الکترودها، کابل‌های الکترودها با استفاده از باندکشی فیکس می‌شد و فعالیت الکترومایوگرافی عضلات فوق اندازه‌گیری می‌شد. متغیرهای کار فیزیولوزیک و فرکانس از طریق سری‌های زمانی عضلات به روش‌های زیر استخراج شد.

کار فیزیولوژیک:

برای بررسی سیگنال‌های الکترومایوگرافی[3]، از دستگاه الکترومایوگرافی بایوویژن ۱۶ کاناله استفاده می‌شود که توسط آمپلی‌فایر تقویت می‌شود. فرکانس نمونه‌برداری این دستگاه ۱۰۰۰ هرتز است. سیگنال‌های فعالیت عضله توسط فیلتر باترورث بالاگذر ۱۰ هرتز و پایین‌گذر ۴۵۰ هرتز درجه‌دو فیلتر شده و نویز سیگنال به حداقل می‌رسد. سیگنال خروجی در طول آزمایش به پنجره‌های ۵۰ فریمی تقسیم می‌شود. در هر یک از این پنجره‌ها سیگنال توسط معادلۀ جذر متوسط مربع تصحیح می‌شود؛ درنتیجه کل سیگنال مقدار مثبت به خود می‌گیرد. مراحل بالا برای مقادیر بیشینۀ انقباض عضله نیز طی می‌شود و درنهایت به‌منظور مقایسۀ سیگنال‌ها با یکدیگر، به مقدار بیشینۀ انقباض عضله نرمال می‌شوند.

$$rms = \sqrt{\frac{1}{n}\left(\sum_{i} EMG(i)^2\right)} \quad root\ mean\ square$$

فرکانس: با استفاده از تابع فوریه[4] سری زمانی عضلات را از حالت زمان به فرکانس تبدیل کرده و سپس میانۀ طیف فرکانس استخراج‌شده محاسبه شد.

1. Biovision
2. Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles (SENIAM)
3. EMG
4. Fast Fourier Transform

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

روش آماری

تمام اطلاعات بر اساس میانگین و انحراف معیار بیان شدند. با توجه به نتایج آزمون‌های لوین (تجانس واریانس) و شاپیرو-ویلک (طبیعی بودن توزیع) برای مقایسهٔ اختلاف میانگین بین پس‌آزمون و پیش‌آزمون گروه‌ها، از روش آماری تحلیل واریانس یک‌طرفه[1] و متعاقب آن از آزمون توکی استفاده شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزار اس پی اس اس نسخهٔ ۲۲ استفاده شد. خطای آماری در این پژوهش (P=۰/۰۵) در نظر گرفته شد.

نتایج

اطلاعات توصیفی و استنباطی حاصل از بررسی اطلاعات الکترومیوگرافی (کار فیزیولوژیکی و میانه‌فرکانس به‌کارگیری عضلات منتخب) آزمودنی‌ها به تفکیک گروه‌های مداخله در جدول‌های شمارهٔ ۲، ۳ و ۴ آمده است.

جدول ۲- اطلاعات توصیفی و استنباطی مربوط به کار فیزیولوژیکی عضلات منتخب در گروه‌های مطالعه

	Mean±Sd (Δ)		جمع مربع	df	میانگین مربع	f	P
کار فیزیولوژیکی عضله سینه‌ای چپ (میلی‌ولت)							
کنترل	۲۰/۹۱ ± ۲/۳۸	بین گروهی	۱۷۲۴/۶۳	۲	۸۶۲/۳۱۸	۳/۱۴	۰/۰۵۶
بالاتنه	۱۸/۲۷ ±۱۱/۶۶	درون‌گروهی	۹۳۱۰/۳۷۳	۳۴	۲۷۳/۸۳۴		
بالاتنه- پایین‌تنه	۱۵/۳۳ ±۱۵/۸۱	کل	۱۱۰۳۵/۰۰۸	۳۶			
کار فیزیولوژیکی عضله سینه‌ای راست (میلی‌ولت)							
کنترل	۲۲/۹۴ ± ۱۷/۸۰	بین گروهی	۸۲/۰۴۰	۲	۴۱/۰۲۰	۰/۱۷	۰/۸۴
بالاتنه	۲۶/۱۴ ±۱۴/۵۴	درون‌گروهی	۷۹۳۵/۹۹۰	۳۴	۲۳۳/۴۱۱		
بالاتنه- پایین‌تنه	۲۲/۹۷ ±۱۳/۲۹	کل	۸۰۱۸/۰۳۰	۳۶			

1. One-WayANOVA

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

ادامهٔ جدول ۲- اطلاعات توصیفی و استنباطی مربوط به کار فیزیولوژیکی عضلات منتخب در گروه‌های مطالعه

	Mean±Sd (Δ)		جمع مربع	df	میانگین مربع	f	P
کار فیزیولوژیکی عضله بازکننده ستون مهره‌ها چپ (میلی‌ولت)		بین گروهی	۱۰/۲۵۸	۲	۵/۱۲۹	۰/۱۱	۰/۸۹
کنترل	-۰/۲۹ ± ۱۰/۰۷	درون‌گروهی	۱۵۲۴/۶۳۹	۳۴	۴۴/۸۴۲		
بالاتنه	-۱/۵۸ ±۱۱/۱۸	کل	۱۵۳۴/۸۹۷	۳۶			
بالاتنه- پایین‌تنه	-۰/۵۸ ±۱۰/۶۱						
کار فیزیولوژیکی عضله بازکننده ستون مهره‌ها راست (میلی‌ولت)		بین گروهی	۱۱/۰۵۶	۲	۵/۵۲۸	۰/۰۴	۰/۹۵
کنترل	-۴/۸۷ ± ۶/۶۸	درون‌گروهی	۳۸۴۴/۰۴۷	۳۴	۱۱۳/۰۶۰		
بالاتنه	-۵/۷۶ ±۶/۷۴	کل	۳۸۵۵/۱۰۳	۳۶			
بالاتنه- پایین‌تنه	-۴/۵۱ ±۶/۶۵						
کار فیزیولوژیکی عضله دو سر بازویی چپ (میلی‌ولت)		بین گروهی	۳/۵۷۲	۲	۱/۸۷۶	۰/۰۴	۰/۹۶
کنترل	۳/۳۰ ± ۶/۶۸	درون‌گروهی	۱۵۵۸/۳۵۷	۳۴	۴۵/۸۳۴		
بالاتنه	۳/۰۹ ±۶/۵۶	کل	۱۵۶۲/۱۰۹	۳۶			
بالاتنه- پایین‌تنه	۱۵/۳۳ ±۱۵/۸۱						
کار فیزیولوژیکی عضله دو سر بازویی راست (میلی‌ولت)		بین گروهی	۶۷/۸۲۶	۲	۳۳/۹۱۳	۰/۶۶	۰/۵۲
کنترل	-۳/۱۳ ± ۶/۷۶	درون‌گروهی	۱۷۴۴/۷۵۹	۳۴	۵۱/۳۱۶		
بالاتنه	-۵/۹۵ ±۷/۶۲	کل	۱۸۱۲/۵۸۵	۳۶			
بالاتنه- پایین‌تنه	-۳/۰۰ ±۷/۰۸						

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

ادامهٔ جدول ۲- اطلاعات توصیفی و استنباطی مربوط به کار فیزیولوژیکی عضلات منتخب در گروه‌های مطالعه

	Mean±Sd (Δ)		جمع مربع	df	میانگین مربع	f	P
کار فیزیولوژیکی عضله سه سر بازویی چپ (میلی‌ولت)							
کنترل	-۳/۹۱ ± ۸/۲۵	بین گروهی	۱۹۹/۰۱۶	۲	۹۹/۵۰۸	۰/۹۲	۰/۴۰
بالاتنه	-۱/۲۹ ±۸/۵۳	درون‌گروهی	۳۶۷۵/۵۱۰	۳۴	۱۰۸/۱۰۳		
بالاتنه- پایین‌تنه	-۶/۹۳ ±۱۳/۳۰	کل	۳۸۷۴/۵۲۵	۳۶			
کار فیزیولوژیکی عضله سه سر بازویی راست (میلی‌ولت)							
کنترل	۲/۳۲ ± ۷/۸۷	بین گروهی	۴/۴۲۷	۲	۲/۲۱۴	۰/۰۲	۰/۹۷
بالاتنه	۲/۴۵ ±۹/۸۵	درون‌گروهی	۲۷۳۲/۵۳۳	۳۴	۸۰/۳۶۹		
بالاتنه- پایین‌تنه	۳/۱۰ ±۹/۰۴	کل	۲۷۳۶/۹۶۰	۳۶			

*: معنی‌داری در سطح ۰/۰۵؛ Mean±Sd (Δ): میانگین و انحراف معیار اختلاف پیش‌آزمون- پس‌آزمون؛ df: درجه آزادی؛ f: آماره فیشر؛ P: معنی‌داری

براساس نتایج جدول شمارهٔ ۲، بعد از دورهٔ مداخلهٔ چهار هفته‌ای، کار فیزیولوژیکی در عضلهٔ سینه‌ای چپ در هر دو گروه بالاتنه و پایین‌تنه- بالاتنه و در عضلهٔ سینه‌ای راست فقط در گروه بالاتنه در مقایسه با گروه کنترل افزایش یافت، هرچند این افزایش معنادار نبود، درحالی‌که در سایر عضلات بین گروه‌ها تفاوتی مشاهده نشد.

جدول ۳- اطلاعات توصیفی و استنباطی مربوط به میانه فرکانس به‌کارگیری عضلات منتخب در گروه‌های مطالعه

	Mean±Sd (Δ)		جمع مربع	df	میانگین مربع	f	P
میانه فرکانس عضله سینه‌ای چپ (هرتز)							
کنترل	۴۶/۱۷ ± ۲۰/۲۰	بین گروهی	۱۸۴۷/۹۰۴	۲	۹۲۳/۹۵۲	۳/۵۰۸	۰/۰۴*
بالاتنه	۶۶/۶۶ ±۱۹/۱۴	درون‌گروهی	۸۹۵۴/۸۱۵	۳۴	۲۶۳/۳۷۷		
بالاتنه- پایین‌تنه	۲۲/۷۳ ±۱۹/۹۹	کل	۱۰۸۰۲/۷۱۹	۳۶			

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

ادامهٔ جدول ۳- اطلاعات توصیفی و استنباطی مربوط به میانه فرکانس به‌کارگیری عضلات منتخب در گروه‌های مطالعه

	Mean±Sd (Δ)		جمع مربع	df	میانگین مربع	f	P
میانه فرکانس عضله سینه‌ای راست (هرتز) کنترل بالاتنه بالاتنه- پایین‌تنه	۲۳/۰۶ ± ۸/۷۷ ۲۵/۷۶ ±۲۳/۳۲ ۹/۷۸ ±۱۳/۳۰	بین گروهی درون‌گروهی کل	۱۲۰۸۲/۱۴۹ ۱۳۳۲۵/۱۹۵ ۲۵۴۰۷/۳۴۵	۲ ۳۴ ۳۶	۶۰۴۱/۰۷۵ ۳۹۱/۹۱۸	۱۵/۴۱۴	۰/۰۰۱*
میانه فرکانس عضله بازکننده ستون مهره‌ها چپ (هرتز) کنترل بالاتنه بالاتنه- پایین‌تنه	۱۴/۵۰ ± ۱۵/۳۷ ۶/۵۲ ±۱۶/۴۵ ۱۱/۲۳ ±۱۶/۵۳	بین گروهی درون‌گروهی کل	۹۱۹/۰۳۴ ۱۳۸۲۳/۳۴۶ ۱۴۷۴۲/۳۸۰	۲ ۳۴ ۳۶	۱۹۲/۹۷۴ ۲۶۰/۵۶۰	۰/۷۴۱	۰/۴۸
میانه فرکانس عضله بازکننده ستون مهره‌ها راست (هرتز) کنترل بالاتنه بالاتنه- پایین‌تنه	-۸/۲۷ ± ۲۲/۵۱ ۳/۷۶ ±۱۵/۶۰ -۴/۶۵ ±۲۱/۵۴	بین گروهی درون‌گروهی کل	۳۸۵/۹۴۹ ۸۸۵۹/۰۳۰ ۹۲۴۴/۹۷۹	۲ ۳۴ ۳۶	۴۵۹/۵۱۷ ۴۰۶/۵۶۹	۱/۱۳۰	۰/۳۳
میانه فرکانس عضله دو سر بازویی چپ (هرتز) کنترل بالاتنه بالاتنه- پایین‌تنه	-۴/۲۴ ± ۲۳/۴۷ ۳/۴۵ ±۲۲/۸۰ -۱/۸۳ ±۲۴/۲۷	بین گروهی درون‌گروهی کل	۳۷۳/۴۰۲ ۱۸۸۵۴/۲۵۴ ۱۹۲۲۷/۶۵۶	۲ ۳۴ ۳۶	۱۸۶/۷۰۱ ۵۵۴/۵۳۷	۰/۳۳۷	۰/۷۱
میانه فرکانس عضله دو سر بازویی راست (هرتز) کنترل بالاتنه بالاتنه- پایین‌تنه	۱/۶۰ ± ۲۴/۸۴ -۰/۷۹ ±۲۰/۴۰ -۳/۷۱ ±۲۰/۸۵	بین گروهی درون‌گروهی کل	۱۷۷/۴۴۱ ۱۶۵۸۷/۰۲۸ ۱۶۷۶۴/۴۶۹	۲ ۳۴ ۳۶	۸۸/۷۲۱ ۴۸۷/۸۵۴	۰/۱۸۲	۰/۸۳

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

ادامهٔ جدول ۳- اطلاعات توصیفی و استنباطی مربوط به میانه فرکانس به‌کارگیری عضلات منتخب در گروه‌های مطالعه

	Mean±Sd (Δ)	جمع مربع		df	میانگین مربع	f	P
میانه فرکانس عضله سه سر بازویی چپ (هرتز)	-۴/۷۶ ± ۱۶/۱۸	بین گروهی	۲۰۰/۸۳۱	۲	۱۰۰/۴۱۵	۰/۸۰۵	۰/۴۵
کنترل	-۵/۶۸ ±۱۱/۷۱	درون‌گروهی	۴۲۳۸/۸۰۵	۳۴	۱۲۴/۶۷۱		
بالاتنه	-۴/۵۳ ±۱۷/۰۶	کل	۴۴۳۹/۶۳۶	۳۶			
بالاتنه- پایین‌تنه							
میانه فرکانس عضله سه سر بازویی راست (هرتز)	-۴/۱۲ ± ۱۳/۰۷	بین گروهی	۹/۱۳۳	۲	۴/۵۶۷	۰/۰۲۰	۰/۹۸
کنترل	۱/۶۴ ±۸/۲۰	درون‌گروهی	۷۸۸۹/۱۷۴	۳۴	۲۳۲/۰۳۵		
بالاتنه	-۱/۶۱ ±۱۱/۶۱	کل	۷۸۹۸/۳۰۷	۳۶			
بالاتنه- پایین‌تنه							

*: معنی‌داری در سطح ۰/۰۵؛ Mean±Sd (Δ): میانگین و انحراف معیار اختلاف پیش‌آزمون- پس‌آزمون؛ df: درجه آزادی؛ f: آماره فیشر؛ P: معنی‌داری

بر اساس اطلاعات جدول شمارهٔ ۳، میانه‌فرکانس عضلهٔ سینه‌ای چپ (p=۰/۰۴) و راست (p=۰/۰۰۱) در گروه‌های مداخله پس از مداخلهٔ چهار هفته‌ای با تغییری معنادار همراه بود، بدین‌صورت که میانه‌فرکانس در گروه بالاتنه در مقایسه با گروه کنترل افزایش یافت، حال‌آنکه این متغیر در گروه بالاتنه-پایین‌تنه در هر دو عضله با کاهش مواجه شد.

میانه‌فرکانس عضلات راست‌کنندهٔ سمت راست ستون مهره، دو سر بازویی چپ و سه‌سر بازویی راست فقط در گروه بالاتنه افزایش یافت و در گروه بالاتنه-پایین‌تنه با کاهش مواجه شد. در جدول شمارهٔ ۴، اطلاعات تعقیبی مربوط به میانه‌فرکانس عضلهٔ سینه‌ای بزرگ چپ و راست نمایش داده شده است.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

جدول ۴- اطلاعات تعقیبی مربوط به میانه فرکانس به‌کارگیری عضلات منتخب در گروه‌های مطالعه

متغیر مستقل	گروه I	گروه J	تفاوت میانگین (I-J)	خطای انحراف استاندارد	P
میانه فرکانس عضله سینه‌ای چپ	کنترل	بالاتنه	-۲۰/۴۸۵۲۱	۸/۰۸۲۰۵	۰/۰۴*
		بالاتنه-پایین‌تنه	۲۳/۴۳۵۶۷	۷/۹۲۵۱۱	۰/۰۱*
	بالاتنه	کنترل	*۲۰/۴۸۵۲۱	۸/۰۸۲۰۵	۰/۰۴*
		بالاتنه-پایین‌تنه	۴۳/۹۲۰۸۸	۷/۹۲۵۱۱	۰/۰۰۰۱*
	بالاتنه-پایین‌تنه	کنترل	-۲۳/۴۳۵۶۷	۷/۹۲۵۱۱	۰/۰۱*
		بالاتنه	-۴۳/۹۲۰۸۸	۷/۹۲۵۱۱	۰/۰۰۰۱*
میانه فرکانس عضله سینه‌ای راست	کنترل	بالاتنه	-۲/۶۹۳۹۱	۶/۶۲۵۴۲	۰/۹۱
		بالاتنه-پایین‌تنه	۱۳/۲۸۱۰۶	۶/۴۹۶۷۶	۰/۱۱
	بالاتنه	کنترل	۲/۶۹۳۹۱	۶/۶۲۵۴۲	۰/۹۱
		بالاتنه-پایین‌تنه	۱۵/۹۷۴۹۷	۶/۴۹۶۷۶	۰/۰۴*
	بالاتنه-پایین‌تنه	کنترل	-۱۳/۲۸۱۰۶	۶/۴۹۶۷۶	۰/۱۱
		بالاتنه	-۱۵/۹۷۴۹۷	۶/۴۹۶۷۶	۰/۰۴*

* معنی‌داری در سطح ۰/۰۵؛ P: معنی‌داری

بر اساس نتایج آزمون توکی که برای مقایسهٔ سه گروه کنترل، بالاتنه و بالاتنه و پایین‌تنه انجام شد، در میانه‌فرکانس عضلهٔ سینه‌ای بزرگ راست، گروه بالاتنه و کنترل تفاوت معناداری با یکدیگر نداشتند، ولی بین گروه بالاتنه و گروه بالاتنه-پایین‌تنه در عضلهٔ سینه‌ای بزرگ راست اختلاف معناداری مشاهده شد ($p<۰/۰۵$).

اطلاعات توصیفی و استنباطی حاصل از بررسی اطلاعات آنتروپومتری (درصد چربی، تودهٔ چربی و تودهٔ بدون چربی) آزمودنی‌ها به تفکیک گروه‌های مداخله در جدول شمارهٔ ۵ آمده است.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

جدول ۵- اطلاعات توصیفی و استنباطی مربوط به پارامترهای آنتروپومتری در گروه‌های مطالعه

	Mean±Sd (Δ)		جمع مربع	df	میانگین مربع	f	P
درصد چربی (٪)	۰/۰۸ ± ۴/۶۴	بین گروهی	۹/۹۱	۲	۴/۹۵	۰/۳۸	۰/۶۸
کنترل	-۱/۱۱ ±۲/۵۴	درون‌گروهی	۴۲۵/۳۹	۳۴	۳/۰۲		
بالاتنه	-۰/۹۱ ±۳/۲۶	کل	۴۳۵/۳۰	۳۶			
بالاتنه- پایین‌تنه							
توده چربی (kg)	۰/۰۳ ± ۳/۶۸	بین گروهی	۷/۷۱	۲	۳/۸۵	۰/۵۳	۰/۵۹
کنترل	-۰/۷۹ ±۲/۵۹	درون‌گروهی	۲۴۰/۳۷	۳۴	۷/۲۸		
بالاتنه	-۱/۰۵ ±۱/۲۵	کل	۲۵۴۰۷/۳۴۵	۳۶			
بالاتنه- پایین‌تنه							
توده بدون چربی	-۱/۲۴ ± ۸/۱۹	بین گروهی	۱۰۳/۴۳	۲	۵۱/۷۱	۰/۲۸	۰/۷۵
(kg)	۲/۷۰ ±۱۵/۱۷	درون‌گروهی	۵۹۲۵/۲۶	۳۴	۲۶۰/۵۶۰		
کنترل	۱/۸۳ ±۱۵/۵۳	کل	۶۰۲۸/۷۰	۳۶			
بالاتنه							
بالاتنه- پایین‌تنه							

*: معنی‌داری در سطح ۰/۰۵؛ Mean±Sd (Δ): میانگین و انحراف معیار اختلاف پیش‌آزمون- پس‌آزمون؛ df: درجه آزادی؛ f: آماره فیشر؛ P: معنی‌داری

بر اساس نتایج جدول شمارهٔ ۵، درصد و تودهٔ چربی بدنی بعد از دورهٔ مداخله چهار هفته‌ای در گروه‌های تمرینی، در مقایسه با گروه کنترل، کاهش و تودهٔ بدون چربی افزایش یافت، هرچند معنادار نبود.

اطلاعات توصیفی و استنباطی حاصل از بررسی اطلاعات عملکردی (پرتاب توپ طبی، لیفت مرده، عملکرد وینگیت دست (اوج و میانگین توان بی‌هوازی مطلق و نسبی)) آزمودنی‌ها به تفکیک گروه‌های مداخله در جدول شمارهٔ ۶ آمده است.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

جدول ۶- اطلاعات توصیفی و استنباطی مربوط به پارامترهای عملکردی در گروه‌های مطالعه

	Mean±Sd (Δ)		جمع مربع	df	میانگین مربع	f	P
پرتاب توپ طبی از بالای سر (متر)	۰/۹ ± ۰/۶	بین گروهی	۰/۵۲۵	۲	۰/۲۶	۲/۵۵	۰/۱۴
کنترل	۰/۳۵ ±۰/۸۵	درون‌گروهی	۴۲/۵۶	۳۴	۱/۲۹		
بالاتنه- پایین‌تنه	۰/۵۱ ±۰/۶۹	کل	۴۳/۰۹	۳۶			
لیفت مرده (kg)	۰/۱ ± ۰/۰۱	بین گروهی	۸۰۶/۷۲	۲	۴۰۳/۳۶	۶/۹۴	۰/۰۰۳*
کنترل	۱۲ ±۸/۴۹	درون‌گروهی	۲۵۳۳/۵۸	۳۴	۷۶/۷۷		
بالاتنه- پایین‌تنه	۶/۶۶ ±۱۰/۷۳	کل	۳۳۴۰/۳۰	۳۶			
اوج توان بی‌هوازی مطلق (W)	-۴/۶۸ ± ۲۷/۱۹	بین گروهی	۴۵۴۶/۲۶	۲	۲۲۷۳/۱۳	۲/۳۴	۰/۱۴*
کنترل	۶/۶۴ ±۱۶/۱۴	درون‌گروهی	۱۸۱۴۶۲/۳۲	۳۴	۵۴۹۸/۸۵		
بالاتنه- پایین‌تنه	۱۵/۲۱ ±۲۳/۰۳	کل	۱۸۶۰۰۸/۵۹	۳۶			
اوج توان بی‌هوازی نسبی (W/kg)	-۶۴/۷۲ ± ۱۰۱/۴۳	بین گروهی	۰/۴۵	۲	۰/۲۲	۳/۸۴	۰/۰۳*
کنترل	-۹/۱۴ ±۳۸/۸	درون‌گروهی	۸۱/۷۴	۳۴	۲/۴۷		
بالاتنه- پایین‌تنه	۱/۸۳ ±۱۱/۴۴	کل	۸۲/۱۹	۳۶			
میانگین توان بی‌هوازی مطلق (W)	۱/۵۹ ± -۰/۱۵	بین گروهی	۹۴۶۲/۴۵	۲	۴۷۳۱/۲۲	۰/۴۴	۰/۶۴
کنترل	۰/۱۴ ±۰/۲۸	درون‌گروهی	۲۰۷۰۰۰/۲۷	۳۴	۶۲۷۲/۷۳		
بالاتنه- پایین‌تنه	۰/۱۸ ±۰/۲۶	کل	۲۱۶۴۶۲/۷۲	۳۶			
میانگین توان بی‌هوازی نسبی (W/kg)	۰/۱۲ ± ۰/۳۱	بین گروهی	۰/۴۰	۲	۰/۲۰	۰/۹۰	۰/۴۱
کنترل	۰/۴۵ ±۰/۴۴	درون‌گروهی	۴۱/۹۷	۳۴	۱/۲۷		
بالاتنه- پایین‌تنه	۰/۳ ±۰/۶۱	کل	۴۲/۳۸	۳۶			

*: معنی‌داری در سطح ۰/۰۵؛ Mean±Sd (Δ): میانگین و انحراف معیار اختلاف پیش‌آزمون- پس‌آزمون؛ df: درجه آزادی؛ f: آماره فیشر؛ P: معنی‌داری

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

بر اساس نتایج جدول شمارهٔ ۶، رکورد پرتاب توپ طبی از بالای سر در گروه بالاتنه-پایین‌تنه با گروه کنترل و بالاتنه تفاوت معناداری نداشت. در لیفت مرده، تفاوت معناداری بین گروه‌های مطالعه مشاهده شد (p=۰/۰۳). در متغیرهای آزمون وینگیت دست، در اوج توان بی‌هوازی نسبی (p=۰/۰۳) تفاوت معناداری بین گروه‌های مطالعه مشاهده شد. در جدول شمارهٔ ۷، اطلاعات تعقیبی مربوط به لیفت مرده و اوج توان بی‌هوازی نسبی نمایش داده شده است.

جدول ۷- اطلاعات تعقیبی مربوط به پارامترهای عملکردی در گروه‌های مطالعه

متغیر گروه ۱		گروه ۲	P
لیفت مرده (kg)	بالاتنه	بالاتنه- پایین‌تنه	۰/۰۱*
	بالاتنه-پایین‌تنه	کنترل	۰/۴۷
	بالاتنه-پایین‌تنه	کنترل	۰/۰۱*
اوج توان بی‌هوازی (W/kg)	بالاتنه	بالاتنه- پایین‌تنه	۰/۶۷
		کنترل	۰/۰۲*
	بالاتنه-پایین‌تنه	کنترل	۰/۰۳*

* معنی‌داری در سطح ۰/۰۵؛ P: معنی‌داری

بر اساس نتایج جدول شمارهٔ ۷، آزمودنی‌های گروه بالاتنه-پایین‌تنه در مقایسه با گروه بالاتنه (p=۰/۰۱) و کنترل (p=۰/۰۱) عملکرد بهتری در لیفت مرده داشتند. در متغیر اوج توان بی‌هوازی نسبی، دو گروه تمرینی، در مقایسه با گروه کنترل، عملکرد بهتری داشتند (p=۰/۰۲ و p=۰/۰۳). بااین‌حال، گروه بالاتنه-پایین‌تنه در اوج توان‌بی‌هوازی مطلق بعد از دورهٔ چهار هفته‌ای برتری مختصری به گروه بالاتنه کسب کردند، هرچند این برتری معنادار نبود.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج الکترومایوگرافی که در قالب متغیرهای کار فیزیولوژیکی و میانه‌فرکانس به‌کارگیری عضلات منتخب مشخص شد، نخست حاکی از آن است که تغییر معناداری در کار فیزیولوژیکی عضلات مشاهده نشد. علاوه بر این، نتایج میانه‌فرکانس به‌کارگیری نشان داد که بعد از دورهٔ مداخلهٔ چهار

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

هفته‌ای، میانه‌فرکانس به‌کارگیری در عضلهٔ سینه‌ای بزرگ چپ گروه کنترل در مقایسه با گروه تمرین بالاتنه، کاهش معناداری داشته است. ضمن اینکه، میانه‌فرکانس در گروه پایین‌تنه-بالاتنه (ترکیبی) در مقایسه با دو گروه دیگر نیز با کاهشی معنادار همراه بود. با توجه به اینکه میانه‌فرکانس در عضلات سینه‌ای به دنبال تمرین پلایومتریک در گروه ترکیبی کاهش یافته، احتمالاً کارآیی عصبی در این عضلات بهبود یافته است؛ به‌عبارت دیگر، عضلات سینه‌ای گروه ترکیبی، در مقایسه با گروه بالاتنه، برای انجام کاری مشخص مثل پرتاب توپ طبی از بالای سر، لیفت مرده و آزمون وینگیت فرکانس کمتری از مغز دریافت کرده‌اند. دریافت فرکانس کمتر یعنی اینکه واحدهای حرکتی با فرکانس پایین به کار گرفته شده‌اند که نشانگر فعالیت کمتر نسج عضله است، ولی با دقت در نتایج آزمون‌های عملکردی، عملکرد بهتر گروه بالاتنه-پایین‌تنه، در مقایسه با گروه بالاتنه مشاهده می‌شود که افزایش گشتاور عضلانی را نشان می‌دهد. بر اساس گزارش‌های قبلی، در انتقال نیروی عضلانی به سه مکانیسم عصبی، هورمونی و عوامل مکانیکی (فاشیای عضلانی) توجه می‌شود. فاشیا بافتی حاوی پروتئین‌های انقباضی است و مثل پروتئین انقباضی عمل می‌کند، ولی به‌اندازهٔ آن‌ها نیرو ایجاد نمی‌کند. در حال حاضر یک رده از این سلول‌ها شناخته‌شده که قادر به اعمال نیروی انقباضی است؛ برای مثال، به عقیدهٔ می‌یرز، پروتئین‌های انقباضی که در فاشیای پایین کمر وجود دارد، با انقباض محدود خود پایداری پایین کمر را به وجود می‌آورد. از سوی دیگر وی معتقد است که انتقال نیرو بین عضلات نواحی مختلف بدن از طریق فاشیای گروه‌های عضلانی صورت می‌گیرد (۳۲)؛ مفهومی که با عنوان هم‌افزایی عضلانی[1] شناخته می‌شود. بر اساس نتایج مطالعهٔ حاضر، با توجه به کاهش میانه‌فرکانس در گروه تمرین پلایومتریک بالاتنه-پایین‌تنه در مقایسه با گروه تمرین پلایومتریک بالاتنه عملاً مسیر عصبی مبنای بحث قرار نمی‌گیرد؛ زیرا اضافه شدن تمرین پایین‌تنه به تمرین بالاتنه، تغییری در میانه‌فرکانس عضلات منتخب ایجاد نکرده است. دومین مسیر مطرح‌شده، مسیر هورمونی است که با اثرگذاری بر سازگاری‌های هایپرتروفی عضلانی جلوه‌گر می‌شود. در مطالعهٔ حاضر سطوح هورمونی بررسی نشده است، اما ازآنجاکه کار فیزیولوژیکی عضلات، به‌عنوان تغییرات سیگنالینگ (تغییرات پیام‌رسانی فیزیولوژیکی داخل عضله به دنبال تحریک مکانیکی) مرتبط با هایپرتروفی عضلانی در نظر گرفته می‌شود، نبود تفاوت معنی‌دار بین کار فیزیولوژیکی عضلات منتخب به دنبال دورهٔ چهار هفته‌ای تمرین پلایومتریک بالاتنه و پایین‌تنه-بالاتنه، نشانگر آن است که تفاوتی در مسیرهای سیگنالینگ در عضلات گروه‌های مورد مداخله وجود ندارد. با توجه به اینکه در راه‌اندازی سیگنالینگ درون‌عضلانی

1. Muscular Synergy

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

مسیرهای هورمونی نیز ایفای نقش می‌کنند، احتمالاً مسیر هورمونی در این دورهٔ زمانی از توانایی لازم برای انتقال نیروی بین عضلانی برخوردار نبوده است؛ موضوعی که به بررسی دقیق‌تر نیاز دارد. بر این اساس، می‌توان مسیر سوم یعنی مسیر عوامل مکانیکی را عامل تغییرات مشاهده‌شده در مطالعهٔ حاضر دانست؛ به‌عبارت دیگر، افزایش گشتاور در آزمون‌های عملکردی می‌تواند نتیجهٔ سفت شدن فاشیای عضلانی در نظر گرفته شود. موضوعی که برای اثبات، به بررسی‌های بیشتری نیاز دارد. در این خصوص، افزایش کار فیزیولوژیکی مشاهده‌شده در عضلات هر دو گروه تمرینی در مطالعهٔ حاضر هم‌راستا با نتایج مطالعهٔ اوتسوکا و همکاران (۲۰۱۸) است. این پژوهشگران، ارتباط کار فیزیولوژیکی (سطح فعالیت عضلانی) و سفتی فاشیا را در وضعیت حاد بررسی کردند و افزایش کار فیزیولوژیکی را به‌مثابهٔ افزایش سفتی فاشیای عضلانی در نظر گرفتند (۳۸). اگرچه، مطالعهٔ اوتسوکا و همکاران (۲۰۱۸) ارتباط کار فیزیولوژیکی (سطح فعالیت عضلانی) و سفتی فاشیا را در وضعیت حاد بررسی کرده است، با توجه به اینکه تمرین پلایومتریک مورد استفاده در مطالعهٔ حاضر نیز از نوع شدید بوده است، می‌توان افزایش غیر معنادار کار فیزیولوژیکی در عضلهٔ سینه‌ای در گروه بالاتنه و پایین‌تنه-بالاتنه را با سفتی احتمالی فاشیا مرتبط دانست. موضوعی که برتی تأیید به انجام سونوگرافی عضلانی نیاز دارد که ازجمله محدودیت‌های مطالعهٔ حاضر بود. در خصوص نتیجهٔ دیگر مطالعهٔ حاضر، یعنی کاهش میانه فرکانس در عضلات سینه‌ای به دنبال تمرینات پلایومتریک چهار هفته‌ای، مطالعه‌ای که میانه‌فرکانس را اندازه‌گیری کرده باشد، مشاهده نشد. بااین‌حال، برای مشخص کردن ارتباط بالینی و جهت‌گیری خاصِ اثر زنجیره‌های فاشیای عضلانی بر انتقال نیرو مطالعات اندکی انجام شده است؛ برای مثال در مطالعهٔ ویلک و همکاران (۲۰۱۷)، اثربخشی کشش از راه دور پایین‌تنه بر مبنای فاشیای عضلانی در مقایسه با کشش موضعی ستون فقرات گردن بر دامنهٔ حرکتی گردن بررسی شد (۳۹). بر مبنای یافته‌های این پژوهشگران، کشش زنجیره‌های فاشیای عضلانی پایین‌تنه، مانند کشش موضعی موجب بهبود موقتی دامنهٔ حرکتی گردن شد. چنین نتیجه‌ای در مطالعهٔ حاضر در مورد وضعیت عملکردی بهبودیافتهٔ گروه ترکیبی در مقایسه با گروه بالاتنه قابل مشاهده است که بر مبنای توجیهات ذکرشدهٔ قبلی، می‌توان آن را به فاشیای عضلانی نسبت داد. در این خصوص، می‌توان به‌طور ویژه به تفاوت معنادار عملکرد وینگیت در گروه بالاتنه (با بیشترین فرکانس دریافتی از مغز) در مقایسه با گروه ترکیبی (با کمترین فرکانس دریافتی از مغز) اشاره کرد. با توجه به اینکه الکترومایوگرافی سطحی برآیند عمل فاشیای عضلانی را گزارش می‌دهد، می‌توان این فرضیه را محتمل در نظر گرفت که عضلات سینه‌ای گروه ترکیبی هنگام اجرای آزمون وینگیت دست، کمبود حاصل از دریافت سیگنال مغزی را با اجزای مکانیکی مثل فاشیا جبران کرده باشند، موضوعی که بررسی بیشتری را می‌طلبد.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

از سوی دیگر، یکی دیگر از یافته‌های مطالعهٔ حاضر، عدم تأثیرگذاری تمرین پلایومتریک بالاتنه و پایین‌تنه بر پارامترهای آنتروپومتری (درصد چربی، تودهٔ چربی و بدون چربی) بود. بر اساس نتایج، بین گروه‌های مطالعه تفاوت معناداری در درصد چربی، تودهٔ چربی و بدون چربی مشاهده نشد. هم‌راستا با نتیجهٔ مطالعهٔ حاضر، ضریبی[1] و همکاران (۲۰۱۴) به دنبال دورهٔ نه هفته‌ای تمرین پلایومتریک پایین‌تنه ثابت ماندن تودهٔ چربی و بدون چربی را در بازیکنان بسکتبال جوان گزارش کردند (۴۰). در مطالعهٔ فوق، ارتفاع پرش (۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متر) و تعداد پرش (۶۰ تا ۱۰۰) تفاوت فاحشی با مطالعهٔ حاضر (۴۰-۶۰ سانتی‌متر؛ ۵۰-۱۰۰ پرش) نداشت. بنابراین وقتی یک دورهٔ نه هفته‌ای تمرین اثرگذار نبوده، احتمالاً طول مدت طراحی‌شدهٔ تمرین پلایومتریک در مطالعهٔ حاضر، عامل اصلی عدم تأثیرگذاری بر متغیرهای درصد چربی، تودهٔ چربی و بدون چربی است. در مقابل، کاروالهو[2] و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر یک دورهٔ ۱۲ هفته‌ای تمرین پلایومتریک در ترکیب با تمرین مقاومتی را بر ترکیب بدنی بازیکنان هندبال نخبه بررسی کردند. در این مطالعه، برنامهٔ تمرینی به دو قسمت تقسیم شد. بدین‌صورت که در پنج هفته ابتدایی تمرین مقاومتی اجرا و در هفت هفتهٔ پایانی برنامهٔ تمرین پلایومتریک اضافه شد. در این مطالعه کاهش معنادار درصد چربی و تودهٔ چربی بدن هم‌زمان با بهبود تودهٔ بدون چربی گزارش شد. در این مطالعه، اضافه‌بار برنامهٔ پلایومتریک ثابت (سه نوبت ۱۲ تکراری پرش در ارتفاع ثابت) در نظر گرفته شده بود (۴۱). ازآنجاکه مدت دورهٔ تمرین پلایومتریک در مقایسه با مطالعهٔ ضربی و همکاران (۲۰۱۴) (۴۰) کمتر بوده است، کم بودن دورهٔ تمرینی مطالعهٔ حاضر (چهار هفته) می‌تواند عامل اثرگذار باشد.

یکی دیگر از یافته‌های مطالعهٔ حاضر، در مورد اثر تمرین پلایومتریک بالاتنه و پایین‌تنه بر پارامترهای عملکردی (پرتاب توپ طبی از بالای سر، لیفت مرده و آزمون وینگیت دست) بود. بر اساس نتایج، رکورد پرتاب توپ طبی از بالای سر در گروه بالاتنه-پایین‌تنه با گروه کنترل و بالاتنه تفاوت معناداری نداشت. هرچند، تمرین پلایومتریک ترکیبی پایین‌تنه-بالاتنه قدری مؤثرتر از تمرین بالاتنه بود. با توجه به نوع آزمون مورد استفاده، مطالعات معدودی اثر تمرین پلایومتریک بر عملکرد پرتاب توپ طبی را بررسی کرده‌اند؛ برای نمونه، سانتوس و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای اثر ده هفته برنامهٔ پلایومتریک را بر عملکرد پرتاب توپ بالای سر بازیکنان بسکتبال بررسی کردند. در این مطالعه، گروه تجربی علاوه بر تمرینات مرسوم بسکتبال، برنامهٔ تمرین پلایومتریک را اجرا و افزایش رکورد در پرتاب

1. Zribi
2. Carvalho

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

توپ طبی از بالای سر را گزارش کردند (۴۲). برنامهٔ تمرینی مورد استفاده در مطالعهٔ سانتوس، به‌صورت متنوع و ترکیبی از تمرینات بالاتنه و پایین‌تنه (با تکرار بین ۲۰ تا ۳۲ تکرار) بود که در هفته‌های مختلف به‌صورت متناوب استفاده شد. در مطالعهٔ حاضر، طول دورهٔ مطالعه کوتاه‌تر از مطالعهٔ برنامهٔ سانتوس و همکاران (۲۰۱۱) بود که می‌تواند دلیل عدم نتیجه‌گیری در مطالعهٔ حاضر باشد. البته رکورد پرتاب توپ طبی در مطالعهٔ سانتوس و همکاران (۲۰۱۱) در پایان چهار هفته مشاهده شده که تغییر معناداری در این بازهٔ زمانی گزارش نشده است. در عملکرد لیفت مرده گروه بالاتنه-پایین‌تنه، در مقایسه با گروه بالاتنه، عملکرد بهتر و معناداری داشتند. نتیجه‌ای که هم‌راستا با مطالعهٔ حاتمی و همکاران (۱۳۹۶) (۴۳) است. در مطالعهٔ حاتمی، اثربخشی برنامهٔ تمرین پلایومتریک ده هفته‌ای بر قدرت پایین‌تنهٔ زنان جوان تأیید شد. برنامه تمرین پلایومتریک در مطالعهٔ یادشده، ترکیبی از تمرینات پایین‌تنه و بالاتنه (برخورد با زمین: ۸۰-۱۲۰ بار؛ ارتفاع: ۲۰-۵۰ سانتی‌متر) بود که با شرایط تمرینی مطالعهٔ حاضر هم‌سوست. بااین‌حال، ازآنجاکه برنامهٔ تمرین بالاتنه در هر دو گروه مطالعهٔ حاضر، یکسان بود، دلیل برتری نامحسوس گروه ترکیبی را می‌توان به اضافه شدن برنامهٔ پلایومتریک پایین‌تنه مربوط دانست. این موضوع نیز باید ذکر شود که در مطالعات مختلف، کمتر از آزمون لیفت مرده استفاده شده است. در مطالعهٔ حاضر هم از این آزمون به این منظور استفاده شده که درگیری کمتر بالاتنه را به دنبال دارد و اجرای الکترومایوگرافی در آن راحت است. در متغیرهای آزمون وینگیت دست (اوج و میانگین توان بی‌هوازی مطلق و نسبی)، گروه بالاتنه-پایین‌تنه در اوج توان‌بی‌هوازی مطلق و نسبی بعد از دورهٔ چهار هفته‌ای تفاوت معناداری در مقایسه با گروه کنترل داشت. به‌علاوه برتری مختصری به گروه بالاتنه نیز مشاهده شد که معنادار نبود. در بیشتر مطالعات برای ارزیابی قدرت بالاتنه از آزمون‌هایی مثل پرتاب توپ طبی از بالای سر یا آزمون قدرت پنجه استفاده شده است. در مطالعهٔ حاضر دلیل انتخاب آزمون وینگیت دست در کنار آزمون پرتاب توپ طبی از بالای سر، وضعیت متفاوت الگوهای عضلانی درگیر بود که زنجیرهٔ فاشیای مختلفی را در بر می‌گرفت. با توجه به اینکه نتایج آزمون وینگیت دست در گروه‌های بررسی‌شده در مطالعهٔ حاضر تا حدودی با عملکرد پرتاب توپ طبی مطابقت دارد، می‌توان توجیهات موردنظر در مورد اثر تمرین پلایومتریک پایین‌تنه و بالاتنه را بر عملکرد توپ طبی از بالای سر در مورد متغیرهای موردنظر در آزمون وینگیت دست نیز محتمل دانست.

بر اساس نتایج مطالعهٔ حاضر، انجام تمرینات پلایومتریک بالاتنه به مدت چهار هفته به بهبود معنادار میانه‌فرکانس عضلات سینه‌ای راست و چپ در مقایسه با گروه کنترل منجر شد، با توجه به اینکه تغییر میانه‌فرکانس عضلات سینه‌ای راست و چپ در گروه تمرین پلایومتریک بالاتنه-پایین‌تنه معنادار

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

نبود، احتمالاً کارایی عصبی رخ داده که می‌توان آن را به فاشیای عضلانی نسبت داد. موضوعی که با عدم تفاوت در کار فیزیولوژیکی عضلات منتخب و میانگین توان بی‌هوازی مطلق و نسبی آزمون وینگیت دست بین دو گروه تمرینی تأیید می‌شود. بااین‌حال، مداخلهٔ مورد اشاره بر پارامترهای آنتروپومتری بی‌تأثیر بود، حال‌آنکه تمرین پلایومتریک پایین‌تنه و بالاتنه بر وضعیت عملکردی ورزشکاران جوان تا حدودی مؤثر بود.

پیام مقاله

بر اساس یافته‌های مطالعهٔ حاضر مبنی بر تأیید نقش تمرینات پلایومتریک پایین‌تنه بر انتقال نیرو به بالاتنه، پیشنهاد می‌شود ورزشکاران از تمرینات پلایومتریک پایین‌تنه همراه با تمرینات پلایومتریک بالاتنه استفاده کنند.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر برگرفته از پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد رشته فیزیولوژی ورزش با کد اخلاق IR.BIRJAND.REC.1398.001 دانشگاه بیرجند است که با حمایت این دانشگاه انجام شده است. بدین‌وسیله از دانشجویان پسر و کارکنان آزمایشگاه دانشکدهٔ علوم ورزشی دانشگاه بیرجند تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Daneshvar A, Sadeghi H, Yousefi M. Borhani Kakhki Z. *The Effects of One Global Fatigue Stage on Coordination and Variability of Between Upper Extremity Joints in Elite Rowers (Perspective to Risk of Injury)*. Sport Medicine Studies. Spring & Summer 2020; 12 (27): 137-52. (Persian). Doi: 10.22089/smj.2021.9792.1457
2. Koch, J., B.L. Riemann, and G.J. Davies, *Ground reaction force patterns in plyometric push-ups.* The Journal of Strength & Conditioning Research, 2012. 26(8): p. 2220-2227.
3. Faigenbaum, A.D., et al., *Effects of a short-term plyometric and resistance training program on fitness performance in boys age 12 to 15 years.* Journal of sports science & medicine, 2007. 6(4): p. 519.
4. Schulte-Edelmann, J.A., et al., *The effects of plyometric training of the posterior shoulder and elbow.* J Strength Cond Res, 20 (1)19.05 :p. 129-134.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

5. Wilk, K.E., et al., *Stretch-shortening drills for the upper extremities: theory and clinical application.* Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 1993. 17(5): p. 225-239.
6. Pezzullo, D.J., S. Karas, and J.J. Irrgang, *Functional plyometric exercises for the throwing athlete.* Journal of Athletic Training, 1995. 30(1): p. 22.
7. Arazi, H., et al., *Cardiovascular and blood lactate responses to acute plyometric exercise in female volleyball and handball players.* Sport Sciences for Health, 2012. 8(1): p. 23-29.
8. Swanik, K.A., et al., *The effects of shoulder plyometric training on proprioception and selected muscle performance characteristics.* Journal of shoulder and elbow surgery, 2002. 11(6): p. 579-586.
9. Heiderscheit ,B.C., K.P. McLean, and G.J. Davies, *The effects of isokinetic versus plyometric training on the shoulder internal rotators.* Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 1996. 23(2): p. 125-133.
10. Markovic, G. and P. Mikulic, *Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training.* Sports medicine, 2010. 40(10): p. 859-895.
11. Kubo, K., T. Ikebukuro, and H. Yata, *Effects of 4, 8, and 12 repetition maximum resistance training protocols on muscle volume and strength.* The Journal of Strength & Conditioning Research, 2021. 35(4): p. 879-885.
12. Wu, Y.K., et al., *Relationships between three potentiation effects of plyometric training and performance.* Scandinavian journal of medicine & science in sports, 2010. 20(1): p. e80-e86.
13. Behrens, M., A. Mau-Moeller, and S. Bruhn, *Effect of plyometric training on neural and mechanical properties of the knee extensor muscles.* International journal of sports medicine, 2014. 35(02): p. 101-119.
14. Alizadeh S, Alizadeh MH, Rajabi R. *The Comparison of Selective EMG Indicators of Thigh in Athletes with and Without Limited Ankle Dorsiflexion in a Single-Leg Jump Task.* Studies in Sport Medicine. 2018 Aug 23;10(23):33-46.
15. Valadés Cerrato, D., *Effect of eight weeks of upper-body plyometric tra.* 2018.
16. Chelly, M.S., et al., *Effects of 8-week in-season plyometric training on upper and lower limb performance of elite adolescent handball players.* The Journal of Strength & Conditioning Research, 2014. 28(5): p.1401-1410.
17. Oxfeldt, M., et al., *Effects of plyometric training on jumping, sprint performance, and lower body muscle strength in healthy adults: A systematic review and meta-analyses.* Scandinavian journal of medicine & science in sports, 2019. 29 :(۱۰)p. 1453-1465.
18. Jurado-Lavanant, A., et al., *The effects of aquatic plyometric training on repeated jumps, drop jumps and muscle damage.* International journal of sports medicine, 2018. 39(10): p. 764-772.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

19. Whitehead, M.T., et al., *A comparison of the effects of short-term plyometric and resistance training on lower-body muscular performance.* The Journal of Strength & Conditioning Research, 2018. 32(10): p. 2743-2749.
20. Hinshaw, T.J., et al., *Effect of external loading on force and power production during plyometric push-ups.* The Journal of Strength & Conditioning Research, 2018. 32(4): p. 1099-1108.
21. Gelen, E., et al., *Acute effects of static stretching, dynamic exercises, and high volume upper extremity plyometric activity on tennis serve performance.* Journal of sports science & medicine, 2012. 11(4): p. 600.
22. Hayath, H. and G. Spargoli, *The immediate effects of different intensities of upper limb plyometric warm-up on bowling speed in cricketers. Preliminary Results.* Scienza Riabilitativa, 2016. 18(1): p. 16-23.
23. Kontou, E.I., et al., *Acute effect of upper and lower body postactivation exercises on shot put performance.* The Journal of Strength & Conditioning Research, 2018. 32(4): p. 970-982.
24. Vishen, P.K.S. and S. Sen, *Comparision of dynamic push-up training and plyometric push-up training on upper body performance test in cricket player.* Int J Phys Educ Sports Health, 2015. 2(1): p. 199-203.
25. Singla, D. and M.E. Hussain, *Adaptations of the Upper Body to Plyometric Training in Cricket Players of Different Age Groups.* Journal of sport rehabilitation, 2019. 29(6): p. 697-706.
26. Houston, M., et al., *Muscle performance, morphology and metabolic capacity during strength training and detraining: a one leg model.* European journal of applied physiology and occupational physiology, 1983. 51(1): p. 25-35.
27. Adamson, M., et al., *Unilateral arm strength training improves contralateral peak force and rate of force development.* European journal of applied physiology, 2008. 103(5): p .5593-559.
28. Madarame, H., et al., *Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction.* Medicine+ Science in Sports+ Exercise, 2008. 40(2): p. 258.
29. Hansen S, Kvorning T, Kjaer M, Sjøgaard G. The effect of short-term strength training on human skeletal muscle: the importance of physiologically elevated hormone levels. Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2001 Dec;11(6):347-54.
30. Wilkinson SB, Tarnopolsky MA, Grant EJ, Correia CE, Phillips SM. Hypertrophy with unilateral resistance exercise occurs without increases in endogenous anabolic hormone concentration. European journal of applied physiology. 2006 Dec;98(6):546-55.
31. Carroll TJ, Riek S, Carson RG. Neural adaptations to resistance training. Sports medicine. 2001 Oct;31(12):829-40.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

32. Myers, T., *Anatomy transmission Trains and force.* Fascia: The Tensional Network of the Human Body-E-Book: The science and clinical applications in manual and movement therapy, 2013: p. 131.
33. Jackson, A.S., M.L. Pollock, and L.R. Gettman, *Intertester reliability of selected skinfold and circumference measurements and percent fat estimates.* Research Quarterly. American Alliance for Health, Physical Education and Recreation, 1978. 49(4): p. 546-551.
34. Raeder, C., J. Fernandez-Fernandez, and A. Ferrauti, *Effects of six weeks of medicine ball training on throwing velocity, throwing precision, and isokinetic strength of shoulder rotators in female handball players.* The Journal of Strength & Conditioning Research, 2015. 29(7): p. 1904-1914.
35. Brzycki, M., *Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue.* Journal of physical education, recreation & dance, 1993. 64(1): p. 88-90.
36. Helms, E.R., et al., *RPE and velocity relationships for the back squat, bench press, and deadlift in powerlifters.* The Journal of Strength & Conditioning Research, 2017. 31(2): p. 292-297.
37. Mousavi, S.K., V. Onvani, and H. Sadeghi, *The effect of lower limb muscle fatigue on balance in elite young athletes.* Modern Rehabilitation, 2013. 7(2).
38. Otsuka, S., X. Shan, and Y. Kawakami, *Anisotropic elastic properties of the fascia lata during muscle contraction at different intensities-a shear wave elastography study.* Journal of Bodywork and Movement Therapies, 2018. 22(4): p. 859.
39. Wilke ,J., et al., *Is remote stretching based on myofascial chains as effective as local exercise? A randomised-controlled trial.* Journal of sports sciences, 2017. 35(20): p. 2021-2027.
40. Zribi, A., et al., *Short-term lower-body plyometric training improves whole-body BMC, bone metabolic markers, and physical fitness in early pubertal male basketball players.* Pediatric exercise science, 2014. 26(1): p. 22-32.
41. Carvalho, A., P. Mourão, and E. Abade, *Effects of strength training combined with specific plyometric exercises on body composition, vertical jump height and lower limb strength development in elite male handball players: a case study.* Journal of human kinetics, 2014. 41: p. 125.
42. Santos, E.J. and M.A. Janeira, *The effects of plyometric training followed by detraining and reduced training periods on explosive strength in adolescent male basketball players.* The Journal of Strength & Conditioning Research, 2011. 25(2): p. 441-452.
43. Hatami, H., A. Golestani, and M.A. Sardar, *The effect of 10-week plyometric training program on muscle strength of the upper and lower limbs, lean body mass, and Insulin-like growth factor 1 in young women.* The Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility, 2017. 20(10): p. 75-83.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

ارجاع‌دهی

ستوده سرخ‌آبادی حسن، محمدنیااحمدی محسن، یوسفی محمد، علیرضایی نقندر فاطمه. تأثیر تمرین پلایومتریک پایین‌تنه بر فعالیت الکتریکی عضلات بالاتنه و برخی پارامترهای آنتروپومتری و عملکردی در ورزشکاران جوان. مطالعات طب ورزشی. بهار ۱۴۰۱؛ ۱۴(۳۱)، ۹۸-۶۵. شناسهٔ دیجیتال: 10.22089/SMJ.2022.12665.1600

Sotudeh Sorkhabadi H, Mohammadnia Ahmadi M, Yousefi M, Alirezaei Noghondar F. The Effect of Lower-Body Plyometric Training on Upper-body Electromyography Activity and Some Anthropometric and Functional Parameters in Young Athletes. Sport Medicine Studies. Spring 2022; 14 (31): 65-98. (Persian). Doi: 10.22089/SMJ.2022.12665.1600

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License