



## تأثیر هشت هفته تمرین ترکیبی بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی (انعطاف‌پذیری، تعادل، توان و سرعت) پسران دو و میدانی کار اکتومورف و مزومورف

محمد رضا صادقخانی: دانشجوی دکتری بیومکانیک ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران  
**حیدر صادقی:** استاد بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران (\* نویسنده مسئول) sadeghih@khu.ac.ir  
**حسن متین همایی:** دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

### چکیده

#### کلیدواژه‌ها

تمرین پلايومتریک،  
تمرین مقاومتی متغیرهای  
منتخب بیومکانیکی،  
دو و میدانی

**زمینه و هدف:** رشته ورزشی دو و میدانی از جمله رشته‌های ورزشی پایه و پر مدال در مسابقات جهانی و المپیک می‌باشد و لازمه موفقیت در آن بهبود عملکرد ورزشکاران در سنین پایه می‌باشد و شناخت بهترین راهبردهای بهبود عملکرد و ارتقاء سطح آمادگی و چگونگی تأثیر انواع تمرینات بر این ویژگی‌ها در جهت ارائه برنامه‌های تمرینی مناسب از اهمیت و کاربرد خاصی برای مربیان و ورزشکاران برخوردار است. لذا هدف از پژوهش حاضر تأثیر هشت هفته تمرین ترکیبی بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی (انعطاف‌پذیری، تعادل، توان و سرعت) پسران دوومیدانی کار اکتومورف و مزومورف بود.

**روش کار:** روش پژوهش حاضر نیمه‌تجربی بوده و با طرح پیش‌آزمون، پس‌آزمون و گروه کنترل صورت گرفت. جامعه آماری پژوهش را نوجوانان ورزشکار ۱۲ تا ۱۷ ساله تشکیل دادند. نمونه پژوهش شامل ۳۰ نفر از نوجوانان اکتومورف در دو گروه کنترل و آزمایش (با میانگین سنی  $15/83 \pm 1/37$  و شاخص توده بدنی  $1/20 \pm 20/14$ ) و ۳۰ نوجوانان مزومورف در دو گروه کنترل و آزمایش (با میانگین سنی  $16/20 \pm 0/89$  و شاخص توده بدنی  $2/30 \pm 21/49$ ) بودند که در تمرینات نوجوانان دو و میدانی حضور داشتند. در این مطالعه برنامه تمرینی شامل ۸ هفته تمرین ترکیبی برای هر یک از گروه‌های تجربی بود که تمرینات ترکیبی را به مدت ۸ هفته و هر هفته سه جلسه انجام دادند. برای بررسی توان از آزمون سارجنت، برای بررسی سرعت از آزمون دوی سرعت ۳۰ متر، برای بررسی تعادل پویا از آزمون تعادل تست ستاره (SEBT)، برای ارزیابی انعطاف‌پذیری از آزمون تخته انعطاف‌پذیری استفاده شد. برای تحلیل داده‌ها در کنار آمار توصیفی (میانگین و انحراف معیار و ...) از آزمون آنالیز کوواریانس در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین ترکیبی (پلايومتریک و مقاومتی) بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی (انعطاف‌پذیری، تعادل، توان و سرعت) پسران دوومیدانی کار اکتومورف و مزومورف اثر معنی‌داری دارد. همچنین این تمرینات بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی پسران دوومیدانی کار اکتومورف اثر بیشتری نسبت به ورزشکاران مزومورف ایجاد می‌کند.  
**نتیجه‌گیری:** نتایج این پژوهش می‌تواند مورد توجه و استفاده مربیان در توسعه آمادگی ورزشکاران دوومیدانی و همچنین استعداد یابی ورزشی در رشته دو و میدانی قرار گیرد.

**تعارض منافع:** گزارش نشده است.

**منبع حمایت‌کننده:** دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی

### شیوه استناد به این مقاله:

Sadeghkhani MR, Sadeghi H, Matinhomae H. The Effect of Eight Weeks of Combined Training (Plyometric and Resistance) on Selected Biomechanical Variables (Flexibility, Balance, Power And Speed) of Ectomorphic and Mesomorphic Athletics Boys. Razi J Med Sci. 2023;29(10):126-139.

\*انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 3.0 صورت گرفته است.

## The Effect of Eight Weeks of Combined Training (Plyometric and Resistance) on Selected Biomechanical Variables (Flexibility, Balance, Power And Speed) of Ectomorphic and Mesomorphic Athletics Boys

**Mohammad Reza Sadeghkhan:** PhD student in Sports Biomechanics, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran

**Heidar Sadeghi :** Professor, Department of Sports Biomechanics, Kharazmi University, Tehran, Iran (\* Corresponding author) [sadeghih@khu.ac.ir](mailto:sadeghih@khu.ac.ir)

**Hassan Matinhomae:** Associate Professor of Sports Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

### Abstract

**Background & Aims:** Optimal performance of sports skills is due to the complex interaction of physiological, anthropometric, psychological and biomotor factors. The most important factors for success in various sports include bodybuilding, tactical, technical skills, mental abilities and athletes' experience (2). The performance of elite athletes who are active in various sports can be generally attributed to two factors: one is related to the level of training of these athletes and the adaptations made by them, and the other is related to genetic factors and the potential talents are the individual. Among these, their individual (genetic) characteristics can be partially identified by examining anthropometric characteristics and functional adaptations resulting from exercise using functional tests. Sports coaches, on the other hand, are always looking for ways to bring athletes to the highest levels of athletic performance(3). Sports experts and coaches have acknowledged that optimal performance depends on a number of factors, including physical, psychological, and skill factors. Anthropometric characteristics and physical condition, although they may be only part of the factors influencing sports activities, but it is important for coaches to identify these characteristics and be able to understand its value in their athletes (4). However, due to little research in the field of improving selected biomechanical variables in adolescent athletics and also the lack of research on the effect of physical characteristics on the effectiveness of training and the lack of research on combined training on performance and performance factors of adolescent athletes, conduct research The present is necessary and it is hoped that this research can take an effective and small step to reduce the research gaps in the field of athletics as an Olympic-oriented sport. Therefore, the present study seeks to answer the main question whether eight weeks of combined training (plyometric and resistance) have a significant effect on selected biomechanical variables (flexibility, balance, power and speed) of ectomorphic and mesomorphic runners?

**Methods:** The method of the present study was quasi-experimental and was done with pre-test, post-test and control group. The statistical population of the study consisted of adolescent athletes aged 12 to 17 years. The sample consisted of 15 ectomorphic adolescents, 15 mesomorphic adolescents and 15 adolescents as a control group who participated in the adolescent training of active teams in Tehran province leagues and were purposefully invited to participate as a statistical sample. In this study, the training program consisted of 8 weeks of specific training for each of the experimental groups that performed combined exercises for 8 weeks. The Sargent test was used to evaluate the power, the 30 m sprint test was used to evaluate the speed, the Star Test Equilibrium test (SEBT) was used to evaluate the dynamic balance, and the Flex board test was used to evaluate the flexibility. In this study, the training program included 8 weeks of specific training for each group as follows. The control group performed normal exercises with evidence, and the experimental groups performed selected plyometric or resistance exercises for 30 minutes, including 10 minutes of warm-up, and 20

### Keywords

Plyometric training,  
Resistance training of  
selected biomechanical  
variables,  
Athletics

Received: 05/11/2022

Published: 02/01/2023

minutes of special exercises. Also, the selected resistance training program was in three periods with 12 repetitions in each period, during which the subjects performed the mentioned exercises with 60% of maximum strength. To increase the speed or speed of movement, a training load with a weight of about 60-30 should be Percentage of the athlete's maximum strength. One minute between periods and two minutes between stations, active rest (flexibility and stretching movements) was considered and included the following movements: foot press, knee extension, knee flexion, lifting on the toe with weights, squats and lifting the pair was performed with weights (15). The subjects then performed plyometric exercises for 30 minutes. The selected plyometric exercise program was designed based on the principle of overload and each movement was performed in three fixed repetitive winds in each period in all weeks, between each stage. A minute of rest was considered. The exercises offered included speed jump with one and two legs, jumping from a squat position, bending the knee with a jump, jumping with the open leg forward, scissor jumping, and so on To analyze the data along with descriptive statistics (mean and standard deviation, etc.), regression test, and analysis of covariance and Bonferroni post hoc test in SPSS software version 24 were used.

**Results:** Covariance test showed that the value of F related to covariance in all four research variables was not statistically significant ( $P \leq 0.05$ ), on the other hand, the value of F related to the group in all four variables of research was statistically significant ( $P \geq 0.05$ ). That is, after removing the pre-test effect, there is a significant difference between the mean scores of the two groups in the post-test of selected biomechanical variables in the ectomorphic group, so eight weeks of combined training on selected biomechanical variables (flexibility, balance, power and speed) Ectomorphic work is impressive. The covariance test in Table 3 showed that the value of F related to covariance in all four research variables was not statistically significant ( $P \leq 0.05$ ), on the other hand, the value of F related to the group in all four variables of research was statistically significant ( $P \geq 0.05$ ). is significant. That is, after removing the pre-test effect, there is a significant difference between the mean scores of the two groups in the post-test of selected biomechanical variables in the ectomorphic group; Therefore, the null hypothesis that the mean difference between the two groups in the post-test is not significant is rejected after eliminating the possible effect of the pre-test. Therefore, eight weeks of combined training affects the selected biomechanical variables (flexibility, balance, power and speed) of Mesomorphic runners. By comparing the effect sizes (ETA coefficient) in both ectomorphic and mesomorphic hands, it is found that the ectomorphic measurements have better performance in all four biomechanical variables. The results of the present study showed that eight weeks of combined training (plyometric and resistance) had a significant effect on selected biomechanical variables (flexibility, balance, power and speed) of ectomorphic and mesomorphic athletics boys. These exercises also have a greater effect on selected biomechanical variables of ectomorphic boys than in mesomorphic athletes.

**Conclusion:** In this regard, it can be said that combined training improves muscle weakness and deficiency in ectomorphs in two ways, which first causes muscle hypertrophy through resistance training and as a result, plyometric training increases muscle well-being. However, mesomorphs have reached their optimal physical level due to adequate muscle volume and may require higher training volume and pressure to increase capabilities, so it can be concluded that the combination exercises used in the present study are suitable for ectomorphic individuals, but individuals Mesomorphs need more pressure and a higher volume of training to improve their physical performance, and this issue can be considered in the design of training and future research on this issue. Use combined exercises in athlete training programs.

**Conflicts of interest:** None

**Funding:** Islamic Azad University, Central Tehran Branch

#### Cite this article as:

Sadeghkhani MR, Sadeghi H, Matinhomae H. The Effect of Eight Weeks of Combined Training (Plyometric and Resistance) on Selected Biomechanical Variables (Flexibility, Balance, Power And Speed) of Ectomorphic and Mesomorphic Athletics Boys. Razi J Med Sci. 2023;29(10):126-139.

\*This work is published under CC BY-NC-SA 3.0 licence.

## مقدمه

اجرای بهینه و مطلوب مهارت‌های ورزشی، ناشی از تعامل پیچیده عوامل فیزیولوژیکی، آنتروپومتریکی، روان‌شناختی و زیست حرکتی با یکدیگر است (۱). مهم‌ترین عوامل برای موفقیت در ورزش‌های مختلف شامل بدن‌سازی، مهارت‌های تاکتیکی، تکنیکی، توانایی‌های روانی و تجربه ورزشکاران می‌باشند (۲،۳). عملکرد ورزشکاران نخبه‌ای که در رشته‌های ورزشی مختلف به فعالیت می‌پردازند را به‌طور کلی می‌توان ناشی از دو عامل دانست: یک عامل مربوط به سطح تمرین این ورزشکاران و سازگاری‌های صورت گرفته به واسطه آن‌ها بوده و دیگری مربوط به عوامل ژنتیک و استعدادهای بالقوه خود فرد می‌باشد. در این میان ویژگی‌های فردی (ژنتیکی) آنان را تا حدی می‌توان از طریق بررسی ویژگی‌های آنتروپومتریکی و سازگاری‌های عملکردی حاصل از تمرین را با استفاده از آزمون‌های عملکردی تشخیص داد. با توجه به پذیرش اصل تأثیر عوامل آنتروپومتری، بیومکانیکی و تیپ بدنی در بهینه کردن اجرای مهارت‌های ورزشی، محققان علوم ورزشی همواره در صدد شناسایی عوامل مذکور و به‌کارگیری آن در طراحی برنامه‌های تمرینی برای تأثیر پذیر کردن اجرای مهارت هستند. در بسیاری از تحقیقات دیده شده که ورزشکاران نخبه هر رشته ورزشی، خصوصیات آنتروپومتریکی و فیزیولوژیکی ویژه‌ای دارند (۴). آنتروپومتری به علم اندازه‌گیری نسبت‌ها و ترکیب بدن انسان گفته می‌شود (۴). دانشمندان آنتروپومتری را به‌عنوان نخستین مرحله ادراک و تجربه و تحلیل بیومکانیکی حرکات فیزیکی انسان به‌حساب می‌آورند (۵). از انواع طبقه‌بندی آنتروپومتری نیز می‌توان به طبقه‌بندی گروه‌ها بر اساس جنسیت، سن، نوع ترکیب بدنی (آندومورفی، مزومورفی و اکتومورفی) و نوع یا خاصی مانند ورزش خاص اشاره کرد. با این حال نتایج بررسی‌ها نشان داده که ویژگی‌های تیپ بدنی بر موفقیت و عملکرد ورزشکاران مؤثر است (۶). آکانر و همکاران در مطالعه فیزیک بدنی و عملکرد در رشته دوومیدانی بیان کردند ویژگی‌های فیزیکی یا مورفولوژیکی نقش بسیار مهمی در توفیق ورزشکاران دارد (۷). شفیق و جورج در ارزیابی ترکیب بدنی و ویژگی‌های پیکری مردان دوومیدانی کار در کشور هند

دریافتند دوندگان سرعت و نیمه استقامتی نوع پیکری اکتومورفیک مزومورفیک و دوندگان استقامت نوع پیکری مزومورفیک اکتومورفیک دارند، تیپ بدنی پرتاب‌کنندگان اکتومورفیک مزومورفیک بود و ورزشکاران رشته‌های پرشی دارای نوع پیکری مزومورف متعادل بودند. ترکیب اکتومورفیک به شکل واضح در دوندگان استقامت مشاهده شد. با این حال در دنیای ورزش و علم تمرین تلاش در جهت بهینه‌سازی شرایط تمرین و افزایش اثربخشی تمرینات به‌عنوان چالشی جدی و پایدار وجود داشته و دارد. باین حال ممکن است ویژگی‌های پیکری ورزشکاران بر اثربخشی تمرینات اثرگذار باشد (۸). در این راستا تمرینات پلايومتریکی (۹) و تمرینات مقاومتی (۱۰) از جمله برنامه‌های تمرین هستند که برای بهبود عملکرد جسمانی نوجوانان ورزشکار مورد توجه قرار گرفته است. تمرینات پلايومتریکی عبارت است از کشیدن سریع عضله (عمل اکسنتریک) و بلافاصله کوتاه شدن یا انقباض کانسنتریک همان عضله. ترکیب پیاپی اعمال اکسنتریک و کانسنتریک متداول ترین نوع عملکرد عضله را شکل می‌دهد که چرخه کشش کوتاه شدن (SSC) (Stretch-Shortening Cycle) نامیده می‌شود (۱۱). همچنین این تمرینات نوعی تمرینات عصبی-عضلانی می‌باشد که باعث افزایش توان انفجاری برای استفاده از توان حداکثر در حداقل زمان به کار می‌رود (۶).

تمرینات پلايومتریکی توانایی گروه‌های عضلانی در پاسخ سریع‌تر و قوی‌تر به تغییرات عضلانی افزایش می‌دهد. این تمرینات برای تولید واکنش انفجاری از بازتاب کششی استفاده می‌کند. در واقع این تمرین‌ها با تولید نیرو و شتاب زیاد در دامنه حرکتی برای بسیاری از حرکت‌های ورزشی مفید هستند (۱۳). این نوع تمرینات در خارج ساختن ورزشکار از حالت فلات فیزیولوژیکی استفاده می‌شوند (۱۴). علاوه بر آن تمرینات پلايومتریکی موجب انعطاف پذیری عضلانی شده و دامنه حرکتی مفاصل را افزایش می‌دهد (۱۵). همچنین امروزه اعتقاداتی مبنی بر محدودیت‌های جنسیت، سن، دوران بلوغ و عوامل دیگر بر نفی تمرینات پلايومتریکی منسوخ شده است (۱۶). ورزشکارانی که رشته‌های ورزشی آن‌ها دربرگیرنده یک نوع فعالیت واکنشی-انفجاری است یا بدن آن‌ها نیاز به سرعت

بهبود می‌یابد (۱۴).

درعین حال آلونسو (Alonso) و همکاران (۲۰۲۱) (۲۵)، استریکر (Stricker) و همکاران (۲۰۲۰) (۲۶)، داووز (Dowse) و همکاران (۲۰۲۰) (۲۴) و برنس (Branco) و همکاران (۲۰۲۰) (۲۷) تمرینات مقاومتی را بر بهبود آمادگی جسمانی و حرکتی نوجوانان اثربخش و مفید توصیف کردند. با این حال و به طور کلی از آنجایی که هدف ورزشکاران از شرکت در برنامه‌های تمرینی، بهبود عملکرد است، شناخت بهترین راهبردهای بهبود عملکرد و ارتقاء سطح آمادگی و چگونگی تأثیر انواع تمرینات بر این ویژگی‌ها در جهت ارائه برنامه‌های تمرینی مناسب از اهمیت و کاربرد خاصی برای مربیان و ورزشکاران برخوردار است.

با این حال و به طور کلی موفقیت در رقابت‌های ورزشی گوناگون، حاصل تعامل پیچیده عوامل فیزیولوژیکی، پیکری، روان‌شناختی و بیومکانیکی است. این عوامل در بیشتر مدل‌های موجود برای تجزیه و تحلیل اجرا در ورزش‌های گوناگون به کار گرفته می‌شود. لازمه و پیش شرط دستیابی به موفقیت‌های ورزشی، برخورداری از قابلیت‌های بدنی مثل ویژگی‌های پیکری، زیست‌حرکتی و بیومکانیکی معین است. شناخت ویژگی‌های پیکری در هر رشته ورزشی از عوامل تعیین‌کننده و مؤثر در اجرای ورزشکاران است. ارزیابی ویژگی‌های پیکری، سال‌هاست که در برنامه مربیان و ارزیابی تیم‌های ورزشی قرار گرفته است. از سوی دیگر، مربیان ورزشی همواره به دنبال یافتن راه‌هایی برای رساندن ورزشکاران به بالاترین سطوح عملکرد ورزشی هستند. متخصصان و مربیان ورزش این مسئله را پذیرفته‌اند که عملکرد مطلوب به عوامل متعددی از جمله عوامل جسمانی، روان‌شناختی و مهارتی بستگی دارد. خصوصیات آنترپومتریکی و وضعیت بدنی اگر چه ممکن است تنها بخشی از عوامل مؤثر در فعالیت‌های ورزشی باشند، اما برای مربیان مهم است تا این ویژگی‌ها را شناسایی کنند و قادر باشند ارزش آن را در ورزشکاران خود درک نمایند. با این حال و با توجه به پژوهش‌های اندک در حیطه بهبود متغیرهای منتخب بیومکانیکی در دو و میدانی کاران نوجوان و نیز عدم

بالایی در پایان حرکت دارد، می‌توانند از انجام این‌گونه تمرین‌ها سود زیادی ببرند (۱۷). با این حال پژوهشگران متعددی از تمرینات پلايومتریک در برنامه‌های تمرینی خود استفاده کرده و اظهار کردند که این تمرینات قابلیت‌های جسمانی ورزشکاران را افزایش می‌دهد (۹). در این راستا پانسار (Pancar) و همکاران (۲۰۲۱) (۱۱)، اراسلان (Eraslan) و همکاران (۲۰۲۱) (۱۲)، چورمنی (Chomani) و همکاران (۲۰۲۱) (۱۸)، ون دن (Van Den) و همکاران (۲۰۲۰) (۱۷)، بنکس (Banks) و همکاران (۲۰۲۰) (۱۹) و دلئوناردیس (De Leonardis) و همکاران (۲۰۲۰) (۲۰) از تمرینات پلايومتریک برای بهبود قابلیت‌های بیومکانیکی و حرکتی نوجوانان در رشته‌های مختلف استفاده کردند و این تمرینات را بر بهبود عملکرد جسمانی ورزشکاران نوجوان اثربخش عنوان کردند.

از سویی تمرینات مقاومتی در کاهش مقدار فعالیت عضلانی جهت بار داده‌شده مؤثر است، یعنی می‌توان گفت به متابولیک کمتری برای تولید نیرو نیاز است و همچنین وقتی واحدهای حرکتی قوی‌تر شوند، واحدهای حرکتی کمتری برای تولید نیروی معین و یا سرعت خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند و در نتیجه ذخیره واحد حرکتی در دسترس برای کارهای اضافی ایجاد می‌شود (۲۱) و این نوع تمرین، قدرت را از طریق سازگاری در هر دو سیستم‌های عضلانی و عصبی افزایش می‌دهد (۱۵).

هرچند که تمرینات مقاومتی به‌طور معمول برای دوندگان دوومیدانی به کار گرفته نمی‌شود و به نظر می‌رسد که بیشتر از ۵۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی در تمرینات قدرتی وارد نمی‌شود (۲۲) و بهبود حداکثر اکسیژن مصرفی از طریق این نوع تمرینات بعید باشد، ولی برخی شواهد نشان می‌دهد که افزودن تمرینات مقاومتی در برنامه تمرینی هوازی روی عملکرد ورزشکاران دوومیدانی تأثیر مثبتی دارد (۱۶). تحقیقات در این زمینه نشان داده است که به دنبال تمرینات مقاومتی، ویژگی‌های عصبی-عضلانی (۲۳) توان هوازی و بی‌هوازی (۲۴)، کارایی حرکتی، حداکثر سرعت و عملکرد دوی پنج هزار متر در دوندگان تمرین کرده

وجود پژوهشی در زمینه تأثیر ویژگی‌های پیکری بر اثربخشی تمرینات و خلأ انجام پژوهش در زمینه تمرینات ترکیبی بر فاکتورهای آمادگی و عملکردی دوومیدانی کاران نوجوان، انجام پژوهش حاضر ضروری می‌نماید و امید است انجام این پژوهش بتواند گام مؤثر و کوچکی در جهت کاهش خلأهای تحقیقاتی موجود در زمینه ورزش دوومیدانی به عنوان یک ورزش المپیکی مدار آور ایفا کند. از این رو تحقیق حاضر به دنبال رسیدن به پاسخ این سؤال اصلی است که آیا هشت هفته تمرین ترکیبی (پلايومتریک و مقاومتی) بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی (انعطاف پذیری، تعادل، توان و سرعت) پسران دوومیدانی کار اکتومورف و مزومورف اثر معنی‌داری دارد؟

### روش کار

روش پژوهش حاضر به دلیل عدم کنترل برخی متغیرهای مداخله‌گر نیمه‌تجربی بوده و با طرح پیش‌آزمون، پس‌آزمون و گروه کنترل صورت‌گرفت. برای انجام این پژوهش کد اخلاق از پژوهشگاه تربیت‌بدنی با کد IR.ssRc.Rec.1399.108 دریافت شد. جامعه آماری پژوهش را نوجوانان ورزشکار ۱۲ تا ۱۷ ساله تشکیل دادند. نمونه پژوهش شامل ۳۰ نفر از نوجوانان اکتومورف (در دو گروه آزمایش و کنترل) و ۳۰ نوجوانان مزومورف (در دو گروه آزمایش و کنترل) بودند. آن‌ها در دامنه سنی ۱۲ تا ۱۷ سال قرار داشتند و در تمرینات نوجوانان، به صورت هدف‌دار به عنوان نمونه آماری دعوت به همکاری شدند و اطلاعات مربوط به سوابق بیماری، مصرف دارو و سابقه مصرف مکمل آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. تمام افراد بر اساس پرسشنامه اطلاعات پزشکی از سلامت کامل برخوردار بوده و عارضه‌ی خاصی نداشتند. همه آزمودنی‌ها طی جلسه‌ای با پروتکل کار و اجرای صحیح حرکات آشنا شدند. در طول دوره تمرین، اصل اضافه بار و مقاومت فزاینده رعایت شد. گروه کنترل فقط در پیش‌آزمون و پس‌آزمون مورد ارزیابی قرار گرفتند و برنامه تمرینی خاصی برای آن‌ها در نظر گرفته نشد و از آن‌ها خواسته شد که مثل گذشته، به تمرینات معمول خود بپردازند. در این پژوهش جهت تعیین تیپ

بدنی نمونه‌ها و تفکیک آن‌ها از روش Health-Carter استفاده شد. این روش دربرگیرنده ۱۰ اندازه‌آنتروپومتریک (اطلاعات مربوط به قد، وزن، پهنای آرنج-استخوان بازو، پهنای زانو-استخوان ران، بیشترین محیط بازو، بیشترین محیط عضله ساق پا، چربی تحت کتفی، چربی فوق‌خاری، چربی سه سر بازویی و چربی داخلی ساق پا) است و برای هر فردی سه نمره مزومورفی، اکتومورفی و آندومورفی به دست می‌دهد و هر نمره‌ای که یک و نیم واحد بیشتر از نمرات دیگر باشد، به عنوان تیپ بدنی فرد در نظر گرفته می‌شود (۳). برنامه تمرینی در افراد مشارکت‌کننده: در این مطالعه برنامه تمرینی شامل ۸ هفته تمرین خاص برای هر یک از گروه‌ها به شرح زیر بود. گروه کنترل با گواه تمرینات عادی را انجام داد و گروه‌های تجربی تمرینات منتخب پلايومتریک یا مقاومتی را نیز به مدت ۳۰ دقیقه که شامل ۱۰ دقیقه صرف گرم کردن، ۲۰ دقیقه تمرینات ویژه انجام دادند. همچنین برنامه تمرین منتخب مقاومتی در سه دوره و با تعداد ۱۲ تکرار در هر دوره بود که طی آن آزمودنی‌ها تمرینات مذکور را با ۶۰٪ حداکثر قدرت انجام دادند، برای افزایش سرعت یا تندی حرکت باید بار تمرینی با مقدار وزنه حدود ۶۰-۳۰ درصد حداکثر قدرت ورزشکار باشد. بین دوره‌ها یک دقیقه و فواصل بین ایستگاه‌ها دو دقیقه استراحت فعال (نرمش و حرکات کششی) در نظر گرفته شده است و شامل حرکات ذیل بود: پرس پا، اکستنشن زانو، فلکشن زانو، بلند شدن روی پنجه پا با وزنه، اسکات و بلند شدن جفت پا با وزنه اجرا شد (۱۵) و آزمودنی‌ها بعد از آن به مدت ۳۰ دقیقه به تمرینات پلايومتریک پرداختند که برنامه تمرین منتخب پلايومتریک در یازده حرکت بر اساس اصل اضافه بار طراحی شد و هر حرکت در سه دوره باده تکرار ثابت در هر دوره در تمام هفته‌ها انجام گرفت، بین هر مرحله یک دقیقه استراحت در نظر گرفته شد. تمرینات ارائه شده شامل پرس سرعتی با یک و دو پا، پرس از وضعیت چمباتمه، جمع کردن زانو با پرس، پرس با پای باز به طرف جلو، پرس قیچی و ... بود (۲۸).

پس از ۸ هفته تمرین از هر سه گروه در زمینه توان،

صورت ستاره روی زمین رسم شدند و با زاویه ۴۵ درجه نسبت به یکدیگر قرار گرفتند. برای این آزمون و نیز برای نرمال کردن اطلاعات، طول واقعی پا یعنی از خار خاصه قدامی فوقانی تا قوزک داخلی پا، اندازه‌گیری شد؛ پس از توضیحات و تذکرات آزمونگر در خصوص نحوه اجرای آزمون، هر آزمودنی شش بار این آزمون را تمرین می‌کرد تا با روش اجرای آن آشنا شود، در ضمن قبل از شروع آزمون، پای برتر آزمودنی‌ها تعیین می‌شد تا در صورت برتری پای راست، آزمون در خلاف جهت عقربه‌های ساعت و در صورت برتری پای چپ، آزمون در جهت عقربه‌های ساعت انجام شود. نحوه شروع کار بدین صورت بود که آزمودنی در مرکز ستاره می‌ایستاد، روی پای برتر (تک پا) قرار می‌گرفت و با پای دیگر تا آنجا که خطا نکند، عمل دست‌یابی را انجام می‌داد. عدم حرکت پای اتکا از مرکز ستاره یعنی حفظ سطح اتکا حین دست‌یابی، روی پای غیربرتر که عمل دست‌یابی را انجام می‌دهد. هنگام تماس بخش دیستال با زمین، فرد نباید تکیه کند و نباید بیفتد و به عبارتی شخص بتواند تعادل خود را در هر نقطه‌ای از کوشش حفظ کند، عمل دست‌یابی را انجام دهد و دوباره به حالت طبیعی بازگردد، در غیر این صورت کوشش متوقف و مجدد تکرار می‌شد. فاصله محل پای آزاد تا مرکز ستاره، فاصله دست‌یابی است. هر آزمودنی، حرکت در هر یک از جهت‌ها را سه بار انجام می‌داد و در نهایت میانگین آن‌ها محاسبه و بر طول پا (بر حسب سانتی متر) تقسیم و سپس در عدد ۱۰۰ ضرب می‌شد تا فاصله دست‌یابی بر حسب درصدی از اندازه طول پا به دست آید؛ به طوری که میانگین هر جهت به صورت مجزا محاسبه و ثبت می‌شد. هدف از انجام عمل دست‌یابی در این آزمون، حفظ تعادل هنگام ایجاد حداکثر اختلال در موازنه بدن و توانایی برگشت به حالت تعادل بود (۲۴).

**آزمون تخته انعطاف‌پذیری:** نام دیگر آن نشست و رسیدن دست و انعطاف تنه و لگن است. در سال‌های اخیر محققان و متخصصان کالج آمریکایی پزشکی ورزشی (ACSM) این روش را بر اساس تفاوت‌های فردی در طول دست افراد را اصلاح کرد. به این منظور آزمودنی‌ها در حالت نشسته و در وضعیتی که تنه نسبت

سرعت، تعادل و انعطاف‌پذیری پس‌آزمون گرفته شد و نتایج حاصل در فرم مربوطه ثبت گردید. برای بررسی توان از آزمون سارجنت، برای بررسی سرعت از آزمون دوی سرعت ۳۰ متر، برای بررسی تعادل پویا از آزمون تعادل تست ستاره (SEBT)، برای ارزیابی انعطاف‌پذیری از آزمون تخته انعطاف‌پذیری استفاده شد. این آزمون‌ها، آزمودنی‌هایی استاندارد برای این گروه سنی محسوب می‌شود.

**آزمون توان سارجنت:** آزمودنی برای انجام آزمون بر روی کف پا می‌ایستد و تا آنجا که می‌تواند بدن خود را کشیده و با انگشت میانی علامتی بر روی دیوار می‌گذارد. سپس به حالت پرش در آمده و در یک وضعیت تعادلی مطلوب تا آنجا که توان دارد به سمت بالا پرش می‌کند و با دست کشیده دیوار را در بالاترین حد یا حداکثر ارتفاع دوباره با انگشتان دست خود لمس کرده و علامت دیگری بر بالای علامت نخست بر جای می‌گذارد. فاصله بین دو اثر انگشت رکورد او محسوب می‌شود. این آزمون سه بار تکرار شده و بهترین رکورد بدست آمده به حساب امتیاز فرد گذاشته می‌شود.

**آزمون دوی سرعت ۳۰ متر:** آزمون شامل دویدن ۳۰ متر و گذشتن از خط پایان با تمام سرعت همراه با زمان ثبت می‌باشد. آزمودنی باید قبل از آزمون بدن خود را کاملاً گرم کرده باشد. شروع آزمون باید از موقعیت ایستا باشد بطوریکه یک پا از پای دیگر جلوتر باشد (حالت استارت ایستاده) و دقت شود که هر دو پای آزمودنی در پشت خط باشد (و نه روی خط). آزمون گر باید با صدای سوت و اشاره دست فرمان شروع را صادر کند (موقعیت آزمون گر در خط پایان می‌باشد) و بلافاصله پس از عبور آزمودنی از خط پایان زمان را متوقف سازد. این آزمون را برای هر نفر دو بار اجرا می‌شود و بهترین رکورد ثبت می‌شود. زمان به صدم ثانیه بود و به صورت پس‌رونده می‌باشد یعنی هرچه زمان حرکت کمتر باشد، عملکرد بهتر بوده است.

**آزمون تعادل تست ستاره (Star excursion balance test) (SEBT):** برای اندازه‌گیری تعادل پویا از آزمون ستاره استفاده شد. در این آزمون هشت جهت به

به اندام تحتانی در و وضعیت عمود قرار دارد، ابتدا فاصله دستان کشیده شده در این حالت تا تخته مندرج اندازه گیری شده و سپس به آزمودنی اجازه داده می‌شود، بدون خم کردن زانوها تا جایی که می‌تواند به سمت پایین و جلو خم شود و با دو ثانیه مکث در لحظه اوج کشیدگی بدن و دستان فاصله بر روی تخته مندرج ثبت می‌شود. اختلاف این دو حالت به عنوان میزان انعطاف پذیری عضلات کمر و همسترینگ ثبت می‌شود.

برای تحلیل داده‌ها در کنار آمار توصیفی (میانگین و انحراف معیار و ...) از آزمون رگرسیون، آنالیز کوواریانس و آزمون تعقیبی بونفرونی در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ استفاده شد.

### یافته‌ها

در جدول ۱، مشخصات آزمودنی‌ها شامل سن و BMI به‌طور جداگانه در دو گروه اکتومورف و مزومورف ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود. دامنه سنی آزمودنی‌ها بین ۱۲ تا ۱۷ سال می‌باشد. میانگین سن آزمودنی‌ها در گروه اکتومورف در بازه‌ی  $1/37 \pm 15/83$  و BMI آن‌ها بین  $1/20 \pm 20/14$  و میانگین سن آزمودنی‌ها در گروه مزومورف  $0/89 \pm 16/20$  و BMI آن‌ها بین  $2/30 \pm 21/49$  گزارش شده است.

پیش از انجام آزمون‌های آماری مورد نظر برای نایل شدن به اهداف پژوهش، به غربالگری داده‌ها پرداخته شد. با بررسی نمودارهای شاخه و برگ برای هر مرحله از اندازه‌گیری در گروه‌های موجود در هر آزمایش، برخی از مسائلی که ممکن است در هنگام وارد کردن داده‌ها پیش آید، کنترل شد. سپس مسئله وجود داده‌های از دست رفته، مورد بررسی قرار گرفت. داده از دست رفته‌ای مشاهده نشد. از آزمون پرت بودن (Outlier) برای بررسی پرت بودن داده‌ها استفاده گردید. همچنین

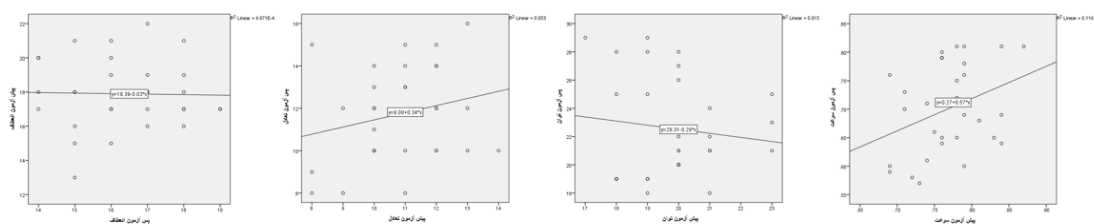
داده پرتی در این بررسی مشاهده نشد. برای تعیین طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیروولیک استفاده شد. نتایج این آزمون نشان داد توزیع تمام داده‌های مورد اندازه‌گیری، در متغیر وابسته به صورت طبیعی بوده است. از این رو از لحاظ توزیع داده‌ها، شرایط برای انجام آزمون‌های پارامتریک برقرار است.

قبل از تحلیل داده‌های مربوط به فرضیه‌ها، برای اطمینان از این که داده‌های این پژوهش مفروضه‌های زیربنایی تحلیل کوواریانس را برآورد می‌کنند، به بررسی آنها پرداخته شد. بدین منظور چهار مفروضه تحلیل کوواریانس شامل، خطی بودن، همخطی چندگانه، همگنی واریانس‌ها و همگنی شیب‌های رگرسیون مورد بررسی قرار گرفتند، که به ترتیب بیان می‌شوند.

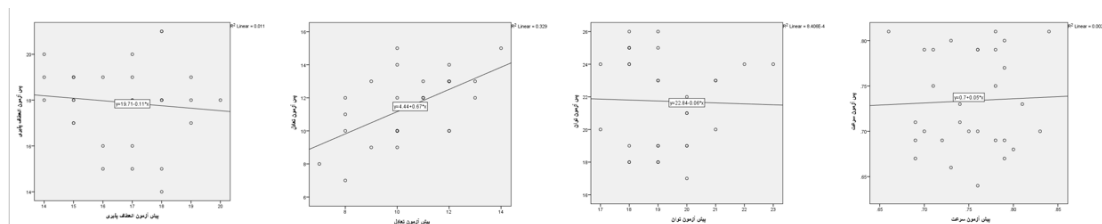
**خطی بودن:** شیوه‌ی بررسی خطی بودن رابطه بین متغیرهای وابسته و کمکی (کوواریته)، بررسی خطوط رگرسیون با استفاده از نمودار پراکنش می‌باشد. نمودار ۱ خط رگرسیون و پراکنش نمره‌های پیش آزمون و پس آزمون نمرات متغیرهای منتخب بیومکانیکی (انعطاف‌پذیری، تعادل، توان و سرعت) را نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود خط رگرسیون میان متغیر کمکی (پیش آزمون متغیرهای منتخب بیومکانیکی) و متغیر وابسته (پس آزمون متغیرهای منتخب بیومکانیکی) در دو گروه اکتومورف و مزومورف خطی و مثبت (به غیر از سرعت که منفی است) است. بنابراین، مفروضه خطی بودن رابطه بین پیش آزمون و پس آزمون متغیرهای منتخب بیومکانیکی با استفاده از نمودار پراکنش، تایید می‌شود. در این پژوهش قبل از تحلیل داده‌ها برای بررسی همگنی واریانس متغیرها، از آزمون لوین استفاده شد. نتایج

جدول ۱- مشخصات آنترپومتریکی گروه‌های مورد مطالعه

BMI (kg/m <sup>2</sup> )	سن (سال)	گروه تمرینی / متغیر
انحراف معیار $\pm$ میانگین	انحراف معیار $\pm$ میانگین	اکتومورف
$20/14 \pm 1/20$	$15/83 \pm 1/37$	
$21/49 \pm 2/30$	$16/20 \pm 0/89$	مزومورف



**نمودار ۱- خط رگرسیون و پراکنش نمره‌های پیش آزمون و پس آزمون متغیرهای منتخب بیومکانیکی (انعطاف‌پذیری، تعادل، توان و سرعت) در گروه اکتومورف**



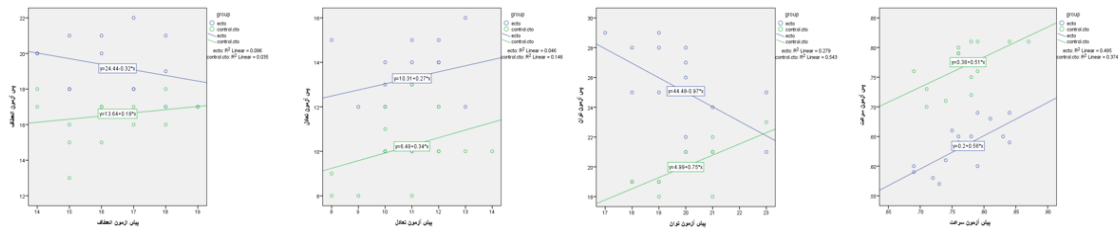
**نمودار ۲- خط رگرسیون و پراکنش نمره‌های پیش آزمون و پس آزمون نمرات متغیرهای منتخب بیومکانیکی (انعطاف‌پذیری، تعادل، توان و سرعت) در گروه مزومورف**

و گواه) تا حدودی تایید می‌شود. قبل از انجام آزمون کواریانس، باید شرط عدم تعامل میان متغیر مستقل و کواریانته (پیش آزمون) با متغیر پس‌آزمون بررسی شود. مقدار  $f$  تعامل میان گروه و پیش‌آزمون (کواریانته) با توجه به نمره پیش‌آزمون، بیشتر از  $1/721$  و سطح معنی‌داری بیشتر از  $0/098$  است که از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد. بنابراین، شرایط مطلوب یعنی توازی شیب‌های رگرسیون برای تحلیل کواریانس فراهم است.

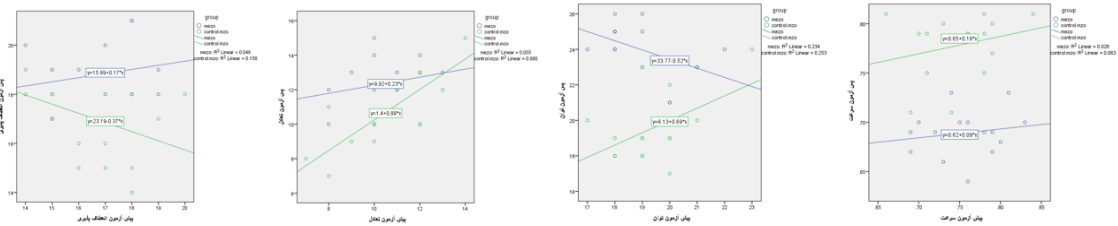
آزمون کواریانس در جدول ۲ نشان داد که مقدار  $F$  مربوط به کواریانته در هر چهار متغیر پژوهش از لحاظ آماری ( $P \geq 0/05$ ) معنی‌دار نیست، از سویی دیگر مقدار  $F$  مربوط به گروه در هر چهار متغیر پژوهش از لحاظ آماری ( $P \leq 0/05$ ) معنی‌دار می‌باشد. یعنی پس از خارج کردن تأثیر پیش‌آزمون، اختلاف معناداری بین میانگین نمرات دو گروه در پس‌آزمون متغیرهای منتخب بیومکانیکی در گروه اکتومورف وجود دارد؛ بنابراین فرضیه صفر مبنی بر معنادار نبودن اختلاف میانگین دو گروه در پس‌آزمون پس از حذف اثر احتمالی پیش‌آزمون رد می‌شود. بنابراین هشت هفته تمرین ترکیبی بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی (انعطاف‌پذیری،

نشان می‌دهند که آزمون لوین در متغیرهای منتخب بیومکانیکی، معنی‌دار نمی‌باشد ( $P \geq 0/05$ ). بنابراین، واریانس خطای پس‌آزمون دو گروه آزمایش و گواه در نمرات متغیرهای منتخب بیومکانیکی به طور معنی‌داری متفاوت نیستند و فرض همگنی واریانس‌ها تایید می‌شود. همچنین قبل از تحلیل داده‌ها برای بررسی همگنی شیب‌های رگرسیون باید میان متغیرهای کمکی (پیش‌آزمون) و وابسته (پس‌آزمون) در سطوح عامل (گروه‌های کنترل و آزمایش) برابری حاکم باشد. نمودار ۲ خطوط رگرسیون و پراکنش نمره‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون نمرات متغیرهای منتخب بیومکانیکی دو گروه اکتومورف و مزومورف در سطوح عامل (گروه‌های آزمایش و گواه) را نشان می‌دهد.

همان‌طور که در نمودار ۳ و ۴ مشاهده می‌شود خطوط رگرسیون میان متغیر کمکی (پیش‌آزمون) متغیرهای منتخب بیومکانیکی) و متغیر وابسته (پس‌آزمون متغیرهای منتخب بیومکانیکی) در سطوح عامل (گروه‌های آزمایش و گواه) در گروه‌های اکتومورف و مزومورف تقریباً برابری حاکم است. بنابراین، مفروضه همگنی رگرسیون در پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیرهای منتخب بیومکانیکی در سطوح عامل (گروه‌های آزمایش



**نمودار ۳-** خطوط رگرسیون و پراکنش نمره‌های پیش آزمون و پس آزمون متغیرهای منتخب بیومکانیکی (انعطاف پذیری، تعادل، توان و سرعت) در گروه اکتومورف در سطوح عامل (گروه‌های آزمایش و گواه)



**نمودار ۴-** خطوط رگرسیون و پراکنش نمره‌های پیش آزمون و پس آزمون متغیرهای منتخب بیومکانیکی (انعطاف پذیری، تعادل، توان و سرعت) در گروه مزومورف در سطوح عامل (گروه‌های آزمایش و گواه)

**جدول ۲-** نتایج آزمون کواریانس برای مقایسه گروه کنترل و آزمایش بر اساس نمره پس آزمون با کنترل نمرات پیش آزمون در گروه اکتومورف

ضریب اتا	سطح معنی داری	مقدار اف	مدل اصلاح شده	تفاوت پذیری
۰/۴۶۷	۰/۰۰۱	۱۱/۸۳۰	مدل اصلاح شده	تفاوت پذیری
۰/۵۸۳	۰/۰۰۱	۳۷/۷۲۱	جدا کردن	
۰/۰۰۵	۰/۷۱۰	۰/۱۴۱	پیش آزمون	
۰/۴۶۷	۰/۰۰۱	۲۳/۶۳۴	گروه	تعادل
۰/۵۱۷	۰/۰۰۱	۱۴/۴۶۵	مدل اصلاح شده	
۰/۳۵۹	۰/۰۰۱	۱۵/۱۱۶	جدا کردن	
۰/۰۸۸	۰/۱۱۸	۲/۶۰۷	پیش آزمون	توان
۰/۴۹۰	۰/۰۰۱	۲۵/۹۵۰	گروه	
۰/۵۷۸	۰/۰۰۱	۱۸/۴۵۵	مدل اصلاح شده	
۰/۴۴۹	۰/۰۰۱	۲۲/۰۳۶	جدا کردن	سرعت
۰/۰۲۶	۰/۴۰۴	۰/۷۱۹	پیش آزمون	
۰/۵۷۱	۰/۰۰۱	۳۵/۹۴۵	گروه	
۰/۸۶۵	۰/۰۰۱	۸۶/۴۰۲	مدل اصلاح شده	سرعت
۰/۳۷۵	۰/۰۰۱	۱۰/۲۴۵	جدا کردن	
۰/۰۵۴	۰/۰۵۹	۱/۷۲۵	پیش آزمون	
۰/۸۴۷	۰/۰۰۱	۱۴۹/۶۱۷	گروه	

کودن تأثیر پیش آزمون، اختلاف معناداری بین میانگین نمرات دو گروه در پس آزمون متغیرهای منتخب بیومکانیکی در گروه اکتومورف وجود دارد؛ بنابراین فرضیه صفر مبنی بر معنادار نبودن اختلاف میانگین دو گروه در پس آزمون پس از حذف اثر احتمالی پیش آزمون رد می شود. بنابراین هشت هفته تمرین ترکیبی بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی (انعطاف پذیری،

تعادل، توان و سرعت) پسران دوومیدانی کار اکتومورف تأثیرگذار است.

آزمون کواریانس در جدول ۳ نشان داد که مقدار F مربوط به کوواریانس در هر چهار متغیر پژوهش از لحاظ آماری ( $P \geq 0.05$ ) معنی دار نیست، از سویی دیگر مقدار F مربوط به گروه در هر چهار متغیر پژوهش از لحاظ آماری ( $P \leq 0.05$ ) معنی دار می باشد. یعنی پس از خارج

**جدول ۳-** نتایج آزمون کواریانس برای مقایسه گروه کنترل و آزمایش بر اساس نمره پس آزمون با کنترل نمرات پیش آزمون در گروه مزومورف

مقدار اف	سطح معنی داری	ضریب اتا		
۵/۶۹۲	۰/۰۰۹	۰/۲۹۷	مدل اصلاح شده	انعطاف پذیری
۵۲/۵۲۳	۰/۰۰۱	۰/۶۶۰	جدا کردن	
۰/۶۲۶	۰/۴۳۶	۰/۰۲۳	پیش آزمون	
۱۰/۹۵۰	۰/۰۰۳	۰/۲۸۹	گروه	تعادل
۱۳/۸۷۱	۰/۰۰۱	۰/۵۰۷	مدل اصلاح شده	
۷/۹۰۸	۰/۰۰۹	۰/۲۲۷	جدا کردن	
۱/۴۲۱	۰/۰۸۴	۰/۰۸۸	پیش آزمون	وزن
۹/۷۲۷	۰/۰۰۴	۰/۲۶۵	گروه	
۲۲/۳۱۰	۰/۰۰۱	۰/۶۲۳	مدل اصلاح شده	
۱۹/۱۷۱	۰/۰۰۱	۰/۴۱۵	جدا کردن	سرعت
۰/۱۵۳	۰/۶۹۹	۰/۰۰۶	پیش آزمون	
۴۴/۵۵۹	۰/۶۲۳	۰/۶۲۳	گروه	
۳۶/۱۵۵	۰/۰۰۱	۰/۷۲۸	مدل اصلاح شده	
۵۰/۱۹۰	۰/۰۰۱	۰/۶۵۰	جدا کردن	
۱/۳۳۰	۰/۲۵۹	۰/۰۴۷	پیش آزمون	
۷۲/۱۵۵	۰/۰۰۱	۰/۷۲۸	گروه	

(۲۰۲۰) (۲۷)، پانسار و همکاران (۲۰۲۱) (۱۱)، اراسلان و همکاران (۲۰۲۱) (۱۲)، چورمنی و همکاران (۲۰۲۱) (۱۸)، ون دن و همکاران (۲۰۲۰) (۱۹)، بنکس و همکاران (۲۰۲۰) (۱۹) و د لئوناردیس و همکاران (۲۰۲۰) (۲۰) همسو است.

در تبیین نتایج پژوهش می توان گفت در تمرینات مقاومتی، کشش عضله و تغییرات هورمونی، موجب فعال شدن مسیرهای آبخاری بیانژن ها و پروتئین سازی شده که علاوه بر تغییرات متابولیکی، موجب تغییرات ساختاری به ویژه در زنجیره سنگین میوزینی می شود. افزایش پروتئین های عضله، در نهایت سبب هایپر تروفیا افزایش اندازه و قطر تار می شود که آن نیز رابطه مستقیم با افزایش قدرت دارد (۳۱). عقیده بر این است که تجمع متابولیتها باعث ترشح GH از هیپوفیز در نتیجه افزایش رشد عضله می شود (۹). بر اساس برخی تحقیقات صورت پذیرفته، غلظت هورمون رشد، نوراپی نفرین و فاکتور رشد شبه انسولین (IGF-1) بعد از تمرینات مقاومتی افزایش می یابد. این مکانیسم هایپر تروفی ناشی از تمرینات مقاومتی را در تحقیقات ذکر شده توجیه می کند. هر چند، تفاوت هایی نیز در تحقیقات مختلف به چشم می خورد که می تواند مربوط به تعداد و

تعادل، توان و سرعت) پسران دوومیدانی کار مزومورف تأثیر گذار است.

با مقایسه بین اندازه های اثر (ضریب اتا) در هر دو دست اکتومورف و مزومورف، مشخص می شود که اندازه های ار دسته اکتومورف، عملکرد بهتری در هر چهار متغیر بیومکانیکی دارند.

### بحث

هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر هشت هفته تمرین ترکیبی (پلايومتریک و مقاومتی) بر متغیر های منتخب بیومکانیکی (انعطاف پذیری، تعادل، توان و سرعت) پسران دوومیدانی کار اکتومورفو مزومورف بود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین ترکیبی (پلايومتریک و مقاومتی) بر متغیر های منتخب بیومکانیکی (انعطاف پذیری، تعادل، توان و سرعت) پسران دوومیدانی کار اکتومورفو مزومورف اثر معنی داری دارد. برنامه تمرین ترکیبی در پژوهش حاضر از دو بخش تمرینات پلايومتریک و مقاومتی تشکیل شده بود و لذا نتایج پژوهش حاضر با نتایج آلونسو و همکاران (۲۰۲۱) (۲۵)، استریکر و همکاران (۲۰۲۰) (۲۶)، داووز و همکاران (۲۰۲۰) (۲۴) و برنس و همکاران

بیشتری نسبت به ورزشکاران مزومورف ایجاد می‌کند. در این راستا می‌توان گفت که مشخصه افراد اکتومورف حجم پایین عضله و چربی در بدن است. در این راستا تمرینات قدرتی موجود در برنامه ترکیبی حاضر سبب فعال شدن مسیرهای آبخاری بیانژن‌ها و پروتئین‌سازی شده که علاوه بر تغییرات متابولیکی، موجب تغییرات ساختاری به‌ویژه در زنجیره سنگین میوزینی می‌شود که با افزایش پروتئین‌های عضله، در نهایت سبب هایپر تروفیا افزایش اندازه و قطر تار می‌شود که آن نیز رابطه مستقیم با افزایش قدرت دارد (۹). همچنین تجمع متابولیتها باعث ترشح GH از هیپوفیزو در نتیجه افزایش رشد عضله می‌شود (۹). در این راستا هایپر تروفی عضله می‌تواند عملکرد عضلانی را در این افراد بهبود بخشد و زمینه بهبود عملکرد را پدید آورد. در عین حال تمرینات پلايومتریک با افزایش خاصیت الاستیکی عضلات و بهبود عملکرد عضله، باعث کاهش زمان رسیدن به حداکثر قدرت در زمان اجرا می‌شود و همچنین با درگیر کردن تارهای عضلانی بیشتر و فعال شدن دوک‌های عضلانی سازگاری‌های عصبی عضلانی بیشتری ایجاد می‌کند و در نهایت موجب آمادگی بیشتر دستگاه عصبی-عضلانی می‌شود (۲۰).

### نتیجه‌گیری

در این راستا می‌توان گفت که تمرینات ترکیبی به دو طریق ضعف و کمبود عضلانی در افراد اکتومورف را بهبود می‌دهد که ابتدا از طریق تمرینات مقاومتی باعث هایپر تروفی عضلانی شده و در نتیجه تمرینات پلايومتریک بهبود وری عضلانی را افزایش می‌دهد. این در حالی است که مزومورف به دلیل حجم عضلانی مناسب به سطح بهینه جسمانی خود دست یافته‌اند و ممکن است به حجم و فشار تمرینی بالاتری برای افزایش قابلیت‌ها نیازمند هستند و لذا می‌توان نتیجه گرفت که تمرینات ترکیبی مورد استفاده در پژوهش حاضر برای افراد اکتومورف مناسب باشد اما افراد مزومورف به فشار بیشتر و حجم تمرینی بالاتر نیاز دارند تا عملکرد جسمانی خویش را ارتقاء دهند و این مسئله در طراحی تمرین و پژوهش‌های آینده در رابطه با این

سن آزمودنی‌ها، جنسیت، نوع برنامه تمرینی شامل شدت و مدت تمرینات، تعداد و نوع حرکات انجام شده، فواصل استراحت و تعداد جلسات تمرین در هفته باشد (۱۰). همچنین افزایش تعادل در گروه‌های تمرینات مقاومتی می‌تواند به دلیل فعال‌سازی گیرنده‌های حسی عمقی، آماده‌سازی نرون‌های حرکتی در گروهی از عضلات و مفاصل برای انجام حرکت، افزایش هماهنگی و یکپارچگی واحدهای حرکتی، هم‌انقباضی عضلات همکار و افزایش بازدارندگی عضلات مخالف دانست. تمرینات مقاومتی روی تغییرات عصبی عضلانی ورزشکاران تأثیر می‌گذارد و موجب بهبود و توسعه هماهنگی عصبی عضلانی می‌شود. در تمرینات مقاومتی ورزشکار بیشتر به تعادل نیاز دارد و از یکپارچگی گیرنده‌های حسی عمقی و هماهنگی عضلات در فعالیت‌های هم‌انقباضی بهره می‌گیرد (۱۵). از بهبود متغیرهای منتخب بیومکانیکی در افراد نمونه می‌تواند به چند عامل وابسته به تمرینات پلايومتریک بستگی داشته باشد، مقداری از آن به افزایش قدرت بازکننده‌های ران، زانو و مچ پا از طریق افزایش تارچه‌های عضلانی، افزایش اندازه تارهای عضلانی و فراخوانی واحدهای حرکتی بیشتر در اثر تمرینات پلايومتریک مربوط می‌شود (۹). مقداری هم به نیروی انقباض درونگرا وابسته است، به طوری که در تمرینات پلايومتریک دونقطه انقباض برونگرا و درون‌گرای سریع وجود دارد (۱۱). در مرحله برون‌گرا که عضلات چهار سر ران و دوقلوبه سرعت دچار کشیدگی می‌شوند، اجزای الاستیک نیز تحت کشش قرار می‌گیرد. بنابراین قسمتی از نیرو به شکل انرژی پتانسیل الاستیک ذخیره می‌شود و در انقباض درون‌گرا این انرژی آزاد شده و سبب افزایش نیرو و افزایش سرعت حرکت می‌شود (۱۲). در نهایت هماهنگی عصبی عضلانی ناشی از تمرینات پلايومتریک نیز باعث بهبود قابلیت‌های جسمانی- حرکتی می‌شود (۱۷).

همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین ترکیبی (پلايومتریک و مقاومتی) بر متغیرهای منتخب بیومکانیکی (انعطاف پذیری، تعادل، توان و سرعت) پسران دوومیدانی کار اکتومورف اثر

resistance in Syrian male mice under lower extremity suspension conditions. *Ebnesina*. 2020;22(2):24-35.

11. Pancar Z. Effect of Short-Term Plyometric Exercises on Element Metabolism in Adolescents. *Gaziantep Universitesi Spor Bilimleri Dergisi*. 2021;5(4):566-572.

12. Eraslan L, Castelein B, Spanhove V, Orhan C, Duzgun I, Cools A. Effect of Plyometric Training on Sport Performance in Adolescent Overhead Athletes: A Systematic Review. *Sports Health*. 2021. ;13(1):37-44.

13. López-Segovia M, Andrés JMP, González-Badillo JJ. Effect of 4 months of training on aerobic power, strength, and acceleration in two under-19 soccer teams. *J Strength Cond Res*. 2010;24(10):2705-14.

14. Overend TJ, Paterson DH, Cunningham DA. The effect of interval and continuous training on the aerobic parameters. *Can J Sport Sci*. 1992;17(2):129-34.

15. Lee M, Timothy JC. Cross education: possible mechanisms for the contralateral effects of unilateral resistance training. *Sports Med*. 2007;37(1):1-14.

16. Creer AR, Ricard MD, Conlee RK, Hoyt GL, Parcell AC. Neural, metabolic, and performance adaptations to four weeks of high intensity sprint-interval training in trained cyclists. *Int J Sports Med*. 2004;25(2):92-8.

17. Van Den Tillaar R, Roaas TV, Oranchuk D. Comparison of effects of training order of explosive strength and plyometrics training on different physical abilities in adolescent handball players. *Biol Sport*. 2020;37(3):239.

18. Chomani SH, Dzai AM, Khoshnaw K, Joksimovic M, Lilic A, Mahmood A. Effect of Aquatic Plyometric Training on Motor Ability in Youth Football Players. *Health Sport Rehabil*. 2020;7(1):66-76.

19. Banks S. The effects of a 6-week plyometric exercise program on vertical jump height and perceived physical ability in adolescent female basketball players. *Sport Educ*. 2020;22(4): 89-102.

20. De Leonardis M, Greco G. Effects of a Plyometric Supplemental Training on Vertical Jump Height and Aesthetic Jumping Ability in Adolescent Female Dancers. *Eur J Physic Educ Sport Sci*. 2020;36(4):125-142

21. Ploutz LL, Tesch PA, Biro RL, Dudley GA. Effect of resistance training on muscle use during exercise. *J Appl Physiol*. 1994;76(4):1675-1681.

22. Jung AP. The impact of resistance training on distance running performance. *Sports Med*. 2003;33(7):539-52.

23. Endurance athletes: With special reference to explosive-strength training. Finland: University of

موضوع می‌تواند مورد توجه باشد. با این حال و به طور کلی بر اساس نتایج پژوهش حاضر به مربیان رشته‌های دوومیدانی پیشنهاد می‌شود تا از تمرینات ترکیبی در برنامه‌های آماده‌سازی ورزشکاران استفاده نمایند.

## تقدیر و تشکر

از کلیه مربیان، ورزشکاران و خانواده‌های محترم افراد شرکت‌کننده در پژوهش تشکر کرده و کمال قدردانی را داریم.

## References

1. Jafari A, Aghalinezhad H, Moradi M, Gharakhanluo R. Describe and relation determination between anthropometric and physiologic parameters with success in taekwondo athletes Olympic. *J Sport Excer Physiol*. 2002(14):7-16. (Persian)
2. Bridge CA, da Silva Santos JF, Chaabene H, Pieter W, Franchini E. Physical and physiological profiles of taekwondo athletes. *Sports Med*. 2014;44(6):713-33. 3.
3. Sadowski J, Gierczuk D, Miller J, Cieśliński I, Buszta M. Success factors in male WTF taekwondo juniors. *J Combat Sports Martial Arts*. 2012;1:47-51.
4. Mortazavi S, Sadeghi H, Kamkari K. The relationship between anthropometric characteristics, body composition and body type of elite female gymnasts and specified – event performance. *Modern Olympic*. 2014;1(1):15. (Persian)
5. Marković G, Mišigoj-Duraković M, Trninić S. Fitness profile of elite Croatian female taekwondo athletes. *Coll Antropol*. 2005;29(1):93-9. (Persian)
6. Zhihong HBG. A statistical analysis on the technique and tactic of 2008 National Taekwondo Championship Tournament and Olympics trials. *J Anhui Sports Sci*. 2009; 3:31-5.
7. O'Connor H, Olds T, Maughan RJ. Physique and performance for track and field events. *J Sports Sci*. 2007;25(S1):49-60
8. Raphael V. Evaluation of Body Composition and Somatotype Characteristics of Male. *J Experim Sci*. 2010;1(11).
9. Falch, H, N, Rædergård HG, van den Tillaar R. Association of strength and plyometric exercises with change of direction performances. *Plos One*. 2020;15(9):e0238580.
10. Goli Z, Sharifi G. Comparison of the effects of eight weeks of resistance training and ginseng supplementation on growth hormone and insulin

Jyväskylä; 1999

24. Marciniak EJ, Potts J, Schlabach G, Will S, Dawson P, Hurley BF. Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1991;23(6):739-43.

25. Alonso-Aubin DA, Chulvi-Medrano I, Cortell-Tormo JM, Picón-Martínez M, Rebullido TR, Faigenbaum AD. Squat and bench press force-velocity profiling in male and female adolescent rugby players. *J Strength Cond Res.* 2021;35:S44-S50.

26. Stricker PR, Faigenbaum AD, McCambridge TM. Resistance training for children and adolescents. *Pediatrics.* 2020;145(6).

27. Branco BHM, Carvalho IZ, de Oliveira HG, Fanhani AP, Dos Santos MCM, de Oliveira LP, et al. Effects of 2 types of resistance training models on obese adolescents' body composition, cardiometabolic risk, and physical fitness. *The J Strength Cond Res.* 2020;34(9):2672-2682.

28. Amin Ahmadi R, Haghghi A, Hamedinia M. Effect of plyometric and sprint interval training programs on performance and some factors of physical fitness of teenager soccer players. *J A Exercise Ph.* 2017;13(25):197-210. (Persian)

29. Dowse RA, McGuigan MR, Harrison C. Effects of a resistance training intervention on strength, power, and performance in adolescent dancers. *J Strength Cond Res.* 2020;34(12):3446-3453.

30. Carter JEL and Heath BH. Somatotyping: Developments and applications. Cambridge: CUP.1990.