Volume 3, Number 2, Winter 2025
45-55

DOI: 10.22034/mmbj.2024.62143.1097

Investigation of linear and non-linear training on range of motion of wrist, elbow and shoulder and accuracy of throwing in basketball free shot

Naghme Asadi[1], Shahab Parvinpour[*2], Marziye Balali[3], Zahra Entezari Khorasani[4]

1- PHD student, Department of physical education and sport science, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Assistant Professor Faculty of Physical Education and sport Sciences in Kharazmi University, Tehran, Iran. shahabpr@gmail.com
3, 4- Assistant Professor, Department of physical education and sport science,, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received Date: 2024 June 18 **Review Date**: 2024 July 28 **Accepted Date**: 2024 September 8 **Published Date**: 2025 March 11

Abstract

New learning methods have facilitated and accelerated the learning education process. The purpose of this study is to investigate the kinematic range of motion of the joints in the execution of the basketball free shot in a linear and non-linear way. The research method of the present study is practical and semi-experimental and the data were collected in the field. The samples were divided into 3 groups of linear training, differential training and training with the manipulation of task constraints, and they practiced basketball free throw in 8 sessions. The data were collected kinematically through the pre-test and post-test by the Noraxon motion measurement device (IMU sensors) from the upper body organs and the accuracy scores were recorded. In order to analyze the data, the analysis of variance test with repeated measurements (2*3) and the dependent t-test were used to compare the RMSe scores. The results showed that the range of motion of the wrist and elbow joints decreased in all groups and no significant difference was found between the groups (P≤ .01); but, the accuracy scores in the non-linear group improved significantly. Therefore, due to the relative superiority of non-linear methods, these methods are recommended to active trainers in this field for teaching movement skills.

Keywords: Educational strategies, Degrees of freedom, Movement learning, Coordination dynamics.

OPEN ACCESS
Copyright ©The authors

Publisher: University of Tabriz

Extend abstract:

Introduction: studies indicate that new learning methods (such as differential training methods and constraint-led approach) facilitate and accelerate the learning process by involving the learner more. These training methods are designed based on Newell's constraints and encourage the learner to explore different movement solutions by manipulating task constraints and individual constraints. Variety in the execution of exercises and the so-called "repetition without repetition" by variability in training and creating fluctuations in training also leads to a reduction's injury. The main idea in constraint-led approach is the manipulation of task constraints and in the differential training method, the manipulation of individual constraints. These methods facilitate the coordination problem without direct training, only with the help of greater variability and functionality, and also through pairing between movement phases in different training situations. Therefore, new methods of physical education, known as nonlinear methods, help the learner to provide more motor experiences by providing diverse training methods in the training process and expand the motor repertoire by increasing the possible methods of execution for the learner; as a result, the created conditions can provide better execution from the learner. The main question, however, is which of these types of methods is more functional and has the best results for children. For this purpose, this study investigated the kinematics of the range of motion of the joints in the execution of the basketball free throw through linear and nonlinear methods.

Methodology: The research method of the present study was applied and semi-experimental and the data were collected in the field. The sample studied was 45 boys aged 9-10 years old who were randomly selected from the available. The samples were divided into three groups: linear training, differential training, and training with task constraints manipulation, and practiced basketball free throws in 8 sessions. The data were kinematically measured by the Noraxon motion measurement device (IMU sensors) from the upper body, including the head, neck, shoulder, elbow, wrist, and waist, through pre-test and post-test, and accuracy scores were recorded. In order to analyze the data, the analysis of variance with repeated measures (3*2) and the dependent t-test were used to compare the RMSe scores. Then, in order to determine the position and reduce the error, calibration was performed and 10 basketball free throws were performed in succession and the results were recorded. In the pre-test, no specific instructions were given to the children, only a demonstration of movement and throwing was performed, and the students were asked to throw the ball towards the basket as shown in the pattern. Also, the basketball free throw accuracy test used a modified version of the Eifert (1976) throwing test. Scoring in this test was as follows: if the thrown ball hits the backboard and ring but does not score, 1 point, if a goal is scored, 2 points, and otherwise, zero points are recorded. 8 intervention sessions were conducted in 4 weeks as 40-minute sessions in three training groups. After the sessions were completed, the post-test was conducted again with the Noraxon motion measurement device (IMU sensors) in the form of 10 basketball free throw attempts, and the throws were scored quantitatively and with a 5-value Likert score. Finally, data analysis was performed in the MATLAB and SPSS programs.

Findings: The results of the repeated measures analysis of variance test show that none of the main effects of test sessions, the main effect of group, and the interaction effect of test sessions and group are significant ($P \leq 0.01$). Therefore, it is clear that none of the task constraint manipulation training methods, differential training, and linear training have a significant effect on the wrist joint range of motion in basketball free throw performance in boys aged 9-11 years. These results showed that despite the significant difference between the pre-test and post-test scores, no significant difference was observed

OPEN ACCESS
Copyright ©The authors
Publisher: University of Tabriz

between the research groups. The use of the task constraint manipulation training methods, differential training, and linear training did not cause any change in the wrist joint range of motion in basketball free throw performance in boys aged 9-11 years. Also, the results of the dependent t-test showed that there was a significant difference between the scores obtained in the two test stages in the two groups of task constraint manipulation and differential training, and the basketball free throw accuracy scores in the post-test stage increased compared to the pre-test, meaning that the throwing accuracy in these groups improved significantly. However, in the linear training group, no significant difference was found between the basketball free throw accuracy scores in the pre-test and post-test stages, and the use of the linear training method had no effect on the basketball free throw accuracy.

Discussion and Conclusion: This study showed that nonlinear methods were more effective than linear methods in achieving better results in accuracy scores in a short period of time for children; however, none of the methods used in this study had a significant effect on the range of motion of the joints involved in throwing. Apparently, in 8 weeks of training, the children were in the freezing stage as a result of the training and had not yet reached the release stage of the degrees of freedom; In fact, they tried to make the performances similar by freezing. These results indicate that the short period of 8 weeks was too short for the children, who were all beginners and had no previous experience, and they did not reach the stage of joint release and benefited from freezing the joints to achieve greater success. These results emphasize the dynamic systems theory and ecological approach in improving accuracy scores. It is suggested that instructors should make greater use of nonlinear methods and manipulation of task and individual constraints in their training, and these new training exercises can be useful for beginners as well as skilled individuals in achieving better results. Given the relative superiority of nonlinear methods, these methods are recommended for instructors active in this field for teaching motor skills.

Copyright ©The authors
Publisher: University of Tabriz

سال سوم، شماره‌ی ۲
زمستان ۱۴۰۳، صفحات ۴۵-۵۵

DOI: 10.22034/mmbj.2024.62143.1097

بررسی روش‌های آموزش خطی و غیرخطی بر دامنه حرکتی مچ، آرنج، شانه و دقت پرتاب آزاد بسکتبال

نغمه اسدی [۱]، شهاب پروین‌پور*[۲]، مرضیه بلالی[۳]، زهرا انتظاری خراسانی[۴]

۱- دانشجوی دکترای تخصصی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. shahabpr@gmail.com

۳، ۴- استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۹ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۳/۰۵/۰۷ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۳/۰۶/۱۸ **تاریخ آنلاین:** ۱۴۰۳/۱۲/۲۱

چکیده

روش‌های نوین یادگیری موجب تسهیل و تسریع فرآیند آموزش شده‌اند. هدف از این مطالعه بررسی کینماتیکی دامنه حرکتی مفاصل در اجرای پرتاب آزاد بسکتبال از طریق روش خطی و غیرخطی است. روش تحقیق مطالعه حاضر کاربردی و نیمه تجربی بوده و داده‌ها به صورت میدانی جمع‌آوری شدند. نمونه مورد بررسی ۴۵ نفر از پسران ۹-۱۰ ساله بودند که به صورت تصادفی در دسترس انتخاب شدند. نمونه‌ها در۳ گروه آموزش خطی، آموزش افتراقی و آموزش با دستکاری قیود تکلیف تقسیم شدند و پرتاب آزاد بسکتبال را در ۸ جلسه تمرین کردند. داده‌ها از طریق پیش‌آزمون و پس‌آزمون به صورت کینماتیکی توسط دستگاه سنجش حرکتی نوراکسون (سنسورهای IMU) از اندام‌های بالاتنه جمع‌آوری و نمرات دقت ثبت شدند. به منظور تحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (۳*۲) و آزمون t وابسته برای مقایسه نمرات RMSe استفاده شد. نتایج نشان داد که دامنه حرکتی مفاصل مچ و آرنج در تمام گروه‌ها کاهش یافت و تفاوت معناداری بین گروه‌ها یافت نشد ($P\leq .01$)؛ اما نمرات دقت در گروه غیرخطی به خصوص گروه دستکاری قیود تکلیف به طور معنی‌داری بهبود یافت. بنابراین با توجه به برتری نسبی روش‌های غیر خطی، این روش‌ها جهت آموزش مهارت‌های حرکتی به مربیان فعال در این حوزه توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: راهبردهای آموزشی، درجات آزادی، یادگیری حرکتی، پویایی‌های هماهنگی.

OPEN ACCESS
Copyright ©The authors Publisher: University of Tabriz

مقدمه

رویکردهای اکتساب مهارت به طور گسترده به دو دسته تقسیم می‌شوند؛ گروهی به دست آوردن تکنیک مطلوب را در نظر می‌گیرند (مانند نظریه اشمیت و فیتز و پوزنر) و گروهی به ارتقای خودتنظیمی می‌پردازند که به وسیله طراحی فعالیت‌های تمرینی مربی، برای اکتشاف راه‌حل‌های حرکتی متفاوت، تسهیل می‌شوند (مانند روش‌های آموزش افتراقی و آموزش قیود محور). این روش‌ها یادگیرنده را به اکتشاف راه‌حل‌های حرکتی مختلف در طی تمرین تشویق می‌کنند و به منظور ارتقای یک الگوی هماهنگ و فردی‌سازی تمرین، طراحی شده‌اند(Gray, 2020). در "آموزش افتراقی[1]" (Schöllhorn, 2012) بیشتر تاکید بر قیود فردی (برای مثال؛ با دست بسته شیرجه زدن) است که سیستم کنترلی را برای شرایط متفاوت و جدید آماده می‌کند تا بتواند به صورت خودسازمان شرایط جدید و اختلالات وارده بر رفتارحرکتی انسان را کنترل و درجات آزادی زیادی که در اثر پیچیدگی مهارت ایجاد شده است را هماهنگ کند. در واقع تکلیف به شکل‌های مختلف و از طریق "تکرار بدون تکرار[2]" انجام می‌شود یا به عبارتی"هیچ‌وقت یک کار درست با ترتیب درست تمرین نمی‌شود"(Schollhorn et al., 2006). از همین رو، یادگیرنده روش مطلوب انجام مهارت خاص را کشف و در موقعیت‌های مختلف، از طریق تغییرپذیری حرکتی و نوسانات ایجاد شده در تکلیف، با هدف مطلوب تطبیق می‌دهد (Fuchs et al., 2020). در این آموزش تمرینات شلوغ[3] با تنوع کیفیتی و کمیتی زیادی وجود دارد؛ اما در "آموزش قیودمحور[4]" محیط بیشتر بر اساس دستکاری قیود تکلیف، طراحی می‌شود. یادگیرنده‌ها برای یادگیری نحوه‌ی تعاملشان با محیط‌های پیچیده، حرکات را با قیود متغیر تکلیف تطبیق می‌دهند. به طور کلی در آموزش قیودمحور هدف اصلی ایجاد تطبیق‌پذیری از طریق دیجنریسی (ساختارهای هماهنگ زیادی که برای رسیدن به عملکرد واحد ایجاد می‌شوند) است که یادگیرنده را تشویق می‌کند تا یک مجموعه از راه‌حل‌های هماهنگی متفاوت را برای یک تکلیف جدید ارتقا دهد و برای موقعیت‌های تکلیفی مختلف قابل استفاده باشد (Chow et al., 2015).

مطالعات نشان داده‌اند که مسئله هماهنگی با توسعه دادن تغییرپذیری کارکردی و جفت شدن بین فازهای حرکت می‌تواند با تغییرپذیری بیشتر در موقعیت‌های تمرینی تسهیل شود. در اجرای یک پرتاب آزاد بسکتبال، تغییرپذیری در واقع به عنوان یک عمل جبرانی برای تنظیم خطای تکنیکی است؛ در نتیجه تغییرپذیری بیشتر در الگوی حرکت، کارکردی بوده و برای رسیدن به نتایج یکسان‌تر در اجرای حرکت مفید خواهد بود (Wulf & Su, 2007). از این رو روش‌های جدید آموزش در تربیت‌بدنی که به عنوان روش‌های غیرخطی شناخته می‌شوند، به یادگیرنده کمک می‌کنند تا با ارائه دادن روش‌های تمرینی متنوع در روند تمرین، تجارب حرکتی بیشتری را فراهم کنند و موجب گسترده‌تر شدن خزانه حرکتی از طریق افزایش روش‌های ممکن در اجرا برای یادگیرنده ایجاد شود؛ در نتیجه شرایط یادداری و رقابتی ایجاد شده می‌تواند اجرای بهتری را از یادگیرنده ارائه دهد (Wulf & Su, 2007). این روش‌های آموزشی نه تنها در مهارت‌های حرکتی پیچیده بلکه در مهارت‌های حرکتی ساده نیز می‌توانند یادگیری حرکتی را ارتقا دهند (James, 2014). همچنین محققان مدعی هستند که روش‌های نوین یادگیری نه تنها منجر به افزایش سرعت اکتساب

1. Differential Learning
2. Repetition Without Repetition
3. Noisy
4. Constraint led approach

Copyright ©The authors Publisher: University of Tabriz

مهارت می‌شوند، بلکه باعث افزایش سرعت یادگیری نیز می‌شوند (Renshaw et al., 2016; Savelsbergh et al., 2010). مطالعاتی که در مقایسه بین روش‌های خطی و غیرخطی پرداخته‌اند نشان می‌دهند که در مقایسه بین سه روش آموزشی خطی، دستکاری قیود تکلیف و افتراقی، در یادگیری ضربه بیسبال، آموزش به روش دستکاری قیود تکلیف کارآمدترین روش آموزشی در اکتساب الگوی مطلوب و خودسازمانی است (Gray, 2020). به نظر می‌رسد که روش دستکاری قیود تکلیف بر اساس تغییر ادراک فراهم‌سازها به عنوان روشی باشد که اکتشاف را در فضای ادراکی حرکتی در یادگیری تکلیف ارتقا می‌دهد (Pacheco et al., 2019). همچنین مطالعه دیگری که روش خطی و غیرخطی را در ضربه فورهند تنیس بررسی کردند نشان داده شد که دیجنریسی برای یادگیری یک مهارت از طریق روش غیرخطی تسهیل می‌شود (Lee et al., 2014). در بررسی آموزش خطی و غیرخطی در عملکرد مهارت‌های دستکاری کودکان، نتایج نشان داد که پداگوژی غیرخطی در محیط داینامیک سطوح بالاتری از عملکرد را در مهارت‌های دستکاری نشان می‌دهد (Ghorbani Marzoni et al., 2021). ظاهرا آموزش غیرخطی نسبت به روش‌های سنتی موثرتر است اما تحقیقات در این زمینه کم بوده و نیاز به بررسی مطالعات بیشتر در این زمینه احساس می‌شود.

از طرفی در بازی بسکتبال، پرتاب آزاد یکی از تکنیک‌های ساده و امتیازآور است که به طور قابل توجهی در نتایج بازی تاثیر دارد. در عملکرد پرتاب آزاد بسکتبال، مکانیک حرکت و هماهنگی نقش کلیدی دارند (Verhoeven & Newell, 2016). در ابتدای اکتساب مهارت که هماهنگی هنوز شکل نگرفته است و حرکت خشک است، دامنه حرکتی مفاصل کم بوده و سیستم قابلیت استفاده کارکردی از درجات آزادی را ندارد؛ به همین منظور درجات آزادی را در حالت فریز قرار می‌دهد و به مرور زمان در نتیجه آموزش و اکتساب مهارت، هماهنگی‌های لازم شکل می‌گیرند و این اجازه را به سیستم عصبی می‌دهد که به صورت کارکردی از درجات آزادی برای تنظیم حرکت استفاده کند و در نتیجه دامنه حرکتی مفاصل به طور کارکردی تغییر پیدا می‌کند (Davids et al., 2008). در واقع سیستم با ایجاد همکوشی‌های عضلانی بر مشکل تعدد درجات آزادی غلبه می‌کند و از آن به عنوان فرصتی برای انعطاف پذیری بیشتر برای سازگاری الگوهای حرکتی با محیط پویا فراهم می‌کند (Davids et al., 2008). سوالی که در اینجا مطرح می‌شود این است که آیا ایجاد هماهنگی بر دامنه حرکتی مفاصل درگیر در پرتاب آزاد بسکتبال تاثیر دارد؟ آیا بین روش‌های آموزشی تفاوتی در نتیجه آموزش دیده می‌شود؟ از آنجایی که به طور اختصاصی مطالعه‌ای دامنه‌ی حرکتی مفصل مچ، آرنج و شانه را در پرتاب آزاد بسکتبال در مقایسه روش‌های خطی، دستکاری قیود تکلیف و افتراقی در کودکان بررسی نکرده است؛ به همین منظور مطالعه حاضر به بررسی کیفی و کمی این روش‌های آموزشی بر دامنه حرکتی مفاصل مچ، آرنج و شانه در پرتاب آزاد بسکتبال پرداخته است.

روش پژوهش

روش تحقیق مطالعه حاضر کاربردی و از نوع نیمه تجربی بوده و داده‌ها به صورت میدانی جمع‌آوری شدند. شرکت‌کنندگان پژوهش حاضر پسران ۹- ۱۰ ساله مدارس ابتدایی شهر کرمان بودند که بر اساس پیشینه پژوهشی، ٤٥ نفر به صورت تصادفی و دردسترس از یکی از مدارس ابتدایی دوره اول انتخاب شدند. معیار ورود به پژوهش سلامت کامل دانش‌آموزان و نداشتن بیماری زمینه‌ای خاص و معیار خروج از پژوهش حداکثر ۲ جلسه غیبت در اجرای مداخله بود. در ابتدا رضایت‌نامه‌ای از والدین دانش‌آموزان گرفته شد. سپس بعد از اندازه‌گیری قد دانش‌آموزان و کالیبره کردن سیستم، پیش‌آزمون به صورت ۱۰ پرتاب آزاد بسکتبال انجام شد. پرتاب

Copyright ©The authors Publisher: University of Tabriz

آزاد به وسیله پژوهشگر به دانش‌آموزان نشان داده شد و از آن‌ها خواسته شد تا از پشت منطقه پنالتی مانند پژوهشگر، توپ را وارد سبد کنند. بعد از اجرای ۱۰ پرتاب آزاد توسط هر دانش‌آموز، نمرات دقت مربوطه ثبت شده و داده‌های کینماتیکی نیز توسط سنسورهای IMU[1] جمع‌آوری شدند. در ادامه دانش‌آموزان به صورت تصادفی به سه گروه آموزشی خطی، افتراقی و دستکاری قیود تکلیف تقسیم شدند. جلسات مداخله به صورت ۲ جلسه در هفته و به مدت یک ماه انجام گرفت و دانش‌آموزان به سه روش افتراقی و قیودمحور و روش سنتی در گروه‌های مربوطه به تمرین پرتاب آزاد بسکتبال پرداختند. در نهایت ۲۸ نفر در پس‌آزمون وارد شده و پس‌آزمون همانند پیش‌آزمون مجددا اجرا شد و داده‌های مربوط به نمرات دقت به همراه داده‌های کینماتیکی ثبت گردید.

تکلیف پرتاب آزاد در تمرینات خطی به صورت نمایش الگو و به روش دستوری با ارائه بازخورد دامنه‌ای داده شد، به این صورت که به کوشش‌هایی که در دامنه صحیح بودند، بازخورد داده نشد و تنها به کوشش‌هایی که خارج از دامنه بودند بازخورد داده شد. ابتدا حرکت به صورت کلی نمایش داده شد و سپس آموزش تکلیف به صورت جز به جز انجام شد که در ٤ جلسه تمرینی الگو به صورت کامل ارائه شد و در ادامه دانش‌آموازن به تمرین تکنیک پرداختند. آموزش به صورت معلم محور و دستوری انجام گرفت. در آموزش قیودمحور، با تنوع دادن به قیود حرکتی، یادگیرنده به کشف راه‌حل ادراکی–حرکتی بهتر از طریق تسهیل‌سازی یادگیری مهارت حرکتی برای اجرای پرتاب آزاد بسکتبال تشویق شد. در این مطالعه سایز و جنس متفاوت توپ، تغییر ارتفاع حلقه، تغییر فاصله تا حلقه و استفاده از اهداف مختلف به جای تخته و حلقه به عنوان قیود تکلیف استفاده شدند. در روش آموزش افتراقی نیز تمرینات با هدف کشف راه‌حل حرکتی بهتر از طریق جستجوی راه‌حل‌های متفاوت حرکتی با دستکاری قیود فردی ارائه شد. در این مطالعه از دست برتر و غیربرتر، پرتاب در حالت‌های مختلف وضعیت پا، باز و بسته بودن چشم، تغییر سطح اتکا و تغییر در موقعیت قرارگیری بدن هنگام پرتاب برای ایجاد اختلال در اجرای حرکت استفاده شد.

به منظور ثبت داده‌های کینماتیکی در ابتدا قد دانش‌آموزان اندازه‌گیری شد و سنسورهای IMU به اندام‌های بالاتنه دانش‌آموزان، شامل سر، گردن، شانه، آرنج، مچ دست و کمر متصل شدند. سپس به منظور تعیین موقعیت و کم کردن خطا، کالیبراسیون انجام شده و ۱۰ پرتاب آزاد بسکتبال پشت سر هم اجرا شده و نتایج ثبت شدند. ارتفاع تخته حلقه برای کودکان از سطح زمین ۲,٦ متر، فاصله از خط پنالتی با تخته ٤ متر و توپ سایز ۵ استفاده شد. در پیش آزمون دستورالعمل خاصی به اجرای کودکان داده نشد فقط به صورت نمایش حرکت، نمایش پرتاب اجرا شد و از دانش‌آموزان خواسته شد که توپ را مانند الگوی ارائه شده به سمت سبد پرتاب کنند.

سیستم سنجش حرکتی بی‌سیم، بدون نیاز به دوربین و مبتنی بر واحدهای IMU بوده و این امکان را فراهم می‌کند که خارج از محیط آزمایشگاه و در موقعیت‌های میدانی معیارهایی مانند سرعت، سرعت زاویه‌ای، شتاب خطی و موقعیت اندام‌ها سنجیده شود. این ابزار به صورت سنسورهای پوشیدنی است که با چسب‌های مخصوص به اندام‌ها متصل می‌شوند و اسکلت بدن انسان روی نرم‌افزار نمایش داده می‌شود و اطلاعات مربوطه ثبت می‌گردند. دلیل اصلی استفاده از این سنسورها در این مطالعه کاهش دادن تاثیر محیط آزمایشگاهی بر عملکرد کودکان و تسریع در فرآیند جمع‌آوری داده‌ها بود. برای سنجش تغییرپذیری هماهنگی درون عضوی بین مفاصل از روش محاسبه ریشه میانگین مجذور خطا RMSe استفاده شد. از روش محاسبه noRMS برای کمی کردن اطلاعات نمودار زاویه -زاویه و بررسی هماهنگی حرکتی استفاده

1. Inertial movement units

Copyright ©The authors Publisher: University of Tabriz

شده است. به این منظور از فرمول مولینیوکس (۲۰۰۱) که شکل اصلاح شده فرمول سایداوی (۱۹۹۵) است استفاده شد.

$$NoRMS = 100 * \frac{\sum_{j=1}^{k} \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(\bar{x}_A - x_{Ai}\right)^2 + \left(\bar{x}_B - x_{Bi}\right)^2} \Big/ n_j}{R}$$

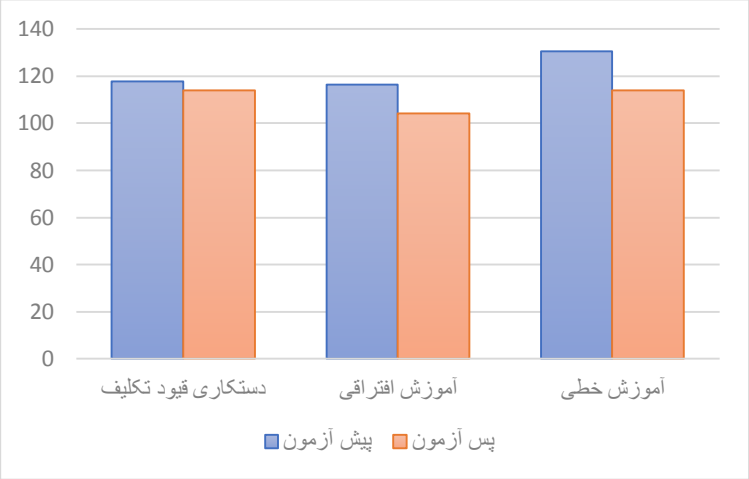
فرمول مولینیوکس(۲۰۰۱) به منظور محاسبه noRMS

همچنین آزمون دقت پرتاب آزاد بسکتبال از شکل تعدیل شده آزمون پرتاب ایفرد(۱۹۷۶) استفاده شد. امتیازدهی در این آزمون به این صورت بود که اگر توپ پرتاب شده به تخته و حلقه برخورد کند اما گل نشود، ۱امتیاز و در صورت گل شدن ۲ امتیاز و در غیر این صورت صفر امتیاز ثبت می‌شود. ۸ جلسه مداخله در ٤ هفته به صورت جلسات ٤٠ دقیقه‌ای در سه گروه تمرینی انجام شد. بعد از اتمام جلسات مجددا پس آزمون با دستگاه سنجش حرکتی نوراکسون (سنسورهای I MJ) به صورت ۱۰ کوشش پرتاب آزاد بسکتبال انجام شد و پرتاب‌ها به صورت کمی و با نمره‌گذاری ۵ ارزشی لیکرت، نمره گذاری شدند. در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها از طریق آزمون تحلیل واریانس مکرر (۳*۲) و آزمون t وابسته برای مقایسه روش‌های آموزشی در گروه‌ها، در برنامه متلب و SPSS انجام شد.

یافته‌ها

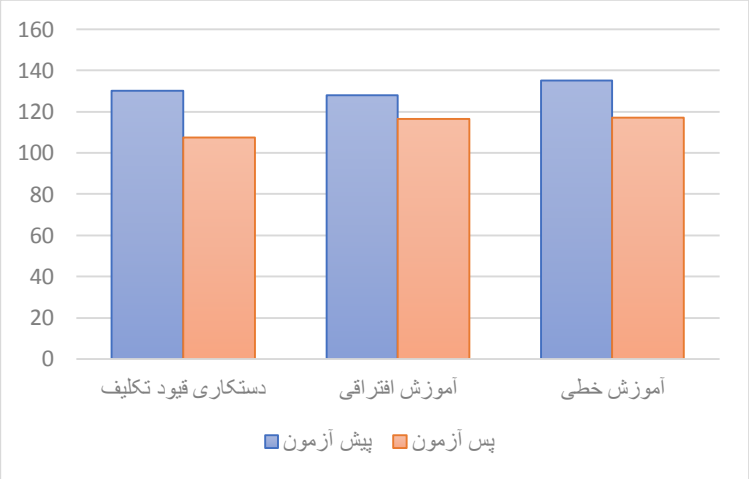
نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان می‌دهد که هیچ یک از اثر اصلی جلسات آزمون (. =P ,۳.۹۰ =$F_{۱,۲۴}$ ۰۰٦/۰ $\eta^{۲}$= ۰.۱۴۰)، اثر اصلی گروه (۰.۱۳۷ =$\eta^{۲}$,.۱۷۰ =P ,۱.۹۱۳ =$F_{۲,۲۴}$) و اثر تعاملی جلسات آزمون و گروه (=P ,۰.۵۰۶ =$F_{۲,۲۴}$ ۰.۰۴۰ =$\eta^{۲}$,۶۰۹.) معنی‌دار نیست. بنابراین مشخص است که هیچ یک از روش‌های آموزش دستکاری قیود تکلیف، آموزش افتراقی و آموزش خطی بر دامنه حرکتی مفصل مچ دست در اجرای پرتاب آزاد بسکتبال پسران ۱۱-۹ سال تاثیر معنی‌داری ندارد. این نتایج نشان داد که استفاده از روش‌های آموزشی دستکاری قیود تکلیف، آموزش افتراقی و آموزش خطی تغییری در دامنه حرکتی مفصل مچ دست پرتاب آزاد بسکتبال در پسران ۱۱-۹ سال به وجود نیاورد. نمرات ثبت شده برای دامنه حرکتی مچ دست پرتاب در نمودار ۱ نمایش داده شده است.

Copyright ©The authors



نمودار ۱. نمرات دامنه حرکتی مچ دست پرتاب در دو مرحله پیش آزمون و پس آزمون

نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان می‌دهد که اگرچه اثر اصلی جلسات آزمون ($F_{1,24}$= ۱۹.۸۵, P= ۰۰۰۲۶/۰ η^2= ۰.۴۵۳) معنی‌دار است؛ اما اثر اصلی گروه ($F_{2,24}$= ۱.۴۳۴, P= .۲۵۸, η^2= ۰.۱۰۷) و اثر تعاملی جلسات آزمون و گروه ($F_{2,24}$= ۰.۷۱۸, P= .۴۹۸, η^2= ۰.۰۵۶) معنی‌دار نیست. این نتایج نشان می‌دهد که علیرغم اینکه به طور کلی بین نمرات پیش آزمون و پس‌آزمون تفاوت معنی‌داری وجود دارد اما بین هیچ یک از گروه‌ها تفاوت معنی‌دار نیست. مرور نمرات نشان می‌دهد که در مرحله پس آزمون میانگین دامنه حرکتی مفصل آرنج هر سه گروه نسبت به پیش‌آزمون کاهش یافته است، اما تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های تحقیق یافت نشد. نمرات ثبت شده برای دامنه حرکتی مفصل آرنج در نمودار ۲ نمایش داده شده است.

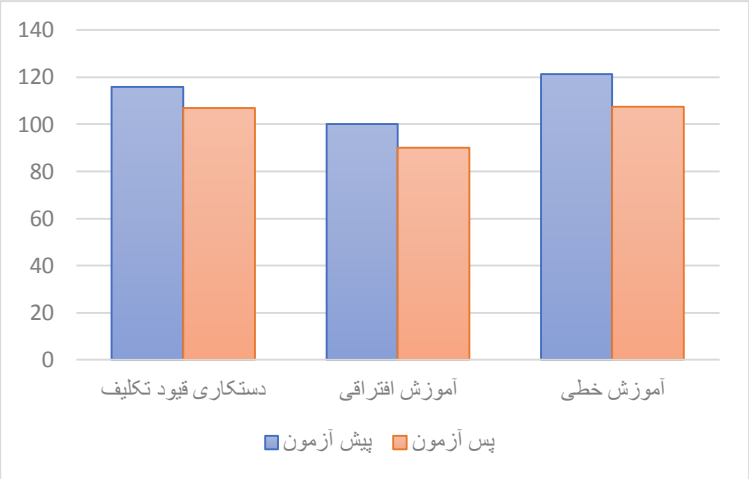


نمودار ۲. نمرات دامنه حرکتی مفصل آرنج دست پرتاب در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون

نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان می‌دهد که اگرچه اثر اصلی جلسات آزمون ($F_{1,24}$= ۵.۵۲, P= 00059/0 η^2= ۰.۱۸۷) معنی‌دار است؛ اما اثر اصلی گروه ($F_{2,24}$= ۲.۴۶, P= .۱۰۷, η^2= ۰.۱۷۰) و اثر تعاملی جلسات آزمون و گروه ($F_{2,24}$= ۰.۱۰۶, P= .۹۰۰, η^2= ۰.۰۰۹) معنی‌دار نیست. این نتایج نشان می‌دهد که علیرغم اینکه به طور کلی بین نمرات پیش آزمون و پس آزمون تفاوت معنی‌داری وجود دارد اما بین هیچ یک از گروه‌ها تفاوت معنی‌دار نیست. مرور نمرات نشان می‌دهد

Copyright ©The authors

که در مرحله پس آزمون میانگین کلی دامنه حرکتی مفصل شانه هر سه گروه نسبت به پیش آزمون کاهش یافته است، اما تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های تحقیق یافت نشد. نمرات ثبت شده برای دامنه حرکتی مفصل شانه در نمودار ۳ نمایش داده شده است.

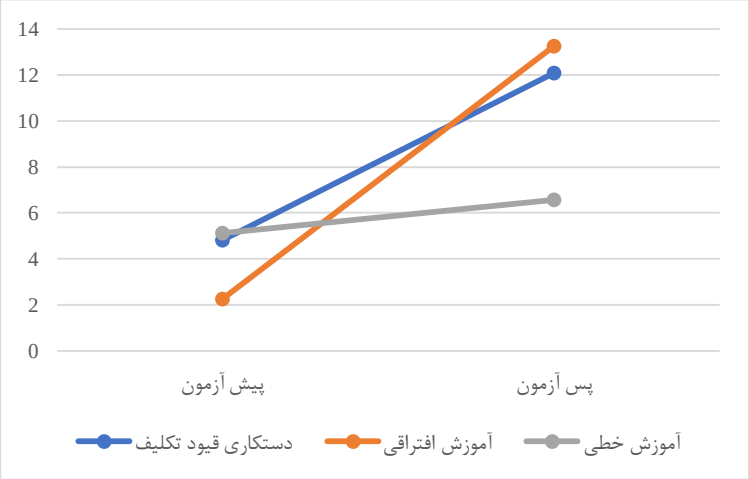


نمودار۳. نمرات دامنه حرکتی مفصل شانه دست پرتاب در دو مرحله پیش آزمون و پس آزمون

نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان می‌دهد که اگرچه اثر اصلی جلسات آزمون ($F_{1,24}$= ۴۳.۹۳, P= ۰۰۰۷۱/۰ η^2= ۰.۶۴۶) و اثر تعاملی جلسات آزمون و گروه ($F_{2,24}$= ۷.۵۱, P≤ ۰۱. , η^2= ۰.۳۸۵) معنی‌دار است، اما اثر اصلی گروه ($F_{2,24}$= ۱.۲۵, P= .۳۰۴, η^2= ۰.۰۹۵) معنی‌داری نیست. این نتایج نشان می‌دهد که علرغم اینکه بین نمرات پیش آزمون و پس آزمون تفاوت معنی‌داری وجود دارد اما بین گروه‌های تحقیق هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. باتوجه به معنی‌داری اثرات اصلی مراحل آزمون و اثر تعاملی مراحل آزمون و گروه به منظور تعیین محل اختلافات از آزمون t وابسته استفاده شد.

همانطور که در نمودار ٤ مشخص است، نتایج آزمون t وابسته نشان داد که بین نمرات کسب شده در دو مرحله آزمون در دو گروه دستکاری قیود تکلیف و آموزش افتراقی تفاوت معنی‌داری وجود دارد و نمرات دقت پرتاب آزاد بسکتبال در مرحله پس آزمون نسبت به پیش آزمون افزایش یافته است، به این معنی که دقت پرتاب در این گروه‌ها به‌طور معنی‌داری بهبود یافته است (۰۰۰۴۵/۰P=). اما در گروه آموزش خطی تفاوت معنی‌داری بین نمرات دقت پرتاب آزاد بسکتبال در دو مرحله پیش آزمون و پس آزمون یافت نشد و استفاده از روش آموزش خطی تاثیری بر دقت پرتاب آزاد بسکتبال نداشت (P=۰/۵۳۸).

Copyright ©The authors



نمودار ٤. نمرات دقت پرتاب در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون برای گروه‌های تحقیق

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر حاکی از آن است که علیرغم وجود تفاوت معنی‌دار بین نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون در دامنه حرکتی مفاصل، اما بین هیچ یک از گروه‌های آموزشی تفاوت معنی‌دار نبود. مرور نمرات نشان می‌دهد که در مرحله پس‌آزمون میانگین کلی دامنه حرکتی مفصل شانه و آرنج و مچ در هر سه گروه نسبت به پیش آزمون کاهش یافته است، اما تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های تحقیق یافت نشد. همچنین نتایج آزمون t وابسته مربوط به نمرات دقت نشان داد که بین نمرات کسب شده در دو مرحله آزمون در دو گروه دستکاری قیود تکلیف و آموزش افتراقی تفاوت معنی‌داری وجود دارد و نمرات دقت پرتاب آزاد بسکتبال افزایش یافته است. به این معنی که دقت پرتاب در این گروه‌ها به خصوص در گروه دستکاری قیود تکلیف به‌طور معنی‌داری بهبود پیدا کرده است ($P\leq$ ۰.۰۰۱). اما در گروه آموزش خطی تفاوت معنی‌داری بین نمرات دقت پرتاب آزاد بسکتبال در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون یافت نشد و استفاده از روش آموزش خطی تاثیری بر دقت پرتاب آزاد بسکتبال در ۸ جلسه تمرینی نداشت (P=۰/۵۳۸). این مطالعه با مطالعات دیگری که به مقایسه روش‌های خطی و غیرخطی پرداختند مطابقت دارد (Gray, 2020; Lee et al., 2014; Savelsbergh et al., 2010; Schöllhorn, 2012; Schöllhorn, 2000; Schöllhorn & Newell, 2017). ظاهرا روش‌های غیرخطی با دستکاری شرایط تمرینی به اکتشاف بهتر محیط تمرینی منجر می‌شود و درنتیجه این موضوع باعث بهبود معنی‌دار نمرات دقت پرتاب در روش غیرخطی شده است. بر اساس مطالعه حاضر می‌توان ادعا کرد که روش‌های آموزش غیرخطی در کوتاه مدت نیز نسبت به روش‌خطی می‌توانند موجب تسریع اکتساب مهارت شوند. ماهیت ساختاری این تمرینات، یادگیرنده را به سمت جستجوی راه‌حل بهتر سوق می‌دهد و موجب تاثیر به سزایی در یادگیری، در کوتاه مدت نیز می‌شود. به نظر می‌رسد که این روش درجات اکتشاف را در فضای ادراکی حرکتی بیشتر ارتقا می‌دهد و منجر به بهره بردن کارکردی بیشتر درجات آزادی می‌شود. در مقابل تمرینات سنتی به علت تکرار یک روش آموزشی و تاکید بر یک الگوی حرکتی ممکن است که باعث لذت کمتر و درنتیجه مشارکت کمتر در فعالیت بدنی شود، در نتیجه فرصت‌های کمتری نیز برای کسب تجربه و اکتساب مهارت فراهم می‌گردد. در مطالعه همسو دیگری که بر روی آموزش خطی و غیرخطی ضربه فورهند تنیس انجام شد، نتایج حاکی از آن بود که دیجنریسی برای یادگیری یک مهارت حرکتی از طریق روش غیرخطی تسهیل می‌شود؛ ظاهرا روش غیرخطی تغییرپذیری حرکتی کارکردی را در رشد یک الگوی هماهنگی ارتقا می‌دهد و یادگیرنده را به الگوهای حرکتی متفاوت

Copyright ©The authors

و تطبیق با دستورالعمل‌های هماهنگی برای رسیدن به نتایج کارکردی سوق می‌دهد (Lee et al., 2014). بر اساس مطالعات برنشتاین (۱۹٦۷) یادگیرنده ارتباط کارکردی بین مفاصل را به عنوان ساختارهای هماهنگ ایجاد می‌کند تا بین بخش‌های زیادی که در سیستم حرکتی انسان وجود دارد ارتباط برقرار شود؛ این ساختارهای هماهنگ انعطاف‌پذیر بوده و با بخش‌های مختلف در موقعیت‌های خاص تکلیفی تطبیق پیدا می‌کنند. در نتیجه ظاهرا روش‌های اکتشافی می‌توانند عملکرد کارکردی بهتری داشته باشند و ساختارهای هماهنگی تطبیقی منعطف را ایجاد کرده‌اند.

بر اساس نتایج به دست آمده از این مطالعه روش‌های خطی و غیرخطی تاثیر معناداری بر دامنه حرکتی مفاصل مچ، آرنج و شانه نداشتند اما در هر سه روش آموزشی خطی و قیود تکلیف و افتراقی با پیشرفت فرآیند اکتساب مهارت دامنه حرکتی مفاصل کاهش پیدا کرده است. مطالعات مشابهی که در زمینه دامنه حرکتی در اثر اکتساب مهارت پرداختند، نشان متناقض با مطالعه حاضر، نشان داده‌اند که دامنه حرکتی مفاصل در ضربه پرتاب فوتبال در اثر اکتساب مهارت افزایش می‌یابد (Anderson & Sidaway, 1994). همچنین در حرکت بر روی شبیه‌ساز اسکی، نتایج نشان دادند که در اثر تمرین، دامنه حرکتی مفاصل افزایش یافته و بهبود دامنه حرکتی نشان دهنده تاثیرات سریع یادگیری بر روی هماهنگی حرکتی است (Vereijken et al., 1992). همچنین در بررسی پرتاب‌های موفق بسکتبال، زاویه رهاسازی بیشتر و سرعت کمتر در زمان پرتاب منجر به موفق شدن پرتاب می‌شود (Okazaki et al., 2015)؛ فلکشن بیشتر شانه و باز شدن بیشتر آرنج در هنگام پرتاب، نتایج بهتر را در پی دارد. ظاهرا بر اساس نوع تکلیف در نتیجه اکتساب مهارت تغییراتی در دامنه حرکتی ایجاد می‌شود و تغییرات در جهت بهبود عملکرد و رسیدن به نتیجه مطلوب است. نتایج مطالعه حاضر متناقض با این یافته‌ها بوده و در اثر اکتساب مهارت دامنه حرکتی در هر سه گروه تمرینی کاهش پیدا کرده است. بر اساس نظریه سیستم‌های پویا ظاهرا کم شدن دامنه حرکتی مفاصل مچ، آرنج و شانه در اجرای پرتاب آزاد بسکتبال کارکردی بوده و دلیل تناقض در نتایج مربوط به الگوی حرکتی اجرای پرتاب آزاد بسکتبال است. ظاهرا در ۸ هفته تمرینی، کودکان در اثر آموزش در مرحله فریز کردن قرار گرفته‌اند و هنوز به مرحله رهاسازی درجات آزادی نرسیده‌اند؛ درواقع با فریز کردن سعی در همسانی اجراها داشته‌اند. این نتایج حاکی از آن است که دوره کوتاه‌مدت ۸ هفته‌ای در کودکان، که همگی مبتدی بوده‌اند و پیشینه قبلی نداشتند، زمان کوتاهی بوده است و آن‌ها به مرحله آزادسازی مفاصل نرسیده‌اند و از طریق فریز کردن مفاصل برای کسب موفقیت بیشتر بهره برده‌اند.

در مجموع این مطالعه نشان داد که روش‌های غیرخطی در رسیدن به نتیجه بهتر نمرات دقت در دوره زمانی کوتاه مدت برای کودکان موثرتر از روش‌های خطی بوده‌اند؛ اما هیچ یک از روش‌های استفاده شده در این مطالعه تاثیر قابل توجهی بر روی دامنه حرکتی مفاصل درگیر در پرتاب نداشتند. این نتایج تاکیدی بر نظریه سیستم‌های پویا و رویکرد بوم‌شناختی در بهبود نمرات دقت است. پیشنهاد می‌شود که مربیان در آموزش خود بیشتر از روش‌های غیرخطی و دستکاری قیود تکلیفی و فردی بهره ببرند و این تمرینات نوین آموزشی می‌توانند در افراد مبتدی نیز مانند افراد ماهر در کسب نتایج بهتر مفید واقع شوند. مطالعات بیشتری برای اثبات نظریه سیستم‌های پویا و راهبردهای پداگوژی غیرخطی لازم است. بررسی دامنه حرکتی کارکردی در دیگر مهارت‌های حرکتی نیز پیشنهاد می‌شود.

Copyright ©The authors

References

Anderson, D. L., & Sidaway, B. (1994). Coordination changes associated with practice of a soccer kick. *Research quarterly for exercise and sport*, *65*(2), 93-99.

Chow, J. Y., Davids, K., Button, C., & Renshaw, I. (2015). *Nonlinear Pedagogy in Skill Acquisition: An Introduction*. Taylor & Francis. https://books.google.com/books?id=8N80CwAAQBAJ

Davids, K., Button, C., & Bennett, S. (2008). *Dynamics of skill acquisition: A constraints-led approach*. Human kinetics.

Fuchs, P. X., Fusco, A., Cortis, C., & Wagner, H. (2020). Effects of differential jump training on balance performance in female volleyball players. *Applied Sciences*, *10*(17), 5921.

Ghorbani Marzoni, M., Bahram, A., Ghadiri, F., & Yaali, R. (2021). The comparison of effectiveness Linear and Nonlinear Pedagogy on manipulation Motor Skills performance of children. *Motor behavior*, *13*(45), 91-112. (in persian)

Gray, R. (2020). Comparing the constraints led approach, differential learning and prescriptive instruction for training opposite-field hitting in baseball. *Psychology of Sport and Exercise*, *51*, 101797.

James, E. G. (2014). Short-term differential training decreases postural sway. *Gait & posture*, *39*(1), 172-176.

Lee, M. C. Y., Chow, J. Y., Komar, J., Tan, C. W. K., & Button, C. (2014). Nonlinear pedagogy: an effective approach to cater for individual differences in learning a sports skill. *PloS one*, *9*(8), e104744.

Okazaki, V. H., Rodacki, A. L., & Satern, M. N. (2015). A review on the basketball jump shot. *Sports biomechanics*, *14*(2), 190-205.

Pacheco, M. M., Lafe, C. W., & Newell, K. M. (2019). Search strategies in the perceptual-motor workspace and the acquisition of coordination, control, and skill. *Frontiers in Psychology*, *10*, 1874.

Renshaw, I., Araújo, D., Button, C., Chow, J. Y., Davids, K., & Moy, B. (2016). Why the constraints-led approach is not teaching games for understanding: A clarification. *Physical Education and Sport Pedagogy*, *21*(5), 459-480.

Savelsbergh, G. J., Kamper, W. J., Rabius, J., De Koning, J. J., & Schöllhorn, W. (2010). A new method to learn to start in speed skating: a differencial learning approach. *International journal of sport psychology*, *41*(4), 415.

Schöllhorn, P. H. a. K. D. (2012). The Nonlinear Nature of Learning - A Differential Learning Approach. *Sport Science*, *5*, 100-112

Schöllhorn, W. (2000). Practical consequences of systems dynamic approach to technique and strength training. *Acta Academiae Olympique Estonia*, *8*, 25-37.

Schollhorn, W., Beckmann, H., Michelbrink, M., Sechelmann, M., Trockel, M., & Davids, K. (2006). Does noise provide a basis for the unification of motor learning theories? *International journal of sport psychology*, *37*(2/3), 186.

Schöllhorn, W., & Newell, K. (2017). Differential learning as a turbo for body and brain. Complex Systems in Sport, International Congress Linking Theory and Practice,

Vereijken, B., Emmerik, R. E. v., Whiting, H., & Newell, K. M. (1992). Free (z) ing degrees of freedom in skill acquisition. *Journal of motor behavior*, *24*(1), 133-142.

Verhoeven, F. M., & Newell, K. M. (2016). Coordination and control of posture and ball release in basketball free-throw shooting. *Hum Mov Sci*, *49*, 216-224. https://doi.org/10.1016/j.humov.2016.07.007

Wulf, G., & Su, J. (2007). An external focus of attention enhances golf shot accuracy in beginners and experts. *Research quarterly for exercise and sport*, *78*(4), 384-389.

Copyright ©The authors
Publisher: University of Tabriz