

Research Paper

Comparing Intra-Limb Coordination of Dart Throwing in Skilled and Novice Throwers: A Kinematic Study**R. Makki¹, M. Abdoshahi², S. Ghorbani³**

1. MSc, Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran

2. Assistant Professor, Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran

3. Assistant Professor, Department of Physical Education, Islamshahr Branch, Islamic Azad University, Islamshahr, Iran (Corresponding Author)

Received: 2021/07/26

Accepted: 2021/12/29

Abstract

There is a lack of studies on the coordination of the various limbs involved in performing dart-throwing skill in novices and skilled performers. The aim of the present study was to describe and compare the intra-limb coordination of the shoulder-elbow joints in different phases of dart throwing skill in skilled and novice throwers. Participants included 12 novice throwers (mean age of 21.91 ± 2.31 years old) and one skilled thrower (32 years old). Intra-limb coordination consisted of coordination between the shoulder and elbow joints and was demonstrated using angle-angle plots. The start and end points of the throws were standardized using the linear interpolation method and normalized to 100 points. Moreover, the movement pattern error was calculated using the NoRMD formula. The results showed that there was a clear difference between skilled and novice throwers in the intra-limb coordination of the shoulder-elbow joints in both phases of dart throwing. There was also a significant difference between the movement pattern of novice throwers and skilled thrower (NoRMD = 50). The findings were discussed according to the spatio-temporal characteristics of dart throwing skills in skilled and novice throwers and its practical considerations in improving skills and preventing movement errors.

Keywords: Dart Throwing, Intra-Limb Coordination, Movement Pattern Error, Movement Phase

1. Email: makkirezvaneh@gmail.com

2. Email: m.abdolshahi@alzahra.ac.ir

3. Email: saeedghorbani_ur@yahoo.com



Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

Extended Abstract

Background and Purpose

Dart throwing requires accurate movement timing and proper mechanics and coordination of different joints of the thrower's hand (including shoulder, elbow, and wrist) to accurately throw darts towards the target (dart board). A proper understanding of the biomechanics of dart throwing can help to optimize the movement. Changes due to improper movement mechanics can affect the thrower's performance and lead to an increase in his throw error. Until now, researchers have analyzed the kinematics and kinetics of this skill as well as the important variables affecting the performance of dart throwers. Most studies have focused on the analysis of different joints of the body individually (1-2). However, in a movement chain, the movement of one joint affects the movement of the adjacent joint, and therefore studying the joints separately does not fully show the complexity of the coordinated movement of body parts. Therefore, one of the important issues that has not been addressed in the biomechanical researches of dart throwing is the examination of the coordination of different organs involved in the execution of this skill in novice and skilled throwers (3-4). On the other hand, the skill of throwing darts has different movement phases, which have not been investigated in terms of movement coordination. In the science of motor control and biomechanics, coordination refers to the relationship between the movements of different parts of the body, which can be referred to as intra-limb coordination (i.e., the relationship between the movements of the joints of a body part, for example, the right shoulder joint relative to the elbow joint of the right hand) or inter-limb coordination (the relationship between the movements of two different organs relative to each other, for example, the elbow joint of the right hand relative to the elbow joint of the left hand) (5). Therefore, the aim of the present study was to describe and compare intra-limb coordination of shoulder-elbow joints of the throwing hand in different phases of dart throwing in skilled and novice throwers.

Materials and Methods

The research method was descriptive-comparative (i.e., a comparison between skilled and novice throwers). Beginner participants included 12 female students aged 18 to 24 years (mean age 21.91 ± 2.31 years) who voluntarily participated in this study. All participants were right-handed and had no formal or informal playing experience in darts. To compare the performance of beginner participants with a correct model, a 32-year-old skilled female thrower with eight years of playing experience at the national level was selected. The present study used Coalesis motion analysis system. In this study, intra-organ coordination as well as



movement pattern error was used to analyze the participants' throws. To show intra-organ coordination, angle-angle diagrams were used, which are related to time-space changes of joint movement. The start and end points of the launches were equalized using the linear interpolation method and normalized to 100 time points. Furthermore, "NORM-D" index was used to determine the movement pattern error of the participants. Descriptive statistics including mean were used to describe intra-member coordination variables. In intra-organ coordination variable, the angular points of the beginning and end of the shoulder and elbow joints were considered as reference points. Then, using a one-sample t-test, these points were compared in beginner throwers with skilled throwers (as a reference score). SPSS (version 22) software was used for statistical analysis.

Findings

At the beginning of the first phase of the movement, the skilled thrower had an angle of 21.68 degrees in the shoulder joint and 175.65 degrees in the elbow joint, while the beginner throwers had an angle of 29.73 degrees in the shoulder joint and 147.84 degrees in the elbow joint. In the continuation of the movement, the skilled throwers increased their shoulder joint angle to 77.60 degrees at the end of this phase and the beginner throwers to about 58.05 degrees. At the end of the first phase, the skilled thrower increased his elbow joint angle to about 42.51 degrees, while the beginner throwers had an angle of about 80.03 degrees. The results of the one-sample t-test showed that there is a significant difference between novice throwers and skilled throwers in all the stages and on measured variables. At the beginning of the second phase of movement, the skilled thrower had an angle of 77.60 degrees in the shoulder joint and 42.51 degrees in the elbow joint, while the beginner throwers had an angle of 58.05 degrees in the shoulder joint and 80.03 degrees in the elbow joint. In the continuation of the movement, the skilled throwers increased their shoulder joint angle to 102.01 degrees at the end of this phase and the beginner throwers to about 69.01 degrees. The skilled thrower reached the angle of his elbow joint at the end of the first phase to about 177.03 degrees, while the beginner throwers had an angle of about 110.28 degrees. The results of the one-sample t-test showed that there was a significant difference between the beginner throwers and the skilled throwers in all the measured steps and variables. The error score obtained from the beginner throwers showed a huge difference between the dart throwing movement pattern of the beginner throwers and the skilled throwers. In fact, the results of the NoRM-D formula showed that the error number of the movement pattern of beginner throwers is equal to 57.15. It should be mentioned that an error number lower than 20 indicates a relatively



similar performance to that of a skilled performer. Therefore, it can be said that there is a huge difference between the performance of beginner throwers and the skilled thrower.

Conclusion

The results of the present study show major differences between skilled and beginner throwers in the performance of dart throwing skills. The study's findings also have practical considerations. By knowing the differences between novice and skilled throwers, darts coaches can provide technical solutions to improve the performance of novice throwers. In addition, according to the correct spatio-temporal pattern provided for this skill by a skilled thrower, beginner throwers can avoid possible errors during the execution of the dart throwing skill by using this pattern.

Keywords: Dart Throwing, Intra-Limb Coordination, Movement Pattern Error, Movement Phase

References

1. Smirnov AS, Alikovskaia TA, Ermakov PN, et al. Dart throwing with the open and closed eyes: kinematic analysis. *Computational & Mathematical Methods in Medicine*. 2019; 4217491.
2. Nasu D, Matsuo T, Kadota K. Two types of motor strategy for accurate dart throwing. *PLoS ONE*. 2014; 9(2): e88536.
3. Nakagawa J, An Q, Ishikawa Y, Oka H, Takakusaki K, Yamakawa H, Yamashita A, Asama H. Analysis of human motor skill in dart throwing motion at different distance. *SICE Journal of Control, Measurement, & System Integration*. 2015; 8(1): 79-85.
4. Obayashi C, Tamei T, Imai A, Shibata T. Comparison of experts and non-experts in throwing darts based on optimization criteria. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 2009; 2647-2650.
5. Tamei T, Obayashi C, Shibata T. Throwing darts utilizes the interaction torque of the elbow joint. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. 2011; 1283-1286.



مقایسه هماهنگی درون عضوی مهارت پرتاب دارت در پرتابگران ماهر و مبتدی: یک مطالعه سینماتیکی

رضوانه مکی^۱، مریم عبدالشاهی^۲، سعید قربانی^۳

۱. کارشناسی ارشد، گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران
۲. استادیار گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران
۳. استادیار گروه تربیت بدنی، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران (نویسنده مسئول)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۰۴

چکیده

یکی از موضوعات مهمی که در پژوهش‌های بیومکانیکی مهارت پرتاب دارت به آن پرداخته نشده است، بررسی هماهنگی اندام‌های مختلف درگیر در اجرای این مهارت در پرتابگران مبتدی و ماهر است. هدف پژوهش حاضر، توصیف و مقایسه هماهنگی درون عضوی مفاصل شانه-آرنج دست پرتاب‌کننده در فازهای مختلف مهارت پرتاب دارت در پرتابگران ماهر و مبتدی بود. شرکت‌کنندگان پژوهش ۱۲ پرتابگر مبتدی (میانگین سنی ۲۱/۹۱±۲/۳۱ سال) و یک پرتابگر ماهر (۳۲ ساله) بودند. هماهنگی درون عضوی شامل هماهنگی بین مفاصل شانه و آرنج بود و با استفاده از نمودارهای زاویه-زاویه نمایش داده شد. نقاط شروع و پایان پرتاب‌ها با استفاده از روش درون‌یابی خطی یکسان‌سازی و به ۱۰۰ نقطه زمانی نرمالیزه شدند. همچنین خطای الگوی حرکت با استفاده از فرمول NoRMD محاسبه شد. نتایج نشان داد، تفاوت آشکاری بین پرتابگران ماهر و مبتدی در هماهنگی درون عضوی مفاصل شانه-آرنج در هر دو فاز حرکتی مهارت پرتاب دارت وجود داشت؛ همچنین تفاوت درخور ملاحظه‌ای بین الگوی حرکت پرتابگران مبتدی با پرتابگر ماهر وجود داشت (NoRMD=50). درباره نتایج پژوهش با توجه به ویژگی‌های فضایی-زمانی اجرای مهارت پرتاب دارت در پرتابگران ماهر و مبتدی و ملاحظات کاربردی آن در زمینه بهبود مهارت و جلوگیری از خطای حرکتی بحث شد.

واژگان کلیدی: پرتاب دارت، هماهنگی درون عضوی، خطای الگوی حرکتی، فاز حرکتی.

1. Email: makkirezvaneh@gmail.com
2. Email: m.abdolshahi@alzahra.ac.ir
3. Email: saeedghorbani_ur@yahoo.com



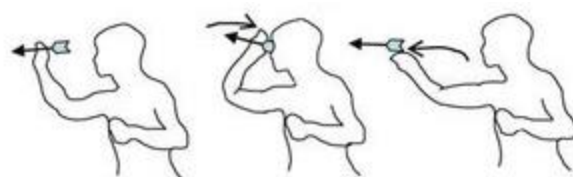
مقدمه

مهارت پرتاب دارت^۱ در تقسیم‌بندی مهارت‌های حرکتی، یک مهارت بسته و ظریف به شمار می‌رود و کنترل حرکتی در آن تابع کنترل براساس حلقه باز است که توسط برنامه حرکتی کنترل می‌شود و دستورهای حرکتی در آن پیش از حرکت سازماندهی می‌شوند (۱). عملکرد مطلوب در پرتاب دارت نیازمند توانایی سطح بالا در هدف‌گیری و تمرکز توجه است. پرتاب دارت یکی از متداول‌ترین مهارت‌های حرکتی به‌شمار می‌رود که افراد عامه نیز این مهارت (ورزش) را اجرا می‌کنند. در ورزش دارت، ورزشکاران با پرتاب یک دارت به سمت صفحه هدف، تمرکز و مهارت خود را به نمایش می‌گذارند. مهارت پرتاب دارت نیازمند زمان‌بندی حرکتی دقیق و مکانیک مناسب و هماهنگی مفاصل مختلف دست پرتاب‌کننده (از جمله شانه، آرنج، و مچ دست) برای پرتاب دقیق دارت به سمت هدف (صفحه دارت) است (۲). درک درست از بیومکانیک مهارت پرتاب دارت می‌تواند به بهینه‌کردن حرکت کمک کند. تغییرات ناشی از مکانیک نامناسب حرکت می‌تواند بر عملکرد پرتابگر تأثیر گذارد و به افزایش خطای پرتاب وی منجر شود.

مهارت پرتاب دارت حرکت پیوسته و سریعی است، اما برای درک بهتر زنجیره حرکتی مهارت می‌توان آن را به فازهای مختلف تقسیم کرد. در ادبیات بیومکانیک ورزشی، مهارت پرتاب دارت عموماً به دو فاز مختلف تقسیم می‌شود که شامل فازهای بازگشت^۲ و پرتاب^۳ است (۳). این مراحل در شکل شماره یک نشان داده شده‌اند. در ابتدا فرد پرتابگر یک موقعیت اولیه به دست خود می‌دهد که شامل خم کردن آرنج است؛ به طوری که ساعد و بازو در حالت عمود بر هم هستند. در موقعیت اولیه، پرتابگر سعی می‌کند که هدف‌گیری دقیق و با تمرکز بر نقطه هدف روی تخته دارت داشته باشد. مرحله اول (بازگشت) مرحله‌ای است که در آن دست برای آماده‌سازی به منظور پرتاب دارت به سمت عقب حرکت می‌کند و مرحله دوم (پرتاب) مرحله‌ای است که به کشش دست و در نهایت آزاد شدن دارت به سمت هدف اشاره دارد (شکل شماره یک).

1. Dart Throwing
2. Take-Back
3. Throwing





مرحله دوم: پرتاب
 مرحله اول: بازگشت
 موقعیت اولیه

شکل ۱- ساختار فازهای مختلف مهارت پرتاب دارت

Figure 1- Structure of different phases of darts throwing skill

همراه با پیشرفت فناوری تحلیل سه بعدی حرکت، ویژگی‌های سینماتیکی و سینتیکی و تأثیر عوامل متعدد بر ویژگی‌های سینماتیکی و سینتیکی مهارت‌های ورزشی مختلف مطالعه شده است (۱۳-۴). عمدتاً هدف از انجام چنین تحلیل‌هایی بررسی ابعاد دقیق سینماتیکی و سینتیکی مهارت، بهبود عملکرد ورزشکاران و جلوگیری از آسیب آن‌ها بوده است. در این بین، مهارت‌های حرکتی در رشته‌های ورزشی مختلف از جمله فوتبال، والیبال، بیسبال، بسکتبال، گلف، شنا، ژیمناستیک و... تحلیل شده‌اند؛ به‌عنوان مثال، دیلمان^۱ و همکاران به بررسی سینماتیکی حرکت اندام بازو و مفصل شانه در اجرای مهارت پرتاب بیسبال پرداختند. نتایج نشان داد، مهم‌ترین حرکت در مفصل شانه در پرتاب بیسبال چرخش داخلی و خارجی است. انعطاف‌پذیری زیاد مفاصل بازو و کتف به پرتابگر اجازه می‌دهد که بازو را تا حدود ۱۷۵ درجه چرخش خارجی دهد. تقریباً در فاصله زمانی ۳۰ میلی‌ثانیه قبل از پرتاب توپ، بازو به چرخش داخلی حدود ۸۰ درجه می‌رسد که در همین نقطه اوج سرعت زاویه‌ای آن حدود ۷۰۰۰ درجه بر ثانیه است (۱۴). اگر^۲ و همکاران به بررسی سینماتیکی مهارت ضربه گلف در گلف‌بازان مرد و زن پرداختند. نتایج نشان داد، به نظر می‌رسد زنان نوسان گسترده‌ای با زاویه چرخش مفصل ران و شانه در زمان به عقب آوردن چوب گلف دارند. مردان در هنگام بازگشت به عقب، زانوی چپ خود را بیشتر خم می‌کنند و این امر ممکن است باعث انتقال بیشتر وزن به سمت راست شود؛ با وجود این، این دو الگوی حرکتی تفاوت درخور توجهی در سرعت سر چوب گلف نشان ندادند. مردان

1. Dillman
2. Egret



احتمالاً برای جبران انعطاف‌پذیری عضلانی و مفصلی خود که از زنان کمتر است، از انعطاف‌پذیری زیاد زانو استفاده می‌کنند (۱۵). خوآرز^۱ و همکاران تحلیل سینماتیکی از مهارت شوت فوتبال در بزرگسالان با تأکید بر سرعت و زاویه مفاصل انجام دادند. نتایج نشان داد، توپ با سرعت متوسط حدود ۳۰ متر بر ثانیه شوت زده شد. حداکثر سرعت خطی مفصل ران (۵/۴۹ متر بر ثانیه)، زانو (۱۰/۸۹ متر بر ثانیه)، مچ پا (۱۹/۳۶ متر بر ثانیه) و انگشتان پا (۲۴/۵۹ متر بر ثانیه) به دست آمد که نشان‌دهنده یک زنجیره جنبشی پروگزیمال به دیستال است (۱۶). سرین^۲ و همکاران به تحلیل سینماتیکی مهارت اسپک در والیبال در بین مردان و زنان بزرگسال و نوجوان والیبالیست پرداختند. نتایج نشان داد، بازیکنان سطح بالا در هر دو جنسیت سرعت و ارتفاع پرش بیشتری در مقایسه با بازیکنان نخبه نوجوان داشتند و بازیکنان مرد سرعت و ارتفاع پرش بیشتری در مقایسه با بازیکنان زن داشتند. تفاوت در زاویه جهت‌گیری لگن و تنه مشاهده شد که نشان‌دهنده مجموعه‌ای از سینماتیک ثابت است. از طرف دیگر، سرعت‌های زاویه‌ای لگن و تنه تفاوت‌های جالبی را در طول مرحله نزدیک‌شدن، خم‌شدن و شتاب نشان دادند. زاویه شانه و آرنج و سرعت زاویه‌ای نیز استراتژی‌های مختلفی را نشان می‌دهد که برای تولید سرعت ضربه زیاد، استفاده می‌شود (۱۷).

در ادبیات پژوهشی، مهارت پرتاب دارت به‌ندرت تحلیل سینماتیکی شده است؛ با این حال، اوبایاشی^۳ و همکاران به مقایسه پرتابگران دارت ماهر و مبتدی بر مبنای معیار بهینه‌سازی پرداختند. نتایج نشان داد، واریانس مسیر حرکت اندام فوقانی افراد ماهر به‌طور درخور توجهی کمتر از افراد مبتدی است. همچنین تغییر مکان و واریانس شانه افراد ماهر نیز به‌طور چشمگیری کمتر از افراد مبتدی است. به‌علاوه، نتایج این پژوهش نشان داد، مجموع مجذور گشتاورهای مشترک پرتابگران با نمرات آن‌ها همبستگی معکوس داشت که پیشنهاد می‌کند، پرتابگران ماهر ارتفاع شانه و چرخش مفصل آرنج را کنترل کردند (۱۸). در پژوهش دیگری، رابطه بین سطح مهارت افراد و استفاده از مؤلفه‌های گشتاور مفصلی مانند گشتاور عضلانی، گشتاور برهم‌کنشی و گشتاور جاذبه بررسی شد. نتایج نشان داد، مجموع مجذورات مؤلفه‌های گشتاور مفصل پرتابگران با نتیجه پرتاب آن‌ها ارتباط دارد که نشان می‌دهد، افرادی که نمرات بیشتری دریافت می‌کنند، از گشتاور برهم‌کنشی مفصل آرنج بدون جابه‌جایی شانه استفاده می‌کنند (۱۹). در نهایت، ناکاگوا^۴ و همکاران به تحلیل مهارت پرتاب دارت

1. Juárez
2. Serrien
3. Obayashi
4. Nakagawa



در فواصل مختلف در پرتابگران مبتدی پرداختند. نتایج نشان داد، پرتابگران در موقعیت انگشت در مقایسه با موقعیت‌های مچ، آرنج و شانه تغییرپذیری کمتری دارند. همچنین نتایج ضریب همبستگی نرمال شده بین بازو و پایین تنه نشان داد، ارتباط بین آرنج و مچ پا و بین آرنج و زانو در فاصله پرتاب طولانی‌تر افزایش یافت. این نتایج نشان می‌دهد، در مهارت پرتاب دارت، پرتاب‌های طولانی‌تر استراتژی کنترل حرکتی جدیدی را برای کنترل دقیق و تولید نیرو به وجود می‌آورد (۳).

تاکنون پژوهشگران در زمینه مهارت پرتاب دارت به تحلیل سینماتیکی و سینتیکی این مهارت و همچنین متغیرهای مهم تأثیرگذار بر عملکرد پرتابگران پرداخته‌اند. بیشتر پژوهش‌ها بر تحلیل مفاصل مختلف بدن به صورت انفرادی تمرکز کرده‌اند (۳-۱۹)؛ باین حال در یک زنجیره حرکتی، حرکت یک مفصل بر حرکت مفصل مجاور تأثیر می‌گذارد؛ بنابراین مطالعه مفاصل، جداگانه پیچیدگی حرکت هماهنگ اجزای بدن را به طور کامل نشان نمی‌دهد؛ از این رو یکی از موضوعات مهمی که در پژوهش‌های بیومکانیکی مهارت پرتاب دارت به آن پرداخته نشده است، بررسی هماهنگی^۱ اندام‌های مختلف درگیر در اجرای این مهارت در پرتابگران مبتدی و ماهر است. از طرف دیگر، مهارت پرتاب دارت دارای فازهای مختلف حرکتی است که هرچند در پژوهش‌های گذشته به این فازها اشاره شده است، از نظر هماهنگی حرکتی بررسی نشده‌اند. در علم کنترل حرکتی و بیومکانیک، هماهنگی به ارتباط بین حرکات بخش‌های مختلف بدن گفته می‌شود که می‌تواند به‌عنوان هماهنگی درون‌عضوی^۲ (یعنی ارتباط بین حرکات مفاصل یک عضو بدن؛ برای مثال، مفصل شانه دست راست نسبت به مفصل آرنج دست راست) و هماهنگی بین‌عضوی^۳ (رابطه بین حرکات دو اندام مختلف نسبت به یکدیگر؛ برای مثال، مفصل آرنج دست راست نسبت به مفصل آرنج دست چپ) باشد (۴)؛ بنابراین هدف پژوهش حاضر، توصیف و مقایسه هماهنگی درون‌عضوی مفاصل شانه-آرنج دست پرتاب‌کننده در فازهای مختلف مهارت پرتاب دارت در پرتابگران ماهر و مبتدی بود.

روش پژوهش

روش این پژوهش از نوع توصیفی-مقایسه‌ای و طرح پژوهش به صورت مقایسه پرتابگر ماهر با پرتابگران مبتدی است. شرکت‌کنندگان مبتدی، ۱۲ دانشجوی دختر ۱۸ تا ۲۴ سال (میانگین سنی

1. Coordination
2. Intra-Limb Coordination
3. Inter-Limb Coordination



بودند که داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند. تمامی شرکت‌کنندگان راست‌دست بودند و هیچ سابقه‌ی بازی رسمی یا غیررسمی در ورزش دارت نداشتند. همچنین شرکت‌کنندگان هیچ‌گونه عارضه جسمانی یا آناتومیک که اجرای مهارت پرتاب دارت را مختل می‌کند (مانند قطع عضو) نداشتند. برای مقایسه عملکرد شرکت‌کنندگان مبتدی با یک الگوی صحیح، از یک پرتابگر ماهر زن با سن ۳۲ سال و تجربه‌ی هشت سال بازی در سطح کشوری استفاده شد. این پژوهش مطابق با استانداردهای اخلاقی بیان‌شده در بیانیه‌ی هلسینکی انجام شد. از تمامی شرکت‌کنندگان رضایت‌نامه کتبی دریافت شد.

ابزارهای جمع‌آوری اطلاعات عبارت بودند از:

سیستم تحلیل حرکت: در این پژوهش از سیستم تحلیل حرکت کوآلیسیس^۱ استفاده شد. این سیستم ساخت شرکت کوآلیسیس در کشور سوئد است و یکی از معتبرترین سیستم‌های تحلیل حرکت در دنیا به شمار می‌رود. برای ثبت ویدئویی پرتاب‌های شرکت‌کنندگان، نشانگرهای مخصوص روی مفاصل مچ، آرنج، شانه و لگن نصب شدند و پس از اعلام آزمونگر نوار ویدئویی شروع به ثبت حرکات کرد. برای ثبت حرکات آزمودنی‌ها، از هشت دوربین مدل Oqus5⁺ ساخت شرکت کوآلیسیس کشور سوئد استفاده شد که از جمله ویژگی این دوربین‌ها تصویربرداری از حرکت با سرعت و رزولیشن زیاد است. سپس حرکات ثبت‌شده با استفاده از نرم‌افزار تخصصی Visual 3D که قابلیت‌های گسترده‌ای از جمله پردازش سیگنال و فیلترکردن داده‌ها، ساخت مدل‌های پیچیده بیومکانیکی و انجام محاسبات سینماتیکی دارد، تحلیل شد؛

تحلیل سینماتیکی پرتاب دارت: در این پژوهش از هماهنگی درون‌عضوی و همچنین خطای الگوی حرکت برای تحلیل پرتاب‌های شرکت‌کنندگان استفاده شد.

هماهنگی درون‌عضوی: از هماهنگی درون‌عضوی برای تحلیل پرتاب دارت استفاده شد. بدین منظور، در پرتاب دارت از نشانگرهای نصب شده روی مفاصل مچ، آرنج، شانه و لگن در سمت راست بدن برای به وجود آوردن زوایای شانه و آرنج استفاده شد؛ در نتیجه هماهنگی درون‌عضوی مفاصل شانه-آرنج شکل گرفت. برای نشان‌دادن این هماهنگی، از نمودارهای زاویه-زاویه استفاده شد که به تغییرات زمانی-مکانی حرکت مفاصل مربوط است.

خطای الگوی حرکت: در این پژوهش برای تعیین خطای الگوی حرکتی شرکت‌کنندگان از شاخص «مجدور میانگین ریشه اختلافات نرمال شده» (NoRM-D)^۲ استفاده شد. در این روش، اختلاف حرکت

1. Qualisys

2. Normalized Root Mean Difference



انجام‌شده توسط شرکت‌کننده با حرکتی که یک فرد ماهر اجرا کرده است، محاسبه می‌شود و عدد خطا به دست می‌آید (۲۰-۲۲). برای انجام این کار، ابتدا می‌باید تعداد فریم‌های ویدئویی ثبت‌شده برای حرکات فرد ماهر و همچنین شرکت‌کنندگان را در تعدادی ثابت از فریم‌ها (مانند ۱۰۰ فریم) یکسان‌سازی کرد. هر فریم نشان‌دهنده زاویه‌ای است که آن مفصل (مانند شانه یا آرنج در پژوهش حاضر) در زمانی خاص برای اجرای حرکت به خود گرفته‌است. این فریم‌ها در ابتدا این‌گونه نبود؛ زیرا زمان حرکات انجام‌شده توسط شرکت‌کنندگان برای هر حرکت متفاوت بود؛ به طوری که برای مثال، یک آزمودنی پرتاب اول را در زمان ۲/۲۰ ثانیه و پرتاب دوم را در زمان ۲/۴۰ ثانیه انجام داد که این امر باعث می‌شود در سیستم تحلیل حرکت تعداد فریم‌های ثبت‌شده برای هر حرکت متفاوت باشد؛ بنابراین برای مطابقت دامنه حرکت شرکت‌کنندگان و فرد ماهر، ابتدا نقاط آغاز و پایان حرکت مشخص شد و سپس از روش درون‌یابی خطی برای استانداردسازی تعداد فریم‌ها به ۱۰۰ فریم برای پرتابگر ماهر و تمامی شرکت‌کنندگان استفاده شد. سپس داده‌ها با استفاده از یک فیلتر باترورث^۱ در فرکانس برش هفت هرتز صاف شد. برای ثبت الگوی حرکتی فرد ماهر، از یک مربی دارت با سال‌ها تجربه در این زمینه استفاده شد. از وی خواسته شد که دارت را با دست راست سه بار پرتاب کند و تمامی پرتاب‌ها توسط دوربین‌های سیستم تحلیل حرکت ثبت شد. سپس با نظر خود او، یکی از پرتاب‌ها که بهترین پرتاب بود، به‌عنوان الگوی حرکتی فرد ماهر انتخاب شد و برای سنجش و ارزیابی خطای حرکتی شرکت‌کنندگان به کار رفت. گفتنی است این روش در پژوهش‌های قبلی استفاده شده بود (۲۳، ۱۱، ۴). پس از یکسان‌سازی تعداد فریم‌ها، تفاوت‌های بین زوایای ایجادشده توسط فرد ماهر و شرکت‌کنندگان در هرکدام از فریم‌ها توسط فرمولی خاص (۲۴) محاسبه شد و درنهایت، یک عدد خطا برای آن حرکت به دست می‌آید که نشان‌دهنده خطای مرتکب‌شده در الگوی حرکت توسط شرکت‌کننده بود. هرچه عدد خطا کوچک‌تر باشد، نشان می‌دهد خطای اجرای الگوی حرکت شرکت‌کننده در مقایسه با اجرای فرد ماهر کمتر است.

روش اجرا: شرکت‌کنندگان مبتدی به‌صورت انفرادی در آزمایشگاه حاضر شدند و پرتاب‌ها را اجرا کردند. ابتدا اطلاعات کلی پژوهش به شرکت‌کننده ارائه شد و وی رضایت‌نامه و پرسشنامه اطلاعات اولیه شامل سن، دست برتر و تجربه قبلی در ورزش دارت را پر کرد. قبل از اجرای آزمون پرتاب دارت، آزمایش استلن برای اطمینان از بینایی کامل شرکت‌کنندگان گرفته شد. سپس نشانگرهای بازتابنده

1. Butterworth



روی مفاصل وی نصب شد. به منظور آشنایی شرکت‌کننده با مهارتی که باید اجرا شود، وی اطلاعات اولیه مربوط به مهارت پرتاب دارت را توسط پرتابگر ماهر دریافت کرد. این اطلاعات شامل توضیحاتی درباره اجرای پرتاب دارت بود. سپس با هدف آشنایی با محیط آزمایشگاه و شرایط پرتاب، شرکت‌کننده دو پرتاب دارت را به صورت آزمایشی اجرا کرد. در مرحله اصلی پروتکل پژوهش، شرکت‌کننده پنج پرتاب را اجرا کرد که تمامی آن‌ها ضبط شد. بین هر پرتاب ۱۰ ثانیه زمان استراحت وجود داشت. هیچ‌گونه بازخوردی به شرکت‌کننده در طول اجرای پروتکل پژوهش داده نشد. در این پژوهش سیبل به فاصله سه متری آزمودنی قرار داشت و از دارت‌های استاندارد استفاده شد.

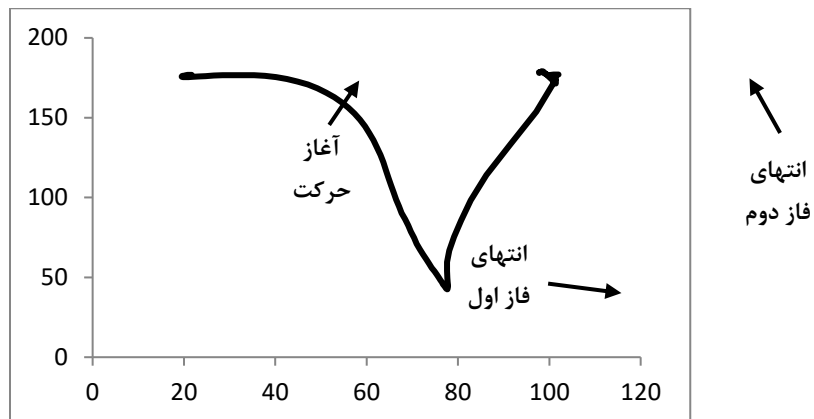
در این پژوهش از آمار توصیفی شامل میانگین برای توصیف متغیرهای هم‌هنگی درون‌عضوی استفاده شد. در متغیر هم‌هنگی درون‌عضوی، نقاط زاویه‌ای ابتدا و انتهای مفاصل شانه و آرنج به عنوان نقاط مرجع در نظر گرفته شدند. سپس با استفاده از آزمون تی تک‌نمونه‌ای، این نقاط در پرتابگران مبتدی با پرتابگر ماهر (به عنوان نمره مرجع) مقایسه شد. از نرم‌افزار اسپاس نسخه ۲۲ برای تحلیل آماری استفاده شد.

نتایج

هم‌هنگی درون‌عضوی شانه-آرنج

نمودارهای زاویه-زاویه متغیر هم‌هنگی درون‌عضوی شانه-آرنج در پرتابگران ماهر و مبتدی در شکل‌های شماره دو و شماره سه آمده است. همچنین میانگین متغیرهای پژوهش در جدول شماره یک ذکر شده است. در ادامه تفاوت‌های بین پرتابگران مبتدی و ماهر برای هر یک از فازهای حرکتی بررسی شده است.



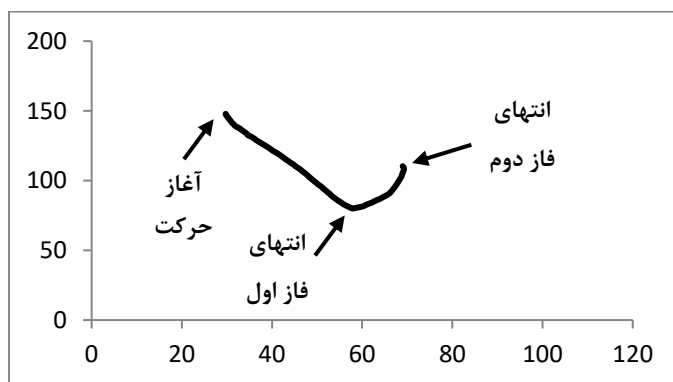


شکل ۲- نمودار زاویه-زاویه برای هماهنگی درون عضوی مفاصل شانه-آرنج در پرتابگر ماهر

Figure 2- Angle-angle plots for intra-limb coordination of shoulder-elbow joints in skilled thrower

* محور X به مفصل شانه و محور Y به مفصل آرنج مربوط است.

*The X-axis is related to the shoulder joint and the Y-axis is related to the elbow joint.



شکل ۳- نمودار زاویه-زاویه برای هماهنگی درون عضوی مفاصل شانه-آرنج در پرتابگر مبتدی

Figure 3- Angle-angle plots for intra-limb coordination of shoulder-elbow joints in novice throwers

* محور X به مفصل شانه و محور Y به مفصل آرنج مربوط است.

*The X-axis is related to the shoulder joint and the Y-axis is related to the elbow joint.

جدول ۱- میانگین مؤلفه‌های هماهنگی درون عضوی پرتابگران مبتدی و ماهر

Table 1- Means of intra-limb coordination components of novice and skilled throwers

| مقایسه | پرتابگر | | مرحله | |
|----------------------|---------|--------|--------|------------|
| | مبتدی | ماهر | بازگشت | پرتاب |
| t=5.55 sig=0.000 | 29.73 | 21.68 | بازگشت | مفصل شانه |
| t=26.35 sig=0.000 | 58.05 | 77.60 | پرتاب | ابتدای فاز |
| t=26.35 sig=0.000 | 58.05 | 77.60 | بازگشت | مفصل شانه |
| t=33.41 sig=0.000 | 69.01 | 102.01 | پرتاب | انتهای فاز |
| t=16.21 sig=0.000 | 147.84 | 175.65 | بازگشت | مفصل آرنج |
| t=۲۶/۶۵ sig=۰/۰۰۰ | 80.03 | 42.51 | پرتاب | ابتدای فاز |
| t=26.65 sig=0.000 | 80.03 | 42.51 | بازگشت | مفصل آرنج |
| t=35.86 sig=0.000 | 110.28 | 177.03 | پرتاب | انتهای فاز |

فاز اول: بازگشت

در آغاز حرکت که پرتابگر در موقعیت ایستاده و آماده حرکت است، پرتابگر ماهر زاویه $۲۱/۶۸$ درجه‌ای در مفصل شانه و $۱۷۵/۶۵$ درجه‌ای در مفصل آرنج داشت؛ درحالی‌که پرتابگران مبتدی زاویه‌ای $۲۹/۷۳$ درجه در مفصل شانه و $۱۴۷/۸۴$ درجه در مفصل آرنج داشتند که نشان‌دهنده تفاوت نسبی در حالت ابتدایی شروع پرتاب در پرتابگران ماهر و مبتدی است. این نتایج نشان می‌دهد، پرتابگران مبتدی در حالت ایستای اولیه مفصل آرنج خود را نسبت به پرتابگر ماهر بیشتر خم کرده و مفصل شانه خود را بیشتر دور کردند. در ادامه حرکت، پرتابگران ماهر و مبتدی مفصل شانه خود را دورتر و مفصل آرنج خود را خم‌تر کردند، تا جایی که پرتابگر ماهر زاویه مفصل شانه خود را در انتهای این فاز به $۷۷/۶۰$ درجه و پرتابگران مبتدی به حدود $۵۸/۰۵$ درجه رساندند. پرتابگر ماهر زاویه مفصل آرنج خود را در انتهای فاز اول به حدود $۴۲/۵۱$ درجه رساند؛ درحالی‌که پرتابگران مبتدی زاویه مفصل آرنج خود را در درجه داشتند. نتایج آزمون تی تک‌نمونه‌ای نشان داد، در تمامی مراحل و متغیرهای اندازه‌گیری شده بین پرتابگران مبتدی با پرتابگر ماهر تفاوت معناداری وجود دارد (جدول شماره یک).



فاز دوم: پرتاب

پرتابگر ماهر زاویه $۷۷/۶۰$ درجه‌ای در مفصل شانه و $۴۲/۵۱$ درجه‌ای در مفصل آرنج داشت؛ درحالی‌که پرتابگران مبتدی زاویه‌ای $۵۸/۰۵$ درجه در مفصل شانه و $۸۰/۰۳$ درجه در مفصل آرنج داشتند این نشان‌دهنده تفاوت نسبی در ابتدای مرحله دوم پرتاب در پرتابگران ماهر و مبتدی است. این نتایج نشان می‌دهد، پرتابگران مبتدی در ابتدای مرحله دوم پرتاب مفصل آرنج خود را نسبت به پرتابگر ماهر بیشتر خم کرده و مفصل شانه خود را بیشتر دور کردند که با شرایط آن‌ها در ابتدای حرکت مشابه بود. در ادامه حرکت، پرتابگران ماهر و مبتدی مفصل شانه خود را دورتر و مفصل آرنج خود را بازتر کردند، تا جایی که پرتابگر ماهر زاویه مفصل شانه خود را در انتهای این فاز به $۱۰۲/۰۱$ درجه و پرتابگران مبتدی به حدود $۶۹/۰۱$ درجه رساندند. پرتابگر ماهر زاویه مفصل آرنج خود را در انتهای فاز اول به حدود $۱۷۷/۰۳$ درجه رساند؛ درحالی‌که پرتابگران مبتدی زاویه‌ای در حدود $۱۱۰/۲۸$ درجه داشتند. نتایج آزمون تی تک‌نمونه‌ای نشان داد، در تمامی مراحل و متغیرهای اندازه‌گیری شده بین پرتابگران مبتدی با پرتابگر ماهر تفاوت معناداری وجود داشت (جدول شماره یک).

خطای حرکت (NoRM-D)

نمره خطای به‌دست‌آمده از پرتابگران مبتدی نشان‌دهنده تفاوت بسیار زیاد الگوی حرکت پرتاب دارت پرتابگران مبتدی با پرتابگر ماهر است. درواقع، نتایج فرمول NoRM-D نشان داد، عدد خطای الگوی حرکت پرتابگران مبتدی برابر با $۵۷/۱۵$ است. طبق پژوهش‌های قبلی، عدد خطای کمتر از ۲۰ نشان‌دهنده اجرای نسبتاً مشابه با اجراکننده ماهر است ($۲۳-۲۰$ ، ۱۳)؛ بنابراین می‌توان بیان کرد تفاوت بسیار زیادی بین اجرای پرتابگران مبتدی با پرتابگر ماهر وجود دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر، بررسی و توصیف هماهنگی درون‌عضوی مفاصل شانه-آرنج در اجرای مهارت پرتاب دارت با تأکید بر فازهای مختلف حرکت در پرتابگر ماهر و همچنین مقایسه آن با پرتابگران مبتدی بود. نمودارهای زاویه-زاویه و داده‌های سینماتیکی نشان دادند، تفاوت نسبتاً آشکاری بین پرتابگران ماهر و مبتدی در هماهنگی درون‌عضوی مفاصل شانه-آرنج وجود داشت. از لحاظ الگوی حرکتی، این تفاوت‌ها در هر دو فاز حرکتی مشهود بود.



در وضعیت ایستایی ابتدایی حرکت، تفاوت نسبتاً زیادی بین پرتابگران ماهر و مبتدی مشاهده شد که عمدتاً به زاویه مفصل شانه مربوط بود. پرتابگران مبتدی در حالت ایستای اولیه مفصل شانه خود را نسبت به پرتابگر ماهر بیشتر دور کردند. این امر ممکن است به این علت باشد که پرتابگر ماهر به دلیل مهارت قوی سعی در قراردادن بدن در موقعیتی آسوده‌تر و برقراری تعادل بهتر بین مفاصل دست پرتاب‌کننده در ابتدای حرکت داشته است (۱۹، ۱۸، ۳). همچنین ممکن است پرتابگر ماهر با نزدیک‌تر نگه داشتن بازو به بدن سعی در ایجاد انقباض کمتر در عضلات شانه و بازو و در نتیجه صرف انرژی کمتر در ابتدای حرکت داشته است؛ درحالی‌که پرتابگران مبتدی چنین اقتصاد حرکتی را رعایت نکردند (۱۹، ۱۸). همچنین پرتابگران مبتدی آرنج خود را بیشتر از پرتابگر ماهر خم کرده بودند. پرتابگر ماهر آرنج خود را در زاویه مناسب (۱۷۵ درجه) قرار داده بود؛ زیرا این زاویه کمک می‌کند که ساعد مسافت بیشتری را در مرحله بازگشت طی کند و در نتیجه سرعت و شتاب زاویه‌ای بیشتری داشته باشد. این امر کمک می‌کند که در مرحله پرتاب ساعد سرعت و شتاب زاویه‌ای بیشتری داشته باشد (۱۹، ۱۸). نتایج آمار استنباطی نیز نشان داد، پرتابگران مبتدی تفاوت معناداری با پرتابگر ماهر در زوایای شانه و آرنج (هماهنگی درون‌عضوی شانه-آرنج) در حالت ایستایی ابتدایی داشتند.

پس از بررسی مرحله ایستای اولیه، به بررسی ادامه حرکت تا انتهای فاز اول (بازگشت) می‌پردازیم. در این مرحله، پرتابگر دست خود را برای آماده‌سازی به منظور پرتاب دارت به سمت عقب حرکت می‌دهد. نتایج نشان داد، در این مرحله، پرتابگران ماهر و مبتدی مفصل شانه خود را دورتر کرده و مفصل آرنج خود را خم‌تر کردند، تا جایی که پرتابگر ماهر زاویه مفصل شانه خود را در انتهای این فاز به ۷۷ درجه و پرتابگران مبتدی به ۵۸ درجه رساندند. همچنین پرتابگر ماهر زاویه مفصل آرنج خود را در انتهای فاز اول به ۴۲ درجه رساند؛ درحالی‌که پرتابگران مبتدی زاویه‌ای ۸۰ درجه داشتند. در این مرحله که قبل از مرحله افزایش شتاب بازو برای پرتاب دارت اجرا می‌شود، پرتابگر ماهر در مقایسه با پرتابگران مبتدی بازوی خود را نسبت به بدن بیشتر دور کرده است. دلیل احتمالی این است که پرتابگر ماهر با دور کردن بازو از بدن درصدد ایجاد نیروی بیشتری در دست خود برای پرتاب دارت با شتاب بیشتری به سمت هدف بوده است؛ درحالی‌که پرتابگران مبتدی به دلیل نداشتن تجربه و آشنان بودن با مهارت فقط درصدد اجرای مهارت بدون در نظر گرفتن سرعت و شتاب دارت به سمت هدف بودند (۱۹، ۱۸، ۳). به علاوه، پرتابگر ماهر در مقایسه با پرتابگران مبتدی آرنج خود را بیشتر خم کرده است. در اینجا نیز دلیل احتمالی این است که پرتابگر ماهر با خم کردن بیشتر آرنج درصدد ایجاد نیروی بیشتری در دست خود برای پرتاب دارت با شتاب بیشتری به سمت هدف بوده است؛ درحالی‌که پرتابگران مبتدی آرنج خود را کمتر خم کرده بودند (حدود ۴۰ درجه کمتر) که می‌تواند به دلیل



نداشتن تجربه و آشنایی با مهارت باشد (۱۹، ۱۸، ۳). نتایج آزمون استنباطی نشان داد، در مرحله بازگشت، بین پرتابگران مبتدی با ماهر در تمامی زوایای ابتدایی و انتهایی در مفاصل شانه و آرنج تفاوت معناداری وجود داشت.

در طی اجرای فاز دوم (پرتاب)، پرتابگر دست خود را به سمت هدف حرکت می‌دهد و در نهایت دارت را به سمت هدف پرتاب می‌کند. در این مرحله، پرتابگران ماهر و مبتدی مفصل شانه خود را دورتر کرده و مفصل آرنج خود را بازتر کردند، تا جایی که پرتابگر ماهر زاویه مفصل شانه خود را در انتهای این فاز به ۱۰۲ درجه و پرتابگران مبتدی به ۶۹ درجه رساندند. همانند مرحله قبلی، در این مرحله نیز پرتابگر ماهر در مقایسه با پرتابگران مبتدی بازوی خود را نسبت به بدن بیشتر دور کرده است (پرتابگران مبتدی زاویه شانه را ۳۳ درجه کمتر دور کرده بودند). دلیل احتمالی این است که پرتابگر ماهر می‌خواسته است نیروی بیشتری در دست خود ایجاد کند تا دارت را با شتاب بیشتری به سمت هدف پرتاب کند؛ درحالی‌که پرتابگران مبتدی این کار را انجام ندادند (۱۹، ۱۸، ۳). در ارتباط با مفصل آرنج، نتایج نشان داد در این مرحله، پرتابگران ماهر و مبتدی مفصل آرنج خود را بازتر کردند؛ به طوری که پرتابگر ماهر زاویه مفصل آرنج خود را در انتهای فاز اول به ۱۷۷ درجه رساند؛ درحالی‌که پرتابگران مبتدی زاویه ۱۱۰ درجه‌ای داشتند. این نتایج حاکی است که پرتابگر ماهر مفصل آرنج خود را در مقایسه با پرتابگران مبتدی بسیار بازتر کرده است (۱۷۷ درجه در برابر ۱۱۰ درجه که نشان‌دهنده تفاوت بسیار زیاد پرتابگر ماهر با پرتابگران مبتدی است). پرتابگر ماهر احتمالاً این کار را برای پرتاب دارت با شتاب بیشتر به سمت هدف انجام داده است. نتایج آزمون استنباطی نشان داد، در مرحله بازگشت، بین پرتابگران مبتدی با ماهر در تمامی زوایای ابتدایی و انتهایی در مفاصل شانه و آرنج تفاوت معناداری وجود داشت.

پژوهش‌های زیادی درباره بررسی تفاوت‌های افراد ماهر و مبتدی با تأکید بر فازهای مختلف حرکت انجام نشده‌اند، اما نتایج این پژوهش با نتایج پژوهشی که این موضوع را بررسی کرده است، همخوانی دارد. در پژوهش حاضر از یک مهارت حرکتی پرتابی استفاده شد. در پژوهشی که تفاوت‌های افراد ماهر و مبتدی را در یک مهارت پرتابی (پرتاب بیسبال) بررسی کرده بود، قربانی و بوند^۱ نشان دادند، تفاوت نسبتاً آشکاری بین پرتابگران ماهر و مبتدی در هم‌هنگی درون‌عضوی مفاصل شانه-آرنج به خصوص در فازهای ابتدایی مهارت پرتاب بیسبال وجود دارد (۴). همچنین تفاوت در خور ملاحظه‌ای

1. Bund



بین پرتابگران مبتدی با پرتابگر ماهر در زوایای ابتدایی، انتهایی و حداقل و حداکثر زاویه ایجادشده در مفاصل شانه و آرنج در فازهای مختلف حرکت وجود داشت (۴). توجه به این نکته مهم است که مهارت‌های پرتاب دارت و پرتاب بیسبال تفاوت‌های عمده‌ای دارند؛ به‌عنوان مثال، پرتاب دارت مهارتی تک‌اندامی است (دست پرتاب‌کننده درگیر حرکت می‌شود)؛ درحالی‌که پرتاب بیسبال مهارتی چنداندامی است (اندام‌های فوقانی و تحتانی درگیر حرکاتند)؛ با این حال، هر دوی این مهارت‌ها جزو مهارت‌های پرتابی هستند و زمانی که دست پرتاب‌کننده تحلیل سینماتیکی می‌شود، مشابهت‌هایی دیده می‌شود؛ به‌عنوان مثال، تفاوت‌های پرتابگران ماهر و مبتدی در زوایای مفاصل شانه و آرنج در مهارت پرتاب بیسبال نشان‌دهنده مکانیک دقیقی است که پرتابگر ماهر برای افزایش شتاب پرتاب توپ به سمت هدف استفاده می‌کند (۴). در پژوهش حاضر نیز نتایج نشان داد، پرتابگر ماهر مکانیک خاصی برای شتاب‌بخشیدن به دارت در زمان پرتاب استفاده می‌کند که این مکانیک حرکتی توسط پرتابگران مبتدی اجرا نشده بود.

نتایج به‌دست‌آمده از فرمول خطای حرکتی (NoRM-D) نیز تاییدکننده تفاوت بسیار زیاد پرتابگران ماهر و مبتدی در مهارت پرتاب دارت بود. در پژوهش حاضر، میانگین نمره خطای به‌دست‌آمده از پرتابگران مبتدی برابر با ۵۷ بود. در محاسبات خطای حرکت، پژوهش‌های قبلی (هورن^۱ و همکاران، ۲۰۰۵؛ برسلین^۲ و همکاران، ۲۰۰۵، ۲۰۰۶؛ قربانی و بوند، ۲۰۱۷) اشاره کردند، عدد خطای کمتر از ۲۰ نشان‌دهنده اجرای نسبتاً مشابه فرد مبتدی با اجراکننده ماهر است. این پژوهش‌ها عمدتاً تأثیرات مشاهده‌الگوی حرکت بر یادگیری یک مهارت ورزشی مانند پرتاب بیسبال، پرتاب سافتبال و شوت فوتبال را بررسی کرده بودند. در این پژوهش‌ها تفاوت الگوی حرکتی اجراشده توسط یادگیرندگان با الگوی حرکتی اجراشده توسط فرد ماهر به‌صورت سینماتیکی و با استفاده از فرمول NoRM-D بررسی شده بود. در پژوهش حاضر، با توجه به عدد خطای به‌دست‌آمده یعنی ۵۷ می‌توان بیان کرد، تفاوت بسیار زیادی بین اجرای پرتابگران مبتدی با پرتابگر ماهر وجود داشت. در واقع، عدد خطای به‌دست‌آمده در این پژوهش تأییدکننده نتایج درباره متغیر هماهنگی درون‌عضوی مفاصل شانه-آرنج است (۲۰-۲۳).

به‌طور خلاصه، پژوهش حاضر هماهنگی درون‌عضوی و خطای حرکتی دست پرتاب‌کننده (مفاصل شانه-آرنج) در اجرای مهارت پرتاب دارت را با تأکید بر فازهای مختلف در پرتابگران ماهر و مبتدی بررسی کرد. نتایج نشان داد، تفاوت‌های زیادی بین پرتابگران مبتدی با پرتابگر ماهر در زوایای ابتدایی

1. Horn
2. Breslin



و انتهای ایجاد شده در مفاصل شانه و آرنج در حالت ایستای اولیه و فازهای مختلف حرکت وجود دارد. این نتایج نشان دهنده تفاوت‌های عمده بین پرتابگران ماهر و مبتدی در اجرای مهارت پرتاب دارت است. نتایج پژوهش ملاحظات کاربردی نیز دارد. با شناخت تفاوت‌های بین پرتابگران مبتدی با پرتابگر ماهر، مربیان دارت می‌توانند راهکارهای تکنیکی برای بهبود عملکرد پرتابگران مبتدی ارائه دهند. همچنین با توجه به الگوی صحیح فضایی-زمانی ارائه شده برای این مهارت به‌وسیله پرتابگر ماهر، پرتابگران مبتدی می‌توانند با استفاده از این الگو از خطاهای احتمالی در طی اجرای مهارت پرتاب دارت جلوگیری کنند. در نهایت، به‌عنوان محدودیت این پژوهش می‌توان به تعداد نسبتاً کم پرتابگران مبتدی اشاره کرد. پیشنهاد می‌شود، پژوهشگران آینده با بررسی تعداد بیشتری از پرتابگران مبتدی به بررسی دقیق‌تر تفاوت‌های پرتابگران ماهر و مبتدی بپردازند. محدودیت دیگر این پژوهش، بررسی نشدن سرعت و شتاب زاویه‌ای در مفاصل بررسی شده بود. پیشنهاد می‌شود، پژوهشگران آینده دیگر ویژگی‌های سینماتیکی مانند سرعت و شتاب زاویه‌ای و همچنین زمان‌بندی اجرای مهارت پرتاب دارت را نیز در پرتابگران ماهر و مبتدی بررسی کنند. در این پژوهش از فقط یک فرد ماهر به‌عنوان الگو استفاده شد. الگوی حرکتی اجرا شده توسط افراد می‌تواند تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله شکل اختصاصی الگوی آموخته‌شده، آنتروپومتریک فرد، شکل مفاصل و طول اندام‌ها قرار گیرد؛ از این‌رو نتایج پژوهش حاضر می‌باید با در نظر گرفتن این محدودیت تفسیر شود. در مطالعات آینده می‌باید از افراد ماهر بیشتری به‌عنوان الگو استفاده شود تا نتایج قابلیت تعمیم‌پذیری بیشتری داشته باشد.

منابع

1. Smirnov AS, Alikovskaia TA, Ermakov PN, Khoroshikh PP, Fadeev KA, Sergievich AA, et al. Dart throwing with the open and closed eyes: kinematic analysis. *Computational & Mathematical Methods in Medicine*. 2019;4217491.
2. Nasu D, Matsuo T, Kadota K. Two types of motor strategy for accurate dart throwing. *PLoS ONE*. 2014;9(2): e88536.
3. Nakagawa J, A Q, Ishikawa Y, Oka H, Takakusaki K, Yamakawa H, et al. Analysis of human motor skill in dart throwing motion at different distance. *SICE Journal of Control, Measurement, & System Integration*. 2015;8(1):79-85.
4. Ghorbani S, Bund A. Comparing intra limb coordination and timing of performing a Baseball--pitch in skilled and unskilled pitchers with emphasis on different movement phases. *Motor Behavior*. 2019;10(34):29-48. (In Persian).
5. Rajabi R, Mohammadpour S. The relationship between sagittal plane kinematics of trunk, knee and anterior tibial shear force during single-leg landing. *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences*. 2014;19(2):47-56. (In Persian).



6. Hejazi Dinan P, Farahmann F, Mokhtarzadeh Salmasi H, Rezaeean H. Kinematic analysis of the Mae-Geri technique in Karate. *Research in Sports Rehabilitation*. 2013;1(1):21-32. (In Persian).
7. EntezariKhorasani Z, Farsi A, VaezMousavi M K, Abdoli B. The effect of skilled and learning model on accuracy and dynamic characteristics acquisition of Basketball free throw skill. *Motor Behavior*. 2018;10(31):65-82. (In Persian).
8. Asadi A, Farsi A R, Abdoli B. Effect of increasing the distance of an external focus of attention on performance and kinematic of horizontal jump in skilled athletes. *Motor Behavior*. 2016;8(23):65-78. (In Persian).
9. Fazeli D, Moradi N. The effect of task constraint on learning of movement pattern and parameter during observational learning. *Motor Behavior*. 2017;8(26):17-34. (In Persian).
10. Tanabe H, Fujii K, Kouzaki M. Inter- and intra- lower limb joint coordination of non-expert classical ballet dancers. *Human Movement Science*. 2014; 34:41-56.
11. Bund A, Ghorbani S, Rathjens F. A three-dimensional movement analysis of the spike in Fistball. *Sports*. 2016;4(4):55.
12. Farsi A, Bahmanbegloo Z, Abdoli B, Ghorbani S. The effect of observational practice by a point-light model on learning a novel motor skill. *Perceptual & Motor Skills*. 2016;123(2):477-88.
13. Ghorbani S, Bund A. Observational learning of a new motor skill: the effect of highlighting relative motion information. *International Journal of Sports Science & Coaching*. 2016;15(4):514-22.
14. Dillman C J, Fleisig G S, Andrews J R. Biomechanics of pitching with emphasis upon shoulder kinematics. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1993; 18:402-8.
15. Egret CI, Nicolle B, Dujardin FH, Weber J, Chollet D. Kinematic analysis of the golf swing in men and women experienced golfers. *International Journal of Sports Medicine*. 2006;27(6):463-7.
16. Juárez D, Mallo J, De Subijana C, Navarro E. Kinematic analysis of kicking in young top-class soccer players. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*. 2011;51(3):366-73.
17. Serrien B, Ooijen J, Goossens M, Baeyens JP. A motion analysis in the volleyball spike-Part 1: three-dimensional kinematics and performance. *International Journal of Human Movement & Sports Sciences*. 2016; 4:70-82.
18. Obayashi C, Tamei T, Imai A, Shibata T. Comparison of experts and non-experts in throwing darts based on optimization criteria. *2009 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. 2009. pp. 2647-65.
19. Tamei T, Obayashi C, Shibata T. Throwing darts utilizes the interaction torque of the elbow joint. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. 2011; 2011:1283-6.
20. Horn RR, Williams AM, Scott MA, Hodges NJ. Visual search and coordination changes in response to video and point-light demonstrations without KR. *Journal of motor Behavior*. 2005;37(4):265-74.



21. Breslin G, Hodges NJ, Williams AM, Kremer J, Curran W. Modeling relative motion to facilitate intra-limb coordination. *Human Movement Science*. 2005; 24:446-63.
22. Breslin G, Hodges NJ, Williams AM, Kremer J, Curran, W. A comparison of intra- and inter-limb relative motion information in modeling a novel motor skill. *Human Movement Science*. 2006; 25:753-66.
23. Ghorbani S, Bund A. Throwing skills: Analysis of movement phases in early motor learning. *Perceptual & Motor Skills*. 2017;124(2):502-13.
24. Mullineaux DR, Bartlett RM, Bennett SJ. Research design and statistics in biomechanics and motor control. *Journal of Sports Sciences*. 2001; 19:739-60.

استناد به مقاله

مکی رضوانه، عبدالشاهی مریم، قربانی سعید. مقایسه هماهنگی درون عضوی مهارت پرتاب دارت در پرتابگران ماهر و مبتدی: یک مطالعه سینماتیکی. رفتار حرکتی. بهار ۱۴۰۱؛ ۱۴(۴۷): ۹۲-۱۷۱. شناسه دیجیتال: 10.22089/MBJ.2021.11022.1982

Makki R, Abdoshahi M, Ghorbani S. Comparing Intra-Limb Coordination of Dart Throwing in Skilled and Novice Throwers: A Kinematic Study. *Motor Behavior*. Spring 2022; 14 (47): 171-92. (In Persian). Doi: 10.22089/MBJ.2021.11022.1982

