University of Tehran Press

Journal of
Sports and Motor Development and Learning

Online ISSN: 2676-4547

The Effect of Dart-Throwing Practice with Non-Dominant Arm on Transfer Percentage of Throwing Accuracy, Variability, and Movement Coordination of the Dominant Arm

Mahsa Gholizadeh Varaniab[✉ 1], **Mansour Eslami**[2], **Mojgan Memarmoghaddam**[3], **Masomeh Ghorbani Marzoni**[4]

1.Corresponding Author, Department of Sports Biomechanics, Faculty of Sports Sciences, University of Mazandaran, Boblsar, Iran. Email:m.gholizadeh@stu.umz.ac.ir
2. Department of Sports Biomechanics, Faculty of Sports Sciences, University of Mazandaran, Boblsar, Iran. Email: m.eslani@umz.ac.ir
3. Department of Motor Behavior, Faculty of Sports Sciences, University of Mazandaran, Boblsar, Iran. Email: mmemarmoghaddam@yahoo.com
4. Department of Motor Behavior, Faculty of Sports Sciences, University of Mazandaran, Boblsar, Iran. Email:ghorbani.m@umz.ac.ir

Article Info

Article type: Research

Article history:
Received:
2 February 2024
Received in revised form:
18 April 2024
Accepted : Accepted:
30 April 2024
Published online :
21 December 2024

Keywords:
Transfer Percentage, Coordination, Non-Dominant Arm, Throwing Accuracy, Variability.

ABSTRACT

Introduction: This study aimed to investigate the effect of dart-throwing training with the non-dominant arm on the transfer percentage of dart-throwing accuracy, variability, and movement coordination of the dominant arm.

Methods: In a Quasi-experimental design, 24 eligible students were randomly assigned to experimental and control groups. During 12 sessions, the experimental group threw darts with the non-dominant arm in five blocks of 10 trials, and the control group did not practice. The Noraxon IMU device was used to check the coordination and variability of the limb in the pre-test and post-test, and the radial error criterion was used to measure the accuracy. Variability and coordination data were analyzed using the SPM programming model in the MATLAB environment, and a two-way repeated measures ANOVA was used to analyze behavior data at a significance level of 0.05.

Results: Radial error had a significant decrease of 27% (P=0.002) and the movement variability of the dominant arm showed a significant reduction in the range of 20 to 50% of movement after training (P<0.05); However, there was no significant difference in movement coordination in the experimental group after the training sessions (P>0.05). As a result, the transfer percentage of dart-throwing accuracy increased in the experimental group.

Conclusion: This research showed the transition from the non-dominant to the dominant limb. The accuracy of throwing darts in the dominant arm increased, which was accompanied by a decrease in the movement variability of the participant's dominant arm. Therefore, coaches and therapists are advised to prevent a decline in individuals' performance by training non-dominant limbs in case of dominant limb injury.

Cite this article: Gholizadeh Varaniab, M., Eslami, M., Memarmoghaddam, M. & Ghorbani Marzoni, M. (2024). The Effect of Dart-Throwing Practice with Non-Dominant Arm on Transfer Percentage of Throwing Accuracy, Variability and Movement Coordination of the Dominant Arm. *Journal of Sports and Motor Development and Learning*, 16 (4), 53-68.

DOI:https://doi.org/10.22059/jsmdl.2024.371964.1764.

Journal of Sports and Motor Development and Learning by University of Tehran Press is licensed under CC BY-NC 4.0| web site: https://jsmdl.ut.ac.ir/ | Email: jsmdl@ut.ac.ir.

© The Author(s). Publisher: University of Tehran Press.

University of Tehran Press

Journal of
Sports and Motor Development and Learning

Online ISSN: 2676-4547

Extended Abstract

Introduction

The effect of a dart-throwing training program with the non-dominant arm on the accuracy, variability, and movement coordination of the dominant arm has not yet been investigated. The current study aimed to examine the effect of a 12-session dart-throwing training program with the non-dominant arm on throwing accuracy, as well as the variability, and movement coordination of the elbow-wrist coupling movement of the dominant arm in young female students.

Methods

24 female volunteer students were randomly assigned into two groups. Four IMU sensors (Noraxon, USA) were attached to the C7 vertebra on the right side of the neck region, the distal end of the arm bone, the distal end of the ulnar bone, and the wrist to measure joint angles. The experimental group performed 12 sessions (3 sessions per week) of dart-throwing training with the non-dominant arm (left arm). Participants in each training session performed dart-throwing in 5 blocks of 10 trials each, with 10 to 30-second rest intervals between the trials. The control group did not engage in any specific dart-throwing training. Data were collected from the control and experimental groups, and ten dart throws were made using the right arm. The accuracy of throws was measured by calculating radial error; furthermore, the vector coding technique was used to determine the coordination and variability of the elbow-wrist movement of the dominant arm. The two-way repeated measures ANOVA and the statistical parametric mapping (SPM) programming model in the MATLAB environment were conducted to test the research hypotheses at a significance level of 0.05.

Results

A significant decrease was observed in radial error in the experimental group (27%; $P=0.002$), while no significant change was observed in the control group between pre-test and post-test conditions ($P<0.05$). The finding showed that the training with the non-dominant arm increased transferred dart-throwing accuracy to the dominant arm by about 15.83% from pre-test to post-test. Elbow-wrist coordination variability in the dominant arm was less in the pre-test phase when compared to the post-test during the range of 20 to 50% of the throwing phase ($P<0.05$). The results showed no significant difference in elbow-wrist movement coordination in the experimental group after the exercise sessions ($P>0.05$).

Conclusion

According to the transfer principle, results showed that dart-throwing training with the non-dominant arm led to skill transfer from the non-dominant arm to the dominant arm. The 12 training sessions with the non-dominant arm increased dart-throwing accuracy in the dominant arm. This increase in accuracy was accompanied by a significant decrease in elbow-wrist coordination variability in the 20 to 50% movement cycle. Therefore, it is recommended that coaches and therapists prevent performance decline in individuals with injuries in their dominant arm by training the non-dominant arm. Additionally, training the non-dominant arm can positively affect the performance of the dominant arm.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines: The Research Ethics Committee of the University of Mazandaran approved the conduct of ethical standards in the research. Ethical code: IR.UMZ.REC.1402.020.

Funding: This research did not receive any financial support.

Authors' contribution: All authors contributed equally.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments: We would like to express our gratitude to all the students who cooperated with us in this study and the language editor who edited this extended abstract.

رشد و یادگیری حرکتی و ورزشی
شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۴۵۴۷
انتشارات دانشگاه تهران

تأثیر تمرین پرتاب دارت با دست غیربرتر بر درصد انتقال دقت پرتاب، تغییرپذیری و هماهنگی حرکتی دست برتر

مهسا قلی‌زاده ورنیاب[۱]✉، منصور اسلامی[۲]، مژگان معمارمقدم[۳]، معصومه قربانی مرزونی[۴]

۱. نویسنده مسؤول، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران. رایانامه: m.gholizadeh@stu.umz.ac.ir.
۲. گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران. رایانامه: M.eslami@umz.ac.ir
۳. گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه مازندارن، بابلسر، ایران. رایانامه: mmemarmoghaddam@yahoo.com
۴. گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه مازندارن، بابلسر، ایران. رایانامه: ghorbani.m@umz.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۱/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۱
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۰/۱

کلیدواژه‌ها:
تغییرپذیری، درصد انتقال، دست غیربرتر، دقت پرتاب، هماهنگی.

چکیده

مقدمه: هدف از این پژوهش بررسی اثر تمرین پرتاب دارت با دست غیربرتر بر درصد انتقال دقت پرتاب دارت، تغییرپذیری و هماهنگی حرکتی دست برتر بود.

روش پژوهش: در یک طرح نیمه‌تجربی، ۲۴ دانشجوی واجد شرایط به‌صورت تصادفی در گروه تجربی و کنترل قرار گرفتند. گروه تجربی طی ۱۲ جلسه در پنج دست کوشش ۱۰ تایی، پرتاب دارت با دست غیربرتر را انجام دادند و گروه کنترل تمرینی نداشتند. برای بررسی هماهنگی و تغییرپذیری اندام در پیش و پس‌آزمون از دستگاه IMU Noraxon و برای اندازه‌گیری دقت از معیار خطای شعاعی استفاده شد. داده‌های تغییرپذیری و هماهنگی با مدل برنامه‌نویسی SPM در محیط متلب و از آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری دوعاملی برای بررسی داده‌های رفتار در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌ها: خطای شعاعی کاهش معنادار ۲۷ درصدی داشت (P=۰/۰۰۲) و تغییرپذیری حرکتی دست برتر در بازهٔ ۲۰ تا ۵۰ درصدی حرکت پس از تمرین کاهش معناداری را نشان داد (P< ۰/۰۵)؛ اما هماهنگی حرکتی در گروه تجربی پس از جلسات تمرین تفاوت معناداری نداشت (P> ۰/۰۵). در نتیجه درصد انتقال دقت پرتاب دارت در گروه تجربی افزایش یافت.

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق، انتقال از اندام غیربرتر به اندام برتر را نشان داد. دقت پرتاب دارت در دست برتر افزایش یافت که با کاهش در میزان تغییرپذیری حرکتی دست برتر آزمودنی‌ها همراه بود. بنابراین به مربیان و تراپیست‌ها توصیه می‌شود در صورت آسیب اندام برتر با تمرین اندام غیربرتر از افت عملکرد افراد جلوگیری کنند.

استناد: قلی‌زاده ورنیاب، مهسا؛ اسلامی، منصور؛ معمارمقدم، مژگان و قربانی مرزونی، معصومه (۱۴۰۳). تأثیر تمرین پرتاب دارت با دست غیربرتر بر درصد انتقال دقت پرتاب تغییرپذیری، و هماهنگی حرکتی دست برتر. *نشریهٔ رشد و یادگیری حرکتی ورزشی*، (۱۶)۴، ۵۳-۶۸.
DOI:https://doi.org/10.22059/jsmdl.2024.371964.1764.

این نشریهٔ علمی رایگان است و حق مالکیت فکری خود را بر اساس لایسنس کریتیو کامنز CC BY-NC 4.0 به نویسندگان واگذار کرده است. تارنما: https://jsmdl.ut.ac.ir | رایانامه: jsmdl@ut.ac.ir

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران. © نویسندگان.

مقدمه

یادگیری حرکتی به‌عنوان آموختن رفتارهای ماهرانه به‌صورت تکرار و تجربه تعریف می‌شود. در این بین، انتقال یادگیری بخش مهمی از برنامهٔ آموزشی و تمرینی است و زمینه‌ای را برای ترتیب دادن توالی مهارت‌های ورزشکاران فراهم می‌کند (مگیل اندرسون، ۲۰۱۳). ورزشکاران در بسیاری از فعالیت‌های ورزشی نیازمند توسعه و مهارت در هر دو سمت بدن هستند. انتقال دوطرفه به‌عنوان توانایی یادگیری آسان‌تر یک مهارت خاص با یک اندام پس از یادگیری مهارت با اندام مخالف، شناخته می‌شود. انتقال ممکن است از اندام برتر[1] به غیربرتر[2] و یا از اندام غیربرتر به اندام برتر صورت بگیرد. قدرت استفاده از هر دو اندام برتر و غیربرتر، مزایای مهمی برای ورزشکاران در حین فعالیت ورزشی دارد. تمرین مداوم و منظم، اجرای درست فنون و تکنیک‌ها طی یک دورهٔ تمرینی می‌تواند سبب انتقال مهارت از اندام غیربرتر به اندام برتر شود. ورزشکاران به‌ندرت از هر دو اندام بدن در تمرینات استفاده می‌کنند. برخی تحقیقات نشان می‌دهند تمرین با اندام غیربرتر موجب تقویت عملکرد و کنترل بهتر اندام برتر و تقویت هماهنگی بین اندام‌ها می‌شود. اگر اندام برتر ورزشکار به دلایلی آسیب ببیند یا در مرحلهٔ سکون[3] یادگیری مهارت قرار گیرد، تمرین با اندام غیربرتر می‌تواند در یادگیری حرکتی و قوی‌تر شدن اندام برتر مهم باشد (امامی و همکاران، ۲۰۱۵). ازاین‌رو تمرین با اندام غیربرتر، برای جلوگیری از تحلیل عملکرد به فرد از طریق تراپیست‌ها توصیه می‌شود. قوی‌تر شدن اندام غیربرتر تمرین‌کرده موجب کارایی و کنترل بهتر مهارت توسط ورزشکار حتی در شرایط مشابه بین دو ورزشکار سبب برتری ورزشکار تمرین‌کرده می‌شود (چوو و همکاران، ۲۰۰۸؛ ری، ۲۰۱۵).

اجرای مهارت‌های ورزشی مانند ورزش‌های پرتابی نیازمند دقت است. دقت پرتاب[4] به میزان قابلیت فرد در هدف‌گیری و پرتاب به هدف مشخصی اشاره دارد. بیشتر پژوهش‌های موجود، دقت را به‌عنوان شاخصی برای سنجش انتقال در مهارت‌های پرتابی بیان کرده و آن را محاسبه می‌کنند. از طرفی، بهبود تغییرپذیری و هماهنگی از اهداف مهم برنامه‌های تمرینی و بهبود کنترل حرکتی است (چوو و همکاران، ۲۰۰۸؛ ری، ۲۰۱۵). محققان اذعان دارند که جایگاه تغییرپذیری در اجرای مهارت‌های حرکتی در ورزشکاران همیشه موضوع مورد توجه و شاخص بهبود مهارت است (قوجقی و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین تغییرپذیری[5] به‌عنوان امکان سازگار کردن مؤثر الگوهای حرکتی از موضوعات مهم در بحث انتقال است و به‌صورت تغییرات معمول اجرای حرکتی، در طول تکرارهای متعدد یک تکلیف حرکتی تعریف می‌شود (دیوید و همکاران، ۲۰۰۶). نظریه‌های مختلف دیدگاه‌های متفاوتی در خصوص تغییرپذیری حرکتی دارند؛ به‌طوری‌که نظریهٔ پردازش اطلاعات وجود تغییرپذیری در الگوی حرکتی را نتیجهٔ خطا در سیستم می‌دانند که بیان‌کنندهٔ ناتوانی برنامه‌های حرکتی به‌کاررفته در پیش‌بینی شاخص‌های مورد نیاز است (استرجیو و دکر، ۲۰۱۱). طبق نظریهٔ سنتی فیتز و پوسنر[6] و نظریهٔ پردازش اطلاعات[7]، یادگیری حرکتی شامل کاهش تدریجی تغییرپذیری و در نهایت از بین بردن آن با هدف بهینه کردن دقت و کارایی الگوهای حرکتی است (کومار و همکاران، ۲۰۱۵). بر اساس نظریهٔ برنامه‌ریزی حرکتی، کاهش تغییرپذیری با افزایش کارایی در هنگام انجام یک کار حرکتی همراه است. زمانی‌که شخص در مراحل اولیهٔ یادگیری مهارت قرار دارد، تلاش برای اجرای مهارت ممکن است که سبب افزایش تغییرپذیری شود. با دستیابی به سطوح مهارتی بالا، تغییرپذیری کاهش می‌یابد (دای و همکاران، ۲۰۱۳). ازاین‌رو عملکرد ماهرانه با کاهش تغییرپذیری حرکت همراه است (سیفرت و همکاران، ۲۰۱۳). در کنار تغییرپذیری، از شاخص هماهنگی[8] می‌توان به‌عنوان عاملی مهم در کنترل حرکتی در افزایش کارایی در مهارت‌های ورزشی نام برد. از هماهنگی می‌توان به‌عنوان استفاده از قسمت و اندام‌های مختلف بدن با یکدیگر برای انجام کار یا تکلیفی ویژه و همچنین به‌کارگیری درجات آزادی مناسب در مفاصل درگیر یاد کرد (دلینگا و همکاران، ۲۰۰۸؛ پاواو و همکاران، ۲۰۱۹) که در اثر تمرین، هماهنگی حرکتی افزایش می‌یابد. هماهنگی به مجموعه‌ای از ارتباطات موزون پیام‌های عصبی و عملکردهای عضلانی بستگی دارد (رابرتسون و همکاران، ۲۰۱۳).

---

1. Dominant
2. Non-Dominant
3. Flatt
4. Accuracy Throwing
5. Variability
6. Fitts and Posner
7. Information processing theory
8. Coordination

تحقیقات محدودی در خصوص انتقال از اندام غیربرتر به برتر صورت گرفته است. بر اساس جست‌وجوی انجام‌گرفته تحقیقی در این حوزه بر سازوکارهای زیربنایی کنترل حرکت مانند هماهنگی و تغییرپذیری صورت نگرفته است. اما تحقیقات محدودی به بررسی انتقال دوطرفه از اندام غیربرتر به اندام برتر پرداخته‌اند. از جمله در پژوهشی به بررسی اثر ۱۶ جلسه تمرین با پای غیربرتر و انتقال مهارت در تکالیف فوتبال در۲۴ دانش‌آموز ۱۰ سالهٔ بی‌تجربه پرداخته شد. تکالیف شامل دریبل و ضربه زدن به هدف با کسب امتیاز بود. نتایج تأثیر مثبت تمرینات را در انتقال از اندام غیربرتر به اندام برتر نشان داد (بوژکارت و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین در پژوهش دیگری اثر شش هفته تمرین چاپستیک با دست غیربرتر در بین ۳۲ دانشجوی دختر بررسی شد. نتایج نشان داد که شش هفته تمرین چاپستیک با دست غیربرتر به‌طور مؤثر، عملکرد چاپستیک را بهبود می‌بخشد (ساوامورا و همکاران، ۲۰۱۹). در تحقیق کومار و همکاران (۲۰۰۵) اثر تمرین با دست غیربرتر در فعالیت ترسیم آینه در بزرگسالان و سرعت و دقت در اجرا بررسی شد و نتایج نشان داد که انتقال از دست غیربرتر به دست برتر رخ داد. رفیعی و همکاران (۲۰۱۰) نیز در پژوهش خود به بررسی انتقال پرتاب دارت در دانشجویان پسر مبتدی طی شش جلسه تمرینی پرداختند؛ بر اساس امتیاز کسب‌شده و خطای شعاعی و خطای دوبعدی و متغیر و سوگیری، نتایج نشان داد که انتقال حرکتی از اندام غیربرتر به برتر بیشتر رخ می‌دهد.

به‌طور کلی، تحقیقات محدود موجود در زمینهٔ انتقال از اندام غیربرتر به برتر، اغلب نشان داده‌اند که انتقال رخ می‌دهد. با این حال نتایج به‌دست‌آمده درصد انتقال را صرفاً از طریق فرمول و بر اساس آزمون‌های میدانی بررسی کرده‌اند که احتمال خطای انسانی نیز همیشه در این نوع اندازه‌گیری‌ها وجود دارد. به‌نظر می‌رسد تغییرات اصلی سینماتیک حرکتی در اندام برتر در اثر تمرین اندام قرینهٔ غیربرتر هنوز ناشناخته مانده است. بررسی سازوکارهای زیربنایی مانند تغییرپذیری و هماهنگی حرکت بر اثر تمرین اندام غیربرتر با استفاده از ابزارهای دقیق اندازه‌گیری بیومکانیکی جهت مشاهده و تجزیه‌وتحلیل اطلاعات، به‌منظور دستیابی به نتایج دقیق‌تر، ضروری است. در واقع با فهم تغییرات در الگوی متغیرهای اصلی سینماتیک، ممکن است به عامل اصلی افزایش دقت در اجرای یک مهارت پی برد. بر اساس جست‌وجوی انجام‌گرفته، پژوهشی در زمینهٔ بررسی سازوکارهای زیربنایی مانند تغییرپذیری و هماهنگی در انتقال مهارت از اندامی به اندام دیگر، یافت نشد. بررسی صحت نتایج میدانی از طریق بررسی‌های دقیق بیومکانیکی می‌تواند نتایج بهتر و باکیفیت‌تری را در اختیار محققان و مربیان قرار دهد. ازاین‌رو هدف این پژوهش بررسی ۱۲ جلسه تأثیر تمرین پرتاب دارت با دست غیربرتر بر درصد انتقال دقت پرتاب، تغییرپذیری و هماهنگی حرکت آرنج_مچ در دست برتر دختران دانشجوست.

روش‌شناسی پژوهش

شرکت‌کنندگان

تحقیق حاضر نیمه‌تجربی است. جامعهٔ آماری دانشجویان دختر دانشگاه مازندران در دامنهٔ سنی ۱۸–۲۵ سال بودند. طبق معیارهای ورود به تحقیق که شامل راست‌دست بودن، آشنایی نبودن با مهارت پرتاب دارت (رفیعی و همکاران، ۲۰۱۰) و دامنهٔ سنی ۱۸–۲۵ سال بود، ۲۴ دانشجوی داوطلب انتخاب و پس از پر کردن برگهٔ رضایت‌نامه و به‌طور تصادفی به دو گروه ۱۲ نفره تقسیم شدند (بوژکارت و همکاران، ۲۰۲۰).

دامنهٔ سنی گروه تجربی ۲/۷۷ ± ۲۱/۹۰ سال و کنترل ۱/۶۰ ± ۲۰/۷۱ سال بود. گروه تجربی در ۱۲ جلسه تمرین پرتاب دارت با دست غیربرتر شرکت کرد و گروه کنترل در این بازهٔ زمانی هیچ‌گونه تمرین هدفمند ورزشی را دنبال نکرد. همهٔ شرکت‌کنندگان برگهٔ رضایت‌نامه را تکمیل کردند. مجوز اخلاقی تحقیق از سوی دانشگاه مازندران (کمیتهٔ اخلاق در پژوهش) با کدIR.UMZ.REC.1402.020 تأیید شد.

ابزار پژوهش

حسگر IMU

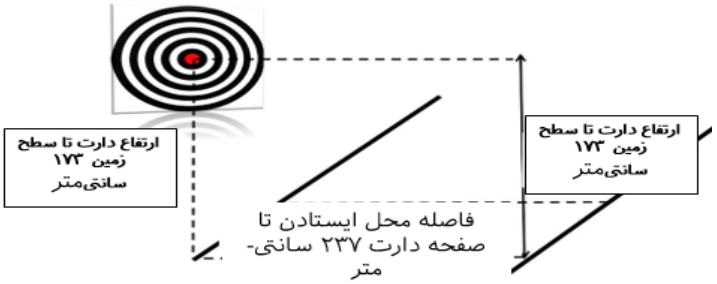
حسگرهای حرکتی سیستم آنالیز حرکت سه‌بعدی IMU[1] وسیله‌ای است که در به‌دست آوردن اندازه‌گیری برای ارزیابی سینماتیک به ما کمک می‌کنند. از حسگرهای IMU شرکت نوراکسون ساخت آمریکا برای اندازه‌گیری زوایای مفاصل مچ، آرنج و شانه استفاده شد. برای انجام آزمون و اندازه‌گیری زوایای مفصلی چهار حسگر IMU در سمت راست به نقاط زائدهٔ گردنی C۷، انتهای استخوان بازو، انتهای دیستال استخوان اولنا و مچ دست، چسبانده شد (شکل ۱). از هر دو گروه کنترل و تجربی، با انجام ۱۰ پرتاب دارت با دست‌راست داده‌ها جمع‌آوری شد (لیو و همکاران، ۲۰۰۵؛ بقائیان و همکاران، ۲۰۱۸).

شکل ۱. آزمودنی و سنسورهای متصل‌شده

صفحه دارت

صفحهٔ دارت، دایره‌ای به قطر ۱۰۰ سانتی‌متر بود. مرکز سیبل با ارتفاع استاندارد بین‌المللی در ارتفاع ۱۷۳ سانتی‌متری از سطح زمین قرار داشت و محل پرتاب با نوارچسب در فاصلهٔ ۲۳۷ سانتی‌متری از سیبل مشخص شد (امانوئل و همکاران، ۲۰۰۸). از صفحهٔ سفید برای نشانه‌گذاری جهت محاسبهٔ دقت پرتاب و مختصات پرتاب‌ها استفاده شد. پرینت صفحهٔ دارت به‌منظور جلوگیری از پرت شدن حواس شرکت‌کنندگان روی صفحهٔ سفید نیز چسبانده شد (شکل ۲).

[1]. Inertial Measurement Units



شکل ۲. فواصل و محل قرار گیری صفحهٔ دارت تا محل ایستادن جهت پرتاب دارت

پرسشنامه

پرسشنامهٔ دست برتری چاپمن_ چاپمن (۱۹۸۷) برای تشخیص دست برتری و به‌منظور کسب رضایت برای شرکت در تحقیق از شرکت‌کنندگان گرفته شد (اکبری و همکاران، ۲۰۱۲).

روند اجرای پژوهش

آزمون شامل دو مرحلهٔ پیش و پس‌آزمون بود. گروه تجربی به مدت ۱۲ جلسه (شامل سه جلسه در هفته) تمرین پرتاب دارت با دست غیربرتر (دست چپ) انجام دادند. آزمودنی‌ها در هر جلسهٔ تمرین، پرتاب دارت را در پنج دست کوشش ده‌تایی انجام دادند. بین هر دست با فواصل زمانی بین ۱۰ تا ۳۰ ثانیه استراحت کردند (رفیعی و همکاران، ۲۰۱۰؛ چوو و همکاران، ۲۰۰۸). گروه تجربی جلسات تمرین دارت با دست غیربرتر را به‌صورت اختصاصی در سالن ورزشی دانشگاه انجام دادند. در ابتدا داده‌های پیش‌آزمون از آزمودنی‌ها گرفته شد، پس از جلسات تمرین مجدداً از آزمودنی‌ها در شرایط مشابه پس‌آزمون گرفته شد. گروه کنترل هیچ‌گونه تمرین خاص مربوط به پرتاب دارت را انجام نمی‌دادند. صفحهٔ دارت به مرکز یک هدف دایره‌ای به قطر ۱۰۰ سانتی‌متر بود. مرکز سیبل با ارتفاع استاندارد بین‌المللی در ارتفاع ۱۷۳ سانتی‌متری از سطح زمین قرار داشت و در فاصلهٔ ۲۳۷ سانتی‌متری از سیبل مشخص شد (شکل ۲).

برای محاسبهٔ دقت از معیار خطای شعاعی استفاده شد. خطای شعاعی میانگین انحراف مختصات تیر دارت در نقطهٔ اصابت‌شده از مرکز هدف را بیان می‌کند که هرچه این مقدار کم باشد، نشان‌دهندهٔ دقت بالاست (امانوئل و همکاران، ۲۰۰۸) (رابطهٔ ۱).

$$RE^{1} = \sqrt{X^2 + Y^2}$$ رابطهٔ ۱)

خطای شعاعی=RE / مختصات افقی تیر پرتاب‌شده=X / مختصات عمودی تیر پرتاب‌شده=Y

به‌منظور تعیین درصد انتقال، نمرات پیش و پس‌آزمون خطای شعاعی پرتاب هریک از افراد جمع‌آوری شد. سپس میزان درصد انتقال رخداده (رابطهٔ ۲) محاسبه شد:

[1]. Radial Error

رابطهٔ ۲) $$\text{درصد انتقال} = \left(\frac{\text{پیش آزمون خطای شعاعی} - \text{پس آزمون خطای شعاعی}}{\text{پیش آزمون خطای شعاعی} + \text{پس آزمون خطای شعاعی}}\right) \times 100$$

درصد انتقال اگر مثبت باشد مقدار انتقال بیشتر است، در صورت منفی شدن درصد انتقال بیانگر این است که انتقالی رخ نداده است و درصورتی‌که مقدار صفر شود، بیانگر این است که بی‌تمرینی از تمرین کردن بهتر است (مگیل و اندرسون، ۲۰۱۳).

دستگاه نوراکسون زوایای نسبی آرنج_مچ را محاسبه کرد. سپس زوایا به ۱۰۰ تبدیل شدند، هماهنگی برای هر آزمودنی با روش کدگذاری برداری[1] محاسبه شد. ابتدا زاویهٔ فازی[2] بین ۰ تا ۳۶۰ درجه برای ده تکرار محاسبه شد، با توجه به اینکه زاویهٔ فازی یک بردار است، برای میانگین‌گیری از آمار دایره‌ای[3] استفاده شد. با توجه به زوایا و ربع‌های هم‌فازی، غیرهم‌فازی مشخص و هماهنگی مفصل آرنج _ مچ دست برتر محاسبه شد (نیدهام و همکاران، ۲۰۱۴؛ رابرتسون و همکاران، ۲۰۱۳). تغییرپذیری زاویهٔ کاپلینگ (CAV [4]) از طریق رابطهٔ ۳ محاسبه شد و مقادیر کمتر نشان‌دهندهٔ تغییرپذیری کمتر است (نیدهام و همکاران، ۲۰۱۴):

رابطهٔ ۳) $$cav_{i=}\sqrt{2 \times (1 - \overline{r_i})} \times \frac{180}{\pi}$$

Cav_i = تغییرپذیری زاویهٔ کاپلینگ (درجه)

$\overline{r_i}$= طول میانگین زاویهٔ کاپلینگ

در پایان یک نفر از گروه تجربی و پنج نفر از گروه کنترل در پس‌آزمون شرکت نکردند.

روش آماری

از آمار توصیفی برای محاسبهٔ میانگین و انحراف استاندارد استفاده شد. سپس پیش‌فرض‌های تحلیل واریانس بررسی شد و پس از تأیید از روش آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری دوعاملی[5] برای بررسی فرضیه‌های تحقیق در سطح معناداری P=۰/۰۵ در نرم‌افزار اس پی اس اس با نسخهٔ ۲۷[6] استفاده شد. همچنین به کمک مدل برنامه‌نویسی نقشه‌برداری پارامتریک آماری (SPM[7]) در محیط برنامه‌نویسی متلب[8] (بلندفورد و همکاران، ۲۰۲۲) از آزمون t نیز برای بررسی داده‌های بیومکانیکی استفاده شد.

[1].Vector Coding
[2]. Phase Angle
[3]. Circular Statistic
[4]. Coupling Angle Variability
[5]. Analysis of Variance with Two-Factor Repeated Measures
[6]. IBM Spss Statistics27
[7]. Statistical Parametric Mapping
[8]. Mathworks Matlab R2023a

یافته‌های پژوهش

جدول ۱. داده‌های توصیفی آزمودنی‌ها (میانگین ± انحراف استاندارد)

شرایط / متغیرها	تجربی		کنترل	
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
خطای شعاعی	۱۸/۱۸ ±۴/۵۲	۱۳/۲۱±۳/۷۳	۲۳/۶۴ ±۱/۰۳	۲۶/۰۵ ± ۵/۶۶
تغییرپذیری	۰/۸۳±۰/۰۶	۰/۶۹±۰/۰۲	۰/۹۳±۰/۰۸	۰/۷۸±۰/۱۰
هماهنگی	۲۰۰/۴۴±۱۳/۸۷	۲۴۳/۴۲±۱۵/۵۰	۲۱۰/۹۶±۱۵/۷۶	۲۰۱/۵۲±۱۱/۱۶

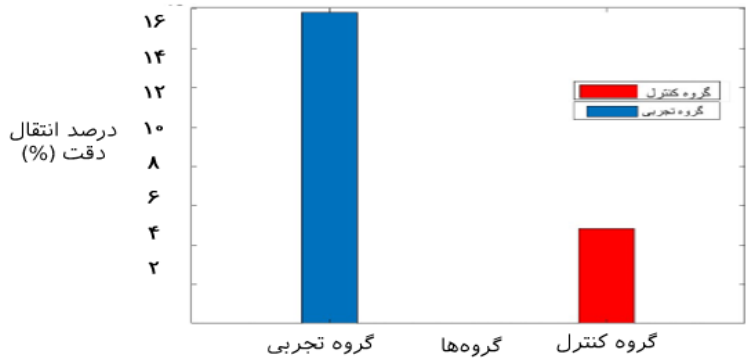
یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر درون‌گروهی نشان داد که بین شرایط پیش و پس‌آزمون خطای شعاعی گروه تجربی کاهش معنادار ۲۷ درصد داشته است (P=۰/۰۰۲). مقدار مجذور اتا برابر با ۰/۴۶ بیانگر آن است که اندازهٔ اثر تمرین در میزان میانگین خطای شعاعی در پس‌آزمون گروه تجربی بالاست (رفیعیان و همکاران، ۲۰۱۴). همچنین مقایسهٔ خطای شعاعی گروه کنترل در شرایط پیش و پس‌آزمون تغییر معناداری را نشان نداد (P>۰/۰۵) (جدول ۲).

جدول ۲. مقایسهٔ خطای شعاعی بین شرایط پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه تجربی و کنترل

متغیرها / گروه‌ها	شرایط	حداقل	حداکثر	توان آزمون	درجات آزادی	اندازهٔ اثر مجذور اتا	سطح معناداری
تجربی	پیش‌آزمون / پس‌آزمون	۱۳/۴۶	۱۷/۹۲	۰/۹۴	۱	۰/۴۶	۰/۰۰۲*
کنترل	پیش‌آزمون / پس‌آزمون	۲۲/۰۶	۲۷/۶۴	۰/۲۷	۱	۰/۱۱	۰/۱۶۶

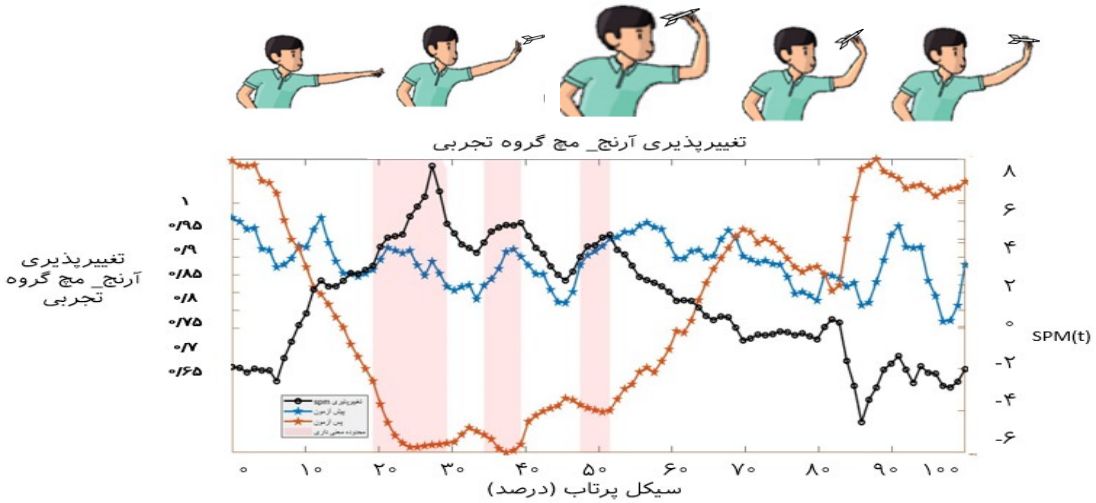
* P<۰/۰۵ تفاوت معنادار است.

همچنین میزان درصد انتقال دقت در گروه کنترل ۴/۸۴ و گروه تجربی ۱۵/۸۳ به‌دست آمد. با توجه به تفاوت قابل مشاهده بین دو گروه در میزان درصد انتقال دقت می‌توان به این نتیجه رسید که ۱۲ جلسه تمرین پرتاب دارت با دست غیربرتر سبب انتقال بیشتر دقت به دست برتر در گروه تجربی شده است (شکل ۳).

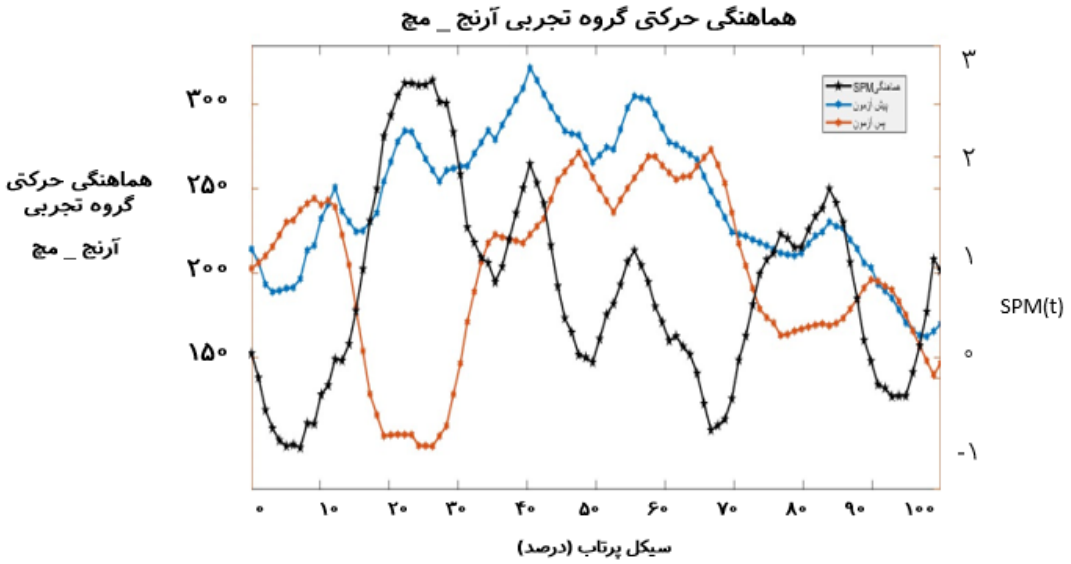


شکل ۳. مقایسهٔ درصد انتقال دقت بین گروه کنترل و تجربی

بررسی نتایج آزمون t گروه تجربی در تغییرپذیری هماهنگی آرنج_مچ اندام برتر نشان داد که تغییرپذیری هماهنگی در بازهٔ ۲۰ تا ۵۰ درصدی بازهٔ حرکتی پرتاب بین شرایط پیش و پس‌آزمون تفاوت معناداری کرده است (P< ۰/۰۵). نتایج نشان داد که در این بازهٔ معناداری، میزان تغییرپذیری هماهنگی در پس‌آزمون در فاز شروع خم شدن آرنج تا بیشترین مقدار خم شدن آرنج از میزان تغییرپذیری هماهنگی در پیش‌آزمون کمتر است. بخش صورتی ناحیهٔ معناداری را نشان می‌دهد (شکل ۴).



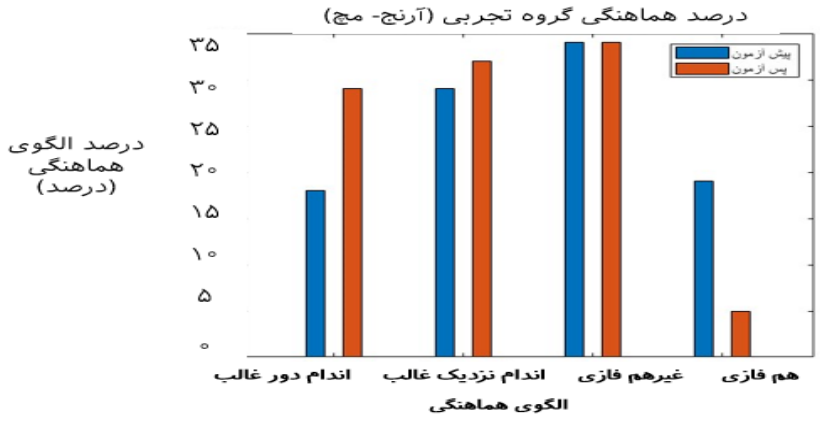
شکل ۴. آزمون جفت نمونه‌ای تغییرپذیری و مقایسهٔ تغییرپذیری هماهنگی حرکتی آرنج–مچ گروه تجربی در شرایط پیش‌آزمون و پس‌آزمون



شکل ۵. آزمون جفت نمونه‌ای هماهنگی و مقایسهٔ هماهنگی حرکتی آرنج–مچ گروه تجربی در شرایط پیش‌آزمون و پس‌آزمون

با مقایسهٔ بین دو شرایط پیش و پس‌آزمون گروه تجربی پس از ۱۲ جلسه تمرین پرتاب دارت، هماهنگی حرکتی آرنج_مچ دست برتر بررسی نتایج آزمون جفت نمونه‌ای گروه تجربی در هماهنگی آرنج_مچ اندام برتر نشان داد که بین شرایط پیش و پس‌آزمون تفاوت معنادار وجود نداشت (شکل ۵).

درصد فراوانی الگوی هماهنگی حرکتی آرنج_ مچ در شرایط پیش و پس‌آزمون قابل مشاهده است که تفاوت معناداری بین شرایط پیش و پس‌آزمون ملاحظه نشد (شکل ۶).



شکل ۶. درصد فراوانی الگوی هماهنگی آرنج مچ

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر تمرین پرتاب دارت با دست غیربرتر بر درصد انتقال دقت پرتاب، تغییرپذیری و هماهنگی حرکتی آرنج_مچ دست برتر دانشجویان دختر بود.

نتایج نشان داد انجام ۱۲ جلسه تمرین پرتاب دارت با دست غیربرتر گروه تجربی بر دقت تأثیر گذاشته است. به‌طوری‌که خطای شعاعی در گروه تجربی کاهش معنادار ۲۷ درصدی داشته است (P=۰/۰۰۲) و تمرین با دست غیربرتر سبب افزایش ۱۵/۸۳ درصد انتقال از پیش به پس‌آزمون دقت پرتاب دارت در دست برتر شد. نتایج این تحقیق با نتایج پژوهش رفیعی و همکاران (۲۰۱۰) که انتقال پرتاب دارت در دانشجویان پسر مبتدی را با بررسی خطای شعاعی ارزیابی کردند، همخوانی داشت. پژوهش‌ها نشان می‌دهد تمرین با دست غیربرتر سبب تقویت عملکرد و کنترل بهتر دست برتر و تقویت هماهنگی بین دست‌ها می‌شود؛ همچنین تمرین مداوم و منظم، مشاهدهٔ دقیق و هدف‌گیری، اجرای درست فنون و تکنیک‌های پرتاب طی یک دورهٔ تمرینی می‌تواند موجب انتقال مهارت از دست غیربرتر به دست برتر شود. سازوکارهای عصب‌شناختی در انتقال از اندام چپ به دست راست، به‌اشتراک‌گذاری اطلاعات بین دو نیمکرهٔ مغز از طریق پل‌های مغزی و جسم پینه‌ای را نشان می‌دهد و بیان می‌کند سرعت هدایت آکسونی در نیمکرهٔ راست بیشتر از نیمکرهٔ چپ است و در مهارت‌هایی که به دقت فضایی مانند پرتاب دارت و تیراندازی نیاز دارند، اطلاعات با سرعت بیشتری به نیمکرهٔ چپ منتقل می‌شود؛ ازاین‌رو این تحقیقات بیان می‌کنند که انتقال از اندام چپ (غیربرتر) به راست (اندام برتر) سرعت انتقال بیشتری را نشان می‌دهد (کوسیس، ۱۹۹۵؛ لئونارد، ۱۹۹۸). از دلایل رخ دادن انتقال می‌توان به نظریات انتقال در این خصوص اشاره کرد؛ طبق نظریهٔ عناصر همانند ثورانداپک، انتقال هنگامی‌که دو تکلیف به اصول عمومی یکسان و مشابهی نیاز دارند و یا دو تکلیف از مسیرهای عصبی یکسانی استفاده کنند، رخ می‌دهد یا طبق نظریهٔ عناصر عمومی جوود صرف‌نظر از ماهیت محرک‌ها اگر هدف دو پاسخ یکسان باشد، انتقال صورت می‌گیرد. همچنین نظریهٔ ازگود که تعمیم‌یافتهٔ نظریهٔ عناصر همانند است، بیان می‌دارد که ارتباط بین محرک‌ها و پاسخ‌های مربوط عامل کلیدی در انتقال است (مک موریس، ۲۰۱۴). از طرف دیگر، بر اساس نظریهٔ پردازش میزان انتقال به فعالیت‌های پردازشی مشابه در دو مهارت وابسته است. اگر در نظر بگیریم که پرتاب دارت در جلسات آزمون با دست برتر و جلسات تمرین با دست غیربرتر تفاوت‌هایی دارند، باز هم می‌توانیم از عناصر مشترکی مانند تمرکز و توجه به سمت پرتاب درست، هدف، اجزا و اجرا استفاده کنیم (هی‌وود و همکاران، ۲۰۱۴؛ مگیل و همکاران، ۲۰۱۳).

دیگر نتایج این تحقیق نشان داد تغییرپذیری هماهنگی حرکتی آرنج_ مچ گروه تجربی در بازهٔ ۲۰ تا ۵۰ درصدی حرکت، پس از ۱۲ جلسه تمرین بین شرایط پیش و پس‌آزمون کاهش معناداری داشت و میزان تغییرپذیری هماهنگی حرکتی آرنج_مچ دست برتر بر اثر تمرین کاهش یافت. با توجه به نوآوری تحقیق بر اساس جست‌وجوی انجام‌گرفته این اولین تحقیقی است که به بررسی تغییرپذیری هماهنگی حرکت در انتقال دوطرفه پرداخته است. با این حال تحقیقات انجام‌گرفته در زمینهٔ مقایسهٔ بین ورزشکاران ماهر و مبتدی نشان می‌دهد که تغییرپذیری در افراد ماهر کاهش می‌یابد (هیلی و همکاران، ۲۰۱۳؛ واگنر و همکاران، ۲۰۱۲؛ فلیزینگ و همکاران، ۲۰۰۹؛ چوو و همکاران، ۲۰۰۸؛ ویلسون و همکاران، ۲۰۰۸). بر اساس نظریهٔ برنامه‌ریزی حرکتی، کاهش تغییرپذیری با افزایش کارایی هنگام انجام یک کار حرکتی همراه است (اشمیت و همکاران، ۲۰۱۹). نظریهٔ برنامه‌ریزی حرکتی نیز بیشتر برای مهارت‌های گسسته و بسته مثل پرتاب دارت کاربرد دارد. با کاهش تغییرپذیری پرتاب دارت شاهد بهبود عملکرد بودیم. نظریهٔ برنامه‌ریزی حرکتی نشان می‌دهد که وقتی یک تکلیف حرکتی آموخته شد، برنامهٔ حرکتی تعمیم‌یافته شامل توالی زمان نسبی، نیروی نسبی نسبتاً ثابت خواهد بود، درحالی‌که شاخص‌هایی مانند مدت زمان کلی و نیروی کلی را می‌توان با توجه به شرایط تغییر داد. با این حال، تکنیک‌ها به احتمال زیاد پیش از پرتاب برنامه‌ریزی شده‌اند و در حین پرتاب کمتر تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرند. علاوه بر این، محیط در طول همان رقابت نسبتاً ثابت است. بنابراین پرتاب دارت یک کار گسسته و بسته در نظر گرفته می‌شود و در چارچوب نظریهٔ برنامه‌ریزی حرکتی به بهترین شکل درک می‌شود. بر اساس نظریهٔ برنامه‌ریزی حرکتی، کاهش تنوع با افزایش کارایی هنگام انجام یک کار حرکتی همراه است. از دلایل کاهش تغییرپذیری می‌توان به کسب تجربه و انجام تمرین اشاره کرد که تمرین با دست غیربرتر بر بهبود عملکرد افراد تأثیر گذاشته است. اجزای حرکتی شامل بازو، ساعد، مچ دست و عضلات، در تمرین با دست غیربرتر به هماهنگی و سازماندهی مناسبی رسیده‌اند تا در لحظه فعالیت خود را انجام دهند

و فرد تکلیف حرکتی درستی را داشته باشد (اشمیت و همکاران، ۲۰۱۹؛دای و همکاران، ۲۰۱۳). نتایج تغییرپذیری هماهنگی با یک منحنی U شکل، نشان‌دهندۀ تنوع هماهنگی، با افزایش مهارت بود. تغییرپذیری هماهنگی بالایی در ورزشکاران مبتدی وجود دارد، درحالی‌که بر اثر تمرین ویژگی‌های مناسبی که الگوهای هماهنگی حرکتی را تعریف می‌کنند، به‌دست می‌آیند. این تغییرپذیری هماهنگی ممکن است برای عملکرد مفید نباشد. با دستیابی به اصلاح این ویژگی‌ها، تغییرپذیری هماهنگی کاهش می‌یابد، که به عملکرد سازگارتر یا تنظیم‌شده‌تر منجر می‌شود (ویلسون و همکاران، ۲۰۰۸).

نتایج این تحقیق نشان داد هماهنگی حرکتی آرنج_ مچ در گروه تجربی پس از جلسات تمرین تفاوت معناداری نداشت (P> ۰/۰۵). با توجه به نوآوری تحقیق و محدودیت منابع تحقیق بررسی‌شده بر اساس جست‌وجوی انجام‌گرفته بررسی هماهنگی حرکت بر اساس تمرین اندام غیربرتر بررسی نشده است. گروه تجربی یک حالت هماهنگی عملکردی را در پیش و پس‌آزمون نشان دادند که میزان درصد درگیری مفصل پروگزیمال (آرنج) و میزان غیرهم‌فازی حرکت در دو شرایط در پیش و پس‌آزمون مشابه مشاهده بود (یامنگ لی و الکساندر، ۲۰۱۶؛ آرنولد و همکاران، ۲۰۱۷؛ تاکاباياشی و همکاران، ۲۰۱۸؛ نیدهام و همکاران، ۲۰۱۵) به شناسایی الگوهای هماهنگی حرکتی در راه رفتن، دویدن، شوت در مهارت‌های اندام تحتانی پرداختند و به بررسی اثر تمرین با اندام غیربرتر بر اندام برتر نپرداختند. با توجه به عدم معناداری مقدار هماهنگی حرکتی آرنج– مچ در پرتاب دارت بر اثر جلسات، در نتیجه جلسات تمرینی هماهنگی حرکتی آرنج– مچ دست برتر آزمودنی‌ها تأثیری نداشت. با توجه به توضیح مذکور درصورتی‌که بین شرایط پیش و پس‌آزمون پس از انجام تمرین با دست غیربرتر تفاوتی در الگوی هماهنگی حرکتی آرنج– مچ دست برتر به‌وجود می‌آمد، انتظار حرکت ناهماهنگ، همراه با کاهش عملکرد بود، اما با توجه به بهبود عملکرد و کاهش تغییرپذیری حرکتی این نتیجه قابل قبول است. همچنین در مقایسۀ زوایای مفصلی مچ، آرنج و شانه بین شرایط پیش و پس‌آزمون مشاهده شد که زاویۀ مفصل شانه تغییرات معناداری داشت، با اینکه زوایای مفصلی مچ، آرنج معنادار نشد، اما تغییراتی داشت و این تغییرات با بهبود عملکرد در آزمودنی‌ها همراه شد. با توجه به نتایج تغییرپذیری هماهنگی حرکتی که در بازۀ ۲۰ تا ۵۰ درصدی بازۀ حرکت بین شرایط پیش و پس‌آزمون کاهش معناداری مشاهده شد، در این بازۀ حرکتی هماهنگی و الگوی هماهنگی افراد تغییری نکرد، که نشان‌دهندۀ این است که تمرین افراد با دست غیربرتر در بازۀ ۲۰ تا ۵۰ درصدی حرکت سبب شده است که افراد در این بازه الگوی حرکتی باثبات‌تری در اجرا داشته باشند و حرکتشان هماهنگ‌تر شود و الگوی اجرای پرتاب دارت بین تکرارهای مختلف مشابه‌تر شود. طبق شکل ۶ میزان درصد هماهنگی در پیش و پس آزمون نشان داد که میزان مشارکت اندام غالب دور که مچ دست است، در پس‌آزمون افزایش یافت و ۱۲ جلسه تمرین پرتاب دارت با دست غیربرتر موجب فعالیت بیشتر عضلات مچ دست شد و دامنۀ حرکتی مناسبی را در اجرا داشت. همچنین میزان غیرهم‌فازی حرکت (خم شدن مچ دست و باز شدن آرنج یا باز شدن مچ دست و خم شدن آرنج) در سیکل پرتاب در مقایسۀ شرایط پیش و پس تغییری نداشت و این بیانگر ثبات الگوی پرتاب در فاز اول و دوم پرتاب است. وقتی از هماهنگی در عملکردهای ورزشی صحبت می‌شود، منظور هماهنگی عصبی– عضلانی است. اگر توالی نیروها صحیح نباشد، حرکت ناهماهنگ می‌شود (رابرتسون و همکاران، ۲۰۱۳). محدودیت درجات آزادی، هماهنگی مفاصل از طریق تعامل عضلات درونی و بیرونی تحت محدودیت بافت از جمله عوامل تأثیرگذار در بررسی هماهنگی یاد می‌شود (هداگز و همکاران، ۲۰۰۵؛ آرنولد و همکاران، ۲۰۱۷). با توجه به عوامل ذکرشده و انتقال صورت‌گرفتۀ اجزای حرکتی شامل بازو، ساعد، مچ دست و عضلات در تمرین با دست غیربرتر، به هماهنگی و سازماندهی مناسبی رسیدند و الگوی حرکتی باثباتی را اجرا کردند که با انتقال مهارت از اندام غیربرتر به برتر همراه شد و میزان دقت پرتاب بهبود یافت.

نتایج تحقیق بر اساس اصل انتقال نشان داد تمرین پرتاب دارت با اندام غیربرتر سبب انتقال مهارت از اندام غیربرتر به اندام برتر شد. به‌طوری‌که ۱۲ جلسه تمرین با اندام غیربرتر توانست دقت پرتاب دارت را در دست برتر افزایش دهد؛ این افزایش دقت با کاهش در میزان تغییرپذیری هماهنگی حرکتی آرنج _ مچ دست برتر آزمودنی‌ها در بازۀ ۲۰ تا ۵۰ درصدی سیکل حرکتی همراه بود؛ همچنین افراد در این بازه الگوی حرکتی باثبات‌تری را در اجرا داشتند و حرکت هماهنگ‌تر بود و الگوی اجرای پرتاب دارت بین تکرارهای مختلف مشابه‌تر بود. بنابراین به مربیان و تراپیست‌ها توصیه می‌شود در صورت آسیب اندام برتر با تمرین اندام غیربرتر از افت عملکرد افراد جلوگیری کنند، همچنین تمرین اندام غیربرتر بر عملکرد اندام برتر می‌تواند مؤثر باشد.

این پژوهش محدودیتی‌هایی نیز داشت، از جمله اینکه تنها روی دختران انجام گرفت و فقط انتقال از دست غیربرتر به دست برتر بررسی شد. به محققان آینده پیشنهاد می‌شود به بررسی انتقال از اندام برتر به غیربرتر نیز بپردازند و همچنین میزان و سرعت تغییرات اندام تمرین‌کرده در حین جلسات تمرین نیز بررسی و ارزیابی شود.

تقدیر و تشکر

در پایان نیز از تمامی دانشجویان عزیزی که در این تحقیق با ما همکاری داشتند، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Akbari,M.& Alipour, A. (2012). Investigating the bilateral transfer of learning in right-handed and left-handed students. *Educational Psychology Quarterly*, 8(23), 118-131. (In Persian)

Arnold, J. B., Caravaggi, P., Fraysse, F., Thewlis, D., & Leardini, A. (2017). Movement coordination patterns between the foot joints during walking. *Journal of Foot and Ankle Research*, *10*, 1-7. https://doi.org/10.1186/s13047-017-0228-z

Baghaiyan, M. Eslami, M. Abbasi,A. Khaleghinazji, M.Hosseini-nejad, & Seyed. I. (2018). Comparison of coordination and variability of upper limb joints in semi-professional and elite young men's kayak rowing. *Sports Medicine Studies*, 24(10), 103-124. https://doi.org/10.22089/smj.2019.6371.1333 (In persion)

Blandford, L., Cushion, E., & Mahaffey, R. (2022). Segmental and Intersegmental Coordination Characteristics of a Cognitive Movement Control Test: Quantifying Loss of Movement Choices. *Biomechanics*, *2*(2), 213-234. https://doi.org/10.3390/biomechanics2020018

Bozkurt, S., Çoban, M., & Demircan, U. (2020). The effect of football basic technical training using unilateral leg on bilateral leg transfer in male children. *Journal of Physical Education*, 31, e3164. https:/doi.org/10.4025/JPHYSEDUC.V31I1.3164

Chow, J. Y., Davids, K., Button, C., & Koh, M. (2008). Coordination changes in a discrete multi-articular action as a function of practice. *Acta psychologica*, *127*(1), 163-176. https:/doi.org/ 10.1016/j.actpsy.2007.04.002

Dai, B., Leigh, S., Li, H., Mercer, V. S., & Yu, B. (2013). The relationships between technique variability and performance in discus throwing. *Journal of sports sciences*, *31*(2), 219-228.https:/doi.org/10.1080/02640414.2012.729078

Deliagina, T. G., Beloozerova, I. N., Zelenin, P. V., & Orlovsky, G. N. (2008). Spinal and supraspinal postural networks. *Brain research reviews*, *57*(1), 212-221. https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2007.06.017

Emami, T., & Sohrabi, H. Hosseini S. M.,& Fooladiyan, J. (2015). The Effect of Practice Order with Dominant and Non-Dominant Hand on Acquisition, Retention and Transfer of Basketball Dribbling Skill. *Journal of Sports Psychology*, *7*(1), 1005-1014 (In persion)

Emanuel, M., Jarus, T., & Bart, O. (2008). Effect of focus of attention and age on motor acquisition, retention, and transfer: a randomized trial. *Physical therapy*, 88(2), 251-260. https://doi.org/ 10.2522/ptj.20060174

Fleisig, G., Chu, Y., Weber, A., & Andrews, J. (2009). Variability in baseball pitching biomechanics among various levels of competition. *Sports Biomechanics*, 8(1), 10-21. https:///doi.org/10.1080/14763140802629958

McMorris, T. (2014). *Acquisition and performance of sports skills*. John Wiley & Sons.

Ghojoghi, M., Tahmasebi Boroujeni, S., Aghapoor, S. M., Shahbazi, M., & Shirzad, E. (2019). Effect of Task Constraints on Coordination Variability in Missed and Successful Trails of Chip Pass. *Motor Behavior*, 11(38), 97-114. https://doi.org/ 10.22089/mbj.2018.4732.1554(In Persian)

Haywood, K.& Getchell,N.(2014).*Life Span Motor Development* (Seventh Ed).

Hiley, M. J., Zuevsky, V. V., & Yeadon, M. R. (2013). Is skilled technique characterized by high or low variability? An analysis of high bar giant circles. *Human Movement Science*, *32*(1), 171-180. https:/doi.org/ 10.1016/j.humov.2012.11.007

Hodges, N. J., Hayes, S., Horn, R. R., & Williams, A. M. (2005). Changes in coordination, control and outcome as a result of extended practice on a novel motor skill. *Ergonomics*, *48*(11-14), 1672-1685. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00140130500101312

Davids, K., Bennett, S., & Newell, K. M. (2006). *Movement system variability*: Human kinetics. Human Kinetics.

Kocsis, J. D. (1995). Competition in the synaptic marketplace: activity is important. *The Neuroscientist*, *1*(4), 185-187. https://doi.org/10.1177/107385849500100401

Komar, J., Seifert, L., & Thouvarecq, R. (2015). What variability tells us about motor expertise: measurements and perspectives from a complex system approach. *Movement & Sport Sciences-Science & Motricité*, (89), 65-77. https://doi.org/10.1051/sm/2015020

Kumar, S., & Mandal, M. (2005). Bilateral transfer of skill in left-and right-handers. Laterality: Asymmetries of Body, *Brain and Cognition*, 10(4), 337-344. https:/doi.org/10.1080/13576500442000120

Leonard, Charles T. 1998. *The Neuroscience of Human Movement*. Mosby.

Liu, J., & Wrisberg, C. A. (2005). Immediate and delayed bilateral transfer of throwing accuracy in male and female children. *Research quarterly for exercise and sport*, 76(1), 20-27. https:/doi.org/10.1080/02701367.2005.10599258

Magill, R., & Anderson, D. I. (2010*). Motor learning and control*. New York: McGraw-Hill Publishing.

Needham, R. A., Naemi, R., & Chockalingam, N. (2015). A new coordination pattern classification to assess gait kinematics when utilising a modified vector coding technique. *Journal of biomechanics*, 48(12), 3506-3511.http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2015.07.023

Needham, R., Naemi, R., & Chockalingam, N. (2014). Quantifying lumbar–pelvis coordination during gait using a modified vector coding technique. *Journal of biomechanics*, *47*(5), 1020-1026.https:/doi.org/10.1016/j.jbiomech.2013.12.032

Pavão, S. L., de Campos, A. C., & Rocha, N. A. C. F. (2019). Age-related changes in postural sway during sit-to-stand in typical children and children with cerebral palsy. *Journal of Motor Behavior*, *51*(2), 185-192. https://doi.org/10.1080/00222895.2018.1454396

Rafiei, S., Vaez Mousavi, S. M. K., & Abdoli. B. (2010). Direction and amount of error in two-way transfer of dart throwing skill. *Sports Psychology*, 2(1). (In persion)

Rafieyan, V., Sharafi-Nejad, M., & Lin, S. E. (2014). Effect of pragmatic instruction on sustainable development of pragmatic awareness. *Journal of Studies in Education*, *4*(1), 206-218. https://doi.org/10.5296/jse.v4i1.5088

Del Rey P. (1989). Research Quarterly for Exercise and Sport Training and Contextual Interference Effects on Memory and Transfer. *Res Q Exerc Sport*.https://doi.org/ 10.1080/02701367.1989.10607461

Robertson, D. G. E., Caldwell, G. E., Hamill, J., Kamen, G., & Whittlesey, S. (2013). *Research methods in biomechanics*. Human kinetics.

Sawamura, D., Sakuraba, S., Suzuki, Y., Asano, M., Yoshida, S., Honke, T.,... & Sakai, S. (2019). Acquisition of chopstick-operation skills with the non-dominant hand and concomitant changes in brain activity. *Scientific reports*, *9*(1), 20397. https:/doi.org/ 10.1038/s41598-019-56956-0

Schmidt, R. A., Lee, T. D., Winstein, C., Wulf, G., & Zelaznik, H. N. (2018). *Motor control and learning: A*

behavioral emphasis. Human kinetics.

Seifert, L., Button, C., & Davids, K. (2013). Key properties of expert movement systems in sport: an ecological dynamics perspective. *Sports medicine*, *43*, 167-178. http://link.springer.com/10.1007/s40279-012-0011-z

Stergiou, N., & Decker, L. M. (2011). Human movement variability, nonlinear dynamics, and pathology: is there a connection?. *Human movement science*, *30*(5), 869-888.http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2011.06.002

Takabayashi, T., Edama, M., Inai, T., & Kubo, M. (2018). Sex-related differences in coordination and variability among foot joints during running. *Journal of Foot and Ankle Research*, *11*, 1-8. https://doi.org/10.1186/s13047-018-0295-9

Wagner, H., Pfusterschmied, J., Klous, M., von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2012). Movement variability and skill level of various throwing techniques. *Human movement science*, *31*(1), 78-90. https:/doi.org/10.1016/j.humov.2011.05.005

Wilson, C., Simpson, S. E., Van Emmerik, R. E., & Hamill, J. (2008). Coordination variability and skill development in expert triple jumpers. *Sports biomechanics*, *7*(1), 2-9.https:/doi.org/10.1080/14763140701682983

Li, Y., Alexander, M., Glazebrook, C., & Leiter, J. (2016). Quantifying inter-segmental coordination during the instep soccer kicks. International journal of exercise science, 9(5), 646.