Mot. Behav, 2025, 17 (61): 49-66, DOI: 10.22089/mbj.2023.13689.2059

Motor Behavior

Journal hompage: https://mbj.ssrc.ac.ir

Research Article

Effect of Physical and Mental Practice on Variability of Movement Coordination and Smoothness

Davoud Fazeli[1], HamidReza Taheri*[2], Alireza Saberi Kakhki [3], Fatemeh Shakeri Chenari [4]

1. Department of Sport Sciences, Faculty of Education and Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran
2. Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3. Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
4. Department of Sport Sciences, Faculty of Education and Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran

Received: 26/10/2022, Accepted: 25/010/2023, Online Published: 30/10/2023

* Corresponding Author: Davoud Fazeli, E-mail: d.fazeli@shirazu.ac.ir

How to Cite: Fazeli, D; Taheri, H. R; Saberi Kakhki, A. R; Shakeri Chenari, F. (2025). Effect of Physical and Mental Practice on Variability of Movement Coordination and Smoothness. *Motor Behavior*, 17(61), 49-66. In Persian. DOI: 10.22089/mbj.2023.13689.2059

Extended Abstract

Background and Purpose

The positive effect of mental practice on skill learning is considered a piece of evidence for similar underlying mechanisms of physical and mental practice. According to Newell's model of motor learning, at the first stage of learning, the physical practice would enhance coordination and in the second stage practice would enhance control of that coordination pattern. In line with this argument, it has been shown that movement variability would reduce as a result of skill enhancement. Also, research showed that movement jerk would reduce as a result of skill improvement. According to the abovementioned argument, if the underlying mechanisms of mental and physical practice are similar, then mental practice should have a similar effect on movement variability and movement jerk. As this argument was not considered widely in previous studies, this study aimed to compare the effect of physical and mental practice on movement variability and movement jerk.

Methods

30 males (mean = 25 ± 4.3) participated in this study according to a convenience sampling method. Participants were divided into three different groups (physical, mental, and control) according to their pre-test scores (10 trials from 244 cm away from the target). Also, before participating in the practice sessions, all participants completed the movement imagery questionnaire-revised. Then, participants practiced a golf putting task for 6 consecutive days (10 blocks—18 trials each). The physical practice group performed 180 trials each day (10 blocks) from 244 cm away from the target. The mental practice group completed the mental putting task

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

while standing on the start point holding the putter, without any observable movement. The control group did not practice and just completed the pre- and retention tests. A retention test (similar to the pre-test) was performed seven days from the last practice session (10 trials from 244 cm from the target). Movement kinematics were recorded using a SIMI motion capture system to calculate the coordination and smoothness indexes. Putting accuracy (distance from the edge of the landed ball from the edge of the target), variability of coordination pattern, and movement jerk were calculated as the dependent variables. The imagery data were analyzed using a One-way ANOVA. All other data were analyzed using a mixed ANOVA model 3 (group; physical, mental, and control) × 2 (test; pre- and post-tests) with the repeated measures on the last factor.

Results

Results of One-way ANOVA for imagery data showed no significant difference between groups, $F < 1$. For the accuracy data, results showed no significant main effect of group, $F(2, 27) = 0.98$, $p = 0.38$, $\eta^2p = 0.068$. However, significant main effects for test, $F(1, 27) = 10.21$, $p = 0.004$, $\eta^2p = 0.27$, and the interaction of group with test, $F(2, 27) = 13.20$, $p < 0.001$, $\eta^2p = 0.49$, were found. The results of post-hoc test for the interaction effect showed that there was no significant difference between groups during the pre-test, all $p > 0.05$. However, the physical practice showed higher accuracy than the imagery practice group during the post-test, $p < 0.05$. Also, accuracy improvements were observed for physical and imagery groups from pre to post-test, all $p < 0.05$; no such effect was observed for the control group, $p > 0.05$. Results for variability of coordination pattern showed no significant main effect for group, $F(2, 27) = 1.08$, $p = 0.35$, $\eta^2p = 0.07$. However, significant effects were observed for test, $F(1, 27) = 63.63$, $p < 0.001$, $\eta^2p = 0.7$, and interaction of group × test, $F(2, 27) = 15.38$, $p < 0.001$, $\eta^2p = 0.53$. Post-hoc test for the interaction effect showed that there was no significant difference between groups during the pre-test, all $p > 0.05$. Results showed that during the retention test physical and imagery groups significantly outperformed the control group, all $p < 0.05$. The difference between the physical and imagery groups was not significant during the retention test, $p > 0.05$. Also, results showed improvement from pre-test to retention test for physical and imagery groups, all $p < 0.05$; such effect was not observed for the control group, $p > 0.05$. Results of ANOVA for the jerk measure showed significant main effects for group, $F(2, 27) = 5.68$, $p = 0.009$, $\eta^2p = 0.29$, and test, $F(1, 27) = 33.78$, $p < 0.001$, $\eta^2p = 0.55$. Also, the interaction effect of group × test was significant, $F(2, 27) = 15.26$, $p < 0.001$, $\eta^2p = 0.53$. Results of post-hoc test for the interaction showed no significant difference between groups during the pre-test, all $p > 0.05$. However, results showed that the physical group had significantly lower movement jerk than the imagery and control groups, all $p < 0.05$. Also, results showed improvement from pre-test to retention test for physical and imagery groups, all $p < 0.05$; like other measures, such effect was not observed for control group, all $p > 0.05$.

Conclusion

Although mental practice improved movement accuracy, this improvement was not equal to or more than improvements by physical practice. These findings were considered as evidence for different underlying mechanisms for physical and mental practice (8,9,10). It is argued that internal models would not update during motor imagery (11), and as a result, learning may suffer. In contrast to the previous study (12), this study showed that mental practice would improve the variability of movement coordination similar to physical practice. In the previous study, a discrete measure of variability was used which has some limitations to show differences between groups (13,14); however, in this study a continuous measure was used. Also, in the previous study participants just performed 18 trials, in this study participants performed 1080 practice trials. The difference in the amount of practice could serve as a possible reason for contradicting findings.

Besides, results showed that motor imagery practice improved movement smoothness but was lower than physical practice. The lack of real visual feedback could be the possible reason for this finding (8).

Keywords: Golf Stroke, Movement Jerk, Coordination, Internal Models

Article Message

The results of this study showed that mental practice, like physical practice, leads to learning the golf stroke. The results also indicated that mental practice improves movement smoothness; however, this improvement was not as significant as that achieved through physical practice.

Ethical Considerations

This study was reviewed and approved by the Ethics Committee of Shiraz University.

Authors' Contributions

Conceptualization: Davoud Fazeli, Hamidreza Taheri, Alireza Saberi Kakhki
Data Collection: Davoud Fazeli
Data Analysis: Davoud Fazeli, Hamidreza Taheri, Alireza Saberi Kakhki, Fatemeh Shakeri Chenari
Manuscript Writing: Davoud Fazeli, Hamidreza Taheri, Alireza Saberi Kakhki, Fatemeh Shakeri Chenari
Review and Editing: Davoud Fazeli, Hamidreza Taheri, Alireza Saberi Kakhki, Fatemeh Shakeri Chenari
Responsible for funding: No funding.
Literature Review: Davoud Fazeli, Hamidreza Taheri, Alireza Saberi Kakhki, Fatemeh Shakeri Chenari
Project Manager: Davoud Fazeli
Any other Contributions: No other contributions

Conflict of Interest

The author(s) declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Acknowledgments

The author(s) would like to express their sincere gratitude to the participants who made this study possible.

رفتار حرکتی، پاییز ۱۴۰۴، دوره ۱۷، شماره ۶۱، صص. ۶۶-۴۹. DOI: 10.22089/mbj.2023.13689.2059

Motor Behavior

Journal hompage: https://mbj.ssrc.ac.ir

نوع مقاله: پژوهشی

تأثیر تمرین جسمانی و تمرین ذهنی بر تغییرپذیری الگوی هماهنگی و نرمی حرکت

داود فاضلی*[۱]، حمیدرضا طاهری[۲]، علیرضا صابری کاخکی[۳]، فاطمه شاکری چناری[۴]

۱. بخش علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

۲. گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

۳. گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

۴. بخش علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۰۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۰۳، تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۲/۰۸/۰۸

*نویسنده مسئول: داود فاضلی، E-mail: d.fazeli@shirazu.ac.ir

How to Cite: Fazeli, D; Taheri, H. R; Saberi Kakhki, A. R; Shakeri Chenari, F. (2025). Effect of Physical and Mental Practice on Variability of Movement Coordination and Smoothness. *Motor Behavior*, 17(61), 49-66. In Persian. DOI: 10.22089/mbj.2023.13689.2059

چکیده

هدف این پژوهش بررسی تأثیر تمرین جسمی و ذهنی بر تغییرپذیری الگوی هماهنگی حرکتی و نرمی حرکت در ضربه گلف بود؛ بر این اساس، ۳۰ نفر (میانگین سنی ۴/۳±۲۵ سال) به صورت تصادفی به سه گروه تمرین جسمانی، تمرین ذهنی و کنترل تقسیم شدند. افراد برای پیش‌آزمون ۱۰ ضربه را انجام دادند. سپس براساس گروه‌بندی خود در هر روز ۱۸۰ کوشش (۱۰ بلوک ۱۸ کوششی) را تکمیل کردند. تمرین به مدت شش روز ادامه داشت. شرکت‌کنندگان گروه جسمانی به اجرای تکلیف به صورت جسمانی و شرکت‌کنندگان در گروه تمرین ذهنی فقط به مرور ذهنی تکلیف بدون انجام حرکت آشکار پرداختند، اما گروه کنترل فقط در آزمون‌ها شرکت کرد و تکلیف را تمرین نکرد. هفت روز بعد از آخرین روز اکتساب، افراد مجدد ۱۰ ضربه را به‌عنوان یادداری اجرا کردند. دقت ضربه و کینماتیک حرکت در حین اجرای آزمون‌ها ثبت شد. تغییرپذیری الگوی هماهنگی حرکتی و جرک حرکت از داده‌های کینماتیک محاسبه شد. نرمال بودن داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک تأیید شد (P>۰/۰۵). به‌منظور تحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس استفاده شد. نتایج نشان داد، تمرین جسمانی و تمرین ذهنی در یادگیری ضربه گلف مؤثر بودند، اما این تأثیر برای تمرین جسمی بیشتر بود (F(۲ و ۲۷)=۱۳/۲۰، P<۰/۰۰۱، η^2_p=۰/۴۹). همچنین تمرین ذهنی مشابه با تمرین جسمانی موجب افزایش نرمی حرکت شد، اما این بهبود به اندازه تمرین جسمانی نبود (F(۲ و ۲۷)=۱۵/۲۶، P<۰/۰۰۱، η^2_p=۰/۵۳). دلیل احتمالی برای این یافته‌ها ممکن است وجود بازخورد واقعی در اجرای تمرین جسمانی باشد که موجب اصلاح و به‌روزرسانی مدل‌های درونی می‌شود.

واژگان کلیدی: ضربه گلف، جرک حرکت، هماهنگی، مدل‌های درونی.

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

یادگیری فرایندی است که در تمام ابعاد زندگی ما وجود دارد و این فرایند می‌تواند ابعاد متفاوتی داشته باشد. یکی از این ابعاد که ارتباط زیادی با عملکرد موفق انسان در زندگی روزمره دارد، یادگیری حرکتی است. در متون مربوط به یادگیری حرکتی، فرایند یادگیری به‌عنوان تغییرات پایدار در رفتار حرکتی تعریف شده است که مرتبط با تمرین و تجربه است (۱). همان طور که از این تعریف برمی‌آید، یادگیری به تمرین و یا تکرار وابسته است. معمولاً مربیان و کسانی که با آموزش مهارت‌های حرکتی سروکار دارند، از تمرین جسمانی برای آموزش مهارت‌های مدنظر خود به شاگردانشان استفاده می‌کنند، اما تمرین جسمانی تنها روش تمرینی برای یادگیری مهارت‌های حرکتی و یا ورزشی نیست. تحقیقات نشان داده‌اند، تمرین به صورت ذهنی می‌تواند اثری کمتر اما مشابه با تمرین جسمانی داشته باشد (۲). این اثرات مشابه تا جایی پیش رفته است که برخی از پژوهشگران مکانیسم‌های زیربنایی این دو نوع تمرین را مشابه می‌دانند (۳).

درمورد تأثیر تمرین بر یادگیرنده و مراحلی که یادگیرنده در طی فرایند یادگیری طی می‌کند، نظریه‌های مختلفی وجود دارد؛ ازجمله این نظریه‌ها، نظریه سه‌مرحله‌ای نیوول[1] (۴) است که به نظر می‌رسد این مدل براساس تأکید بر هماهنگی بنا شده است. از دیدگاه نیوول، هر یادگیرنده در فرایند یادگیری از سه مرحله عبور می‌کند که این مراحل شامل هماهنگی، کنترل و مهارت است (۴). نیوول (۴) هماهنگی حرکتی را فرایند تسلط یافتن بر درجات آزادی متعدد در اندام متحرک یا به عبارت دیگر، تبدیل آن به سیستم کنترل‌شدنی تلقی می‌کند. هماهنگی در این مدل به‌عنوان تابعی (به لحاظ ریاضیاتی) در نظر گرفته می‌شود که متغیرهای آزاد را به واحدهای رفتاری محدود می‌کند. بنیان این تابع دسته‌ای از متغیرها هستند که ممکن است همه آن‌ها به تابع هماهنگی منحصر شوند (۵). براساس همین دیدگاه، کنترل فرایندی است که به‌وسیله آن مقادیری به متغیرهای موجود در تابع هماهنگی نسبت داده شده و از این طریق تابع پارامتریزه می‌شود. از این منظر، کنترل حرکت شامل مقیاس‌بندی یا سطح مطلق یک حرکت نسبی خاص است؛ اما براساس گفته‌های نیوول (۴) تعریف عملیاتی مهارت که به‌عنوان پارامتریزه کردن بهینه الگوی هماهنگی تعریف می‌شود، سخت‌تر از دو واژه دیگر است. این امر به دلیل دانش کم درباره معیار بهینه‌سازی در فعالیت جسمانی است و همچنین به دلیل اینکه برای سنجش این مرحله باید اندازه‌های به غیر از کینماتیک به کار گرفته شوند (۴).

نظریه‌های دیگری همچون نظریه فیتز و پوزنر[2] (۶) نیز وجود دارند که سعی دارند فرایند یادگیری را توضیح دهند، اما مدل نیوول (۴) به لحاظ قابل‌سنجش بودن برتری بیشتری دارد؛ چراکه با توجه به فناوری‌های امروزه امکان سنجش متغیرهای هماهنگی و کنترل حرکت با سهولت بیشتری در دسترس است. در این زمینه پژوهش‌های مختلفی انجام شدند؛ به عنوان مثال، دای و همکاران[3] رابطه بین تغییرپذیری اندام‌ها و عملکرد در پرتاب دیسک را بررسی کردند. نتایج نشان داد، در تکلیف پرتاب دیسک با بالا رفتن سطح مهارت تغییرپذیری کاهش می‌یابد (۷). در همین راستا، پژوهشگران تغییرپذیری در راه‌رفتن را بین راهپیمایان رقابتی نوجوان و بزرگ‌سال مقایسه کردند (۸). نتایج نشان داد، ورزشکاران نوجوان نسبت به بزرگ‌سالان تغییرپذیری بیشتری در راه رفتن خود نشان می‌دهند. همچنین در ضربه آبشار والیبال نشان داده شد که ورزشکاران با سطح مهارت بالا نسبت به ورزشکاران با سطح مهارت پایین تغییرپذیری کمتری در برخی از متغیرهای هماهنگی دارند (۹). علاوه بر این، تأثیر تمرین بر جفت شدن بین مرکز جرم بدن و مچ دست در پرتاب بالای شانه بررسی شد. نتایج نشان داد، با تمرین تغییرپذیری این جفت‌شدگی کاهش می‌یابد (۱۰). افزون براین،

1. Newell
2. Fitts & Posner
3. Dai

پالمر[1] و همکاران با بررسی پرتاب از بالای شانه در کودکان ۶، ۱۰ و ۱۴ ساله نشان دادند که با افزایش سن تغییرپذیری در هماهنگی حرکتی کاهش می‌یابد (۱۱). یافته‌های متناقضی با این ایده نیوول نیز وجود دارد (۱۳، ۱۲)، اما به طور کلی عمده پژوهشگران بر این ایده توافق دارند.

درمورد متغیرهای مربوط به کنترل حرکت می‌توان به نرمی حرکت اشاره کرد که توسط متغیرهای بیومکانیکی متفاوتی اندازه‌گیری می‌شود. یکی از این متغیرها جرک حرکت است که مشتق سوم جابه‌جایی و یا تغییرات شتاب در واحد زمان است. به عقیده محققان، جرک حرکت نسبت معکوسی با نرمی حرکت دارد؛ به این معنی که هرچقدر جرک حرکت بیشتر باشد، نرمی حرکت کمتر است و برعکس (۱۴). این متغیر در تکلیف ضربه گلف بررسی و نشان داده شده است که افراد ماهر نسبت به افراد مبتدی هم در قسمت چوب گلف و هم در حرکت اندام‌های خود جرک کمتری دارند (۱۵). همچنین لی و نیوول[2] در حرکات دسترسی و چنگ زدن کودکان دریافتند که با افزایش سن کودکان میزان نرمی حرکت افزایش می‌یابد (۱۶). در مقایسه شناگران ماهر و مبتدی نشان داده شد که افراد ماهر نسبت به افراد مبتدی حرکت دست خود را با نرمی بیشتر (جرک کمتر) انجام می‌دهند (۱۷). این یافته‌ها نشان می‌دهد که با بالا رفتن سطح مهارت افراد (که در اثر تمرین و تجربه رخ می‌دهد)، تغییرپذیری در هماهنگی حرکتی کاهش می‌یابد و کنترل حرکت بهتر می‌شود یا به‌اصطلاح متغیرهای بهینه‌تری به حرکت اضافه می‌شوند. موضوع مهم اینجاست که تمرین جسمانی (یا واقعی) تنها راه بالا بردن سطح مهارت و یادگیری حرکتی نیست. همان طور که گفته شد، تحقیقات نشان دادند، تمرین ذهنی می‌تواند روشی مؤثر برای یادگیری حرکتی باشد؛ هرچند میزان یادگیری به اندازه تمرین جسمانی نخواهد بود (۱۸). برخی پژوهشگران بر این عقیده هستند که تمرین جسمانی و تمرین ذهنی مکانیسم‌های زیربنایی مشابهی دارند (۳). نتایج برخی از پژوهش‌های رفتاری از این ادعا حمایت می‌کند؛ به عنوان مثال، نشان داده شده است که در حالت تصویرسازی مانند حرکات واقعی مدل روبه‌جلو برای پیش‌بینی پیامد حرکت به کار گرفته می‌شود (۱۹). همچنین نشان داده شده است که مکانیسم پیش‌بینی خطا در حالت جسمانی و حالت ذهنی با هم مشابه است (۲۰)؛ اما برخلاف این یافته‌ها، پژوهش‌هایی نشان دادند که این دو روش تمرینی ممکن است مکانیسم زیربنایی مشابه با هم نداشته باشند؛ به عنوان مثال، در یک تکلیف پرتاب دارت نشان داده شد که فعالیت‌های مغزی که منجر به تثبیت حافظه در حالت تصویرسازی ذهنی می‌شوند، با فعالیت‌های مغزی که منجر به تثبیت حافظه در حالت تمرین جسمی می‌شوند، متفاوت‌اند (۲۱). فرایند تثبیت حافظه حرکتی با گذشت زمان در حالت تصویرسازی با حات اجرای جسمانی نیز متفاوت است (۲۲) علاوه بر این، اگر تغییرپذیری تمرین در سطح تصویرسازی حرکتی اعمال شود، ممکن است اثری مشابه با تأثیر مشاهده‌شده در حالت جسمانی نداشته باشد (۲۳).

حال با توجه به تناقض‌ها بین پژوهش‌های قبلی در این زمینه و با توجه به اهمیت تمرین ذهنی که قابلیت استفاده در شرایط خستگی، آسیب‌دیدگی و یا نبود زمان کافی برای تمرین جسمی دارد، این سؤال مطرح می‌شود که آیا تمرین ذهنی همانند تمرین جسمانی می‌تواند جنبه‌های مربوط به هماهنگی حرکتی را بهبود بخشد یا خیر. در این زمینه تحقیقات زیادی انجام نشده‌اند و مطالعات موجود نیز دارای نقاط ضعف در روش اجرا و نحوه سنجش هستند؛ به عنوان مثال، در پژوهشی تغییرپذیری حرکتی در حالت تصویرسازی درون و بیرونی با حالت بدون تمرین مقایسه شد. نتایج نشان داد، تمرین با تصویرسازی درونی و بیرونی بر تغییرپذیری هماهنگی حرکتی تأثیر ندارد (۲۴). برخلاف این یافته‌ها، در پژوهشی دیگر، نرمی حرکت در یک تکلیف هدف‌گیری بررسی شد. شرکت‌کنندگان در دو حالت (جسمی و ذهنی)

1. Palmer
2. Lee & Newell

تکلیف مدنظر را تمرین کردند و یک گروه هم به‌عنوان گروه کنترل تمرینی انجام نداد. نتایج نشان داد، تمرین ذهنی بر نرمی حرکت اثرگذار است، اما میزان تأثیر آن نسبت به تمرین جسمانی کمتر است (۲۲). هر دوی این پژوهش‌ها محدودیت‌هایی دارند؛ به این صورت که هر دو از مدت‌زمان و تعداد کوشش‌های کمی برای تمرین استفاده کردند و تکلیف آن‌ها آزمایشگاهی بود که نمی‌تواند کاربرد زیادی در زمین ورزشی داشته باشد. علاوه بر این، در پژوهش محمد سوبری[1] و همکاران برای محاسبه تغییرپذیری از یک سنجش مجرد استفاده شد (انحراف استاندارد) و از سنجش هماهنگی در طول تمام حرکت و تمام اندام‌ها بهره گرفته نشد (۲۴) که به نوبه خود تعمیم‌پذیری نتایج را محدود می‌کند (۲۵). همچنین در پژوهش رافینو[2] و همکاران، برای سنجش نرمی حرکت از تعداد قله‌های وضعیت سرعت استفاده شد (۲۲). این متغیر یک متغیر ساده برای محاسبه نرمی حرکت است، اما به اعتقاد برخی پژوهشگران، این متغیر حساسیت و قدرت لازم برای مشخص کردن تفاوت‌ها را ندارد (۲۷، ۲۶)؛ بر همین اساس، پژوهش حاضر بر آن بود که در مدت‌زمان طولانی‌تری برای تمرین و یادداری و با استفاده از سنجش مداوم تغییرپذیری هماهنگی حرکت (تمام طول حرکت) و همچنین معیاری معتبر برای سنجش نرمی حرکت به بررسی تأثیر تصویرسازی حرکتی بر این دو متغیر مهم بپردازد. از طریق این مقایسه بین تمرین ذهنی و تمرین جسمانی می‌توان به این سؤال مهم پاسخ داد: آیا مکانیسم‌های زیربنایی این دو تمرین با هم مشابه هستند و آیا تمرین ذهنی مشابه با تمرین جسمانی منجر به کسب متغیرهای کنترلی سطح بالایی همچون تغییرپذیری در هماهنگی حرکت و همچنین جرک حرکت می‌شود؟

روش پژوهش

در این پژوهش، ۳۰ نفر مرد (میانگین سنی ۴/۳±۲۵ سال) به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند و براساس نمره پیش‌آزمون به سه گروه تصویرسازی، تمرین جسمانی و کنترل تقسیم شدند. همه شرکت‌کنندگان نسبت به تکلیف استفاده‌شده در این پژوهش مبتدی بودند. تعداد نمونه براساس پژوهش‌های پیشین انتخاب شد (۲۳).

تکلیف مدنظر در این پژوهش ضربه گلف بود که برای اجرای آن از چوب و توپ استاندارد گلف استفاده شد. همچنین به‌منظور اجرای این تکلیف از یک زمین چمن مصنوعی به ابعاد ۴×۹ متر استفاده شد. برای ثبت داده‌های کینماتیک در حین اجرای ضربه نیز سیستم تحلیل حرکت SIMI مشتمل بر شش دوربین و نرم‌افزار این شرکت به کار رفت. سرعت نمونه‌برداری دوربین‌ها روی ۲۰۰ فریم بر ثانیه تنظیم شد. علاوه بر این، به‌منظور اندازه‌گیری دقت ضربه شرکت‌کنندگان از یک متر نواری استفاده شد که فاصله لبه توپ تا نقطه هدف (اهداف دایره‌هایی با قطر چهار سانتی‌متر بودند) به‌عنوان خطای فرد (خطای شعاعی) اندازه‌گیری شد.

روش جمع‌آوری داده‌ها به این صورت بود که ابتدا شرکت‌کنندگان به صورت انفرادی به آزمایشگاه فراخوانده شدند. بعد از چند دقیقه استراحت، برای آشنایی با فضای آزمایشگاه به آن‌ها فرم رضایت‌نامه و اطلاعات فردی داده شد. در ادامه پرسشنامه توانایی تصویرسازی (۲۸) به افراد داده شد تا آن را پر کنند. سپس به‌منظور ثبت کینماتیک حرکات، روی بدن شرکت‌کنندگان ۱۷ مارکر منعکس‌کننده نور قرار داده شد که ترتیب آن‌ها به صورت زیر بود: سر دیستال استخوان پنجم کف‌پایی (انگشت)، قوزک پا (مچ پا)، کندیل خارجی ران (زانو)، برجستگی بزرگ ران (ران) زائده آخرومی شانه (شانه)، اپی‌کندیل کناری (آرنج)، زائده نیزه‌ای زند اعلی (مچ) و سر دیستال استخوان اول کف دستی (انگشت) و وسط پیشانی (سر). مارکرگذاری به صورت دوسویه در دو سمت بدن بود. علاوه بر این، یک مارکر روی سر چوب قرار داده شد تا

1. Mohammed Suberi
2. Ruffino

کینماتیک حرکت چوب نیز سنجیده شود. بعد از اجرای سه کوشش گرم کردن، افراد پیش‌آزمون را انجام دادند. پیش-آزمون شامل ۱۰ ضربه به سمت هدفی با فاصله ۲۴۴ سانتی‌متری از نقطه ضربه بود. سپس شرکت‌کنندگان براساس نمره پیش‌آزمون به سه گروه تقسیم شدند که تفاوت معناداری در عملکرد دقت آن‌ها وجود نداشته باشد (در هر گروه ۱۰ نفر قرار داده شد). در ادامه هر شرکت‌کننده براساس گروه‌بندی مربوط، به تمرین تکلیف مدنظر پرداخت. گروه تمرین جسمانی شامل اجرای ۱۰ بلوک ۱۸ کوششی از فاصله ۲۴۴ سانتی‌متری از هدف بود. به افراد درمورد نحوه ضربه زدن و یا نگه‌داشتن چوب چیزی گفته نشد تا میزان دستورالعمل دریافتی در این گروه با گروه تصویرسازی یکسان باشد. در گروه تصویرسازی، افراد چوب را در دست گرفته و روی نقطه ضربه در پشت توپ قرار می‌گرفتند و وضعیتی مشابه با وضعیت ضربه زدن به خود می‌گرفتند. سپس باید بدون هیچ حرکت قابل‌مشاهده‌ای انجام ضربه را تصور می‌کردند. محدودیت زمانی برای انجام عمل تصویرسازی وجود نداشت. هربار که افراد یک حرکت را تصور می‌کردند، می‌بایست به صورت کلامی اعلام می‌کردند و سپس کوشش بعدی را اجرا می‌نمودند. این گروه نیز ۱۰ بلوک ۱۸ کوششی را هر روز تمرین می‌کرد. تمرین برای گروه‌های جسمانی و تصویرسازی شش روز ادامه داشت. گروه کنترل فقط در پیش‌آزمون و یادداری شرکت کرد و تمرینی نداشت. هفت روز بعد از آخرین جلسه تمرینی، افراد مجدد به صورت انفرادی به آزمایشگاه فراخوانده شدند و مجدد مارکرگذاری مشابه با پیش‌آزمون انجام شد. همچنین مشابه با پیش‌آزمون، سه کوشش به‌عنوان گرم کردن انجام شد و سپس ۱۰ کوشش به‌عنوان یادداری انجام دادند. در پیش‌آزمون و یادداری فاصله توپ از لبه هدف بعد از هر ضربه به‌عنوان دقت افراد اندازه‌گیری شد. همچنین میزان تغییرپذیری هماهنگی حرکتی بین مچ چپ و راست به‌عنوان سنجش ثبات در الگوی هماهنگی، با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (۲۹).

$$\sum_{j=1}^{k} \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (\bar{x}_A - x_{Ai})^2 + (\bar{x}_B - x_{Bi})^2 / n_j} \Big/ kR$$

در این فرمول، $\bar{x}_A$ میانگین جابه‌جایی زاویه‌ای مچ راست، x_{Ai} جابه‌جایی زاویه‌ای مچ دست راست در هر کوشش، $\bar{x}_B$ میانگین جابه‌جایی زاویه‌ای مچ چپ، x_{Bi} جابه‌جایی زاویه‌ای مچ دست چپ در هر کوشش، n_i تعداد داده‌هایی بود که محاسبه برای آن‌ها انجام می‌شود که در این پژوهش برابر با ۱۰۰ بود، k تعداد کوشش‌ها (در اکثر پژوهش‌ها این مقدار برابر با ۳ است و در این پژوهش هم این مقدار در نظر گرفته شد؛ بر این اساس مقدار تغییرپذیری زاویه‌ای برای ۹ کوشش محاسبه شد: کوشش‌های اول تا سوم، پنجم تا هفتم و هشتم تا دهم، که درنهایت مقدار تغییرپذیری الگوی هماهنگی در هر بلوک براساس میانگین این سه محاسبه به دست آمد) و R اختلاف باقیمانده بود. از داده‌های چوب گلف نیز شاخصی به‌عنوان جرک بدون بعد محاسبه شد. پژوهش‌ها نشان دادند، این شاخص نسبت به شاخص کلاسیک میانگین مربعات جرک تفاوت بین گروه‌ها را بهتر نشان می‌دهد (۱۶). فرمول این شاخص به صورت زیر است:

$$\sqrt{\int_0^{MT} \frac{J(t)^2}{2} dt * \left(\frac{MT^3}{V_{peak}^2}\right)}$$

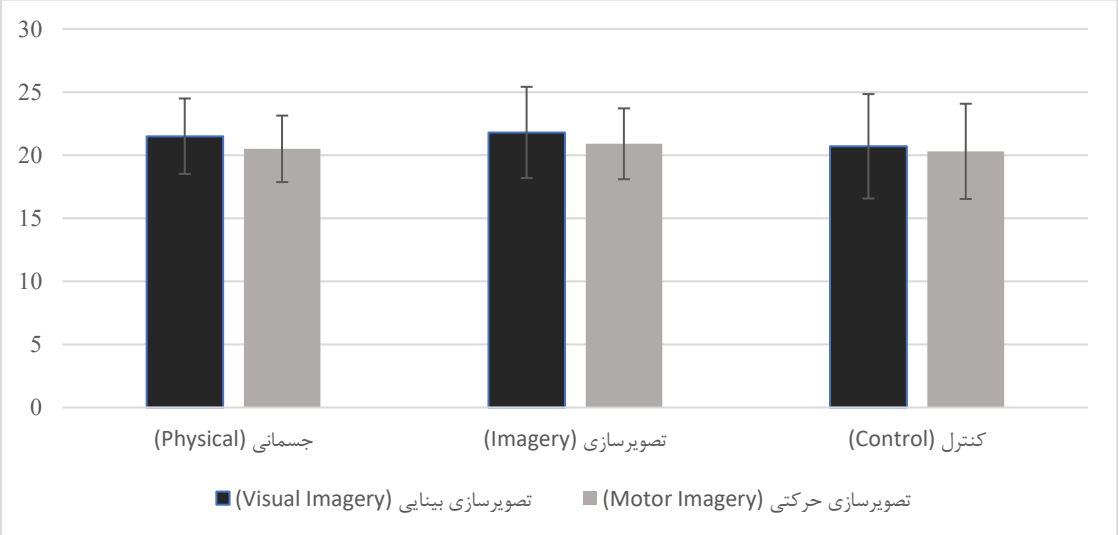
در این فرمول، MT زمان حرکت، $J(t)$ جرک حرکت و V_{peak} حداکثر سرعت است. داده‌های پرسشنامه توانایی تصویرسازی با استفاده از طرح تحلیل واریانس یک‌سویه تجزیه و تحلیل شدند. همه داده‌های مربوط به دقت و کینماتیک

حرکت در طرح تحلیل واریانس با ۳ (گروه: جسمانی، ذهنی و کنترل) × ۲ (مراحل آزمون: پیش‌آزمون و یادداری) تجزیه و تحلیل شدند که در عامل آخر دارای اندازه‌های تکراری بود.

نتایج

توانایی تصویرسازی

نتایج آزمون تحلیل واریانس نشان داد، گروه‌ها در توانایی تصویرسازی بینایی ($F<1$) و توانایی تصویرسازی حرکتی ($F<1$) با هم تفاوت معناداری نداشتند. شکل (۱) نمودار توانایی تصویرسازی گروه‌های مختلف را نشان می‌دهد.



شکل ۱- نمودار توانایی تصویرسازی بینایی و حرکتی برای گروه‌های مختلف
(نوارهای خطا نشان‌دهنده انحراف استاندارد هستند)

Figure 1- Plot of visual and Motor imagery abilities for different groups
(Error bars represent standard deviations)

دقت حرکت

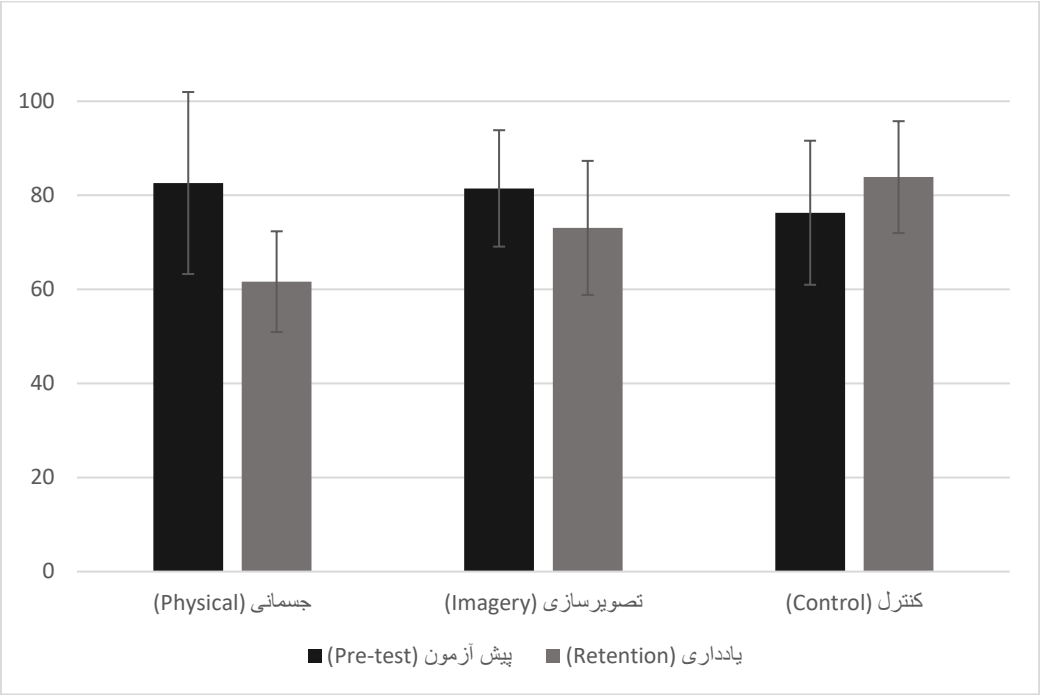
شکل (۲) نمودار عملکرد دقت شرکت‌کنندگان را در پیش‌آزمون و یادداری نشان می‌دهد. همچنین جدول (۱) نتایج آزمون تحلیل واریانس را نشان می‌دهد. نتایج این آزمون نشان داد، اثر اصلی گروه ($F(۲ و ۲۷)=۰/۹۸$، $P=۰/۳۸$، $\eta^2_p=۰/۰۶۸$) معنادار نبود، اما اثر اصلی مراحل آزمون ($F(۱ و ۲۷)=۱۰/۲۱$، $P=۰/۰۰۴$، $\eta^2_p=۰/۲۷$) و تعامل گروه در مراحل آزمون ($F(۲ و ۲۷)=۱۳/۲۰$، $P<۰/۰۰۱$، $\eta^2_p=۰/۴۹$) معنادار بود.

جدول ۱- نتایج تحلیل واریانس برای داده‌های دقت

Table 1- Results of ANOVA for accuracy measures

ارزش η^2_p η^2_p	ارزش P P-value	ارزش F F-value	میانگین مجذورات Mean Square	درجات آزادی df	مجموع مجذورات Sum of Squares	منبع تغییرات Source of Variation
0.068	0.38	0.98	325.20	2	650.41	گروه Group
0.27	0.004	10.21	791/33	1	791.33	مراحل آزمون Test Stages
0.49	<0.001	13.20	1023.06	2	2046.12	تعامل گروه در مراحل آزمون Group × Test Stages Interaction

برای اثر تعاملی گروه در مراحل آزمون، آزمون تعقیبی اجرا شد که نتایج نشان داد، در پیش‌آزمون تفاوت معناداری بین گروه‌ها وجود نداشت (همه P>۰/۰۵)، اما نتایج آزمون یادداری نشان داد، گروه جسمانی به طور معناداری با گروه‌های تصویرسازی و کنترل تفاوت داشت (همه P<۰/۰۵). همچنین تفاوت بین گروه‌های تصویرسازی و کنترل معنادار بود (P<۰/۰۵). مقایسه میانگین‌ها نشان‌دهنده عملکرد دقیق‌تر گروه جسمانی نسبت به دو گروه دیگر بود. گروه تصویرسازی نیز نسبت به گروه کنترل دقت بیشتری در این مرحله داشت (میانگین‌ها، جسمانی=۶۱/۶۴، تصویرسازی=۷۳/۰۷، کنترل=۸۳/۸۶). همچنین نتایج آزمون تعقیبی نشان داد، تفاوت بین پیش‌آزمون و یادداری برای گروه جسمانی و تصویرسازی معنادار بود (همه P<۰/۰۵)، اما برای گروه کنترل تفاوت معناداری بین پیش‌آزمون و یادداری وجود نداشت (P>۰/۰۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، گروه‌های جسمانی و تصویرسازی در یادداری نسبت به پیش‌آزمون دقت بیشتری داشتند (میانگین‌ها برای گروه جسمانی، پیش‌آزمون=۸۲/۶۱، یادداری=۶۱/۶۴؛ میانگین‌ها برای گروه تصویرسازی، پیش-آزمون=۸۱/۴۷، یادداری=۷۳/۰۷).



شکل ۲- نمودار مربوط به عملکرد دقت گروه‌های مختلف در پیش‌آزمون و یادداری
(نوارهای خطا نشان‌دهنده انحراف استاندارد هستند)

Figure 2- Plot related to the accuracy performance of different groups during pre-test and retention
(Error bars represent standard deviations)

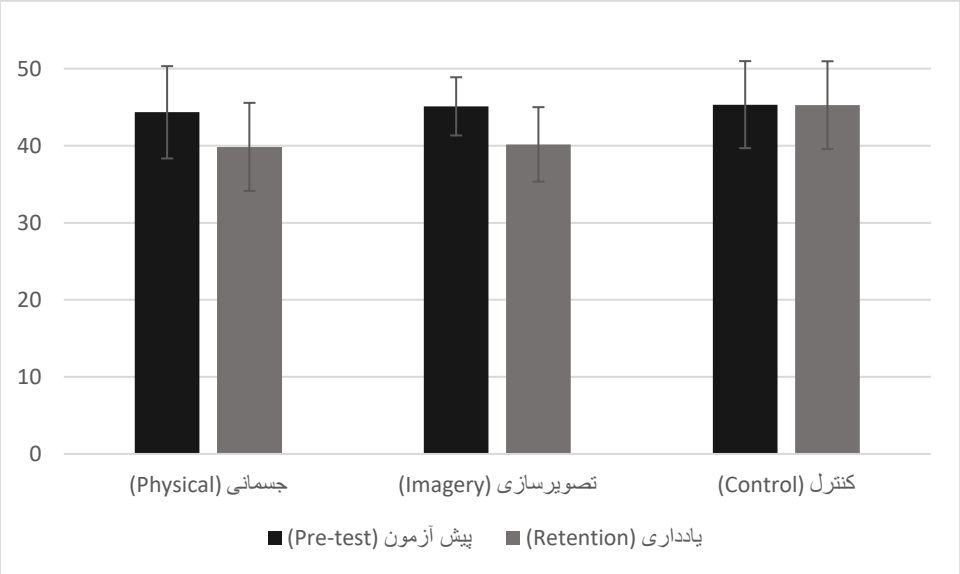
تغییرپذیری الگوی هماهنگی

شکل (۳) نمودار عملکرد تغییرپذیری الگوی هماهنگی مچ راست و چپ را برای گروه‌های مختلف در پیش‌آزمون و یادداری نشان می‌دهد. همچنین جدول (۲) نتایج آزمون تحلیل واریانس را برای این داده‌ها نشان می‌دهد. نتایج آزمون تحلیل واریانس برای این متغیر نشان داد، اثر اصلی گروه معنادار نبود ($F(۲ و ۲۷)=۱/۰۸$، $P=۰/۳۵$، $\eta^2p=۰/۰۷$)، اما اثر اصلی مراحل آزمون ($F(۱ و ۲۷)=۶۳/۶۳$، $P<۰/۰۰۱$، $\eta^2p=۰/۷$) و تعامل گروه با مراحل آزمون ($F(۲ و ۲۷)=۱۵/۳۸$، $P<۰/۰۰۱$، $\eta^2p=۰/۵۳$) معنادار بود. برای اثر تعاملی گروه در مراحل آزمون، آزمون تعقیبی اجرا شد که نتایج نشان داد، تفاوت بین گروه‌ها در مرحله پیش‌آزمون معنادار نبود (همه $P>۰/۰۵$)، اما برای مرحله یادداری نشان داد، گروه‌های جسمانی و تصویرسازی به طور معناداری با گروه کنترل تفاوت داشتند (همه $P<۰/۰۵$)، اما تفاوت بین گروه جسمانی و تصویرسازی معنادار نبود ($P>۰/۰۵$). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، گروه‌های جسمانی و تصویرسازی نسبت به گروه کنترل تغییرپذیری کمتری در الگوی هماهنگی خود در این مرحله داشتند (میانگین‌ها، جسمانی=۳۹/۸۴، ذهنی=۴۰/۱۶، کنترل=۴۵/۲۶).

جدول ۲- نتایج آزمون تحلیل واریانس برای داده‌های تغییرپذیری الگوی هماهنگی
Table 2- Results of ANOVA for variability of coordination pattern

ارزش η^2_p η^2_p	ارزش P P-value	ارزش F F-value	میانگین مجذورات Mean Square	درجات آزادی df	مجموع مجذورات Sum of Squares	منبع تغییرات Source of Variation
0.07	0.35	1.08	58.91	2	117.83	گروه Group
0.70	<0.001	63.63	150	1	150	مراحل آزمون Test Stages
0.53	<0.001	15.38	36.26	2	72.52	تعامل گروه در مراحل آزمون Group × Test Stages Interaction

همچنین این نتایج نشان داد، تفاوت بین پیش‌آزمون و یادداری برای گروه‌های جسمانی و تصویرسازی معنادار بود (همه P<۰/۰۵)، اما برای گروه کنترل این تفاوت معنادار نبود (P(>۰/۰۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، تمرین جسمانی و تصویرسازی موجب کاهش تغییرپذیری الگوی هماهنگی در یادداری نسبت به پیش‌آزمون شد (میانگین‌ها برای گروه جسمانی، پیش‌آزمون=۴۴/۳۲، یادداری=۳۹/۸۴؛ میانگین‌ها برای گروه تصویرسازی، پیش‌آزمون=۴۵/۱، یادداری=۴۰/۱۶).



شکل ۳- تغییرپذیری الگوی هماهنگی برای گروه‌های مختلف در مرحله پیش‌آزمون و یادداری
(نوارهای خطا نشان‌دهنده انحراف استاندارد هستند)

Figure 3- Variability of coordination pattern for different groups during pre-test and retention (Error bars represent standard deviations)

جرک بدون بعد

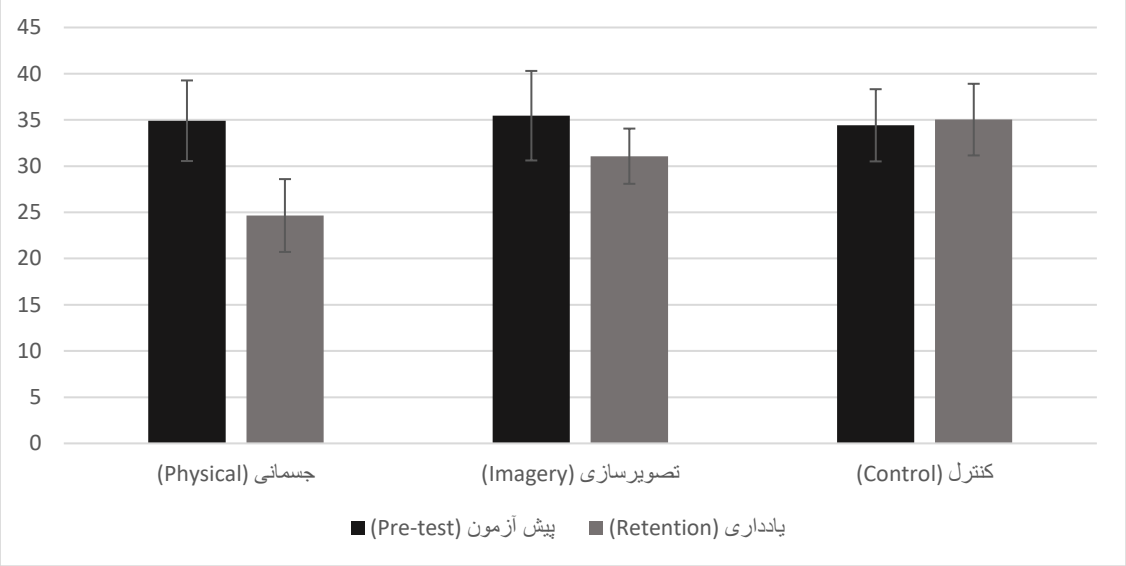
شکل (۴) نمودار جرک بدون بعد را برای گروه‌های مختلف در مرحله پیش‌آزمون و یادداری نشان می‌دهد. همچنین جدول (۳) نتایج آزمون تحلیل واریانس را برای داده‌های جرک حرکت نشان می‌دهد. نتایج آزمون تحلیل واریانس برای این متغیر نشان داد، اثر اصلی گروه (۵/۶۸=F(۲ و ۲۷)، P=۰/۰۰۹، η^2_p=۰/۲۹)، اثر اصلی مراحل آزمون (۳۳/۷۸=F(۱ و ۲۷)، P<۰/۰۰۱، η^2_p=۰/۵۵) و اثر تعاملی گروه در مراحل آزمون (۱۵/۲۶=F(۲ و ۲۷)، P<۰/۰۰۱، η^2_p=۰/۵۳) معنادار بود. نتایج آزمون تعقیبی برای اثر تعاملی نشان داد، گروه‌ها در پیش‌آزمون تفاوت معناداری با هم نداشتند (همه P>۰/۰۵)، اما گروه جسمانی در آزمون یادداری به صورت معناداری با گروه‌های تصویرسازی و کنترل، متفاوت بود (همه P<۰/۰۵). تفاوت بین گروه‌های تصویرسازی و کنترل نیز در این آزمون معنادار بود (P<۰/۰۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، گروه جسمانی نسبت به دو گروه دیگر جرک کمتری در حرکت خود داشت. همچنین گروه تصویرسازی نسبت به گروه کنترل جرک کمتری در حرکت خود داشت (میانگین‌ها، جسمانی=۲۶/۶۵، تصویرسازی=۳۱/۰۷، کنترل=۳۵/۰۳).

جدول ۳- نتایج آزمون تحلیل واریانس برای جرک حرکت

Table 3- Results of ANOVA for movement jerk Measure

منبع تغییرات Source of Variation	مجموع مجذورات Sum of Squares	درجات آزادی df	میانگین مجذورات Mean Square	ارزش F F-value	ارزش P P-value	ارزش η2p η2p
گروه Group	257.88	2	128.94	5.68	0.009	0.29
مراحل آزمون Test Stages	296.08	2	148.04	15.26	<0.001	0.53
تعامل گروه در مراحل آزمون Group × Test Stages Interaction	72.52	2	36.26	15.38	<0.001	0.53

علاوه بر این، نتایج آزمون تعقیبی برای اثر تعاملی نشان داد، تفاوت بین پیش‌آزمون و یادداری برای گروه کنترل معنادار نبود (P>۰/۰۵)، اما این تفاوت برای گروه‌های جسمانی و تصویرسازی معنادار بود (همه P<۰/۰۵).



شکل ۴- نمودار مربوط به جرک بدون بعد برای گروه‌ها در مراحل پیش‌آزمون و یادداری
(نوارهای خطا نشان‌دهنده انحراف استاندارد هستند)

Figure 4- Plot related to the dimensionless jerk for groups during pre-test and retention (Error bars represent standard deviations)

بحث و نتیجه‌گیری

به صورت کلی در این پژوهش نشان داده شد که تمرین می‌تواند موجب کاهش تغییرپذیری الگوی هماهنگی حرکت شود. این یافته با پژوهش‌های قبلی در این زمینه همخوانی دارد (۱۱، ۸). این یافته با دیدگاه کنترل و هماهنگی نیوول (۴) نیز همخوانی دارد. هم‌راستا با دیدگاه کنترل و هماهنگی، پژوهش‌های قبلی نشان دادند که تمرین می‌تواند موجب ثبات در الگوی هماهنگی حرکتی شود. در برخی موارد، تغییرپذیری را به‌عنوان یک مؤلفه کارکردی که موجب انعطاف-پذیری حرکتی می‌شود، در نظر می‌گیرند (۳۰)، اما تغییرپذیری بیش‌ازحد در الگوی هماهنگی معمولاً به‌عنوان نویز در نظر گرفته می‌شود که باید برای بهبود عملکرد کاهش داده شود (۲۴). براساس دیدگاه کنترل و هماهنگی، فرد در فرایند یادگیری باید الگویی هماهنگی از مهارت مدنظر را ایجاد کند که همین موضوع باعث ایجاد اجرای متغیر (تغییرپذیری زیاد) می‌شود. در مرحله دوم و بعد از کسب الگوی هماهنگی، فرد تأکید زیادی بر پارامتریزه کردن حرکت دارد که مشخصه این مرحله اجرای حرکت به شکلی همسان‌تر است. براساس این نظریه، فرد در فرایند یادگیری حرکتی تلاش خواهد کرد که تغییرپذیری حرکتی را کاهش دهد. هم‌راستا با این نظریه، در این پژوهش نیز نشان داده شد که تمرین جسمانی و تمرین ذهنی موجب کاهش تغییرپذیری در الگوی هماهنگی شرکت‌کنندگان می‌شوند. این یافته‌ها نیازمند تفسیر و توجیه دقیق‌تری هستند که در ادامه به آن‌ها پرداخته شده است.

در این پژوهش نشان داده شد که تمرین جسمانی نسبت به تمرین ذهنی منجر به عملکرد دقیق‌تر ضربه گلف می‌شود؛ این در حالی است که تمرین ذهنی دقت را بهبود بخشید، اما میزان بهبود به‌اندازه تمرین جسمی نبود. این یافته‌ها با یافته‌های پیشین در این زمینه همسوست (۳۴-۳۱). برخی عقیده دارند که تأثیر نداشتن تمرین ذهنی نسبت به تمرین جسمانی به وجود مکانیسم‌های زیربنایی متفاوت در این دو نوع تمرین مربوط است (۳۲، ۲۳، ۲۲). براساس استدلال محققان، در تمرین ذهنی به دلیل نبود بازخورد بیرونی، مدل‌های درونی که در حاصل تمرین به وجود می‌آیند، به‌روزرسانی نمی‌شوند و همین موضوع بر یادگیری تأثیر می‌گذارد (۳۷-۳۵). در این راستا نشان داده شده است که تمرین ذهنی و

تمرین جسمانی می‌توانند منجر به بازنمایی‌های ذهنی متفاوتی شوند (۳۸). همچنین در این پژوهش نشان داده شد که تغییرپذیری در الگوی هماهنگی به طور مشابهی در تمرین ذهنی و تمرین جسمانی کاهش می‌یابد. این یافته با یافته‌های پیشین هم‌راستا نیست؛ به عنوان مثال، نشان داده شده است که تمرین ذهنی بر تغییرپذیری حرکتی تأثیر ندارد (۲۴). تکلیف به‌کاررفته در این پژوهش، یک تکلیف آزمایشگاهی هدف‌گیری با دست بود. چند دلیل احتمالی می‌تواند تناقض در بین یافته‌های این پژوهش با پژوهش پیشین (۲۴) را توجیه کند. در پژوهش قبلی از انحراف استاندارد وضعیت‌های اولیه قبل از شروع حرکت به‌عنوان شاخص تغییرپذیری در الگوی حرکت استفاده شد که شاخصی مجرد است (۲۴)؛ این در حالی است که برخی اعتقاد دارند سنجش‌های مجرد نمی‌تواند به‌خوبی نشان‌دهنده فرایندهای درگیر در حرکت باشد و ممکن است در بسیاری از مواقع تفاوت‌های بین گروه‌ها را به‌خوبی نشان ندهد (۳۰، ۲۵، ۱). دلیل احتمالی دیگر به طول دوره تمرین استفاده‌شده در این دو پژوهش ارتباط دارد. در پژوهش پیشین فقط از ۱۸ کوشش به‌عنوان تمرین استفاده شد (۲۴)؛ این در حالی است که در پژوهش حاضر از ۱۰۸۰ کوشش به‌عنوان دوره تمرین استفاده شد. براساس دیدگاه کنترل و هماهنگی نیوول (۴)، ایجاد الگوی هماهنگی پایدار نیازمند تمرین کافی است؛ بر همین اساس، احتمالاً در پژوهش قبلی تعداد کوشش‌های تمرینی برای ایجاد ثبات در الگوی هماهنگی کافی نبود. در پژوهشی دیگر نیز برخلاف یافته‌های پژوهش حاضر، در تکلیف نواختن پیانو نشان داده شد که تمرین ذهنی الگوی هماهنگی (نحوه جابه‌جایی دست‌ها در یک نت موسیقی) را بهبود داد، اما تغییرپذیری در الگوی هماهنگی را تحت‌تأثیر قرار نداد (۳۹). دلایل احتمالی برای این یافته‌های متفاوت ممکن است به سطح مهارت شرکت‌کنندگان در این پژوهش ارتباط داشته باشد. شرکت‌کنندگان در پژوهش یادشده (۳۹)، نوازندگان ماهری بودند که سال‌ها تجربه تمرینی داشتند. احتمال دارد که این شرکت‌کنندگان به دلیل سطوح بالای تجربه تمرینی، از قبل سطح ثبات کافی در الگوی خود ایجاد کردند و دیگر جایی برای پیشرفت در این بعد از مهارت خود نداشتند و یا مدت‌زمان محدود استفاده‌شده در این پژوهش (فقط ۲۱ دقیقه تمرین) نتوانست موجب ایجاد تغییر در این بعد از مهارت افراد شود. هم‌راستا با نتایج این پژوهش، پژوهشگران نشان دادند که ترکیب مشاهده عمل با تصویرسازی می‌تواند موجب بهبود مسیر حرکت و همچنین افزایش نرمی حرکت در کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی شود (۴۰). این نتایج هم‌راستا با یافته‌های پژوهش حاضر است، اما یک موضوع تعمیم‌پذیری یافته‌های این پژوهش را زیرسؤال می‌برد؛ مبنی بر اینکه در این پژوهش از تمرین ذهنی به صورت محض استفاده نشد و علاوه‌بر ترکیب آن یا مشاهده عمل، در بین کوشش‌های تمرین ذهنی از اجرای واقعی هم استفاده شد؛ بر همین اساس، نمی‌توان این اثرات مشاهده‌شده را به صورت منفرد به نوع خاصی از تمرین‌های ذکرشده نسبت داد و ممکن است درنتیجهٔ ترکیب روش‌های تمرینی این نتایج به‌دست‌آمده باشد. اخیراً هم‌راستا با یافته‌های پژوهش حاضر، در یک تکلیف آزمایشگاهی هدف‌گیری با دست نشان داده شد که تمرین ذهنی می‌تواند موجب افزایش نرمی حرکت شود؛ هرچند این افزایش به‌اندازه افزایش نرمی حرکت درنتیجهٔ تمرین جسمانی نبود (۲۲). این پژوهش روی یک تکلیف آزمایشگاهی بود و شاید تعمیم‌پذیری نتایج آن به دنیای واقعی ورزش دشوار باشد، اما استدلال‌هایی در آن ارائه شدند که توسط شواهد تجربی در دیگر پژوهش‌ها تأیید شدند. براساس استدلال این پژوهشگران، تفاوت در تمرین جسمانی و تمرین ذهنی می‌تواند به دلیل وجود بازخورد حاصل از حرکت باشد. براساس این استدلال، در تکلیف هدف‌گیری با دست، سمت اول هدف‌گیری می‌تواند با و یا بدون بازخورد به صورت نرم انجام شود؛ زیرا این قسمت نیازمند اصلاحات تحت کنترل بازخورد نیست، اما در قسمت دوم هدف‌گیری که نیازمند تعدیلات دقیق برای رسیدن به هدف است، بدون وجود بازخورد احتمال ایجاد تغییرات لازم در حرکت مقدور نخواهد بود؛ بنابراین وجود بازخورد در حالت تمرین جسمانی می‌تواند موجب بهینه‌سازی این اصلاحات لازم برای دستیابی به هدف حرکت شود و احتمالاً همین امر موجب افزایش

نرمی حرکت شده باشد؛ اما برخلاف تمرین جسمی، در حالت تمرین ذهنی به دلیل نبود بازخورد واقعی حاصل از اجرای مهارت، احتمالاً این بهینه‌سازی اصلاحات روی نمی‌دهد و همین موضوع مانعی برای افزایش نرمی حرکت به‌اندازه تمرین جسمانی خواهد بود (۲۲). در همین راستا پژوهشگران نشان داده‌اند، نبود بازخورد در تمرین ذهنی می‌تواند دلیل ایجاد مکانیسم‌های متفاوتی برای یادگیری از راه تمرین جسمانی و تمرین ذهنی باشد (۲۳). همچنین در تأیید این استدلال نشان داده شده است که تمرین ذهنی در غیاب تمرین جسمانی نمی‌تواند منجر به به‌روزرسانی مدل‌های درونی مربوط به یادگیری تکلیف شود (۳۷) که این فقدان به‌روزرسانی به نبود بازخورد در تمرین ذهنی نسبت داده شده است.

به طور کلی، در این پژوهش نشان داده شد که تمرین ذهنی مشابه با تمرین جسمانی باعث بهبود عملکرد و بهبود نرمی حرکت می‌شود؛ هرچند این بهبود به‌اندازه پیشرفت حاصل از تمرین جسمانی نبود. این یافته‌ها براساس مکانیسم‌های یادگیری متفاوت بین تمرین جسمانی و تمرین ذهنی توجیه می‌شود. این مکانیسم‌های متفاوت می‌توانند درنتیجهٔ فقدان به‌روزرسانی مدل‌های درونی در حالت تمرین ذهنی، درنتیجهٔ نبود بازخورد در این حالت تمرینی باشند. پیشنهاد می‌شود، پژوهش‌های آتی بازخورد حاصل از حرکت را در حالت جسمانی به صورت مستقیم دستکاری کنند تا صحت این استدلال به صورت مستقیم بررسی شود.

پیام مقاله

نتایج این مطالعه نشان داد، تمرین ذهنی مانند تمرین جسمانی به یادگیری ضربه گلف منجر می‌شود. همچنین تمرین ذهنی باعث بهبود نرمی حرکت می‌شود؛ با این حال، این بهبود به اندازه بهبود حاصل از تمرین جسمانی درخورتوجه نبود.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه به تأیید کمیته اخلاق دانشگاه شیراز رسید.

مشارکت نویسندگان

ایده‌پردازی: داود فاضلی، حمیدرضا طاهری و علیرضا صابری کاخکی

جمع‌آوری داده‌ها: داود فاضلی

تحلیل داده‌ها: داود فاضلی و فاطمه شاکری چناری

نوشتن مقاله: داود فاضلی، حمیدرضا طاهری، علیرضا صابری کاخکی و فاطمه شاکی چناری

بازبینی و ویرایش: داود فاضلی، حمیدرضا طاهری، علیرضا صابری کاخکی و فاطمه شاکی چناری

مرور ادبیات: داود فاضلی، حمیدرضا طاهری، علیرضا صابری کاخکی و فاطمه شاکی چناری

مدیر پروژه: داود فاضلی، حمیدرضا طاهری و علیرضا صابری کاخکی

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

از تمامی شرکت‌کنندگان در این پژوهش کمال تشکر را داریم. همچنین از داورهایی که با نظرهای خود موجب ارتقای کیفیت پژوهش حاضر شدند، صمیمانه تشکر می‌کنیم.

منابع

1. Schmidt RA, Lee TD, Winstein C, Wulf G, Zelaznik HN. Motor control and learning: a behavioral emphasis. Human kinetics; 2018.
2. Driskell JE, Copper C, Moran A. Does mental practice enhance performance? Journal of Applied Psychology. 1994;79(4):481.
3. Jeannerod M. Neural simulation of action: a unifying mechanism for motor cognition. Neuroimage. 2001;14(1):S103-S9.
4. Newell KM. Coordination, control and skill. Advances in psychology. 27: Elsevier; 1985. p. 295-317. https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62541-8
5. Kugler PN, Kelso JS, Turvey MT. On the concept of coordinative structures as dissipative structures: I. theoretical lines of convergence. Advances in psychology. 1: Elsevier; 1980. p. 3-47. https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)61936-6
6. Fitts PM, Posner MI. Human performance. Brooks/Cole. Oxford, England; 1967.
7. Dai B, Leigh S, Li H, Mercer VS, Yu B. The relationships between technique variability and performance in discus throwing. Journal of Sports Sciences. 2013;31(2):219-28. https://doi.org/10.1080/02640414.2012.729078
8. Tucker CB, Hanley B. Gait variability and symmetry in world-class senior and junior race walkers. Journal of Sports Sciences. 2017;35(17):1739-44. https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1235793
9. Serrien B, Ooijen J, Goossens M, Baeyens J-P. A Motion analysis in the volleyball spike—Part 2: Coordination and performance variability. International Journal of Human Movement and Sports Sciences. 2016;4(4):83-90. https://doi.org/10.13189/saj.2016.040404
10. Palmer HA, Newell KM, Gordon D, Smith L, Williams GK. Qualitative and quantitative change in the kinematics of learning a non-dominant overarm throw. Human Movement Science. 2018;62:134-42. https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.10.004
11. Palmer HA, Newell KM, Mulloy F, Gordon D, Smith L, Williams GK. Movement form of the overarm throw for children at 6, 10 and 14 years of age. European Journal of Sport Science. 2021;21(9):1254-62. https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1834622
12. Chow JY, Davids K, Button C, Koh M. Variation in coordination of a discrete multiarticular action as a function of skill level. Journal of Motor Behavior. 2007;39(6):463-79. https://doi.org/10.3200/JMBR.39.6.463-480
13. Wilson C, Simpson SE, Van Emmerik RE, Hamill J. Coordination variability and skill development in expert triple jumpers. Sports Biomechanics. 2008;7(1):2-9. https://doi.org/10.1080/14763140701682983
14. Latash ML. Fundamentals of motor control. Academic Press; 2012.
15. Choi A, Joo S-B, Oh E, Mun JH. Kinematic evaluation of movement smoothness in golf: relationship between the normalized jerk cost of body joints and the clubhead. Biomedical Engineering Online. 2014;13(1):1-12. https://doi.org/10.1186/1475-925X-13-20
16. Lee M-H, Newell KM. Visual feedback of hand trajectory and the development of infant prehension. Infant Behavior and Development. 2012;35(2):273-9. https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2011.12.004
17. Ganzevles SP, Beek PJ, Daanen HA, Coolen BM, Truijens MJ. Differences in swimming smoothness between elite and non-elite swimmers. Sports Biomechanics. 2019:1-14. https://doi.org/10.1080/14763141.2019.1650102
18. Holmes P, Calmels C. A neuroscientific review of imagery and observation use in sport. Journal of Motor Behavior. 2008;40(5):433-45. https://doi.org/10.3200/JMBR.40.5.433-445
19. Kilteni, K., Andersson, B. J., Houborg, C., & Ehrsson, H. H. (2018). Motor imagery involves predicting the sensory consequences of the imagined movement. Nature Communications, 9(1), 1-9.
20. Dahm, S. F., & Rieger, M. (2019). Is imagery better than reality? Performance in imagined dart throwing. Human Movement Science, 66, 38-52. https://doi.org/10.1016/j.humov.2019.03.005
21. Kraeutner, S. N., Cui, A. X., Boyd, L. A., & Boe, S. G. (2022). Modality of practice modulates resting state connectivity during motor learning. Neuroscience Letters, 781, 136659. https://doi.org/10.1016/j.neulet.2022.136659
22. Ruffino C, Truong C, Dupont W, Bouguila F, Michel C, Lebon F, et al. Acquisition and consolidation processes following motor imagery practice. Scientific Reports. 2021;11(1):1-12.

23. Fazeli D, Taheri H, Kakhki AS. Utilizing the variability of practice in physical execution, action observation, and motor imagery: similar or dissimilar mechanisms? Motor Control. 2021;25(2):198-210. https://doi.org/10.1123/mc.2020-0021
24. Mohammed Suberi N, Razman R, Callow N, editors. Does Imagery Facilitate a Reduction in Movement Variability in a Targeting Task? International Conference on Movement, Health and Exercise. Springer; 2016. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3737-5_31
25. Rein R. Measurement methods to analyze changes in coordination during motor learning from a non-linear perspective. The Open Sports Sciences Journal. 2012;5(1). https://doi.org/10.2174/1875399X01205010036
26. Balasubramanian S, Melendez-Calderon A, Burdet E. A robust and sensitive metric for quantifying movement smoothness. IEEE Transactions on Biomedical Engineering. 2011;59(8):2126-36. https://doi.org/10.1109/TBME.2011.2179545
27. Balasubramanian S, Melendez-Calderon A, Roby-Brami A, Burdet E. On the analysis of movement smoothness. Journal of Neuroengineering and Rehabilitation. 2015;12(1):1-11. https://doi.org/10.1186/s12984-015-0090-9
28. Sohrabi M, Farsi A, Fouladian J. Validation of the Iranian translation of the movement imagery questionnaire revised. Journal of Studies in Sport Sciences. 2010;5(1):13-24. [In Persian].
29. Sidaway B, Heise G, Schoenfelder-Zohdi B. Quantifying the variability of angle-angle plots. Journal of Human Movement Studies. 1995;29:181-97.
30. Stergiou N. Nonlinear analysis for human movement variability. CRC Press; 2016.
31. Coelho CJ, Nusbaum HC, Rosenbaum DA, Fenn KM. Imagined actions aren't just weak actions: task variability promotes skill learning in physical practice but not in mental practice. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. 2012;38(6):1759. https://doi.org/10.1037/a0028065
32. Fazeli D, Moradi N. Effect of different methods of practice a pre-performance routine on mental representation and performance levels of vollyball overhand float serve. Sport Psychology Studies. 2019;8(29):88-104. https://doi.org/10.22089/spsyj.2019.7153.1762 [In Persian].
33. Hird JS, Landers DM, Thomas JR, Horan JJ. Physical practice is superior to mental practice in enhancing cognitive and motor task performance. Journal of Sport and Exercise Psychology. 1991;13(3):281-93.
34. Simonsmeier BA, Andronie M, Buecker S, Frank C. The effects of imagery interventions in sports: a meta-analysis. International Review of Sport and Exercise Psychology. 2021;14(1):186-207. https://doi.org/10.1080/1750984X.2020.1780627
35. Lei Y, Bao S, Wang J. The combined effects of action observation and passive proprioceptive training on adaptive motor learning. Neuroscience. 2016;331:91-8. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2016.06.011
36. Ong NT, Hodges NJ. Absence of after-effects for observers after watching a visuomotor adaptation. Experimental Brain Research. 2010;205(3):325-34. https://doi.org/10.1007/s00221-010-2366-4
37. Ong NT, Larssen BC, Hodges NJ. In the absence of physical practice, observation and imagery do not result in updating of internal models for aiming. Experimental Brain Research. 2012;218(1):9-19. https://doi.org/10.1007/s00221-011-2996-1
38. Frank C, Land WM, Popp C, Schack T. Mental representation and mental practice: experimental investigation on the functional links between motor memory and motor imagery. PloS One. 2014;9(4):e95175. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095175
39. Bernardi NF, De Buglio M, Trimarchi PD, Chielli A, Bricolo E. Mental practice promotes motor anticipation: evidence from skilled music performance. Frontiers in Human Neuroscience. 2013;7:451. https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00451
40. Marshall B, Wright D, Holmes P, Williams J, Wood G. Combined action observation and motor imagery facilitates visuomotor adaptation in children with developmental coordination disorder. Research in Developmental Disabilities. 2020; 98:103570. https://doi.org/10.1016/j.ridd.2019.103570