

Motor Behavior

Sport Sciences Research Institute of Iran

Monthly Journal of Sport Psychology Studies

Fall 2023/ Vol. 15/ No. 53/ Pages 49-68

The Effect of Self-Control of Task Difficulty During the Early and Late Practice on Motor Learning

M. Zahiri¹, Sh. Tahmasebi Boroujeni^{2*} , M. Shahbazi³, E. Saemi⁴

1. Ph.D. Department of Behavioral and Cognitive Sciences in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran
2. Associate Professor, Department of Behavioral and Cognitive Sciences in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran
3. Professor, Department of Behavioral and Cognitive Sciences in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran
4. Associate Professor, Department of Motor Behavior and Sport Psychology, Faculty of Sport Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Received: 2021/11/08

Accepted: 2022/04/30

Zahiri, M; Tahmasebi Boroujeni, Sh; Shahbazi, M; & Saemi, E. (2023). The Effect of Self-Control of Task Difficulty During the Early and Late Practice on Motor Learning. *Motor Behavior*, 15(53), 49-68. In Persian. DOI: 10.22089/MBJ.2022.11137.1999

Abstract

Combining self-controlled and imposed levels of task difficulty during training seems to make better performance than completely self-controlled conditions. This study aimed at determining whether self-control of task difficulty affects skill learning during the early and late practice stages. For this purpose, forty-eight novice high school students with a mean age (17.5 ± 1.75) years were randomly divided into four groups including complete self-controlled, self-controlled at the beginning, self-controlled at the end, and paired. In the acquisition phase, which includes 100 trials, the self-control group was informed that they could choose and practice any of the preset distances from the target (1/5, 3, 3/5, 4, 4/5, 5 m) before each trial during the acquisition phase. The task difficulty was either self-controlled or imposed to the participants in the two phases of the acquisition session. The accuracy score of basketball throwing were analyzed by mixed variance analysis with repeated measures in acquisition and retention and transfer tests. The results showed that self-control of task difficulty improves compared to the paired group ($P=0.001$). Secondly, the performance of self-control of task difficulty in the early practice group was better than self-control of task difficulty in the end practice group ($P=0.001$). Third, accuracy in the self-control of task difficulty in the early practice group was significantly better than self-control difficulty group and the paired group ($P=0.001$). In general, the benefits of self-control of task difficulty were justified using the challenge point framework, the information processing perspective.

Key words: Performance-Based Adaptive Training, Task Difficulty, Partial Self-Control, Self-Regulation, Motor Learning

* Corresponding Author: Shahzad Tahmasebi Boroujeni, Tel: 09124830304, E-mail: shahzadtahmaseb@ut.ac.ir <https://orcid.org/0000-0002-0875-3993>

Extended Abstract



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/>).

Background and Purpose

Many studies have shown that giving a learner the possibility to control some characteristics of the situation during training enhances motor learning (1). The beneficial effects of self-controlled conditions on motor skill learning has been generalized to several situations, such as physical assistance during task execution (2), skill demonstration (3), concurrent feedback information during task execution (4), amount of practice (5, 6), practice schedules (7) and self-control of task difficulty (8). The underlying mechanism for self-control effects has not been clearly established, although several explanations have been posed. It has been argued by various researchers that the provision of self-control promotes deeper information processing and enhances motivation (9). The majority of previous self-control research has examined the effects related to the manipulation of feedback or another aspect of the instructional setting that directly alters learners' in the whole stage of training. However, this study aimed at determining whether self-control of task difficulty affects skill learning during the early and late practice stages.

Materials and Methods

Forty-eight novice high school students with a mean age (17.5 ± 1.75) years were randomly divided into four groups including complete self-controlled, self-controlled at the beginning, self-controlled at the end, and paired. The training session was composed of 100 acquisition trials and split in two phases: early practice (Trials 1–50) and late practice (Trials 51–100). Each half of the training session comprised two conditions of practice in which the task difficulty was either chosen (self-control condition) or imposed to the learner (yoked condition), thus resulting in four experimental groups. All participants performed 10-min and 24-hr retention and transfer test. The self-control group was notified that they could choose and practice any of the preset distances from the target (1/5, 3, 3/5, 4, 4/5, 5 m) before each trial during the acquisition phase. The accuracy score of basketball throwing were analyzed by mixed variance analysis with repeated measures in acquisition and retention and transfer tests.

Findings

Acquisition: Findings of the mixed analysis of variance test showed that the main effect of the block $F(4/209, 76) = 296.18, p = 0/001, \eta^2 = 0.871$, the main effect of the group $F(3/44) = 12.46, p = 0/001, \eta^2 = 0.461$ and the interaction of the block with the group $F(14/46, 28,209) = 2.46, p = 0/003, \eta^2 = 0.144$ is significant. Therefore, due to the significance of the interactive effect, the main effects are omitted, and in order to investigate the interactive effect, planned pairwise comparisons were used in. The results showed that in the first to third blocks there was no significant difference between the groups ($P < 0.05$) and from the fourth to the tenth block there was a significant difference between the groups ($P < 0.05$).

Retention Tests: The results of the mixed analysis of variance test showed that the main effect of the test $F(3, 132) = 619.78, p = 0/001, \eta^2 = 0.934$ and the main effect of the $F(3/132) = 12.46, p = 0/082, \eta^2 = 0.107$ were significant while the interaction of the test with the group $F(9/132) = 1.75, p = 0/001, \eta^2 = 0.461$ is not significant.

Transfer test: In the transfer test, due to the significance of the analysis of variance test $F(3/47) = 34.97, p = 0/001$ the Tukey post hoc test was used to determine the group difference. The results of Tukey test showed that the mean accuracy scores of the task difficulty group at the beginning (2.96) were significantly better than the task difficulty of self-control group at the end (2.45), the task difficulty of self-control group (2.65) and the paired group (2.47) $P = (0.001)$. However, there is no significant difference between self-control difficulty at the end and self-control group ($P = 0.015$).

Conclusion

This study aimed to determine whether self-control of task difficulty affects skill learning during the early and/or late practice stages. It seems that the beneficial effects of a self-control condition on motor skill learning would be dependent on the amount of practice. That is, we expected greater learning improvements when self-control of task difficulty is permitted during early practice rather than after extended practice. First, our findings revealed that the participants who could partially or completely adjust the task difficulty to their needs outperformed the yoked group during the retention and transfer tests. Second, the results showed that self-control of task difficulty improves compared to the paired group and, the performance of self-control of task difficulty in the early practice group was better than self-control of task difficulty in the end practice group. Besides, accuracy in the self-control of task difficulty in the early practice group was significantly better than self-control difficulty group and the paired group. A possible explanation would be that self-controlled practice may have led the learners to engage into transient but heightened states of cognitive and attention-demanding processes during training, as they were requested to choose the level of task difficulty for the upcoming trial with reference to previous performance (10). This active engagement during training might have yielded the elaboration and subsequent consolidation of a more detailed task representation, thus facilitating delayed retention performance (11). In contrast, the SC-related cognitive processing assumed to be responsible because the learning benefits may be minimized in the case of yoked practice where task difficulty was prescribed from one trial to another. In general, the benefits of self-control of task difficulty were justified using the challenge point framework, the information processing perspective.

KeyWords: Performance-Based Adaptive Training, Task Difficulty, Partial Self-Control, Self-Regulation, Motor Learning

References

1. Wulf G. Self-controlled practice enhances motor learning: implications for physiotherapy. *Physiotherapy*. 2007;93(2):96-101.
2. Hartman JM. Self-controlled use of a perceived physical assistance device during a balancing task. *Perceptual and motor skills*. 2007;104(3):1005-16.
3. Bordenave DH. Examining the Learning Effects of Segmented Model Demonstrations on the Motor & Cognitive Learning of the Basketball Jump Shot. 2015.
4. Chiviakowsky S, Wulf G. Self-controlled feedback is effective if it is based on the learner's performance. *Research quarterly for exercise and sport*. 2005;76(1):42-8.
5. Post PG, Fairbrother JT, Barros JA. Self-controlled amount of practice benefits learning of a motor skill. *Research quarterly for exercise and sport*. 2011;82(3):474-81.
6. Ferreira BP, Malloy-Diniz LF, Parma JO, Nogueira NG, Apolinário-Souza T, Ugrinowitsch H, et al. Self-controlled feedback and learner impulsivity in sequential motor learning. *Perceptual and motor skills*. 2019;126(1):157-79.
7. Lee TD. *Motor control in everyday actions: Human Kinetics*; 2011.
8. Andrieux M, Danna J, Thon B. Self-control of task difficulty during training enhances motor learning of a complex coincidence-anticipation task. *Research quarterly for exercise and sport*. 2012;83(1):27-35.
9. Pathania A, Leiker AM, Euler M, Miller MW, Lohse KR. Challenge, motivation, and effort: Neural and behavioral correlates of self-control of difficulty during practice. *Biological psychology*. 2019;141:52-63.
10. Andrieux M, Boutin A, Thon B. Self-control of task difficulty during early practice promotes motor skill learning. *Journal of motor behavior*. 2016;48(1):57-65.

11. Leiker AM, Bruzi AT, Miller MW, Nelson M, Wegman R, Lohse KR. The effects of autonomous difficulty selection on engagement, motivation, and learning in a motion-controlled video game task. *Human movement science*. 2016;49:326-35.

رفتار حرکتی

پژوهشگاه تربیت بدنی

فصلنامه مطالعات روانشناسی ورزش

پاییز ۱۴۰۲، دوره ۱۵، شماره ۳، صفحه‌های ۶۸-۴۹

تأثیر خودکنترلی دشواری تکلیف در ابتدا و انتهای تمرین بر یادگیری حرکتی

مسعود ظهیری^۱، شهزاد طهماسبی بروجنی^{۲*}، مهدی شهبازی^۳، اسماعیل صائمی^۴

۱. دکتری رفتار حرکتی، گروه علوم رفتاری و شناختی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۲. دانشیار، گروه علوم رفتاری و شناختی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۳. استاد، گروه علوم رفتاری و شناختی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۴. دانشیار گروه رفتار حرکتی و روانشناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

Zahiri, M; Tahmasebi Boroujeni, Sh; Shahbazi, M; & Saemi, E. (2023). The Effect of Self-Control of Task Difficulty During the Early and Late Practice on Motor Learning. *Motor Behavior*, 15(53), 49-68. In Persian. DOI: 10.22089/MBJ.2022.11137.1999

دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۸/۱۷

پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۲/۱۰

چکیده

به نظر می‌رسد، ترکیب خودکنترلی دشواری تکلیف با دشواری تحمیلی از خارج باعث بهبود بهتر عملکرد در مقایسه با شرایط کاملاً خودکنترل شده می‌شود. هدف تحقیق، تعیین اثر خودکنترلی دشواری تکلیف در ابتدا و انتها تمرین بر یادگیری حرکتی بود؛ بر این اساس، به صورت تصادفی ۴۸ دانش‌آموز مبتدی مقطع متوسطه دوم با میانگین سنی ($17/5 \pm 1/75$ سال) در چهار گروه شامل گروه کاملاً خودکنترل، خودکنترل در ابتدا، خودکنترل در انتها و جفت شده به صورت تصادفی قرار گرفتند. در مرحله اکتساب که شامل ۱۰۰ کوشش بود، به شرکت‌کنندگان گروه‌های خودکنترل گفته شد که قبل از هر کوشش می‌توانند هریک از فواصل ۳، ۳/۵، ۴، ۴/۵، ۵ متری را برای پرتاب بسکتبال انتخاب و تمرین کنند. میانگین نمرات دقت پرتاب بسکتبال در مرحله اکتساب و آزمون‌های یادداری و انتقال با استفاده از روش تحلیل واریانس مرکب با اندازه‌گیری مکرر تحلیل شد. نتایج نشان داد که خودکنترلی دشواری تکلیف باعث بهبود دقت در مقایسه با گروه جفت‌شده شد ($P=0.001$). نتایج گروه خودکنترلی دشواری تکلیف در ابتدا در مقایسه با گروه انتهای تمرین بهتر بود ($P=0.001$) و دقت گروه خودکنترلی دشواری در ابتدا در مقایسه با گروه خودکنترلی دشواری تکلیف و گروه جفت‌شده به‌طور معناداری بهتر بود ($P=0.001$). به‌طور کلی، مزایای خودکنترلی دشواری تکلیف با استفاده از چارچوب نقطه چالش، دیدگاه پردازش اطلاعات، توجیه شد.

واژگان کلیدی: آموزش تطبیقی مبتنی بر عملکرد، دشواری تکلیف، خودکنترلی جزئی، خودتنظیمی، یادگیری حرکتی.

* Corresponding Author: Shahzad Tahmasebi Boroujeni, Tel: 09124830304, E-mail: shahzadtahmaseb@ut.ac.ir <https://orcid.org/0000-0002-0875-3993>



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

امروزه بعد از انجام تحقیقات متعدد، باید اذعان کرد که تنها عامل مهم در برنامه‌ریزی تمرین، زمان تمرین نیست؛ بلکه کیفیت تمرین نیز از اهمیت برخوردار است (۲). از روش‌های تمرینی که می‌تواند بر کیفیت تمرین اثرگذار باشد و اخیراً مدنظر محققان قرار گرفته است، تمرین خودکنترل^۱ است (۳). در نظر گرفتن فرد به‌عنوان بخشی فعال از فرایند یادگیری، تصور نسبتاً تازه‌ای است و در بیشتر موقعیت‌های تمرینی، مربیان جزئیات برنامه آموزشی و جلسه تمرین را مشخص می‌کنند؛ برای مثال، آن‌ها شخصاً درباره آرایش تمرین مهارت‌ها، مدت تمرین و اینکه چه زمانی بازخورد یا نمایش ارائه کنند، تصمیم می‌گیرند. در این بین، یادگیرندگان نقش نسبتاً غیرفعالی اتخاذ می‌کنند؛ با وجود این، براساس برخی شواهد، اگر به یادگیرنده برخی کنترل‌ها بر شرایط تمرین داده شود، یادگیری حرکتی افزایش می‌یابد (۴). مطالعه گسترده و روبه‌رشدی از یادگیری حرکتی فرایندهای خودکنترل، به شکل کنترل یک یا چند متغیر از محیط تمرین انجام شده است؛ برای مثال، کنترل بازخورد آگاهی از نتیجه (۸-۵)، کنترل بازخورد آگاهی از اجرا (۹)، نمایش ویدیویی (۱۰)، میزان تمرین (۱۱)، استفاده از وسایل کمکی (۱۲) تواتر نمایش مهارت (۱۳) و انتخاب دشواری تکلیف^۲ (۱۴) انجام شده است؛ تاجایی که برخی از مطالعات حتی اثرات کنترل بر ویژگی‌های جانبی و نامربوط مانند انتخاب رنگ توپ گلف و نوع توپ گلف را بررسی کرده‌اند (۱۵، ۴). در پیشینه تحقیق خودکنترلی، به‌طور کلی دو فرضیه انگیزشی و شناختی (پردازش اطلاعات) برای توضیح مزیت خودکنترلی شرایط تمرینی بیان شده است (۱۴) که اخیراً فرضیه چارچوب نقطه چالش نیز به این ادبیات اضافه شده است (۴). بعضی از تحقیقات در توجیه سودمندی اثرات خودکنترلی به انگیزش درونی وزن بیشتری می‌دهند، بعضی تحقیقات به اثرات شناختی و پردازش عمیق‌تر و بعضی هم هر دو عامل را در کنار هم توضیح می‌دهند؛ برای مثال، در توضیح اثرات انگیزش بیان شده است که خودکنترلی مشارکت فعال‌تر در محیط یادگیری را تشویق می‌کند که ممکن است به افزایش انگیزش منجر شود (۱۰) و مشارکت فعال ناشی از خودکنترلی نیز ممکن است درک فرایند یادگیری را افزایش دهد که ارزش درک‌شده مهارت آموخته‌شده را افزایش می‌دهد و در نتیجه انگیزش درونی را افزایش می‌دهد (۷) محققان همچنین حدس زده‌اند که جدای از مشارکت فعال، ارائه کنترل جنبه‌ای از محیط یادگیری ممکن است انگیزه مشارکت در تمرین را افزایش دهد. چنین حدس و گمان‌هایی توسط مفهوم ارضای نیاز اساسی روان‌شناختی که در نظریه خودتنظیمی اشاره شده است، تقویت می‌شود (۱۶). به‌علاوه، اجازه‌دادن به فرد برای کنترل برخی از جنبه‌های محیط یادگیری ممکن است درک آن‌ها را از نیاز روان‌شناختی اساسی برای خودمختاری افزایش دهد و در نتیجه انگیزه مشارکت در فرایند یادگیری را افزایش دهد (۱۷). توضیح درباره افزایش انگیزش در ادبیات تحقیقی جای پای پیدا کرده و تأیید شده است (۱۸، ۳)، ولی تعدادی از مطالعات وجود دارد که یا با ارتباط بین خودمختاری و انگیزش درونی با منفعت خودکنترلی در تضاد هستند (۱۹، ۶) یا توضیحی جایگزین برای مکانیسم زیربنایی ارائه می‌دهند؛ برای مثال، در اولین مطالعات بررسی خودکنترلی در پروتکل یادگیری حرکتی، جانل^۳ و همکاران (۱۹۹۵) پیشنهاد کردند که مزیت خودکنترلی می‌تواند با افزایش پردازش اطلاعات مرتبط باشد. به‌طور خاص، شرکت‌کنندگان خودکنترل اطلاعات را کارآمدتر پردازش کردند (به نقل از ۱). پژوهش پست و همکاران نشان داد که شرکت‌کنندگان خودکنترل در ضمن خودکنترلی تکلیف دارت، ممکن است قبل از هر پرتاب درگیر پردازش‌های عمیق‌تری

-
1. Self-control practice
 2. Task Difficulty
 3. Janelle

در مقایسه با همتایان خود در گروه جفت‌شده بوده باشند (۱۱). همچنین نشان داده شده است که خودکنترلی ممکن است فراگیران را در فرایندهای شناختی مفیدی مشارکت دهد (۱۱). کارتر و استی ماری در تلاش برای کشف این نظریه که خودکنترلی یادگیرنده را درگیر پردازش عمیق‌تر اطلاعات می‌کند، دو گروه تکلیف بازخورد آگاهی از نتیجه با و بدون تکلیف شناختی و دو گروه جفت‌شده با و بدون تکلیف شناختی را انجام دادند. نتایج نشان داد که گروه خودکنترل با تکلیف شناختی هیچ برتری در مقایسه با گروه جفت‌شده ندارد؛ درحالی‌که گروه آگاهی از بازخورد بدون تکلیف شناختی عملکرد بهتری از خود نشان داد. نویسندگان ادعا کردند که فعالیت شناختی پردازش اطلاعات را مختل می‌کند و سپس اثر خودکنترلی را از بین می‌برد. این مطالعه شواهد قانع‌کننده‌ای برای نقشی ارائه می‌کند که پردازش اطلاعات ممکن است در خودکنترلی ایفا کند (۲۰).

یکی دیگر از مؤلفه‌های سودمند در توجیه نتایج تمرین خودکنترل، چارچوب نقطه چالش است. براساس مبانی چارچوب نقطه چالش^۱ گواداگنولی و لی^۲، یادگیری به‌طور مستقیم با قابلیت دسترسی اطلاعات و تفسیر آن‌ها ارتباط دارد. فرض بر این است که اطلاعات چالش و درگیری را در یادگیرنده به وجود می‌آورد و زمانی که اطلاعات ارائه می‌شود، فرصتی برای یادگیری به وجود می‌آید. همان‌طور که دشواری کارکردی افزایش می‌یابد، قابلیت تفسیر اطلاعات نیز زیاد می‌شود. به‌هرحال، در قابلیت تفسیر اطلاعات محدودیت وجود دارد. اطلاعات توسط ظرفیت‌های پردازش اطلاعات و اینکه این ظرفیت‌ها می‌توانند با تمرین تغییر یابند، کنترل می‌شود و از عواملی که بر افزایش یا کاهش اطلاعات در دسترس تأثیر می‌گذارد، دشواری تکلیف است. برای درک بهتر مفهوم دشواری تکلیف، این متغیر را به دو عامل (۱) دشواری اسمی^۳ و (۲) دشواری کارکردی^۴ (۲۱) تقسیم کرده‌اند. دشواری اسمی تکلیف، مقدار ثابتی از دشواری را راجع به اجراکننده و موقعیت‌های محیطی منعکس می‌کند (۲۲). در مقابل دشواری اسمی تکلیف، دشواری کارکردی تکلیف به‌وسیله چندین عامل نظیر موقعیت‌های تمرینی و سطح مهارت آزمودنی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. زمانی که دشواری کارکردی تکلیف تا یک نقطه^۵ چالش بهینه افزایش می‌یابد، مقدار اطلاعات افزایش پیدا می‌کند و فواید یادگیری حاصل می‌شود، اما از آن به بعد افزایش دشواری کارکردی تکلیف موجب کاهش یادگیری می‌شود؛ زیرا حجم اطلاعات از ظرفیت پردازش فرد فراتر می‌رود (۲۳). در میان پارامترهایی که می‌توان در حین تمرین متناسب با نیازهای یادگیرنده تنظیم کرد، به نظر می‌رسد سطح دشواری تکلیف یکی از مهم‌ترین آن‌ها باشد (۱۰) که عمده تحقیقات خودکنترلی در یادگیری حرکتی معطوف به بازخورد خودکنترل، نمایش الگوی خودکنترل و مقدار تمرین خودکنترل است و تحقیقات اندکی درباره بررسی تأثیر دشواری تکلیف خودکنترل بر یادگیری مهارت‌های حرکتی انجام گرفته است که بعضی از نتایج آن‌ها متناقض است (۲۴، ۳، ۴، ۱)؛ برای مثال، اندریوکس^۵ و همکاران نشان دادند، شرکت‌کنندگانی که می‌توانستند سطح دشواری تکلیف آزمایشگاهی زمان‌بندی پیش‌بینی انطباقی را در ابتدای هر کوشش خود کنترل کنند، عملکرد بهتری در مقایسه با گروه جفت‌شده در آزمون یادداری داشتند (۳). در تحقیقی دیگر، تأثیر خودکنترلی تدریجی دشواری تکلیف و بازخورد بر یادگیری تکلیف ساده پات گلف بررسی شد. نتایج، برتری روش تمرین خودکنترلی دشواری

-
1. Challenge Point Framework
 2. Guadagnoli & Lee
 3. Nominal Difficulty
 4. Functional Difficulty
 5. Andrieux

تکلیف بر روش جفت‌شده در یادگیری پات گلف در مراحل اکتساب، یادداری و انتقال را تأیید کرد. پژوهشگران در توضیح این نتایج عنوان کردند که دادن حق انتخاب بیشتر (اجرا از هشت نقطه) باعث پردازش عمیق‌تر اطلاعات و در نتیجه احتمالاً مزایای تمرین خودکنترلی ناشی از تعدیل بهتر نقاط چالش توسط یادگیرنده در طول تمرین است (۴)، اما تحقیق لیکر و همکاران (۲۰۱۹) از سودمندی خودکنترلی دشواری تکلیف حمایت نمی‌کند. آن‌ها با هدف بررسی اثرات عصبی-فیزیولوژیک تمرین خودکنترلی در یادگیری مهارت‌های حرکتی، تحقیقی انجام دادند. آن‌ها با دادن خودکنترلی به یک گروه بر دشواری تمرین، انگیزه درونی را دست‌کاری کردند. آن‌ها در این تحقیق از معیارهای انگیزش درونی شامل نرخ پلک‌زدن خودبه‌خودی چشم و تقارن‌نداشتن آلفای پیشانی (به‌عنوان کارکرد اجرایی) برای درک مکانیسم‌های نهفته در تأثیرات یادگیری استفاده کردند. نتایج نشان داد، شرکت‌کنندگان در گروه خودکنترلی از نظر آماری با شرکت‌کنندگان جفت‌شده در آزمون‌های یادداری تفاوت نداشتند. علاوه بر این، برخلاف پیش‌بینی‌های آن‌ها، بین تأثیرات خودکنترلی بر یادگیری و تأثیرات خودکنترلی بر انگیزه درونی تناسب وجود نداشت (۲۴). همچنین عنوان شده است که داشتن گزینه انتخاب ممکن است نیاز به کنترل شناختی را در حین تمرین تغییر دهد؛ باعث افزایش پردازش اطلاعات مرتبط شود و در نهایت موجب بهبود عملکرد شود (۱۱)؛ در صورتی که مانند تحقیق استی ماری و همکاران (۲۰)، کاپلی^۱ و همکاران در تحقیق خود بیان کردند، افزایش بار شناختی اثرات یادگیری خودکنترلی را حذف می‌کند (۲۵)؛ بنابراین نیاز به بررسی بیشتر در این زمینه به شدت احساس می‌شود که دادن خودکنترلی به یادگیرندگان که به تلاش شناختی بیشتر منجر می‌شود، چه تأثیری بر یادگیری حرکتی می‌تواند داشته باشد؛ بر این اساس، این سؤال پیش می‌آید که آیا خودکنترلی دشواری تکلیف می‌تواند بر یادگیری حرکتی تأثیر مثبت داشته باشد یا خیر.

به‌رغم این یافته که خودکنترلی باعث تسهیل مطالعات یادگیری حرکتی شده است (۲۸-۲۶، ۱۹، ۱۸، ۱)، همه مطالعات نتایج ثابتی را گزارش نکرده‌اند؛ به‌عنوان مثال، طیف گسترده‌ای از تواتر درخواست‌های خودکنترلی در سراسر مطالعات وجود دارد. برخی از مطالعات فقط در هفت درصد موارد درخواست خودکنترلی داشتند (۲۹)؛ در حالی که برخی دیگر تا ۳۵ درصد (۶) یا حتی تا ۹۷ درصد گزارش کرده‌اند (۷). همچنین مجموعه دیگری از یافته‌های متناقض مربوط به مراحل است که طی آن اثرات خودکنترلی مشاهده شده است. اغلب تحقیقات، اثرات یادگیری خودکنترلی را در طول آزمون اکتساب (۳۰) یا فقط در آزمون یادداری (۳۰، ۲۷، ۲۶، ۳، ۱) گزارش کردند؛ در حالی که محققان استدلال کردند که آزمون انتقال ممکن است ارزیابی دقیق‌تری از یادگیری باشد؛ چراکه شرکت‌کنندگان وضعیت جدیدی در این آزمون تجربه می‌کنند (۶). به‌علاوه یکی دیگر از محدودیت‌های تحقیقات مذکور این است که در این تحقیقات خودکنترلی، یک یا چند جنبه از تمرین در کل مراحل اکتساب ارزیابی شد؛ در صورتی که در شرایط واقعی تمرین و مسابقه امکان خودکنترلی کامل شرایط میسر نیست و به‌طور کلی پذیرفته شده است که تغییرات کیفی در عملکرد حرکتی یادگیرنده در طول تمرین رخ می‌دهد که حداقل دو مرحله اصلی تمرین تبیین شده است (۱). مرحله اولیه یادگیری که به آن مرحله کلامی یا شناختی گفته می‌شود، با تولید خطاهای بزرگ و بهبود سریع عملکرد مشخص می‌شود. در طول این مرحله، یادگیرنده از نظر شناختی فعال است و به‌طور عمیق هم اطلاعات حسی مرتبط با تکلیف و هم بازخورد پایانی را پردازش می‌کند که به او اجازه می‌دهد ویژگی‌های اساسی مهارتی را که باید آموخته شود، استخراج کند و به دست آورد. مرحله بعدی که مرحله حرکتی نامیده می‌شود، با بهبود عملکرد آهسته‌تر همراه

1. Kaylee

با افزایش پردازش اطلاعات حرکتی، اما منابع توجه و درگیری شناختی کمتر در تکلیف مشخص می‌شود. علاوه بر این، یادگیرنده به دلیل افزایش مکانیسم‌های تشخیص و تصحیح خطا با تمرین، کمتر به بازخورد پایانی وابسته می‌شود (۳۱)؛ به همین دلیل، اندریوکس و همکاران در ادامه تحقیق قبلی خود، برای اولین بار در مهارت پیش‌بینی انطباقی دشواری تکلیف را در مرحله اکتساب، به دو قسمت کوشش‌های ابتدای تمرین و کوشش‌های انتهای تمرین تقسیم کردند: خودکنترلی کامل دشواری تکلیف و خودکنترلی جزئی یا بخشی. آن‌ها فرض کردند که یادگیری تحت‌تأثیر مقدار تمرین قرار دارد که در مقدار تمرین عاملی به نام دشواری تکلیف خودکنترل وجود دارد که به نظر آن‌ها خودکنترلی ابتدای تمرین اثر بیشتری در مقایسه با انتهای تمرین خواهد داشت. اساس فرض آن‌ها دو دلیل داشت: نخست اینکه شناسایی دقیق خطا و مکانیسم تصحیح در ابتدای تمرین در مقایسه با انتهای تمرین بهتر صورت می‌گیرد. نتایج تحقیق آن‌ها این فرضیات را تأیید کرد و اثرات سودمند خودکنترلی در ابتدای تمرینات در این پژوهش نیز تأیید شد (۳۲). همچنین ولف و لوث وایت^۱ بیان کردند، دلیل مؤثر بودن تمرین خودکنترلی این است که انگیزه یادگیرنده را افزایش می‌دهد و به نوبه خود، پردازش عصبی شناختی مرتبط با تکلیف را افزایش می‌دهد که به آن تعامل عصبی-شناختی^۲ گفته می‌شود. این تعامل به‌ویژه در مراحل اولیه «شناختی» یادگیری باعث یادداری بهتر مهارت‌ها می‌شود (۳۳).

بنابراین با توجه به مطالب مذکور و بررسی پیشینه تحقیقات در زمینه خودکنترلی دشواری تکلیف، تنها یک تحقیق انجام گرفته است که اثربخشی دشواری خودکنترلی جزئی (خودکنترلی در ابتدا و انتها) بر یادگیری حرکتی را بررسی کرده است. این تحقیق حاوی تکلیف آزمایشگاهی است که امکان تعمیم نتایج آن برای مهارت‌های ورزشی کم است و در گزارش نتایج یادگیری فقط به آزمون یادداری استناد شده است (۱). همچنین در این تحقیق از روش آموزش تطبیقی مبتنی بر عملکرد^۳ برای تعدیل دشواری تکلیف استفاده شده است. براساس این روش، دشواری تکلیف برای هر فرد براساس عملکرد او در جریان تمرینات و مبتنی بر نتایج اجراهای قبلی او تعدیل می‌شود که مزایای شرایط آموزشی تطبیقی را می‌توان برحسب میزان مطلوب اطلاعاتی تفسیر کرد که در یک کارآزمایی معین پردازش می‌شود تا برای بهبود کنترل عملکرد در کارآزمایی بعدی استفاده شود (۳۴)؛ بنابراین محققان با انتخاب یک مهارت ورزشی پیچیده (تکلیف پرتاب آزاد بسکتبال) که از اعتبار بوم‌شناختی بسیاری برخوردار است، سعی کردند محدودیت تکلیف «آزمایشگاهی» تحقیقات اندریوکس و همکاران (۳، ۱) و محدودیت تکلیف «ساده» پات‌گلف تحقیق جلاوند و همکاران (۴) را برطرف کنند. آن‌ها با تعیین دشواری تکلیف (پرتاب از فواصل مختلف) با عنوان متغیر کلیدی برای رسیدن به یادگیری بهینه در پرتاب بسکتبال در افراد مبتدی و با قراردادن قید خودکنترلی شرایط تمرین در ابتدا و انتهای تمرین به دنبال پاسخ‌گویی به این سؤالات هستند: اول اینکه آیا دشواری خودکنترلی تکلیف باعث بهبود یادگیری حرکتی می‌شود؟ دوم اینکه آیا یادگیری تحت‌تأثیر پارامتر زمان خودکنترلی دشواری تکلیف یعنی ابتدای تمرین در مقایسه با انتهای تمرین قرار می‌گیرد یا خیر؟ سوم اینکه تطبیق دشواری تکلیف در ابتدای تمرین در مقایسه با انتهای تمرین چه تأثیراتی بر یادگیری حرکتی پرتاب بسکتبال می‌تواند داشته باشد؟

1. Wulf & Lewthwaite
2. Neuro-Cognitive Engagement
3. Performance-Based Adaptive Training

روش پژوهش

مطالعه حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پس‌آزمون گروه‌های آزمایشی بود. همه دانش‌آموزان پسر مقطع متوسطه دوم شهر اهواز که در سال تحصیلی ۱۴۰۰ مشغول به تحصیل بودند، جامعه آماری این تحقیق را تشکیل دادند. با توجه به محدودیت‌های ناشی از شیوع بیماری کرونا، از بین آن‌ها، ۴۸ دانش‌آموز مبتدی با موافقت مدیران مدارس به صورت نمونه‌گیری در دسترس و هدفمند، با توجه به معیارهای ورود به مطالعه از جمله سلامت جسمانی، راست‌دستی و برتری جانبی همسو و بدون سابقه آموزش رسمی بسکتبال، با استفاده از نرم‌افزار جی‌پاور^۱ برای مطالعات تحلیل واریانس درون‌گروهی بین‌گروهی انتخاب شدند. با در نظر گرفتن اندازه اثر ۰/۳، توان آزمون ۰/۹۵، خطای نوع اول ۰/۰۵ و چهار مرتبه تکرار آزمون، تعداد نمونه ۳۲ نفر به دست آمد، اما با در نظر گرفتن احتمال افت آزمودنی، ۴۸ نفر انتخاب شدند. این طرح پژوهشی در دو مرحله اولیه تحقیق^۲ (با چهار داوطلب) با هدف تسلط بر مراحل اجرای طرح و مرحله نهایی (با ۴۸ داوطلب با میانگین سنی $17/5 \pm 1/75$ سال) اجرا شد. شرکت‌کنندگان به صورت تصادفی در یکی از چهار شرایط آزمایشی قرار گرفتند. نحوه تقسیم به این صورت بود که برای همگن‌سازی گروه‌ها از نظر جسمانی، شرکت‌کنندگان براساس سن، قد و وزن رتبه‌بندی شدند و به ترتیب رتبه در یکی از دسته‌های چهارنفره (۱۲ دسته چهارنفره) قرار گرفتند. سپس همانند جدول شماره یک از هر دسته یک نفر به طور تصادفی انتخاب شد و در یکی از گروه‌های چهارگانه قرار گرفت (۳۵).

جدول ۱- گروه‌های تمرینی در طول مراحل اکتساب

Table 1 - Experimental groups during the acquisition phase

گروه‌های تمرینی Experimental Group	کوشش‌ها در اکتساب Acquisition trials	
	1 – 50	51 – 100
خودکنترل + خودکنترل Self-control+Self-control	خودکنترل Self-control	خودکنترل Self-control
جفت + خودکنترل Paired+Self-control	خودکنترل Self-control	جفت Paired
خودکنترل + جفت Self-control+Paired	جفت Paired	خودکنترل Self-control
جفت + جفت Paired+Paired	جفت Paired	جفت Paired

ابزار اندازه‌گیری استفاده‌شده در این تحقیق، فرم اطلاعات فردی، فرم وضعیت سلامت عمومی و فرم رضایت، توپ استاندارد بسکتبال، حلقه استاندارد فیبا، چسب پنج سانتی‌متری رنگی، چک‌لیست ثبت نمرات و معیار هشت‌ارزشی ارزیابی دقت بسکتبال (۳۶) بود. براساس معیار هشت‌ارزشی ارزیابی دقت بسکتبال، زمانی که توپ بدون برخورد به سبد و تخته به بیرون هدایت شود امتیاز ۱، زمانی که توپ پس از برخورد ضعیف به لبه خارجی حلقه به بیرون هدایت شود امتیاز ۲، زمانی که توپ پس

1. Gpower
2. Pilot

از برخورد محکم به لبه خارجی حلقه به بیرون هدایت شود امتیاز ۳، توپ پس از برخورد به بالای حلقه و تخته به بیرون هدایت شود امتیاز ۴، توپ پس از برخورد به بالای حلقه و تخته وارد حلقه شود امتیاز ۵، توپ پس از برخورد محکم به لبه داخلی حلقه وارد حلقه شود امتیاز ۶، توپ پس از برخورد ضعیف به لبه داخلی حلقه وارد حلقه شود امتیاز ۷ و زمانی که توپ بدون هیچ برخوردی به طور مستقیم وارد حلقه شود امتیاز ۸، محاسبه شد (۳۶).

فرایند اصلی تحقیق در دو روز انجام شد: در روز نخست، توضیحات کاملی در رابطه با اهداف پژوهش و نحوه انجام کار ارائه شد و پس از اخذ رضایت در ابتدای روند آزمون و پرکردن فرم مشخصات فردی با رعایت دستورالعمل‌ها و پروتکل بهداشتی، استفاده از ماسک و رعایت فاصله اجتماعی، الگوی پرتاب آزاد و نحوه قرار گرفتن توپ در دست و محل قرار داشتن پاها توسط مربی آموزش داده شد. پس از ۱۰ دقیقه گرم کردن، شرکت‌کنندگان سه پرتاب برای افت گرم کردن (امتیاز این پرتاب‌ها برای تجزیه و تحلیل‌های بعدی ثبت نشد) انجام دادند. سپس مشابه تحقیق اندریوکس و همکاران (۲۰۱۶)، مرحله اکتساب آغاز شد که شامل اجرای ۱۰ بلوک ۱۰ کوششی و در مجموع ۱۰۰ کوشش بود. در ابتدای هر بلوک تمرینی به آزمودنی‌ها گفته شد، با حداکثر دقت و تلاش خود سعی کنند توپ را داخل حلقه بیندازند. برای جلوگیری از اثر یادگیری مشاهده‌ای، از مشاهده اجرای آزمودنی‌ها توسط هم‌گروهانشان ممانعت شد. در این تحقیق، گروه اول با گروه چهارم و گروه دوم با گروه سوم جفت شدند و برنامه تمرینی هر یک از آزمودنی‌های گروه خودکنترل توسط آزمونگر در چک‌لیستی ثبت شد و مبنایی برای برنامه‌ریزی تمرین فواصل از پیش تعیین شده یکی از شرکت‌کنندگان متناظر در گروه جفت‌شده قرار گرفت. فرایند اکتساب به دو بخش ابتدا (کوشش‌های ۱ تا ۵۰) و انتهای تمرین (کوشش‌های ۵۱ تا ۱۰۰) تقسیم شد. در ابتدا گروه اول (کاملاً خودکنترل) ۵۰ کوشش ابتدای تمرینی خود را به صورت خودکنترل انجام داد. سپس گروه چهارم (کاملاً جفت‌شده) ۵۰ کوشش خود را متناظر با یکی از اعضای گروه اول انجام داد و سپس گروه دوم (ابتدا خودکنترل) کوشش‌های خود را انجام داد و سپس گروه سوم (انتهای خودکنترل) شروع به تمرین ۵۰ کوشش اول کردند. تا اینجا هر گروه ۵۰ کوشش اول را انجام داد. سپس برای ۵۰ کوشش بعدی (۵۱ تا ۱۰۰)، گروه اول به صورت خودکنترل مجاز بود تا مانند ۵۰ کوشش اول از هر فاصله دلخواه پرتاب خود را انجام دهد و سپس گروه چهارم، ۵۰ کوشش بعدی را متناظر با گروه اول انجام داد. بعد از آن، نوبت به گروه سوم رسید تا ۵۰ کوشش بعدی را انجام دهد تا گروه دوم متناظر با کوشش‌هایی که شرکت‌کنندگان در گروه سوم انجام می‌دادند، کوشش‌های نهایی خود را انجام دهد. مشابه با تحقیق اندریوکس و همکاران (۲۰۱۶)، دلیل اینکه در کوشش ۵۱ تا ۱۰۰ ابتدا گروه سوم شروع به پرتاب کرد این بود که گروه‌های دوم و سوم فقط در یک فاز (ابتدا یا انتهای تمرین) مجاز به خودکنترلی دشواری تکلیف بودند که گروه دوم در ابتدا و گروه سوم در انتهای تمرین بود؛ بنابراین برای ایجاد شرایط جفت‌شدن دو گروه این اتفاق صورت پذیرفت. در واقع می‌توان بیان کرد که گروه اول هر ۱۰۰ کوشش را با داشتن حق کنترل دشواری انجام داد، ولی گروه چهارم همان کوشش‌ها را بدون حق کنترل دشواری انجام داد و گروه‌های سوم و دوم فقط در ۵۰ کوشش حق انتخاب داشتند. مشابه با تحقیق اندریوکس و همکاران (۲۰۱۲)، در مرحله اکتساب به گروه‌های خودکنترل گفته شد قبل از هر کوشش می‌توانند هر یک از فواصل دلخواه ۳، ۴/۵، ۴، ۴/۵، ۵ را انتخاب و تمرین کنند. همچنین تعداد پرتاب از هر نقطه به دلخواه شرکت‌کنندگان بود (۳). به علاوه به شرکت‌کنندگان گفته شد آزمون یادداری از فاصله ۴/۵۷ متری اجرا می‌شود؛ بنابراین هدف یادگرفتن اجرا در فاصله ۴/۵۷ متری بود. همچنین به شرکت‌کنندگان تأکید شد که دشواری هر کوشش را با توجه به نتایج کوشش‌های قبلی تعدیل کنند (تطبيق عملکرد براساس نتایج کوشش‌های قبلی). شرکت‌کنندگان ۱۰ دقیقه پس از اتمام آخرین بلوک اکتساب و استراحت سه دقیقه‌ای، بلوک ۱۰ کوششی آزمون یادداری ۱۰

دقیقه‌ای را در روز نخست انجام دادند. در روز دوم و پس از ۲۴ ساعت، آزمون یادداری دوم را که مشابه با آزمون یادداری اول شامل ۱۰ پرتاب از فاصله ۴.۵۷ متری بود، انجام دادند. همچنین آزمون انتقال شامل بلوک ۱۰ کوششی از نقطه متفاوت آزمون اکتساب و یادداری (یعنی فاصله ۵/۵ متر) در نظر گرفته شد که در شرایط جفت‌شده، آزمودنی همان دشواری را که همتای خودکنترل انتخاب کرد، تکرار کرد. هدف از وضعیت گروه جفت‌شده این بود که مشخص کند آیا فراهم‌بودن دشواری یادگیرنده (شرایط خودکنترل) در مقایسه با یک برنامه از پیش تعیین‌شده (شرایط جفت‌شده) منجر به اثرات برتر یادگیری می‌شود یا خیر (۳۷، ۴).

برای تجزیه و تحلیل داده‌های تحقیق از آمار توصیفی مانند میانگین و انحراف معیار و سپس برای اطمینان از نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک^۱ و برای همگنی واریانس‌ها از آزمون لون^۲ استفاده شد. در ادامه برای تجزیه و تحلیل داده‌ها در مراحل و گروه‌های مختلف از تحلیل واریانس مرکب با اندازه‌گیری مکرر، تحلیل واریانس یک‌راهه و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. در تمامی متغیرها $P \leq 0.05$ در نظر گرفته شد. همه عملیات آماری با استفاده از نرم‌افزار اسپاس^۳ نسخه ۲۱ انجام شد.

نتایج

آزمون اکتساب: برای ارزیابی تغییرات دقت پرتاب بسکتبال از آغاز تا پایان اکتساب، از یک طرح تحلیل واریانس مرکب ۴ (گروه: خودکنترل، ابتدا خودکنترل، انتها خودکنترل و جفت‌شده) $10 \times$ (بلوک‌های ۱۰ کوششی) با تکرار سنجش در عامل آخر استفاده شد. با توجه به معناداربودن آزمون کرویت موخلی ($P=0.001$)، شاخص‌های (F) مربوط به اثر گرین هاوز گیسر در جدول شماره دو گزارش شد.

جدول ۲- یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس مرکب دقت پرتاب بسکتبال

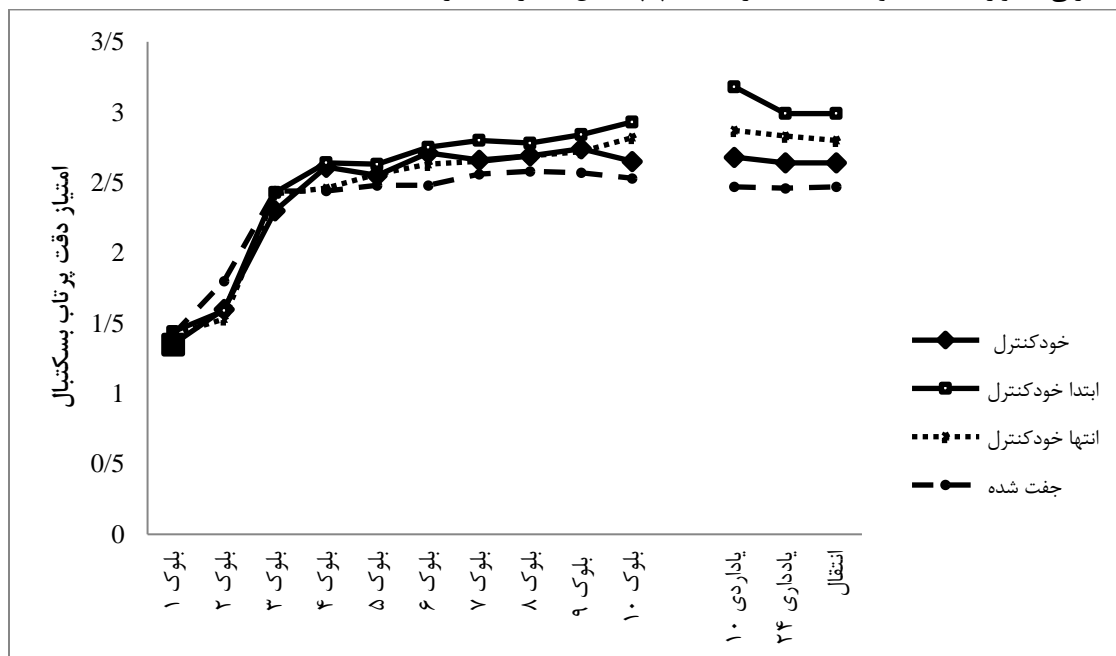
Table 4- Mixed Analysis of Variance Test Basketball throw accuracy

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	مقدار معناداری	مجذورات	مجزور اتا
Source	df	Mean Square		Sig		Partial Eta
بلوک	4.76	20.38	296.18	0.001*		0.871
گروه	3	0.506	12.56	0.001*		0.461
بلوک * گروه	14.28	0.140	2.46	0.003*		0.144
Group * Block						

همان‌طور که در جدول شماره دو مشاهده می‌شود، یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس مرکب نشان داد که اثر اصلی بلوک ($F_{4,209.76}=296.18$ ، $sig=0.001$ ، $\eta^2=0.871$)، اثر اصلی گروه ($F_{3,44}=12.56$ ، $sig=0.001$ ، $\eta^2=0.461$) و تعامل بلوک با گروه ($F_{14,46, 28.209}=2.46$ ، $sig=0.003$ ، $\eta^2=0.144$) معنادار بود؛ بنابراین با توجه به معنادارشدن اثر تعاملی از اثرات اصلی

1. Shapiro-Wilk
2. Leven Test
3. SPSS

صرف نظر شد و در ادامه برای بررسی اثر تعاملی از مقابله‌های از پیش برنامه‌ریزی شده به روش ساده استفاده شد. نتایج نشان داد که در بلوک‌های اول تا سوم تفاوت معناداری بین گروه‌ها وجود نداشت ($P > 0.05$) و از بلوک چهارم تا دهم تفاوت معناداری بین گروه‌ها وجود داشت ($P < 0.05$). با توجه به شکل شماره یک، میانگین دقت پرتاب بلوک دهم گروه خودکنترلی دشواری تکلیف در ابتدا (2.93 ± 0.15) دقت بهتری در مقایسه با گروه خودکنترلی دشواری در انتها (2.84 ± 0.14) داشت ($P = 0.001$) و گروه خودکنترلی دشواری (2.65 ± 0.11) دقت بهتری در مقایسه با گروه جفت‌شده (2.53 ± 0.13) از خود نشان داد ($P = 0.001$). همچنین بررسی میانگین دقت گروه‌ها در طول اکتساب نشان داد، میانگین دقت پرتاب از بلوک اول ($1/40$) تا بلوک آخر ($2/73$) پیشرفت معناداری را نشان داد. میانگین دقت پرتاب بلوک‌های تمرینی مرحله اکتساب در روش‌های تمرین خودکنترلی دشواری تکلیف و جفت‌شده، در سمت چپ شکل شماره یک ارائه شده است.



شکل ۱- میانگین و انحراف استاندارد دقت پرتاب بسکتبال در مرحله اکتساب و آزمون‌های یادداری دقیقه‌ای ۱۰ و ۲۴ ساعته و انتقال
 FIGURE 1- Mean and standard deviation of basketball throw accuracy during acquisition, 10-min and 24-hr retention tests

آزمون یادداری و انتقال: برای تحلیل دقت پرتاب بسکتبال در مرحله آزمون از یک طرح تحلیل واریانس مرکب ۴ (گروه: خودکنترل، ابتدا خودکنترل، انتها خودکنترل، جفت‌شده) $4 \times$ (آزمون: بلوک دهم اکتساب، یادداری فوری، یادداری تأخیری، انتقال) با تکرار سنجش در عامل آخر استفاده شد. نتایج این آزمون در جدول شماره سه ارائه شده است.

جدول ۳- یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس مرکب دقت پرتاب بسکتبال در آزمون‌های یادگیری

Table 5 - Findings to the Mixd analysis of variance test of basketball throw accuracy in the learning test

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	مقدار معناداری	مجذور اتا
Source	df	Mean Square		Sig	Partial Eta
آزمون	3	21.31	619.78	0.001*	0.934
Test					
گروه	3	0.485	12.66	0.001*	0.463
Group					
آزمون * گروه	3	0.60	1.758	0.082*	0.107
Group* Test					

یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس مرکب نشان داد که اثر اصلی آزمون ($F_{3,132}=619.78$ ، $sig=0.001$ ، $\eta^2=0.934$) و اثر اصلی گروه ($F_{3,132}=12.66$ ، $sig=0.001$ ، $\eta^2=0.001$)، اما تعامل آزمون با گروه ($F_{3,132}=1.75$ ، $sig=0.001$ ، $\eta^2=0.001$) معنادار نبود؛ بنابراین با توجه به معنادار نبودن اثر تعاملی، در ادامه اثرات اصلی آزمون یادداری برای هر گروه بررسی شده است.

آزمون یادداری فوری (۱۰ دقیقه‌ای): به منظور بررسی دقت پرتاب بسکتبال در گروه‌های خودکنترلی دشواری تکلیف و جفت شده از آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه استفاده شد. با توجه به معنادار شدن آزمون تحلیل واریانس ($F_{3,47}=10.99$ ، $sig=0.001$) در ادامه از آزمون تعقیبی توکی برای مشخص شدن تفاوت گروه استفاده شد. نتایج آزمون توکی نشان داد که میانگین امتیازات دقت گروه خودکنترلی دشواری تکلیف در ابتدا (3.18 ± 0.17)، به طور معناداری بهتر از گروه خودکنترلی دشواری تکلیف در انتها (2.87 ± 0.13)، گروه خودکنترلی دشواری تکلیف (2.68 ± 0.17) و گروه جفت شده (2.47 ± 0.16) بود ($P=0.001$)، اما بین خودکنترلی دشواری تکلیف در انتها با گروه خودکنترلی دشواری تفاوت معناداری وجود نداشت ($P=0.001$). این مقایسه نشان داد که گروه خودکنترلی در ابتدا دقت بهتری در مقایسه با سایر گروه‌ها داشت و تفاوتی بین گروه خودکنترلی در انتها با گروه خودکنترلی کامل در آزمون یادداری فوری وجود نداشت.

آزمون یادداری تأخیری (۲۴ ساعته): در مرحله یادداری ۲۴ ساعته با توجه به معنادار شدن آزمون تحلیل واریانس ($sig=0.001$ ، $F_{3,47}=36.17$) از آزمون تعقیبی توکی برای مشخص شدن تفاوت گروه استفاده شد. نتایج آزمون توکی نشان داد که میانگین امتیازات دقت گروه خودکنترلی دشواری تکلیف در ابتدا (2.99 ± 0.18)، به طور معناداری بهتر از گروه خودکنترلی دشواری تکلیف در انتها (2.83 ± 0.12)، گروه خودکنترلی دشواری تکلیف (2.64 ± 0.18) و گروه جفت شده (2.46 ± 0.13) بود ($P=0.001$)، اما بین خودکنترلی دشواری تکلیف در انتها با گروه خودکنترلی دشواری تفاوت معناداری وجود نداشت ($P=0.001$). این مقایسه نشان داد که گروه خودکنترلی در ابتدا دقت بهتری در مقایسه با سایر گروه‌ها داشت و تفاوتی بین گروه خودکنترلی در انتها با گروه خودکنترلی کامل مشاهده نشد.

آزمون انتقال: در آزمون انتقال با توجه به معنادار شدن آزمون تحلیل واریانس ($sig=0.001$ ، $F_{3,47}=34.97$) در ادامه از آزمون تعقیبی توکی برای مشخص شدن تفاوت گروه استفاده شد. نتایج آزمون توکی نشان داد که میانگین امتیازات دقت گروه خودکنترلی دشواری تکلیف در ابتدا (2.96 ± 0.17)، به طور معناداری بهتر از گروه خودکنترلی دشواری تکلیف در انتها ($2.8 \pm$)

0.45)، گروه خودکنترلی دشواری تکلیف (2.65, 0.14) و گروه جفت‌شده (2.47 ± 0.41) بود ($P=0.001$)، اما بین خودکنترلی دشواری تکلیف در انتها با گروه خودکنترلی دشواری تفاوت معناداری وجود نداشت ($P=0.015$).

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با بررسی دو هدف اصلی انجام گرفت: در هدف اول به بررسی اینکه خودکنترلی دشواری تکلیف باعث بهبود یادگیری حرکتی می‌شود یا خیر، پرداخته شد. در این وضعیت یادگیری، سطح دشواری تکلیف یا توسط خود شرکت‌کننده در شروع هر بلوک انتخاب می‌شد یا با توجه به انتخاب‌های همتایی که با او مطابقت داشت، بر شرکت‌کننده تحمیل می‌شد. نتایج تحقیق، فرضیه اصلی را در مورد مزیت و برتری دقت پرتاب بسکتبال گروه‌های خودکنترل دشواری تکلیف هم در مرحله اکتساب و هم در آزمون یادداری و انتقال، تأیید کرد. در آزمون اکتساب، فراگیران در گروه‌های خودکنترل (کاملاً خودکنترل، نیمه‌خودکنترل) به‌طور درخور توجهی دقیق‌تر از افراد جفت‌شده بودند. علاوه بر این، در آزمون یادداری فوری و تأخیری و انتقال عملکرد گروه‌های خودکنترلی به‌طور درخور توجهی بهتر از گروه جفت‌شده بود. این یافته، با نتایج مطالعات اندریوکس و همکاران (۳، ۱)، جلالوند و همکاران (۴)، کایل و همکاران (۳۳)، آنوپریا^۱ و همکاران (۲۰۱۹) و کوک^۲ و همکاران (۲۰۲۰) همخوانی دارد. کایل و همکاران عنوان کردند، فراگیرانی که در تمرین خودکنترل شرکت می‌کنند، در مقایسه با گروه جفت‌شده، درگیری عصبی-شناختی بیشتری را تجربه می‌کنند و حافظه رویه‌ای و فعالیت اجرایی قشر مغز در طول تمرین بیشتر است؛ این امر باعث می‌شود افراد در شرایط خودکنترل به‌طور منحصربه‌فردی از افزایش درگیری عصبی-شناختی در یادگیری حرکتی سود ببرند (۳۳). توضیح احتمالی دیگر در توجیه علت تأثیرگذاری تمرین خودکنترل این موضوع می‌تواند باشد وقتی یادگیرنده سطح دشواری تکلیف را در اجرای آتی براساس کوشش قبلی انتخاب می‌کند، به سمت حالت‌های گذار اما تشدیدشده‌ای از پردازش‌های شناختی و توجه‌طلبانه سوق داده می‌شود و این درگیری فعال در طول تمرین، تحکیم بسط‌یافته‌ای از بازنمایی مفصل‌تر تکلیف به وجود می‌آورد که اجرای یادداری و انتقال را تسهیل می‌کند، اما این پردازش‌های شناختی مرتبط با متغیر خودکنترل در گروه جفت‌شده وجود ندارد که تحقیق حاضر این موضوع را هم تأیید کرد (۳۸، ۱). از طرفی عنوان شده است که در پی دادن استقلال به فراگیران (تمرین خودکنترل)، نگرانی فرد نسبت به توانایی و عملکردش کاهش می‌یابد و باعث کم شدن تمرکز بر خود (بدن) می‌شود؛ در نتیجه فرد بیشتر به تکلیف توجه می‌کند و می‌تواند اثر مثبت بر یادگیری فراگیر داشته باشد. در مقابل، محیط‌هایی که در آن فراگیر حق انتخاب کمتری داشته است یا کنترل شرایط بیشتر از طرف مربی بوده است، استرس‌زا قلمداد می‌شود (۳۹) و منجر به دور شدن ظرفیت توجه فرد از تکلیف می‌شود و تمرکز بر حرکات بدن را به دنبال دارد؛ در نتیجه این احتمال وجود دارد که در این محیط‌ها فرد تلاش‌های خودتنظیمی به‌منظور کنترل واکنش‌های هیجانی انجام دهد. یکی از عواقب تلاش‌های کنترل بیرونی ممکن است رفتاری باشد که مخالف رفتار دلخواه است و احتمالاً باعث کاهش یادگیری می‌شود (۱۸). طبق نظریه یادگیری حرکتی بهینه ولف و لوئوایت (۲۰۱۶)، احتمالاً جفت‌شدگی اهداف و رفتار منجر به ایجاد ارتباطات عصبی مؤثری می‌شود که باعث تسهیل یادگیری می‌شود و از طریق در دسترس قرار دادن دوپامین در تحکیم حافظه مؤثر است (۴۱، ۴۰، ۱۸). توضیح آخر با توجه

1. Anupriya
2. Kok

به نظریه نقطه چالش این است که ما در این تحقیق با تطبیق دشواری با توجه به سطح مهارت یادگیرنده به دنبال بهینه‌سازی یادگیری بودیم که برای این منظور، دشواری تکلیف را براساس دو حالت مختلف دست‌کاری کردیم: اول به یادگیرندگان اجازه داده شد برخی از ویژگی‌های تمرین را کنترل کنند؛ دوم براساس نتایج قبلی خود در کوشش‌ها می‌توانستند تغییری در کوشش‌های بعدی ایجاد کنند که باعث سازگاری «خودکار» دشواری با عملکرد یادگیرنده می‌شود و مزایایی را ایجاد می‌کند که می‌توان آن‌ها را از نظر اطلاعاتی مهم قلمداد کرد. مسئولیت دادن به فراگیران در فرایند یادگیری احتمالاً آن‌ها را بر این وامی‌دارد تا استراتژی‌های مختلف را امتحان کنند و از این‌رو با توجه به پیشرفت درک‌شده خود در انجام تکلیف، یکی را انتخاب کنند. در مقابل، شرکت‌کنندگان در گروه جفت‌شده که هیچ کنترلی بر شرایط تمرین نداشتند، احتمالاً از انجام فعالیت‌هایی که نیاز به تلاش بیشتری داشتند که منجر به بهبود یادگیری می‌شوند، دلسرد می‌شدند (۴۲) این بخش از نتایج، مزیت نظریه نقطه چالش در خودکنترلی دشواری تکلیف را تأیید می‌کند. همچنین نتایج حاصل را می‌توان با توجه به نظریه منبع کنترل (روتر، ۱۹۶۶) در ارتباط با دلایل موفقیت یا شکست در یک موقعیت معین توجیه کرد. در این نظریه افراد به دو گروه تقسیم می‌شوند: گروهی که معتقدند عملکرد آن‌ها بیش از هر چیز به خودشان بستگی دارد و به اصطلاح منبع کنترل داخلی دارند؛ در حالی گروهی دیگر معتقدند عملکرد آن‌ها در درجه اول توسط عوامل خارجی تعیین می‌شود و به اصطلاح منبع کنترل بیرونی خواهند داشت که این شرایط برای گروه جفت‌شده فراهم بود و آن‌ها به دلیل کنترل‌نشدن شرایط تمرین دلایل شکست را به منابع خارجی نسبت می‌دادند (۴۳) که به گفته هاردی و نلسون^۱، یکی از دلایل کاهش انگیزه و تلاش‌های انجام‌شده برای یادگیری در بین افراد خواهد بود و دلیلی بر برتری گروه‌های «خودکنترلی» است (۴۴).

در هدف دوم به بررسی اثرگذاری خودکنترلی دشواری تکلیف در ابتدا و انتهای تمرین بر دقت پرتاب بسکتبال پرداختیم. بسیاری از مطالعات مزایای وضعیت خودکنترلی در یادگیری حرکتی را با ارائه آموزش به یادگیرندگان برای کنترل اطلاعات مختلف مانند الف (انتخاب شرایط تمرینی یا کمک فیزیکی (۱۴، ۴۵) ب) تواتر نمایش مهارت یا مشاهده یک مدل (۱۳، ۴۶)، پ) درخواست بازخورد افزوده (۳۴، ۴۷) نشان دادند. نقطه مشترک همه مطالعات مبتنی بر خودکنترلی، از جمله تحقیق حاضر در هدف اول، این است که فراگیران گروه خودکنترلی می‌توانند یک پارامتر را در کل مرحله اکتساب با نیازهای خود تطبیق دهند؛ در حالی که گروه دیگری مشروط به انتخاب آن‌ها عمل می‌کنند، اما در تحقیق حاضر ما مرحله اکتساب را به دو بخش ابتدا و انتهای تمرین تقسیم کردیم که شرکت‌کنندگان می‌توانستند در ابتدا (۵۰ کوشش اول) یا در انتهای تمرین (۵۰ کوشش دوم) دشواری تکلیف را انتخاب کنند. براساس این طرح، یکی از نتایج جالب توجه پژوهش، برتری روش تمرین خودکنترل در ابتدای تمرین بر خودکنترلی انتهای تمرین بود. نتایج تحقیق حاکی از آن است افرادی که در ابتدای تمرین دشواری تکلیف را براساس توانمندی خودکنترل می‌کردند، در آزمون‌های اکتساب، یادداری و انتقال میانگین دقت بهتری نسبت به گروه خودکنترل در انتها داشتند. این یافته با نتایج تحقیق اندریوکس و همکاران که تنها تحقیقی است که شرایط اکتساب را مانند این تحقیق به دو قسمت ابتدا و انتها تقسیم کرده است، همسوست. آن‌ها عنوان کردند مکانیسم‌های تشخیص و تصحیح خطا در ابتدای تمرین در مقایسه با انتهای تمرین عمیق‌تر شکل می‌گیرد و نیازهای توجهی و شناختی در مرحله پیشرفته و خودکاری (انتهای) تمرین کاهش می‌یابد که باعث می‌شود خودکنترلی دشواری تکلیف در ابتدای تمرین سودمندتر از انتهای

1. Hardy & Nelson

تمرین باشد (۱). همچنین مطابق مدل کلاسیک یادگیری حرکتی فیتز و پوزنر^۱، فراگیران یادگیری را از مرحله شناختی شروع می‌کنند که طی آن عملکرد تحت‌تأثیر تلاش زیاد و نیازهای منابع ذهنی و توجهی بالاست و طیف وسیعی از مناطق مغزی از جمله قشر پیش‌پیشانی خلفی و مناطق مختلف حسی حرکتی (به‌عنوان مثال، قشر حرکتی اولیه، قشر مکمل، قشر پیش‌حرکتی، قشر جداری خلفی، جسم مخطط و مخچه) در مراحل اولیه یادگیری مهارت فعال می‌شوند که اگرچه می‌تواند در کوتاه‌مدت اثر منفی بر عملکرد داشته باشد، در بلندمدت می‌تواند باعث بهبود و پیشرفت یادگیری شود (۱۴)؛ بنابراین نتایج این بخش از تحقیق بر سودمندی فرضیه شناختی و پردازش اطلاعات در خودکنترلی دشواری تکلیف تأکید می‌کند. توضیح دیگر اینکه در پژوهش لوهس^۲ و همکاران نشان داده شد که تعامل عصبی‌شناختی باعث یادداری بهتر مهارت‌ها می‌شود (۲۸) و این مهم در مرحله اولیه تمرین بهتر شکل می‌گیرد (۴۸). توضیح احتمالی اینکه یادگیری مهارت حرکتی جدید خطاهای بزرگ‌تری را در ابتدای تمرین ایجاد می‌کند و اثرگذاری این خطاها در اکتساب می‌تواند بسیار زیاد باشد؛ زیرا در این مرحله فرد دارای محدودترین ظرفیت پردازش اطلاعات است (۲۱)؛ بنابراین یک اختلال و نقص کوچک در این مرحله از اکتساب می‌تواند هم عملکرد را در کوتاه‌مدت هم یادگیری را در بلندمدت کند مختل می‌کند؛ بنابراین خودکنترلی سطح دشواری تکلیف در ابتدای تمرین ممکن است شرکت‌کنندگان را وادار به تعیین سطح مناسب از دشواری اسمی تکلیف متناسب با توانایی حرکتی (دشواری کارکردی) کند، تا منجر به بهینه‌سازی شرایط برای بهبود عملکرد شود. در واقع، طبق فرضیه نقطه چالش، میزان اطلاعات قابل تفسیر باید دائماً با سطح یادگیرنده تطبیق داده شود تا دشواری عملکردی بهینه برای ایجاد یادگیری بهینه منطبق شود و درمقابل در انتهای تمرین، با کاهش میزان خطا با تمرین، اختلاف بین توانایی و نیازهای یادگیرنده نیز کاهش می‌یابد و میزان خطاهای مرتکب‌شده اهمیت کمتری دارند و به نظر می‌رسد که فرد آمادگی بیشتری برای مواجهه با مشکلات جدی‌تر یا حتی ناسازگارتر دارد (۱).

همچنین آخرین مورد از نتایج تحقیق حاضر حاکی از آن است که بین گروه خودکنترلی دشواری تکلیف در انتها و گروه کاملاً خودکنترلی اگرچه تفاوت وجود داشت، این تفاوت معنادار نشد که با نتایج تحقیق اندریوکس و همکاران ناهمسو بود. در توجیه این یافته می‌توان به تفاوت و ماهیت تکلیف در دو تحقیق اشاره کرد؛ چراکه آن‌ها از تکلیف آزمایشگاهی زمان‌بندی پیش‌بینی انطباقی استفاده کرده بودند (۱)، اما نتایج تحقیق نشان از برتری آشکار گروه خودکنترلی ابتدای تمرین نسبت به گروه کامل خودکنترل در آزمون اکتساب، یادداری و انتقال دارد و این نشان می‌دهد که ترکیب دوره‌های خودکنترلی دشواری تکلیف و دشواری تحمیل‌شده (خودکنترل + جفت‌شده) به بهترین وجه با شرایط یادگیری بهینه مطابقت دارد که با تحقیق اندریوکس و همکاران (۲۰۱۶) همخوان است. آن‌ها بیان کردند هنگامی که به فراگیران فرصت تعدیل دشواری تکلیف در کل مرحله اکتساب داده می‌شود، ممکن است نقطه چالش مطلوب ایجاد نشود. یک توضیح احتمالی این است که مزایای یادگیری افتراقی بین یک شرایط خودکنترلی کامل و جزئی در استفاده از استراتژی‌های مختلف فردی خودکنترلی است؛ چراکه شرکت‌کنندگان در شرایط خودکنترلی کامل دشواری اسمی راحت‌تر و کمتری (عرض راکت وسیع‌تر) از شرایط خودکنترلی جزئی انتخاب می‌کنند. درمقابل، گروه‌های خودکنترل جزئی، با انتخاب دشواری اسمی سخت‌تر و بالاتر (عرض راکت کوچک‌تر) ممکن است استراتژی‌های یادگیری چالش‌برانگیزتری اتخاذ کرده باشند؛ زیرا می‌دانستند که تنها نیمی از کوشش‌هایشان

1. Fitts & Posner
2. Lohse

به صورت خودکنترلی خواهد بود. از طرفی براساس نظریه ویژگی تمرین، هرچه میزان شباهت بین جلسات آموزش و آزمون بیشتر باشد، مزایای یادگیری بیشتر است؛ بنابراین ترکیب سطوح خودکنترل شده و تحمیلی از دشواری تکلیف در طول آموزش به نظر می رسد شرایط مطلوب آموزشی باشد؛ زیرا به فراگیر امکان می دهد تا در شرایط واقعی و مشابه آزمون های یادداری و انتقال که بدون خودکنترلی دشواری تکلیف انجام می شود، قرار گیرد (۱). مطابق با این مشاهدات و این واقعیت که یادگیرنده نمی تواند کنترل دائمی بر پارامتر دشواری تکلیف داشته باشد، می شود به این نتیجه دست یافت که اجازه دادن به یادگیرنده برای کنترل دشواری تکلیف در ابتدای فرایند اکتساب نسبت به نبود خودکنترلی یا خودکنترلی کامل برای یادگیرندگان مفیدتر خواهد بود. در نهایت نتایج این تحقیق به طور مشخص با نتایج تحقیقات مشابه از مزیت فرضیه پردازش اطلاعات و فرضیه نقطه چالش در خودکنترلی دشواری تکلیف حمایت می کند.

پیام مقاله

تحقیق حاضر علاوه بر نتایج و ملاحظات نظری، به دلایل کاربردی و عملی می تواند مدنظر قرار گیرد؛ چراکه براساس این تحقیق توصیه می شود، در آموزش، ورزش و توان بخشی با تکیه بر مفهوم خودکنترلی دشواری تکلیف در ابتدای تمرین، پروتکل های آموزشی به گونه ای طراحی شوند تا یادگیرنده مطابق با نیازها و شرایط تکلیف و محیط در مراحل اولیه تمرین دشواری را خود، کنترل کند. پس از آنکه یادگیرنده ویژگی های اساسی مهارت حرکتی را آموخت، با کنار گذاشتن شرایط خودکنترل و تحمیل دشواری متناسب با نیاز، فرد را برای مواجهه با شرایط واقعی آماده کنیم. به مربیان و متخصصان پیشنهاد می شود، از این پروتکل تمرینی به عنوان شیوه نوین در طراحی و برنامه ریزی برنامه های آموزشی، ورزشی و توان بخشی استفاده کنند.

منابع

1. Andrieux M, Boutin A, Thon B. Self-control of task difficulty during early practice promotes motor skill learning. *Journal of Motor Behavior*. 2016;48(1):57-65.
2. Magill R, Anderson D. *Motor learning and control: concepts and applications*. New York: McGraw-Hill Higher Education; 2011.
3. Andrieux M, Danna J, Thon B. Self-control of task difficulty during training enhances motor learning of a complex coincidence-anticipation task. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2012;83(1):27-35.
4. Jalalvand M, Bahram A, Daneshfar A, Arsham S. The effect of gradual self-control of task difficulty and feedback on learning golf putting. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2019;90(4):429-39.
5. Higuchi T, Imanaka K, Hatayama T. Freezing degrees of freedom under stress: kinematic evidence of constrained movement strategies. *Human Movement Science*. 2002;21(5-6):831-46.
6. Chiviacowsky S, Wulf G. Self-controlled feedback: does it enhance learning because performers get feedback when they need it? *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2002;73(4):408-15.
7. Chen D, Hendrick J, Lidor R. Enhancing self-controlled learning environments: the use of self-regulated feedback information. *Journal of Human Movement Studies*. 2002;43(1):69.
8. Wulf G, Shea CH. Principles derived from the study of simple skills do not generalize to complex skill learning. *Psychonomic Bulletin & Review*. 2002;9(2):185-211.
9. Makki R, Abdoshahi M, Ghorbani S. Effects of self-controlled knowledge of performance on motor learning and self-efficacy: A kinematic study. *Biomedical Human Kinetics*. 2021;13(1):187-96.
10. Chiviacowsky S, Wulf G. Self-controlled feedback is effective if it is based on the learner's performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2005;76(1):42-8.

11. Post PG, Fairbrother JT, Barros JA. Self-controlled amount of practice benefits learning of a motor skill. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2011;82(3):474-81.
12. Hartman JM. Self-controlled use of a perceived physical assistance device during a balancing task. *Perceptual and Motor Skills*. 2007;104(3):1005-16.
13. Bordenave DH. Examining the learning effects of segmented model demonstrations on the motor & cognitive learning of the basketball jump shot. 2015.
14. Pathania A, Leiker AM, Euler M, Miller MW, Lohse KR. Challenge, motivation, and effort: neural and behavioral correlates of self-control of difficulty during practice. *Biological Psychology*. 2019;141:52-63.
15. Wulf G, Chiviawsky S, Drews R. External focus and autonomy support: two important factors in motor learning have additive benefits. *Human Movement Science*. 2015;40:176-84.
16. Deci EL, Ryan RM. Cognitive evaluation theory. In: *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. Cham: Springer; 1985, pp. 43-85.
17. Sanli EA, Patterson JT, Bray SR, Lee TD. Understanding self-controlled motor learning protocols through the self-determination theory. *Frontiers in Psychology*. 2013;3:611.
18. Wulf G, Lewthwaite R. Optimizing performance through intrinsic motivation and attention for learning: The OPTIMAL theory of motor learning. *Psychonomic Bulletin & Review*. 2016;23(5):1382-414.
19. Ste-Marie DM, Carter MJ, Law B, Vertes K, Smith V. Self-controlled learning benefits: exploring contributions of self-efficacy and intrinsic motivation via path analysis. *Journal of Sports Sciences*. 2016;34(17):1650-6.
20. Carter MJ, Ste-Marie DM. Not all choices are created equal: task-relevant choices enhance motor learning compared to task-irrelevant choices. *Psychonomic Bulletin & Review*. 2017;24(6):1879-88.
21. Guadagnoli MA, Lee TD. Challenge point: a framework for conceptualizing the effects of various practice conditions in motor learning. *Journal of Motor Behavior*. 2004;36(2):212-24.
22. Guadagnoli M, Aylsworth B. Efficiency in transfer from the anchored to standard golf putter. *International Journal of Sports Science and Coaching*. 2013;8(4):755-68.
23. Newell KM, Jordan K. Task constraints and movement organization: a common language. 2007.
24. Leiker AM, Pathania A, Miller MW, Lohse KR. Exploring the neurophysiological effects of self-controlled practice in motor skill learning. *Journal of Motor Learning and Development*. 2019;7(1):13-34.
25. Couvillion KF, Bass AD, Fairbrother JT. Increased cognitive load during acquisition of a continuous task eliminates the learning effects of self-controlled knowledge of results. *Journal of Sports Sciences*. 2020;38(1):94-9.
26. Post PG, Aiken CA, Laughlin DD, Fairbrother JT. Self-control over combined video feedback and modeling facilitates motor learning. *Human Movement Science*. 2016;47:49-59.
27. Leiker AM, Bruzi AT, Miller MW, Nelson M, Wegman R, Lohse KR. The effects of autonomous difficulty selection on engagement, motivation, and learning in a motion-controlled video game task. *Human Movement Science*. 2016;49:326-35.
28. Lohse KR, Boyd LA, Hodges NJ. Engaging environments enhance motor skill learning in a computer gaming task. *Journal of Motor Behavior*. 2016;48(2):172-82.
29. Janelle CM, Barba DA, Frehlich SG, Tennant LK, Cauraugh JH. Maximizing performance feedback effectiveness through videotape replay and a self-controlled learning environment. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 1997;68(4):269-79.
30. Aiken CA, Fairbrother JT, Post PG. The effects of self-controlled video feedback on the learning of the basketball set shot. *Frontiers in Psychology*. 2012;3:338.
31. Edwards WH. *Motor learning and control: from theory to practice*: Cengage Learning; 2010.
32. Post PG, Fairbrother JT, Barros JA, Kulpa J. Self-controlled practice within a fixed time period facilitates the learning of a basketball set shot. *Journal of Motor Learning and Development*. 2014;2(1):9-15.
33. Jaquess KJ, Lu Y, Iso-Ahola SE, Zhang J, Gentili RJ, Hatfield BD. Self-controlled practice to achieve neuro-cognitive engagement: Underlying brain processes to enhance cognitive-motor learning and performance. *Journal of Motor Behavior*. 2020;52(5):544-57.

34. Chiviacowsky S, de Medeiros FL, Kaefer A, Wally R, Wulf G. Self-controlled feedback in 10-year-old children: higher feedback frequencies enhance learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2008;79(1):122-7.
35. Farrow D, Reid M. The effect of equipment scaling on the skill acquisition of beginning tennis players. *Journal of Sports Sciences*. 2010;28(7):723-32.
36. Robins M, Davids K, Bartlett R, Wheat JS, editors. Effects of attentional strategies, task expertise and anxiety on coordination of a discrete multi-articular action. *ISBS-Conference Proceedings Archive*; 2007.
37. Maxwell J, Masters R, Kerr E, Weedon E. The implicit benefit of learning without errors. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*. 2001;54(4):1049-68.
38. Lemos A, Wulf G, Lewthwaite R, Chiviacowsky S. Autonomy support enhances performance expectancies, positive affect, and motor learning. *Psychology of Sport and Exercise*. 2017;31:28-34.
39. Reeve J, Tseng C-M. Cortisol reactivity to a teacher's motivating style: the biology of being controlled versus supporting autonomy. *Motivation and Emotion*. 2011;35(1):63-74.
40. Lewthwaite R, Wulf G. Optimizing motivation and attention for motor performance and learning. *Current Opinion in Psychology*. 2017;16:38-42.
41. Wulf G. Self-controlled practice enhances motor learning: implications for physiotherapy. *Physiotherapy*. 2007;93(2):96-101.
42. Schmidt RA, Bjork RA. New conceptualizations of practice: common principles in three paradigms suggest new concepts for training. *Psychological Science*. 1992;3(4):207-18.
43. Rotter JB. Generalized expectancies for internal versus external control of reinforcement. *Psychological Monographs: General and Applied*. 1966;80(1):1.
44. Hardy L, Nelson D. Self-regulation training in sport and work. *Ergonomics*. 1988;31(11):1573-83.
45. Nezakat Alhosseini M, Bahram A, Farrokhi A. The effect of self-control feedback on the learning of generalized motor program and parameters during physical and observational practice. 2013.
46. Abdoli B, Shojae O. The effect of self-controlled observational practice and model's skill level on badminton long serve. *Motor Behavior* 2015;7(20):35-48.
47. Chiviacowsky S, Wulf G, de Medeiros FL, Kaefer A, Tani G. Learning benefits of self-controlled knowledge of results in 10-year-old children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2008;79(3):405-10.
48. Pachman M, Sweller J, Kalyuga S. Levels of knowledge and deliberate practice. *Journal of Experimental Psychology: Applied*. 2013;19(2):108.