University of Tehran Press

Journal of
Sports and Motor Development and Learning

Online ISSN: 2676-4547

The Effect of Task Complexity on Bilateral Transfer in Older Adults

Fereshte Hemmatizad[1], Mehdi Rafei Boroujeni[2], Hamid Salehi[3]

1. Department of Motor Behavior and Sport Management, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran. E-mail: fereshte75hematizad@gmail.com
2. Department of Motor Behavior and Sport Management, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran. E-mail: m.rafei@spr.ui.ac.ir
3. Department of Motor Behavior and Sport Management, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran. E-mail: salehi@spr.ui.ac.ir

Article Info

Article type: Research

Article history:
Received:
25 December 2023
Received in revised form:
13 April 2024
Accepted:
13 April 2024
Published online:
21 December 2024

Keywords:
Dominant Hand,
Tnter-Limb Transfer,
Non-Dominant Hand,
Older Ddults.

ABSTRACT

Introduction: This research aimed to determine the effect of task complexity on bilateral transfer in older adults.

Methods: Thirty healthy elderly men and women, with a mean age of 68.5±7.4 years, were selected using a convenience sampling method. In the pretest phase, participants performed three types of finger dexterity tasks of different complexity, including the Purdue Pegboard Test, O'Connor Dexterity Test, and the Mirror Purdue Pegboard Test with dominant and non-dominant hands. They then practiced one of the tasks six times with their dominant hand. Finally, in the post-test and retention phase, they performed the task again with their dominant and non-dominant hands. There was a week interval between the post-test and retention test of the first task and the beginning of the second task practice. The time to complete each task was normalized compared to the time to complete the task in the pre-test phase and the percentage of progress was calculated concerning this situation in different iterations. One-way Analysis of Variance and the Pearson Correlation Coefficient were used to analyze the data ($P \leq 0.05$).

Results: The findings of the research showed that during the post-test and retention phase, there was a significant difference between the Purdue Pegboard Test and the Mirror Purdue Pegboard Test and also between the O'Connor Dexterity Test and the Purdue Pegboard Test in the non-dominant hand progress in performing finger dexterity skills with different complexity. Also, there was a significant correlation between the total practice time and the progress rate of the non-dominant hand in the Purdue task, and also between the progress rate of the dominant and non-dominant hands in the Purdue Pegboard Test and Mirror Purdue Pegboard Test.

Conclusion: It seems that for older adults, compensatory mechanisms are involved in bilateral transfer in complex tasks.

Cite this article: Hemmatizad, F., Rafei Boroujeni, M., & Salehi, H. (2024). The Effect of Task Complexity on Bilateral Transfer in Older Adults. *Journal of Sports and Motor Development and Learning*, 16 (4), 39-52.
DOI:https://doi.org/10.22059/jsmdl.2024.371964.1760

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

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

University of Tehran Press

Journal of
Sports and Motor Development and Learning

Online ISSN: 2676-4547

Extended Abstract

Introduction

Repetitive training improves the trained limb and results in progress in the opposite limb. This phenomenon is known as inter-limb transfer or bilateral transfer. In bilateral transfer, the nervous system retrieves information about the learning of a skill from the trained limb and transfers it to the opposite untrained limb. The benefits of bilateral transfer can be used in the field of rehabilitation interventions for people who have a stroke or limb immobility due to injuries. Also, elderly people can use bilateral transmission to maintain strength and prevent muscle atrophy in immobile limbs. A decrease or absence of bilateral transfer has been reported in older adults after performing simple motor tasks. However, bilateral transfer becomes more significant when a complex and novel task is performed. Factors such as the performer's skill level, task complexity, and task novelty can influence bilateral transfer. This research aimed to determine the effect of task complexity on bilateral transfer in older adults.

Methods

Thirty healthy elderly men and women, with a mean age of 68.5±7.4 years old, were selected using a convenience sampling method. In the pretest phase, participants performed the Purdue Pegboard Test, O'Connor Dexterity Test, and the Mirror Purdue Pegboard Test with dominant and non-dominant hands. They then practiced one of the tasks six times with their dominant hand before participating in the post-test and retention test. After one week, they practiced the next task, with each participant attempting a test randomly to eliminate sequential and learning effects. In the post-test and retention test, the task was performed with both dominant and non-dominant hands. The percentage of progress was calculated by normalizing the time to complete each task during practice compared to the pretest time. A one-way analysis of variance (ANOVA) and the Pearson correlation coefficient were used for statistical analysis at a significant level of $P \leq 0.05$).

Results

The amount of performance improvement of the dominant hand differed among training groups. Participants showed the highest progression in the Mirror Purdue Pegboard Test. The improvement in performance for the O'Connor Dexterity Test was lower than that of the Mirror Purdue Pegboard Test. The least improvement occurred in the Purdue Pegboard Test. Significant differences were observed between the progress rates of the Purdue Pegboard Test and the Mirror Purdue Pegboard Test and between the O'Connor Dexterity Test and the Purdue Pegboard Test in the non-dominant hand. The amount of training time was a factor associated with bilateral transfer for the Purdue Pegboard Test. A significant correlation was observed between the progress rates of the Purdue Pegboard Test and the Mirror Purdue Pegboard Test in the non-dominant hand.

Conclusion

In older adults, bilateral transfer of complex tasks is maintained, compensating for age-related deficits. A possible mechanism is the asymmetry hemispheric decline hypothesis in older adults. The compensatory argument suggests that older adults recruit more dispersed brain regions to perform tasks, aiding in performance maintenance, especially for complex tasks. Compensatory mechanisms have likely been utilized to maintain performance despite aging.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines: The present study was conducted following ethical principles.
(Ethical code IR.UI.REC.1400.031).
Funding: This research did not receive any financial support.
Authors' contribution: All authors contributed equally.
Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.
Acknowledgments: We thank all participants, the research editor team, and the colleagues from the University of Isfahan who helped us to conduct this research.

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

اثر پیچیدگی تکلیف بر انتقال دوسویه در افراد سالمند

فرشته همتی‌زاد[۱]، مهدی رافعی بروجنی[۲]✉، حمید صالحی[۳]

۱. گروه رفتار حرکتی و مدیریت ورزشی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: fereshte75hematizad@gmail.com
۲. نویسندهٔ مسؤول، گروه رفتار حرکتی و مدیریت ورزشی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: m.rafei@spr.ui.ac.ir
۳. گروه رفتار حرکتی و مدیریت ورزشی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: salehi@spr.ui.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۱/۲۵
تاریخ پذیرش: ۲۵/ ۱۴۰۳/۰۱
تاریخ انتشار: ۱۰/۰۱ /۱۴۰۳

کلیدواژه‌ها:
انتقال بین اندام،
دست برتر،
دست غیربرتر،
سالمند.

چکیده

مقدمه: هدف از پژوهش حاضر، تعیین اثر پیچیدگی تکلیف بر انتقال دوسویه در افراد سالمند بود.

روش پژوهش: در این پژوهش ۳۰ سالمند سالم مرد و زن با میانگین سنی ۶۸/۵±۷/۴۰ سال به شکل در دسترس، شرکت کردند. مشارکت‌کنندگان در مرحلهٔ پیش‌آزمون سه نوع تکلیف مهارت انگشتی متفاوت از نظر پیچیدگی شامل تخته‌میخ پردو، چابکی اکانر و تخته‌میخ پردو در آینه را با دست برتر و غیربرتر خود انجام دادند. سپس یکی از تکالیف را شش بار با دست برتر تمرین و در نهایت در مرحلهٔ پس‌آزمون و یادداری نیز تکلیف را با دست برتر و غیربرتر خود انجام دادند. بین پس‌آزمون و یادداری تکلیف اول تا شروع تمرین تکلیف دوم یک هفته فاصله بود. زمان انجام هر تکلیف نسبت به زمان انجام تکلیف در پیش‌آزمون نرمال‌سازی و درصد پیشرفت نسبت به این وضعیت در تکرارهای مختلف محاسبه شد. به‌منظور تحلیل نتایج از آزمون تحلیل واریانس یکراهه و ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد ($P\leq ۰/۰۵$).

یافته‌ها: یافته‌های پژوهش نشان داد طی مرحلهٔ پس‌آزمون و یادداری تفاوت معناداری در میزان پیشرفت دست غیربرتر در اجرای مهارت انگشتی با پیچیدگی مختلف بین آزمون پردو و پردو در آینه و همچنین بین آزمون پردو و اکانر، وجود داشت. همچنین بین کل زمان تمرین و میزان پیشرفت دست غیربرتر در تکلیف پردو و بین میزان پیشرفت دست برتر و غیربرتر در آزمون پردو و پردو در آینه همبستگی معناداری وجود داشت.

نتیجه‌گیری: به‌نظر می‌رسد در افراد مسن سازوکارهای جبرانی عامل ایجاد انتقال دوسویه در تکالیف پیچیده‌اند.

استناد: همتی زاد، فرشته؛ رافعی بروجنی، مهدی؛ و صالحی، حمید (۱۴۰۳). اثر پیچیدگی تکلیف بر انتقاد دوسویه در افراد سالمند. *نشریهٔ رشد و یادگیری حرکتی ورزشی*، ۱۶(۴)، ۵۲-۳۹.

DOI: https://doi.org/10.22059/jsmdl.2024.371964.1760

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

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران. © نویسندگان.

مقدمه

تمرین تکراری یک تکلیف حرکتی یکجانبه نه‌تنها به بهبود عملکرد اندام آموزش‌یافته، بلکه می‌تواند به پیشرفت اندام مقابل نیز منجر شود. این پدیده با عنوان انتقال بین اندام[۱]، یا انتقال اندام متقاطع شناخته شده است (هیندر و همکاران، ۲۰۱۳). در این نوع انتقال که به انتقال دوسویه معروف است، سیستم عصبی اطلاعات مربوط به یادگیری از اندام آموزش‌یافته را بازیابی می‌کند و آن را به عضو مخالف آموزش‌نیافته منتقل می‌کند (بات و پای، ۲۰۰۸؛ لاسزلو و همکاران، ۱۹۷۰؛ لتش، ۱۹۹۹؛ سینبورگ و وانگ، ۲۰۰۲؛ تیلور و هیلمن، ۱۹۸۰). این توانایی سیستم عصبی برای انتقال دانش به‌دست‌آمده از آموزش با یک عضو به عضو مخالف یک جنبهٔ اصلی بهبود عملکرد در افراد دارای نقص یکطرفه مانند سکتهٔ مغزی یا فلج مغزی یکطرفه است (دلوکا و همکاران، ۲۰۱۶؛ سینبورگ و همکاران، ۲۰۱۶). بنابراین، درک فرایندهای انتقال دوجانبه می‌تواند پیامدهای درمانی داشته باشد، زیرا می‌تواند در توسعهٔ رویکردهای جدید درمانی کمک کند (کریشنان ، ۲۰۱۹). سوئیفت[۲] (۱۹۰۳) گزارش داد که انتقال مهارت دستکاری از یک دست به دست دیگر اتفاق می‌افتد. پس از آن گزارش شد که انتقال نه‌تنها از دستی به دست دیگر، بلکه از دست به پا و از پا به پا و از پا به دست نیز انجام می‌گیرد (ویگ، ۱۹۳۲).

در خصوص تقارن یا عدم تقارن انتقال دوجانبه عدم توافق وجود دارد. تعدادی تحقیقات روند انتقال را متقارن گزارش کردند. استاکل و وایگلت[۳] (۲۰۱۲) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که انتقال متقارن است و تفاوتی در میزان انتقال بین اندام‌ها وجود ندارد. برخی دیگر روند انتقال را نامتقارن گزارش کردند (ردینگ و والاس، ۲۰۰۸). پن[۴] و همکاران (۲۰۱۳) این موضوع را که میزان انتقال دوسویه در یادگیری حرکتی به‌نظر می‌رسد نامتقارن یا خاص سمتی از بدن باشد و منحصراً از دست برتر به غیربرتر اتفاق می‌افتد، بررسی کردند و نشان دادند یک اندام توانایی بیشتری برای یادگیری از تمرین بر روی عضو دیگر را دارد. سه مدل برای نشان دادن عدم تقارن انتقال دوسویه وجود دارد. مدل دسترسی[۵] تیلور و هیلمن[۶] (۱۹۸۰) بیشتر بیان می‌کند که انتقال از عضو غیربرتر به برتر است. مدل فعال‌سازی[۷] متقابل پارلو و کینزبورن[۸] (۱۹۸۹) بیان می‌کند که انتقال در هر دو جهت وجود دارد، اگرچه یکی ضعیف‌تر باشد، ولی بیشتر از اندام برتر به غیربرتر اتفاق می‌افتد. مدل دیگر مدل مهارت یا تسلط پویا[۹] سینبرگ و وانگ[۱۰] (۲۰۰۲) برای فعال‌سازی مغز در هنگام یادگیری و انتقال آن به اندام مقابل است. همان‌طورکه نیمکرهٔ چپ در تسلط است، انتقال بالاتری به اندام غیربرتر اتفاق می‌افتد. طبق این مدل، انتقال به جهت مخالف انجام نخواهد شد. آنها گزارش دادند که انتقال از عضو برتر به غیربرتر و بر عکس از مراحل ابتدایی تا اواخر یادگیری متفاوت است، در مراحل اولیهٔ یادگیری انتقال از اندام غیربرتر به برتر اتفاق می‌افتد، درحالی‌که انتقال از اندام برتر به غیربرتر در مراحل پایانی یادگیری رخ می‌دهد. به‌نظر می‌رسد وقتی عمل با اندام برتر و یا غیربرتر انجام می‌گیرد، در هر دو حالت بر روی عملکرد اندام مخالف تأثیر می‌گذارد (پوه و همکاران، ۲۰۱۶). بنابراین مطالعات مربوط به انتقال دوجانبه نشان داد که انتقال دوجانبه در افراد سالم شایع و به دست غالب مربوط نمی‌شود، اگرچه از دست غالب به سمت دیگر بیشتر است (کومار و ماندال، ۲۰۰۵). تحقیقات متعدد نشان دادند که عوامل مختلفی مثل نوع تکلیف، مدت زمان تمرین و تغییرپذیری حرکتی در حین آموزش بر میزان انتقال یادگیری از یک عضو به عضو مخالف تأثیر می‌گذارند (کرول و همکاران، ۲۰۱۶؛ جوینر و همکاران، ۲۰۱۳؛ کریشنان و همکاران ، ۲۰۱۸؛ استاکل و وانگ، ۲۰۱۱؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۱).

در سالمندان[۱۱]، پس از انجام تکالیف حرکتی ساده مانند ابداکشن انگشت (هیندر و همکاران، ۲۰۱۱)، کاهش یا حتی عدم حضور انتقال دوجانبه گزارش شده است، اما وقتی‌که یک تکلیف پیچیده و جدید انجام می‌دهند، انتقال دوجانبه از اهمیت بیشتری برخوردار است (هولپر و همکاران، ۲۰۰۹). به‌طور دقیق‌تر، عواملی مانند چگونگی مهارت یا پیچیدگی تکلیف و میزان جدید بودن آن برای مجری، می‌تواند بر انتقال دوجانبه تأثیر بگذارد (هیندر و همکارن، ۲۰۱۱؛ پاریخ و کول، ۲۰۱۳). وقتی یک تکلیف پیچیده و جدید است، شیوهٔ معرفی آن تکلیف

---

1 . Interlimb Transfer
2 . Swift
3 . Stockel & Weigelt
4 . Pan
5 . Callosal Access Model
6 . Taylor & Heilman
7 . Cross-Activation Model
8 . Parlow & Kinsbourne
9 . Proficiency Model
10. Sainburg & Wang
11. Older Adults

می‌تواند بر عملکرد آینده تأثیرگذار شود (جوینر و همکاران، ۲۰۱۳). تکالیف پیچیده شبکه‌های عصبی بیشتر و گسترده‌تری را به‌کار می‌گیرند، زیرا نمی‌توانند به قشر حرکتی تمرین‌نکرده برای تسهیل یادگیری دست آموزش‌نیافته، تکیه کنند (باتیستا و همکاران). برای پرداختن به این مسئله براندو (۲۰۱۴) تحقیقاتی را در خصوص افراد سالمند انجام داده است. هرچند عملکرد کلی در افراد مسن نسبت به افراد جوان پایین‌تر بود، اما وقتی‌که یک تکلیف پیچیده را انجام می‌دادند، عملکرد آنها تفاوتی نداشت. پاریخ و کول[1] (۲۰۱۳) گزارش کردند که افراد مسن کاهش انتقال دوسویه را تجربه می‌کنند، با وجود این انتقال شایان توجهی را برای این افراد با استفاده از تمرین یک تکلیف پیچیده نشان دادند. پیش‌بینی می‌شد افراد مسن افزایش بیشتری در تحریک‌پذیری نیمکرهٔ آموزش‌نیافته پس از تمرین یک تکلیف پیچیده نشان دهند، اما پس از یک تکلیف ساده دستاوردهای عملکرد در کل در افراد مسن نسبت به جوانان پایین‌تر بود. یافته‌های آنها نشان می‌دهد که سیستم عصبی افراد سالمند ظرفیت تغییرناپذیری برای سازگاری با پویایی شیء جدید و حفظ این بازنمایی یا حافظهٔ حسی حرکتی دارد. کیجل و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از آزمودنی‌های جوان نشان دادند که بیشترین انتقال دوسویه در پیچیده‌ترین تکلیف ایجاد می‌شود و پیچیدگی تکلیف به میزان شایان توجهی با میزان انتقال دوسویه ارتباط دارد، بنابراین پیچیدگی تکلیف عامل ارزشمندی در ایجاد تأثیرات انتقال دوسویه است.

افراد مسن سالم به‌طور مشابه از انتقال دوجانبه همانند افراد جوان بهره‌مند می‌شوند، به این معنا که تکنیک‌های توانبخشی و روش‌های مبتنی بر انتقال دوسویه که از افراد جوان استفاده می‌کنند، می‌تواند به جمعیت سالمند سالم تعمیم پیدا کند. افراد سالمند از مزایای انتقال دوجانبه می‌توانند برای اقدامات توانبخشی مثل افرادی که دچار نقص اندام (برای مثال سکتهٔ مغزی) و یا بی‌حرکتی اندام به‌دلیل آسیب‌دیدگی هستند، بهره‌مند شوند (دیکنز و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین افراد سالمند از انتقال دوجانبه می‌توانند برای حفظ قدرت و جلوگیری از تحلیل رفتن عضلات در اندام بی‌حرکت با آموزش یکطرفهٔ اندام مقابل، استفاده کنند (فرتینگ و همکاران، ۲۰۰۹؛ پیرس و همکاران، ۲۰۱۳). بنابراین انتقال دوسویه برای افراد سالمند یک کمک اساسی محسوب می‌شود. همچنین افراد سالمند از انتقال دوجانبه در فعالیت‌های روزمرهٔ خود بهرهٔ زیادی می‌برند. در تکالیف ساده اثر انتقال دوسویه ثابت شده، اما تکالیف پیچیده کمتر در تحقیقات استفاده شده است و کیجل و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از شرکت‌کنندگان جوان به این نتیجه رسیدند که انتقال دوسویه در تکالیف پیچیده بیشتر از تکالیف ساده است. آنها پیشنهاد کردند که تحقیقات بعدی به مطالعهٔ اثر پیچیدگی تکلیف بر انتقال دوسویه در سالمندان بپردازند تا تعمیم‌پذیری نتایج در افراد مسن نیز مشخص شود. با گسترش این مطالعه به گروه سنی گسترده‌تر، یافته‌ها می‌توانند در زمینهٔ توانبخشی به‌کار گرفته شوند، به‌ویژه زمانی‌که اختلال در کنترل حرکتی پس از آسیب یکجانبه رخ داده است. همچنین بر اساس جست‌وجوهای محقق تحقیقی که اثر پیچیدگی تکلیف بر انتقال دوسویه در سالمندان را بررسی کرده باشد، انجام نشده است. بر همین اساس در این تحقیق به این سؤال می‌پردازیم که آیا پیچیدگی تکلیف بر انتقال دوسویه در افراد سالمند تأثیر دارد؟

روش‌شناسی پژوهش

شرکت‌کنندگان

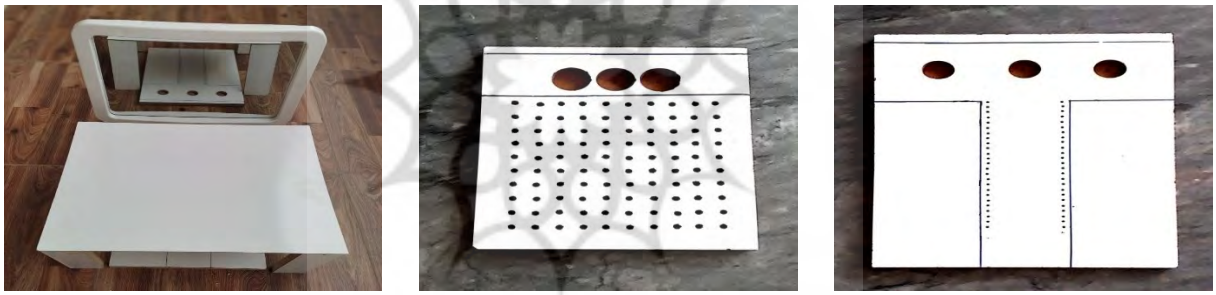
در پژوهش حاضر ۳۰ سالمند سالم (مرد و زن) با میانگین سنی ۷/۴۰ ±۶۸/۵ سال به شکل در دسترس، از شهرستان فراشبند در استان فارس انتخاب شدند. همهٔ افراد انتخاب‌شده از لحاظ جسمی سالم بودند و سابقهٔ هیچ‌گونه بیماری اعم از پارکینسون، آلزایمر و سایر اختلالات جسمانی نداشتند. برای مشخص کردن شرایط شناختی شرکت‌کنندگان از آزمون ارزیابی شناختی مونترال استفاده شد که میانگین نمرات آنها بیشتر از ۲۶ به‌دست آمد که نشان‌دهندهٔ طبیعی بودن وضعیت شناختی آنها بود. شرکت‌کنندگان داوطلبانه در این آزمون شرکت کردند و تا زمانی در این آزمون مشارکت داشتند که تمام مراحل کار را طی کنند. بنابراین ملاک خروج از پژوهش شرکت نامنظم در جلسات

[1] Parikh & Cole

تمرین و یا حضور نداشتن در یک جلسهٔ تمرینی مشخص بود. در ضمن از شرکت‌کنندگان رضایت‌نامهٔ کتبی اخذ شد (کد اخلاق IR.UI.REC.1400.031).

ابزار

در این پژوهش سه نوع تکلیف مهارت انگشتی شامل تست تخته میخ پردو، تست چابکی اکانر و تست تخته میخ پردو در آینه به‌کار گرفته شد (شکل ۱)، که این ابزارها در پژوهش برگر و همکاران (۲۰۰۹) ، کیجل و همکاران (۲۰۱۷) استفاده شده است. تست تخته میخ پردو، صفحه تخته میخ شامل دو ردیف ۲۵ تایی با ستون‌های موازی است که به‌صورت عمودی سازماندهی شده است. در هر سوراخ یک میخ و در مجموع ۵۰ عدد میخ را باید در دو ردیف جایگذاری کرد و زمان انجام این تست با زمان‌سنج ثبت می‌شود. ابزار مورد استفاده در تست چابکی اوکانر شامل یک تخته است که از ۱۰ ردیف سوراخ تشکیل شده است که آزمودنی‌ها باید با قرار دادن سه میخ در هر سوراخ سه ردیف اول را تکمیل کنند، در هر ردیف ۳۰ میخ و در مجموع ۹۰ میخ را جایگذاری کنند و زمان انجام این تست نیز با زمان‌سنج ثبت می‌شود. در تست تخته میخ پردو در آینه، ابزار مورد استفاده یک صفحه تخته میخ شامل دو ردیف ۲۵ تایی با ستون‌های موازی است (مشابه با تست تخته میخ پردو) که به‌صورت عمودی قرار گرفته‌اند و یک مانع که به‌منظور جلوگیری از دید مستقیم روی تخته قرار گرفته و همچنین آینه که مقابل مانع و تخته قرار گرفته است. آزمودنی‌ها پشت میز قرار گرفتند و با نگاه کردن در آینه ۵۰ میخ را در دو ردیف جایگذاری کردند و زمان انجام آن هم با زمان‌سنج ثبت می‌شد.

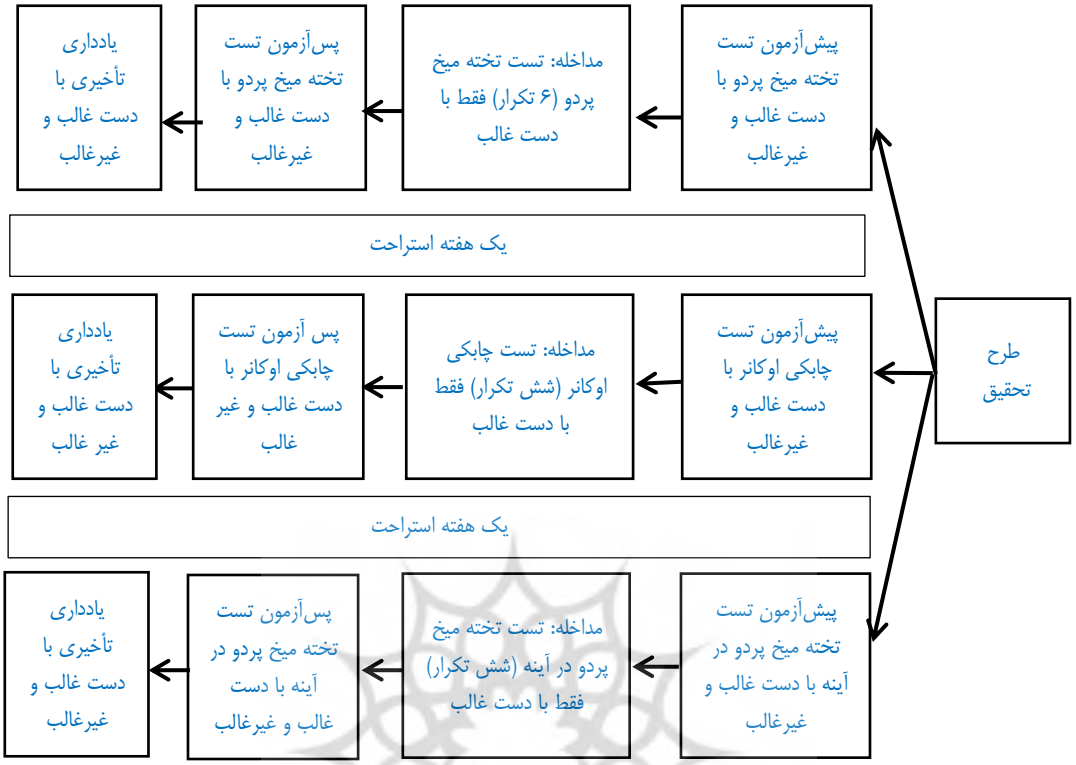


شکل ۱. تست‌های تخته میخ پردو، چابکی اوکانر و تخته میخ پردو در آینه

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

روند اجرای پژوهش

این تحقیق از نوع آزمایشی با طرح درون‌آزمودنی یا با اندازه‌گیری مکرر بود که در آن گروه واحدی از مشارکت‌کننده‌ها استفاده شد و هریک از افراد در همهٔ مداخلات مختلف شرکت کردند. طرح تحقیق در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۲. طرح تحقیق

پس از کسب رضایت‌نامهٔ کتبی مبنی بر شرکت در تحقیق، افراد سالمند در مرحلهٔ پیش‌آزمون در یکی از تکالیف سه‌گانهٔ مهارت انگشتی تست تخته میخ پردو، تست چابکی اوکانر و تست تخته میخ پردو در آینه شرکت کردند. به‌منظور حذف اثر توالی و یادگیری شرکت در تست‌ها به شکل تصادفی انجام می‌گرفت که شامل انجام تکلیف با دست برتر و غیربرتر بود. مدت زمان لازم برای انجام تکلیف با دست برتر و غیربرتر ثبت می‌شد. پیش از اجرای تست به آنها توضیح دادیم که چگونه باید هر تست را اجرا کنند. در تست تخته میخ پردو، آزمودنی‌ها ۵۰ میخ را با سرعت در سوراخ‌هایی که در دو ردیف ۲۵ تایی روی صفحهٔ تخته میخ وجود داشت، جایگذاری می‌کردند و زمان اجرای آن ثبت شد. در مرحلهٔ اکتساب، آزمودنی‌ها تکلیف حرکتی را شش تکرار با دست برتر انجام دادند که بین تکرارها یک دقیقه استراحت وجود داشت و به شکل تمرین و با ثبت زمان انجام هر تکرار انجام گرفت. پس از پایان ششمین تکرار و با گذشت ۳۰ دقیقه دوباره از آزمودنی‌ها پس‌آزمون گرفته شد و زمان مورد نیاز برای کامل کردن تست با دست برتر و غیربرتر ثبت شد و سپس تست یادداری تأخیری با فاصلهٔ یک روز انجام گرفت. بین شرکت در پیش‌آزمون، مداخلات تمرینی و انجام آزمون یادداری هر کدام از تست‌ها تا شروع پیش‌آزمون تست بعدی یک هفته فاصله بود. پس از یک هفته شرکت‌کنندگان به‌طور تصادفی مراحل مربوط به تست بعدی را اجرا می‌کردند. در تست چابکی اوکانر، ۹۰ میخ را در سوراخ‌هایی که در سه ردیف ده‌تایی روی تخته میخ قرار داشت، جایگذاری و مدت زمان انجام این تست با زمان‌سنج در پیش‌آزمون برای دست برتر و غیربرتر ثبت و مراحل تمرین شامل شش تکرار تمرینی همراه با ثبت زمان، پس‌آزمون و آزمون یادداری تأخیری نیز به‌ترتیب اجرا شد. برای انجام دادن تست تخته میخ پردو در آینه، ۵۰ میخ با کمک آینه در سوراخ‌هایی که روی تخته میخ وجود داشت، جایگذاری و زمان انجام آن در پیش‌آزمون برای هر دو دست ثبت شد. مراحل مربوط به دورهٔ مداخله، پس‌آزمون و آزمون یادداری این تست نیز به روال تست‌های قبلی اجرا شد. در نهایت در هر سه تکلیف با فاصلهٔ یک‌هفته‌ای و توالی تصادفی در افراد مختلف، مراحل پژوهش انجام گرفت. از آنجایی که به‌علت تفاوت در سطح دشواری تکالیف زمان لازم برای کامل کردن آنها متفاوت بود و این

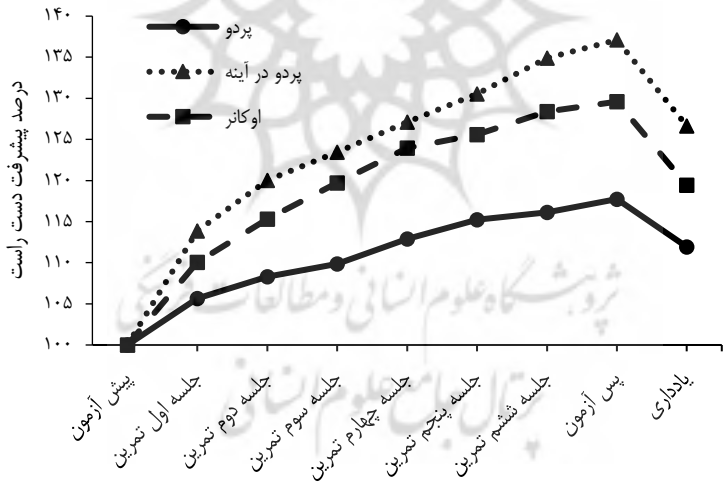
تفاوت امکان مقایسه کردن زمان تکالیف مختلف را فراهم نمی‌کرد و سبب می‌شد که نتوان میزان پیشرفت را مقایسه کرد، زمان انجام هر تکلیف در مرحلهٔ مداخله، پس‌آزمون و یادداری نسبت به زمان انجام تکلیف در پیش‌آزمون نرمال‌سازی و درصد پیشرفت نسبت به پیش‌آزمون در تکرارهای مختلف محاسبه شد. بین درصد پیشرفت در اجرای تست‌های با پیچیدگی مختلف با دست غیربرتر در پس‌آزمون مقایسه انجام گرفت تا میزان انتقال با توجه به پیچیدگی تکلیف مقایسه شود. همچنین در هر دو مرحلهٔ پس‌آزمون و یادداری تأخیری همبستگی بین مدت زمان تمرین تکلیف با دست برتر و میزان پیشرفت در دست غیربرتر و میزان همبستگی بین پیشرفت دست برتر و غیربرتر محاسبه شد (کیجل و همکاران، ۲۰۱۷).

روش آماری

به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از روش‌های آماری توصیفی و استنباطی استفاده شد. از آزمون شاپیروویلک برای تعیین طبیعی بودن توزیع داده‌ها و از آزمون لون برای تعیین تجانس واریانس استفاده شد. همچنین برای تحلیل داده‌ها در مقایسهٔ پس‌آزمون‌ها و آزمون یادداری از تحلیل واریانس یکراههٔ آنووا و برای تعیین میزان همبستگی بین متغیرها از ضریب همبستگی پیرسون با سطح آلفا ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌های پژوهش

در پژوهش حاضر ۳۰ سالمند سالم شامل ۱۵مرد و ۱۵ زن با میانگین سنی ۷/۴۰ ±۶۸/۵ سال شرکت کرده و تکالیف مختلف را تمرین کردند. برای مشخص کردن اینکه تمرین اجراشده با دست برتر به پیشرفت اجرا منجر شده، درصد پیشرفت طی جلسات تمرین و آزمون محاسبه شد و در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳. نمودار پیشرفت گروه‌های تمرینی طی جلسات مختلف تمرینی

همان‌طورکه در شکل ۳ مشاهده می‌شود میزان پیشرفت دست برتر در بین گروه‌های تمرینی متفاوت بود، آزمودنی‌ها در تکلیف پردو در آینه میزان پیشرفت بیشتری را در عملکرد دست برتر نشان دادند و سپس در تکلیف اکانر میزان پیشرفت به نسبت تکلیف پردو در آینه کمتر بود و در نهایت در تکلیف پردو میزان بهبودی طی جلسات تمرین به نسبت دو تکلیف قبل کمتر بود.

جدول ۱ درصد پیشرفت در اجرای تکلیف انگشتی با پیچیدگی‌های مختلف در دست غیربرتر در مرحلهٔ پس‌آزمون و یادداری را نشان می‌دهد.

جدول ۱. درصد پیشرفت در مرحلهٔ پس‌آزمون و یادداری دست غیربرتر در آزمون‌های مختلف

آزمون	میانگین و انحراف استاندارد طی پس‌آزمون	میانگین و انحراف استاندارد طی یادداری
تخته میخ پردو	۷±۹	۷/۶±۵
تخته میخ پردو در آینه	۲۰/۵ ± ۹	۲۱/۱۲±۵
چابکی اکانر	۱۵/۱۰±۵	۱۵/۱۲±۵

همان‌طورکه در جدول ۱ مشاهده می‌شود بیشترین درصد پیشرفت در آزمون تخته میخ پردو در آینه و کمترین پیشرفت مربوط به تخته میخ پردو است.

به‌منظور تعیین وجود یا نبود تفاوت بین میزان پیشرفت دست غیربرتر در اجرای مهارت انگشتی با پیچیدگی مختلف در مرحلهٔ پس‌آزمون و یادداری از تحلیل واریانس یکراهه استفاده شد (جدول ۲). طبیعی بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیروویلک تأیید شد و آزمون لون نیز نشان داد که تجانس واریانس بین متغیرهای مختلف وجود دارد.

جدول ۲. نتایج تحلیل واریانس یکراهه برای مقایسهٔ پس‌آزمون و یادداری در گروه‌های مختلف

مرحلهٔ آزمون		مجموع مربعات	درجات آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معناداری
پس‌آزمون	بین‌گروهی	۱۶۵۴	۲	۸۲۷	۱۰/۵	۰/۰۰۱
	درون‌گروهی	۶۳۶۳	۸۱	۷۸/۵		
	کل	۸۰۱۷	۸۳			
یادداری	بین‌گروهی	۲۸۹۵	۲	۱۴۴۷/۵	۱۴	۰/۰۰۱
	درون‌گروهی	۹۱۷۲	۸۷	۱۰۵/۵		
	کل	۱۲۰۶۷	۸۹			

نتایج تحلیل واریانس نشان داد بین سه تست در مراحل پس‌آزمون و یادداری تفاوت معنادار وجود دارد. به‌منظور مشخص کردن محل دقیق تفاوت‌ها از آزمون تعقیبی بنفرونی استفاده شد. نتایج آن نشان داد که در پس‌آزمون بین آزمون پردو و پردو در آینه (P=۰/۰۰۱) و بین آزمون پردو و اکانر تفاوت معناداری (P=۰/۰۲) وجود دارد. همچنین در مرحلهٔ یادداری بین آزمون پردو و پردو در آینه (P=۰/۰۰۱) و بین آزمون پردو و اکانر (P=۰/۰۰۱) تفاوت معناداری مشاهده شد.

نتایج ضریب همبستگی پیرسون نشان‌داد که در مرحلهٔ یادداری در تست تخته میخ پردو بین کل زمان تمرین و میزان پیشرفت دست غیربرتر همبستگی معنادار (P =۰/۰۰۹ ، r = ۰/۴۸) وجود دارد. همچنین بین میزان پیشرفت دست برتر و غیربرتر در اجرای مهارت‌های انگشتی با پیچیدگی مختلف در مرحلهٔ یادداری در تست تخته میخ پردو (P =۰/۰۰۹ ، r = ۰/۴۶) و تست پردو در آینه (P =۰/۰۱ ، r = ۰/۴۴) همبستگی معنادار دیده شد.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف اول پژوهش، مقایسهٔ میزان پیشرفت دست غیربرتر در اجرای مهارت‌های انگشتی با پیچیدگی مختلف در مرحلهٔ پس‌آزمون و یادداری بود. تحلیل یافته‌های پژوهش حاضر نشان‌داد، این تفاوت در مرحلهٔ پس‌آزمون و یادداری بین آزمون پردو و پردو در آینه معنادار است. همچنین بین آزمون پردو و اکانر تفاوت معناداری وجود دارد. دیکینز و همکاران (۲۰۱۵) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند و بیان کردند که

انتقال دوجانبه پس از تمرین مهارت حرکتی با استفاده از تکلیف ساده و پیچیده وجود دارد، اما این انتقال بین دو تکلیف متفاوت است. افراد سالمند هنگام انجام تکالیف مشابه فعالیت بیشتری را در سرتاسر نیمکرهٔ مغزی نشان می‌دهند، زیرا به‌علت تغییراتی که در سیستم عصبی و سیستم حرکتی افراد سالمند ایجاد می‌شود، افزایش بیشتری در عضو آموزش‌نیافته پس از تمرین تکالیف پیچیده نشان می‌دهند. بر اساس مدل فعال‌سازی متقابل، وقتی یک تکلیف پیچیده انجام می‌گیرد، افزایش دوطرفه در تحریک‌پذیری قشر مغز اتفاق می‌افتد. این تسهیل عملکرد بین دو تکلیف مربوط به این است که چنین فعالیت توزیعی، هنگامی‌که طی تمرین یکطرفه وجود داشته باشد، به سازگاری همزمان در مدارهای عصبی منجر می‌شود که به عضلات اندام آموزش‌نیافته منتقل می‌شود. بنابراین انجام تکلیف بعدی را تسهیل می‌کند (هولپر و همکاران، ۲۰۰۹). طبق مدل دسترسی دوجانبه، می‌توان به این نتیجه دست یافت که از یادگیری حرکتی ایجادشده طی تمرین یکطرفه، بعداً به‌صورت دوطرفه می‌توان استفاده کرد؛ یعنی تکالیف یاد گرفته‌شده فقط برای اندام آموزش‌یافته نیست، درصورتی‌که بین دو تکلیف انتقال شایان توجهی وجود دارد و به سمت عضو غیربرتر اتفاق می‌افتد (ایمامیزو و شیموج، ۱۹۹۵).

نتایج تحقیق دیکنز و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که انتقال دوسویهٔ تکلیف دشوار در افراد سالمند حفظ می‌شود. همچنین گزارش شده است که افراد مسن با جبران کمبودهای مربوط به سن انتقال دوسویه‌شان را حفظ می‌کنند (نوزوم و همکاران، ۲۰۲۱). یک سازوکار محتمل فرضیهٔ افت نامتقارن نیمکره‌ای در بزرگسالان مسن[1] (کابزا، ۲۰۰۲) است. با این استدلال جبرانی که ادعا می‌کند افراد مسن نواحی مغزی پراکنده‌تری را برای اجرای تکالیف فرامی‌خوانند که این فراخوانی نواحی مغزی اضافی به حفظ اجرا (سیدلر و همکاران، ۲۰۱۰) به‌ویژه برای تکالیف پیچیده (مکپرسون و همکاران، ۲۰۰۹) کمک می‌کنند. علاوه بر اینکه افراد مسن‌تر نواحی مغزی را فرا می‌خوانند که توسط افراد جوان فعال نشده است. گزارش شده است که افراد مسن دارای فعالیت قشری بیشتری در نواحی مغزی هستند که توسط افراد جوان هنگام یادگیری یک تکلیف حرکتی فراخوانده می‌شوند (وو و هالت، ۲۰۰۵). بنابراین، فراخوانی نواحی اضافی و فعالیت بیشتر در نواحی مغزی فراخوانده‌شده به‌طور مثبت اجرا می‌شود و یادگیری تکالیف پیچیده را در افراد مسن تحت تأثیر قرار می‌دهد.

هیندر و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که انتقال دوسویه در تکلیف حرکتی ساده دور کردن بالستیک انگشت اشاره در افراد مسن بر خلاف افراد جوان اتفاق نمی‌افتد که نشان‌دهندهٔ نبود انتقال دوسویه در افراد مسن است و در پژوهش دیگری با همان تکلیف حرکتی مقدار آن کم گزارش شده است (پاریخ و کول، ۲۰۱۳). پژوهش‌هایی که محفوظ ماندن انتقال دوسویه را در افراد مسن نشان می‌دهند، از تکالیف پیچیده‌تر استفاده کرده‌اند. بنابراین به‌نظر می‌رسد این امکان وجود دارد که انتقال دوسویهٔ مشاهده‌شده در تکالیف پیچیده بازتابی از انتقال اجزای شناختی باشد (گرازیادیو و همکاران، ۲۰۱۵).

هدف دوم پژوهش، تعیین همبستگی بین کل زمان تمرین و میزان پیشرفت در دست غیربرتر در اجرای مهارت‌های انگشتی با پیچیدگی مختلف در مرحلهٔ پس‌آزمون و یادداری بود. تحلیل یافته‌های پژوهش نشان داد که طی یادداری در آزمون تخته میخ پردو این همبستگی معنادار است. ویکس والاس و اندرسون (۲۰۰۳) در تحقیقی نشان دادند وقتی‌که افراد زمانی را برای تمرین با یک شبیه‌ساز اختصاص داده بودند، از آنجایی که تمرین با شبیه‌ساز یک تکلیف پیچیده و جدید بود، نسبت به گروه کنترل، افراد تمرین‌کرده انتقال شایان توجهی از عضو تمرین‌کرده به عضو تمرین‌نکرده نشان دادند. همچنین نشان دادند که انتقال به عضو غیربرتر بیشتر اتفاق افتاده بود. همچنین وقتی‌که افراد زمانی را به یک تکلیف اختصاص می‌دهند، مثل یک تکلیف ردیابی، تأثیرات زیادی از زمان و پیچیدگی مهارت بر انتقال دوسویه نشان داده شده بود. علاوه بر این، بر اثر تمرین و زمان سپری‌شده برای انجام تکلیف با دست راست، انتقال شایان توجهی به دست چپ اتفاق افتاده بود که این می‌تواند به‌علت انتقال بالای اطلاعات از نیمکره چپ به نیمکره راست باشد (ذوالفقاری و همکاران، ۲۰۱۴). اوسندا و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش کردند که افراد سالمند دچار سکته وقتی یک تکلیف مثل تمرین جاگذاری میخ در سوراخ نه‌گانه را طی مدت زمانی (۱۰ بار در روز طی سه روز متوالی) با دست راست خود انجام دادند، انتقال شایان توجهی به دست غیربرتر در اثر تمرین با دست برتر اتفاق افتاده بود که این انتقال در گروه کنترل وجود نداشت.

1. Hemispheric Asymmetry Reduction in Older Adults

هدف سوم پژوهش، تعیین همبستگی بین میزان پیشرفت دست برتر و غیربرتر در اجرای مهارت‌های انگشتی با پیچیدگی مختلف در مرحلهٔ پس‌آزمون و یادداری بود. تحلیل یافته‌های پژوهش نشان داد که همبستگی میزان پیشرفت دست برتر و غیربرتر طی یادداری در تکالیف پردو و پردو در آینه معنادار است. این یافته با تحقیقات هیندر و همکاران (۲۰۱۱)، وانگ و همکاران (۲۰۱۱) و دیکینز و همکاران (۲۰۱۵) همسوست و بیان می‌کنند که وقتی افراد سالمند یک تکلیف حرکتی را با دست راست و سپس دست چپ انجام می‌دهند، به‌علت جانبی‌سازی نیمکره‌های مغزی و انعطاف‌پذیری قشر مغز پس از تمرین تکالیف حرکتی پیچیده افزایش عملکرد در این افراد بالاتر است. بنابراین انتقال بیشتری از یک عضو به عضو مخالف طی تمرین تکالیف پیچیده نشان می‌دهند. مطابق این یافته‌ها، افراد سالمند طی تمرین تکالیف بصری حرکتی با دست راست و چپ انتقال زیادی به عضو مقابل نشان می‌دهند. این انتقال از دست برتر به غیربرتر می‌تواند به‌علت فرضیهٔ دسترسی دوجانبه باشد که هر دست به اطلاعات آموخته‌شده در طول آموزش با دست مقابل خود دسترسی پیدا می‌کند (سینبرگ و وانگ، ۲۰۰۲). نتایج نشان داد که پیچیدگی تکلیف به تأثیرات معنادار در انتقال دوسویه منجر شد، همچنین آزمودنی‌ها طی مراحل تمرینی پیشرفت زیادی در عملکرد دست راست نشان دادند که این میزان پیشرفت طی مرحلهٔ پس‌آزمون و یادداری از دست برتر به دست غیربرتر آنها منتقل شد. بنابراین توصیه می‌شود توجه ویژه‌ای به انتقال دوسویه در عملکردهای حرکتی سالمندان شود. دوران سالمندی زمانی است که احتمال بروز مشکلات برای یک سمت از بدن در اثر حادثه یا سکته افزایش می‌یابد و استفاده از انتقال دوسویه می‌تواند در بهبود وضعیت حرکتی این افراد اثرگذار باشد. پیشنهاد می‌شود از انتقال دوجانبه برای مراکز توانبخشی و افراد مبتلا به سکتهٔ مغزی، استفاده شود. از آنجایی که آزمودنی‌های این تحقیق صرفاً راست‌دست بودند و این احتمال وجود دارد که برتری اندام شرکت‌کننده در آزمون به نتایج دیگر منجر شود، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده از آزمودنی‌های چپ‌دست نیز استفاده شود.

تقدیر و تشکر

از همهٔ عزیزانی که ما را در انجام پژوهش یاری رساندند، کمال تشکر را داریم.

References

Ausenda, C. D., Togni, G., Biffi, M., Morlacchi, S., Corrias, M., & Cristoforetti, G. (2014). A new idea for stroke rehabilitation: Bilateral transfer analysis from healthy hand to the paretic one with a randomized and controlled trial. *International Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 1-8. https://dx.doi.org/10.4172/2329-9096.S3-008

Batista, S. R. d .A., Rodrigues, P., & Vasconcelos, O. (2017). Intermanual Transfer of Learning in a Fine Manual Skill Task. *Motriz: Revista de Educação Física*, 23(1), 7-13. https://doi.org/10.1590/s1980-6574201700010002

Berger, M. A., Krul, A. J., & Daanen, H. A. (2009). Task specificity of finger dexterity tests. *Applied ergonomics*, 40(1), 145-147. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2008.01.014

Bhatt, T., & Pai, Y.-C. (2008). Immediate and latent interlimb transfer of gait stability adaptation following repeated exposure to slips. *Journal of Motor Behavior*, 40(5), 380-390. https://doi.org/10.3200/JMBR.40.5.380-390

Brandão, S. A. F. (2014). *Transferência Intermanual da Aprendizagem: Estudo em Idosos de Nacionalidades Distintas numa Tarefa de Destreza Manual Fina* (Doctoral dissertation, Universidade do Porto (Portugal).

Cabeza, R. (2002). Hemispheric asymmetry reduction in older adults: the HAROLD model. *Psychology and aging*, *17*(1), 85.

Carroll, T. J., De Rugy, A ,.Howard, I. S., Ingram, J. N., & Wolpert, D. M. (2016). Enhanced crosslimb transfer of force-field learning for dynamics that are identical in extrinsic and joint-based coordinates for both limbs. *Journal of neurophysiology*, 115(1), 445-456. https://doi.org/10.1152/jn.00485.2015

De Luca, A ,.Giannoni, P., Vernetti, H., Capra, C., Lentino, C., Checchia, G. A., & Casadio, M. (2016). Training the unimpaired arm improves the motion of the impaired arm and the sitting balance in chronic stroke survivors. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 25(7), 873-882. https://doi.org/10.1109/TNSRE.2016.2635806

Dickins, D. S., Sale, M. V., & Kamke, M. R. (2015). Intermanual transfer and bilateral cortical plasticity is maintained in older adults after skilled motor training with simple and complex tasks. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 7, 73. https://doi.org/10.3389/fnagi.2015.00073

Farthing, J. P., Krentz, J. R., & Magnus, C. R. (2009). Strength training the free limb attenuates strength loss during unilateral immobilization. *Journal of applied physiology*, 106(3), 830-836. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.91331.2008

Graziadio, S., Nazarpour, K., Gretenkord, S., Jackson, A., & Eyre, J. A. (2015). Greater intermanual transfer in the elderly suggests age-related bilateral motor cortex activation is compensatory. *Journal of motor behavior*, 47(1), 47-55. https://doi.org/10.1080/00222895.2014.981501

Hinder, M. R., Carroll, T. J., & Summers, J. J. (2013). Inter-limb transfer of ballistic motor skill following non-dominant limb training in young and older adults. *Experimental brain research*, 227(1), 19-29. https://doi.org/10.1007/s00221-013-3481-9

Hinder, M. R., Schmidt, M. W., Garry, M. I., Carroll, T. J., & Summers, J. J. (2011). Absence of cross-limb transfer of performance gains following ballistic motor practice in older adults. *Journal of Applied Physiology*, 110(1), 166-175. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00958.2010

Holper, L., Biallas, M., & Wolf, M. (2009). Task complexity relates to activation of cortical motor areas during uni-and bimanual performance: a functional NIRS study. *Neuroimage*, 46(4), 1105-1113. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.03.027

Imamizu, H., & Shimojo, S. (1995). The locus of visual-motor learning at the task or manipulator level: implications from intermanual transfer. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21(4), 719. https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0096-1523.21.4.719

Joiner, W. M., Brayanov, J. B., & Smith, M. A. (2013). The training schedule affects the stability, not the magnitude, of the interlimb transfer of learned dynamics. *Journal of neurophysiology*. 110(4), 984-998. https://doi.org/10.1152/jn.01072.2012

Kidgell, D. J., Frazer, A. K., & Pearce, A. J. (2017). The Effect of Task Complexity Influencing Bilateral Transfer. *International Journal of Exercise Science*, 10(8), 1174-1183.

Krishnan, C. (2019). Learning and interlimb transfer of new gait patterns are facilitated by distributed practice across days. *Gait & posture*, 70, 84-89. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.02.019

Krishnan, C., Washabaugh, E. P., Reid, C. E., Althoen, M. M., & Ranganathan, R. (2018). Learning new gait patterns: Age-related differences in skill acquisition and interlimb transfer. *Experimental gerontology*, 111, 45-52. https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.07.001

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

Laszlo, J. I., Baguley, R., & Bairstow, P. (1970). Bilateral transfer in tapping skill in the absence of peripheral information. *Journal of Motor Behavior*, 2(4), 261-271. https://doi.org/10.1080/00222895.1970.10734884

Latash, M. L. (1999). Mirror writing: Learning, transfer, and implications for internal inverse models. *Journal of Motor Behavior*, 31(2), 107-111. https://doi.org/10.1080/00222899909600981

Macpherson, H., Pipingas, A., & Silberstein, R. (2009). A steady state visually evoked potential investigation of memory and ageing. *Brain and cognition*, 69(3), 571-579. https://doi.org/10.1016/j.bandc.2008.12.003

Nuzum, N. D., Teo, W. P., Macpherson, H., Loughman ,A., Szymlek-Gay, E. A., & Hendy, A. (2021). Inhibition, excitation and bilateral transfer following a unilateral complex finger-tapping task in young and older adults. *European Journal of Neuroscience*, 54(7), 6608-6617. https://doi.org/10.1111/ejn.15467

Pan, Z., Van Gemmert, & WA, A. (2013). The effects of aging on the asymmetry of inter-limb transfer in a visuomotor task. *Experimental brain research*, 229, 621-633. https://doi.org/10.1007/s00221-013-3625-y

Parikh, P. J., & Cole, K. J. (2013). Transfer of learning between hands to handle a novel object in old age. *Experimental brain research*, 227(1), 9-18. https://doi.org/10.1007/s00221-013-3451-2

Parlow, S. E., Kinsbourne, M. J. B., & cognition. (1989). Asymmetrical transfer of training between hands: implications for interhemispheric communication in normal brain. *Brain and cognition*, 11(1), 98-113. https://doi.org/10.1016/0278-2626(89)90008-0

Pearce, A., Hendy, A., Bowen, W & ,.Kidgell, D. (2013). Corticospinal adaptations and strength maintenance in the immobilized arm following 3 weeks unilateral strength training. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(6), 740-748. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01453.x

Poh, E., Carroll, T. J., & Taylor, J. A. (2016). Effect of coordinate frame compatibility on the transfer of implicit and explicit learning across limbs. *Journal of neurophysiology*, 116(3), 1239-1249. https://doi.org/10.1152/jn.00410.2016

Redding, G. M., & Wallace, B. (2008). Intermanual transfer of prism adaptation. *Journal of Motor Behavior*, 40(3), 246-264. https://doi.org/10.3200/JMBR.40.3.246-264

Sainburg, R.L., Maenza, C., Winstein, C., Good, D. (2016). Motor Lateralization Provides a Foundation for Predicting and Treating Non-paretic Arm Motor Deficits in Stroke. In: Laczko, J., Latash, M. (eds) Progress in Motor Control. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, vol 957. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47313-0_14

Sainburg, R. L., & Wang, J. (2002). Interlimb transfer of visuomotor rotations: independence of direction and final position information. *Experimental brain research*, 145(4), 437-447. https://doi.org/10.1007/s00221-002-1140-7

Seidler, R. D., Bernard, J. A., Burutolu, T. B., Fling, B. W., Gordon, M. T., Gwin, J. T., . . . Lipps, D. B. (2010). Motor control and aging: links to age-related brain structural, functional, and biochemical effects. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 34(5), 721-733. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.10.005

Stöckel, T., & Wang, J. (2011). Transfer of short-term motor learning across the lower limbs as a function of task conception and practice order. *Brain and cognition*, 77(2), 271-279. https://doi.org/10.1016/j.bandc.2011.07.010

Stöckel, T., & Weigelt, M. (2012). Brain lateralisation and motor learning: Selective effects of dominant and non-dominant hand practice on the early acquisition of throwing skills. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 17(1), 18-37. https://doi.org/10.1080/1357650X.2010.524222

Swift, E. J. (1903). Studies in the psychology and physiology of learning. *The American Journal of Psychology*, 14(2), 201- 251. https://doi.org/10.2307/1412713

Taylor, H. G., & Heilman, K. M. (1980). Left-hemisphere motor dominance in righthandersi. *Cortex*, 16(4), 587-603. https://doi.org/10.1016/S0010-9452(80)80006-2

Wang, J., Przybyla, A., Wuebbenhorst, K., Haaland, K. Y., & Sainburg, R. L. (2011). Aging reduces asymmetries in interlimb transfer of visuomotor adaptation. *Experimental brain research*, 210(2), 283. https://doi.org/10.1007/s00221-011-2631-1

Weeks, D. L., Wallace, S. A., & Anderson, D. I. (2003). Training with an upper-limb prosthetic simulator to enhance transfer of skill across limbs. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 84(3), 437-443. https://doi.org/10.1053/apmr.2003.50014

Wieg, E. L. (1932). Bi-lateral transfer in the motor learning of young children and adults. *Child Development*, 3(3), 247-268. https://doi.org/10.2307/1125462

Wu, T., & Hallett, M. (2005). The influence of normal human ageing on automatic movements. *The Journal of physiology*, 562(2), 605-615. https://doi.org/10.1113/jphysiol.2004.076042

Zolfaghari, Z., Zareian, E., & Salman, Z. (2014). The Effect of Skill Complexity during Different Time Lags on Bilateral Transfer. *Annals of Applied Sport Science*, 2(1), 21-30. http://dx.doi.org/10.18869/acadpub.aassjournal.2.1.21

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی