

The Effect of Task Complexity on Bilateral Transfer in Older Adults

Fereshte Hemmatizad¹ , Mehdi Rafei Boroujeni² , Hamid Salehi³ 

1- MA of Motor Behavior, Department of Motor Behavior and Sport Management, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran. E-mail: fereshte75hemmatizad@gmail.com

2- Associate Professor, 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- Associate Professor, 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	ABSTRACT
Article type: Research	Introduction: The aim of the present research was to determine the effect of task complexity on the bilateral transfer in older adults.
Article history: Received: Received in revised form: Accepted: Published online:	Methods: Thirty healthy elderly men and women with the average age of 68/5±7/40 years were selected by convenience sampling method. Participants perform the Purdue pegboard test, O'Connor dexterity test and the mirror Purdue pegboard test with their dominant and non-dominant hands in pretest. Then, they practiced one of the tasks 6 times by dominant hand and then they participated in posttest and retention test of task. After one week, they started to practice next task and each of the participant attempted a test randomly so that the sequential and learning effect would be eliminated. In posttest and retention test the task was done by both dominant and non-dominant hands. The percentage of progress were calculated by normalization of the time to complete each task during practice compared to the time to complete the task in pre-test. The one-way analysis of variance and the Pearson correlation coefficient ($P \leq 0/05$) were used for statistical analysis
Keywords: <i>Dominant hand,</i> <i>Interlimb transfer,</i> <i>Nondominant hand.</i> <i>Older adults,</i>	Results: There were significant differences between progress rate of Purdue pegboard test and mirror Purdue pegboard test and between O'Connor dexterity test and Purdue pegboard test. The amount of time training was a factor associated with bilateral transfer for Purdue pegboard test. Significant correlation was found between the progression rate of Purdue pegboard test and mirror Purdue pegboard test in nondominant hand.
	Conclusion: It is likely that compensatory mechanisms have been utilized to maintain performance despite ageing.

Cite this article: Last Name, Initial., Last Name, Initial., & Last Name, Initial. (2022). Title of paper. *Journal of Sports and Motor Development and Learning*, 56 (1), p-p. DOI: <http://doi.org/00000000000000000000>



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

Extended Abstract

Introduction

Repetitive exercise not only leads to improvement in the trained limb but can also result in progress in the opposite limb. This phenomenon is known as interlimb transfer or bilateral transfer. In older adults, a decrease or even absence of bilateral transfer has been reported after performing simple motor tasks, but when a complex and new task is performed, bilateral transfer becomes more important. More precisely, factors such as the skill level, complexity of the task, and novelty of it for the performer can influence bilateral transfer. The aim of the present research was to determine the effect of task complexity on the bilateral transfer in older adults.

Methods

Thirty healthy elderly men and women with the average age of $68/5 \pm 7/40$ years were selected by convenience sampling method. Participants perform the Purdue pegboard test, O'Connor dexterity test and the mirror Purdue pegboard test with their dominant and non-dominant hands in pretest. Then, they practiced one of the tasks 6 times by dominant hand and then they participated in posttest and retention test of task. After one week, they started to practice next task and each of the participant attempted a test randomly so that the sequential and learning effect would be eliminated. In posttest and retention test the task was done by both dominant and non-dominant hands. The percentage of progress were calculated by normalization of the time to complete each task during practice compared to the time to complete the task in pre-test. The one-way analysis of variance and the Pearson correlation coefficient ($P \leq 0/05$) were used for statistical analysis.

Results

The amount of performance improvement of dominant hand was different among training groups. Participants showed higher progression mirror Purdue pegboard test. The improvement of performance in the O'Connor dexterity test was lower than mirror Purdue pegboard test. The least improvement occurred in the Purdue pegboard test. There were significant differences between progress rate of Purdue pegboard test and mirror Purdue pegboard test and between O'Connor dexterity test and Purdue pegboard test in nondominant hand. The amount of time training was a factor associated with bilateral transfer for Purdue pegboard

test. Significant correlation was found between the progression rate of Purdue pegboard test and mirror Purdue pegboard test in nondominant hand.

Conclusion

In older adults, bilateral transfer of complex tasks is maintained, by compensation for age-related deficit. A possible mechanism is asymmetry hemispheric decline hypothesis in the older adults. With the compensatory argument claiming that older adults recruit more dispersed brain regions to perform tasks, this recruitment of additional brain regions aids in task performance maintenance, especially for complex tasks. It is likely that compensatory mechanisms have been utilized to maintain performance despite ageing.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines: The present study was conducted following ethical principles.

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 participants and university of Isfahan who helped us conduct this research.

اثر پیچیدگی تکلیف بر انتقال دو سوپه در افراد سالمند

فرشته همتی زاده^۱ ID، مهدی رافعی بروجنی^۲ ID، حمید صالحی^۳ ID

۱. گروه رفتار حرکتی و مدیریت ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: fereshte75hematizad@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه رفتار حرکتی و مدیریت ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: m.rafei@spr.ui.ac.ir

۳. دانشیار گروه رفتار حرکتی و مدیریت ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: salehi@spr.ui.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی	مقدمه: هدف از انجام پژوهش حاضر، تعیین اثر پیچیدگی تکلیف بر انتقال دو سوپه در افراد سالمند بود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/ /	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. مشارکت کنندگان در مرحله پیش‌آزمون سه نوع تکلیف مهارت انگشتی متفاوت از نظر پیچیدگی شامل تخته‌میخ پر دو، چابکی اکاثر و تخته‌میخ پر دو 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 مرحله 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. به منظور تحلیل نتایج از آزمون تحلیل واریانس یک راهه و ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد (p=۰/۰۵).
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/ /	یافته‌ها: یافته‌های پژوهش نشان داد طی مرحله پس‌آزمون و یادداری تفاوت معنادار در میزان پیشرفت دست غیربرتر در اجرای مهارت انگشتی با پیچیدگی مختلف بین آزمون پر دو و پر دو در آینه و همچنین بین آزمون پر دو و اکاثر، وجود داشت. همچنین بین کل زمان تمرین و میزان پیشرفت دست غیربرتر در تکلیف پر دو و بین میزان پیشرفت دست برتر و غیربرتر در آزمون پر دو و پر دو در آینه همبستگی معنادار وجود داشت.
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/ /	نتیجه گیری: به نظر می‌رسد در افراد مسن مکانیسم‌های جبرانی باعث ایجاد انتقال دوسوپه در تکالیف پیچیده هستند.
تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/ /	کلیدواژه‌ها: افراد مسن، انتقال بین اندام، دست برتر، دست غیربرتر

استناد: نام خانوادگی، نام؛ نام خانوادگی، نام؛ و نام خانوادگی، نام (۱۴۰۰). عنوان مقاله. نشریه رشد و یادگیری حرکتی ورزشی، ۳(۲)، ص-ص.

DOI: <http://doi.org/00000000000000000000000000000000>

این نشریه علمی رایگان است و حق مالکیت فکری خود را بر اساس لایسنس کپی‌رایت CC BY-NC 4.0 به نویسندگان واگذار کرده است.

رما: <https://jsmdl.ut.ac.ir> | رایانامه: jsmdl@ut.ac.ir



مقدمه

تمرین تکراری یک تکلیف حرکتی یک جانبه نه تنها منجر به بهبود عملکرد اندام آموزش یافته بلکه می تواند منجر به پیشرفت اندام مقابل نیز شود. این پدیده با عنوان انتقال بین اندام^۱، یا انتقال اندام متقاطع شناخته شده است (هیندر، کرول و سامرز، ۲۰۱۳). در این نوع از انتقال که به انتقال دوسویه معروف است، سیستم عصبی اطلاعات مربوط به یادگیری از اندام آموزش یافته را بازبایی می کند و آن را به عضو مخالف آموزش نیافته منتقل می کند (بات و پای، ۲۰۰۸؛ لاسزلو، بگولی و بیرستو، ۱۹۷۰؛ لئش، ۱۹۹۹؛ سینبرگ و وانگ، ۲۰۰۲؛ تیلور و هیلمن، ۱۹۸۰). این توانایی سیستم عصبی برای انتقال دانش به دست آمده از آموزش با یک عضو به عضو مخالف یک جنبه اصلی بهبود عملکرد در افراد دارای نقص یک طرفه از قبیل سکنه مغزی یا فلج مغزی یک طرفه است (دلوکا و همکاران، ۲۰۱۶؛ سینبورگ، مائزنا و گود، ۲۰۱۶). بنابراین، درک فرایندهای انتقال دوجانبه می تواند پیامدهای درمانی داشته باشد، زیرا می تواند در توسعه رویکردهای جدید درمانی کمک کند (کریشنن، ۲۰۱۹). سوئیفت^۲ (۱۹۰۳) گزارش داد که انتقال مهارت دستکاری از یک دست به دست دیگر اتفاق می افتد. پس از آن گزارش شد که انتقال نه تنها از دستی به دست دیگر بلکه از دست به پا و از پا به پا و از پا به دست نیز انجام می شود (ویگ، ۱۹۳۲). در مورد تقارن یا عدم تقارن انتقال دو جانبه عدم توافق وجود دارد. تعدادی تحقیقات روند انتقال را متقارن گزارش کردند. استوکل 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 و همکاران^۴ (۲۰۱۳) این موضوع که میزان انتقال دوسویه در یادگیری حرکتی به نظر می رسد نامتقارن یا خاص سمتی از بدن باشد و منحصر از دست برتر به غیربرتر اتفاق می افتد، را 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 می کند که انتقال از عضو غیر برتر به برتر است. مدل فعالسازی^۷ متقابل پارلو و کینزبورن^۸ (۱۹۸۹) بیان می کند که انتقال در هر دو جهت وجود دارد اگر چه یکی ضعیف تر باشد، ولی بیشتر از اندام برتر به غیربرتر اتفاق می افتد. 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. همانطور که نیمکره چپ در تسلط است، انتقال بالاتری به اندام غیربرتر اتفاق می افتد. بر طبق این مدل، انتقال به جهت مخالف انجام نخواهد شد. آنها گزارش دادند که انتقال از عضو برتر به غیربرتر و برعکس از مراحل ابتدایی تا اواخر یادگیری متفاوت است، در مراحل اولیه یادگیری انتقال از اندام غیربرتر به برتر اتفاق می افتد، در حالی که انتقال از اندام برتر به غیربرتر در مراحل پایانی یادگیری رخ می دهد. به نظر می رسد وقتی عمل با اندام برتر و یا غیربرتر انجام می شود، در هر دو حالت بر روی عملکرد اندام مخالف تأثیر می گذارد (پوه، کرول و تیلور، ۲۰۱۶). بنابراین، مطالعات مربوط به انتقال دو جانبه نشان داد که انتقال دو جانبه در افراد سالم شایع و به دست غالب مربوط نمی شود، اگر چه 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 می گذارند (کرول، دراگی، هووارد، اینگرام و وولپرت، ۲۰۱۶؛ جوینر، برایانو و اسمیت، ۲۰۱۳؛ کریشنن، واشابوگ، رید، آلتون و رانگاناتان، ۲۰۱۸؛ استاکل و وانگ، ۲۰۱۱؛ وانگ، پرزیبلا، ووبنهورت، هالند و سینبورگ، ۲۰۱۱).

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

در سالمندان^۱، بعد از انجام تکالیف حرکتی ساده از قبیل ابداکشن انگشت (هیندر، اشمیت، گری، کرول و سامرز، ۲۰۱۱)، کاهش یا حتی عدم حضور انتقال دو جانبه گزارش شده است، اما وقتی که یک تکلیف پیچیده و جدید انجام می‌دهند انتقال دو جانبه از اهمیت بیشتری برخوردار است (هولپر، بیلاس و ولف، ۲۰۰۹). به طور دقیق‌تر، عواملی مانند چگونگی مهارت یا پیچیدگی تکلیف و میزان جدید بودن آن برای مجری، می‌تواند بر انتقال دو جانبه تأثیرگذار (هیندر و همکاران، ۲۰۱۱؛ پاربخ و کول، ۲۰۱۳). وقتی یک تکلیف پیچیده و جدید است، شیوه معرفی آن تکلیف می‌تواند بر عملکرد آینده تأثیرگذار شود (جوینر و همکاران، ۲۰۱۳). تکالیف پیچیده شبکه‌های عصبی بیشتر و گسترده‌تری را به کار می‌گیرند، زیرا نمی‌توانند به قشر حرکتی تمرین نکرده برای تسهیل یادگیری دست آموزش نیافته، تکیه کند (باتیستا، رودریگز و واسکونسلوس، ۲۰۱۷). برای پرداختن به این مسئله براندو (۲۰۱۴) تحقیقاتی را در مورد افراد سالمند انجام داده است. هر چند که عملکرد کلی در افراد مسن نسبت به افراد جوان پایین‌تر بود، اما وقتی که یک تکلیف پیچیده را انجام می‌دادند عملکرد آن‌ها تفاوتی نداشت. پارک و کول^۲ (۲۰۱۳) گزارش کردند که افراد مسن کاهش انتقال دو سویه را تجربه می‌کنند، با این وجود انتقال قابل توجهی را برای این افراد با استفاده از تمرین یک تکلیف پیچیده نشان دادند. پیش‌بینی می‌شد افراد مسن افزایش بیشتری در تحریک پذیری نیمکره آموزش نیافته بعد از تمرین یک تکلیف پیچیده نشان دهند، اما بعد 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 یک ظرفیت تغییرناپذیر برای سازگاری با پویایی شی جدید و حفظ این بازنمایی یا حافظه حسی حرکتی دارد. کیجل، فریزر و پیرس (۲۰۱۷) با استفاده از آزمودنی‌های جوان نشان دادند که بیشترین انتقال دوسویه در پیچیده‌ترین تکلیف ایجاد می‌شود و پیچیدگی تکلیف به میزان قابل توجهی با میزان انتقال دوسویه ارتباط دارد بنابراین، پیچیدگی تکلیف یک عامل ارزشمند در ایجاد اثرات انتقال دوسویه است.

افراد مسن سالم به طور مشابه از انتقال دو جانبه همانند افراد جوان بهره‌مند می‌شوند، به این معنی که تکنیک‌های توانبخشی و روش‌های مبتنی بر انتقال دو سویه که از افراد جوان استفاده می‌کنند، می‌تواند به جمعیت سالمند سالم تمهید پیدا کند. افراد سالمند از مزایای انتقال دو جانبه می‌توانند برای اقدامات توانبخشی مثل افرادی که دچار نقص اندام (مثلا سکنه مغزی) و یا بی‌حرکتی اندام به دلیل آسیب دیدگی هستند، بهره‌مند شوند (دیکنز، سل و کامکه، ۲۰۱۵). همچنین، افراد سالمند از انتقال دو جانبه می‌توانند برای حفظ قدرت و جلوگیری از تحلیل رفتن عضلات در اندام بی حرکت با آموزش یک طرفه اندام مقابل، استفاده کنند (فرتینگ، کرتز و مگنوس، ۲۰۰۹؛ پیرس، هندی، باون و کیجل، ۲۰۱۳). بنابراین، انتقال دوسویه برای افراد سالمند یک کمک اساسی محسوب می‌شود. همچنین افراد سالمند از انتقال دو جانبه در فعالیت‌های روزمره خود بهره زیادی می‌برند. در تکالیف ساده اثر انتقال دوسویه ثابت شده است اما تکالیف پیچیده کمتر در تحقیقات مورد استفاده قرار گرفته 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 مطالعه اثر پیچیدگی تکلیف بر انتقال دوسویه در سالمندان بپردازند تا تمهید پذیری نتایج در افراد مسن نیز مشخص شود. با گسترش این مطالعه به یک گروه سنی گسترده‌تر، یافته‌ها می‌توانند در زمینه توانبخشی بکار گرفته شوند، به‌ویژه زمانی که اختلال در کنترل حرکتی پس از آسیب یک‌جانبه رخ داده است. همچنین، بر اساس جستجوهای محقق تحقیقی که اثر پیچیدگی تکلیف بر انتقال دوسویه در سالمندان را مطالعه کرده باشد، انجام نشده است. بر همین اساس در این تحقیق ما به این سوال می‌پردازیم که آیا پیچیدگی تکلیف بر انتقال دو سویه در افراد سالمند تأثیر دارد؟

روش‌شناسی پژوهش

شرکت‌کنندگان

در پژوهش حاضر ۳۰ نفر سالمند سالم (مرد و زن) با میانگین سنی ($68/5 \pm 7/40$ سال) به شکل در دسترس، از شهرستان فرابند در استان فارس انتخاب شدند. همه افراد انتخاب شده از لحاظ جسمی سالم بودند و سابقه هیچ گونه 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

1. Older adults

2. Parikh & Cole

نمرات آنها بیشتر از ۲۶ بدست آمد که نشان دهنده طبیعی بودن وضعیت شناختی آنها بود. شرکت کنندگان به شکل 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 تمرین و یا عدم حضور در یک جلسه تمرینی مشخص بود. در ضمن از شرکت کنندگان رضایت نامه کتبی اخذ گردید (کد اخلاق IR.UI.REC.1400.031).

ابزار

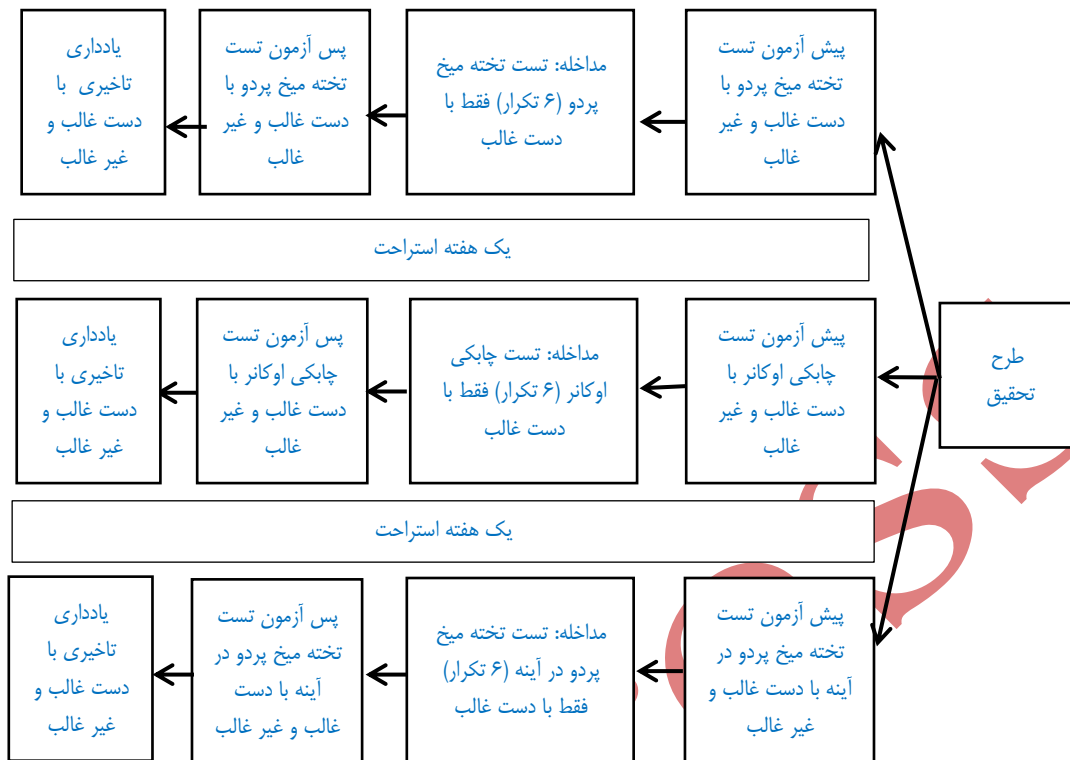
در این پژوهش سه نوع تکلیف مهارت انگشتی شامل تست تخته میخ پر دو، تست چابکی اوکانر و تست تخته میخ پر دو در آینه به کار گرفته شد (شکل ۱)، که این ابزارها در پژوهش برگر، کرول و دانن (۲۰۰۹)، کیجل و همکاران (۲۰۱۷) استفاده شده است. تست تخته میخ پر دو، صفحه تخته میخ شامل دو ردیف ۲۵ تایی با ستون های موازی که به صورت 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 توسط کرنومتر ثبت می شود. ابزار مورد استفاده در تست چابکی اوکانر شامل یک تخته است که از ۱۰ ردیف سوراخ تشکیل شده که آزمودنی ها 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 و زمان انجام این تست نیز توسط کرنومتر ثبت می گردد. در تست تخته میخ پر دو در آینه، ابزار مورد استفاده یک صفحه تخته میخ شامل دو ردیف ۲۵ تایی با ستون های موازی است (مشابه با تست تخته میخ پر دو) که به صورت عمودی قرار گرفته اند. و یک مانع که به منظور جلوگیری از دید مستقیم روی تخته قرار گرفته و همچنین آینه که مقابل مانع و تخته قرار گرفته است. آزمودنی ها پشت میز قرار گرفته و با نگاه کردن در آینه ۵۰ میخ را در دو ردیف جایگذاری و زمان انجام آن هم توسط کرنومتر ثبت می شود.



شکل ۱: تست های تخته میخ پر دو، چابکی اوکانر و تخته میخ پر دو در آینه

روند اجرای پژوهش

این تحقیق از نوع آزمایشی با طرح درون آزمودنی یا با اندازه گیری مکرر بود که در آن گروه واحدی از مشارکت کنندگان استفاده شد و هر یک از افراد در همه مداخلات مختلف شرکت کردند. طرح تحقیق در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۲: طرح تحقیق

پس از کسب رضایت نامه کتبی مبنی بر شرکت در تحقیق، افراد سالمند در مرحله پیش آزمون در یکی از تکالیف سه گانه مهارت انگشتی تست تخته میخ پردو، تست چابکی اوکانر و تست تخته میخ پردو در آینه شرکت کردند. به منظور حذف اثر توالی و یادگیری شرکت در تست‌ها به شکل تصادفی انجام می‌گرفت که شامل انجام تکلیف با دست برتر و غیر برتر می‌شد. قبل از اجرای تست به آنها توضیح دادیم که چگونه باید هر تست را اجرا کنند. در تست تخته میخ پردو، آزمودنی‌ها تعداد ۵۰ عدد میخ را با سرعت در سوراخ‌هایی که در دو ردیف ۲۵ تایی روی صفحه تخته میخ وجود داشت جایگذاری می‌کردند و زمان اجرای آن ثبت‌شد. در مرحله اکتساب، آزمودنی‌ها تکلیف حرکتی را ۶ 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 سی دقیقه دوباره از آزمودنی‌ها پس آزمون گرفته‌شد و زمان مورد نیاز جهت کامل کردن تست با دست برتر و غیر برتر ثبت و سپس تست یادداری تاخیری با فاصله یک روز انجام شد. بین شرکت در پیش آزمون، مداخلات تمرینی و انجام آزمون یادداری هر کدام از تست‌ها تا شروع پیش آزمون تست بعدی یک هفته فاصله بود. پس از یک هفته شرکت‌کنندگان به طور تصادفی مراحل مربوط به تست بعدی را اجرا می‌کردند. در تست چابکی اوکانر، تعداد ۹۰ عدد میخ را در سوراخ‌هایی که در سه ردیف ۱۰ تایی بر روی تخته میخ قرار داشت جایگذاری و مدت زمان انجام این تست توسط کرنومتر در پیش آزمون برای دست برتر و غیر برتر ثبت و مراحل تمرین شامل شش تکرار تمرینی همراه با ثبت زمان، پس آزمون و آزمون یادداری تاخیری نیز به ترتیب اجرا شد. برای انجام دادن تست تخته میخ پردو در آینه، تعداد ۵۰ عدد میخ را با کمک آینه در سوراخ‌هایی که بر روی تخته میخ وجود داشت جایگذاری و زمان انجام آن در پیش آزمون برای هر دو دست ثبت‌گردید. مراحل مربوط به دوره مداخله، پس آزمون و آزمون یادداری این تست نیز به روال تست‌های قبلی اجرا شد. در نهایت در هر سه تکلیف با فاصله یک هفته‌ای و توالی تصادفی در افراد مختلف مراحل پژوهش انجام گرفت. از آنجایی که به علت 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 باعث می‌شد که نتوان میزان پیشرفت را مقایسه کرد، زمان انجام هر تکلیف در مرحله مداخله، پس آزمون و یادداری نسبت به زمان انجام تکلیف در پیش

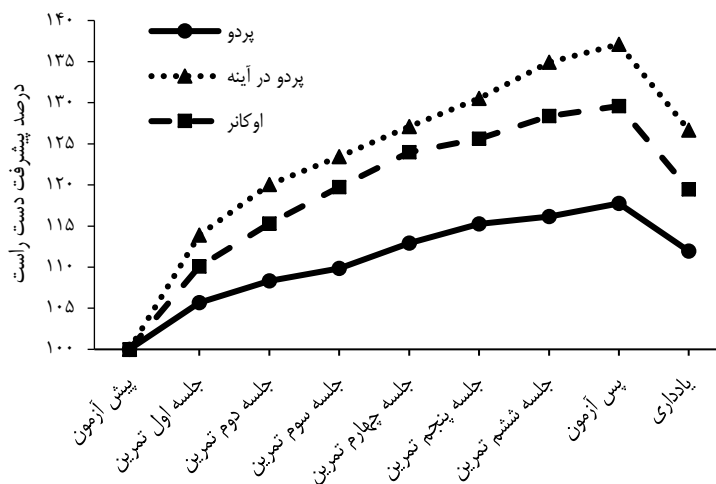
آزمون نرمالسازی و درصد پیشرفت نسبت به پیش‌آزمون در تکرارهای مختلف محاسبه شد. بین درصد پیشرفت در اجرای تست‌های با پیچیدگی مختلف با دست غیربرتر در پس‌آزمون مقایسه انجام گرفت تا میزان انتقال با توجه به پیچیدگی تکلیف مقایسه شود. همچنین، در هر دو مرحله پس‌آزمون و یادداری تاخیری همبستگی بین مدت زمان تمرین تکلیف با دست برتر و میزان پیشرفت در دست غیربرتر و میزان همبستگی بین پیشرفت دست برتر و غیربرتر محاسبه شد (کیچل و همکاران، ۲۰۱۷).

روش آماری

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های آماری توصیفی و استنباطی استفاده شد. آزمون شاپیرو وایک برای تعیین طبیعی بودن توزیع داده‌ها و آزمون لون برای تعیین تجانس واریانس مورد استفاده قرار گرفت. همچنین، جهت تحلیل داده‌ها در مقایسه پس‌آزمون‌ها و آزمون یادداری از تحلیل واریانس یک راهه ANOVA و برای تعیین میزان همبستگی بین متغیرها از ضریب همبستگی پیرسون با سطح آلفا ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌های پژوهش

در پژوهش حاضر ۳۰ نفر سالمند سالم شامل ۱۵ مرد و ۱۵ زن با میانگین سنی ($68/5 \pm 7/40$ سال) شرکت کردند که تکالیف مختلف را تمرین کردند. برای مشخص کردن اینکه تمرین اجرا شده با دست برتر منجر به پیشرفت اجرا شده درصد پیشرفت طی جلسات تمرین و آزمون محاسبه و در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳: نمودار پیشرفت گروه‌های تمرینی طی جلسات مختلف تمرینی

همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود میزان پیشرفت دست برتر در بین گروه‌های تمرینی متفاوت بود، آزمودنی‌ها در تکلیف پردو در آینه میزان پیشرفت بالاتری در عملکرد دست برتر نشان دادند و سپس در تکلیف اوکانر میزان پیشرفت به نسبت تکلیف پردو در آینه کمتر و در نهایت در تکلیف پردو که میزان بهبودی در 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 مرحله پس‌آزمون و یادداری را نشان

می‌دهد.

جدول ۱: درصد پیشرفت در مرحله پس آزمون و یادداری دست غیربرتر در آزمون‌های مختلف

آزمون	میانگین و انحراف استاندارد طی پس آزمون	میانگین و انحراف استاندارد طی یادداری
تخته میخ پردو	9±7	7/5±6
تخته میخ پردو در آینه	20/5 ± 9	21/5±12
چابکی اکاثر	15/5±10	15/5±12

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود بیشترین درصد پیشرفت در آزمون تخته‌میخ پردو در آینه و کمترین پیشرفت مربوط به تخته‌میخ پردو است.

به منظور تعیین وجود یا عدم وجود تفاوت بین میزان پیشرفت دست غیر برتر در اجرای مهارت انگشتی با پیچیدگی مختلف در مرحله پس‌آزمون و یادداری از تحلیل واریانس یک راهه استفاده شد (جدول ۲). طبیعی بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیروویلیک مورد تایید قرار گرفت و آزمون لون نیز نشان داد که تجانس واریانس بین متغیرهای مختلف وجود دارد.

جدول ۲: نتایج تحلیل واریانس یک راهه برای مقایسه پس‌آزمون و یادداری در گروه‌های مختلف

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

نتایج تحلیل واریانس نشان داد بین سه تست در مراحل پس‌آزمون و یادداری تفاوت معنادار وجود دارد. به منظور مشخص کردن محل دقیق تفاوت‌ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. نتایج آن نشان داد که در پس‌آزمون بین آزمون پردو و پردو در آینه ($P = 0/001$) و بین آزمون پردو و اکاثر تفاوت معناداری ($P = 0/02$) وجود دارد. همچنین، در مرحله یادداری بین آزمون پردو و پردو در آینه ($P = 0/001$) و بین آزمون پردو و اکاثر ($P = 0/01$) تفاوت معناداری مشاهده شد.

نتایج ضریب همبستگی پیرسون نشان داد که در مرحله یادداری در تست تخته میخ پردو بین کل زمان تمرین و میزان پیشرفت دست غیربرتر همبستگی معنادار ($r = 0.48, P = 0/009$) وجود دارد. همچنین، بین میزان پیشرفت دست برتر و غیربرتر در اجرای مهارت‌های

انگشتی با پیچیدگی مختلف در مرحله یادداری در تست تخته میخ پر دو ($r = 0.46, P = 0.009$) و تست پر دو در آینه ($r = 0.44, P = 0.01$) همبستگی معنادار دیده شد.

بحث و نتیجه گیری

هدف اول پژوهش، مقایسه میزان پیشرفت دست غیربرتر در اجرای مهارت های انگشتی با پیچیدگی مختلف در مرحله پس آزمون و یادداری بود. تحلیل یافته های به دست آمده از پژوهش حاضر نشان داد، این تفاوت در مرحله پس آزمون و یادداری بین آزمون پر دو و پر دو در آینه معنادار است. همچنین بین آزمون پر دو و اکاثر نیز تفاوت معناداری وجود دارد. دیکینز و همکاران (۲۰۱۵) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند و بیان کردند که انتقال دو جانبه پس از تمرین مهارت حرکتی با استفاده از تکایف ساده و پیچیده وجود دارد اما این انتقال بین دو تکلیف متفاوت است. افراد سالمند هنگام انجام تکالیف مشابه فعالیت بیشتری را در سرتاسر نیمکره مغزی نشان می دهند. زیرا به علت تغییراتی که در سیستم عصبی و سیستم حرکتی افراد سالمند ایجاد می شود، افزایش بیشتری در عضو آموزش نیافته بعد از تمرین تکالیف پیچیده نشان می دهند. بر اساس مدل فعالسازی متقابل، وقتی یک تکلیف پیچیده انجام می شود افزایش دو طرفه در تحریک پذیری قشر مغز اتفاق می افتد. این تسهیل عملکرد بین دو تکلیف مربوط به این است که چنین فعالیت توزیعی، هنگامی که در طی تمرین یک طرفه وجود داشته باشد، منجر به سازگاری همزمان در مدارهای عصبی شده که به عضلات اندام آموزش نیافته منتقل می شود. بنابراین، انجام تکلیف بعدی را تسهیل می کند (هولپر و همکاران، ۲۰۰۹). بر طبق مدل دسترسی دو جانبه، می توان به این نتیجه دست یافت که از یادگیری حرکتی ایجاد شده طی تمرین یک طرفه، بعداً به صورت دو طرفه می توان استفاده کرد. یعنی تکالیف یاد گرفته شده فقط برای اندام آموزش یافته نیست، در صورتی که بین دو تکلیف انتقال قابل توجهی وجود دارد و به سمت عضو غیربرتر اتفاق می افتد (ایمامیزو و شیموج، ۱۹۹۵). نتایج تحقیق دیکینز و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که انتقال دوسویه تکلیف دشوار در افراد سالمند حفظ می شود. همچنین، گزارش شده است که افراد مسن با جبران کمبودهای مربوط به سن انتقال دوسویه شان را حفظ می کنند (نوزوم و همکاران، ۲۰۲۱). یک مکانیسم محتمل فرضیه افت نامتقارن نیمکره ای در بزرگسالان مسن^۱ (کابزا، ۲۰۰۱) است. با این استدلال جبرانی که ادعا می کند افراد مسن نواحی مغزی پراکنده تری را برای اجرای تکالیف فرامی خوانند که این فراخوانی نواحی مغزی اضافی به حفظ اجرا (سیدلر و همکاران، ۲۰۱۰) بویژه برای تکالیف پیچیده (مکپرسون، پیبینگاز و سیلبرستین، ۲۰۰۹) کمک می کنند. علاوه بر اینکه، افراد مسن تر نواحی مغزی را فرا می خوانند که بوسیله افراد جوان فعال نشده است. گزارش شده که افراد مسن دارای فعالیت قشری بیشتری در نواحی مغزی هستند که بوسیله افراد جوان در هنگام یادگیری یک تکلیف حرکتی فراخوانده می شوند (وو و هالت، ۲۰۰۵). بنابراین، فراخوانی نواحی اضافی و فعالیت بیشتر در نواحی مغزی فراخوانده شده به طور مثبت اجرا و یادگیری تکالیف پیچیده را در افراد مسن تحت تأثیر قرار می دهد.

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 نمی افتد که نشان دهنده 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). پژوهش هایی که محفوظ ماندن انتقال دوسویه را در افراد مسن نشان می دهند از تکالیف پیچیده تر استفاده کرده اند. بنابراین، به نظر می رسد این امکان وجود دارد که انتقال دوسویه مشاهده شده در تکالیف پیچیده بازتابی از انتقال اجزاء شناختی باشد (گرازیادیو، نازارپور، گرتنکورد، جکسون و آیری، ۲۰۱۵).

هدف دوم پژوهش، تعیین همبستگی بین کل زمان تمرین و میزان پیشرفت در دست غیربرتر در اجرای مهارت های انگشتی با پیچیدگی مختلف در مرحله پس آزمون و یادداری بود. تحلیل یافته های پژوهش نشان داد که در طی یادداری در آزمون تخته میخ پر دو این همبستگی معنادار است. ویکس والاس و اندرسون، (۲۰۰۳) در تحقیقی نشان دادند که، وقتی که افراد زمانی را برای تمرین با یک شبیه ساز اختصاص داده بودند، از آنجایی که تمرین با شبیه ساز یک تکلیف پیچیده و جدید بود، نسبت به گروه کنترل، افراد تمرین کرده انتقال قابل توجهی از عضو تمرین کرده به عضو تمرین نکرده نشان دادند. همچنین نشان دادند که، انتقال به عضو غیربرتر بیشتر اتفاق افتاده بود. همچنین وقتی که افراد زمانی را به یک تکلیف اختصاص می دهند مثل یک تکلیف ردیابی، اثرات قابل توجهی از زمان و پیچیدگی مهارت بر انتقال

دوسویه نشان داده شده بود. علاوه بر این، بر اثر تمرین و زمان سپری شده برای انجام تکلیف با دست راست، انتقال قابل توجهی به دست چپ اتفاق افتاده بود. که این می‌تواند به علت انتقال بالای اطلاعات از نیمکره چپ به نیمکره راست باشد (ذوالفقاری، زارعیان و سلمان، ۲۰۱۴). اوسندا و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش کردند که افراد سالمند دچار سکنه وقتی یک تکلیف مثل تمرین جاگذاری میخ در سوراخ نه گانه را طی مدت زمانی (۱۰ بار در روز طی ۳ روز متوالی) با دست راست خود انجام دادند، انتقال قابل توجهی به دست غیربرتر در اثر تمرین با دست برتر اتفاق افتاده بود که این انتقال در گروه کنترل وجود نداشت.

هدف سوم پژوهش، تعیین همبستگی بین میزان پیشرفت دست برتر و غیربرتر در اجرای مهارت های انگشتی با پیچیدگی مختلف در مرحله پس از یادگیری بود. تحلیل یافته های پژوهش نشان داد که، همبستگی میزان پیشرفت دست برتر و غیربرتر طی یادگیری در تکلیف پردو و پردو در آینه معنادار است. این یافته با تحقیقات هیندر و همکاران (۲۰۱۱)، وانگ و همکاران (۲۰۱۱)، و دیکینز و همکاران (۲۰۱۵) همسو است. و بیان می‌کنند که وقتی افراد سالمند یک تکلیف حرکتی را با دست راست و سپس دست چپ انجام می‌دهند به علت جانبی‌سازی نیمکره‌های مغزی و انعطاف‌پذیری قشر مغز بعد 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 با این یافته ها، افراد سالمند طی تمرین تکالیف بصری حرکتی با دست راست و چپ انتقال قابل توجهی به عضو مقابل نشان می‌دهند. این انتقال از دست برتر به غیربرتر می‌تواند به علت فرضیه دسترسی دو جانبه باشد که هر دست به اطلاعات آموخته شده در طول آموزش با دست مقابل خود دسترسی پیدا می‌کند (سینبورگ و وانگ، ۲۰۰۲). نتایج نشان داد که پیچیدگی تکلیف منجر به اثرات معنی‌دار در انتقال دوسویه شد، همچنین آزمودنی‌ها در طی مراحل تمرینی پیشرفت قابل توجهی در عملکرد دست راست نشان دادند که این میزان پیشرفت در طی مرحله پس از یادگیری از دست برتر به دست غیربرتر آن‌ها منتقل شد. بنابراین توصیه می‌شود توجه ویژه‌ای به انتقال دوسویه در عملکرد های حرکتی سالمندان شود. دوران سالمندی زمانی است که احتمال بروز مشکلات برای یک سمت از بدن در اثر حادثه یا سکنه افزایش می‌یابد و استفاده از انتقال دوسویه می‌تواند در بهبود وضعیت حرکتی این افراد اثرگذار باشد. پیشنهاد می‌شود از انتقال دو جانبه برای مراکز توانبخشی و افرادی که مبتلا به سکنه مغزی هستند استفاده شود. از آنجایی که آزمودنی‌های این تحقیق صرفاً راست دست بوده و این احتمال وجود دارد که برتری اندام شرکت کننده در آزمون منجر به نتایج دیگر شود، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده از آزمودنی‌های چپ دست نیز استفاده شود.

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://doi.org/10.4172/2329-9096.S3-008>](https://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>](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>](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>](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 \(Portugal\)\).](https://doi.org/10.1196/annals.1440.009)
- [Cabeza, R. \(2001\). Cognitive neuroscience of aging. *Contributions of Functional Neuroimaging*, 42\(3\), 277-286. <https://doi.org/10.1196/annals.1440.009>](https://doi.org/10.1196/annals.1440.009)

- 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., Verneti, 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/jappphysiol.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/jappphysiol.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. <https://digitalcommons.wku.edu/ijes/vol10/iss8/8>
- 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](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 righthanders. *Cortex*, 16(4), 587-603. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(80\)80006-2](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>](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>](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>](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>](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>](http://dx.doi.org/10.18869/acadpub.aassjournal.2.1.21)

IB Press