

Effects of implicit and explicit practice schedule on performance and learning of bimanual coordination task of elder

Nazari Kakvandi S¹, Saberi Kakhki AR², Rohbanfard H³, *Javadian K⁴,
Moradi NoorAbadi M⁵



<https://doi.org/10.29252/joge.2.4.71>

1- PhD Candidate of Motor Learning, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2- Associate Professor of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

3- Assistant Professor of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, University of Bu-Ali Sina Hamedan, Hamedan, Iran.

4- M.Sc. Student at, Department of Motor Behavior Shahid Chamran University Ahvaz. Iran, Ahvaz, Iran
(Corresponding Author)

E-mail: k.javadian16@gmail.com

5- PhD Candidate of Motor Learning, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Abstract

Introduction: Elderly is a period of alterations in human life that is accompanied by impairments in sensorimotor and cognitive functioning, including working memory especially in the bimanual coordination task. Therefore, the purpose of the current study was to investigate the effect of the errorless, errorful, and random practice schedules on performance and learning of dual task the bimanual coordination task in the elderly.

Method: In the current Quasi-experimental study which was conducted in Tehran, 36 elderly were selected by convenience sampling from city parks. They were randomly selected and assigned into three equal groups (errorless group, errorful group and random group). Participants practiced for one day in ten different conditions based on their practice groups. The retention and transfer tests performed 15 trials of 15°-35° and 15°-45° movement conditions, respectively, and then a dual task test was performed with 15 trials. To analysis the data, SPSS /19 software and also excel software were used to measure absolute error, repeated measure analysis ANOVA and one-way analysis of variance ($\alpha = 0.05$)

Results: The results showed that in the acquisition phase, the mean of absolute error in the errorless, errorful and random groups was significant and in fact, the participants of the errorless group with a mean (6.91) showed a lower absolute error. The results also showed that the mean absolute error of the errorless group in the phases of retention (5.58), transfer (9.08), and dual task (9.25) was less than that of the two groups. In fact, the errorless practice protocol has led to a better understanding of dignitaries in the elderly. All groups progressed from pre-test to transfer phase, but the errorless training group had an optimal learning experience than other groups ($P < 0.05$).

Conclusion: Considering the deterioration of information processing and the weakness in working memory, elderly get maximum benefit from tasks, which have less cognitive need for working memory. The errorless practice protocol encourages them to learn implicit. The results of this study support the theory of implicit learning and the theory of reinvestment.

Keywords: Implicit and explicit practice, Errorless and errorful practices, Bimanual coordination task, Elderly.

Received: 3 April 2018

Accepted: 23 June 2018

Access this article online



Website:
www.joge.ir

DOI:
[10.29252/joge.2.4.71](https://doi.org/10.29252/joge.2.4.71)

تأثیر آرایش تمرین پنهان و آشکار بر عملکرد و یادگیری تکلیف هماهنگی دودستی سالمندان

سعید نظری کاکوندی^۱، علیرضا صابری کاخکی^۲، حسن رهبان فرد^۳، *کبری جوادیان^۴، محمد مرادی نورآبادی^۵

- ۱- دانشجوی دکتری یادگیری حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
- ۲- دانشیار گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
- ۳- استادیار گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه همدان، همدان، ایران.
- ۴- کارشناس ارشد رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران (نویسنده مسئول)
پست الکترونیکی: k.javadian16@gmail.com
- ۵- دانشجوی دکتری یادگیری حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

نشریه سالمندشناسی دوره ۲ شماره ۴ بهار ۱۳۹۷، ۸۶-۷۱

چکیده

مقدمه: سالمندی دوره ای از تحول و دگرگونی در زندگی بشر است که با اختلالات در عملکردهای حسی- حرکتی و شناختی، از جمله حافظه کاری بویژه در حرکات هماهنگی دو دستی همراه می باشد. بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر آرایش تمرین کم خطا، پرخطا و تصادفی بر عملکرد و یادگیری تکلیف هماهنگی حرکتی دودستی در سالمندان بود.

روش: در پژوهش نیمه تجربی حاضر که در سال ۹۶ در شهر تهران انجام گرفت ۳۶ سالمند به روش در دسترس از پارک های سطح شهر انتخاب و به صورت تصادفی در سه گروه تمرین کم خطا، پرخطا و تصادفی قرار گرفتند. شرکت کنندگان به مدت یک روز در ده وضعیت متفاوت براساس گروه های تمرینی خود به تمرین پرداختند. آزمون های یادداری و انتقال با انجام ۱۵ کوشش به ترتیب از وضعیت ۳۵-۱۵ و ۴۵-۱۵ سپس آزمون تکلیف ثانویه با انجام ۱۵ کوشش اجرا شد. برای تحلیل داده ها از SPSS ۱۹ و همچنین از نرم افزار Excel برای سنجش خطای ثابت مطلق و آزمون های آنالیز واریانس مکرر و آزمون آنالیز واریانس یک راهه استفاده شد ($\alpha = 0/05$).

یافته ها: نتایج در مرحله اکتساب نشان داد که میانگین خطای مطلق در گروه های کم خطا، پرخطا و تصادفی تفاوت معناداری دارد و در واقع شرکت کنندگان گروه کم خطا با میانگین ($6/91$)، خطای مطلق کمتری را از خود نشان دادند. همچنین نتایج نشان داد که میانگین خطای مطلق گروه کم خطا در مرحله یادداری ($5/58$)، انتقال ($9/08$) و تکلیف ثانویه ($9/25$) از دو گروه تصادفی و انتقال کمتر بود. همه گروه ها از پیش آزمون تا مرحله انتقال پیشرفت داشتند اما تمرین کم خطا دارای میزان یادگیری بهینه تری نسبت به روش های دیگر بوده است ($p < 0/05$).

نتیجه گیری: با توجه به کندی فرایندهای پردازش اطلاعات و ضعف در حافظه کاری در سالمندان، آنان از تمرینی حداکثر استفاده را می برند که نیازهای شناختی کمتری بر حافظه کاری اعمال کند. پروتکل تمرین کم خطا این افراد را تشویق به یادگیری ضمنی می کند. نتایج این تحقیق از نظریه یادگیری ضمنی و بازپردازش آگاهانه حمایت می کند.

کلیدواژه ها: تمرین آشکار و پنهان، تمرین کم خطا و پرخطا، تکلیف دو دستی، سالمندان.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۱۳

مقدمه

حرکات دو دستی در فعالیت‌های روزمره بسیار متداول هستند، مثل لباس پوشیدن، بستن بند کفش، بلند کردن و حمل اشیاء، خوردن، تایپ کردن، رانندگی کردن و غیره. حرکات دو دستی در دامنه‌ای از مشارکت متقارن (Symmetry) و نامتقارن (Asymmetry) انجام می‌شوند. هماهنگی متقارن توسط کینماتیک برابر دو اندام به صورت همزمان تعریف می‌شود که یک عضو آینه حرکت عضو دیگر است، مثل شنای قورباغه. هماهنگی نامتقارن، عملکرد مشابه دو عضو با تأخیری زمانی نسبت به یکدیگر است، مثل شنای کرال سینه. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که اصول کنترلی تکالیف دو دستی منحصر به فرد است که ضرورتاً از حرکات یک‌دستی قابل استنباط نمی‌باشند (۱). الگوهای هماهنگی بخش ذاتی مخزن سیستم حرکتی انسان هستند. الگوهای هماهنگی درون و برون مرحله مکرر در تکالیف روزانه دیده می‌شوند و می‌توانند به عنوان پایه سینرژی‌ها یا حرکات ابتدایی مورد ملاحظه قرار بگیرند (۲). بر اساس نظریه سیستم‌های پویا، خودسازمانی ویژگی مرکزی سیستم حرکتی را تشکیل می‌دهد که در اثر تعامل سیستم‌های مختلف ارگانیسم به وجود می‌آید و جاذب‌ها در رسیدن به این عامل بسیار حائز اهمیت هستند. طبق این دیدگاه، هماهنگی‌های درون و برون مرحله، جاذب‌های کارکردی عمیقی در حرکات هماهنگی دودستی محسوب می‌شوند. از مولفه‌های تاثیرگذار بر هماهنگی دودستی که در سالهای اخیر مورد توجه قرار گرفته است، تاثیر افزایش سن بر هماهنگی دودستی است.

سالمندی از نظر فرایندهای رشدی و کارکردی به افراد بالای ۶۰ سال اطلاق می‌شود. روند سالمندی باعث ایجاد تغییرات اساسی در سیستم‌های مختلف بدن و انحطاط (Degenerative) آن‌ها می‌گردد. تغییرات ریخت‌شناسی و بیوشیمیایی در قسمت‌های مختلف مغز از جمله قشرهای آهیانه‌ای و پیشانی، باعث کاهش عملکرد شناختی (۳،۴) و تغییرات در سیستم اسکلتی-عضلانی (۵)، افزایش نوسانات خوبخودی بدن (۶)، و شیوع بالای زمین خوردن در سالمندان (۷)، سبب کاهش عملکرد حرکتی در سالمندان می‌شود. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که با افزایش سن عملکرد شناختی و حرکتی به ویژه در حرکات هماهنگ کاهش می‌یابد. سالمندان به دلیل تغییرات فیزیولوژی و عملکردی، قادر به تولید پاسخ‌های مناسب برای راهبردهای اجرای حرکات یا دستکاری شی درگیر در کنترل هماهنگی میان اندام‌ها نیستند و اغلب توانایی انجام فعالیت‌های روزمره را که شامل گرفتن و هماهنگی پیچیده با دو دست می‌شود را ندارند. بنابراین ظرفیت کنترل هماهنگی دودستی

برای افراد مسن جهت شرکت در فعالیت‌های روزمره بسیار مهم است و به توانایی زندگی مستقل آن‌ها مربوط می‌شود. افزایش سن و سالمندی باعث تخریب تدریجی سیستم عصبی-عضلانی شده و این تغییرات فیزیولوژیک بر عملکرد دست، شامل افزایش ناگهانی در زمان صرف شده برای اجرای تکلیف و کاهش در تنظیم و کنترل حرکتی ظریف، در افراد مسن تأثیر می‌گذارد (۸). مجموع این تغییرات می‌تواند باعث کاهش کارایی و دشواری حرکات هماهنگی و تکالیف دوگانه (شناختی و حرکتی) روزمره سالمندان در مقایسه با جوانان شود (۹،۱۰). در مجموع ضعف عملکردهای شناختی و حرکتی به خصوص حرکات هماهنگ، یکی از مشکلات شایع در این جمعیت است که این مسئله به نوبه خود زندگی آن‌ها را تحت شعاع قرار می‌دهد. در پژوهشی Ashley و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که بین سالمندان و جوانان، در اجرای تکلیف هماهنگی دو دستی، بسته به ویژگی و سرعت اجرای تکلیف تفاوت معناداری وجود دارد (۱۱). در پژوهشی دیگر Jeffree و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که با افزایش سن، در اجرای تکالیفی که نیاز به پردازش کنترل شده دارند، فرد دچار اختلال هماهنگی دودستی می‌شود (۱۲).

اکتساب و یادگیری مهارت‌های حرکتی نیاز به حرکت دقیق بدن برای رسیدن به اهداف دارد و تنها از طریق تمرین و تجربه به دست می‌آید و به تغییرات نسبتاً پایدار می‌انجامد. پرسشی که پیوسته اهمیت قابل ملاحظه‌ای برای متخصصان یادگیری حرکتی دارد این است که "بهترین شیوه آرایش تمرین برای یادگیری یک مهارت حرکتی جدید چیست؟" بنابراین اهمیت توسعه مؤثرترین روش تمرین برای بهینه‌سازی یادگیری حرکتی، بویژه یادگیری تکالیف دودستی مهم می‌باشد. از این‌رو استراتژی‌های متفاوتی برای سازماندهی تمرین وجود دارد. آرایش تمرین پنهان (ضمنی)، (Implicit) نوعی سازماندهی تمرینی است که در آن محیط میزان دانش آگاهانه و اطلاعاتی که براساس قواعد و قوانین توسط یادگیرنده پردازش می‌شود را به حداقل می‌رساند و از آزمون فرضیه (Hypothesis test) و درگیری شناختی (حافظه کاری) ممانعت به عمل می‌آورد. به عبارتی دیگر، در این روش توضیح مهارت توسط یادگیرنده قابل کلامی شدن نمی‌باشد. نمونه‌ای از این نوع تمرین می‌توان به تمرین کم‌خطا (Errorless) اشاره کرد. یادگیری کم-خطا اشاره به تمرین با حداقل خطا دارد که نیازهای شناختی را در طول تمرین کاهش می‌دهد و در نتیجه باعث به حداقل رساندن انباشت دانش آشکار (اخباری) می‌شود و در آن، آرایش تمرین از تکلیف یا پارامتر ساده‌تر به سمت پارامتر یا تکلیف دشوارتر پیش می‌رود که نظریه سرمایه‌گذاری مجدد (Reinvestment theory) نیز به این مورد اشاره دارد

یکسان بود. به طور کلی، این پژوهش نشان داد که تغییرات ارزش پارامتری و سازماندهی تمرین منابع اصلی از عدم دقت فضایی در توالی حرکات هدفمند هستند (۱۷). با این حال، پژوهش‌ها نتیجه ضد و نقیضی گزارش کرده‌اند. برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهند که اکتساب ضمنی مهارت‌ها برای سالمندان از اکتساب مهارت به صورت آشکار بسیار مؤثرتر است (۱۸). بعضی آرایش تمرین کم خطا (۱۹،۲۰) و در مقابل، برخی آرایش تمرین پرخطا (۲۱،۲۲) و برخی تمرین تصادفی (۲۳،۱۸) را برای یادگیری هماهنگی دودستی در سالمندان بهتر می‌دانند. با این حال هنوز تعدادی از مطالعات بدون نتیجه باقی مانده است (۲۴-۲۹). در نهایت این که کارایی تمرین به ویژه‌های اکتساب، یادداری و انتقال وابسته است و بهترین آرایش تمرین که منجر به یادگیری بهتر خواهد شد از طریق روش‌های غیرمستقیم آزمون یادداری و انتقال اندازه‌گیری می‌شود.

سوالی که به خوبی مطالعه نشده است این است که آیا آرایش تمرین بصورت ضمنی و آشکار برای یادگیری بهتر این تکالیف مؤثرتر است؟ "براساس نتایج بدست آمده از مطالعات اخیر، پاسخی به اینکه کدام آرایش تمرین برای یادگیری بهتر است، داده نشده است و شواهد و مدارک متضادی در این زمینه وجود دارد. ویژگی منحصر به فرد از مطالعه حاضر پیشرفت واضح تکلیف از طریق روش‌های کم خطا و پرخطا است که با استفاده از یک تکلیف هماهنگی دودستی ارائه شده است. برای تأیید آزمایشات، تاکنون پروتکل‌های تمرینی خطا و بدون خطا تنها برای تکالیف حرکتی درشت از قبیل ضربه گلف یا پرتاب‌های راگی مقایسه شده اند (۳۰). کمبود ادبیات نسبی یادگیری ضمنی در مورد تکالیف ظریف به طور مثال هماهنگی دودستی ضرورت انجام این تحقیق را قوت می‌بخشد. ضمناً علیرغم فراوانی مهارت‌های هماهنگی دودستی در امور روزمره، مطالعات کمتری نسبت به مهارت‌های یک‌دستی انجام شده است. به موازات در زمینه یادگیری حرکتی نیز بیشترین پژوهش‌ها بر تکالیف سازگاری و متوالی با اجرای یک عضو بوده است (۳۱). بیشتر مطالعات به بررسی اثر افزایش سن بر هماهنگی دو دستی با تمرکز بر دقت زمانبندی بوسیله الگوهای هماهنگی درون مرحله، بین مرحله و چند مرحله ایی پرداخته‌اند. مطالعات کمی به بررسی افزایش سن بر تغییرات دقت فضایی در تکالیف دو دستی زمانی که دامنه و جهت حرکت مشخص شده است پرداخته‌اند. در واقع سوال برخاسته از پژوهش حاضر این است که روش‌های مختلف آرایش تمرین پنهان و آشکار چگونه مراحل مختلف اکتساب، یادداری و انتقال را در تکالیف هماهنگی دو دستی در سالمندان تحت تاثیر قرار می‌دهد؟

(۱۳). کلید بهره‌مندی از این نوع تمرین این است که در شرایط اضطراب‌آور و پرفشار، احتمال تمرکز آگاهانه اجراکننده بر روی قواعد مکانیکی را به حداقل می‌رساند و به عنوان روشی برای به حداقل رساندن وقوع مشکلی که از آن به عنوان "فلج ناشی از تحلیل" نام می‌برند، به کار می‌رود. پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهند که افزایش نیازهای تکلیف و استرس اجراکنندگان می‌تواند آن‌ها را تحت فشار قرار داده و درجات آزادی مکانیکی اضافی را ایجاد کنند و در نتیجه محدودیت حرکات بیشتر و تغییرپذیری کینماتیکی حرکت کمتر شود (۱۴،۱۵) طبق فرضیه پیشرفت-پسرفت (Progression-regression hypothesis) نیز در صورتی که مهارت به صورت آشکار و آگاهانه یادگرفته شده باشد، در شرایط پرفشار (مثل حساسیت بازی، حضور تماشاگران، خستگی و غیره) حرکات خوب یادگرفته شده به علت پسرفت سطوح سلسله مراتبی از فرایندهای کنترلی تخصصی اندام مجری به فرایندهای شناختی دچار اختلال می‌شوند. بنابراین، پیش‌بینی می‌شود که افراد مبتدی کاهشی را در تغییرپذیری حرکت تحت افزایش بار نیازهای مرتبط با اجرای تکلیف ثانویه نشان دهند. نمونه دیگر آرایش تمرین پرخطا (Errorful) است. تمرین پرخطا تمرینی که جهت آرایش تمرین برعکس روش کم خطا، از مسافت یا پارامتر یا زاویه دشوارتر به سمت ساده‌تر پیش می‌رود. از طرف دیگر، آرایش تمرین آشکار (Explicit) به افزایش بار شناختی و آزمون فرضیه در یادگیری مهارت اشاره دارد به طوری که تداخل زمینه‌ای بالا (تمرین تصادفی) بر عکس تداخل پایین (تمرین مسدود)، علیرغم ضعف عملکرد در مرحله اکتساب، در آزمون یادداری و انتقال باعث ارتقاء عملکرد می‌شود. دو فرضیه بسط (Elaboration)، و بازسازی مجدد عمل (Reconstruction action)، حاکی از افزایش بار حافظه کاری در تمرین تصادفی و شکل‌گیری پردازش‌های عمیق‌تر و وسیع‌تر برنامه حرکتی است. در پژوهشی Pauwels و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که اثر تداخل زمینه‌ای، قابل‌تعمیم به یادگیری مهارت حرکتی دودستی (مهارت پیچیده) با تمرکز بر ارزیابی موقتی از فرایندهای حافظه می‌باشد. این مطالعه نشان داد که در طول مرحله اکتساب گروه تمرین مسدود اجرای بهتری را نشان داد، اما این اختلاف با پیشرفت تمرین در آزمون‌های یادداری فوری و تاخیری به سود گروه تمرین تصادفی معکوس شد (۱۶). Sherwood (۲۰۰۸) در پژوهشی به بررسی آرایش تمرین تصادفی و مسدود بر میزان اثر جذب (Assimilation) و تشابه بین تکالیف هماهنگی دودستی از هر دو توالی مسافت یکسان (۲۰-۲۰) درجه و (۶۰-۶۰) و متفاوت (۲۰-۶۰ و ۶۰-۲۰) پرداخت. خطای فضایی در شرایط با فاصله متفاوت بیشتر از شرایط با فاصله

روش مطالعه

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی است. جامعه آماری را تمامی سالمندان شهر تهران تشکیل دادند. نمونه آماری براساس داده های تحقیقات مشابه با قرار دادن اندازه اثر، سطح اطمینان و مقدرا آلفا در فرمول مربوطه به تعیین حجم نمونه در نرم افزار جی پاور برابر ۱۱ برآورد شد که با در نظر گرفتن احتمال ریزش شرکت کننده ها حجم نمونه با احتیاط لازم ۱۲ نفر در نظر گرفته شد. بنابراین سه گروه ۱۲ نفری با توجه به معیارهای ورودی از قبیل دید نرمال، فاقد مشکل جسمانی، توانایی انجام کارهای روزمره به طور مستقل و همچنین با مهارت به کار رفته در این پژوهش آشنایی نداشتند در این مطالعه شرکت کردند، همچنین معلولیت جسمی - حرکتی و استفاده از داروهای محرک عصبی به عنوان معیارهای خروج در نظر گرفته شدند. ۳۶ سالمند به صورت نمونه در دسترس و سپس به صورت تصادفی (روش نمونه گیری دسترس - تصادفی) و به تعداد مساوی در سه گروه تمرین کم خطا، پرخطا و تصادفی اختصاص یافتند. این پژوهش از دو فرایند مرحله اکتساب (یک جلسه) و مرحله آزمون یادداری، انتقال و تکلیف ثانویه (جلسه دوم) تشکیل شده بود. دست برتر افراد با استفاده از پرسشنامه ادینبورگ مشخص گردید (۳۲) و برای همگن سازی گروه های تمرینی، تمام شرکت کنندگان راست دست بودند.

از پرسشنامه اطلاعات شخصی که جزئیاتی در مورد سن، سلامت بدن و سلامت چشم، تجربیات قبلی در مورد تکلیف هماهنگی مصدومیتی که ممکن است عملکرد فرد را در تکلیف هماهنگی دو دستی تحت تاثیر قرار دهد استفاده شد.

برای اندازه گیری خطای حس حرکت از دستگاه هماهنگی دودستی تنظیم زاویه آرنج و مچ، استفاده شد (شکل ۱). این دستگاه مشابه با دستگاه به کار رفته در مطالعه شرود (Sherwood) و همکاران (۱۹۹۴، ۲۰۰۸) بود (۳۳، ۱۷). در پژوهش حاضر، از مولفه حس جهت یابی و درک وضعیت اندام برای سنجش میزان هماهنگی دودستی در مراحل مختلف استفاده شد. روایی این آزمون در کشور ایران توسط مرادی و همکاران (۱۳۹۴) ۰/۷۵ در سطح معنی داری ۰/۱ و پایایی آن نیز ۰/۸۶ گزارش شده است. این ابزار از یک نمونه برای اجراء این آزمون، ابتدا در این پژوهش نیز روایی و پایایی در نمونه ۳۰ نفری ۰/۷۸ و پایایی با استفاده آلفای کرونباخ ۰/۸۰ بدست آمد. دست برتر آزمونیه مشخص شد (دست برتر تمام آزمونیهها، دست راست بود) و سپس آرنج هر دو دست شرکت کنندگان در رأس دستگاه که حداکثر زاویه آن ۱۸۰ درجه بود، قرار گرفت. ابتدا تمام آزمونیهها جهت آشنایی با نحوه اجرا آزمون، سه مرتبه آزمون

تنظیم زاویه دست برتر را توسط آزمونگر، با استفاده از بازخورد بینایی انجام دادند. سپس هر آزمودنی بدون استفاده از بازخورد بینایی، آزمون هماهنگی دودستی در آرایش متفاوت تمرینی (کم خطا، پرخطا و تصادفی) تنظیم زاویه آرنج را ۱۵ کوشش انجام می داد و میانگین نمره به دست آمد از ۱۵ کوشش، میزان خطای قدر مطلق آزمونیهها را به دست می داد. زاویه شروع حرکت در هر مرتبه، توسط آزمونگر براساس پروتکل تمرینی انتخاب می شد. آزمون به گونه ای به عمل آمد که درجات آزادی برای همه آنها کامل و از هیچ محدودیت حرکتی برخوردار نبودند.

در شرایط شروع شرکت کنندگان در جلوی دستگاه بر روی صندلی با ارتفاع مناسب قرار می گرفتند و قسمت بالایی اهرم طوری که بازو عمود و مفصل آرنج ۹۰ درجه باشد، می گرفتند. به شرکت کنندگان آموزش داده شد دو اهرم به طور همزمان از موقعیت پروگزیمال به موقعیت هدف حرکت دهند و بازگشت بدون تنش و آرام به موقعیت نقطه اولیه پروگزیمال انجام دهند. بنابراین، برای خطای حس حرکت، کوشش ها در نقطه معکوس انجام شد که همچنین نقطه اوج دامنه بود. حرکت از موقعیت شروع به اهداف مستلزم فلکشن آرنج و سپس با اکستنشن آرنج برای برگشت اهرم به موقعیت شروع بود برای دستیابی به حرکات همزمان، به آزمونیهها دستورالعمل داده شده که هر دودست (هم برتر و هم غیربرتر) زمان شروع یکسانی داشته باشند. آزمودنی ها یک زمان حرکت هدف ۰/۷ ثانیه داشته باشند، اگر آنها بالاتر یا پایین تر از ده درصد این زمان حرکت را طی می کردند، به آنها دستورالعمل داده می شد که حرکت را یکنواخت در نقطه برگشت و بازگشت به موقعیت شروع بدون هیچ توقفی در موقعیت هدف انجام دهند. گروه یادگیری کم خطا در شرایط برون مرحله از فاز نسبی هماهنگی در شرایط ۱۵-۱۵، ۲۵-۱۵، ۳۵-۱۵، ۵۵-۱۵ و ۶۵-۱۵ درجه سانتیمتر تمرین کردند، براساس شاخص دشواری (ساده به دشوار) و گروه های تمرینی خود به تمرین پرداختند. هر کدام از این پنج شرایط در دو آزمایش به صورت زیر کدگذاری شده است: عدد اول نشان دهنده فاصله هدف برای دست غیر برتر است و عدد دوم نمایش دهنده فاصله هدف برای دست برتر است. برای مثال، در شرایط ۱۵-۳۵ درجه، ۱۵ درجه حرکت برای دست غیر برتر و ۳۵ درجه حرکت برای دست برتر که به طور همزمان انجام می شود.

تمرین بلوکها در ۵ شرایط آزمایش برون مرحله از دشواری با بیست کوشش (در مجموع ۱۰۰ کوشش) برای هر شرایط انجام می دادند. مرحله اکتساب براساس شاخص دشواری از ساده به مشکل (کم خطا) یا از دشوار به ساده (پرخطا) و یا متغیر (تصادفی) براساس

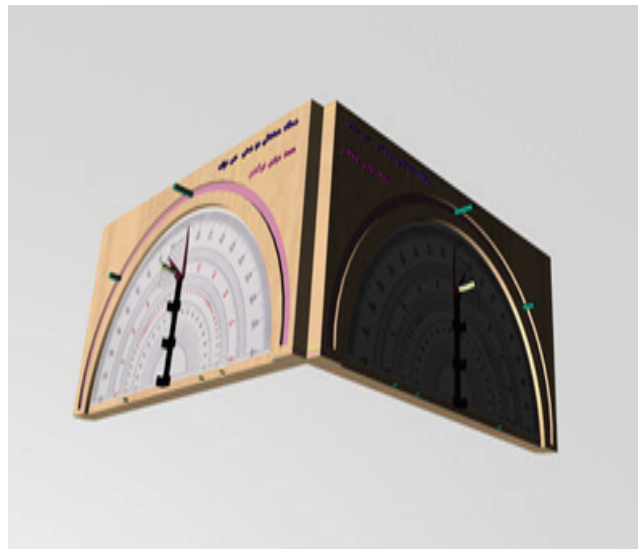
گروه های تمرینی خود انجام شد. پس از انتخاب و تقسیم افراد به طور تصادفی در سه گروه فیلم کوتاهی برای آشنایی با تکلیف دستگاه هماهنگی دوستی تهیه شد که در اولین جلسه قبل از آغاز کوشش آشنایی برای هر فرد نمایش داده می شد. پس از تماشای فیلم، هر فرد یک کوشش به صورت تمرینی و آزمایشی از تکلیف هماهنگی دو دستی انجام می داد و در صورت نیاز آزمونگر توضیحاتی مختصر درباره نحوه اجرای آزمون به شرکت کنندگان ارائه می داد. بعد از آشنا شدن افراد با ابزار، شرکت کنندگان در هر گروه تکالیف مورد نظر را انجام دادند، گروه کم خطا، گروه پرخطا و گروه تصادفی.

در آزمون اکتساب فرد پس از نشستن روی صندلی مقابل دستگاه به مطالبی که توسط آزمونگر ارائه می شود گوش فرا می دهد. سپس از آزمودنی خواسته شد که با گرفتن اهرمهای دستگاه و تنظیم انفرادی آن (تنظیم درجه آزادی) متناسب با طول دستهای خود سعی کند مرحله تعریف شده در شروع حرکت را همراه با افزایش تدریجی سرعت به مدت (S ۱۵ ثانیه) حفظ کند. به عبارتی دیگر آزمودنی حرکت میچ و آرنج راست و چپ خود را با یک سرعت معین و به طوری که در یک مرحله نباشند، آغاز می کند حرکت صحیح مستلزم حرکت هماهنگ دو اهرم با حفظ مرحله نسبی زمانبندی بود، لذا باید اهرم به صورت همزمان و حفظ اختلاف درجه به طور مورب از بالا به پایین با مرحله مشخص شده حرکت می کرد. پس از هر کوشش، آگاهی از نتیجه مربوط به هماهنگی دو دستی و هدف گیری به دامنه مشخص به صورت کمی (اختلاف فاز دو دست در رسیدن به هدف) برای شرکت کننده ها نمایش داده می شد.

مرحله اکتساب در روز اول و آزمون یادداری و انتقال و تکلیف ثانویه در روز دوم انجام شد. در روز اول، آزمودنی ها به تعریفی از مهارت حرکتی و توضیح مختصری در مورد نحوه انجام تکلیف داده شد. سپس یک دقیقه زمان جهت آشنایی اولیه با تکلیف اهرم دستگاه هماهنگی دودستی داده شد و بازخورد حرکتشان را از طریق فیلم در درجه همان زوایه مشاهده کردند. بعد از یک دقیقه از زمان تمرین، آن ها مرحله اکتساب براساس گروه های تمرینی خود (کم خطا، پرخطا و تصادفی) آغاز کردند. تعداد کوشش های اکتساب برای شرایط تمرینی براساس تحقیقات مشابه Sherwood و همکاران (۲۰۰۸) ۷۵ کوشش در هر شرایط ۱۵ کوشش بود (۱۷). بعد از هر کوشش، به شرکت کنندگان بازخورد بینایی توسط نگاه کردن به فیلم حرکتشان داده شد جای که آن ها به سادگی دامنه حرکتشان در هر دو دست را ببینند. پس از اتمام همه موقعیت های تمرینی از افراد

خواسته شد، که آزمون یادداری و انتقال تکلیف ثانویه در روز دوم با تعریف مختصری از نوع آزمون انجام دهند. آزمون یادداری شامل ۱۵ کوشش از حرکات موقعیت برون مرحله ۳۵-۱۵ درجه بود. آزمودنی ها بازخورد اجرای فوری را دریافت نمی کردند. پس از آزمون یادداری به آنها اجازه داده شد عملکردشان را در پنج کوشش پایانی مشاهده کنند. پس از آن آزمون انتقال انجام شد که شامل ۱۵ کوشش که حرکاتشان را در فاز نسبی برون مرحله از ۴۵-۱۵ انجام دهند. در این آزمون نیز بازخورد فوری تا زمانی که شرکت کنندگان کوشش های تمرینی را به اتمام نمی رسانند، ارائه نمی شد. در آزمون تکلیف ثانویه از شرکت کنندگان خواسته شد همزمان با انجام تکلیف اولیه با اضافه شدن شمارش تن صدای بالا و پایین از یک برنامه نرم افزاری که به دو اسپیکر وصل شده و در فاصله ۶۰ سانتیمتری از شرکت کننده ها قرار دارد به انجام تکلیف بپردازند. فاصله ارائه تن صدا ۱۵۰۰ هزارم ثانیه است در این آزمون بوق های با تن صدای ۱۰۰۰ هرتزی و ۵۰۰ هرتزی به ترتیب تصادفی در سرتاسر کوشش های بلوک آزمون ارائه می شود. از شرکت کنندگان خواسته می شود که تعداد کل بوق های با تن صدای بالا را در پایان آزمون گزارش دهند (۳۵-۳۴). پروتکل کلامی: پس از دوره اکتساب مهارت، از تمام آزمودنی ها خواسته می شود تا هر گونه قانون، دانش، روش یا تکنیکی که برای انجام موفقیت آمیز تکلیف استفاده کرده اند و نسبت به آن آگاه هستند، گزارش کنند. پروتکل کلامی جهت بررسی یادگیری ضمنی و آشکار افراد در گروه ها می باشد.

دقت فضایی از برون داد حرکت توسط محاسبه خطای ثابت مطلق (absolute constant error) در نقطه بازگشت برای هر حرکت در هر بلوک ۱۵ کوششی تعیین شد. شاخص خطای ثابت میانگین مقدار نرسیدن و رد شدن از فاصله هدف بود. برای مثال اگر شرکت کننده میانگین ۲۰ در بلوکی از کوشش ها با هدف ۲۰ ثبت کند، خطای ثابت ۲- خواهد بود. رد شدن از هدف با خطای ثابت اعداد مثبت گزارش شد. به علاوه، شاخص جذب کلی توسط مجموع مقدار رد شدن از هدف در فاصله کوتاه تر در شرایط فاصله متفاوت نسبت به شرایط فاصله یکسان با مقدار نرسیدن به هدف فاصله طولانی تر در شرایط فاصله متفاوت نسبت به شرایط فاصله یکسان محاسبه شد. برای مثال، اگر شرکت کننده از هدف ۲۰ در شرایط ۶۰-۲۰، ۴ درجه بیشتر از شرایط ۲۰-۲۰ رد شود و در هدف ۶۰-۳ بیشتر از شرایط ۶۰-۶۰ به هدف نرسد، شاخص جذب کلی مجموع اختلاف مطلق یعنی ۷ خواهد بود.



شکل ۱: دستگاه هماهنگی دودستی

معادله ۱:

$$\text{Constant error} = \text{CE} = \sum (x_i - T) / n$$

$$\text{Absolute constant error} = |\text{CE}|$$

شرکت کنندگان این مطالعه از طریق مراجعه پژوهشگران به پارک های سطح شهر، و در چارچوب ملاکهای ورود و خروج انتخاب و شناسایی شدند. پیشنهاد برای اجرای پژوهش در کمیته علمی دانشگاه فردوسی بررسی و تایید شد. به منظور رعایت اخلاق پژوهش، پیش از شروع تحقیق شرکت کنندگان از موضوع و روش اجرا مطالعه مطلع شدند و تمامی آنها با آگاهی از اهداف طرح و رضایت کامل در این پژوهش شرکت کردند. ملاحظات اخلاقی این مطالعه عبارت بود از: محرمانه بودن اطلاعات شرکت کنندگان و داوطلبانه بودن شرکت در مطالعه در تمام مراحل اجرای تحقیق. نتایج در صورت تمایل برای آنها تفسیر شد.

یافته ها

میانگین سن شرکت کنندگان ۶۶/۱۳ سال (انحراف معیار = ۳/۹۱) بود (دامنه سن: ۶۰-۷۰). در (جدول ۱) میانگین و انحراف معیار اجرای هر یک از گروه های آزمایشی در پیش آزمون، اکتساب، یادداری، انتقال و تکلیف ثانویه آورده شده است.

پس از کدگذاری داده ها و اطلاعات مربوط به آزمودنیها با کمک نرم افزار آماری SPSS/۱۹ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و از نرم افزار Excel برای رسم نمودارها استفاده شد، با توجه به نرمال بودن توزیع دادهها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک از آزمون آماری پارامتریک، آنالیز واریانس مرکب (ANOVA) در یک طرح عاملی ۳ (گروه) × ۵ (شرایط) با اندازه گیری مکرر بر روی شرایط برای بررسی تغییرات روند عملکرد گروهها در مراحل مختلف آزمون یادگیری استفاده گردید، از خطای ثابت برای محاسبه هر شرایط و آزمون استفاده شد. خطای ثابت میانگین نرسیدن و رد شدن از هدف حرکت بود. همچنین از خطای ثابت مطلق بدون در نظر گرفتن سوگیری مثبت و منفی برای تجزیه و تحلیل داده های مرحله یادداری و انتقال و انتقال تحت فشار استفاده شد. از آزمون کرویت موخلی جهت بررسی پیش فرض برابری ماتریس واریانس-کواریانس استفاده شد از آزمون تعقیب توکی برای شناسایی و تعیین محل اختلاف های بدست آمده بین گروهها در مراحل مختلف آزمون انجام استفاده شد. سطح معناداری برای همه متغیرها $P < 0/05$ در نظر گرفته شد.

خطای ثابت مطلق شکل تغییر یافته ای از خطای ثابت یا میانگین خطا در پاسخ ها است و فقط به صورت قدر مطلق گزارش می شود و برای محاسبه باید مجموع اختلاف نمره های هر شرکت کننده از نمره های هدف بر تعداد کل کوشش های انجام شده تقسیم شود. به طوری که در این فرمول، x_i نمره فرد در کوشش i ام، T هدف و n تعداد کوشش های انجام گرفته است. خطای زمانبندی مطلق ($|\text{CE}|$) به عنوان شاخص دقت استفاده می شود.

جدول ۱: آمار توصیفی گروه‌های تمرینی در پیش‌آزمون، اکتساب، یادداری، انتقال و تکلیف ثانویه

آزمون	گروه	تعداد	میانگین	انحراف معیار	خطای انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر
پیش‌آزمون	کم خطا	۱۲	۱۱/۵۰	۱/۹۷	۰/۵۷	۷/۰۰	۱۵/۰۰
	پر خطا	۱۲	۱۲/۲۵	۱/۷۶	۰/۵۰	۱۰/۰۰	۱۶/۰۰
	نصادفی	۱۲	۱۲/۸۳	۱/۸۰	۰/۵۱	۱۰/۰۰	۱۶/۰۰
	مجموع	۳۶	۱۲/۱۹	۱/۸۷	۰/۳۱	۷/۰۰	۱۶/۰۰
اکتساب	کم خطا	۱۲	۹/۵۸	۱/۲۴	۰/۳۵	۸/۰۰	۱۲/۰۰
	پر خطا	۱۲	۸/۳۳	۲/۱۴	۰/۶۱	۶/۰۰	۱۲/۰۰
	نصادفی	۱۲	۸/۲۷	۱/۸۹	۰/۳۱	۵/۰۰	۱۲/۰۰
	مجموع	۳۶	۵/۵۸	۱/۱۶	۰/۳۳	۴/۰۰	۸/۰۰
یادداری	کم خطا	۱۲	۸/۲۵	۲/۰۰	۰/۵۷	۵/۰۰	۱۲/۰۰
	پر خطا	۱۲	۷/۷۵	۱/۶۰	۰/۴۶	۶/۰۰	۱۱/۰۰
	نصادفی	۱۲	۷/۱۹	۱/۹۶	۰/۳۲	۴/۰۰	۱۲/۰۰
	مجموع	۳۶	۹/۰۸	۱/۲۴	۰/۳۵	۷/۰۰	۱۱/۰۰
انتقال	کم خطا	۱۲	۱۱/۴۱	۱/۷۸	۰/۵۱	۶/۰۰	۱۴/۰۰
	پر خطا	۱۲	۱۱/۷۵	۲/۵۰	۰/۵۹	۹/۰۰	۱۵/۰۰
	نصادفی	۱۲	۱۰/۷۵	۲/۰۶	۰/۳۴	۷/۰۰	۱۵/۰۰
	مجموع	۳۶	۹/۲۵	۱/۷۱	۰/۴۹	۶/۰۰	۱۲/۰۰
تکلیف ثانویه	کم خطا	۱۲	۱۱/۹۱	۲/۵۳	۰/۷۳	۶/۰۰	۱۵/۰۰
	پر خطا	۱۲	۱۲/۲۵	۱/۹۵	۰/۵۶	۹/۰۰	۱۵/۰۰
	نصادفی	۱۲	۱۱/۱۳	۲/۴۵	۰/۴۰	۶/۰۰	۱۵/۰۰
	مجموع	۳۶					

پیشرفت داشته اند، ولی با توجه به میانگین نمره های آزمون اکتساب گروه کم خطا (۶/۹۱)، آزمون یادداری (۵/۵۸)، آزمون انتقال (۹/۰۸) و در مرحله تکلیف ثانویه (۹/۲۵) عملکرد بهتری داشتند.

همانطور که در (جدول ۱) مشاهده می کنید میانگین گروه های آزمایشی در مرحله اکتساب، یادداری، انتقال و تکلیف ثانویه نسبت به پیش آزمون روند کاهشی داشته است همه گروه های آزمایشی

جدول ۲: نتایج تحلیل واریانس با اندازه گیری های مکرر برای بررسی تغییرات درون گروهی در وضعیت های متفاوت و اثرات تعاملی

عامل	مجموع مجزورات	درجه آزادی	میانگین مجزورات	F	سطح معناداری
وضعیت متفاوت	۴/۶۳	۱/۱۵	۴	۱/۸۷۶	۰/۰۴
*تعامل وضعیت گروه	۱/۷۷۲	۰/۲۲۱	۸	۰/۴۵۶	۰/۸۸۵

پیشرفت معنی داری داشته اند ($P=0/04$).

همانطور که در (جدول ۲) مشاهده می کنید تحلیل واریانس با اندازه گیری های مکرر نشان داد که افراد در وضعیت های مختلف

جدول ۳: نتایج اثرات بین گروهی آزمون تحلیل واریانس عاملی با اندازه گیری های مکرر در مرحله اکتساب در وضعیت متفاوت

مدل	مجموع مجزورات	درجه آزادی	میانگین مجزورات	F	سطح معناداری
مدل	۴۹۱۵/۱۵۸	۱	۴۹۱۵/۱۵۸	۵۳۷۹/۹۶	۰/۰۰۱
گروه	۲۰/۹۱۱	۲	۱۰/۴۵۵	۱۱/۴۴	۰/۰۰۱
خطا	۳۰/۱۴۹	۳۳	۰/۹۱		

وضعیت های تمرین شده پیشرفت معناداری داشته باشند. به طوری که این پیشرفت در جلسات آخر معنادار شد؛ اما اثرات تعاملی وضعیت های تمرینی با گروه معنادار نیست ($P>0/05$)؛ بدین معنی که تغییرات (پیشرفت) صورت گرفته در وضعیت های متفاوت تمرین در درون گروه های پژوهش تقریباً یکسان بود ولی این تغییر در گروه کم خطا مشخص تر می باشد.

در مقایسه گروه ها در مراحل اکتساب، نتایج آزمون کرویت موخلی نشان داد که پیش فرض برابری ماتریس واریانس-کواریانس رعایت شده است ($P=0/07$). آزمون تحلیل واریانس مختلط (3×5) در مرحله اکتساب نشان داد که اثر گروه‌های تمرینی روند پیشرفت عملکرد گروه‌ها وجود دارد. نتایج اثرات درون گروهی در مرحله اکتساب در (جدول ۳) نشان می‌دهد اثر جلسات تمرین معنادار است، بدین معنی که تمرین، موجب شده که گروه های پژوهش در طی

جدول ۴: نتایج آزمون تحلیل واریانس یک راهه برای مقایسه میانگین خطای مطلق گروه‌ها در مراحل مختلف

سطح معنی داری	F	میانگین مجذورات	درجات آزادی	مجموع مجذورات	مراحل	
۰/۲۲۴	۱/۵۶	۵/۳۶	۲	۱۰/۷۲	بین گروهی	پیش آزمون
		۳/۴۲	۳۳	۱۱۲/۹۱	درون گروهی	
			۳۵	۱۲۳/۶۳	مجموع	
۰/۰۰۸	۷/۳۶	۳۲/۴۴	۲	۲۴/۷۲	بین گروهی	اکتساب
		۴/۴۰	۳۳	۷۲/۰۸	درون گروهی	
			۳۵	۹۶/۷۵	مجموع	
۰/۰۰۱	۹/۱۰	۲۴/۱۱	۲	۴۸/۲۲	بین گروهی	یادداری
		۲/۶۴	۳۳	۸۷/۴۱	درون گروهی	
			۳۵	۱۲۵/۶۳	مجموع	
۰/۰۰۱	۸/۵۲	۲۵/۳۳	۲	۵۰/۶۶	بین گروهی	انتقال
		۲/۹۷	۳۳	۹۸/۰۸	درون گروهی	
			۳۵	۱۴۸/۷۵	مجموع	
۰/۰۰۲	۷/۳۶	۳۲/۴۴	۲	۶۴/۸۸	بین گروهی	تکلیف ثانویه
		۴/۴۰	۳۳	۱۴۵/۴۱	درون گروهی	
			۳۵	۲۱۰/۳۰	مجموع	

نتایج تحلیل واریانس یک راهه در مرحله پیش آزمون نشان داد عملکرد گروه‌ها در این مرحله تفاوت معناداری با یکدیگر نداشتند. ($p > ۰/۰۵$). همچنین، آزمون تحلیل واریانس یکطرفه در (جدول ۴) نشان داد که بین گروه‌های مورد بررسی در آزمون‌های اکتساب، یادداری، تکلیف ثانویه و انتقال تفاوت معنی داری وجود دارد ($p < ۰/۰۵$).

نتایج تحلیل واریانس یک راهه در مرحله پیش آزمون نشان داد عملکرد گروه‌ها در این مرحله تفاوت معناداری با یکدیگر نداشتند. ($p > ۰/۰۵$). همچنین، آزمون تحلیل واریانس یکطرفه در

جدول ۵: نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه زوجی گروه‌ها در مراحل اکتساب، یادداری، انتقال، تکلیف ثانویه و گزارش کلامی

آزمون‌ها	گروه‌ها	کم خطا	پرخا	تصادفی
اکتساب	کم خطا			
	پرخا	۰/۰۱۳		۰/۹۵۹
	تصادفی	۰/۰۲۵		
یادداری	کم خطا			
	پرخا	*۰/۰۰۱		۰/۷۳۴
	تصادفی	۰/۰۰۷		
انتقال	کم خطا			
	پرخا	۰/۰۰۶		۰/۸۸۴
	تصادفی	۰/۰۰۲		
تکلیف ثانویه	کم خطا			
	پرخا	۰/۰۱۰		۰/۹۲۰
	تصادفی	۰/۰۰۴		
گزارش کلامی	کم خطا			
	پرخا	۰/۰۳		۰/۸۷۰
	تصادفی	۰/۰۲		

باتوجه به معنی‌داری گروه‌های آزمایشی در مراحل مختلف گروه‌های تمرینی کم خطا، پرخا و تصادفی، به منظور نشان دادن محل تفاوت‌های بین‌گروهی از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. همان‌طور که در (جدول ۵) ملاحظه می‌شود، در آزمون‌های اکتساب، یادداری، تکلیف ثانویه و انتقال بین گروه کم خطا و پرخا، کم

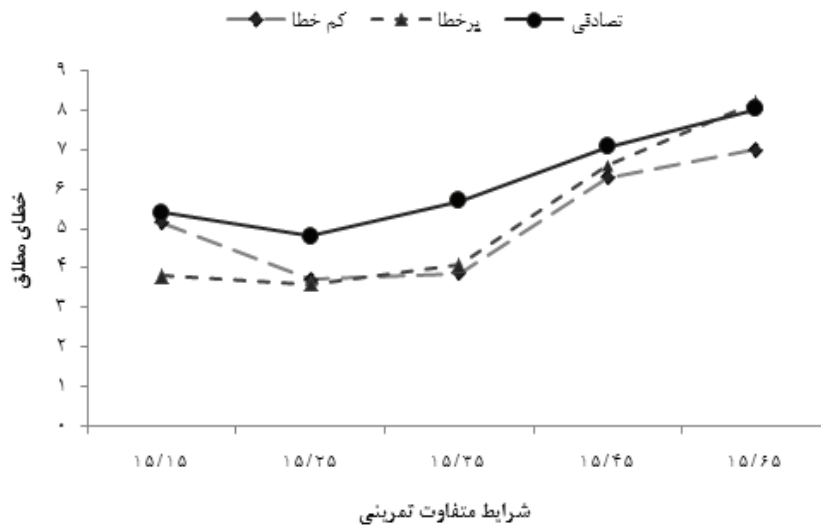
خطا و تصادفی، تفاوت معنی‌داری وجود دارد و آرایش‌های متفاوت تمرینی در میزان یادگیری تکلیف دو دستی سالمندان موثر بود و شیوه تمرینی کم خطا دارای میزان یادگیری بهینه‌تری نسبت به دو روش دیگر بوده است ($p < ۰/۰۵$)، اما بین گروه پرخا با تصادفی، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($p > ۰/۰۵$).

جدول ۶: نتایج تحلیل واریانس در گزارش کلامی از قواعد و قوانین در گروه‌های تمرینی

گروه	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معناداری
بین گروهی	۱۰/۱۷	۲	۵/۰۸	۳/۶۰	۰/۰۳۸
درون گروهی	۴۶/۵۸	۳۳	۱/۴۱		
مجموع	۵۶/۷۵	۳۵			

تعیینی توکی استفاده شد. نتایج آزمون تعقیبی توکی محل اختلاف بین گروه ها را مشخص کرده است. به طوری که گروه کم خطا با گروه پرخطا و تصادفی اختلاف معناداری داشت اما اختلاف در دو گروه کم خطا و تصادفی تفاوت معناداری را نشان نداد.

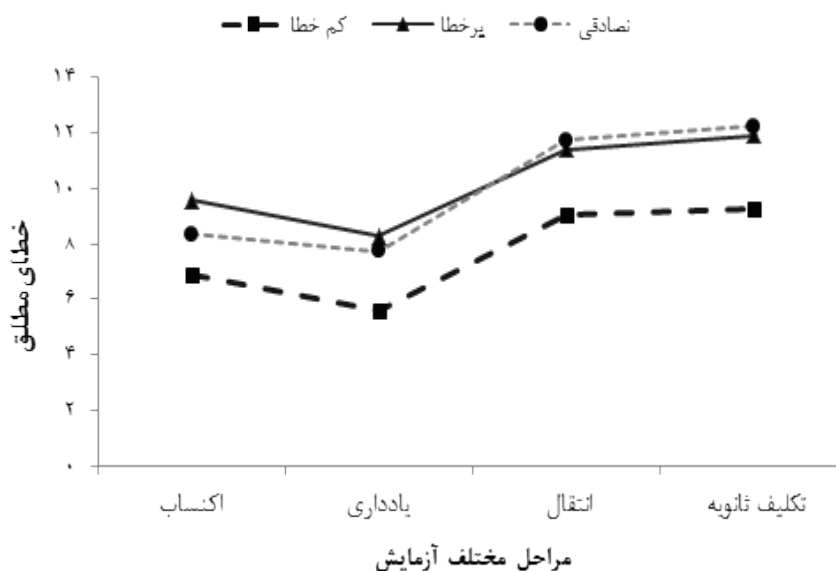
نتایج تحلیلی واریانس یک راهه نشان داد که بین گروه ها تفاوت معناداری در گزارش قواعد و قوانین کلامی وجود دارد ($p < 0.05$). شرکت کنندگان گروه کم خطا گزارش کلامی پایین تری از قواعد و قوانین استفاده شده در مراحل مختلف نسبت به دو گروه دیگر ارائه دادند. با توجه به تفاوت معنادار بین گروه ها از آزمون



نمودار ۱: میانگین خطای مطلق گروه‌ها در شرایط متفاوت تمرینی در جلسه اکتساب

شرکت کنندگان گروه کم خطا، خطای مطلق کمتری را از خود نشان دادند. نمودار ترتیب شرایط را برای هر گروه نشان می دهد.

همانطور که در (نمودار ۱) مشاهده می کنید، در مرحله اکتساب میانگین خطای مطلق در گروه های کم خطا، پرخطا و تصادفی متفاوت بود و در وضعیت ۱۵-۶۵ این تفاوت معنادار بود در واقع



نمودار ۲: میانگین خطای مطلق گروه ها در شرایط متفاوت تمرینی در مراحل مختلف

بین شرکت کنندگان در سه گروه در آزمون انتقال در فاصله جدید مشاهده نشد. آن‌ها فرض کردند، یادگیرندگانی که یک پروتکل کم خطا را دنبال می‌کنند به صورت قراردادی یک سبک یادگیری ضمنی را اتخاذ می‌کنند که این به نوبه خود باعث می‌شود که نیاز به یادگیری آشکار از طریق آزمون فرضیه، مرتفع شود (۱۳). Shea و همکاران (۱۹۷۹) و Pauwels و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعات خود دریافتند که کاهش عملکرد در آزمون‌های یادداری و انتقال معکوس شد، به این صورت که تمرین مسدود در مرحله اکتساب باعث عملکرد بهتر گردید و در یادگیری در مقایسه با تمرین تصادفی زیان‌آور بود (۳۹، ۴۰). براساس فرضیه بسط می‌توان اثرات جذب یا تشابه توضیح داده شود، براساس این فرضیه، تداخل بین پارامتر برنامه در حافظه کاری باعث تداخل در فرایند تولید پاسخ، که در نتیجه باعث افزایش خطای حس حرکت در هماهنگی دودستی می‌شود. تداخل در حافظه کاری در گروه‌های که به صورت آشکار تمرین کردند گروه تصادفی و پرخطا باعث تولید بیش از حد پارامتر پاسخ در دامنه حرکت می‌شود و افراد دچار افزایش خطا و پردازش بیش از حد در حافظه کاری در دامنه‌ها و درجه‌های بالا می‌شوند (۳۹). نتایج تحقیق حاضر در گروه تصادفی با یافته‌های مطالعات و Sherwood و همکاران (۲۰۱۳) همسو می‌باشد. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که تمرین به صورت متغیر تصادفی نسبت به تمرین به صورت ثابت خطای بیشتر در تکلیف هماهنگی دو دستی تولید می‌کند اما هنگامی که بازخورد همزمان اراده شود این خطا کاهش خواهد یافت. همچنین آن‌ها مشاهده کردند که در تمرین تصادفی وجود یک هدف با دامنه حرکت بزرگتر (۶۰ درجه) باعث سوگیری در انجام حرکت با دامنه حرکتی کوچکتر خواهد شد (۴۱). لذا آنها این گونه استدلال کردند که انتخاب یک پارامتر مناسب برای یک حرکت در یک توالی حرکتی توسط حرکت قبلی تحت تاثیر قرار می‌گیرد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که بازنمایی حافظه برای مقیاس بندی پارامتر در حرکات هماهنگی دودستی که با آرایش تمرینی تصادفی تمرین می‌شوند دستورات حرکتی متفاوتی را ایجاد می‌کند، این یافته‌ها از رویکرد ساختار داده در برنامه‌ریزی حرکتی حمایت می‌کند (۴۲).

Chauvel و همکاران (۲۰۱۲) دو گروه، تمرین با خطای کم و گروه تمرین با خطای زیاد را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که برای گروه تمرین با خطای کمتر، بزرگسالان و سالمندان در سراسر تمرین و همچنین در طول یک آزمون تکلیف دوگانه که متعاقباً پس از تمرین به عمل آمد، عملکرد مشابه داشتند. در گروه تمرین با خطای بیشتر، بزرگسالان عملکرد بهتری نسبت به

(نمودار ۲) میزان خطای مطلق آزمودنی‌ها در مراحل مختلف رانشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌کنید میانگین خطای مطلق گروه کم خطا در مراحل مختلف اکتساب، یادداری، انتقال، تکلیف ثانویه از دو گروه تصادفی و انتقال کمتر بود. در واقع روش تمرین کم خطا باعث یادگیری بهتر تکلیف دودستی در سالمندان شده است.

بحث

در این پژوهش تاثیر آرایش تمرین پنهان و آشکار بر اکتساب، یادداری، انتقال و تکلیف ثانویه هماهنگی حرکتی دودستی در سالمندان مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که حذف خطاها در طول تمرین در بهبود عملکرد و حافظه در یادگیری هماهنگی دودستی در سالمندان مؤثر است. حذف خطاها در طول اکتساب، راهبردی برای جبران کاهش حافظه مرتبط با سن می‌باشد. براساس یافته‌های قبلی در ادبیات، می‌توان فرض کرد که افراد سالمند سود بیشتری نسبت به گروه جوان از اصول یادگیری ضمنی بهره‌مند می‌شوند. شواهد فراوانی وجود دارد که سالمندی باعث کاهش انتخابی در حافظه آشکار می‌شود، این در حالی است که عملکرد حافظه ضمنی به مراتب با ثبات‌تر باقی می‌ماند. در بیماران مبتلا به فراموشی نشان داده شد که گروه پرخطا عملکرد بدتری در اجرا نسبت به گروه کم خطا دارند (۳۸-۳۶).

نتایج این پژوهش همسو با تحقیق Maxwell و همکاران (۲۰۰۱)، Masters و همکاران (۱۹۹۲) و Shea و همکاران (۱۹۷۹)، و Tse و همکاران (۲۰۱۷) است (۳۹-۳۸، ۱۳). در تحقیق Maxwell و همکاران (۲۰۰۱) شرکت کنندگان با استفاده از یک مهارت زدن به توپ گلف اجرا کردند. شرایط کم خطا در هر آزمایش شامل کوشش‌هایی بود که از فواصل نزدیک به چاله به سوی فواصل دورتر از چاله منتقل می‌شدند که فرض می‌شود خطاها را در اوایل تمرین به حداقل می‌رساند اما به سمت حرکت مشکل‌تر پیش می‌روند. یادگیرندگان در شرایط پرخطا پرتاب‌هایی را در ترتیب مخالف انجام دادند، که باعث خطاهای بیشتری در اوایل تمرین می‌شد اما هنگام تمرین بیشتر، دشواری کاهش پیدا می‌کرد. همانطور که توسط محققان پیش‌بینی شد، یادگیرندگان در شرایط بدون خطا تحت تاثیر تکلیف دوگانه در آزمون انتقال قرار نگرفتند در حالیکه گروه پرخطا و نیز گروه کنترل که به صورت تصادفی تمرین کرده بودند، اجرای شان در تکلیف دوگانه کاهش یافت. همچنین شرکت کنندگانی که برنامه کم خطا را دنبال کردند در آزمون یادداری در مقایسه با گروه پرخطا مرتکب خطای کمتری شدند. تفاوتی در اجرا

شد. با این وجود، از این نظر غیر قابل انکار است که تفاوت بزرگتر بین اهداف عضو، تداخل بیشتری ایجاد می کند. بنابراین، اثر تداخل برای وضعیت ۱۵-۲۵ و ۱۵-۳۵ خیلی کوچک تر از وضعیت ۱۵-۱۵ درجه بود (۳۳،۴۱). براساس نظریه حلقه بسته آدامز (۱۹۷۱) که در گروه کم خطا در طول تمرین اشتباه کمتری انجام می دهند و باعث تقویت رد ادراکی شده و از سودمندی بیشتری در مراحل مختلف آزمون بهره مند می شوند (۴۷). به طور مشابهی، نظریه سرمایه گذاری مجدد (Masters و همکاران، ۲۰۰۸) پیش بینی می کند یکی از دلایل افت عملکرد تحت فشار این است که دانش آشکار مرتبط با حرکت، در شرایط رقابتی و استرس محیطی به شکل بازپزدازش خودآگاه صورت می گیرد و این امر به اختلال در کنترل خودکار حرکت منجر می شود (۴۸).

در شرایط تکلیف ثانویه گروه کم خطا نسبت به دو گروه تصادفی و پرخطا عملکرد بهتری نشان داد. مطالعات قبلی مرتبط با یادگیری ضمنی و آشکار از دو راه برای سنجش میزان تکلیف ثانویه استفاده کردند. در این پژوهش، از پروتکل شمارش معکوس اعداد (Masters و همکاران، ۲۰۰۸؛ Poolton و همکاران، ۲۰۰۵؛ Capio و همکاران، ۲۰۱۲) استفاده شد نتایج این بخش از تحقیق با مطالعات پیشین در این زمینه همسو بود (۳۱،۴۹،۵۰). یافته‌ها نشان داد که گروه کم خطا عملکرد بهتری در تکلیف شمارش معکوس اعداد نشان دادند در حالیکه گروه تصادفی و پرخطا در فرایند یادگیری آشکار درگیر بودند و اضافه بار ناشی از تکلیف ثانویه باعث شد که توجهشان از تکلیف اول دور و به تکلیف ثانویه انتقال داده شود و خطای بیشتری در این آزمون مرتکب شدند. براساس نظریه بازپزدازش آگاهانه (Masters و همکاران، ۲۰۰۸) یکی از دلایل افت عملکرد تحت فشار روانشناختی این است که دانش آشکار مرتبط با حرکت، بازپزدازش خودآگاه می شود و این امر به اختلال در کنترل خودکار حرکت منجر می شود (۳۱).

همچنین یافته های این پژوهش در آزمون انتقال همسو با یافته‌های Maxwell و همکاران (۲۰۰۱)، Stevens (۲۰۱۲) بود (۱۳،۵۱). آنها یافتند که گروه آرایش تمرین ساده به مشکل (کم خطا) در آزمون یادداری و انتقال عملکرد بهتری به دلیل یادگیری ضمنی از تکلیف نسبت به گروه های دیگر از خود نشان دادند. همچنین Miller و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه ای به بررسی یادگیری حرکتی در سالمندان با استفاده از تکلیف هماهنگی دو دستی پرداخت، یافته‌های این تحقیق نشان داد گروهی که به صورت کم خطا تمرین می کردند عملکرد بهتری در آزمون‌های یادداری و انتقال و خودکارآمدی بالاتری از خود نشان دادند که می تواند توضیح

افراد مسن در طول تمرین و در طول آزمون تکلیف دوگانه داشتند. (۱۹). نتایج این پژوهش همسو با پژوهش Tse و همکاران (۲۰۱۷) می باشد، آنها به بررسی یادگیری حرکتی در سالمندان با استفاده از دستورالعمل قیاسی (نوعی یادگیری پنهان) پرداختند. نتایج نشان داد که دستورالعمل قیاسی به دلیل انعطاف و مداومت بر یادگیری از دستورالعمل‌های آشکار برای یادگیری حرکتی سالمندان مفیدتر است (۴۳). کاهش منابع شناختی در دسترس یادگیری پنهان مزیتی برای افراد سالمند محسوب می شود چرا که با افزایش سن ظرفیت حافظه کاری، سرعت پردازش اطلاعات و توانایی‌های هماهنگی مختل می گردد. براساس فرضیه حسی حرکتی (sensorimotor hypothesis) به نظر می رسد افراد با ظرفیت پایین حافظه کاری با تمرین کم خطا در یادگیری مهارت‌ها از مکانیسمی مشابه با کودکان، بر حافظه ضمنی (ناهویشیار) بیشتر تکیه می کنند (۴۴). هم راستا با یافته های تحقیق حاضر، Tse و همکاران (۲۰۱۷) و Buszard و همکاران (۲۰۱۴) دریافتند که سالمندان و کودکان با ظرفیت پایین حافظه کاری در گروه یادگیری ضمنی (تعدیل سازی تجهیزات) عملکرد بهتری نسبت به گروه‌های دیگر از خود نشان دادند، در دو گروه، زمانی که تمرین به منظور کاهش درگیری حافظه کاری از طریق کاهش خطاها در مراحل اولیه تمرین طراحی شده بود، عملکرد حرکتی به طور قابل توجهی بهبود پیدا کرد (۴۵،۴۳). از آنجا که یادگیری حرکتی ضمنی به حافظه کاری وابستگی کمتری دارد، برای افراد با عملکرد ضعیف حافظه کاری سودمند می باشد، که با یافته های تحقیق حاضر همخوانی دارد.

از نقطه نظر دیدگاه نقطه چالش (Guadagnoli و همکاران، ۲۰۰۴)، چالش ارائه شده به یادگیرنده بوسیله افزایش فرایند پردازش و تلاش شناختی فرصتی برای یادگیری مفید ایجاد می کند. در پژوهش حاضر چالش ایجاد شده بوسیله نوع تمرین تصادفی و پرخطا و متغیر سن یادگیرنده را دچار افزایش بار شناختی کرد که منجر به عملکرد ضعیف در تمام مراحل یادگیری در تکلیف هماهنگی حرکتی دودستی شد (۴۶). دستکاری دشواری تکلیف به صورت شیوه یادگیری کم خطا و پرخطا در یادگیری تکلیف هماهنگی دودستی بسیار موثر است و به صورت اندازه خطا در طول مرحله اکتساب نشان داده شد. تفاوت بین عضوی در مسافت هدف در تکلیف افزایش یافت، به طوریکه در خطای مطلق در کوشش های تمرینی نمود پیدا کرد. به طور استثناء، این روند تغییرات در خطاها در شرایط ۱۵-۱۵، ۱۵-۲۵ و ۱۵-۳۵ بسیار ناچیز بود. این مشاهدات انجام شده توسط Sherwood و همکاران (۲۰۱۳، ۱۹۹۴) اثرات جذب فضایی در تکالیفی که تفاوت بزرگتر از ۲۰ درجه در هدف تکلیف داشتند دیده

و همکاران (۲۰۰۸)، (۱۳،۴۸) گروه های کم خطا اجرای بهتری در آزمون یادداری و انتقال نمایش دادند که همسو با پارادایم یادگیری (فرضیه نقطه چالش، Guadagnoli و همکاران، ۲۰۰۴) است که تمرین به صورت افزایش تدریجی در دشواری باعث یادگیری بهینه‌ای می‌شود (۴۶).

نتیجه گیری نهایی

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از خطاهای کمتر در ابتدای تمرین باعث بهبود عملکرد در اکتساب، یادداری تاخیری، انتقال و شرایط تکلیف دوگانه در افراد سالمند می‌شود؛ لذا توصیه می‌شود در یادگیری مهارت های حرکتی بویژه هماهنگی دودستی در این جمعیت از تمرینات کم خطا استفاده شود. همچنین یافته های این پژوهش نیاز به تحقیقات بیشتری برای جمع آوری شواهد نظری و کاربردی دارد. برای نمونه، تحقیقات آینده نیاز دارند تا این مزیت ها در شرایط بد کارکردی های رشدی مختلف از قبیل فلج مغزی، سندروم داون یا اختلال هماهنگی رشدی مورد بررسی قرار دهند. به علاوه، تأثیر یک رویکرد یادگیری کم خطا در سازش پذیری حرکت (در مقابل استواری و ثبات) هنوز بررسی نشده است. نهایتاً، مکانیسم های زیربنایی اثرات یادگیری کم خطا در کسب مهارت های حرکتی در سالمندان در تکالیف متفاوت بخصوص تکالیف مربوط به فعالیت های امور روزمره (Activities Daily Living) در مراکز توانبخشی، به طور واضح نیاز به بررسی و فهم بیشتری دارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله مراتب سپاس و قدردانی خود را از تمامی سالمندان محترم شرکت کننده در پژوهش، جهت همکاری در اجرای این تحقیق ابراز می‌دارند.

جایگزینی برای نتایج و فواید یادگیری ضمنی باشد (۵۲). این فرضیه یکپارچگی فرایندهای ضمنی را در انتقال به شرایط جدید را مورد تأیید قرار داد. این فرضیه همچنین کاربرد تکنیک و روش های یادگیری ضمنی را در گروه ها با بد کارکردی در سیستم کارکردهای اجرایی (عقب مانده ذهنی) و اختلالات روانشناسی و همچنین با رشد ناکافی سیستم فیزیولوژیکی مختص به یادگیری صریح را مورد تأکید قرار می‌دهد. یک توضیح برای اجرای ضعیف گروه پرخطا این است که درگیری آگاهانه حافظه کاری و استفاده دانش اخباری مرتبط با تکلیف در طول مرحله تمرین باعث ایجاد آزمون فرضیه و خستگی می‌شود. در نتیجه خستگی باعث حواس پرتی حافظه کاری از تکلیف اولیه به سمت نشانه های غیرمرتبط می‌گردد. در حالیکه گروه کم خطا ابتداً در شروع تمرین بر فرایندهای دانش روبه ای و غیر اخباری تکیه می‌کنند و در شرایط استرس زا و تکلیف ثانویه دچار سرمایه گذاری مجدد شناختی (Masters و همکاران، ۲۰۰۸، Stevens، ۲۰۱۲) از قوانین بیومکانیکی خودکار شده نمی‌شوند (۵۱،۴۸). همسو با این یافته ها در آزمون گزارش کلامی، Poolton و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که یادگیرنده‌ایی که دانش اخباری بیشتر مرتبط با تکلیف بدست می‌آورد، باعث می‌شود تمایل بیشتری به سرمایه گذاری مجدد شناختی در شرایط فشار (احتمالاً در مواجهه با دیگر تحت بار شناختی) نشان دهد (۴۹). یادگیری ضمنی به نظر می‌رسد مصونیتی از سرمایه گذاری مجدد و احتمالاً انباشت دانش آگاهانه مرتبط با تکلیف را به حداقل می‌رساند (۴۸). این یافته ها نشان می‌دهد که در زمان یادگیری تکالیف حرکتی ظریف جدید، هماهنگی دودستی و تکلیف پیچیدگی، تمرین باید در یک آرایش تمرین ساده به مشکل برای بهینه سازی یادداری، انتقال و تحت شرایط استرس زا (تکلیف ثانویه) ارائه شود. مشابه با یافته های Maxwell و همکاران (۲۰۰۱) و

morphometric study to determine individual differences in gray matter density associated with age and cognitive change over time. *Cerebral cortex*. 2004; 14 (9): 966-973.

- Janssen I, Baumgartner R N, Ross R, Rosenberg I H, Roubenoff R. Skeletal muscle cutpoints associated with elevated physical disability risk in older men and women. *American journal of epidemiology*. 2004;159 (4): 413-421.
- Coppin AK, Shumway-Cook A, Saczynski

References

- Swinnen S P. Intermanual coordination: from behavioural principles to neural-network interactions. *Nature Reviews Neuroscience*. 2002; 5, 348.
- Maes C, Gooijers J, de Xivry J J O, Swinnen S P, Boisgontier M P. Two hands, one brain, and aging. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2017; 75: 234-256.
- Tisserand D J, Van Boxtel M P, Pruessner J C, Hofman, Evans A C, Jolles J. A voxel-based

- J S, Patel K V, Ble A, Ferrucci L, Guralnik J M. Association of executive function and performance of dual-task physical tests among older adults: analyses from the InChianti study. *Age and ageing*. 2006; 35 (6): 619-624.
6. Manckoundia P, Pfitzenmeyer P, d'Athis P, Dubost V, Mourey F. Impact of cognitive task on the posture of elderly subjects with Alzheimer's disease compared to healthy elderly subjects. *Mov Disord*. 2006; 21: 236-241. [PubMed: 16142775].
 7. Paterson J L, Reynolds A C, Dawson D. Sleep Schedule Regularity Is Associated with Sleep Duration in Older Australian Adults: Implications for Improving the Sleep Health and Wellbeing of Our Aging Population. *Clinical gerontologist*. 2018; 41(2): 113-122.
 8. Bodon G, Glasz T, Olerud C. Anatomical changes in occipitalization: is there an increased risk during the standard posterior approach?. *European spine journal*. 2013; 22 (3): 512-516.
 9. Dumas M, Rapp M A, Krampe R T. Working memory and postural control: adult age differences in potential for improvement, task priority, and dual tasking. *Journals of Gerontology: Series B*. 2009; 64 (2): 193-201.
 10. Faulkner KA, Cauley JA, Zmuda J M, Landsittel DP, Newman AB, Studenski SA, Nevitt M. C. Higher 1, 25-dihydroxyvitamin D3 concentrations associated with lower fall rates in older community-dwelling women. *Osteoporosis International*. 2006; 17(9): 1318-1328.
 11. Ashley EA, Butte AJ, Wheeler MT, Chen R, Klein T E, Dewey F E, Pushkarev D. Clinical assessment incorporating a personal genome. *The Lancet*. 2010; 375(9725): 1525-1535.
 12. Jeffree RA, Oberhansli F, Teysie J L. Phylogenetic consistencies among chondrichthyan and teleost fishes in their bioaccumulation of multiple trace elements from seawater. *Science of the total environment*. 2010; 408 (16): 3200-3210.
 13. Maxwell J P, Masters R S W, Kerr E, Weedon E. The implicit benefit of learning without errors. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*. 2001; 54 (4): 1049-1068.
 14. 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): 831-846.
 15. Mullen R, Hardy L, Oldham A. Implicit and explicit control of motor actions: revisiting some early evidence. *British Journal of Psychology*. 2007; 98 (1): 141-156.
 16. Pauwels L, Vancleef K, Swinnen S P, Beets I A. M. (2015). Challenge to promote change: both young and older adults benefit from contextual interference. *Frontiers in aging neuroscience*. 2015; 7:157.
 17. Sherwood D E. Spatial Assimilation Effects in Sequential Movements: Effects of Parameter Value Switching and Practice Organization. *Journal of Motor Behavior*. 2008; 40 (3): 232-245.
 18. Beets, I. A., Gooijers, J., Boisgontier, M. P., Pauwels, L., Coxon, J. P., Wittenberg, G., & Swinnen, S. P. (2014). Reduced neural differentiation between feedback conditions after bimanual coordination training with and without augmented visual feedback. *Cerebral Cortex*, 25 (7), 1958-1969.
 19. Chauvel G, Maquestiaux F, Hartley A A, Joubert S, Didierjean A, Masters R S W. Age effects shrink when nondeclarative, automatic memory processes predominantly support motor learning: Evidence from golf putting. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 2012; 65 (1): 25-

- 38.
20. Ammons R B, Ammons C H, Morgan R L. Transfer of skill and decremental factors along the speed dimension in rotary pursuit. *Perception and Motor Skills*. 1956; 6: 43.
21. Lincoln RS, Smith KU. Transfer of training in tracking performance at different target speeds. *Journal of Applied Psychology*. 1951; 35: 358-62.
22. Andreas BG, Green R F, Spragg S D S. Transfer Effects Between Performance on a Following Tracking Task (Modified Sam Two-Hand Coordination Test) and a Compensatory Tracking Task (Modified Sam Two-Hand Pursuit Test). *The Journal of Psychology*. 1954; 37 (2): 173-183.
23. Baker KE, Wylie R C, Gagne R M. Transfer of training to a motor skill as a function of variation in rate of response. *Journal of experimental psychology*. 1950; 40(6): 721.
24. Pauwels L, Swinnen S P, Beets I A. Contextual interference in complex bimanual skill learning leads to better skill persistence. *PloS one*. 2014; 9 (6): e100-906.
25. Barch AM. The effect of difficulty of task on proactive facilitation and interference. *Journal of experimental psychology*. 1953; 46 (1), 37.
26. Barch A M, Lewis D. The effect of task difficulty and amount of practice on proactive transfer. *Journal of experimental psychology*. 1954; 48 (2): 134.
27. Browne RC. Figure and ground in a two-dimensional display. *Journal of Applied Psychology*. 1954; 38: 462-7.
28. Gibbs CB. The continuous regulation of skilled response by kinesthetic feedback. *British Journal of Psychology*. 1954; 45: 24-39.
29. Poolton J M, Zachry T L. So you want to learn implicitly? Coaching and learning through implicit motor learning techniques. *International Journal of Sports Science & Coaching*. 2007; 2 (1): 67-78.
30. Liao CM, Masters R S. Analogy learning: A means to implicit motor learning. *Journal of sports sciences*. 2001; 19 (5): 307-319.
31. Masters R, Maxwell J. The theory of reinvestment. *International Review of Sport and Exercise Psychology*. 2008 Sep 1; 1 (2):160-83.
32. Oldfield R C. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*. 1971; 9 (1): 97-113.
33. Sherwood DE. Interlimb amplitude differences, spatial assimilations, and the temporal structure of rapid bimanual movements. *Human Movement Sciences*. 1994; 13; 841-860.
34. Buchanan J, Park I, Chen J, Wright D L, Mehta K R. Bimanual coordination patterns are stabilized under monitoring-pressure. *Experimental Brain Research*. 2017; 6(235): 1909-1918
35. Metzler-BaddEley C, Snowden J S. Brief report: Errorless versus errorful learning as a memory rehabilitation approach in Alzheimer's disease. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 2005; 27 (8): 1070-1079.
36. Monteiro, T. S., Beets, I. A., Boisgontier, M. P., Gooijers, J., Pauwels, L., Chalavi, S., & Swinnen, S. P. (2017). Relative cortico-subcortical shift in brain activity but preserved training-induced neural modulation in older adults during bimanual motor learning. *Neurobiology of aging*, 58, 54-67.
37. Kessels RP, Haan E H. Implicit learning in memory rehabilitation: A meta-analysis on errorless learning and vanishing cues methods. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*. 2003; 25 (6): 805-814.
38. Masters RS. Knowledge, knerves and know-how: The role of explicit versus implicit knowledge in the breakdown of a complex

- motor skill under pressure. *British journal of psychology*. 1992; 83 (3): 343-358.
39. Shea JB, Morgan R L. Contextual interference effects on the acquisition, retention, and transfer of a motor skill. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*. 1979; 5 (2): 179.
 40. Pauwels L, Chalavi S, Gooijers J, Maes C, Albouy G, Sunaert S, Swinnen SP. Challenge to promote change: the neural basis of the contextual interference effect in young and older adults. *Journal of Neuroscience*. 2018 Feb 26: 2640-17.
 41. Sherwood DE, Fosler J. Blocked and Alternating Variable Practice and Unintended Spatial Variations in Continuous Aiming Movements. *Perceptual and motor skills*. 2013 Apr; 116 (2): 611-25.
 42. Rosenbaum DA, Weber R J, Hazelett W M, Hindorff V. The parameter remapping effect in human performance: Evidence from tongue twisters and finger fumlbers. *Journal of Memory and Language*. 1986; 25 (6): 710-725.
 43. Tse AC, Fong S S, Wong TW, Masters R. Analogy motor learning by young children: a study of rope skipping. *European journal of sport science*. 2017; 17 (2): 152-159.
 44. Hernandez E, Mattarella-Micke Redding, R W T, Woods E A, Beilock S. (2011). Age of acquisition in sport: Starting early matters. *The American*.
 45. Buszard T, Farrow D, Reid M, Masters R S. Scaling sporting equipment for children promotes implicit processes during performance. *Consciousness and cognition*. 2014; 30: 247-255.
 46. Guadagnoli M A, Lee T D. Challenge point: Framework for conceptualizing the effects of various practice conditions in motor learning. *Journal of Motor Behavior*. 2004; 36: 212-224.
 47. Adams JA. A closed-loop theory of motor learning. *Journal of motor behavior*. 1971; 3 (2): 111-150.
 48. Masters RS W, Poolton J M, Maxwell J P. Stable implicit motor processes despite aerobic locomotor fatigue. *Consciousness and Cognition*. 2008; 17 (1): 335-338.
 49. Poolton J M, Masters R S W, Maxwell J P. The relationship between initial errorless learning conditions and subsequent performance. *Human Movement Science*. 2005; 24: 362-378.
 50. Capio CM, Sit CH, Abernethy B, Masters R S. (2012). The possible benefits of reduced errors in the motor skills acquisition of children. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology*. 2012; 4 (1): 1.
 51. Stevens D, Anderson D I, O'Dwyer N J, Williams A M. Does self-efficacy mediate transfer effects in the learning of easy and difficult motor skills? *Consciousness and Cognition*. 2012; 21: 1122-1128.
 52. Miller A. The Effects of Easy-to-Difficult versus Difficult-to-Easy Practice Order on a Bimanual Lever-Positioning Task.