

تأثیر آرایش تمرین آشکار و ضمنی (پنهان) بر یادگیری مهارت حرکتی در کودکان مبتلا به فلج مغزی همی‌پلاژی اسپاستیک

سعید نظری کاکوندی*
دانشجوی دکتری یادگیری حرکتی،
دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی
مشهد، ایران
علیرضا صابری کاخکی
دانشیار گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم
ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
حمیدرضا طاهری
استاد گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم
ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
سعیده صلصالی
کارشناسی ارشد رفتار حرکتی، دانشکده
تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه
تهران، ایران
میثم بیگ
دانشجوی دکتری یادگیری حرکتی،
دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی
مشهد، ایران

*نشانی تماس: دانشکده علوم ورزشی،
دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
رایانامه: nazari.saeed65@gmail.com

مقدمه: هدف مطالعه‌ی حاضر با هدف تعیین تأثیر آرایش‌های تمرین آشکار و ضمنی بر اکتساب و یادگیری مهارت حرکتی در کودکان دارای فلج مغزی همی‌پلاژی اسپاستیک انجام شد. روش: جامعه‌ی آماری این پژوهش را دانش‌آموزان مدارس استثنایی شهر تهران تشکیل می‌دادند. از این جامعه ۴۰ کودک هفت تا ۱۳ ساله‌ی راست‌دست مبتلا به عارضه‌ی فلج مغزی همی‌پلاژی به صورت در دسترس انتخاب شده و به طور تصادفی در چهار گروه تمرینی مسدود، تصادفی، تعدیل‌سازی مقیاس و کم‌خطا تقسیم شدند. مراحل تحقیق شامل اکتساب، یادداری، آزمون تکلیف ثانویه و انتقال بود، و تحت نظر متخصص کاردرمانگر انجام شد. یافته‌ها: نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه با اندازه‌گیری‌های مکرر نشان داد که اثر اصلی گروه در تمام مراحل معنادار است ($P < 0.05$). در واقع، آرایش‌های تمرین ضمنی (کم‌خطا، تعدیل‌سازی مقیاس) در مراحل اکتساب، یادداری، تکلیف ثانویه و انتقال به طور معناداری عملکرد بهتری نسبت به آرایش تمرین آشکار (مسدود و تصادفی) داشتند. نتیجه‌گیری: نتیجه‌گیری کلی پژوهش حاضر این است که استفاده از آرایش تمرین ضمنی، نقش حافظه‌ی کاری را در مراحل اولیه یادگیری حرکتی در کودکان مبتلا به فلج مغزی همی‌پلاژی کاهش می‌دهد. به طور کلی، پژوهش حاضر درک تأثیر شیوه‌های ضمنی بر اکتساب و یادگیری مهارت‌های حرکتی را افزایش داده و نظریه‌ی بازپردازش آگاهانه را تأیید می‌کند.
واژه‌های کلیدی: حافظه‌ی کاری، فلج مغزی همی‌پلاژی اسپاستیک، نظریه‌ی بازپردازش آگاهانه، یادگیری آشکار، یادگیری ضمنی

The Effect of Explicit and Implicit Practice Schedule on Learning of Motor Skill in Children with Cerebral Palsy Spastic Hemiplegia

Introduction: The aim of this study was to determine the effect of explicit and implicit training arrangements on acquisition and learning of motor skills in children with cerebral palsy spastic hemiplegia. **Method:** From nearly 2500 students with cerebral palsy in special cases schools (Disabled children) in Tehran, 40 right-handed patients with symptoms of cerebral palsy aged 7-13 years as accessible samples and to evaluate acquisition, retention, secondary task and transfer randomly in four groups' blocked, random, errorless learning and equipment modification were divided. All stages of the research process were conducted under the supervision of the occupational therapist. **Results:** The one-way analysis of variance (ANOVA) with repeated measurements showed that the main effect of the group was significant at all stages ($P < 0.05$). In fact, in groups with errorless learning, equipment modification in the stages of the acquisition, secondary task and transfer. **Conclusion:** General conclusions of the present study the use of methods errorless learning and modified equipment placed fewer demands on working memory during performance of a skill, which implies that it encourages an implicit mode of learning. Overall, this thesis contributes to the small but growing literature examining implicit motor learning in children and increases our understanding of the influence that working memory has on the acquisition of motor skills. In general, the present study increases the understanding of the effects of implicit arrangement on acquisition and learning of motor skills, and confirmed the theory of reinvestment.

Keywords: Working memory, Cerebral palsy spastic hemiplegia, Theory of reinvestment, Explicit learning, Implicit learning

Saeed Nazari Kakvandi*

Ph.D. Candidate of Motor Learning, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Alireza Saberi Kakhki

Associate Professor of motor behavior, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

Hamidreza Taheri

professor of motor behavior, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

Saeedeh Salsali

M.A of motor behavior at Tehran University, Tehran, Iran

Meysam Beik

Ph.D student of motor learning, Faculty of sport sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

*Corresponding Author:

Email: nazari.saeed65@gmail.com

مقدمه

یکی از دغدغه‌های اساسی مربیان در برنامه‌ریزی آموزش چند مهارت حرکتی در یک جلسه‌ی تمرینی این است که با چه ترتیبی مهارت‌ها را به فراگیران آموزش دهند تا یادگیری بیشتر شود. یادگیری مؤثر زمانی اتفاق می‌افتد که مربی از روش‌های آموزشی مؤثرتر استفاده کند. این اعتقاد نیز وجود دارد که همه‌ی افراد در محیط آموزشی مناسب، توانایی آموختن دارند (۱۶). بدین منظور، دو نوع آرایش تمرین آشکار (مسدود، تصادفی) و ضمنی (کم‌خطا، تعدیل‌سازی مقیاس) مطرح شده است (۱۷). یکی از راه‌های برنامه‌ریزی تمرین آشکار، پدیده‌ای به نام اثر "تداخل زمینه‌ای" است که بتیگ مطرح و از آن برای نام‌گذاری اثری استفاده کرد که به وسیله‌ی تمرین یک یا چند تکلیف در ضمن تمرین تکلیف دیگر به وجود می‌آید. هنگامی که فرد فقط یک تکلیف تمرین می‌کند، اثر تداخل کم است (تمرین مسدود)، اما اگر فرد در یک جلسه تمرین، چند تکلیف مختلف را بدون ترتیب از پیش تعریف‌شده تمرین کند، تداخل زیاد خواهد بود (تمرین تصادفی). تمرین مسدود، نوعی تمرین کلیشه‌ای (قالبی) است که در آن مهارت‌ها بدون مداخله‌ی سایر اعمال تکرار و تمام کوشش‌های تمرینی هر مهارت، پیش از شروع تمرین مهارت بعدی کامل می‌شود. در مقابل، در تمرین تصادفی نظم از پیش تعریف‌شده‌ای از تکرارها وجود ندارد. تحقیقات نشان می‌دهند که اغلب در مرحله‌ی اکتساب، اجرای تمرین مسدود بهتر از روش تصادفی است، ولی در مقابل، این برتری در یادداری و/یا انتقال در تمرین تصادفی مشهودتر است. بر اساس فرضیه‌ی بازسازی طرح عمل (فراموشی)، دلیل برتری آرایش تصادفی را ایجاد اختلال تمرین مهارت قبلی در تمرین مهارت بعدی می‌دانند که این امر به احتمال زیاد موجب بازسازی مجدد الگو و یا فراموشی الگوی حرکت پیشین و به خاطر آوردن طرح جدید در هر کوشش می‌شود (۱۸).

پرادو و همکاران^۱، در مطالعه‌ای اثر تداخل زمینه‌ای بر یادگیری حرکتی تکلیف کامپیوتری دستی در کودکان

فلج مغزی به گروهی از اختلالات دائمی حرکت و قامت گفته می‌شود که ناشی از اختلالات غیر پیش‌رونده‌ی رشد مغز در دوران جنینی یا طفولیت است و باعث محدودیت در حرکت و اختلال در فعالیت‌های روزمره می‌شود. فلج مغزی اشکال حرکتی و دسته‌بندی‌های متفاوتی دارد؛ مثل یک طرفه و دوطرفه، اسپاستیک، دیسکینتیک و آتاکسیک. اختلالات حرکتی فلج مغزی اغلب با اختلالات حسی، ادراکی، شناختی، ارتباطی، رفتاری، صرع و مشکلات اسکلتی-عضلانی ثانویه همراه است (۱) و به علت دشواری در هماهنگی عضلات، باعث از دست رفتن کارکرد و استقلال بیشتر فعالیت‌های روزمره می‌شود. به همین دلیل، تعداد زیادی از افراد مبتلا به فلج مغزی برای بهبود توانایی‌های حرکتی خود به انواع برنامه‌های توان‌بخشی نیاز دارند (۲، ۳). مطالعات مربوط به مهارت‌های حرکتی در کودکان مبتلا به فلج مغزی همی‌پلژی، چندین نقص در کنترل حرکتی را نشان داده‌اند؛ مانند اختلال در کنترل نیروی نوک انگشتان (۴)، تقسیم‌بندی هماهنگی آرنج-شانه (۶)، اختلال در هماهنگی دودستی (۷، ۸)، اختلال در هماهنگی چشم و دست (۹)، افزایش استفاده از تنه در طول حرکات اندام فوقانی (۱۰) و نقص در طراحی حرکتی (۱۱).

کار حرفه‌ای با افراد دچار فلج مغزی، نیازمند فهم بهینه از نقش کنترل و یادگیری حرکتی در برنامه‌های توان‌بخشی است. در مورد یادگیری حرکتی در افراد مبتلا به فلج مغزی، مطالعات اندک است، در حالی که فهم بهتر ویژگی‌های یادگیری حرکتی این افراد می‌تواند باعث توجه به نیازهای یادگیری آنها و حداکثر اثربخشی یادگیری شود (۱۲). در سال‌های اخیر، سازمان‌های ورزشی، انجمن‌ها و مراکزی که با این گروه از کودکان ارتباط دارند، بر ایجاد شرایط مناسب تمرین یادگیری متمرکز شده‌اند (۱۳). تحقیقات نشان داده‌اند که کودکان مبتلا به فلج مغزی می‌توانند برای بهبود مهارت‌های حرکتی جدید خود از متغیرهای یادگیری بهره ببرند (۳، ۱۲، ۱۴، ۱۵). یک عامل بسیار مهم در فرایند یادگیری حرکتی، سازمان‌دهی و آرایش تمرین است.

1- Prado et al

دارای فلج مغزی را بررسی کردند. شرکت کنندگان شامل ۴۰ فرد مبتلا به فلج مغزی و ۴۰ فرد با رشد عادی بود که به دو گروه آرایش تمرین تصادفی و ثابت تقسیم شده بودند. تکلیف شامل پنج ماز مختلف بود که افراد می‌بایست مجموعاً ۳۰ کوشش را به صورت تصادفی یا ثابت تمرین می‌کردند و زمان حرکت آنها ثبت می‌شد. بعد از پنج دقیقه، آزمون یادداری و سپس انتقال اجرا شد. نتایج نشان داد که اگرچه اجرای گروه فلج مغزی کندتر بوده، اما عملکرد افرادی که به صورت تصادفی تمرین کرده بودند، از عملکرد گروهی که آرایش تمرین ثابت داشتند بهتر بوده است (۱۵).

نوع دیگر، آرایش تمرین ضمنی و شامل نوعی تمرین است که در آن محیط طوری سازمان‌دهی شده که میزان دانش آگاهانه و اطلاعاتی که براساس قواعد و قوانین توسط یادگیرنده پردازش شده، به حداقل برسد. در آرایش تمرین ضمنی، مجری قواعد مکانیکی آگاهانه را برای کسب مهارت به دست نمی‌آورد. در این نوع آرایش تمرین، این احتمال را که مجری آگاهانه بر قواعد مکانیکی در شرایط اضطراب و فشار تمرکز کند به حداقل می‌رساند و از آن به عنوان روشی برای به حداقل رساندن وقوع فلج ناشی از تحلیل نام می‌برند. برای محدود کردن اثر فلج ناشی از تحلیل (انسداد)^۱ و بازپردازش آگاهانه برای به حداقل رساندن انباشت دانش صریح در طول یادگیری حرکتی، تکنیک‌های یادگیری ضمنی طراحی شده است (۱۹).

به طور سنتی، یادگیری مهارت‌های حرکتی، یک زنجیره‌ی متوالی از مراحل توصیف شده که مرحله‌ی اول آن به افزایش آگاهی و کسب دانش صریح در مورد چگونگی انجام مهارت حرکتی اختصاص می‌یابد. مرحله‌ی کلامی-شناختی به دست‌کاری و ذخیره‌ی اطلاعات صریح در حافظه‌ی کاری وابسته است. تمرین بیشتر باعث عملکرد حرکتی خودکارتر و وابستگی کمتر به منابع حافظه‌ی کاری می‌شود. با این حال، استنباط می‌شود که یادگیری مهارت‌های حرکتی لزوماً به مرحله‌ی ابتدایی کلامی-شناختی نیاز ندارد. در این موارد، یادگیری مهارت‌های حرکتی با یک شیوه‌ی ناآگاهانه دنبال می‌شود

تا وابستگی به حافظه‌ی کاری کمتر شود و انباشت دانش آشکار به حداقل برسد. به عنوان مثال، بازیکنان مبتدی گلف می‌توانند اجرای ضربه زدن را صرفاً با استفاده از تمرین بهبود ببخشند و هم‌زمان یک تکلیف شناختی که باری بر حافظه‌ی کاری می‌گذارد، انجام دهند؛ به این معنا که آنها مهارت را بدون پردازش آگاهانه‌ی دستورالعمل و بازخورد افزوده بهبود ببخشند (۲۰). کاهش وابستگی به حافظه‌ی کاری در مقایسه با شیوه‌های سنتی‌تر یادگیری آشکار ممکن است باعث یادگیری حرکتی ضمنی باثبات‌تری به ویژه در افراد دارای حافظه‌ی کاری ضعیف شود (۲۱، ۲۲).

در طی سال‌ها مداخله، مدل‌های زیادی از یادگیری ضمنی توسعه پیدا کرده است که شامل ۱. کاهش تعداد دستورالعمل‌هایی که به طور سنتی در طول یادگیری داده می‌شد (۱۴). ۲. کاهش بار حافظه‌ی کاری با یک تکلیف شناختی ثانویه (یادگیری تکلیف دو گانه) (۱۵، ۱۶). ۳. به حداقل رساندن نیاز به تکلیف که باعث کوچک شدن خطاهای اجرا و بنابراین فرایندهای کاهش پردازش آگاهانه می‌شود. هدف این تمرین به حداقل رساندن میزان خطاها در طول تمرین است. در یادگیری کم‌خطا، محیط تمرین برای به حداقل رساندن تعداد اشتباهات یادگیرنده تعدیل می‌شود و بنابراین مقدار توجه اختصاص یافته به پردازش آشکار قوانین و فرضیات زیربنایی عملکرد به کمترین میزان می‌رسد (یادگیری کم‌خطا) (۱۷). ۴. مسدود کردن اطلاعات بینایی و شنیداری یادگیرنده (با کاهش بازخورد آموزشی) (۱۶). ۵. توضیح مهارت‌ها با مقایسه و تشبیه. در این شیوه، ویژگی‌های کلی حرکت و مقدار زیادی از دانش در یک عبارت منفرد (استعاره) انتقال داده شده و در نتیجه باعث کاهش استفاده از میزان دانش اخباری می‌شود (یادگیری قیاسی) (۱۹، ۲۳). ۶. فراهم کردن نتایج بازخورد در آستانه‌ی خارج از درک آگاهی (نیمه خودآگاه) (۲۰).

ویکرز (۲۴) با استفاده از تمرین چشم ثابت نشان داد که این تمرین به یک دوره‌ی از پیش برنامه‌ریزی شناختی

می‌کند (۳۱). اخیراً، توجه به موضوع اختلالات یادگیری حرکتی به طور چشمگیری افزایش یافته و نظر بسیاری از مربیان و متخصصان آموزشی کودکان را به خود جلب کرده است (۳۲). کودکانی که ظرفیت حافظه کاری محدود دارند، در یادگیری فعالیت‌های مدرسه، که در نهایت منجر به یادگیری آنها خواهد شد، مشکل دارند و اغلب ناموفق‌اند (۳۳). کودکان مبتلا به فلج مغزی قادرند با تمرین فیزیکی، توانایی حرکتی و اجرایی خود را بهبود ببخشند (۳۴-۳۶). رویکردهای درمانی تکلیف‌محور و عملکردهای محور، در صورتی که با شدت مناسب انجام شوند، پتانسیلی برای بهبود عملکرد حرکتی فراهم می‌کنند. افراد مبتلا به فلج مغزی می‌توانند با تمرین بدنی، باعث بهبود توانایی حرکتی و عملکرد خود شوند. نتایج مطالعات روی افراد مبتلا به فلج مغزی (CP) نشان داده که آنها توانایی اکتساب مهارت‌های حرکتی را دارند (۳۴). برای مثال، حمایت طلب و رشیدی از مطالعه‌ی یادگیری یک مهارت حرکتی جدید در افراد مبتلا به فلج مغزی نتیجه گرفتند که آنها قادرند مهارت پرتاب دارت را کسب کنند. هارپورن^۱ تأثیرات بازخورد آگاهی از نتیجه^۲ را بر توانایی تشخیص یک هدف با سرعت بالا بررسی کرد و نتیجه گرفت که اندازه‌ی اثر بازخورد آگاهی از نتیجه بر افراد مبتلا به فلج مغزی و مردم عادی یکسان است، اما چون هیچ دلیلی برای تبیین آن وجود ندارد مطالعات بیشتر در این زمینه الزامی است (۳۷).

نقش حافظه‌ی کاری در سال‌های اولیه‌ی مدرسه برای یادگیری کودکان و حتی فراتر از آن در بزرگسالی حیاتی است، از این رو ضعف در آن می‌تواند برای این کودکان ضعف در مهارت‌هایی همچون محاسبات، خواندن، نوشتن و یادگیری حرکتی به همراه داشته باشد (۳۸). آبسود و همکاران (۳۳)، اثر خطا را در طول تمرین بر یادگیری جوانان مبتلا به فلج مغزی بررسی و به حداقل رساندن خطا را به عنوان یک پروتکل یادگیری ضمنی به ترتیب در کودکان و کودکان دارای معلولیت ذهنی به دلیل کاهش دخالت حافظه‌ی کاری در یادگیری،

پارامتر بندی بینایی که مسول اجرای حرکات دقیق است اجازه اجرا را می‌دهد، در حالی که انحراف از نشانه‌های محیطی و درونی را به حداقل می‌رساند (۲۱). به طور مثال، تعدیل سازی تجهیزات (قید مرتبط با تکلیف) ممکن است برای کودکانی که اغلب فاقد نیروی لازم برای استفاده‌ی ماهرانه از تجهیزات بزرگسالان (قید ارگانیک) هستند، فرصت انجام مهارت‌های بنیادی و در نتیجه پیدا کردن راه حلی برای حرکت‌های بهینه در هنگام یک مسابقه را فراهم کند، به ویژه زمانی که شرایط خارجی، مانند آب و هوا، کمتر مطلوب است (قیود محیطی). در انجام این تکلیف، ممکن است فرایندهای ادراک و عمل، که برای انجام الگوهای حرکتی هماهنگ شده ضروری هستند، با هم جفت شوند (۲۴-۲۶). تعدیل سازی تجهیزات ورزشی رویکردی است که ممکن است کودکان را به یادگیری ضمنی به جای یادگیری صریح و آشکار تشویق کند، ضمن اینکه با توجه به اندازه‌ی فیزیکی و آناتومیکی به کودکان اجازه می‌دهد تا مهارت‌های حرکتی را آسان‌تر انجام دهند (۲۷، ۲۸). از آنجا که فرایند پردازش اطلاعات در کودکان (نسبت به بزرگسالان) به دلیل عدم بالیدگی ساختاری و به خصوص کارکردی مغز و ارتباطات مناطق قشری کندتر است (۲۹)، بعید به نظر می‌رسد کودکان از روش‌های آگاهانه‌ای که یک فرد بزرگسال مورد استفاده قرار می‌دهد، به طور مؤثر بهره‌مند شوند (۲۷). در حقیقت، فرضیه‌ی حسی- حرکتی پیشنهاد می‌کند که کودکان در یادگیری مهارت‌ها، بیشتر بر حافظه‌ی ضمنی (ناهوشیار) به جای حافظه‌ی آشکار تکیه می‌کنند، در حالی که در مورد بزرگسالان این قضیه معکوس است (۳۰).

برنامه‌های تمرینی و آموزشی که رشد مهارت‌های حرکتی تحت فشار پایدار را تسهیل می‌کنند، بالقوه، به کودکان دارای مشکل حرکتی این اجازه را می‌دهند تا مهارت‌های حرکتی را توسعه داده و در حضور افزایش اضطراب، پایدار بمانند. بنابراین، برای بهینه‌سازی یادگیری حرکتی کودکان دچار فلج مغزی، تمرین باید با حداقل رساندن درگیری حافظه‌ی کاری و فرایندهای آشکار روند یادگیری طراحی شود (۲۱). تئوری یادگیری ضمنی حرکتی، چارچوبی برای طراحی تمرین فراهم

1- Harbourne

2- Knowledge of result (KR)

اعتباریابی کردند. یافته‌ها نشان دادند که دقت هدف‌گیری در گروه تمرین کم‌خطا افزایش یافت و ثبات عملکرد بعد از دوره‌ی تمرینی مشاهده شد. فقط در یک مطالعه اثر سازمان‌دهی تمرین بر کودکان مبتلا به فلج مغزی مستقیماً بررسی شد. مطالعه‌ی هانلون (۷)، مزایای برنامه‌ی تمرینی تصادفی را در درمان فیزیکی بیماران دچار سکته‌ی مغزی یک‌طرفه که برای انجام توالی حرکات عملکردی به بازتوانی استفاده از بازوی همی پارژیشان (تا حدی فلج شده) نیاز داشتند، نشان داد. نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که ممکن است تداخل زمینه‌ای در محیط کلینیکی با مداخله‌ی فعالیت‌های دیگر بین کوشش‌ها یا تکرارها، بر فعالیت و عمل بازتوانی اثر بیشتری داشته باشد. در این راستا، مزایای کاربردی یک بهبود عملکرد درازمدت از کوشش‌های تکراری (تمرین مسدود) بدون دخالت فعالیت‌های دیگر به دست آمد.

با توجه به اینکه تعدیل‌سازی تجهیزات تمرین، تقاضای کمتر به منابع حافظه‌ی کاری و میزان تلاش شناختی را به همراه دارد، ماکسول و همکاران (۴۷) در مطالعه‌ی یک پروتکل تمرینی با احتمال خطای محیطی کمتر طراحی کردند که ابتدا از یک مسافت کوتاه ضربه زده می‌شد و به تدریج مسافت ضربه افزایش می‌یافت. روش دیگر برای رسیدن به محیط نسبتاً کم‌خطا، اصلاح تجهیزات مورد استفاده است که احتمالاً کسب نتایج موفقیت‌آمیز را افزایش می‌دهد. یک پارادیم مفید برای بررسی نقش تکلیف و تعدیل‌سازی تجهیزات رویکرد وابسته به قیود است (۲۶). با توجه به توانایی‌های مختلف و تفاوت‌های فردی، برای انطباق مجریان، نظریه‌پردازان چارچوب نقطه‌ی چالش را پیشنهاد کردند که در آن یادگیری حرکتی به عنوان تعامل بین ظرفیت‌های پردازش اطلاعات یادگیرنده، نیازهای تکلیف و شرایط تمرین مورد توجه قرار می‌گرفت. با توجه به ارائه‌ی تکلیف یکسان و شرایط تمرینی متفاوت، پیش‌بینی می‌شود که کودکان مبتلا به فلج مغزی همی‌پلاژیک نیازمند افزایش تلاش شناختی یا چالش بیشتر برای یادگیری یک تکلیف حرکتی جدید باشند. هرچند مشخص نیست که آرایش تمرین ضمنی و آشکار برای کودکان مبتلا به فلج مغزی همانند کودکان

دارای رشد عادی مفید است یا نه (۲۱، ۲۸). اهمیت پژوهش حاضر این است که نشان می‌دهد استفاده از استراتژی‌های یادگیری ضمنی و آشکار باعث افزایش تعمیم‌پذیری و انتقال یادگیری مهارت‌های حرکتی فراتر از یک مداخله‌ی تمرینی می‌شود. همچنین این راهبردها حس استقلال در وظایف و تکالیف عملکردی مرتبط با زندگی روزمره (مانند مراقبت از خود، انجام تکالیف مدرسه و بازی) را در این کودکان افزایش می‌دهد. پژوهش در این زمینه‌ی مطالعاتی می‌تواند باعث درک و فهم بیشتر یادگیری حرکتی ضمنی و نیز بسط و تعمیم‌پذیری بیشتر یافته‌های قبلی به ویژه نظریه‌ی بازپردازش آگاهانه شود (۳۹). همچنین این پژوهش مهم است، زیرا امکان شناسایی نیازمندی‌های کودکان مبتلا به فلج مغزی، بهره‌مندی آنان از کارآمدترین و باصرفه‌ترین شیوه‌های یادگیری مهارت حرکتی را با توجه به هزینه‌های زمانی و انرژی مصرفی و نیز ارتقای میزان یادگیری و ایجاد حس خودباوری، اعتماد به نفس و خودکارآمدی و نهایتاً خدمت به این قشر از جامعه را فراهم می‌سازد. علیرغم آثار سودمند هر دو روش آرایش تمرینی آشکار و ضمنی، به صورت مجزا، مطالعاتی که به نقش سازمان‌دهی تمرین و به ویژه تداخل زمینه‌ای و یادگیری ضمنی حرکتی در افراد دارای مشکلات جسمی مانند فلج مغزی همی‌پلاژی اسپاستیک پرداخته‌اند انگشت‌شمارند (۸). به هر حال، علی‌رغم پتانسیل موجود برای تسهیل یادگیری حرکتی افراد مبتلا به فلج مغزی، تاکنون پروتکل تمرینی مناسبی برای این جمعیت ارزیابی نشده است. لذا محقق در صدد پاسخ‌گویی به این سؤال برآمد که آیا آرایش تمرین آشکار و ضمنی (پنهان) بر یادگیری مهارت کودکان مبتلا به فلج مغزی همی‌پلاژی اسپاستیک تأثیر دارد؟

روش

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی و از نظر هدف کاربردی (اکتساب، یادداری، تکلیف ثانویه و انتقال) است که در آن از یک طرح آزمایش چهارگروهی (مسدود، کم‌خطا، تعدیل‌سازی مقیاس و تصادفی) استفاده شده است. نمونه‌ی تحقیق ۴۰ دانش‌آموز هفت تا ۱۳ ساله‌ی

راست دست پسر مبتلا به عارضه‌ی فلج مغزی اسپاستیک همی پلاژیک یک طرفه بود که با نمونه گیری دردسترس از بین ۲۵۰۰ دانش آموز مبتلا فلج مغزی در شهر تهران انتخاب شده بودند.

تکلیفی که در این تحقیق از آن استفاده شد و مشابه تکلیفی است که در تحقیق چیویا کوفسکی و همکاران^۱ به کار رفته، یک هدف روی زمین با دوائر متحدالمرکز با شعاع‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ تا ۱۰۰ سانتی متر است (۴۰). تکلیف اصلی این تحقیق که تمام مراحل فرایند آن تحت نظارت متخصص کاردرمانگر انجام می‌شد، اجرای مهارت پرتاب کیسه‌ی لوبیا به طور ایستاده مقابل پرتاب کننده و محل اجرای آزمون یک کلاس درس بود که با هماهنگی معاون آموزش و پرورش شهر تهران به این آزمایش اختصاص یافت. در این پژوهش، از شرکت کنندگان خواسته شد یک کیسه لوبیای ۱۰۰ گرمی را به سمت هدف، که دویاری با شعاع ۱۰ سانتی متر بود و در فواصل سه، سه و نیم و چهار متری از شرکت کنندگان قرار داشت، پرتاب کنند.

روش اجرای آزمایش

شرکت کنندگان می‌بایست پشت خط قرار بگیرند و کیسه‌ها را به سوی اهداف مشخص پرتاب کنند. دقت پرتاب با استفاده از دویاری هم‌مرکز با دایره‌ی اصلی که به شعاع‌های ۲۰، ۳۰، و ۴۰ تا ۱۰۰ سانتی متری دور هدف ترسیم و مناطق برآورد خطا در نظر گرفته شده بودند، اندازه گیری شد. ابتدا دست برتر آزمودنی‌ها با طرح این سؤال که از کدام دست برای نوشتن استفاده می‌کنند، تعیین شد. سپس مهارت پرتاب کیسه‌ی لوبیا، توسط نمایش ویدئویی و راهنمایی کلامی به آزمودنی‌ها نشان داده شد. در مرحله‌ی اکتساب (شامل ۸۰ کوشش و هر جلسه در سه بلوک ۱۲ تایی)، شرکت کنندگان می‌بایست بر اساس پروتکل تمرینی که طراحی شده بود، کیسه‌ها را از فواصل مشخص (سه، سه و نیم، چهار متری) و با آرایش‌های متفاوت (مسدود، کم‌خطا، تعدیل‌سازی مقیاس و تصادفی به سمت هدف پرتاب کنند. سپس آزمودنی‌ها با توجه به برنامه‌ی تمرینی هر گروه، کیسه‌ی لوبیا را از فواصل سه، سه و نیم متر و چهار متر

طی نه جلسه و هر جلسه نه کوشش پرتاب کردند. هر شرکت کننده در دوره‌ی تمرین خود، از هر یک از فواصل ۲۷ پرتاب و در مجموع ۸۱ پرتاب انجام داد. گروه مسدود ۲۷ کوشش را از فاصله‌ی سه متری و ۲۷ کوشش دوم را از فاصله‌ی سه و نیم متری و ۲۷ کوشش آخر را از فاصله‌ی چهار متری به اتمام رساند. گروه تعدیل‌سازی کم‌خطا، جلسات اول تا سوم به صورت مسدود از هر فاصله ۹ کوشش که مجموعاً ۲۷ کوشش را تکمیل کردند و در ادامه کوشش‌های ۲۸ تا ۵۴ را به صورت زنجیره‌ای و کوشش‌های ۵۵ تا ۸۱ را در فواصل مذکور از خط پرتاب با تعداد مساوی به صورت تصادفی انجام داد. در واقع در این نوع آرایش تمرین برنامه‌ی تمرین شامل هر سه نوع تمرین (مسدود، زنجیره‌ای و تصادفی) می‌شد به گونه‌ای که از ابتدای پیوستار (تمرین مسدود) به انتهای پیوستار (تمرین تصادفی) یک نوع تمرین کم‌خطا مشاهده می‌شود. گروه تصادفی تمام کوشش‌ها را به صورت تصادفی از هر سه فاصله با تعداد مساوی انجام داد؛ به نحوی که هیچ کدام از پرتاب‌ها دو بار متوالی اجرا نمی‌شد. گروه کم‌خطا، کوشش‌های تمرینی هر جلسه را به ترتیب از فاصله‌ی نزدیک به هدف، شروع و در فاصله‌ی دورتر به کم‌خطا پایان می‌داد. گروه تعدیل‌سازی مقیاس، پرتاب خود را به ترتیب با کیسه‌های ۷۰، ۸۰ و ۱۰۰ گرمی با ترتیب کم‌خطا (از نزدیک‌ترین فاصله به دورترین فاصله) بر اساس نمونه‌ی مشابه بوزارد و همکاران انجام داد (۲۸). امتیازدهی به این صورت بود که اگر کیسه در مرکز دایره‌ی هدف قرار می‌گرفت، امتیاز ۱۰ و برای سایر مناطق، به ترتیب امتیازهای نه، هشت، هفت و ثبت می‌شد. برای مناطق بیرون از دایره‌ها امتیاز صفر و در صورتی که کیسه روی خط قرار می‌گرفت، بیشترین نمره به عنوان امتیاز در نظر گرفته می‌شد. منطقه‌ی هدف به چهار منطقه تقسیم و اطلاعات بازخوردی در مورد کوشش‌ها (شامل بلند، کوتاه، چپ و راست) در اختیار شرکت کنندگان قرار داده شد. به آزمون‌گر نیز نشان داده شد که اصابت کیسه "نزدیک" (مناطق شش تا نه) یا "دور" (مناطق صفر تا

و روشی مشابه با آزمون یادداری انجام شد، با این تفاوت که نیاز بود شرکت کنندگان تکلیف مورد نظر را همراه با یک تکلیف ثانویه شناختی اجرا کنند. تکلیف ثانویه مورد استفاده در این آزمون، ارائه‌ی تصادفی دو صدا با شدت متفاوت بود که آزمودنی‌ها باید تعداد صداها با شدت (تن صدا) بالاتر در پایان آزمون که از یک نرم‌افزار به دو اسپیکر به لپ‌تاپ وصل و با فاصله‌ی ۱۵۰۰ میلی ثانیه پخش می‌شد، شمارش و گزارش می‌دادند. تعداد تون‌های شمارش شده توسط آزمودنی برای تحلیل‌های آماری بعدی ثبت می‌شد. در آزمون تکلیف ثانویه، هم صحت و هم سرعت شمارش تعداد بوق‌های ارائه شده اهمیت داشت. آزمون انتقال نیز ۷۲ ساعت بعد از آخرین جلسه‌ی تمرین، مشابه با آزمون یادداری انجام شد، با این تفاوت که فقط محل پرتاب تغییر می‌کرد. به این ترتیب که آزمودنی‌ها که از گوشه‌ی سمت راست محل، پرتاب کیسه‌ی لوبیا را تمرین کرده بودند، در آزمون انتقال از آنها خواسته می‌شد از گوشه‌ی سمت چپ، کیسه‌ی لوبیا را به سمت هدف پرتاب کنند. لازم به ذکر است اجرای آزمون یادداری و دو آزمون انتقال و انتقال تکلیف ثانویه به صورت موازنه متقابل (کانتر و بالانس^۱) از آزمودنی‌ها گرفته شد.

شکل ۱- تکلیف هدف و مناطق امتیازات در مهارت پرتاب کیسه‌ی لوبیا



پارامتریک استفاده شد ($P > 0.05$). ابتدا به منظور بررسی تفاوت معنی دار در پیش آزمون در بین گروه‌ها نمرات پیش آزمون با استفاده از یک تحلیل واریانس یک طرفه تحلیل شد. همچنین برای مقایسه‌ی میانگین گروه‌ها در مراحل مختلف اکتساب، یادداری و انتقال از آزمون

1- Counterbalance

(پنج) بوده است. شرکت کنندگان گروه مسدود به صورت تکراری کوشش‌ها را انجام می‌دادند؛ یعنی تا زمانی که تمرین کوشش‌ها از یک فاصله‌ی مشخص تمام نمی‌شد، فواصل دیگر را تمرین نمی‌کردند، در حالی که در تمرین تصادفی، شرکت کنندگان در دو کوشش متوالی، تمرین پرتاب کیسه‌ی لوبیا را از فواصل متفاوت انجام می‌دادند. در گروه تعدیل‌سازی مقیاس، شرکت کنندگان علاوه بر اینکه به شیوه‌ی کم‌خطا تمرین می‌کردند، تمرین جلسه‌ی اول را با کیسه‌ی لوبیای ۷۰ گرمی از یک فاصله شروع می‌کردند و در جلسات بعد هم‌زمان با تغییر فاصله، اندازه و وزن کیسه‌ی لوبیا (۸۰ و ۹۰ گرمی) تغییر می‌کرد و این روند تا آخرین جلسه‌ی اکتساب ادامه می‌یافت.

آزمون یادداری، تکلیف ثانویه و انتقال

پس از پایان مرحله اکتساب، به فاصله ۲۴ ساعت، آزمون‌های یادداری تأخیری انجام شد. همچنین ۷۲ ساعت پس از مرحله اکتساب دو آزمون انتقال و تکلیف ثانویه از آزمودنی‌ها گرفته شد. لازم به ذکر است هر آزمودنی در آزمون یادداری ۱۲ کوشش (چهار کوشش از هر فاصله) را باید انجام می‌داد. این آزمون با آزمون تکلیف ثانویه دنبال می‌شد. آزمون انتقال تکلیف ثانویه با تعداد کوشش

یافته‌ها

آزمون یادداری، تکلیف ثانویه و انتقال

داده‌ها و اطلاعات مربوط به آزمودنی‌ها، پس از کدگذاری با کمک نرم‌افزار آماری کامپیوتری SPSS ۱۹ تجزیه و تحلیل و نمودارها با نرم‌افزار اکسل رسم شد. با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها (آزمون‌های کلموگروف-اسمیرنوف و شاپیرو-ویلک)، از آزمون آماری

جدول ۱- طرح تحقیق مرحله‌ی اکتساب آزمایش پرتاب کیسه‌ی لوبیا

جلسات	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	نهم
گروه‌ها	الف	الف	الف	ب	ب	ب	ج	ج	ج
مسدود	الف	الف	الف	ب	ب	ب	ج	ج	ج
تعدیل‌سازی کم خطا	الف	ب	ج	الف. ب. ج	الف. ب. ج	الف. ب. ج	الف. ج. ب	الف. ب. ج	الف. ب. ج
تصادفی	الف. ج. ب	ب. ج. الف	ج. الف. ب	الف. ب. ج	ب. الف. ج	ج. الف. ب	الف. ج. ب	ب. الف. ج	ج. الف. ب
کم خطا	الف	ب	ج	الف	ب	ج	الف	ب	ج

*الف) پرتاب از فاصله‌ی ۳ متر (ب) پرتاب از فاصله‌ی ۳/۵ متر (ج) پرتاب از فاصله‌ی ۴ متر (گروه تعدیل‌سازی مقیاس به ترتیب با کیسه‌ی ۷۰، ۸۰ و ۹۰ گرمی لوبیا) * تایم بوزارد، ۲۰۱۴؛ پرتو مگیل، ۲۰۱۰.

تحلیل واریانس یک طرفه استفاده گردید. پیش فرض برابری ماتریس واریانس-کواریانس، با آزمون کرویت موخلی بررسی شد. به منظور بررسی داده‌های مرحله‌ی اکتساب، از یک طرح تحلیل واریانس مرکب 4×9 (گروه \times جلسات) استفاده شد که در عامل آخر خود دارای اندازه‌های تکراری می‌باشد. برای شناسایی و تعیین محل اختلافات گروه‌ها در مراحل مختلف آزمون،

آزمون تعقیبی توکی به کار رفت. سطح معناداری برای همه‌ی متغیرها $P < 0.05$ در نظر گرفته شد. برای بررسی همگنی گروه‌های تمرینی در مرحله‌ی پیش‌آزمون، میانگین امتیازات آنها در آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه تجزیه و تحلیل شد. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، نتایج این آزمون نشان داد که امتیازات پیش‌آزمون سه گروه تمرینی تفاوت معناداری

جدول ۲- نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه در مرحله‌ی پیش‌آزمون گروه‌های آزمایشی

عامل	Df	SS	MS	F	Sig
بین‌گروهی	۳	۳/۷۸۱	۱/۲۶۰	۲/۱۶۰	۰/۱۱۰
درون‌گروهی	۳۶	۲۱/۰۰۹	۰/۵۸۴		
مجموع	۳۹	۲۴/۷۹۰			

$P < 0.05^*$

تکراری و آزمون تعقیبی بونفرونی در جداول ۳ و ۵ آمده است.

مرحله‌ی اکتساب

برای بررسی آثار اصلی گروه، جلسات تمرین و تعامل گروه و جلسات تمرین، از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری در طرح $9 \times ($ جلسات تمرین $) \times 4$ (گروه) استفاده شد. این موضوع بیانگر آن است که میزان تغییرات جلسات تمرینی در گروه‌های مختلف

ندارد ($F = 2.160, P = 0.110$).

در ادامه، برای اینکه مشخص شود که آیا تمرین موجب پیشرفت شده یا خیر، پیشرفت نمرات افراد در طی مرحله‌ی اکتساب بررسی شد. برای این منظور، آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری و در ادامه از آزمون تعقیبی بونفرونی به کار رفت. نتایج نشان می‌دهد که تمرین در طی مرحله‌ی اکتساب موجب پیشرفت نمرات آزمودنی‌ها شده است. نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌های

جدول ۳- یافته‌های حاصل از آزمون تحلیل واریانس در اندازه‌های تکراری در مرحله‌ی اکتساب

عامل	Df	F	Sig
جلسات	۸	۶/۰۷۸	۰/۰۰۱
گروه	۳	۵۰/۳۱۴	۰/۰۰۱
جلسات تمرین و گروه	۲۴	۲/۸۲۷	۰/۰۰۱

P<۰/۰۵*

به این معنا که هر سه گروه تمرینی در مرحله‌ی تمرین پیشرفت کرده‌اند. همچنین، تعامل بین جلسات و گروه تفاوت معناداری را نشان می‌دهد. این موضوع بیانگر آن است که بین جلسات در گروه‌های مختلف تفاوت معناداری وجود دارد. برای بررسی تفاوت میانگین امتیازات جلسات تمرین، خلاصه‌ی نتایج آزمون تعقیبی

تفاوت معناداری دارد (۲). جدول ۳ نشان می‌دهد که اثر اصلی گروه، جلسات تمرین و همچنین تعامل گروه و جلسات تمرین به لحاظ آماری معنادار است. به دلیل وجود تفاوت معنادار امتیازات تمرین سه گروه، از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. از سوی دیگر، اثر اصلی جلسات تمرین معنادار است،

جدول ۴- نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌های مکرر (آماره‌ی گرین هاوس گیسر) برای بررسی تفاوت جلسات تمرینی

عامل	SS	MS	Df	F	Sig
درون گروهی	۵۰/۰۷۰	۸/۵۱۴	۸	۶/۰۷۸	۰/۰۱
خطا	۲۹۶/۱۳۱	۱/۴۰۱	۲۱۱/۷۱۶		

P<۰/۰۵*

جدول ۵- نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسه‌ی دو به دوی جلسات تمرینی در مرحله‌ی اکتساب

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۱									
۲	۱/۰۰۰								
۳	*۰/۰۰۲	۰/۳۸۸							
۴	۰/۰۰۴	۰/۵۸۲	۱/۰۰۰						
۵	*۰/۰۰۰	۰/۱۱۵	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰					
۶	*۰/۰۰۷	*۰/۰۰۴	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰				
۷	*۰/۰۰۸	۰/۱۰۸	۰/۰۸۶	۰/۰۹۳	۰/۳۶۱	۰/۳۰۳			
۸	*۰/۰۰۰	*۰/۰۰۲	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰		
۹	۰/۱۵۰	۱/۰۰۰	۰/۰۱۵	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۹۵۲	

پیشرفت عملکرد گروه‌ها در طی مراحل مختلف پیش آزمون و آزمون‌های اکتساب، یادداری، تکلیف ثانویه و انتقال اثر دارند.

بونفرونی در جدول ۵ آمده است. نتایج آزمون کرویت موخلی در مورد مقایسه‌ی مراحل اکتساب گروه‌ها نشان داد که پیش فرض برابری ماتریس واریانس-کواریانس رعایت شده است (P=۰/۰۷). آزمون تحلیل واریانس مختلط (۴×۹) در مرحله‌ی اکتساب نشان داد که پروتکل‌های تمرینی بر روند

($34/70 \pm 1/88$)، تعدیل‌سازی مقیاس ($32/10 \pm 9/8$) و تصادفی ($35/17 \pm 6/06$) بود.

جدول ۶- نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه در زمینه‌ی آزمون‌ها و مراحل یادداری، تکلیف ثانویه و انتقال در گروه‌های آزمایشی

آزمون	عامل	DF	SS	MS	F	Sig
یادداری	بین‌گروهی	۳	۱۴/۶۴	۴/۸۸۱	۶/۹۲۳	۰/۰۰۱
	درون‌گروهی	۳۶	۲۵/۳۷۸	۰/۷۰۵		
	مجموع	۳۹	۴۰/۰۲۰			
تکلیف ثانویه	بین‌گروهی	۳	۱۱/۹۶۷	۳/۹۸۹	۴/۸۵۵	۰/۰۰۶
	درون‌گروهی	۳۶	۲۹/۵۸۱	۰/۸۲۲		
	مجموع	۳۹	۴۱/۵۴۸			
انتقال	بین‌گروهی	۳	۱۲/۳۱۹	۴/۱۰۶	۷/۱۵۰	۰/۰۰۱
	درون‌گروهی	۳۶	۲۰/۶۷۵	۰/۵۷۴		
	مجموع	۳۹	۳۲/۹۹۴			
شمارش تن صدا	بین‌گروهی	۳	۲۷۳/۸۷	۹۱/۲۹۲	۲/۸۲۹	۰/۰۵۲
	درون‌گروهی	۳۶	۱۱۶۱/۹۰	۳۲/۲۷۵		
	مجموع	۳۹	۱۴۳۵/۷۷۵			

$P < 0.05^*$

جدول ۷- نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه‌ی زوجی گروه‌ها در مراحل اکتساب، یادداری، تکلیف ثانویه و انتقال

آزمون‌ها	گروه‌ها	مسدود	کم‌خطا	تعدیل‌سازی مقیاس	تصادفی
اکتساب	مسدود				
	کم‌خطا	۰/۰۰۱			
	تعدیل‌سازی مقیاس	۰/۰۰۱	۰/۹۲۹		
یادداری	تصادفی	۰/۸۳۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	
	مسدود				
	کم‌خطا	*۰/۰۰۷	۰/۰۰۲	۰/۹۷۴	
تکلیف ثانویه	تعدیل‌سازی مقیاس	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۴۹	
	تصادفی	۰/۶۱۵			
	مسدود				
انتقال	کم‌خطا	۰/۰۳۹			
	تعدیل‌سازی مقیاس	۰/۰۰۶	۰/۷۹۲		
	تصادفی	۰/۶۸۶	۰/۰۲۵	۰/۰۳۱	
انتقال	مسدود				
	کم‌خطا	۰/۰۱۹			
	تعدیل‌سازی مقیاس	۰/۰۰۱	۰/۸۸۱		
تصادفی	۰/۸۱۳	۰/۰۰۲	۰/۰۱۳		

نتیجه گیری

کاری و منابع آگاهانه برای انجام حرکت وجود دارد. در واقع، کودکانی که این شیوهی تمرین (تصادفی) را به کار بردند، هنگام استفاده از تجهیزات با اندازه‌ی کامل، تغییراتی در تکنیک (الگوی حرکتی) و روش خود نشان دادند (۲۸، ۴۲). استفاده از تعدیل‌سازی تجهیزات تمرینی و همچنین آرایش تمرین کم‌خطا، تمرین را برای کودکان مبتلا به فلج مغزی ساده می‌کند، بنابراین به نظر می‌رسد که برای اجرای مهارت، فرایندهای کمتر آگاهانه را ارتقا داده باشند (۲۵، ۲۸، ۳۳).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در مرحله‌ی اکتساب بین گروه‌های آرایش تمرین (گروه مسدود، تصادفی، تعدیل‌سازی مقیاس و شیوهی کم‌خطا) تفاوت معناداری وجود دارد. عامل بین جلسات و گروه نیز تفاوت معناداری را نشان می‌دهد که بیانگر آن است که گروه‌های مختلف بین جلسات تفاوت معناداری دارند؛ به عبارت دیگر، در مرحله‌ی اکتساب بین گروه‌های تمرینی تعدیل‌سازی مقیاس با مسدود و تصادفی و کم‌خطا با مسدود و تصادفی تفاوت معناداری وجود دارد. این نتایج با یافته‌های تحقیقات قبلی (۲۱، ۳۳، ۳۵، ۳۶، ۴۳) همخوان است. محققان قبلی که یافته‌هایشان با نتایج تحقیق حاضر در یک راستاست، چنین نتیجه‌گیری کرده‌اند که گروه‌هایی که به صورت ضمنی تمرین می‌کردند، در مرحله‌ی اکتساب و در شرایط تکلیف ثانویه دچار اختلال و تخریب در مهارت نمی‌شدند. در واقع، میزان یادگیری را با گذشت زمان و در شرایط بار شناختی حفظ می‌کردند.

اخیراً مزایای استفاده از تعدیل‌سازی مقیاس برای اکتساب مهارت در طی بیش از یک دوره‌ی تمرین بررسی شد. فارو و رید، تأثیر فشرده‌سازی توپ و اندازه‌ی زمین را بر کسب مهارت تنیس در کودکان در مدت بیش از پنج هفته بررسی کردند. هم‌سو با نتایج این تحقیق، در مرحله‌ی اکتساب، فشرده‌سازی توپ و تعدیل‌سازی محیط بازی با تمرین با توپ و زمین بازی استاندارد مقایسه شد و نتایج نشان داد که تعدیل‌سازی در اندازه‌ی توپ و محیط تمرین، بیشترین پیشرفت در مهارت را به همراه دارد. تمرین در یک محیط بازی کوچک‌تر فرصت‌های

هدف تحقیق حاضر، بررسی تأثیر آرایش تمرین آشکار و ضمنی بر یادگیری یک مهارت حرکتی در کودکان مبتلا به فلج مغزی همی‌پلژی اسپاستیک است. این مطالعه از اولین مطالعاتی است که برای بررسی مناسب بودن پروتکل یادگیری ضمنی کم‌خطا و تعدیل‌سازی مقیاس در جمعیت مبتلا به فلج مغزی به عنوان جامعه‌ی هدف انجام می‌شود. در واقع، هدف محققان این مطالعه بررسی این مسأله است که آیا استفاده از تعدیل‌سازی مقیاس و یادگیری کم‌خطا، فرایندهای کمتر آگاهانه در طول یادگیری تکلیف پرتابی در کودکان مبتلا به فلج مغزی را ارتقا می‌دهد؟ فرضیه‌ی این پژوهش هم بررسی این موضوع است که آیا بین روش‌های یادگیری ضمنی و آرایش سنتی یادگیری (یادگیری صریح و آشکار، تمرین تصادفی و مسدود) در مراحل و آزمون‌های مختلف کسب یک مهارت، تفاوت معناداری وجود دارد یا خیر؟ و دیگر اینکه آیا استفاده از آرایش‌های یادگیری ضمنی (تعدیل‌سازی مقیاس و روش کم‌خطا)، تعمیم‌پذیری نظریه‌ی بازپردازش آگاهانه را در این بیماران افزایش می‌دهد؟ و در آخر آیا استفاده از این شیوه‌های آرایش تمرین، حافظه‌ی کاری افراد را کمتر درگیر فرایند یادگیری می‌کند؟ بر این اساس پیش‌بینی محققان این است که استفاده از تعدیل‌سازی مقیاس در مقایسه با تجهیزات دارای ساینز کامل (استاندارد) و همچنین یادگیری کم‌خطا، به یادگیرنده اجازه می‌دهد که در طول تمرین، با کاهش فرایندهای آگاهانه تکلیف را راحت‌تر انجام دهد.

نتایج تحقیق از این یافته‌ها حمایت کرد، به طوری که عملکرد کودکانی که با شیوه‌ی تعدیل‌سازی مقیاس و کم‌خطا تمرین کرده بودند، در آزمون‌های اکتساب، تکلیف ثانویه، یادداری و انتقال بهتر بود. عملکرد حرکتی این کودکان هنگام انجام یک تکلیف ثانویه شناختی، هم‌زمان که حافظه‌ی کاری را با افزایش بار مواجهه می‌کند، مختل می‌شود (۴۱). از این رو، هنگام استفاده از تجهیزات با اندازه‌ی کامل (۲۸) و همچنین شیوه‌ی یادگیری تصادفی، وابستگی بیشتری به حافظه‌ی

بیشتری در طول تمرین فراهم می‌کند که به نظر می‌رسد عامل مهمی در تسریع یادگیری باشد (۱۳).

در تحقیقی دیگر کاپیو و همکاران عنوان کردند که کودکان مقطع ابتدایی که تکلیف پرتاب کیسه‌ی لوبیا را به یک هدف به صورت ضمنی تمرین می‌کردند، نسبت به یادگیری آشکار، موفقیت‌های بیشتری در شکل پرتاب از خود نشان دادند (۲۱). به طور مشابه، دقت پرتاب نیز به میزان بیشتری با یادگیری ضمنی افزایش یافت، اما این پیشرفت فقط در مورد افراد دچار نقص توانایی حرکتی صادق بود. در واقع یافته‌های این پژوهش با پیش‌بینی‌های نظریه‌ی بازپردازش آگاهانه، که یادگیری حرکتی ضمنی را برای کودکان سودمند می‌داند، هم‌سوست (۲۱، ۴۴). از آنجا که یادگیری حرکتی ضمنی در کودکان، وابستگی کمتری به رشد توانایی شناختی (مثلاً، حافظه‌ی کاری) دارد، کاربرد آن الزامی است، زیرا توانایی شناختی، تولید فرضیه و استفاده از دانش اخباری در مورد نحوه‌ی اجرای مهارت حرکتی را محدود می‌کند (۴۵).

چاول و همکاران (۴۵) دو گروه تمرین با خطای کم (شروع ضربه از فاصله‌ی نزدیک به حفره و سپس افزایش تدریجی فاصله) و تمرین با خطای زیاد (شروع ضربه از فاصله‌ی دورتر از حفره و سپس کاهش تدریجی فاصله) را مطالعه کردند. نتایج نشان داد که در گروه تمرین با خطای کمتر، بزرگ‌سالان و سالمندان در سراسر تمرین و همچنین در طول یک آزمون تکلیف دو گانه که متعاقباً پس از تمرین اجرا شد، عملکرد مشابه داشتند. در گروه تمرین با خطای بیشتر، عملکرد بزرگ‌سالان در طول تمرین و آزمون تکلیف دو گانه بهتر از افراد مسن بود. این نتایج حاکی از آن است که یادگیری ضمنی مستقل از سن و ضعف شناختی است، در حالی که یادگیری صریح به عملکرد حافظه‌ی کاری وابسته است. بنابراین، اگر عملکرد حافظه‌ی کاری سالمندان را با کودکان خردسال همسان فرض کنیم، به نظر می‌رسد که عملکرد حافظه‌ی کاری کودکان خردسال ممکن است مانع توانایی یادگیری مهارت‌های حرکتی آگاهانه‌ی آنها از طریق فرایندهای آشکار شود (۳۳).

نتیجه‌ی تحلیل داده‌ها نشان داد که در مرحله‌ی یادداری

بین گروه مسدود و تصادفی اختلاف معناداری وجود ندارد که این یافته با نتایج تحقیقات مگیل و هال (۴۶)، لطفی (۴۷) و فولادیان (۴۸) هم‌سوست. به نظر آنها، عملکرد گروه‌های مسدود و تصادفی در مرحله‌ی یادداری هیچ تفاوتی با هم ندارد. معنادار نبودن تفاوت روش‌های تمرین مسدود و تصادفی را می‌توان با فرضیه‌ی مگیل و هال (۴۶) توجیه کرد. آنها معتقد بودند که اثر تداخل زمینه‌ای را نمی‌توان در تعدیل پارامترهای یک برنامه‌ی حرکتی مشاهده کرد. اما نتایج در گروه تعدیل‌سازی مقیاس با نتایج تحقیق مکسول (۴۹)، لام و مکسول (۵۰)، پولتون و همکاران (۴۲)، لارسون و همکاران (۵۱)، بوزارد (۲۸، ۵۲)، لی و همکاران (۵۳)، کچل و همکاران (۵۴)، تیمرمن و همکاران (۵۵) هم‌سو بود.

در مرحله‌ی یادداری، تحقیق حاضر نقطه‌ی مقابل فرضیه‌ی بود که اعتقاد داشت تمرین تصادفی باعث افزایش بهتر یادگیری در تکلیف تعدیل‌سازی نیروی پیش‌بین خواهد شد. یافته‌های این تحقیق نشان داد که دو گروه تعدیل‌سازی مقیاس و کم خطا یادگیری‌شان را در مرحله‌ی یادداری حفظ کردند. علاوه بر این، بر اساس تخریب اجراء در دو گروه مسدود و تصادفی استدلال می‌شود که آزمودنی‌ها در این دو شرایط تمرین، یادگیری آشکاری داشته‌اند که براساس نظریه‌ی بادلی و هیچ (۱۷)، این نوع یادگیری عمده‌ی است و هم در ذخیره‌ی اطلاعات و هم در یادآوری و دست‌کاری دانش اخباری (قابل کلامی)، وابسته به حافظه‌ی کاری است. این یافته‌ها از فرضیه‌ی اصلی تداخل زمینه‌ای که توسط مگیل و هال (۴۶) مطرح شد و همچنین از نظریه‌ی پردازش آگاهانه مبنی بر اینکه مزیت تمرین تصادفی در تمرین مسدود برای یادگیری پارامتر بیشتر نیست، حمایت می‌کند (۱۹).

طرفداران نظریه‌ی عمل محدود شده هم استدلال می‌کنند که محدودیت‌های تکلیف برای ساده‌سازی یک مهارت، کودکان را به یک شیوه‌ی ناهوشیار تشویق کرده و به آنها اجازه می‌دهد تا بهترین راه حل کسب مهارت را جست‌وجو و انتخاب کنند. طرفداران یادگیری ضمنی

و در مسافت‌های مختلف در مراحل اولیه‌ی یادگیری حرکتی، منجر به شکل‌گیری برنامه‌ی حرکتی تعمیم یافته‌ی مناسب در مرحله‌ی انتقال شود. براساس نظریه‌ی بازپردازش آگاهانه، استفاده از شیوه‌های یادگیری ضمنی باعث ایجاد خطای کمتر در مرحله‌ی اکتساب و درگیری تلاش شناختی کمتر می‌شود و متعاقباً در آزمون‌های بعدی (انتقال تحت فشار و انتقال) یادگیری مفید واقع خواهد شد. در واقع در پروتکل کم‌خطا و تعدیل‌سازی، کودکان نه فقط تمام پارامترهای مختلف را به شیوه‌ی ضمنی تمرین می‌کنند، بلکه باعث شکل‌گیری رد ادراکی مناسب می‌شوند (۶۲).

با توجه حلقه‌ی بسته‌ی آدامز، کنترل حرکتی با مقایسه‌ی بازخورد حرکت در حال اجرا با حرکات قبلی در حافظه اتفاق می‌افتد. از آنجا که اغلب رد ادراکی با تکرار صحیح حرکت در حافظه تحکیم می‌یابد، در تنظیم حرکات در حال اجرا، تکرار حرکات صحیح برای شکل‌گیری رد ادراکی مناسب ضروری است. بنابراین خطاهایی که در حین تمرین رخ می‌دهد، به شکل‌گیری و تقویت رد ادراکی نامناسب کمک خواهد کرد. براساس فرضیه‌ی حسی حرکتی هراندز^۱ و همکاران (۳۰)، روش یادگیری حرکتی کودکان با بزرگسالان متفاوت است. فرایند پردازش اطلاعات در کودکان بیشتر ضمنی است تا آشکار. برخلاف بزرگسالان که بیشتر آگاهانه درگیر فرایندهای تحلیل کلامی و استراتژی‌های آزمون فرضیه و استفاده از حافظه و دانش آشکار هستند، کودکان بیشتر از فرایندهای ادراکی حرکتی ضمنی بهره می‌برند. کاهش وابستگی به حافظه‌ی کاری می‌تواند محیط یادگیری حرکتی ضمنی را ایجاد کند که در مقایسه با یادگیری آشکار برای افرادی که عملکرد حافظه‌ی کاری ضعیف‌تری دارند، مناسب‌تر است (۲۱، ۲۲، ۳۳). با کاهش تعداد اشتباهات، احتمال دارد یادگیرنده‌ها برای بهبود اجراشان، کمتر از ساختن فرضیه‌ها، که باعث کاهش مشارکت حافظه‌ی کاری و انباشت دانش آشکار می‌شود، استفاده کنند (۴۹).

استدلال می‌کنند که تعدیل‌سازی تجهیزات برای ساده‌سازی مهارت‌ها احتمالاً موجب آموزش فرایندهای ناخودآگاه می‌شود. با این حال، نظریه‌پردازان یادگیری حرکتی ضمنی در مقایسه با نظریه‌پردازان عمل محدود در حمایت از تعدیل‌سازی تجهیزات و یادگیری کم‌خطا، دلایل متفاوتی ارائه می‌کنند. از سوی دیگر، نتایج این مطالعه با یافته‌های تحقیقات هاموند و همکاران (۵۶) در زمینه‌ی تعدیل‌سازی توپ تنیس و پیلت و همکاران (۵۷) در مورد تعدیل‌سازی در اندازه‌ی توپ والیبال، اریاس (۵۸)، رجیمبال و همکاران (۵۹) در زمینه‌ی مهارت پرتاب آزاد بستکبال ناهم‌سوست، از دلایل ناهم‌خوانی می‌توان به نوع تکلیف، سن، سطح مهارت، تعداد جلسات تمرین و همچنین جامعه و نمونه‌ی پژوهش اشاره کرد. یافته‌های این تحقیق در مرحله‌ی انتقال تفاوت معنادار گروه‌ها را نشان داد. از آنجا که تحقیقات مربوط به آزمون انتقال معدودند، یافته‌های این بخش با احتیاط تفسیر خواهد شد. به نظر می‌رسد تنها راه بهبود مهارت و انتقال در شرایط متفاوت در کودکان دارای عملکرد ضعیف حافظه‌ی کاری، یادگیری ضمنی باشد. برای ایجاد محیط تمرین کم‌خطا و روش وجود دارد: ۱. دست‌کاری تکلیف (مانند کاهش مسافت پرتاب از هدف (۴۹). و ۲. کنترل درجات آزادی بدن (۱۹). با توجه به اینکه به نظر نمی‌رسد استفاده از تعدیل‌سازی تجهیزات، درجات آزادی بدن را کنترل کند، تعدیل‌سازی تجهیزات روش دیگر دست‌کاری تکلیف برای افزایش موفقیت است که باعث می‌شود فرایندهای آگاهانه در طول اجرای حرکت کاهش یابد. با توجه به دیدگاه یادگیری ضمنی، دست‌کاری دشواری کارکردی تکلیف به شیوه‌ی کم‌خطا و تعدیل‌سازی تجهیزات تمرین در این مطالعه، بر عملکرد آزمودنی در آزمون انتقال تأثیر گذاشته است (۴۹). اما نتایج تحقیق حاضر نشان داد که انتقال مقدار مطلوبی دشواری به یک نسخه‌ی جدید تکلیف تمرین شده مهم‌تر است.

نتایج این تحقیق با نتایج بوزراد (۲۸)، سنلی (۶۰)، استنبرگن (۶) و مکسول و همکاران (۶۱) هم‌سوست. به نظر می‌رسد که اجرای عملکرد با اشتباهات کمتر

1- Hernandez

تمرین که به شدت به درگیری حافظه‌ی کاری وابستگی دارد (برای مثال، پرخط و تصادفی)، ممکن است برای افراد با ظرفیت حافظه‌ی کاری کم سودمند نباشد. تحقیقات مربوط به جمعیت‌هایی که معمولاً ظرفیت کم یا رشد نیافته‌ای از حافظه‌ی کاری دارند، مانند کودکان و سال‌خوردگان، برای این فرضیه‌ی یادگیری ضمنی یک چتر حمایتی فراهم می‌کند. به نظر پورتر و بکرمن (۶۴)، گروه تعدیل‌سازی و کم‌خط یک الگوی حرکت مناسب را در حالی که الگوهای حرکت اولیه کمتر چالش‌زا هستند، رشد می‌دهند و در نتیجه برنامه‌ی تمرین با توجه به درگیری کمتر حافظه‌ی کاری، با شاخص دشواری کمتری روبه‌رو خواهد شد. در واقع، ساده‌سازی تجهیزات و تمرین به شیوه‌ی ضمنی، امکان استفاده از الگوها و استراتژی‌های حرکتی مختلف را برای کسب موفقیت اولیه در یادگیری یک تکلیف به کودکان می‌دهد. با این حال، با پیشرفت برنامه، با توجه به تغییر مسافت و اندازه‌ی ابزار، چالش‌های بیشتری تجربه می‌شود. یادگیرنده با توجه به توانایی‌های پردازش اطلاعات کارآمدتر، قادر خواهد بود دشواری تکلیف را مدیریت کرده و یک برنامه‌ی حرکتی بسیار پیشرفته را به کار گیرد. به نظر می‌رسد یکی از مزایای کلیدی تمرین تعدیل‌سازی مقیاس و کم‌خط تشویق به رشد هم‌زمان (یعنی موازی) توانایی پردازش اطلاعات و رشد برنامه‌ی حرکتی تعمیم‌یافته‌ی مناسب باشد. توسعه‌ی موازی توانایی پردازش اطلاعات و برنامه‌ی حرکتی تعمیم‌یافته باعث می‌شود کودکان در مواجهه با محیط متغیر (آزمون انتقال) عملکرد مطلوب‌تری داشته باشند.

همچنین براساس نظریه‌ی مکسول و همکاران (۴۹)، فراگیرانی که یک شیوه‌ی کم‌خط را دنبال می‌کنند، حافظه‌ی کاری کمتری را هم به کار می‌گیرند. بنابراین به شیوه‌ی یادگیری روبه‌ای و ضمنی الگوی باثباتی را یاد می‌گیرند که در شرایط انتقال می‌تواند از آن بهره‌برند. اشتباهات بر یادگیری قوانین و استراتژی‌ها، که در پاسخ به آنها توسعه یافته‌اند، تأثیر منفی دارند و باعث می‌شوند فرایند یادگیری در شرایط استرس‌زا و انتقال مختل شود. در واقع، یافته‌های این تحقیق در مرحله‌ی انتقال

براساس نظریه‌ی بازپرداش آگاهانه‌ی مسترز و مکسول (۱۹)، اجراکننده به دنبال یک خط و احتمالاً به منظور تصحیح آن، کنترل هوشیارانه بر حرکات خود را افزایش می‌دهد. در نتیجه، در گروه‌های مسدود و تصادفی، یادگیرنده پس از حرکات ناموفق، در مورد علل احتمالی خطا فرضیاتی را شکل می‌دهد و جهت حذف خطاها، سازگاری‌های مورد نیاز را به کار می‌گیرد. آزمون فرضیه، فرایندی آشکار است که نیازمند منابع شناختی است. نیاز شناختی کوشش‌هایی که خطا به دنبال دارند، در مقایسه با کوشش‌های تعدیل‌سازی تجهیزات و کم‌خط بیشتر است. براساس چهارچوب نقطه‌ی چالش (۶۳)، یکی از دلایلی که گروه کم‌خط و تعدیل‌سازی در مرحله‌ی انتقال بهتر عمل کردند، ممکن است مقدار چالش و تلاش شناختی تجربه‌شده به وسیله‌ی پروتکل‌های مختلف تمرین باشد. چهارچوب نقطه‌ی چالش دو نوع دشواری تکلیف را معرفی می‌کند: الف) دشواری اسمی که در خود تکلیف است، صرف‌نظر از محیط و کسی که تکلیف را انجام می‌دهد. ب) دشواری کارکردی که به عوامل متعدد بستگی دارد. به عنوان مثال، تجربه‌ی یادگیرنده و محیط انجام تکلیف. در این تحقیق، دشواری اسمی برای همه‌ی گروه‌ها یکسان بود (اهداف مشابه و تعداد جلسات یکسان)، اما مشکل کارکردی دو گروه تفاوت داشت. گروه کم‌خط دشواری کارکردی را با تجربه‌ی نزدیک‌ترین مسافت پرتاب به دورترین مسافت با درگیری حافظه‌ی کاری کمتر تمرین کرد، در حالی که گروه تصادفی دشواری کارکردی بیشتر بدون تجربه‌ی اولیه در پارامتر آسان را تمرین می‌کرد. در واقع، این گروه‌ها میزان چالش و تلاش شناختی بیشتری را متحمل شدند.

چارچوب نقطه‌ی چالش پیش‌بینی می‌کند که مقدار مطلوب چالش به دشواری تکلیفی که تمرین می‌شود، بستگی دارد. گروه‌های سنتی با توجه آگاهانه به حرکت، اغلب دچار رفتار آزمون فرضیه می‌شوند که به موجب آن مجری می‌کوشد آگاهانه درگیر فرایند حل مسأله شود و لذا به دنبال چگونگی انجام مؤثر مهارت است. در نتیجه، محققان پیشنهاد کرده‌اند که این شیوه‌های آرایش

افزایش می‌دهد (۱۳، ۲۸). به عنوان مثال، کود کان هنگام استفاده از راکت کوچک‌تر در بازی تنیس، در مقایسه با راکت با اندازه‌ی استاندارد (بزرگسالان)، مهارت را بهتر انجام دادند (۲۸، ۴۲). فارو و رید نشان دادند که کود کان هنگامی که زمین تنیس تعدیل شده با توپ متراکم همراه بود، در مقایسه با زمین و توپ تنیس با اندازه‌ی استاندارد، یادگیری بیشتری داشتند (۱۳). طرفداران رویکرد عمل محدود شده، استدلال می‌کنند که تعدیل سازی و تسهیل تکلیف اجازه می‌دهد که کود کان راه حل‌های جدید را جهت اکتشاف محیط تمرینی جست‌وجو و در نهایت فرایندهای ناهوشیار یادگیری را تسهیل کنند (۲۵).

اصولاً اختلال در توانایی‌های پردازش شناختی، کود کان مبتلا به فلج مغزی را محدود می‌کند. روش‌های سنتی یادگیری حرکتی برای تصحیح پیامدهای اشتباهات حرکتی و پیشبرد یادگیری حرکتی، به شدت به پردازش شناختی متکی هستند. شیوه‌ی تمرین سنتی مانند تمرین تصادفی و مسدود، که بر پایه‌ی شیوه‌های سنتی یادگیری حرکتی شکل گرفته‌اند، می‌تواند برای کود کان مبتلا به فلج مغزی نامناسب باشد (۳۳)، در حالی که تمرین یادگیری حرکتی ضمنی به طور ویژه برای کاهش وابستگی یادگیری حرکتی این کود کان به فرایندهای شناختی طراحی شده است (۱۹). بنابراین به نظر می‌رسد این روش برای برطرف کردن نیازهای کود کان دارای اختلال منابع شناختی مناسب‌تر باشد. برای تأیید این ادعا، محققان روش‌های مختلف یادگیری ضمنی (کم‌خطا، تعدیل سازی مقیاس) را در یک برنامه‌ی تمرینی برای این کود کان گنجانده‌اند (۱۹، ۲۸، ۴۲، ۶۶).

تمرین یادگیری حرکتی ضمنی کم‌خطا، محیط یادگیری را برای کاهش تعداد خطاها که پیامد تمرین است، محدود کرده و در نتیجه، باعث کاهش وابستگی به فرایندهای شناختی برای تصحیح اشتباهات می‌شود. برای کاهش تعداد خطاها، فاصله و همچنین ابزار ساده‌سازی و تعدیل سازی تجهیزات، برنامه‌ی تمرین دست کاری شد تا این کود کان در پرتاب‌های تمرینی خود مرتکب اشتباهات کمتری بشوند و به آسانی به هدف مورد نظر دست یابند. در واقع، شیوه‌ی آرایش تمرین ضمنی با

نقطه‌ی مقابل نظریه‌ی طرح‌واره است (۶۵) که اشتباهات می‌توانند نقش مثبتی در شکل‌گیری آن داشته باشند. همه‌ی کوشش‌های موفق و ناموفق به صورت بلوک‌های یک ساختمان باعث افزایش قدرت طرح‌واره می‌شوند. نتایج فعلی نشان می‌دهد که مقدار خطا بر یادگیری حرکتی جوانان مبتلا به فلج مغزی تأثیر می‌گذارد که این می‌تواند به عنوان یک اصل اثبات شده به کار گرفته شود. همان‌طور که کود کان مهارت‌های حرکتی را در گروه‌ها تمرین می‌کنند، برای مثال، در ساعت ورزش، این پروتکل تمرینی می‌تواند در گروه‌های مبتلا به این اختلال نیز به کار برده شود (۲۱، ۲۸، ۴۳، ۴۴).

نتایج آزمون تکلیف ثانویه هم‌سو با مطالعات اولیه (۲۱، ۲۸، ۴۲) که نشان داد تمرین کم‌خطا و تعدیل سازی مقیاس نه تنها باعث بهبود مرحله‌ی پیش‌آزمون (نسبت به پس‌آزمون) در گروه‌ها شده، بلکه در اجرای هم‌زمان تکلیف ثانویه توانایی بیشتر گروه را هم به نمایش گذاشته است. یک توضیح در مورد تفاوت اجرای تکلیف ثانویه که هم‌راستا با نظریه‌ی نقطه‌ی چالش است (۶۳)، این است که افرادی که تمرین را از فاصله‌ی نزدیک به هدف شروع می‌کنند، میزان چالش بهینه‌ای را تجربه خواهند کرد. چالش‌های منظم در طول تمرین، یادگیرنده را در سطح مناسبی از اجرا قرار داده و به خلق یک محیط بهینه‌ی یادگیری می‌انجامد. این چالش وقتی مشکل‌تر می‌شود که یادگیرنده در سطح بالاتری از مهارت قرار گیرد. به احتمال زیاد، این درگیری همیشگی باعث می‌شود زمانی که فراگیر در محیط عمل با چالشی جدید مواجه می‌شود، راه حل مناسب را ساده‌تر و سریع‌تر اتخاذ کند.

بر اساس نتایج این مطالعات به نظر می‌رسد که کاهش اشتباه و تعدیل سازی مقیاس فرایند پردازش ناخودآگاه، یادگیری حرکتی را تسهیل کرده و این امر به ویژه برای کود کان دارای رشد ناکافی حافظه‌ی کاری و یادکاری حافظه‌ی کاری (فلج مغزی) مفید است (۲۸). با توجه به قابلیت‌های فیزیکی و جسمی کود کان، استفاده از تجهیزات ورزشی اصلاح شده برای جوانان بسیار رایج است. این ساده‌سازی، اطمینان از انجام موفقیت‌آمیز مهارت را

یک برنامه‌ی تمرین (تصادفی)، که باعث اشتباهات بیشتری می‌شود، مقایسه شد. به نظر می‌رسد که کاهش خطاها در آغاز تمرین، باعث سهولت بیشتر در یادگیری پرتاب کیسه‌ی لوبیا شده باشد، زیرا از نظر ساختاری و عملکردی حافظه‌ی کاری کودکان رشدنا یافته است و لذا مانند بزرگسالان نمی‌توانند از تمام ظرفیت شناختی خود استفاده کنند (۶۷). ضمن اینکه تحقیقات نشان می‌دهند مداخله‌ی زیاد به اجرا و یادگیری کودکان آسیب می‌رساند (۶۸).

سؤالی که از یافته‌های پژوهش حاضر مطرح می‌شود این است: هنگام استفاده از تجهیزات کوچک، کدام مکانیسم زیربنایی از فرایندهای شناختی می‌کاهد، در حالی که این فرضیه بر اساس اصول یادگیری ضمنی کم خطا بنا نهاده شده است؟ باید اذعان کرد که مکانیسم‌های زیربنایی تعدیل‌سازی تجهیزات برای به حداقل رساندن خطا در کودکان، همانند شیوه‌ی کم خطا عمل می‌کنند، با وجود این، احتمال اینکه کودکان مهارت‌های ساده‌سازی شده را آگاهانه انجام دهند، کمتر است. در واقع، مطالعات نشان داده‌اند که در پردازش بازخورد خطا نسبت به بازخورد صحیح، نیازهای شناختی بیشتری وجود دارد (۳۳، ۶۹). نکته‌ی مهم این است که تعدیل‌سازی تجهیزات به کودکان اجازه می‌دهد تا در تلاش برای پیدا کردن مؤثرترین راه حل، که یک جنبه‌ی اساسی از کسب مهارت در نظر گرفته می‌شود، الگوهای حرکت خود را کشف کنند (۲۵).

پیش‌بینی احتمالی تحقیق حاضر این است که مهارت پرتاب همه‌ی کودکان مبتلا به فلج مغزی، زمانی که از تعدیل تجهیزات و همچنین برنامه‌ی تمرین کم خطا استفاده می‌کنند، بیشتر و تکنیک آنها بهتر خواهد شد. همان طور که سیستم نمره‌دهی عملکرد کودکان فلج مغزی نشان داد، این کودکان در آزمون‌های یادداری، تکلیف ثانویه و انتقال با استفاده از برنامه‌ی تمرین کم خطا و تعدیل‌سازی مقیاس، کنترل و عملکرد بهتری داشتند. در واقع، این یافته‌ها با پژوهش‌های قبلی در بررسی تعدیل‌سازی و همچنین یادگیری کم خطا هم‌سوست (۱۳). کاپیو و همکاران (۴۴) تأکید کردند

که کاهش خطا در طول تمرین روشی است برای کاهش نیازهای حافظه‌ی کاری به منظور افزایش مهارت کودکان دارای عقب‌ماندگی ذهنی و جسمی. شاید یکی از دلایل برتری گروه ضمنی در مراحل مختلف یادگیری این باشد که این شیوه‌های تمرینی کودکانی را که دارای ضعف کارکردی حافظه‌ی کاری هستند، مستقیماً درگیر یادگیری یک مهارت نمی‌کند، بلکه یک نوع یادگیری رویه‌ای مستقل از درگیری حافظه‌ی کاری را به کار می‌گیرد (۷۰، ۷۱). در مجموع، یافته‌های به دست آمده نشان می‌دهد که ساده‌سازی مهارت حرکتی و محیط تمرین از طریق تعدیل‌سازی تجهیزات و روش کم خطا یک روش معتبر برای به حداقل رساندن دخالت حافظه در یادگیری حرکتی است.

نتایج تحقیق حاضر در راستای پیش‌بینی‌های چهارچوب نقطه‌ی چالش توسط گوداگنولی و لی (۶۳) است که پیشنهاد می‌کند تعامل نیازهای تکلیف، ویژگی‌های یادگیرنده و شرایط تمرینی بر سطح چالشی که یادگیرنده در طول تمرین با آن مواجه می‌شود، تأثیر می‌گذارد. یک نقطه‌ی چالشی بهینه وجود دارد که در آن فواید تمرینی برای یادگیری به حداکثر می‌رسد، زیرا تمرین یک سطح شناختی متناسب با یادگیرنده را می‌طلبد. اگر سطح چالشی از این نقطه‌ی چالشی مطلوب فراتر برود، ممکن است نتیجه‌ی تلاش شناختی بیشتر از توانایی پردازش اطلاعات یادگیرنده باشد و لذا با فواید یادگیری تداخل پیدا کند. فراتر از این، چهارچوب نقطه‌ی چالشی همچنین پیش‌بینی می‌کند که نقطه‌ی چالشی مطلوب در مورد یادگیرندگان دارای ظرفیت‌های پردازشی و مهارت‌های مختلف (مثلاً، کودکان و بزرگسالان) متفاوت است، لذا شرایط تمرینی که یادگیری را در بزرگسالان تسهیل می‌کند ممکن است برای کودکان مفید نباشد. بنابراین انتظار این است که کودکان به ویژه کودکان دچار آسیب‌های رشدی مغز (نظیر کودکان مبتلا به فلج مغزی) برای دست‌یابی به فواید مطلوب یادگیری حرکتی نیازمند شیوه‌های آرایش تمرین ضمنی (تعدیل‌سازی مقیاس و کم خطا) باشند.

کاهش دخالت حافظه‌ی کاری به خصوص برای کودکان

تجهیزات به دلیل کاهش اشتباهات، از کشف آگاهانه‌ی راه حل‌های حرکتی جلوگیری و در نتیجه میزان درگیری حافظه کاری را نیز کمتر کند. این استدلال را لام و همکاران (۵۰)، زمانی که در طی تمرین کم‌خطا سازمانی را توصیف می‌کنند، بهتر توضیح داده‌اند. به هر حال، اصطلاح تعدیل‌سازی مقیاس جانشین یادگیری کم‌خطا می‌شود. به نظر می‌رسد یادگیری کم‌خطا (تعدیل‌سازی مقیاس) منجر به عملکرد حرکتی شود که نیازهای محدودی را به توجه تحمیل می‌کند؛ به این معنا که فرایند حل مسأله همان‌طور که برنشتاین آن را توصیف کرده، بیشتر یک فرایند ضمنی است تا آشکار. کاهش اتکا بر حافظه کاری ممکن است ضرورت یادگیری حرکتی ضمنی را (در مقایسه با روش‌های سنتی تر یادگیری حرکتی)، به ویژه برای افراد دارای ضعف کارکردی حافظه بیشتر کند (۲۱، ۲۲). بنابراین، تدوین پروتکل مؤثر برای یادگیری حرکتی این جمعیت مبتلا و نیز تعیین عوامل تعدیل‌کننده‌ی این اثر، به یک مطالعه‌ی عمیق‌تر نیاز دارد که پیامد آن بهره‌مندی از برنامه‌های توان‌بخشی و آموزشی برای این کودکان است.

یافته‌ی اصلی پژوهش حاضر این است که نشان می‌دهد محیط‌های آموزش مهارت حرکتی برای اطمینان از اجرای موفقیت‌آمیز تکلیف، باید با مراحل اولیه‌ی یادگیری تطبیق داده شده و فراتر از مرحله‌ی تمرین ظاهر شوند. به علاوه، به کارگیری یک برنامه‌ی تمرینی که باعث آزاد شدن منابع پردازش شناختی (یادگیری ضمنی) می‌شود، کودکان دارای فلج مغزی را قادر خواهد ساخت تا کارایی مهارت‌های حرکتی خود را در حضور چالش‌های مرتبط با امور روزمره حفظ کنند و در بازی‌های اجتماعی فعالیت بدنی نشان دهند. به طور کلی، یافته‌های این مطالعه، کاربردهای عملی مهمی برای مربیان و معلمان ورزش مدارس مربوط به کودکان استثنایی دارد. همچنین خانواده‌ها و والدین باید هنگام خرید لوازم ورزشی از مزایای تعدیل‌سازی این تجهیزات آگاه باشند و مهم‌تر از همه، در مانگرهای فیزیکی، مراکز توانبخشی، باشگاه‌ها و انجمن‌های مرتبط با این گروه از مبتلایان باید از نتایج این تحقیق در طراحی برنامه‌های تمرینی ویژه با

مبتلا به فلج مغزی اسپاستیک که ظرفیت حافظه‌ی کاری آنها در دوران کودکی کامل شکل نگرفته و بعضاً دچار بدکارکردی‌های اجرایی (حافظه‌ی کاری، توجه، توجه پایدار، طرح‌ریزی و سازمان‌دهی عمل، تمرکز و...) هستند، مهم است (۳۳، ۷۰، ۷۱). یادگیری ضمنی باعث بهبود بیشتر اجرای پرتاب در کودکان ناتوان ذهنی، به ویژه شکل حرکت شد (۴۴). به نظر می‌رسد، استفاده از تعدیل‌سازی تجهیزات، فرایندهای آگاهانه در عملکرد و یادگیری یک تکلیف را کاهش دهد. جالب این است که مداخله‌ی یادگیری حرکتی ضمنی، توالی عمل پرتاب کردن در طول بازی آزاد را در کلاس درس، نسبت به یادگیری صریح افزایش می‌دهد (۲۱).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تعداد خطاها در طول تمرین، فارغ از پروتکل تمرینی مورد استفاده، بر یادگیری حرکتی تأثیر می‌گذارد. بنابراین کاهش خطا در هنگام تمرین، یک عامل مهم در یادگیری شرکت‌کنندگان دارای مشکلات حرکتی ذاتی و مشکل حافظه‌ی کاری است و تا زمانی که شیوه‌های جالب و جدیدی که در آن پارادایم‌های جایگزین یادگیری ضمنی (به عنوان مثال، یادگیری قیاس، تمرکز توجه بیرونی، یادگیری چشم ثابت، ارائه‌ی بازخورد در سطح نیمه خود آگاه، تکلیف ثانویه) در این جمعیت مبتلا به کار گرفته شود، این مسیر، مسیری است هموار، اگرچه از دیدگاه بالینی، کشف مناسب‌ترین شیوه‌ی یادگیری در این گروه از شرکت‌کنندگان ضروری است. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که افراد مبتلا به فلج مغزی، قابلیت یادگیری مهارت‌های جدید را دارند. از سوی دیگر، شیوه‌های یادگیری ضمنی این امکان را فراهم می‌سازد که از بروز خطا در افراد مبتلا به فلج مغزی با منابع شناختی تکامل نیافته (مانند حافظه‌ی کاری) پیشگیری و حس اعتماد به نفس و خودکارآمدی آنها تقویت شود و در نتیجه یک مهارت حرکتی جدید را بهتر یاد بگیرند. به این ترتیب، با توجه به این یافته‌ها و نتایج تحقیقات دیگر می‌توانیم در جهت بالا بردن سطح یادگیری این افراد یک برنامه‌ی توان‌بخشی مناسب طراحی کنیم. به نظر می‌رسد که این احتمال وجود دارد که تعدیل‌سازی

تشکر و قدردانی

از کلیه کودکان عزیز و والدینشان که با وجود سختی‌ها در این پژوهش شرکت داشتند، تشکر می‌گردد.

رویکرد توجه به توسعه‌ی یادگیری حرکتی کودکان مبتلا به فلج مغزی استفاده کنند. نتایج این تحقیق نشان داد که احتمالاً قوانین و راهبردهای مربوط به یادگیری ضمنی در کودکان مبتلا به فلج مغزی نیز کاربرد دارد.

دریافت مقاله: ۹۶/۳/۳۰؛ پذیرش مقاله: ۹۶/۱۰/۱۹

منابع

1. Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Goldstein M, Bax M, Damiano D, et al. A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Developmental Medicine & Child Neurology* 2007 Feb;109(suppl 109):8-14.
2. Compagnone E, Maniglio J, Camposeo S, Vespino T, Losito L, De Rinaldis M, et al. Functional classifications for cerebral palsy: Correlations between the gross motor function classification system (GMFCS), the manual ability classification system (MACS) and the communication function classification system (CFCS). *Research in developmental disabilities* 2014 Nov; 1;35(11):2651-7.
3. de Mello Monteiro CB, Massetti T, da Silva TD, van der Kamp J, de Abreu LC, Leone C, et al. Transfer of motor learning from virtual to natural environments in individuals with cerebral palsy. *Research in developmental disabilities* 2014 Oct 1;35(10):2430-7.
4. Eliasson AC, Gordon AM. Impaired force coordination during object release in children with hemiplegic cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology* 2000 Apr; 1;42(4):228-34.
5. Gordon AM, Charles J, Steenbergen B. Fingertip force planning during grasp is disrupted by impaired sensorimotor integration in children with hemiplegic cerebral palsy. *Pediatric research* 2006 Apr; 60(5):587-91.
6. Steenbergen B, Hulstijn W, Dortmans S. Constraints on grip selection in cerebral palsy. *Experimental Brain Research* 2000 Oct; 1;134(3):385-97.
7. Gordon AM, Schneider JA, Chinnan A, Charles JR. Efficacy of a hand–arm bimanual intensive therapy (HABIT) in children with hemiplegic cerebral palsy: a randomized control trial. *Developmental Medicine & Child Neurology* 2007 Nov;49(11):830-8.
8. Steenbergen B, Charles J, Gordon AM. Fingertip force control during bimanual object lifting in hemiplegic cerebral palsy. *Experimental Brain Research* 2008 Mar ;1;186(2):191-201.
9. Saavedra S, Joshi A, Woollacott M, van Donkelaar P. Eye hand coordination in children with cerebral palsy. *Experimental brain research* 2009;192(2):155-65.
10. van Roon D, Steenbergen B, Meulenbroek RG. Trunk use and co-contraction in cerebral palsy as regulatory mechanisms for accuracy control. *Neuropsychologia* 2005Jun ;1;43(4):497-508.
11. Craje C, Aarts P, Nijhuis-van der Sanden M, Steenbergen B. Action planning in typically and atypically developing children (unilateral cerebral palsy). *Research in developmental disabilities* 2010 Sep;1;31(5):1039-46.
12. Hung Y-C, Gordon AM. Motor learning of a bimanual task in children with unilateral cerebral palsy. *Research in developmental disabilities* 2013 Jun ; 1;34(6):1891-6.
13. Farrow D, Reid M. The effect of equipment scaling on the skill acquisition of beginning tennis players. *Journal of Sports Sciences* 2010 May; 1;28(7):723-32.
14. Burtner PA, Leinwand R, Sullivan KJ, Goh HT, Kantak SS. Motor learning in children with hemiplegic cerebral palsy: feedback effects on skill acquisition. *Developmental Medicine & Child Neurology* 2014 Mar May;56(3):259-66.
15. Prado MT, Fernani DC, da Silva TD, Smorenburg AR, de Abreu LC, de Mello Monteiro CB. Motor learning paradigm and contextual interference in manual computer tasks in individuals with cerebral palsy. *Research in Developmental Disabilities* 2017 May ; 1;64:56-63.
16. Wulf G, Shea C, Lewthwaite R. Motor skill learning and performance: a review of influential factors. *Medical education* 2010 Jun;44(1):75-84.
17. Magill RA, Anderson D. *Motor learning and con-*

- trol: Concepts and applications*. New York:McGraw-Hill; 2007.
18. Merbah S, Meulemans T. Learning a motor skill: effects of blocked versus random practice: A review. *Psychologica Belgica* 2011;51(1).
 19. Masters R, Maxwell J. The theory of reinvestment. *International Review of Sport and Exercise Psychology* 2008;1(2):160-83.
 20. 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 Aug;83(3):343-58.
 21. Capio C, Poolton J, Sit C, Holmstrom M, Masters R. Reducing errors benefits the field-based learning of a fundamental movement skill in children. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 2013 Mar; 23(2):181-8.
 22. Steenbergen B, van der Kamp J, Verneau M, Jongbloed-Pereboom M, Masters RS. Implicit and explicit learning: applications from basic research to sports for individuals with impaired movement dynamics. *Disability and rehabilitation* 2010 Jan; 1;32(18):1509-16.
 23. Merbah S, Meulemans T. Learning a motor skill: Effects of blocked versus random practice: A review. *Psychologica Belgica* 2011.
 24. Vickers JN. *Perception, cognition, and decision training: The quiet eye in action: Human Kinetics*; 2007.
 25. Renshaw I, Chow JY, Davids K, Hammond J. A constraints-led perspective to understanding skill acquisition and game play: A basis for integration of motor learning theory and physical education praxis? *Physical Education and Sport Pedagogy* 2010 Apr ; 1;15(2):117-37.
 26. Davids K, Button C, Bennett SJ. *Dynamics of skill acquisition: A constraints-led approach: Human Kinetics*; 2008.
 27. Buszard T, Reid M, Masters R, Farrow D. Scaling the Equipment and Play Area in Children's Sport to improve Motor Skill Acquisition: A Systematic Review. *Sports Medicine* 2016 Jun ;1;46(6):829-43.
 28. Buszard T, Farrow D, Reid M, Masters RS. Scaling sporting equipment for children promotes implicit processes during performance. *Consciousness and cognition* 2014 Nov 1;30:247-55.
 29. Buszard T, Farrow D, Zhu FF, Masters RS. Examining movement specific reinvestment and working memory capacity in adults and children. *International Journal of Sport Psychology* 2013;44(4):351-66.
 30. Hernandez AE, Mattarella-Micke A, Redding RW, Woods EO, Beilock S. Age of acquisition in sport: Starting early matters. *The American journal of psychology* 2011;124(3):253-60.
 31. Masters RS, Poolton JM. 4 Advances in implicit motor learning. *Skill acquisition in sport* 2012:59.
 32. Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor control: translating research into clinical practice*. 4, editor. Philadelphia: Wolters Kluwer Health /Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
 33. van Abswoude F, Santos-Vieira B, van der Kamp J, Steenbergen B. The influence of errors during practice on motor learning in young individuals with Cerebral Palsy. *Research in developmental disabilities* 2015 Oct 1;45:353-64.
 34. Hemayattalab R, Rostami LR. Effects of frequency of feedback on the learning of motor skill in individuals with cerebral palsy. *Research in developmental disabilities* 2010 Jun 1;31(1):212-7.
 35. Hemayattalab R, Arabameri E, Pourazar M, Ardakani MD, Kashefi M. Effects of self-controlled feedback on learning of a throwing task in children with spastic hemiplegic cerebral palsy. *Research in developmental disabilities*. 2013 Sep 1;34(9):2884-9.
 36. Hemayattalab R. Effects of self-control and instructor-control feedback on motor learning in individuals with cerebral palsy. *Research in developmental disabilities* 2014 Nov 1;35(11):2766-72.
 37. Harbourne RT. Accuracy of movement speed and error detection skills in adolescents with cerebral palsy. *Perceptual and motor skills* 2001 Oct;93(2):419-31.
 38. Alloway TP, Gathercole SE, Pickering SJ. Verbal and Visuospatial Short-Term and Working Memory in Children: Are They Separable? *Child development* 2006 Nov;77(6):1698-716.
 39. Masters R, Poolton J, Maxwell J. Stable implicit motor processes despite aerobic locomotor fatigue. *Consciousness and Cognition* 2008 Mar 1;17(1):335-8.
 40. Chiviakowsky S, de Medeiros FL, Kaefer A, Wally R, Wulf G. Self-controlled feedback in 10-year-old children: higher feedback frequencies enhance learn-

- ing. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 2008 Mar 1;79(1):122-7.
41. Maxwell J, Masters R, Eves F. The role of working memory in motor learning and performance. *Consciousness and Cognition* 2003 Sep 1;12(3):376-402.
42. Poolton J, Masters R, Maxwell J. The relationship between initial errorless learning conditions and subsequent performance. *Human movement science* 2005 Jun 1;24(3):362-78.
43. Van der Kamp J, Duivenvoorden J, Kok M, van Hilvoorde I. Motor Skill Learning in Groups: Some Proposals for Applying Implicit Learning and Self-Controlled Feedback. *RICYDE Revista Internacional de Ciencias del Deporte* 2015;11(39):18-32.
44. Capio C, Poolton J, Sit C, Eguia K, Masters R. Reduction of errors during practice facilitates fundamental movement skill learning in children with intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research* 2013 Apr;57(4):295-305.
45. Masters R, van der Kamp J, Capio C, Côté J, Lidor R. Implicit motor learning by children. *Conditions of children's talent development in sport* 2013:21-40.
46. Magill RA, Hall KG. A review of the contextual interference effect in motor skill acquisition. *Human movement science* 1990 Sep 1;9(3-5):241-89.
47. Lotfi Q. *The effect of contextual interference on performance and learning of basketball free throw* [Dissertation]: Tarbiat Moallem of Tehran university; 2004. [Persian].
48. Fooladian J. *The effect of practice schedule on acquisition, retention and translation of generalized motor program and parameter* [Dissertation]: Tehran university; 2006. [Persian].
49. Maxwell J, Masters R, Kerr E, Weedon E. The implicit benefit of learning without errors. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A* 2001;54(4):1049-68.
50. Lam WK, Maxwell JP, Masters R. Analogy learning and the performance of motor skills under pressure. *Journal of Sport and Exercise Psychology* 2009 Jun;31(3):337-57.
51. Larson EJ, Guggenheimer JD. The effects of scaling tennis equipment on the forehand groundstroke performance of children. *Journal of sports science & medicine* 2013 Jun;12(2):323.
52. Buszard T, Farrow D, Reid M, Masters RS. Modifying equipment in early skill development: A tennis perspective. *Research quarterly for exercise and sport* 2014 Apr;85(2):218-25.
53. Lee MC, Chow JY, Komar J, Tan CW, Button C. Nonlinear pedagogy: an effective approach to cater for individual differences in learning a sports skill. *PLoS one* 2014 Aug 20;9(8):e104744.
54. Kachel K, Buszard T, Reid M. The effect of ball compression on the match-play characteristics of elite junior tennis players. *Journal of sports sciences* 2015 Feb 7;33(3):320-6.
55. Timmerman E, De Water J, Kachel K, Reid M, Farrow D, Savelsbergh G. The effect of equipment scaling on children's sport performance: the case for tennis. *Journal of sports sciences* 2015 Jun 15;33(10):1093-100.
56. Hammond J, Smith C. Low compression tennis balls and skill development. *Journal of sports science & medicine* 2006 Dec;5(4):575.
57. Pellett TL, Henschel-Pellett HA, Harrison JM. Influence of ball weight on junior high school girls' volleyball performance. *Perceptual and motor skills* 1994 Jun;78(3_suppl):1379-84.
58. Arias JL. Influence of ball weight on shot accuracy and efficacy among 9-11-year-old male basketball players. *Kinesiology* 2012 Jun 1;44(1).
59. Regimbal C, Deller J, Plimpton C. Basketball size as related to children's preference, rated skill, and scoring. *Perceptual and Motor Skills* 1992 Dec;75(3):867-72.
60. Sanli EA, Lee TD. What roles do errors serve in motor skill learning? An examination of two theoretical predictions. *Journal of motor behavior* 2014 Sep 3;46(5):329-37.
61. Maxwell JP, Capio CM, Masters RS. Interaction between motor ability and skill learning in children: application of implicit and explicit approaches. *European journal of sport science* 2017;17(4):407-16.
62. Adams JA. A closed-loop theory of motor learning. *Journal of motor behavior* 1971 Jun 1;3(2):111-50.
63. Guadagnoli MA, Lee TD. Challenge point: a framework for conceptualizing the effects of various practice conditions in motor learning. *Journal of motor behavior* 2004 Jul 1;36(2):212-24.

64. Porter JM, Beckerman T. Practicing with gradual increases in contextual interference enhances visuo-motor learning. *Kinesiology: International journal of fundamental and applied kinesiology* 2016 Dec 23;48(2):244-50.
65. Schmidt RA. A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological review* 1975 Jul;82(4):225.
66. Jarus T, Ghanouni P, Abel RL, Fomenoff SL, Lundberg J, Davidson S, et al. Effect of internal versus external focus of attention on implicit motor learning in children with developmental coordination disorder. *Research in developmental disabilities* 2015 Feb 1;37:119-26.
67. Song S, Sharma N, Buch ER, Cohen LG. White matter microstructural correlates of superior long-term skill gained implicitly under randomized practice. *Cerebral cortex* 2011 Sep 12;22(7):1671-7.
68. Yanci J, Reina R, Los Arcos A, Cámara J. Effects of different contextual interference training programs on straight sprinting and agility performance of primary school students. *Journal of sports science & medicine* 2013 Sep;12(3):601.
69. Masters RS, Maxwell JP, Eves FF. Marginally perceptible outcome feedback, motor learning and implicit processes. *Consciousness and cognition* 2009 Sep 1;18(3):639-45.
70. Van Rooijen M, Verhoeven L, Smits D, Dallmeijer A, Becher J, Steenbergen B. Cognitive precursors of arithmetic development in primary school children with cerebral palsy. *Research in developmental disabilities* 2014 Apr 1;35(4):826-32.
71. van Rooijen M, Verhoeven L, Smits D-W, Keteelaar M, Becher JG, Steenbergen B. Arithmetic performance of children with cerebral palsy: The influence of cognitive and motor factors. *Research in developmental disabilities* 2012 Mar 1;33(2):530-7.

