

رشد و یادگیری حرکتی - ورزشی - پاییز ۱۳۹۷  
دوره ۱۰، شماره ۳، ص: ۳۸۴-۳۶۷  
تاریخ دریافت: ۲۲ / ۰۳ / ۹۵  
تاریخ پذیرش: ۰۲ / ۰۵ / ۹۶

## کاربرد تمرین کم خطا برای تسهیل یادگیری حرکتی ضمنی در کودکان

حمید صالحی<sup>۱\*</sup> - محبوبه مهرورز<sup>۲</sup> - مهدی رافعی بروجنی<sup>۳</sup>

۱. دانشیار، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران ۲. کارشناسی ارشد، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران ۳. استادیار، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

### چکیده

هدف از این پژوهش بررسی امکان استفاده از کاهش خطاهای مرحله تمرین برای تسهیل فرایندهای یادگیری حرکتی ضمنی در کودکان بود. تعداد ۳۰ دانش آموز (میانگین سن =  $32/1 \pm 33/11$  سال) با دید بسته، کیسه‌های نخود را با ترتیب از فاصله‌های نزدیک به دور یا دور به نزدیک پرتاب کردند. گروه نزدیک به دور مرحله اکتساب را از مسافت ۲ متری هدف آغاز کرد. سپس تکلیف را از فاصله‌های ۳، ۴، و ۵ متری تمرین کردند. گروه دور به نزدیک مرحله تمرین را از مسافت ۵ متری آغاز کرد و سپس به ترتیب به ۴، ۳، و ۲ متر رفت. آزمون‌های تکلیف منفرد و تکلیف دوگانه تأخیری از ۳/۵ متری هدف گرفته شد. در مرحله اکتساب، نسبت خطاهای گروه نزدیک به دور (کم خطا) از گروه دور به نزدیک (پر خطا) به میزان معناداری کمتر بود. در آزمون تکلیف منفرد، تفاوت بین گروهی معنادار پیدا نشد. یافته‌ها همچنین نشان داد گروه کم خطا، در شرایط تکلیف دوگانه تکلیف را با خطای کمتری نسبت به گروه پر خطا انجام داد. نتیجه‌گیری شد که خطاهای کمتر هنگام تمرین یک مهارت حرکتی می‌تواند استفاده از فرایندهای یادگیری حرکتی ضمنی در کودکان را تسهیل کند.

### واژه‌های کلیدی

تکلیف دوگانه، کودکان، یادگیری پنهان، یادگیری کم خطا.

**مقدمه**

براساس مدل‌های شناختی یادگیری، در یادگیری مهارت‌های حرکتی اغلب چند مرحله طی می‌شود (۱)، (۲). براساس مدل فیتز و پوزنر (۲) در مرحله شناختی-کلامی یادگیرنده درگیر گردآوری راهبردهای جدید برای انجام دادن مهارت حرکتی است و بیشتر به‌طور شناختی درگیر انجام مهارت است، به این صورت که با استفاده از روش آزمون و خطا راهبردهای تدوین‌شده را به بوتۀ آزمایش می‌گذارد. در ادامه تمرین مهارت به تدریج خودکار می‌شود (۲).

براساس نظریۀ طرحوارۀ حرکتی اشمیت (۳) در کوشش‌های تمرینی و از طریق کوشش و خطا، به تدریج مجموعه‌ای از قوانین (طرحواره‌ها) ساخته می‌شود که یادگیری را تقویت می‌کند. پیش از تئوری طرحواره، بانفوذترین تئوری درباره عملکرد و یادگیری حرکتی، تئوری حلقۀ بسته آدامز (۱) بود. طبق این تئوری، کنترل حرکت با مقایسه بازخورد ناشی از حرکت در حال انجام (که او آن را ردۀ ادراکی نامید) و حرکتی که پیشتر انجام شده است، اتفاق می‌افتد. چون تکرارها مسیر ادراکی حافظه را اشغال می‌کنند، برای هماهنگی حرکت در حال انجام مهم است تا حد امکان حرکت درست تکرار شود. به این ترتیب، در تئوری حلقۀ بسته آدامز (۱) خطاها هنگام تمرین عاملی منفی برای یادگیری هستند، زیرا مسیرهای ادراکی حرکت‌های نادرست را تقویت می‌کنند. برعکس تئوری آدامز (۱)، در تئوری طرحواره (۳) هر دو حرکات درست و نادرست برای یادگیری سودمندند و همه تجربیات، چه حرکات درست و چه خطا نقشی برابر در تقویت طرحواره ایفا می‌کنند. دلیل، وجود دو بازنمایی حافظۀ متفاوت، یکی مسئول ساخت یک پاسخ حرکتی (طرحواره فراخوان) و دیگری مسئول شناسایی درست بودن پاسخ‌ها (طرحوارۀ بازشناسی) است و اینکه به‌ویژه برای حرکات سریع این دو طرحواره مستقل از هم عمل می‌کنند (۳).

در مراحل اولیه یادگیری حرکتی، فراگیر از قواعد موجود در مهارت آگاه می‌شود و به‌صورت هشیار و از طریق فرایند ساخت و آزمون فرضیه و ساختن یک سری قوانین، که قابلیت کلامی شدن دارند، مهارت را یاد می‌گیرد. برخی این نوع یادگیری را یادگیری صریح (آشکار) می‌خوانند. برخی (مانند مسترز (۴)) اعتقاد دارند یادگیرنده می‌تواند مراحل اولیه را از طریق یادگیری پنهان (ضمنی) سپری کند و به‌نوعی مرحله شناختی-کلامی را دور بزند. براساس این دیدگاه نظری، در یادگیری پنهان، برخلاف یادگیری آشکار، حافظۀ کاری فعال نیست و یادگیرنده بدون آگاهی و هشیاری، مهارت را یاد می‌گیرد و از آنچه آموخته، آگاه نیست (۴، ۵). براساس دیدگاه مک‌ماهان و مسترز (۶) مهارت‌هایی که در شرایط یادگیری پنهان آموخته می‌شوند، در طول زمان ماندگاری بیشتری دارند و در برابر شرایط

فشار روانی و شناختی پایدارترند. استفاده از پروتکل یادگیری پنهان ابتدا برای غلبه بر پدیدهٔ انسداد تحت فشار پیشنهاد شد. براساس دیدگاه مسترز (۴)، اگر در مراحل اولیه یادگیری به صورت آشکار اتفاق بیفتد، هنگامی شخص تحت فشار روانی (برای مثال رقابت) یا فشار شناختی (شرایط تکلیف دوگانه) قرار گیرد، به مجموعه قوانین و راهبردهایی جمع‌آوری شده در مراحل اولیه بازگشت می‌کند و به صورت هشیار آنها را در ذهن خود مرور می‌کند. بازگشت دوباره و هشیارانه به اندیشه‌هایی که به ساخت این قوانین یا راهبردها منجر شده، می‌تواند موجب افت عملکرد شود (۷، ۸).

اولین بار مسترز (۴) پروتکل کارامدی را برای کمینه کردن انباشتگی قوانین و راهبردها در مرحلهٔ شناختی-کلامی پیشنهاد کرد. در این شیوه از روش تکلیف دوگانه برای یادگیری یک تکلیف حرکتی استفاده شد. پروتکل موردنظر به این شکل بود که هنگام یادگیری مهارت گلف از یک تکلیف ثانویه شامل تولید تصادفی حروف الفبا، استفاده شد. بررسی گزارش‌های گفتاری شرکت‌کنندگان نشان داد افزودن تکلیف ثانویه سبب کاهش تعداد قوانین یا راهبردهای به‌کاررفته به وسیلهٔ فراگیر شد. به نظر مسترز (۴) کاهش به این دلیل بوده که در طول اکتساب مهارت حافظهٔ کاری قبلاً توسط تکلیف شناختی تولید حروف الفبا اشغال شده است. این در حالی بود که عملکرد گلف شرکت‌کنندگانی که تحت شرایط تکلیف دوگانه تمرین کرده بودند، پیشرفت کرد، که به‌زعم مسترز (۴) بیانگر این بوده که یادگیری اتفاق افتاده است. با وجود این دو چالش قابل بحث دربارهٔ استفاده از پروتکل‌های اکتساب مهارت با استفاده از تکلیف دوگانه پیشنهاد شده است؛ اول اینکه، هنگامی که از روش تکلیف دوگانه برای ایجاد یادگیری پنهان استفاده می‌شود، با وجود برتری اجرا در شرایط فشار، در مرحلهٔ اکتساب عملکرد دچار نابسامانی می‌شود و این اختلال ممکن است آثاری مانند تداخل زمینه‌ای ایجاد کند (۹). همچنین، اینکه از فراگیر بخواهیم هنگام تمرین مهارت اصلی با صدای بلند حروف الفبا را، به‌عنوان تکلیف ثانویه، به صورت تصادفی بازگو کند، در زمینه‌های کاربردی مانند ورزش غیرعملی است (۱۰).

با دو چالشی که برای پروتکل تکلیف دوگانه گفته شد، ماکسول، مسترز، کر، و وِڈن (۵) یک پروتکل جایگزین به نام کم‌خطا را ارائه کردند. در اینجا منظور از کم‌خطا این است که اشتباه‌ها به‌خصوص در آغاز تمرین کمینه شود نه اینکه در کل از خطا جلوگیری به‌عمل آید. ماکسول و همکاران (۵) این فرضیه را مطرح کردند که، هنگامی که فراگیر در یک پروتکل کم‌خطا درگیر شود، به‌طور پیش‌فرض در یادگیری ضمنی درگیر خواهد شد، زیرا اگر اشتباهی نباشد، قاعدتاً ساخت و آزمون فرضیه نیاز نخواهد شد. ماکسول و همکاران (۵) با استفاده از مهارت ضربهٔ گلف این فرضیه را آزمودند. شرایط کم‌خطا به

این صورت تعریف شد که در کوشش‌های تمرینی، شرکت‌کنندگان با حرکت تدریجی از مسافت نزدیک به چاله (هدف) به سمت مسافت دور (هشت فاصله؛ به ترتیب ۲۵ تا ۲۰۰ سانتی‌متری) ضربه‌های گلف (۵۰ کوشش برای هر فاصله و در مجموع ۴۰۰ کوشش) را تمرین کردند. در این شرایط به احتمال زیاد خطاها در آغاز کمینه می‌شود، ولی دشواری افزایش می‌یابد. در شرایط پرخطا، فراگیر ضربه‌های خود را با چیدمانی برعکس (از مسافت دور به نزدیک) انجام داد. این وضعیت سبب می‌شد در آغاز خطاها و با پیشرفت تمرین دشواری کاهش یابد. مطابق انتظار، در آزمون (از بیشترین مسافت تجربه‌شده؛ ۲۰۰ سانتی‌متری) در شرایط تکلیف دوگانه، گروهی که در شرایط کم‌خطا تمرین کرده بود، تحت تأثیر تکلیف ثانویه قرار نگرفت، ولی کسانی که شیوه پرخطا را تجربه کرده بودند، افت کردند. در آزمون یادداری (از مسافت ۲۰۰ سانتی‌متری) نیز شرکت‌کنندگان شیوه کم‌خطا نسبت به گروهی که روش پرخطا را دنبال کرده بودند، بهتر عمل کردند. هنگامی که در آزمون انتقال از مسافت جدید (۳۰۰ سانتی‌متری) استفاده شد، تفاوتی در عملکرد گروه‌ها دیده نشد. متأسفانه، ماکسول و همکاران (۵) در پژوهش خود اطلاعاتی درباره فاصله استراحت بین مرحله اکتساب و آزمون ارائه نکرده‌اند تا بتوان درباره پایداری پروتکل ارائه‌شده توسط آنها در برابر گذشت زمان و ماندگاری این آثار نتیجه‌گیری کرد. چالش دیگری که در کار ماکسول و همکاران (۵) دیده می‌شود، این است که آزمون‌های یادداری (تکلیف منفرد) و انتقال (تکلیف دوگانه) از بیشترین مسافت تجربه‌شده (۲۰۰ سانتی‌متری) گرفته شده است. حال آنکه دو گروه کم‌خطا و پرخطا در مراحل مختلف تمرین این مسافت را تجربه کرده‌اند؛ گروه کم‌خطا در بلوک پایانی و گروه پرخطا در اولین بلوک. براساس چارچوب نقطه چالش<sup>۱</sup>، که توسط گوادانولی و لی (۱۱) پیشنهادشده، درجه دشواری این مسافت برای دو گروه یکسان نبوده است و ممکن است این مسئله علت مشاهده الگوی نتایج پژوهش ماکسول و همکاران (۵) باشد، نه فعال شدن فرایندهای ضمنی (پنهان). محدودیت دیگر آزمایش‌های انجام‌گرفته در تحقیق ماکسول و همکاران (۵) آن است که اثر ترتیب آزمون‌های گرفته‌شده نه کنترل و نه بررسی شده است.

در پژوهش‌هایی که پروتکل کم‌خطا به کار رفته است، از شرایط فشار گوناگون برای بررسی مزایای آن استفاده شده است. ولی آثار تمرین کم‌خطا روی یادداری و انتقال تأخیری کمتر بررسی شده است. آزمون‌های تأخیری (معمولاً یک تأخیر حداقل ۲۴ ساعته رعایت می‌شود) معیارهای معتبری برای بررسی تغییرات کمابیش پایدار عملکرد نسبت به گذشت زمان هستند (۱۲). خطر استفاده نکردن از

## 1. Challenge Point Framework

آزمون‌های یادداری و انتقال تأخیری این است که گاهی شرایطی که عملکرد مرحله اکتساب را بهبود می‌بخشد، می‌تواند برای یادگیری زین‌آور باشد. یک نمونه شناخته‌شده «اثر تداخل زمینه‌ای» است. برای نمونه، شی و مورگان (۱۳) تأثیر دو آرایش تمرین مسدود در برابر تصادفی را بر اجرای یک تکلیف حرکتی در طول اکتساب، یادداری و/یا انتقال بررسی کردند. نتایج آزمایش کلاسیک شی و مورگان (۱۳) در مرحله اکتساب همانند آزمایش‌های اولیه یادگیری حرکتی ضمنی (برای مثال، مسترز (۴) یا ماکسول و همکاران (۵)) است. به این صورت که اجرای کسانی که شرایط تمرین دشوارتری داشتند (تمرین تصادفی)، ضعیف‌تر از کسانی بود که تمرین با شرایط آسان‌تر (تمرین مسدود) را تجربه کردند. ولی، این کاهش عملکرد در آزمون‌های یادداری و انتقال برعکس شد، که نشان می‌دهد با اینکه تمرین مسدود برای عملکرد مفید است، ولی هنگامی که در آزمون یادداری با تمرین تصادفی مقایسه شود، مشخص می‌شود این شرایط برای یادگیری زین‌بار است (۱۳). شاید برتری تمرین پرخطا نیز مانند تمرین تصادفی، آثار خود را در آزمون‌های یادداری یا انتقال تأخیری نشان دهد.

در پژوهش‌های کم و بیش زیادی پروتکل‌های کم‌خطا استفاده شده است. از یک سو، یافته‌های همه این پژوهش‌ها همسو نیست. برای نمونه به‌تازگی، سانلی و لی (۱۴، ۱۵) آزمایش‌هایی انجام داده‌اند که در آن شرکت‌کنندگان موظف بودند دیسکی را به‌سوی هدف بلغزانند. در آزمایش اول سانلی و لی (۱۴) از هدف‌هایی با هشت اندازه متفاوت و در آزمایش دوم و همچنین در سانلی و لی (۱۵) از هشت مسافت متفاوت استفاده شد. پیامد دستکاری اندازه هدف (پیشرفت از آسان به سخت) و به‌ویژه مسافت (پیشرفت از مسافت نزدیک به دور) در هر دو تحقیق در کل سبب مشاهده آثار یادگیری پنهان در تکلیف حرکتی ظریف به‌کاررفته نشد. از سوی دیگر، در بیشتر پژوهش‌ها از نمونه‌های بزرگسال استفاده شده است و شواهد اندکی در مورد اثربخشی پروتکل‌های کم‌خطا برای برانگیختن فرایندهای یادگیری پنهان در کودکان وجود دارد (۱۶). به‌تازگی محمدی، قمری و حصار (۱۷)، با تکرار پژوهش ماکسول و همکاران (۵) و البته با ویژگی افزودن آزمون‌های تأخیری به طرح تحقیق، تعمیم‌پذیری تمرین از فواصل نزدیک به دور و برعکس را در ضربه زدن با توپ فوتبال به یک میله (هدف) برای کودکان بررسی کرده‌اند. چالشی همانند محدودیت تحقیق ماکسول و همکاران (۵) در این پژوهش نیز به چشم می‌خورد. به این صورت که در مرحله آزمون از دورترین مسافت تمرین‌شده (مسافت ۸ متری) استفاده شده است. در گزارش محمدی و همکاران (۱۷) در هر دو آزمون تکلیف منفرد و تکلیف دوگانه گروه تمرین نزدیک به دور عملکرد بهتری نسبت به گروه دیگر داشته است. ولی مشخص نشده عملکرد

کدامیک از گروه‌ها در برابر افت ناشی از شرایط فشار شناختی (تکلیف دوگانه) مقاوم بوده است تا بتوان از آن به‌عنوان ویژگی و/یا برتری شرایط فراهم‌شده در پروتکل کم‌خطا (۶) استفاده کرد. محدودیت دیگر پژوهش محمدی و همکاران (۱۷) آن است که همانند آزمایش اول ماکسول و همکاران (۵)، ترتیب آزمون‌های تکلیف منفرد و تکلیف دوگانه مشخص نیست و راهی نیز نیست که روشن شود آیا اثر این عامل مشتبه‌ساز<sup>۱</sup> کنترل یا بررسی شده است یا نه. در این تحقیق نیز مشابه آزمایش اول ماکسول و همکاران (۵) در آزمون از مسافت جدید (۹/۵ متری) که دورتر از فواصل تمرین‌شده بود، تفاوتی بین دو گروه تمرین از فواصل نزدیک به دور و برعکس پیدا نشد.

پژوهش‌های بیشتر در این زمینه از یک سو می‌تواند موجب افزایش دانش ما در زمینه فرایندهای یادگیری حرکتی ضمنی (پنهان) شود، و از سوی دیگر امکان تعمیم‌پذیری بیشتر یافته‌های پیشین را فراهم می‌سازد. طراحی روش‌های تمرین که بتواند خطاها را کاهش دهد و درگیری حافظه کاری را کمینه کند، می‌تواند بهترین روش یادگیری مهارت‌های حرکتی پایه (مانند پرتاب کردن (۱۸)) و مهارت‌های ورزشی (۱۹) برای کودکان باشد. بنابراین اهمیت مطالعاتی که در این زمینه انجام می‌گیرد آن است که بتوان از مزایای تسهیل تحریک/فعال شدن فرایندهای پنهان در اجرا و یادگیری مهارت‌های حرکتی در کودکان سود برد (۱۶) و کارآمدترین شیوه‌های تمرین برای یادگیری مهارت‌های حرکتی را تعیین کرد. با توجه به ضرورت و اهمیت بیان‌شده، در طرح تحقیق تا حد ممکن تنگناهای پژوهش‌های پیشین از میان برداشته شد. در این طرح، امکان تسهیل فرایندهای یادگیری ضمنی در کودکان از طریق دستکاری ترتیب تمرین از مسافت‌های مختلف در یک تکلیف حرکتی درشت بررسی شد. در طرح تحقیق مرحله اکتساب از دو پروتکل مشابه پژوهش‌های گذشته (برای نمونه، ماکسول و همکاران (۵)، محمدی و همکاران (۱۷) و آزمایش دوم سانلی و لی (۱۴)) استفاده شد. به این صورت که کودکان یک تکلیف هدف‌گیری پرتابی ویژه را با دستکاری پارامتر مسافت پرتاب، به دو شیوه پیش‌رونده (از نزدیک به دور) و برعکس (از دور به نزدیک) تمرین کردند. سپس آثار تمرین با این دو شیوه با استفاده از آزمون‌های تأخیری در شرایط تکلیف منفرد و تکلیف دوگانه ارزیابی شد. با تمهیدات انجام‌گرفته، پیش‌بینی شد با تمرین از مسافت‌های نزدیک به دور نسبت کوشش‌های خطا کمتر از هنگامی است که ترتیب تمرین برعکس است، و اینکه، با این‌گونه تمرین کم‌خطا می‌توان فرایندهای یادگیری حرکتی ضمنی در کودکان را تسهیل کرد.

## 1. Confounding Factor

## روش‌شناسی

### شرکت‌کنندگان

تعداد ۳۰ کودک (۶ دختر و ۲۴ پسر) با دامنه سن ۱۰-۱۳ سال (میانگین = ۱۱.۳۳، انحراف معیار = ۱.۳۲) داوطلبانه در این تحقیق مشارکت کردند. همه شرکت‌کنندگان اظهار داشتند از دست راست برای پرتاب کردن استفاده می‌کنند. از شرکت‌کنندگان و والدین آنها رضایت‌نامه گرفته شد. شرکت‌کنندگان هیچ تجربه قبلی با تکلیف نداشتند و از اهداف ویژه تحقیق نیز آگاه نبودند.

### ابزار و تکلیف

در این پژوهش از تکلیفی به نام پرتاب کیسه‌های نخود<sup>۱</sup> استفاده شد. این تکلیف در تحقیقات گذشته برای ارزیابی یادگیری حرکتی در کودکان استفاده شده است (۲۰، ۲۱). از شرکت‌کنندگان درخواست شد درحالی‌که یک چشم‌بند دید آنها را مسدود کرده بود، با دست غیر برتر (چپ) کیسه‌های ۱۰۰ گرمی را به‌سوی یک هدف دایره‌ای که روی زمین پهن شده بود، پرتاب کنند. وسط هدف دایره‌ای ۱۰ سانتی‌متری بود که با رنگ سیاه مشخص شد و داخل آن عدد (امتیاز) ۱۰۰ با رنگ سفید نوشته شد. برای ارزیابی دقت پرتاب دایره‌هایی به مرکز هدف و با شعاع‌های ۲۰، ۳۰، ۴۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر رسم شد (شکل ۱).



شکل ۱. هدف و جایگاه‌های تعیین شده برای امتیازدهی

از شرکت‌کنندگان درخواست شد از هدف دور شوند و پشت خط بایستند و کیسه‌ها را به‌سوی مرکز هدف پرتاب کنند. اگر کیسه در منطقه هدف فرود می‌آید، ۱۰۰ امتیاز داده می‌شد. اگر نقطه فرود در مناطق دیگر یا بیرون بزرگ‌ترین دایره بود، به‌ترتیب ۹۰، ۸۰، ۷۰، ۶۰، ۵۰، ۴۰، ۳۰، ۲۰، ۱۰، و صفر امتیاز ثبت می‌شد. محاسبه امتیاز دقت پرتاب به این صورت بود که اولین نقطه برخورد کیسه با زمین ثبت می‌شد و در مواردی که کیسه روی خط فرود می‌آید، امتیاز بالاتر داده می‌شد.

### شیوه اجرا

شرکت‌کنندگان به شیوه تصادفی در دو گروه نزدیک به دور و دور به نزدیک به تعداد برابر ( $n_1 = n_2 = 15$ ) جایگزین شدند، به‌طوری‌که تعداد دخترها و پسرها در هر گروه برابر باشد. در پژوهش‌های یادگیری حرکتی معمول این است که پیش از آغاز تمرین، برای جایگزینی شرکت‌کننده‌ها در گروه‌ها پیش‌آزمون گرفته می‌شود تا بتوان معیاری مناسب برای ارزیابی یادگیری‌های بعدی در اختیار داشت. به دو دلیل امکان استفاده از این شیوه شدنی نبود. اولاً، در مراحل اولیه یادگیری و از آغاز دو گروه از فواصل متفاوت پرتاب کیسه‌ها را آغاز می‌کردند، بنابراین مقایسه عملکرد آنها شدنی نبود. دوم اینکه، استفاده از پیش‌آزمون سبب به‌وجود آمدن دو چالش می‌شد. اگر از مسافتی نزدیک (برای نمونه ۲ متری یا کمتر) برای پیش‌آزمون همه شرکت‌کنندگان استفاده می‌شد، چه‌بسا در امتیاز اجرا اثر سقف به‌وجود می‌آید، چون احتمالاً همه شرکت‌کنندگان از این مسافت کم در همه کوشش‌ها بالاترین امتیاز ممکن را کسب می‌کنند. از سوی دیگر فواصل دورتر موجب تولید خطا در اجرا می‌شود. بنابراین گروه کم‌خطا در شرایط یادگیری آشکار قرار می‌گیرد و در نتیجه اعتبار گروه کم‌خطا زیر سؤال خواهد رفت. به همین دلایل، با گزینش تصادفی فرض شد توانایی هر دو گروه در آغاز تمرین برابر است (۵).

با استفاده از چشم‌بند دید شرکت‌کنندگان مسدود شد. پیش از هر ایستگاه به آنها اجازه داده می‌شد به صفحه هدف نگاه کنند. ابتدا شرکت‌کنندگان از هدف تکلیف آگاه شدند. سپس شیوه پرتاب از آموزش داده شد. در همه مراحل تحقیق درست پس از هر کوشش بازخورد داده شد. این بازخورد براساس جایگاه فرود کیسه (امتیاز دقت پرتاب) و جهت فرود ارائه شد. برای تعیین جهت پرتاب، صفحه هدف به چهار ربع دایره شامل "دور"، "نزدیک"، "راست"، "چپ" تقسیم شد (۲۰، ۲۱). روی صفحه هدف تنها جایگاه‌ها "راست" و "چپ" مشخص و نوشته شد (شکل ۱). بازخورد شامل اطلاعاتی در مورد دور بودن از مرکز با گفتن امتیاز به‌دست‌آمده و جهت با گفتن واژه دور یا نزدیک یا راست یا چپ بود.



تحقیق به دو مرحله اکتساب و آزمون تقسیم شد. مرحله اکتساب هشت بلوک ۱۲ کوششی بود که از چهار مسافت ۲، ۳، ۴، و ۵ متر (دو بلوک از هر مسافت) اجرا شد. گروه دور به نزدیک پرتاب را از دورترین مسافت (۵ متر) آغاز کرد و به صورت پیش‌رونده به نزدیک‌ترین مسافت (۲ متر) نقل‌مکان کرد. شرکت‌کنندگان این گروه در بلوک‌های اول و دوم از مسافت ۵ متر، بلوک‌های سوم و چهارم از مسافت ۴ متر، بلوک‌های پنجم و ششم از مسافت ۳ متر، و سرانجام در دو بلوک هفتم و هشتم از مسافت ۲ متر پرتاب کردن را تمرین کردند. گروه نزدیک به دور از نزدیک‌ترین مسافت (۲ متر) شروع کرد و با چیدمانی برعکس به سوی دورترین مسافت (۵ متر) حرکت کرد. کار با آموزش شیوه انجام تکلیف پرتاب و روش امتیازدهی به اجرا آغاز شد؛ سپس شرکت‌کنندگان پشت خطی که روی زمین کشیده شده بود و مسافت آن تا مرکز هدف در کنار آن نوشته شده بود، ایستادند و هدف را بدون چشم‌بند دیدند. هر گاه شرکت‌کننده اظهار آمادگی می‌کرد، کیسه در اختیار او قرار می‌گرفت و پس از مسدود شدن دید، اقدام به پرتاب می‌کرد. پس از پرتاب، بازخورد داده شد و جای دقیق برخورد کیسه ثبت شد. همه پرتاب‌ها به همین روال اجرا شد. در هر مسافت دو پرتاب دست‌گرمی و سپس کوشش‌های اصلی اجرا می‌شد. به دلیل سن کم شرکت‌کنندگان، در هر مسافت دو بلوک تمرین شد. فاصله استراحت بین بلوک‌ها سه دقیقه بود.

پس از اکتساب، آزمون‌های تکلیف منفرد و تکلیف دوگانه، با تأخیر دوازده (۴۸ ساعت) انجام گرفت. آزمون در شرایط تکلیف منفرد شامل یک بلوک ۱۲ کوششی بود. مشابه تحقیقات گذشته (مانند آزمایش دوم تحقیق ماکسول و همکاران (۵)، پولتون و همکاران (۲۲) و سانلی و لی (۱۵)) آزمون‌ها از نقطه وسط فواصل مرحله اکتساب، یعنی مسافت ۵/۳ متری از مرکز هدف، اجرا شد. در آزمون با شرایط تکلیف دوگانه، یک تکلیف ثانویه از نوع شناختی استفاده شد. این تکلیف به این صورت بود که از شرکت‌کنندگان درخواست شد از آغاز پرتاب‌ها تا پایان، با صدای بلند و به روش معکوس از ۱۰۰ به صورت ۳ به ۳ بشمارند. برای اطمینان در خصوص دستکاری شرایط آزمایشی، درستی پاسخ شرکت‌کنندگان بررسی می‌شد. برای کنترل سوگیری ناشی از نظم زمان انجام دو آزمون نیمی از شرکت‌کنندگان، که به روش تصادفی گزینش شدند، نخست آزمون تکلیف منفرد و سپس آزمون تکلیف دوگانه را اجرا کردند و نیم دیگر برعکس عمل کردند. در کل کوشش‌های مرحله آزمون هیچ بازخوردی درباره جایگاه فرود کیسه روی صفحه هدف (امتیاز) ارائه نشد و پیش از بلوک‌های آزمون مجال انجام دو کوشش دست‌گرمی با چشم باز داده شد.

### روش‌های آماری

هنگامی که کیسه در جایی بیرون از منطقه هدف فرود می‌آید، به‌عنوان کوشش خطا در نظر گرفته شد. نسبت خطاها<sup>۱</sup> در هر بلوک متغیر وابسته اصلی بود که برای مقایسه عملکرد گروه‌ها در مراحل اکتساب و آزمون استفاده شد. در مرحله اکتساب، نسبت داده‌های بلوک‌های هر یک از فواصل مشابه با همدیگر مقایسه شد. به این صورت که برای مثال نسبت کوشش‌های خطا در بلوک اول و دوم گروه نزدیک به دور به ترتیب با بلوک هفت و هشت گروه دور به نزدیک، که هر چهار بلوک از مسافت ۲ متر اجرا شده بودند با هم مقابله شد. برای تحلیل داده‌های مرحله اکتساب از یک تحلیل واریانس ۲ گروه (نزدیک به دور؛ دور به نزدیک)  $8 \times$  بلوک (فاصله مشابه) در مرحله اکتساب، با تکرار سنجش روی عامل آخر استفاده شد. علاوه بر این، نسبت خطاها در کل کوشش‌های اکتساب دو گروه نیز شمارش و با استفاده از آزمون تی مقایسه شد. در آزمون‌های تکلیف منفرد و تکلیف دوگانه، نسبت کوشش‌های خطا با استفاده از یک تحلیل واریانس ۲ گروه  $2 \times$  شرایط آزمون انتقال (تکلیف منفرد؛ تکلیف دوگانه) با تکرار سنجش روی عامل دوم تحلیل شد. برای انجام مقایسه‌های چندگانه و تعیین تفاوت‌های معنادار از آزمون تی با اصلاح سطح معناداری به روش بونفرونی استفاده شد.

### نتایج

#### اکتساب

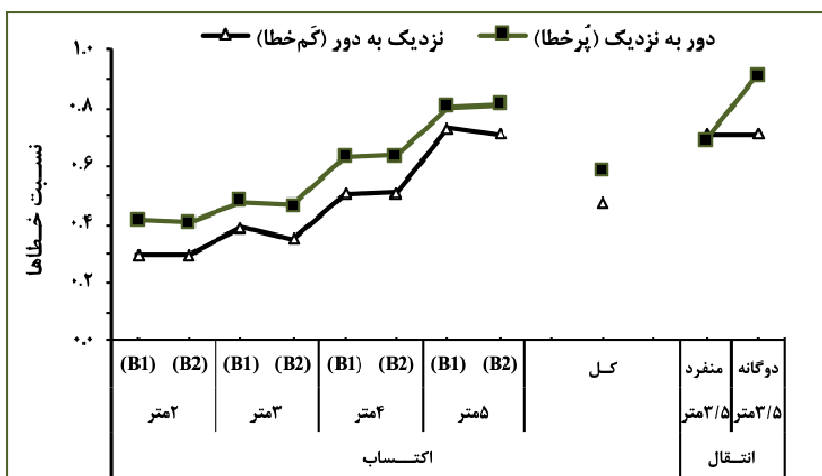
نسبت کوشش‌های خطا در مرحله اکتساب در سمت چپ شکل ۲ ارائه شده است. در تحلیل واریانس انجام‌گرفته آزمون کرویت موچلی<sup>۲</sup> نشان داد فرض کرویت برای اثر اصلی بلوک برقرار نیست  $\chi^2(27) = 62/64, P < 0/001$ . بنابراین درجات آزادی با استفاده از برآوردهای گرینهوس-گیزر برای کرویت<sup>۳</sup> ( $\epsilon = 0/62$ ) اصلاح شد. براساس نتایج تحلیل واریانس، اثر اصلی بلوک  $\eta^2_p = 0/80$ ،  $p < 0/001$ ،  $F(1, 28) = 44/58$ ،  $p < 0/001$ ،  $\eta^2_p = 0/62$ ، همچنین اثر اصلی گروه  $F(4/32 \text{ و } 120/84) = 127/01$ ، ولی اثر تعاملی معنادار نشد  $F(7 \text{ و } 196) < 1$ ، نسبت خطاها در کل مرحله اکتساب دو گروه در قسمت وسط شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که انتظار می‌رفت، گروه نزدیک به دور

- 
- 1 . Proportion of errors
  - 2 . Mauchly's test of sphericity
  - 3 . Greenhouse-Geisser estimates of sphericity

نسبت به گروه دور به نزدیک ( $M=0/47, SD=0/047$ ) نسبت به گروه دور به نزدیک ( $M=0/58, SD=0/047$ ) خطای کمتری داشت  $t(28)=6/56, p < 0/001$ .

### آزمون‌های انتقال در شرایط تکلیف منفرد و تکلیف دوگانه

نسبت کوشش‌های خطا در آزمون انتقال با شرایط تکلیف منفرد و آزمون انتقال با تکلیف دوگانه در سمت راست شکل ۲ ارائه شده است. براساس نتایج تحلیل واریانس، اثر تعاملی گروه در آزمون  $\eta^2_p = 0/55, F(1,28) = 33/64, p < 0/001$  و اثر اصلی آزمون  $\eta^2_p = 0/54, F(1,28) = 2/90, p = 0/10, \eta^2_p = 0/09$ ، ولی اثر گروه معنادار نشد  $F(1,28) = 32/84$  به معناداری اثر تعاملی، آزمون مقایسه‌های چندگانه اجرا شد. مقایسه دو گروه در آزمون انتقال با شرایط تکلیف دوگانه نشان داد نسبت خطاهای گروه تمرین دور به نزدیک ( $M=0/91, SD=0/12$ ) به میزان معناداری بیشتر از گروه نزدیک به دور ( $M=0/71, SD=0/18$ ) است  $t(28) = 3/52, p = 0/002$ ، ولی در آزمون با شرایط تکلیف منفرد تفاوت بین گروهی معنادار مشاهده نشد  $t(28) < 1$ . نسبت خطاهای گروه دور به نزدیک در آزمون با شرایط تکلیف دوگانه ( $M=0/91, SD=0/12$ ) نسبت به آزمون با شرایط تکلیف منفرد ( $M=0/69, SD=0/10$ ) از نظر آماری افزایش یافت  $t(14) = 7/17, p < 0/001$ ، درحالی‌که در گروه نزدیک به دور از این لحاظ تفاوت معنادار مشاهده نشد  $t(14) < 1$ .



شکل ۲. نسبت خطاهای گروه‌های کم‌خطا و پرخطا برحسب فواصل پرتاب در مراحل اکتساب و انتقال

### بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی پژوهش حاضر بررسی امکان استفاده از کاهش خطاهای مرحله تمرین برای تسهیل فرایندهای یادگیری حرکتی ضمنی (پنهان) در کودکان بود. پیش‌بینی شد شرکت‌کنندگانی که تمرین یک تکلیف هدف‌گیری پرتابی را از فاصله‌های نزدیک به هدف شروع کرده و کم‌کم فاصله‌های دورتر را تمرین می‌کنند، در مرحله اکتساب اجراهای کم خطاتری خواهند داشت. همچنین پیش‌بینی شد این کم‌خطا بودن اجرا، به‌ویژه در ابتدای اکتساب، موجب محدود شدن ساخت و آزمون فرضیه می‌شود، بنابراین ویژگی یادگیری پنهان خود را به‌صورت مقاومت عملکرد در برابر افت در آزمون تأخیری با شرایط فشار شناختی (تکلیف دوگانه) نشان خواهد داد.

همان‌گونه‌که انتظار می‌رفت دستکاری انجام‌گرفته در مرحله تمرین روی نسبت کوشش‌های خطا اثرگذار بود. به این صورت که اولاً، نسبت کوشش‌های خطا برای فواصل نزدیک (آسان‌تر) در مقایسه با فواصل دور (دشواری) کمتر بود؛ ثانیاً، گروه نزدیک به دور در مرحله تمرین نسبت به گروه دور به نزدیک خطای کمتری داشت. بنابراین مطابق انتظار و مشابه تحقیقات گذشته (برای مثال، ماکسول و همکاران (۵)، پولتون و همکاران (۲۲، ۲۳)، یا محمدی و همکاران (۱۷)) شیوه تمرین نزدیک به دور نسبت به دور به نزدیک پیش‌نیازهای پروتکل تمرین خطا را فراهم کرد. از این‌رو در گروه نزدیک به دور مشاهده آثار تمرین پنهان قابل انتظار بود.

براساس تعریف، یادگیری حرکتی مجموعه‌ای از فرایندهاست که در نتیجه تمرین یا تجربه باعث به‌وجود آمدن تغییرات نسبتاً پایدار در عملکرد حرکتی می‌شود (۱۲). بنابراین، یادگیری حرکتی به تغییر نسبتاً دائمی در عملکرد حرکتی اشاره دارد که می‌توان آن را با استفاده از طرح‌های تجربی که در آن آزمون‌های یادداری و انتقال گنجانده می‌شود، استنباط کرد. آزمون انتقال به ما می‌گوید چگونه قوانین، راهبردها و اجزای حرکتی توسعه‌یافته در طول تمرین، به عملکرد یک تکلیف جدید یا انجام آن در موقعیتی جدید انتقال می‌یابد. در تحقیق حاضر به‌دلیل تنگناهای طرح تحقیق، به‌منظور بررسی یادگیری شرکت‌کنندگان از آزمون‌های انتقال در شرایط تکلیف منفرد و تکلیف دوگانه استفاده شد.

نتایج تحقیق نشان داد، مشابه اغلب تحقیقات گذشته (مانند پولتون و همکاران (۲۲)، و مسترز و همکاران (۲۴)) در آزمون در شرایط تکلیف منفرد که مسافت جدید ۳/۵ متری استفاده شد، تفاوتی در عملکرد دو گروه کم‌خطا و پرخطا مشاهده نشد. بنابراین دو شیوه تمرین نزدیک به دور در مقابل دور به نزدیک سبب به‌وجود آمدن مزیتی در یادگیری طرحواره پرتاب برای تولید نسخه جدیدی از تکلیف

تمرین‌شده در کودکان نمی‌شود. از دیدگاه تئوری حلقهٔ بستهٔ آدامز (۱) یادگیری حرکتی فرایند حل مسئله است که در آن حرکت خطا مشکلی را ارائه می‌کند که باید حل شود و منابع شناختی ابزاری برای حل این مشکل است. آدامز (۱) معتقد است در مراحل اولیهٔ یادگیری یک منبع اطلاعات خارجی (به نام آگاهی از نتیجه [KR])<sup>۱</sup> لازم است تا افراد نوآموز خطاهایشان را شناسایی کنند. خطا در مراحل بعدی به‌خودی‌خود شناسایی می‌شود و یادگیرنده دیگر نیازی به KR نخواهد داشت. تئوری حلقهٔ بسته آدامز (۱) پیش‌بینی می‌کند تمرین کم‌خطا برای یادگیری سودمندتر از تمرین پرخطا خواهد بود. یافته‌ها با پیش‌بینی‌های این تئوری مغایرت دارد. در مرحلهٔ اکتساب نسبت خطاهای دو گروه تفاوت داشت، براساس تئوری آدامز (۱) باید قدرت رد ادراکی تولیدشده برای دو گروه نیز متفاوت باشد. تئوری حلقهٔ بسته آدامز (۱) پیش‌بینی می‌کند شرکت‌کنندگان گروه کم‌خطا باید در آزمون با شرایط تکلیف منفرد کم‌خطاتر باشند، ولی این‌گونه نشد. از آنجا که هر دو گروه در اکتساب تجربهٔ پرتاب از فاصله‌های متفاوت را به یک میزان داشته‌اند، و اینکه میزان تغییرپذیری و دامنهٔ تجربیات هر دو گروه مشابه بوده است، براساس تئوری طرحواره (۳)، باید در آزمون انتقال عملکرد هر دو گروه مشابه باشد. نتایج این تئوری را پشتیبانی می‌کند، زیرا عملکرد هر دو گروه در آزمون انتقال در شرایط تکلیف منفرد مشابه بود. تئوری سرمایه‌گذاری مجدد (۴، ۷) که در برخی تحقیقات داخلی (برای مثال، قمری، محمدی و محمدی (۲۵)، یا محمدی و همکاران (۱۷)) نظریهٔ بازگماری<sup>۲</sup> نیز خوانده شده است، پیش‌بینی خاصی در زمینهٔ نتایج آزمون انتقال در شرایط تکلیف منفرد ارائه نمی‌کند. براساس چارچوب نقطهٔ چالش (۱۱) نبود اختلاف در آزمون انتقال در شرایط تکلیف دوگانه را می‌توان این‌گونه بیان کرد که در مرحلهٔ اکتساب، ترکیب دشواری کارکردی و اسمی تکلیف (به‌ترتیب با تغییر در چیدمان مسافت پرتاب در طول تمرین به‌صورت تمرین از مسافت نزدیک به دور و برعکس آن و دستکاری مسافت پرتاب) روی هر دو گروه تأثیر مشابه داشته است.

برای ارزیابی میزان پایداری در برابر شرایط فشار شناختی از روش تکلیف دوگانه استفاده شد. در این روش، با یک تکلیف ثانویهٔ شناختی بار تحمیل‌شده به حافظهٔ کاری (فشار شناختی) افزایش می‌یابد. پیش‌بینی این بود که در تمرین با توالی نزدیک به دور (کم‌خطا) از حافظهٔ کاری کمتر استفاده می‌شود. این کاهش اجازه می‌دهد منابع حافظهٔ کاری بیشتری برای پاسخ دقیق‌تر به تکلیف ثانویه اختصاص داده

1 . Knowledge of results (KR)

2 . Reinvestment Theory

شود. در مقایسه در تمرین با توالی دور به نزدیک (پرخطا) برای اجرای حرکت در مرحله تمرین حافظه کاری بیشتر درگیر است. پیامد کل این رویدادها آن است که گویا در تمرین کم خطا باید وابستگی به حافظه کاری کمتر باشد. براساس نتایج در آزمون انتقال با شرایط تکلیف دوگانه تفاوت اجرا بین دو گروه معنادار بود. مطابق انتظار، از یک سو نسبت خطاهای گروه نزدیک به دور در شرایط تکلیف دوگانه بیش از گروه دور به نزدیک بود و از سوی دیگر خطاهای گروه دور به نزدیک نسبت به آزمون در شرایط تکلیف منفرد افزایش یافت، ولی گروه نزدیک به دور در برابر افت مقاومت بود. پولاتون و همکاران (۲۳) بر این باورند که بیشترین اثربخشی یادگیری کم خطا هنگامی دیده می‌شود که شرایط تمرین کم خطا به‌ویژه در آغاز تمرین فراهم شود. یافته‌های تحقیق حاضر این دیدگاه را پشتیبانی می‌کند. هر دو گروه شرایط تمرین از فواصل نزدیک را تجربه کردند، با این تفاوت که گروه نزدیک به دور در مراحل آغازین اکتساب با این شرایط روبه‌رو شده‌اند، ولی گروه دور به نزدیک این شرایط را در مراحل پایانی اکتساب تجربه کرده‌اند. تئوری آدامز (۱) پیش‌بینی خاصی در خصوص آزمون انتقال در شرایط تکلیف دوگانه ارائه نمی‌کند. همان‌گونه که درباره آزمون انتقال در شرایط تکلیف منفرد گفتیم، تئوری طرحواره اشمیت (۳) پیش‌بینی می‌کند در آزمون انتقال عملکرد دو گروه مشابه است یا دست‌کم نباید از وضعیت تکلیف منفرد به دوگانه کاهش مشاهده شود، چون میزان تغییرپذیری و دامنه تجربیات هر دو گروه کم خطا و پرخطا در اکتساب مشابه بوده است. یافته‌ها با این پیش‌بینی‌ها همخوانی ندارد. به این ترتیب با این تئوری نمی‌توان علت افت عملکرد گروه پرخطا در آزمون انتقال در شرایط تکلیف دوگانه را تبیین کرد. یافته‌ها با پیش‌بینی‌های تئوری سرمایه‌گذاری مجدد (۴، ۷) همخوانی کامل دارد. این تئوری بیان می‌کند تمرین کم خطا به یک حالت غیرفعال یادگیری منجر می‌شود که سهم فرایندهای پنهان (ضمنی) را افزایش می‌دهد، که نتیجه آن مقاومت عملکرد در برابر شرایط فشار یا تکلیف دوگانه است. به نظر می‌رسد بهترین تبیین ارائه شده در زمینه الگوی یافته‌ها در این تئوری پیش‌بینی شده است.

سانلی و لی (۱۴، ۱۵) یافته‌هایی ناسازگار با نتایج تحقیق حاضر به دست آورده‌اند. در آزمایش اول سانلی و لی (۱۴) گروه تمرین با هدف بزرگ به کوچک (آسان به مشکل) در مرحله اکتساب خطای بیشتری نسبت به گروه تمرین با هدف کوچک به بزرگ (مشکل به آسان) داشت. در آزمایش دوم نیز گروه نزدیک به دور در مرحله اکتساب خطای بیشتری از گروه دور به نزدیک تجربه کردند. در تحقیق سانلی و لی (۱۵) نیز دستکاری دشواری اسمی و کارکردی اجرا در مرحله اکتساب موجب نشد گروه‌هایی که در آغاز تمرین شرایط آسان را تجربه کردند، خطای کمتری در کل مرحله اکتساب داشته

باشند. شرایط آزمایش‌های سانلی و لی (۱۴، ۱۵) و آزمایش تحقیق حاضر تفاوت‌هایی دارند که موجب شده نتایج همسو با هم نباشد. اولین تفاوت، با تکالیف به‌کاررفته مرتبط است. تکلیف به‌کاررفته در تحقیق حاضر پرتاب یک دست به اهداف دور است که از نوع تکالیف حرکتی درشت به‌شمار می‌رود، درحالی‌که تکلیف آزمایش‌های سانلی و لی (۱۴، ۱۵) یک تکلیف حرکتی ظریف است. در دیگر پژوهش‌ها که در آن نمونه‌ها بزرگسال بوده‌اند و تکالیف حرکت درشت به‌کار رفته است (برای مثال، ماکسول و همکاران (۵) یا پولتون، ماکسول، و مسترز (۲۳) در ضربه گلف؛ پولتون، مسترز، و ماکسول (۲۲) و مسترز، پولتون، و ماکسول (۲۴) در پاس راگبی) نتایجی مشابه یافته‌های تحقیق حاضر به‌دست آمده است. تفاوت دیگر در تعداد کوشش‌های تمرین مرحله اکتساب است. تعداد کوشش‌های تمرینی در تحقیق حاضر ۹۶ کوشش است که نزدیک یک‌دوم ۲۰۰ کوشش آزمایش‌های سانلی و لی (۱۴، ۱۵) است. ماکسول و همکاران (۵) بیان کرده‌اند که حجم تمرین در مرحله اکتساب می‌تواند روی مشاهده فرایندهای پنهان و آشکار اثرگذار باشد. پولتون و همکاران (۲۲) و مسترز و همکاران (۲۴) نشان داده‌اند خستگی جسمانی در مرحله اکتساب یک مهارت حرکتی درشت (پاس در ورزش راگبی) که در آن تمرین پرخطا و کم خطا استفاده شده، بر عملکرد گروه پرخطا اثرگذار است، ولی اثری روی گروه کم‌خطا ندارد. در طرح تحقیق حاضر با توجه به سن شرکت‌کنندگان و نوع تکلیف، تعداد کوشش‌های کمتر استفاده شد تا سوگیری ناشی از خستگی جسمانی کمینه شود. در تحقیق پولتون و همکاران (۲۲) و مسترز و همکاران (۲۴) که مهارت معیار از نوع تکالیف حرکتی درشت است، ۱۰۰ کوشش تمرین شده است. با در نظر گرفتن اثر خستگی جسمانی، و با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر و آزمایش‌های سانلی و لی (۱۴، ۱۵)، برای طراحی تمرین مهارت‌های حرکتی درشت کودکان، با فراهم کردن شرایط تمرین پیش‌رونده از نسخه‌های آسان به دشوارتر تکلیف می‌توان از فعال شدن فرایندهای یادگیری حرکتی پنهان مطمئن شد. ولی برای تکالیف حرکتی ظریف در شرایط خستگی جسمانی (تعداد کوشش‌های تمرینی بالا) چه‌بسا این تمهیدات لزوماً موجب فعال شدن این فرایندها نمی‌شود و نمی‌توان انتظار داشت هنگامی که بار شناختی افزایش می‌یابد اجرای فراگیر آسیب نبیند.

یکی از زمینه‌های مورد علاقه پژوهشگران و کسانی که در زمینه‌های آموزش مهارت‌های حرکتی، به‌ویژه در مورد کودکان، کار می‌کنند، ایجاد یادگیری حرکتی بادوام‌تر است. پیداست که با کم شدن خطا در تمرین پرتاب از فواصل نزدیک به دور و پیامد آن تسهیل فرایندهای یادگیری حرکتی ضمنی در کودکان، می‌توان به این مهم دست‌یافت. با وجود این، یک نگرانی در مورد تمرین کم‌خطا و پرخطا نبود

همبستگی آشکار بین این روش‌های آموزشی و فرایندهای پنهان یا آشکار است. براساس نتایج تحقیق حاضر تمرین پرخفا برای یادگیری زیان‌آور نیست. چون یک نفر می‌تواند یک تکلیف دشوار را به‌طور پنهان یاد بگیرد، درحالی‌که خطاهای بسیاری مرتکب می‌شود. همچنین او ممکن است یک تکلیف آسان را به‌طور آشکار یاد بگیرد، درحالی‌که تنها چند خطا انجام داده است (۸). برهانی که می‌توان پیشنهاد داد این است که کوشش برای محدود کردن محیط یادگیری، با توجه به سطح دشواری و سطوحی از انگیزه و خودکارآمدی، می‌تواند مناسب‌ترین محیط را برای یادگیرنده فراهم کند (۲۶). این دستکاری‌ها به‌همراه کوشش برای تحریک فرایندهای پنهان یا آشکار می‌تواند یادگیری تکالیف و مهارت‌های حرکتی تسهیل و کارآمدتر کند. براساس آنچه بیان شد باید گفت که در حال حاضر یک تئوری وجود ندارد که در آن همه آثار مشاهده‌شده در مرحله اکتساب و آزمون‌های انتقال در شرایط تکلیف منفرد و تکلیف دوگانه را تبیین کرد. با وجود این، از چندین تئوری و مدل یاری گرفته شد تا درک جامعی از سازه‌های احتمالی مسبب سودمندی پروتکل‌های کم‌خطا در یادگیری حرکتی ضمنی (پنهان) به‌ویژه در مورد کودکان به‌دست آید.

علاوه بر یادگیری کم‌خطا روش‌های دیگری مانند کاهش بازخورد یا کاهش دستورالعمل‌های آموزشی نیز برای تسهیل فرایندهای یادگیری حرکتی ضمنی پیشنهاد شده است. پژوهش‌های آینده می‌تواند با هدف امکان استفاده از این روش‌ها برای یادگیری مهارت‌های حرکتی در کودکان انجام گیرد. در تحقیق حاضر شواهد برای سودمند بودن و تعمیم‌پذیری تمرین کم‌خطا برای کودکان به‌دست آمد و مشخص شد خطاهای کمتر در تمرین یک مهارت حرکتی می‌تواند فرایندهای یادگیری حرکتی ضمنی را در این گروه سنی تسهیل کند. در تحقیقات اخیر مشخص شده کودکان دارای اختلال‌های حرکتی و شناختی (۲۵، ۲۷) نیز می‌توانند از مزایای تمرین کم‌خطا و فعال شدن فرایندهای ضمنی سود ببرند. بنابراین پیشنهاد می‌شود در محیط‌های آموزشی-پرورشی یا در زمینه‌های درمانی ویژه کودکان از این روش برای تحریک فرایندهای ضمنی در یادگیری مهارت‌های حرکتی درشت استفاده شود.

### تشکر و سپاسگزاری

در پایان از همه دانش‌آموزان شرکت‌کننده در این پژوهش، و همچنین از پشتیبانی‌های ارزنده آقایان نفری و سلیمانی سپاسگزاری می‌شود.



**منابع و مأخذ**

1. Adams JA. A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*. 1971;3:111-50.
2. Fitts PM, Posner MI. *Human performance*. Oxford, England: Cole/Brooks; 1967.
3. Schmidt RA. A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*. 1975;82(4):225-60.
4. Masters RSW. 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):343-58.
5. Maxwell JP, Masters RSW, Kerr E, Weedon E. The implicit benefit of learning without errors. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*. 2001;54(4):1049-68.
6. MacMahon K, Masters RSW. The effects of secondary tasks on implicit motor skill performance. *International Journal of Sports Psychology*. 2002;33(3):307-24.
7. Masters RSW, Maxwell JP. The theory of reinvestment. *International Review of Sport and Exercise Psychology*. 2008;1(2):160-83.
8. Masters RSW, Poolton JM. Advances in implicit motor learning. In: Hodges NJ, Williams AM, editors. *Skill Acquisition in Sport: Research, Theory and Practice*. 2 ed. London & New York: Routledge; 2012. p. 59-76.
9. Mullen R, Hardy L, Oldham A. Implicit and explicit control of motor actions: Revisiting some early evidence. *British Journal of Psychology*. 2007;98(1):141-56.
10. Poolton JM, Zachry TL. So you want to learn implicitly? Coaching and learning through implicit motor learning techniques. *International Journal of Sports Science and Coaching*. 2007;2:67-78.
11. Guadagnoli MA, Lee TD. Challenge point: A framework for conceptualizing the effects of various practice conditions in motor learning. *Journal of Motor Behavior*. 2004;36(2):212-24.
12. Magill RA, Anderson D. *Motor Learning and Control: Concepts and Applications*. 10 ed. New York: McGraw-Hill Education; 2013.
13. Shea JB, Morgan RL. Contextual interference effects on the acquisition, retention, and transfer of a motor skill. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*. 1979;5(2):179-87.
14. Sanli EA, Lee TD. What roles do errors serve in motor skill learning? An examination of two theoretical predictions. *Journal of Motor Behavior*. 2014;46(5):329-37.
15. Sanli EA, Lee TD. Nominal and functional task difficulty in skill acquisition: Effects on performance in two tests of transfer. *Human Movement Science*. 2015;41:218-29.
16. Masters RSW, van der Kamp J, Capio C, Côté J, Lidor R. Implicit motor learning by children. In: Côté J, Lidor R, editors. *Conditions of Children's Talent Development in Sport: Fitness Information Technology*; 2013. p. 21-40.

17. Mohamadi J, Ghamari A, Herasi SA. Learning and generalization of the errorless and error full practice in girls 10 to 12 years. *Motor Behavior*. 2015;8(23):49-64 (In Persian).
18. Capio CM, Poolton JM, Sit CHP, Holmstrom M, Masters RSW. Reducing errors benefits the field-based learning of a fundamental movement skill in children. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2013;23(2):181-8.
19. Buszard T, Farrow D, Reid M, Masters RSW. Scaling sporting equipment for children promotes implicit processes during performance. *Consciousness and Cognition*. 2014;30:247-55.
20. Chiviawsky S, Wulf G, de Medeiros FL, Kaefer A, Tani G. Learning benefits of self-controlled knowledge of results in 10-year-old children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2008;79(3):405-10.
21. Ávila LTG, Chiviawsky S, Wulf G, Lewthwaite R. Positive social-comparative feedback enhances motor learning in children. *Psychology of Sport and Exercise*. 2012;13(6):849-53.
22. Poolton JM, Masters RSW, Maxwell JP. Passing thoughts on the evolutionary stability of implicit motor behaviour: Performance retention under physiological fatigue. *Consciousness and Cognition*. 2007;16(2):456-68.
23. Poolton JM, Masters RSW, Maxwell JP. The relationship between initial errorless learning conditions and subsequent performance. *Human Movement Science*. 2005;24(3):362-78.
24. Masters RSW, Poolton JM, Maxwell JP. Stable implicit motor processes despite aerobic locomotor fatigue. *Consciousness and Cognition*. 2008;17(1):335-8.
25. Ghamari A, Mohamadi J, Mohamadi M. The effect of errorless and error full practice on learning and transfer of dart throwing skill in adolescents with intellectual disabilities. *Motor Behavior*. 2015;7(21):111-26 (In Persian).
26. 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;15(2):117-37.
27. 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;45-46:353-64.

