

رشد و یادگیری حرکتی\_ ورزشی - پاییز ۱۳۹۸  
دوره ۱۱، شماره ۳، ص: ۳۱۰-۲۹۵  
تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۰۱  
تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۰۲

## آثار تمرین کم خطا بر یادگیری یک مهارت هدف‌گیری در نوجوانان کم‌توان ذهنی

علی حسین ناصری<sup>۱\*</sup> - عباس بهرام<sup>۲</sup> - حمید صالحی<sup>۲</sup> - افخم دانشفر<sup>۴</sup>

۱. دکتری رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران، ۲. استناد رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران، ۳. دانشیار رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران، ۴. دانشیار رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران

### چکیده

هدف پژوهش حاضر تعیین آثار تمرین کم خطا بر یادگیری یک مهارت هدف‌گیری در نوجوانان کم‌توان ذهنی بود. ۴۰ نوجوان کم‌توان ذهنی با توجه به ضریب هوش و ظرفیت حافظه کاری در چهار گروه تمرینی جایگزین شدند. تکلیف پاس توپ مینی بسکتبال به هدفی با دایره‌های هم‌مرکز بود. شیوه تمرین گروه‌ها متفاوت از همدیگر بود. آزمودنی‌ها ۲۰۰ کوشش تمرینی را در مرحله اکتساب در پنج بلوک تمرینی اجرا کردند. آزمون‌های تکلیف منفرد و تکلیف دوگانه به صورت فوری، تأخیری ۲۴ ساعته و تأخیری یک‌هفته‌ای اجرا شدند. تکلیف ثانویه شامل شمارش اعداد زوج روبه‌جلو بود. نتایج نشان داد گروه‌های کم‌ترین خطا و کمترین درگیری حافظه کاری در طول تمرین داشتند، هم در مرحله اکتساب و هم در آزمون تکلیف منفرد و هم در آزمون تکلیف دوگانه نسبت به گروه‌های دیگر بهتر عمل کردند. این تحقیق با برآوردهای نظریه حلقه بسته آدامز، نظریه بازگماری و با برآوردهای ساختار نقطه چالش در خصوص وجود خطا در مرحله اکتساب همخوانی دارد؛ اما این یافته‌ها با برآوردهای نظریه طرحواره مغایرت دارد. همچنین این یافته‌ها، شواهدی را برای تأیید ادعای ساختار نقطه چالش و نظریه بازگماری در خصوص افراد خاص (کم‌توان ذهنی) ارائه می‌دهد.

### واژه‌های کلیدی

بهره هوشی، پروتکل کم خطا، حافظه کاری، یادگیری حرکتی ضمنی.

## مقدمه

افراد کم‌توان ذهنی مشکلاتی در پردازش اطلاعات حرکتی پیچیده و یادگیری مهارت جدید دارند (۱). براساس نتایج پژوهش‌ها این افراد در یادگیری مهارت‌های حرکتی نسبت به افراد عادی محدودیت‌هایی دارند (۲). مشخص شده که حافظه کاری ضعیف سبب می‌شود تا این افراد در مواجهه با درگیری شناختی پیچیده در مراحل اولیه یادگیری با مشکلاتی روبه‌رو شوند (۳).

اغلب متخصصان معتقدند یادگیرنده هنگام تمرین یک مهارت از مراحل نسبتاً متمایزی عبور می‌کند (۴-۶). از نظر فیتز و پوزنر (۵) یادگیرنده در مرحله شناختی-کلامی مشغول تدوین استراتژی‌های جدید برای اجرای مهارت حرکتی است و بیشتر به‌طور شناختی درگیر اجرای مهارت است. در این مرحله یادگیرنده در فرایند حل مسئله درگیر است و برای رسیدن به ایده حرکتی از روش آزمون و خطا استفاده می‌کند. در مراحل بعدی -مراحل تداعی و خودکاری- مهارت به تدریج خودکار می‌شود. ویژگی مرحله خودکاری آن است که یادگیرنده به این قابلیت می‌رسد که می‌تواند همزمان با اجرای مهارت حرکتی، تکلیف ثانویه را اجرا کند (۷). براساس نظریه حلقه بسته آدامز (۶)، همه حرکات از طریق مقایسه پس‌خوراند جاری از اندام‌ها با یک رد ادراکی ایجاد می‌شوند. این محرک‌ها، ردی (اثری) در سیستم عصبی مرکزی می‌گذارند. فرد با تکرار تمرین در طی کوشش‌ها به هدف نزدیک‌تر و نزدیک‌تر می‌شود و در هر کوشش، رد دیگری گذاشته می‌شود؛ به‌نحوی که در نهایت، مجموعه‌ای از ردها ایجاد می‌شوند. از نظر آدامز (۶) خطاها در طول تمرین موجب تضعیف رد ادراکی صحیح می‌شود. بنابراین طبق این نظریه تمرین کم‌خطا موجب تحکیم رد ادراکی و ایجاد یادگیری مؤثرتر می‌شود. نظریه طرحواره (۸) بیان می‌کند که دو حالت حافظه‌ای وجود دارد: حافظه یادآوری برای تولید عمل؛ و حافظه بازشناسی برای ارزیابی حرکت. در این نظریه خطاها در طول حرکت موجب شکل‌گیری بهتر طرحواره حرکتی می‌شود. بنابراین تمرین همراه خطا موجب شکل‌گیری بهتر طرحواره و در نتیجه یادگیری بهتر می‌شود.

هیچ‌کدام از سه دیدگاه مرور شده به نقش تلاش شناختی یادگیرنده یا دشواری تکلیف و آثار آن در یادگیری نپرداخته‌اند. این جنبه از سازمان‌دهی تمرین در ساختار نقطه چالش (۹) بررسی شده است. ساختار نقطه چالش (۹) ادعا می‌کند وقتی تکالیف دارای دشواری اسمی مشخص توسط فردی با سطح خاصی از مهارت اجرا می‌شود، به‌طور نسبی دشواری کارکردی تکلیف تعیین می‌شود. وقتی که دشواری

### 1. Challenge Point Framework

کارکردی تکلیف افزایش می‌یابد، اطلاعات در دسترس ذاتی زیادی وجود دارد. با این حال، محدوده‌ای وجود دارد که در آن اطلاعات ذاتی قابل تفسیر است. تصور می‌شود که این محدوده از طریق قابلیت‌های پردازش اطلاعات فرد کنترل می‌شود و این قابلیت‌ها با تمرین تغییر می‌کنند (۹). این ساختار وجود مقداری خطا را که با سطح مهارت و قابلیت پردازش فرد متناسب باشد، برای یادگیری مفید می‌داند.

براساس نظریه بازگماری<sup>۱</sup> (۱۱، ۱۰) فرایندهای آشکار به حافظه کاری برای دستکاری و ذخیره اطلاعات متکی است. وقتی پردازش آشکار استفاده می‌شود، یادگیرندگان به‌طور هوشیارانه از اطلاعات آگاهند و قادر به اشتراک‌گذاری آن با دیگران هستند. مسترز و مکسول (۱۱)، پنج معیار برای فرایند ضمنی ارائه داده‌اند. نخستین معیار کمبود اطلاعات کلامی درباره تکلیف انجام‌گرفته توسط یادگیرنده است. معیارهای دوم و سوم، مقاومت در برابر تداخل حرکتی ایجادشده از طریق استرس و مقاومت در برابر فراموشی در طول زمان است. معیار چهارم این است که این فرایندها به حافظه کاری یا توجه نیازی ندارد. معیار نهمی این است که این فرایندها مستقل از سن و هوش‌بهر (بهره هوشی) است (۱۲، ۱۱). نظریه بازگماری (۱۱، ۱۰) پیش‌بینی می‌کند که اگر خطایی در تمرین اتفاق نیفتد، هیچ فرصتی برای ایجاد و آزمون فرضیه وجود ندارد. از این‌رو تمرین با خطای کمتر برای یادگیری ضمنی مفید است و اجرای مهارت را در شرایط استرس‌زا یا تکالیف دوگانه تسهیل می‌کند (۱۳، ۱۱). با توجه به این ادعا، برنامه کم‌خطا که در آن شکل‌گیری کمتر فرضیه و آزمون آن وجود دارد و حافظه کاری کمتر درگیر است، یادگیری ضمنی تسهیل می‌شود (۱۱، ۱۰).

مسترز (۱۴) برای به حداقل رساندن انباشتگی قوانین و استراتژی‌ها، استفاده از پروتکل روش تکلیف دوگانه را در مورد یادگیری ضمنی (پنهان) یک تکلیف حرکتی پیشنهاد داد. پروتکل به این صورت بود که هنگام یادگیری مهارت گلف از یک تکلیف ثانویه (تولید تصادفی حروف الفبا) استفاده شد. عملکرد گلف شرکت‌کنندگانی که در شرایط تکلیف دوگانه تمرین کرده بودند، پیشرفت کرد، که بیانگر این است که یادگیری اتفاق افتاده است. مسترز (۱۴) با بررسی گزارش‌های شفاهی شرکت‌کنندگان به این نتیجه رسید که اضافه کردن تکلیف ثانویه شناختی موجب کاهش تعداد قوانین یا استراتژی‌های درگیر می‌شود و معتقد بود که این امر به‌سبب درگیری حافظه کاری توسط این تکلیف شناختی بوده است. در نتیجه با استفاده از پروتکل تکلیف دوگانه می‌توان شرایط ایجاد یادگیری ضمنی را فراهم کرد. ولی در خصوص

## 1. Reinvestment Theory

استفاده از این پروتکل در مرحله اکتساب، دو محدودیت مطرح شده است؛ چالش اول این است که وقتی از پروتکل تکلیف دوگانه در مرحله اکتساب استفاده می‌شود، عملکرد در مرحله اکتساب دچار اختلال شده و احتمالاً موجب عدم تسهیل یادگیری نسبت به روش‌های سنتی می‌شود. چالش دوم این است که، استفاده از یک تکلیف شناختی هنگام یادگیری تکلیف اصلی در مرحله اکتساب، در زمینه‌های کاربردی، غیرعملی به نظر می‌رسد (۱۵). با توجه به محدودیت‌های پروتکل‌های تکلیف دوگانه در اکتساب مهارت‌های حرکتی، مکسول و همکاران (۱۶) روش تمرینی دیگری به نام پروتکل بدون خطا (کم خطا) را پیشنهاد دادند. آنها این پروتکل را با استفاده از مهارت ضربه‌زنی گلف به بوتۀ آزمایش گذاشتند. نتایج این تحقیق نشان داد گروهی که با استفاده از پروتکل کم خطا تمرین کرده بودند، نسبت به شرکت‌کنندگانی که با پروتکل پرخطا تمرین کرده بودند، در آزمون یادداری و آزمون انتقال با تکلیف دوگانه بهتر بودند. از جمله محدودیت‌های مهم کار مکسول و همکاران (۱۶)، لحاظ نکردن تأخیر بین اکتساب و آزمون‌های یادداری و انتقال بوده است.

اغلب تحقیقات صورت‌گرفته در خصوص برنامه‌های تمرین کم خطا تنها روی افراد عادی صورت گرفته‌اند (۱۷-۲۳) از سوی دیگر، برخی پژوهش‌های موفق نشده‌اند اثربخشی این پروتکل را در تسهیل یادگیری ضمنی نشان دهند (۲۴، ۲۵). ویژگی مهمی که در اغلب تحقیقات صورت‌گرفته در حوزه تمرینات کم خطا و پرخطا به آن توجه نشده، بررسی مستقل بودن یادگیری ضمنی از هوش‌بهر و سن است. در یکی از محدود تحقیقات انجام‌گرفته روی افراد با نیازهای ویژه، ون آبسود و همکاران (۲۶) این موضوع را بررسی کردند که آیا در نوجوانان مبتلا به فلج مغزی که در حافظه کاری و هوش‌بهر نقص دارند نیز می‌توان شرایط یادگیری ضمنی را فراهم کرد یا خیر. یافته‌های این تحقیق نشان داد که هر دو پروتکل تمرینی کم خطا و پرخطا موجب ایجاد یادگیری شد و تنها شرکت‌کنندگان با ظرفیت حافظه کاری خوب و عملکرد اولیه ضعیف، شکلی ابتدایی از یادگیری ضمنی را نشان دادند.

نظریه بازگماری و ساختار نقطه چالش، ادعاهایی درباره افراد با نیازهای خاص دارند که برای تأیید یا رد این ادعاها در این زمینه به تحقیقات بیشتری نیاز است. تحقیق حاضر با هدف بررسی تعمیم‌پذیری ادعاهای نظریه بازگماری و ساختار نقطه چالش در افراد کم‌توان ذهنی انجام گرفت. در راستای این هدف کلی، در این تحقیق با دستکاری دشواری اسمی و کارکردی یک تکلیف ادراکی-حرکتی درشت ویژه نوجوانان، به این پرسش پاسخ داده شود که، آیا با این دستکاری‌ها می‌توان شرایطی مشابه تمرین کم خطا ایجاد کرد که در آن افراد کم‌توان ذهنی نیز بتوانند از مزیت‌های یادگیری ضمنی بهره‌مند شوند یا خیر؟

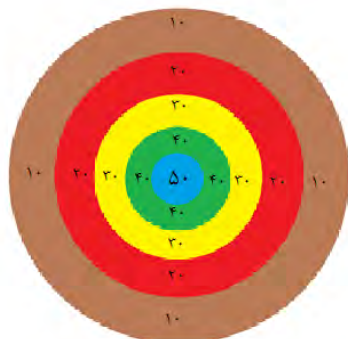
## روش‌شناسی

شرکت‌کنندگان ۴۰ پسر کم‌توان ذهنی در دامنه سنی ۱۱ تا ۱۳ (میانگین = ۱۲، انحراف معیار = ۰٫۷۸) سال بودند که به‌صورت داوطلبانه در تحقیق شرکت کردند. شرکت‌کنندگان از بین دانش‌آموزان مدرسه استثنایی مهر ناحیه یک اردبیل انتخاب شدند. دانش‌آموزان کم‌توان ذهنی که در آزمون هوش‌بهر، نمره‌ای بین ۵۵ تا ۷۰ کسب کردند و از نظر شنوایی و کارکرد اندام بالاتنه مشکلی نداشتند، وارد تحقیق شدند. دانش‌آموزان دارای چند معلولیت نیز وارد تحقیق نشدند. شرکت‌کنندگان براساس نتایج مقیاس هوش وکسلر (۲۷) و ظرفیت حافظه کاری (۲۸، ۲۹) در چهار گروه مساوی جایگزین شدند. گروه اول شامل گروه دشواری اسمی پایین و دشواری کارکردی پایین (LN+LF)، گروه دوم شامل دشواری اسمی پایین و دشواری کارکردی بالا (LN+HF)، گروه سوم شامل دشواری اسمی بالا و دشواری کارکردی پایین (HN+LF) و گروه چهارم شامل دشواری اسمی بالا و دشواری کارکردی بالا (HN+HF) بود. شرکت‌کنندگان هیچ تجربه قبلی با تکلیف نداشتند و از اهداف ویژه تحقیق نیز آگاه نبودند. از والدین و شرکت‌کنندگان رضایت‌نامه کتبی گرفته شد.

## تکلیف

آزمایش شامل یک مهارت حرکتی درشت (پاس سینه بسکتبال) بود. در این تحقیق از شرکت‌کنندگان خواسته شد تا توپ مینی‌بسکتبال را از مسافت‌های متفاوت به سمت صفحه هدف به روش پاس سینه‌ای بسکتبال اجرا کنند. صفحه هدف شامل دایره‌های متحدالمرکزی است که بر روی دیوار، متناسب با قد افراد، نصب می‌شد. به‌منظور ارزیابی دقت پرتاب سینه‌ای، دایره‌هایی به مرکز هدف و با شعاع‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متری در اطراف منطقه هدف رسم شد (شکل ۱). اگر نقطه برخورد توپ در یکی از مناطق یا خارج از بزرگ‌ترین دایره هدف بود، به ترتیب ۵۰، ۴۰، ۳۰، ۲۰، ۱۰ و صفر امتیاز ثبت می‌شد. در مواردی که توپ با خط برخورد می‌کرد، امتیاز بیشتر داده می‌شد. در مواردی که توپ، خارج از محدوده تعیین شده بود یا به شکل صحیح اجرا نمی‌شد، خطا محسوب می‌شد. آزمون تکلیف منفرد اجرای پرتاب پاس سینه‌ای بسکتبال از فاصله ۴ متری به تعداد ۲۵ کوشش بود. تکلیف ثانویه شامل شمارش اعداد زوج روبه‌جلو با شنیدن صدای بوق از نرم‌افزار تولید صدا بود.

1. low nominal and low functional difficulty
2. low nominal and high functional difficulty
3. functional nominal and low functional difficulty
4. functional nominal and high functional difficulty



شکل ۱. هدف دارای پنج دایره هم‌مرکز برای ارزیابی دقت در هدف‌گیری پاس توپ مینی بسکتبال

### روش اجرا

پیش از شروع آموزش در مرحله اکتساب، یک‌سری تصاویر مربوط به اشکال هندسی، تصاویر مربوط به گل و حیوانات به افراد نمایش داده می‌شود. به افراد گفته شد که این تصاویر را در ذهنشان در طول تمرین مرور کنند. در آخر جلسه تمرین، تعداد تصاویر یادآوری شده ارزیابی می‌شود. اکتساب با آموزش نحوه اجرای تکلیف مهارت پاس سینه‌ای و نحوه امتیازدهی به اجرا آغاز شد. فاصله استراحت بین بلوک‌ها پنج دقیقه بود. بین مرحله اکتساب و مرحله آزمون فوری از جورچین تکمیل تصاویر به‌عنوان یک فعالیت شناختی استفاده شد.

برای این آزمایش نیز از دو تکلیف با دشواری اسمی متفاوت (دشواری اسمی پایین و بالا) استفاده شد. دشواری اسمی پایین شامل مسافت‌های ۳، ۳/۲۵، ۳/۵ و ۳/۷۵ متری از صفحه هدف و دشواری اسمی بالا شامل مسافت‌های ۴/۲۵، ۴/۵، ۴/۷۵ و ۵ متری از هدف بود. برای هر کدام از این دشواری‌های اسمی متفاوت، دو نوع تغییرپذیری تمرینی در نظر گرفته شد. به‌عبارت دیگر تمرین نزدیک به دور و دور به نزدیک برای هر کدام از دشواری‌های اسمی متفاوت در نظر گرفته شد. به‌طور کلی چهار گروه تمرینی متفاوت برای آزمایش موردنظر انتخاب شد: شرکت‌کنندگان ۲۰۰ کوشش را در جلسه تمرینی اجرا می‌کردند. گروه اول (LN+LF) و دوم (LN+HF) در دشواری اسمی پایین تمرین کردند، تنها تفاوت آنها در نحوه پیشروی از فاصله نزدیک به دور (LN+LF) یا دور به نزدیک (LN+HF) بود. گروه سوم (HN+LF) و چهارم (HN+HF) در دشواری اسمی بالا تمرین کردند و تنها تفاوت آنها نیز در پیشروی از فاصله نزدیک به دور (HN+LF) یا دور به نزدیک (HN+HF) بود. جلسه تمرینی شامل ۵ بلوک تمرینی بود.

بلوک تمرینی شامل ۴۰ کوشش است که شرکت‌کنندگان از هر فاصله ۱۰ کوشش تمرینی را اجرا می‌کردند. آزمون تکلیف منفرد شامل ۷۵ کوشش (۲۵ کوشش فوری و ۲۵ کوشش تأخیری ۲۴ ساعته و ۲۵ کوشش تأخیری یک‌هفته‌ای) و آزمون تکلیف دوگانه شامل ۷۵ کوشش (۲۵ کوشش فوری، ۲۵ کوشش تأخیری ۲۴ ساعته و ۲۵ کوشش تأخیری یک‌هفته‌ای) در فاصله ۴ متری از هدف بود. به‌منظور پرهیز از شکل‌گیری یادگیری آشکار، در این تحقیق از پیش‌آزمون استفاده نشد.

### روش‌های آماری

برای بررسی وضعیت ظرفیت حافظه کاری شرکت‌کنندگان از طرح تحلیل واریانس دوره‌ها با عامل ۲ (دشواری کارکردی: پایین و بالا)  $\times$  ۲ (دشواری اسمی: کم؛ زیاد) استفاده شد. برای مرحله اکتساب از طرح تحلیل واریانس چندراهه مخلوط ۲ (دشواری کارکردی: پایین و بالا)  $\times$  ۲ (دشواری اسمی: کم؛ زیاد)  $\times$  ۵ (بلوک‌های تمرینی ۴۰ کوششی) با تکرار سنجش روی عامل بلوک‌های تمرین استفاده شد. برای تحلیل داده‌های مرحله آزمون، از یک طرح تحلیل واریانس چندراهه مخلوط ۲ (دشواری کارکردی: پایین و بالا)  $\times$  ۲ (دشواری اسمی: پایین و بالا)  $\times$  ۳ (روز آزمون: فوری، تأخیری ۲۴ ساعته و یک‌هفته‌ای) با تکرار سنجش روی روز آزمون استفاده شد. برای تعیین اندازه اثر، از شاخص مجذور ایتای سهمی استفاده شد. سطح معناداری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

### نتایج

#### تحلیل داده‌های مربوط به درگیری حافظه کاری در طول تمرین

نتایج تحلیل واریانس نشان داد که اثر تعاملی دشواری اسمی و کارکردی تکلیف در امتیاز مرحله آزمون معنادار بود [  $F(۱,۳۶) = ۵۷/۹۴$ ,  $P < ۰/۰۰۱$ ,  $\eta_p^2 = ۰/۶۲$ ]. بنابراین گروه اول [  $M = ۱/۱$ ,  $SD = ۱/۱$  ] نسبت به گروه‌های دوم [  $M = ۱/۶$ ,  $SD = ۱/۶$  ]، سوم [  $M = ۹/۳$ ,  $SD = ۱/۷۳$  ] و چهارم [  $M = ۱۵/۹$ ,  $SD = ۷/۴$  ] درگیری حافظه کاری کمتری داشتند.

#### تحلیل نسبت خطاهای مرحله اکتساب

نتایج تحلیل واریانس برای خطاهای مرحله اکتساب نشان داد که اثرهای اصلی بلوک‌های تمرین [  $F(۳,۱۴۴) = ۱۰۴/۹۱$ ,  $P < ۰/۰۰۱$ ,  $\eta_p^2 = ۰/۷۵$  ]، دشواری اسمی [  $F(۳,۱۴۴) = ۷۶۵/۲۹$ ,  $P < ۰/۰۰۱$ ,  $\eta_p^2 = ۰/۹۵$  ]، و [  $F(۱,۳۶) = ۱۰۴/۹۱$ ,  $P < ۰/۰۰۱$ ,  $\eta_p^2 = ۰/۷۵$  ]،

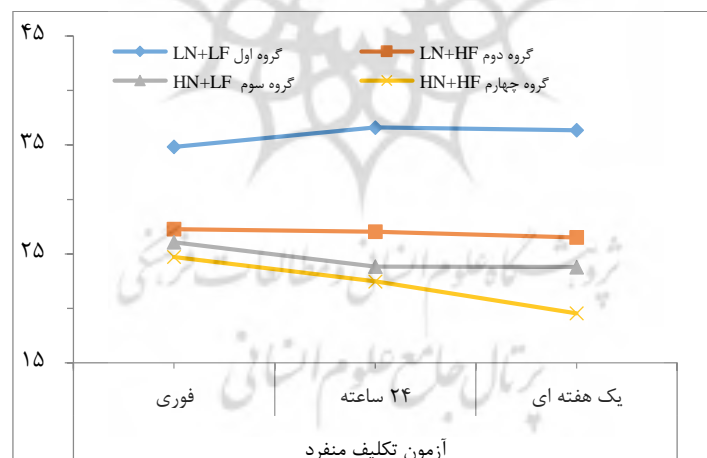
دشواری کارکردی [  $\eta_p^2 = 0/27$ ،  $P < 0/05$ ،  $F(1 و 36) = 13/45$  ] و اثر تعاملی دشواری اسمی و دشواری کارکردی [  $\eta_p^2 = 0/12$ ،  $P < 0/05$ ،  $F(1 و 36) = 5/03$  ] معنادار است. بنابراین در طی تمرین گروه‌ها پیشرفت داشته‌اند و میزان خطاهای گروه‌ها متفاوت بوده است.

### تحلیل آزمون‌های تکلیف منفرد

امتیازهای گروه‌ها در آزمون‌های تکلیف منفرد در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج تحلیل واریانس نشان داد که اثر تعاملی دشواری اسمی و کارکردی تکلیف در امتیاز مرحله آزمون معنادار بوده است [  $\eta_p^2 = 0/54$ ،  $P < 0/001$ ،  $F(1 و 36) = 42/02$  ] (جدول ۱).

جدول ۱. نتایج تحلیل واریانس برای آزمون‌های تکلیف منفرد

اندازه اثر	سطح معناداری	F	درجات آزادی	
۰/۸۷	< ۰/۰۰۱	۲۴۳/۸۳	۱	دشواری اسمی
۰/۷۷	< ۰/۰۰۱	۱۲۰/۹۲	۱	دشواری کارکردی
۰/۵۴	< ۰/۰۰۱	۴۲/۰۲	۱	دشواری اسمی * دشواری کارکردی
			۳۶	خطا

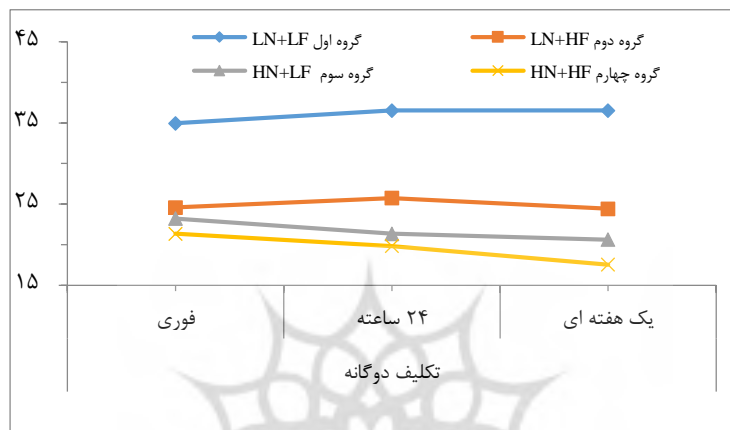


شکل ۲. امتیازهای گروه‌ها در آزمون‌های تکلیف منفرد



## تحلیل آزمون‌های تکلیف دوگانه

امتیازات گروه‌ها در آزمون‌های تکلیف دوگانه در شکل ۳ نشان داده شده است. براساس نتایج تحلیل واریانس اثر تعاملی دشواری اسمی و کارکردی تکلیف در امتیاز آزمون معنادار بود [ $\eta_p^2 = ۰/۶۱$ ،  $F(۱,۳۶) = ۵۵/۰۳$ ،  $P < ۰/۰۰۱$ ] (جدول ۲).



شکل ۳. امتیازهای گروه‌ها برای آزمون‌های تکلیف دوگانه

جدول ۳. نتایج تحلیل واریانس برای آزمون‌های تکلیف دوگانه

اندازه اثر	سطح معناداری	F	درجات آزادی	
۰/۸۸	< ۰/۰۰۱	۲۶۶/۵۹	۱	دشواری اسمی
۰/۷۷	< ۰/۰۰۱	۱۲۱/۴۱	۱	دشواری کارکردی
۰/۶۱	< ۰/۰۰۱	۵۵/۰۳	۱	دشواری اسمی * دشواری کارکردی
			۳۶	خطا

## بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر، بررسی برخی ادعاهای نظریه‌های مربوط به برنامه‌ریزی تمرین در یادگیری مهارت‌های حرکتی بود. هر کدام از نظریه‌ها، ادعاهایی در خصوص وجود خطاها در مرحله اکتساب دارند؛ اما نظریه‌های حلقه بسته آدامز و نظریه طرحواره اشمیت و ساختار نقطه چالش در خصوص یادگیری آشکار، ادعاهایی دارند، اما نظریه بازگماری در خصوص یادگیری ضمنی ادعاهایی را مطرح کرده است. پس با توجه به نتایج این پژوهش به بررسی این ادعاها می‌پردازیم.

ابتدا به تحلیل داده‌های مربوط به درگیری حافظه کاری و تعیین شدت چالش در طول تمرین بپردازیم. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که گروه اول (LN+LF)، درگیری حافظه کاری و چالش کمتری در طول تمرین نسبت به سه گروه دیگر داشته است؛ گروه دوم (LN+HF)، درگیری حافظه کاری و چالش کمتری نسبت به گروه‌های سوم (HN+LF) و چهارم (HN+HF) داشته است. با این حال، دو گروه سوم و چهارم از نظر درگیری حافظه کاری و چالش ایجادشده در طول تمرین، تفاوت چندانی با هم نداشتند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که گروه اول (LN+LF) نسبت خطای کمتری در طول تمرین نسبت به سه گروه دیگر داشته است؛ گروه دوم (LN+HF)، نسبت خطای کمتری نسبت به دو گروه‌های سوم و چهارم داشته است. با این حال، گروه‌های سوم (HN+LF) و چهارم (HN+HF) از نظر نسبت خطا در طول تمرین، تفاوت چندانی با هم نداشتند؛ بنابراین زمانی که دشواری اسمی تکلیف پایین باشد، گروه آرایش تمرین نزدیک به دور در طول و کل مرحله تمرین نسبت به گروه آرایش تمرین دور به نزدیک خطای کمتری داشت. بنابراین مطابق انتظار و مشابه تحقیقات مکسول و همکاران (۱۶) و پولتون و همکاران (۳۱، ۳۰)، آرایش نزدیک به دور نسبت به دور به نزدیک، ملزومات پروتکل تمرین کم‌خطا را تأمین کرد. در نتیجه از آرایش نزدیک به دور، مشاهده آثار تمرین ضمنی انتظار می‌رفت. با این حال، زمانی که دشواری اسمی بالا باشد، آرایش تمرینی نزدیک به دور و دور به نزدیک از نظر نسبت خطا تفاوتی ندارند، از این رو انتظار هیچ‌گونه یادگیری ضمنی از این نوع آرایش تمرینی نمی‌رود.

نتایج مربوط به بلوک‌های تمرینی نشان می‌دهد که تغییرات از بلوک یک به بلوک چهار معنادار بود، اما از بلوک چهار به بلوک پنج، تغییرات خیلی جزئی بودند و عملکرد گروه‌ها تا حدودی در بین بلوک‌های چهار و پنج به فلات رسیدند. با این حال، میزان تغییرات در بلوک‌های تمرین با توجه به دو عامل مستقل دشواری اسمی و کارکردی متفاوت نبود. البته این عدم تفاوت تغییرات عملکردی در بلوک‌ها با توجه به دو عامل دشواری اسمی و کارکردی را می‌توان با قانون توانی تمرین تبیین کرد که با پیشرفت عملکرد، سرعت یادگیری فرد کاهش پیدا می‌کند. به عبارتی، تغییرات عددی یکسان در سطوح مختلف یادگیری به معنای عدم تفاوت یادگیری نیست و تغییرات عددی در سقف یادگیری متفاوت از تغییرات عددی در اواسط یا اوایل یادگیری است.

نتایج تحقیق در آزمون تکلیف منفرد که از مسافت جدید ۴ متری استفاده شده بود، نشان داد که گروه اول نسبت به سه گروه دیگر بهتر بود. همچنین گروه دوم نسبت به گروه‌های سوم و چهارم بهتر عمل کرد و گروه‌های سوم و چهارم با هم تفاوتی نداشتند. این یافته با دیدگاه تئوری حلقه بسته آدامز

(۶) که خطا را در مرحله اکتساب به سبب تقویت رد ادراکی حرکات نادرست، برای یادگیری مضر می‌داند، همخوانی دارد. با توجه به اینکه گروه‌های دارای دشواری اسمی پایین (گروه‌های اول و دوم) نسبت به هم و گروه‌های دارای دشواری اسمی بالا (گروه‌های سوم و چهارم) نسبت به هم در مرحله اکتساب، تجربه پرتاب از فاصله‌های متفاوت را به یک اندازه داشتند و میزان تغییرپذیری و دامنه تجربیات آنها نسبت به هم مشابه بود، براساس تئوری طرحواره (۸) باید در آزمون انتقال عملکرد گروه‌های دارای دشواری اسمی پایین نسبت به هم و عملکرد گروه‌های دشواری اسمی بالا نسبت به هم مشابه باشند. نتایج این پژوهش زمانی که دشواری اسمی بالا بود، از تئوری طرحواره حمایت می‌کند. به عبارتی عملکرد گروه سوم تقریباً با عملکرد گروه چهارم مشابه است، اما نتایج این پژوهش زمانی که دشواری اسمی پایین بود، از تئوری طرحواره حمایت نمی‌کند. احتمالاً این مغایرت را می‌توان با نوع یادگیری دو گروه تبیین کرد. به عبارتی اختلاف عملکرد این دو گروه با اختلاف در میزان خطای دو گروه در مرحله اکتساب تبیین می‌شود. خطای کمتر گروه اول در مرحله اکتساب موجب عدم ایجاد فرضیه و آزمون آن و در نتیجه عدم درگیری حافظه کاری می‌شود و این شرایط به یادگیری ضمنی مهارت می‌انجامد. تئوری بازگماری (۱۴، ۱۱) پیش‌بینی خاصی در زمینه نتایج آزمون انتقال در شرایط تکلیف منفرد ارائه نمی‌کند. با این حال، نتایج این پژوهش با برآوردهای نظریه بازگماری مبنی بر اینکه خطای کمتر در مرحله اکتساب موجب عملکرد بهتر و بادوام‌تر می‌شود، همخوانی دارد. نتایج این پژوهش با برآوردهای ساختار نقطه چالش (۹) مبنی بر اینکه وجود مقداری خطا با توجه به سطح مهارت یادگیرنده و ظرفیت پردازش فرد برای یادگیری مفید می‌داند، همخوانی دارد. با این حال چون این ساختار مدعی است که دشواری اسمی پایین با دشواری کارکردی بالا و دشواری اسمی بالا با دشواری کارکردی پایین به یادگیری بهتری منجر می‌شود، اما در این پژوهش، عملکرد گروه دوم با گروه سوم در آزمون انتقال مشابه بود. علت مغایرت این یافته با برآورد ساختار نقطه چالش را می‌توان به دو صورت تبیین کرد؛ نخست اینکه با توجه به نتایج این پژوهش گروه دوم نسبت به گروه اول، درگیری حافظه کاری و چالش کمتری در مرحله اکتساب داشتند؛ بنابراین احتمالاً این چالش کمتر با ظرفیت پردازش افراد تناسب بیشتری دارد؛ دوم اینکه گروه دوم در مرحله اکتساب نسبت به گروه سوم، خطای کمتری داشتند، از این رو احتمالاً این خطای کمتر به نوعی یادگیری ضمنی در این گروه منجر شده است.

برای ارزیابی میزان پایداری در برابر شرایط فشار شناختی از روش تکلیف دوگانه استفاده شد. نتایج آزمون انتقال در شرایط تکلیف دوگانه نشان داد که گروه اول نسبت به سه گروه دیگر بهتر عمل کرد.

پولتون و همکاران (۳۰) بر این باورند که بیشترین اثربخشی یادگیری کم خطا هنگامی دیده می‌شود که شرایط تمرین کم خطا به‌ویژه در آغاز تمرین فراهم شود. 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 (۶) پیش‌بینی خاصی در خصوص آزمون انتقال در شرایط تکلیف دوگانه ارائه نمی‌کند. با این حال، براساس تئوری آدامز، خطای کمتر در مرحله اکتساب برای یادگیری مفید است، از این رو نتایج این پژوهش با این برآورد تئوری آدامز همخوانی دارد. نظریه طرحواره اشمیت (۸) 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 در اکتساب مشابه بوده است. یافته‌های این پژوهش در بخشی که نشان داد گروه سوم با گروه چهارم تفاوت ندارد، با برآورد نظریه طرحواره همخوانی دارد، اما یافته‌ها در بخشی که نشان داد گروه اول با گروه دوم تفاوت دارد، با این نظریه همخوانی ندارد. شاید این ناهمخوانی را بتوان با توسل به نظریه بازگماری و یادگیری ضمنی تبیین کرد. یافته‌ها با پیش‌بینی‌های نظریه بازگماری (۱۴)، (۱۱) همخوانی کامل دارد. این نظریه 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 ارائه‌شده در زمینه الگوی یافته‌ها در این نظریه پیش‌بینی شده است.

سانلی و لی (۲۴، ۲۵) یافته‌هایی ناسازگار با نتایج تحقیق حاضر به دست آورده‌اند. شرایط آزمایش‌های سانلی و لی (۲۴-۲۵) و آزمایش تحقیق حاضر تفاوت‌هایی دارند که موجب شده نتایج همسو با هم نباشد. تفاوت اصلی، با تکالیف به‌کاررفته مرتبط است. تکلیف به‌کاررفته در تحقیق حاضر پرتاب دودستی توپ به سمت اهداف با دایره‌های متحدالمرکز است که از نوع تکالیف حرکتی درشت به‌شمار می‌رود، درحالی‌که تکالیف آزمایش‌های سانلی و لی (۲۴-۲۵) یک تکلیف حرکتی ظریف است. در دیگر پژوهش‌ها که در آن نمونه‌ها بزرگسال بوده‌اند و تکالیف حرکت درشت به‌کار رفته است ابرای مثال، ماکسول و همکاران (۱۶) یا پولتون، ماکسول و مسترز (۳۰) در ضربه گلف؛ پولتون، مسترز و ماکسول (۳۱) و مسترز، پولتون و ماکسول (۳۲) در پاس راگبی [نتایجی مشابه یافته‌های تحقیق حاضر به دست آمده است. تحلیل داده‌های این پژوهش نشان داد که گروه کم خطای کم‌توان ذهنی نسبت به گروه پرخطای کم‌توان ذهنی بهتر بودند. این یافته با یافته‌های پولتون و زاچری (۱۵)، گابت و مسترز (۲۲)، قمری و همکاران (۳۳)، محمدی و

همکاران (۲۱) و صالحی، مهرورز و رافعی (۲۳) همخوانی دارد، اما با یافته‌های بوزراد و همکاران (۳۴)، سانلی و لی (۲۴) و ون آبسود و همکاران (۲۶) همخوانی ندارد.

همچنین در تبیین علت مغایرت یافته‌های این پژوهش با برخی یافته‌های پژوهش‌های قبلی می‌توان گفت که در بیشتر تحقیقات گذشته از آزمون حافظه کاری برای طبقه‌بندی مناسب گروه‌ها در ابتدای تمرین استفاده نشده است. همچنین تحقیقات قبلی از مکانیسم مناسبی برای آگاهی از درگیری حافظه کاری در طول تمرین استفاده نکرده‌اند. از این رو با عدم آگاهی از وضعیت درگیری حافظه کاری، نمی‌توان استدلال مناسبی را در خصوص برآوردهای نظریه‌ها انجام داد. همچنین بیشتر تحقیقاتی که در حوزه نظریه بازگماری به نتایج مغایر با نتایج نظریه بازگماری رسیده‌اند، از مهارت حرکتی ظریف استفاده کرده‌اند. تکالیف حرکتی ظریف ذاتاً به توجه و دقت بیشتری نیاز دارد، از این رو ایجاد شرایط یادگیری ضمنی در این تکالیف ساده به نظر نمی‌رسد.

براساس نتایج این پژوهش، پیشنهاد می‌شود در محیط‌های آموزشی- تربیتی یا در زمینه‌های درمانی از تمرین کم‌خطا برای ایجاد یادگیری پنهان تکالیف حرکتی درشت برای کودکان کم‌توان ذهنی استفاده شود. در تحقیقات آتی می‌توان با تغییر پارامترهایی مانند استفاده از تکالیف حرکتی بسته در مقابل باز یا مهارت‌های حرکتی درشت در مقابل ظریف آثار پروتکل‌های کم‌خطا را بررسی کرد. پژوهش‌های آینده می‌تواند با هدف امکان استفاده از این روش‌ها برای یادگیری مهارت‌های حرکتی در کودکان انجام گیرد. حیطة دیگری که می‌تواند زمینه مناسبی برای تحقیق باشد، آثار خودکنترلی (خودتنظیمی) در انتخاب آرایش تمرین است.

به‌عنوان نتیجه‌گیری پایانی می‌توان گفت که در حال حاضر دیدگاه نظری واحدی وجود ندارد که تمامی آثار مشاهده‌شده در مرحله اکتساب و آزمون‌های انتقال در شرایط تکلیف منفرد و تکلیف دوگانه بر اجرا را یک‌جا تبیین کند. با این حال، از چندین نظریه و ساختار نظری می‌توان کمک گرفت تا درک جامعی از عوامل احتمالی سودمندی پروتکل‌های تمرینی در یادگیری حرکتی به‌دست آورد.

## منابع و مأخذ

1. Poolton JM, Zachry TL. So you want to learn implicitly? Coaching and learning through implicit motor learning techniques. *International Journal of Sports Science & Coaching*. 2007;2(1):67-78.
2. Westendorp M, Houwen S, Hartman E, Visscher C. Are gross motor skills and sports participation related in children with intellectual disabilities? *Research in Developmental Disabilities*. 2011;32(3):1147-53.
3. 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;35(4):826-32.
4. Gentile AM. A working model of skill acquisition with application to teaching. *Quest*. 1972;17(1):3-23.
5. Fitts PM, Posner MI. *Human performance*. Oxford, England: Cole/Brooks; 1967.
6. Adams JA. A closed-loop theory of motor learning. *Journal of motor behavior*. 1971;3:111-50.
7. Schmidt RA, Lee TD. *Motor control and learning: A behavior emphasis*. Champaign, IL: Human kinetics; 2011.
8. Schmidt RA. A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological review*. 1975;82(4):225-60.
9. 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.
10. Masters RSW, Maxwell JP. Implicit motor learning, reinvestment and movement disruption. *Skill acquisition in sport: Research, theory and practice*. 2004:207.
11. Masters, Maxwell. The theory of reinvestment. *International Review of Sport and Exercise Psychology*. 2008;1(2):160-83.
12. Masters RSW, Poolton JM, Maxwell JP, Raab M. Implicit learning and complex decision making in time constrained environment. *Journal of Motor behavior*. 2008;40:71-9.
13. Sanli EA, Patterson JT, Bray SR, Lee TD. Understanding self-controlled motor learning protocols through the self-determination theory. *Frontiers in psychology*. 2013;3(Article 611):1-17.
14. 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.
15. Poolton JM, Zachry TL. So you want to implicitly? Coaching and learning through implicit motor learning techniques. *International Journal of Sports Science & Coaching*. 2007;2:67-78.
16. Maxwell JP, Masters RSW, Kerr E, Weedon E. The implicit benefit of learning without errors. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A*. 2001;54(4):1049-68.

17. Maxwell JP, Masters RSW, Eves F. From novice to no know-how: A longitudinal study of implicit motor learning. *Journal of Sports Sciences*. 2000;18(2):111-20.
18. Maxwell JP, Masters RSW, Kerr E, Weedon E. The implicit benefit of learning without errors. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A*. 2001;54(4):1049-68.
19. Lam WK, Masters RSW, Maxwell JP. Cognitive demands of error processing associated with preparation and execution of a motor skill. *Consciousness and cognition*. 2010;19(4):1058-61.
20. Capio CM, Sit CH, Abernethy B, Masters RSW. The possible benefits of reduced errors in the motor skills acquisition of children. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. 2012;4(1):1.
21. Mohamadi J, Ghamari A, Herasi SA. Learning and generalization of the errorless and error full practice in girls 10 to 12 years. *Motor Behavior*. 2016;8(23):49-64 (In Persian).
22. Gabbett T, Masters R, S W. Challenges and solutions when applying implicit motor learning theory in a high performance sports environment: Examples from rugby league. *International Journal of Sports Science & Coaching*. 2011;6:567-75.
23. Salehi H, Mehrvarz M, Rafaei M. Errorless practice for facilitate implicit motor learning in children. *Journal of Development & Motor Learning*. 2018;10(3):367-84 (In Persian).
24. 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.
25. 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.
26. van Abswoude F, Santos-Vieira B, van der Kamp J, Steenbergen B. The influence of errors during practice on motor learning in young individual with cerebral palsy. *Research in Developmental Disabilities*. 2015;45-46:353-64.
27. Wechsler D. Wechsler intelligence scale for children. 1949.
28. Alloway TP, Gathercole SE. Working memory rating scale (wmrs): Manual: Pearson Education; 2008.
29. Alloway TP, Gathercole SE, Kirkwood H, Elliott J. Evaluating the validity of the automated working memory assessment. *Educational Psychology*. 2008;28(7):725-34.
30. Poolton JM, Masters RSW, Maxwell JP. The relationship between initial errorless learning conditions and subsequent performance. *Human Movement Science*. 2005;24(3):362-78.
31. 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.
32. Masters RSW, Poolton JM, Maxwell JP. Stable implicit motor processes despite aerobic locomotor fatigue. *Consciousness and cognition*. 2008;17(1):335-8.
33. 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).

34. Buszard T, Farrow D, Reid M, Masters RSW. Modifying equipment in early skill development: A tennis perspective. Research Quarterly for Exercise and Sport. 2014;85(2):218-25.

