

## مقایسه اثر تمرین در یادگیری حرکات هماهنگ درون مرحله و برون مرحله در دست و پا

نگار آرازشی<sup>۱</sup>، عبدالله قاسمی<sup>۲</sup>، مهدی نمازی زاده<sup>۳</sup>، ابراهیم صادقی دمنه<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکتری رفتار حرکتی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
۲. استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران\*
۳. دانشیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)
۴. استادیار گروه ارتوپد فنی دانشکده علوم توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی اصفهان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۰۵

### چکیده

هدف از پژوهش حاضر، مقایسه تمرین در یادگیری حرکات هماهنگ درون مرحله و برون مرحله دست و پا می باشد. بدین منظور، ۱۲ دانشجوی دختر از دانشگاه فرهنگیان اصفهان (با میانگین سنی  $22 \pm 5$  سال) که هیچ گونه سابقه فعالیت در رشته های ورزشی ریتمیک نداشتند، به صورت تصادفی طبقه ای انتخاب شدند و به مدت شش ماه تحت نظر مربی هیپ هاپ آموزش دیدند و مهارت های مختلف هیپ هاپ و در خلال آن، تکالیف مدنظر پژوهش را آموخته و تمرین کردند. شرکت کنندگان در طول این شش ماه، سه بار به فاصله های یک، سه و شش ماه، در آزمایشگاه حضور یافتند که هر حضور به منزله یک سطح مهارتی در نظر گرفته شد و هر مرتبه با استفاده از دستگاه تجزیه و تحلیل حرکت، از اجرای چهار تکلیف ورزشی درون مرحله و برون مرحله منتخب با هفت دوربین یا فرکانس ۶۰ هرتز به صورت سه بعدی فیلم برداری شد. شایان ذکر است که داده های حاصل به کمک برنامه نویسی در نرم افزار متلب، پردازش شده و خطای متغیر اجرای شرکت کنندگان محاسبه گشت. سپس، با استفاده از آزمون تجلیل واریانس، اندازه گیری های مکرر در سطح ( $P=0.005$ ) تجزیه و تحلیل گردید. نتایج نشان می دهد که تفاوت معناداری بین خطای متغیر اجرا در سطوح مهارتی وجود دارد و حرکات هماهنگ در هر سطح، استوارتر از سطح قبل اجرا می شود. بررسی اثر تعاملی الگو، سطح و اندام نیز بیانگر آن است که در تمام سطوح و هر دو اندام، خطای متغیر الگوی برون مرحله به صورت معناداری بیشتر از خطای متغیر الگوی درون مرحله می باشد. در مجموع، یافته ها حاکی از آن است که تمرین، اجرای الگوهای حرکت درون مرحله و برون مرحله را در دست ها و پاها به یک نسبت بهبود می بخشد.

**واژگان کلیدی:** هیپ هاپ، الگوی حرکتی درون مرحله، الگوی حرکتی برون مرحله، سطح مهارت

## مقدمه

در دهه اخیر، مکانیزم‌های درگیر در عملکرد ماهرانه به شدت مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است و آن‌ها به دنبال کشف این مطلب می‌باشند که چگونه افراد برای کسب مهارت بیشتر با تکالیف پیچیده روبه‌رو می‌شوند و بر محدودیت‌ها غلبه می‌کنند (۱). حرکات هماهنگ، دامنه وسیعی از مهارت‌های روزانه و ورزشی را در بر می‌گیرد و درحقیقت، لازمه اجرای هر مهارتی، هماهنگ کردن اجزای متعدد حرکت در حالات مختلف می‌باشد. عنوان شده است که هماهنگی از ویژگی‌های الزامی و گریزناپذیر حرکت می‌باشد (۲). برخی از مهارت‌ها از قبیل راه رفتن، دویدن و حرکات نمایشی در ایروبیک، نیازمند هماهنگی عضلات اندام‌های تحتانی و تنه می‌باشند و در مهارت‌هایی مانند دراز کردن دست برای برداشتن یک مداد، نواختن گیتار و تایپ با صفحه کلید رایانه، ایجاد هماهنگی بیشتر به عضلات بازوها، دست‌ها و انگشتان معطوف می‌شود (۳-۵).

از سوی دیگر، بخش قابل توجهی از این فعالیت‌های روزمره انسان از جمله راه رفتن، نفس کشیدن و جویدن، به طور ذاتی ریتمیک بوده و اجرای آن‌ها نیازمند فراهم شدن هماهنگی‌های پیچیده ریتمیک است (۶). تاکنون، هماهنگی ریتمیک در پژوهش‌های مختلف و در مقیاس وسیع مورد مطالعه قرار گرفته است (۷-۹). پژوهش‌های مرتبط با هماهنگی دو عضوی نشان داده است که الگوهای زمانی - فضایی حرکات هماهنگی که به شکل ذاتی طرح‌ریزی می‌شوند، آسان‌تر از سایر الگوها تولید و حفظ می‌شود. به طور کلی، این الگوهای ذاتی تحت دو اصل قرار دارند: اصل "اگوسنتریک" (هم‌گرا) که حرکات را در یک تقارن آینه‌ای<sup>۲</sup> نسبت به محوری فرضی در مرکز بدن با استفاده از گروه‌های عضلانی مشابه محدود می‌کند و اصل "الوسنتریک" (هم‌جهت) که حرکات را در یک مسیر مشابه نسبت به محوری فرضی در خارج از بدن محدود می‌نماید (۱۰-۱۲). اکثر این مطالعات، وجود اصول هماهنگی عمومی و کلی در اجرای حرکات هماهنگ را تأیید می‌نمایند (۷، ۱۰، ۱۱، ۱۳). شایان ذکر است که برای حرکات هم‌زمان دو عضو که در صفحه افقی انجام می‌شود، این اصول در دو الگوی ثابت درون‌مرحله (با فاز نسبی صفر درجه) و برون‌مرحله (با فاز نسبی ۱۸۰ درجه) نمایان می‌شوند (۱۰، ۱۱). هماهنگی درون‌مرحله به حرکات متقارن آینه‌ای که به صورت هم‌زمان در جهت یکدیگر (رو به هم) و دور از محور طولی بدن به وجود می‌آید اشاره دارد؛ درحالی‌که هماهنگی برون‌مرحله به حرکاتی که در مسیر مشابه و به صورت هم‌زمان از یک طرف بدن به طرف دیگر می‌باشد اشاره می‌کند (۱۴). اغلب افراد بدون تمرین تنها می‌توانند دو نوع الگوی هماهنگی درون‌مرحله و برون‌مرحله

- 
1. Egocentric
  2. Mirror Symmetry
  3. Allocentric

را اجرا نمایند (۲،۷،۱۵) که در اغلب موارد اجرای الگوی درون مرحله، استوارتر از الگوی برون مرحله گزارش شده است (۲،۷،۱۲،۱۵).

واضح است که یادگیری و کسب تبحر در اجرای حرکات هماهنگ درون مرحله و برون مرحله به علت اجرای همزمان در دو عضو، دشوارتر از سایر حرکاتی است که تنها در یک عضو اجرا می‌شوند. سوآلی که در حوزه کنترل و یادگیری حرکتی مطرح می‌باشد این است که چگونه سیستم عصبی مرکزی چندین تکلیف حرکتی پیچیده را سازماندهی و اجرا می‌کند (۳،۵،۱۶). تمایل سیستم عصبی مرکزی جهت هماهنگ شدن دو اندام، خواستی عصبی است که موسیقی‌دانان و ورزشکاران در زندگی روزمره خود با آن سروکار دارند و برای موفق شدن با آن دست‌وپنجه نرم می‌کنند. شایان ذکر است که قابلیت افراد برای اجرای حرکات هماهنگ در یک سمت بدن با ایجاد هماهنگی در اندام‌های دو عضوی متفاوت می‌باشد. مطالعات قبلی نشان داده‌اند هنگامی که دو دست به صورت آینه‌ای و متقارن حرکت می‌کنند، تکالیف دو دستی هماهنگ، با استواری اجرا می‌شوند (۱۷-۱۹)، اما هنگامی که می‌بایست دو دست به صورت همزمان دو تکلیف متفاوت را اجرا کنند، حتی اگر اجرای یک دستی و منفرد این تکالیف ساده باشد، بین دو دست تداخل متقابل ایجاد می‌شود. به عبارت دیگر، در حرکات برون مرحله، با افزایش پیچیدگی حرکت، فعالیت عصبی قشر حرکتی مکمل و قشر حسی - پیکری بیشتر می‌شود (۲۰).

علاوه بر این، اولین قدم جهت سازگاری انسان‌های اولیه با محیط، از طریق گام برداری روی دو پا صورت گرفته است. گام برداری روی دو پا، امکان استفاده بیشتر از دو دست در سایر فعالیت‌ها را فراهم می‌کند. اغلب مهارت‌هایی که به وسیله دو پا انجام می‌شوند، جابه‌جایی و انتقال انسان را در پی دارند. به طور عمده، جابه‌جایی و انتقال در انسان‌ها از طریق دو نوع الگوی گام برداری (که هر دو نیز برون مرحله هستند) میسر می‌شود. این دو الگوی حرکتی عبارت هستند از: راه رفتن و دویدن (۲۱). این مشاهدات نشان می‌دهند که اساساً، سیستم عصبی ترجیح می‌دهد که حرکات مشابه را به صورت همزمان سازماندهی و اجرا کند و در حین اجرای همزمان تکالیف متفاوت با اندام‌های مختلف، با محدودیت همراه می‌باشد (۱۷-۲۲). اجرای انواع متنوعی از الگوهای هماهنگی دو دستی، با پیوستگی ادراک و عمل همراه است که توانایی اجراکننده را برای حرکات هماهنگ مختلف در دو عضو محدود می‌کند. در نتیجه، حرکات بین عضوی به صورت واحد کنترل می‌شوند (۲۳). بی‌شک، مکانیزم‌های عصبی متعددی در پایدارتر شدن یک الگوی برون مرحله دخیل هستند. آنچه بارز می‌باشد این است که برای اجرای پایدار هر مهارتی می‌بایست آن را به درستی آموخت. عنوان شده است که فرایند یادگیری به زمان و تمرین نیاز دارد و پیشرفت در هر مهارتی، به شکل مستقیم با تمرین‌های انجام شده در آن زمینه مرتبط است. همچنین، تمام افراد برای این که از سطح مبتدی به

ماهر برسند از مراحل جداگانه و متوالی گذر می‌کنند (۴). مطالعات انجام‌گرفته در زمینه یادگیری حرکتی نیز نشان داده‌اند که برای غلبه بر تداخل فضایی می‌بایست تکلیف موردنظر را هم‌زمان در دو عضو تمرین کرد و تمرین یک عضوی، تداخل فضایی را کاهش نمی‌دهد (۱۹،۲۲). به‌بیان‌دیگر، بر اثر تمرین هم‌زمان دو عضوی، تغییرات منعطفی در قشر مغز ایجاد شده و یک بازنمایی یکپارچه از حرکات دو عضو در نتیجه تمرین دو عضوی شکل می‌گیرد که گرایش به اجرای حرکات متقارن و آینه‌ای هم‌زمان را متوقف می‌کند و منجر به یادگیری حرکات منفصل و گسسته اندام‌های چپ و راست می‌شود (۲۲). علاوه‌براین، تمرین با انعکاس تغییراتی که در هم‌کوشی‌های حرکتی رخ می‌دهد می‌تواند منجر به تغییر در هماهنگی شود (۲۴). نتایج مطالعاتی که به مقایسه استواری اجرای حرکات هماهنگ در بین دو گروه مبتدی و ماهر پرداخته‌اند نیز نشان داده‌اند که افراد ماهر، الگوهای حرکتی برون‌مرحله را با استواری یکسان با الگوهای حرکتی درون‌مرحله اجرا می‌کنند (۲۵،۶). این مطالعات به‌صورت غیرمستقیم گواهی است بر اثرگذاری تمرین در استواری اجرای الگوهای حرکتی برون‌مرحله، اما بررسی تغییراتی که در فرایند یادگیری و در گذر یک فرد از مراحل ابتدایی به مراحل پیشرفته و کسب مهارت در اجرای حرکات هماهنگ دو عضوی رخ می‌دهد، از مواردی است که تاکنون کمتر به‌صورت ویژه و اختصاصی در حرکات هماهنگ درون‌مرحله و برون‌مرحله بررسی شده است. این درحالی است که این حرکات علاوه‌براین که در زندگی روزمره افراد به‌شکل مکرر مورد استفاده قرار می‌گیرند در رشته‌های ورزشی مختلف نیز کاربرد فراوان دارند (۲۶).

با توجه به موارد ذکرشده، در پژوهش حاضر بر آن هستیم تغییرات پایداری الگو در حرکات هماهنگ درون‌مرحله و برون‌مرحله دست‌ها و پاها را در سه سطح مهارتی مختلف (اول، دوم و سوم) شرکت‌کنندگان بررسی نماییم. شناسایی تغییرات پایداری الگوی حرکات هماهنگ درون‌مرحله و برون‌مرحله اندام‌های دو عضوی طی فرایند یادگیری در سطوح مهارتی مختلف، اطلاعات بهتری را در راستای بهبود اجرای حرکات هماهنگ ارائه می‌نماید. سنجش میدانی این مراحل و تغییرات علاوه‌بر کامل کردن راه‌کارهای مؤثر جهت تسهیل و تسریع آموزش مهارت‌های حرکتی هماهنگ، اطلاعات جدیدی را در ارتباط با پارامترهای کنترل حرکتی در اختیار مربیان و ورزشکاران قرار می‌دهد؛ بنابراین، دانستن تغییرات و توالی پیشرفت اجرای الگوهای حرکتی هماهنگ درون‌مرحله و برون‌مرحله، نقش به‌سزایی در کامل کردن یک برنامه تمرینی مؤثر دارد؛ لذا، درصدد آموزش چهار تکلیف ورزشی هماهنگ به شرکت‌کنندگان می‌باشد. شایان‌ذکر است که اجرای ماهرانه این تکالیف نیازمند آموزش و تمرین است. تکالیف نیز دربرگیرنده مهارت‌های ورزشی درون‌مرحله و برون‌مرحله در دو اندام فوقانی و تحتانی می‌باشد. بدین ترتیب، پژوهشگر سعی دارد مراحل و تغییراتی که در

فرایند و مراحل یادگیری حرکات هماهنگ درون مرحله و برون مرحله و نیز در رسیدن به اجرای پایدار هر یک از این حرکات هماهنگ رخ می‌دهد را با کمک فناوری پیشرفته گردآوری نموده و درک عمیق‌تری را نسبت به سازوکار اثرگذاری تمرین با استفاده از سطوح مختلف مهارت در حرکات پیچیده ورزشی ایجاد نماید.

### روش پژوهش

جهت انجام این پژوهش، از میان دانشجویان پردیس فاطمه‌الزهرا (س) دانشگاه فرهنگیان اصفهان، تعداد ۱۲ نفر از افرادی (با میانگین سنی  $22 \pm 5$  سال) که سابقه تمرین و فعالیت در رشته‌های ورزشی ریتمیک را نداشتند به شکل تصادفی - طبقه‌ای انتخاب شدند. تعداد شرکت‌کنندگان توسط نرم‌افزار جی پاور<sup>۱</sup> و با توجه به روش آماری تحلیل واریانس اندازه‌های تکراری برای رسیدن به توان آماری ۸۰ درصد کفایت کرد. شایان ذکر است که تمامی شرکت‌کنندگان راست‌دست بودند و پای تکیه‌گاه تمام آن‌ها پای راست بود.

همچنین، جهت انتخاب شرکت‌کنندگان به صورت تصادفی - طبقه‌ای، پرسش‌نامه‌ای در ارتباط با اطلاعات فردی افراد مانند سن، دست و پای تکیه‌گاه، سابقه فعالیت در رشته‌های مختلف ورزشی، سابقه فعالیت در رشته ورزشی هیپ‌هاپ، وضعیت آشنایی شرکت‌کنندگان با تکالیف حرکتی پژوهش حاضر و سابقه هرگونه آسیب‌دیدگی و یا شکستگی در دست و پا آماده شده بود که توسط دانشجویان تکمیل گردید و از میان کسانی که شرایط لازم را داشتند، شرکت‌کنندگان به صورت تصادفی انتخاب شدند.

ابزار استفاده شده در این پژوهش، دستگاه تجزیه و تحلیل "حرکت" (ساخت شرکت کوالیسز) واقع در آزمایشگاه مرکز پژوهش‌های اختلالات اسکلتی - عضلانی دانشکده توان‌بخشی دانشگاه اصفهان بود. این دستگاه برای اندازه‌گیری اطلاعات جنبشی حرکت (جابه‌جایی، سرعت، شتاب‌های خطی و زاویه‌ای) به کار می‌رود و دارای دو بخش سخت‌افزاری و نرم‌افزاری می‌باشد. بخش سخت‌افزاری آن دربرگیرنده یک سطح درجه‌بندی شده، دوربین و نشانگر است. سطح درجه‌بندی شده از جنس چوب و به طول ۵/۵ متر، عرض دو متر و ارتفاع هشت سانتی‌متر می‌باشد. شایان ذکر است که شرکت‌کنندگان مهارت‌های خود را روی این سطح اجرا نمودند. نشانگرها، قطعات کوچک کروی شکل در اندازه‌های مختلفی هستند که پوشش بیرونی آن‌ها به اشعه مادون قرمز حساس بوده و متناسب با اندازه مفصل موردنظر به کار گرفته می‌شوند. در این پژوهش با توجه به نوع تکلیف

حرکتی و هدف آزمون، از ۲۵ عدد نشانگر سایز متوسط استفاده شد. دوربین‌های دستگاه نیز دارای لامپ‌های دو الکترودی هستند که اشعه مادون قرمز را که نشانگرها نسبت به این آن حساس می‌باشند ساطع می‌کنند. در نتیجه برخورد اشعه مادون قرمز با نشانگر، دوربین مسیر حرکت نشانگر را ثبت می‌نماید (شکل نشانگر). این سیستم می‌تواند حرکت را در هر دو حالت دوبعدی (با استفاده از یک دوربین) و سه‌بعدی (با استفاده از دو دوربین یا بیشتر) تجزیه و تحلیل کند. از آن جاکه نمونه موجود دارای هفت دوربین بود، تمامی حرکات شرکت‌کنندگان با سرعت ۶۰ تصویر در ثانیه در حالت سه‌بعدی ثبت گردید. علاوه بر این، بخش نرم‌افزاری دستگاه شامل برنامه‌ای است که با انجام فرایندهای ویدئویی روی اطلاعات دریافتی از دوربین‌ها و با دنبال کردن مسیر حرکت نشانگرها، اطلاعات سینماتیک حرکت را استخراج می‌کند. به منظور تعیین تکالیف حرکتی پژوهش، با در نظر گرفتن تجزیه و تحلیل‌های همه‌جانبه‌ای که روی الگو، جهت، عضلات و مفاصل مجری، ترتیب انقباض عضلات و تعیین فاز نسبی و آهنگ حرکات ورزشی مختلف انجام گرفت، در نهایت از میان رشته‌های ورزشی مختلفی که ویژگی اصلی آن‌ها هماهنگی ریتم‌دار بود، رشته هیپ‌هاپ انتخاب گردید و از بین مهارت‌های مختلف این رشته، چهار مهارت حرکتی هماهنگ دو عضوی که تغییرات زاویه‌ای را نسبت به فاز نسبی حرکت به بهترین نحو نشان می‌دادند به عنوان تکالیف حرکتی درون مرحله و برون مرحله انتخاب شدند. ویژگی بارز این تکالیف این بود که علاوه بر اجرای هم‌زمان حرکت در دست و پا، لازم بود که حرکات دست و پا به صورت درون مرحله یا برون مرحله اجرا گردد. شایان ذکر است که این حرکات در محیط آزمایشگاه قابل اجرا بودند و پیچیدگی آن‌ها در حدی بود که دوربین‌های آزمایشگاه قادر به ثبت صددرصدی حرکات بودند. بدین ترتیب، تکالیف ملاک بدون واسطه سنجیده شدند و دارای حداکثر هم‌خوانی با هدف پژوهش بودند. در تکالیف شماره یک، الگوی حرکت دست درون مرحله و الگوی حرکت پا برون مرحله بود. در تکالیف شماره دو و سه نیز الگوی حرکت دست و پا درون مرحله بود و در تکالیف آخر، الگوی حرکت دست و پا برون مرحله بود. بدین ترتیب، تکالیف ملاک بدون واسطه سنجیده گردید که دارای حداکثر هم‌خوانی با هدف پژوهش بود. همچنین، براساس پردازش داده‌های حاصل از مطالعات انجام‌شده قبلی، پایایی ابزار مورد- استفاده ( $r=0.968$ ) بود. با روشن شدن تمام این موارد، هماهنگی‌های لازم جهت انجام پژوهش اصلی آغاز گشت.

در ادامه، پس از انتخاب شرکت‌کنندگان و تکمیل فرم رضایت‌نامه و شرکت داوطلبانه در پژوهش، دوره آموزش شرکت‌کنندگان مطابق با اصول برگزاری کلاس‌های آموزشی عملی تحت نظر مربی هیپ‌هاپ در یک بازه شش ماهه آغاز گردید. دوره آموزش به صورت جلسات ۱/۵ ساعته در سه روز از هفته و به مدت شش ماه برگزار گردید. جهت برگزاری هرچه شبیه‌تر کلاس‌های آموزشی پژوهش

حاضر با کلاس‌های آموزشی رشته‌های مختلف ورزشی و پیشگیری از هرگونه سوگیری نسبت به تکالیف مدنظر پژوهش، شرکت‌کنندگان طی دوره آموزش، مهارت‌های مختلف هیپ‌هاپ و در خلال آن، تکالیف مدنظر پژوهش را آموخته و تمرین می‌کردند. شایان ذکر است که پژوهش حاضر دارای سه سطح مهارتی بود که شرکت‌کنندگان در هر سطح، هر تکلیف را سه بار اجرا می‌کردند. خطای متغیر حاصل از تغییرات زاویه‌ای در مفاصل موردنظر در هر یک از اجراهای افراد در سه کوشش متوالی در هر سطح و برای تمامی تکالیف محاسبه گردید (۶). سطوح موردنظر بدین ترتیب بود که پس از ۱۲ جلسه تمرین، شرکت‌کنندگان جهت اجرا در سطح اول در آزمایشگاه حاضر شدند و تکالیف حرکتی را اجرا نمودند. جهت کنترل اثر یادگیری، ترتیب و خستگی ناشی از اجرای پشت سر هم حرکات نیز شرکت‌کنندگان تکالیف حرکتی را به صورت تصادفی در آزمایشگاه اجرا نمودند (هر شرکت‌کننده هر یک از تکالیف را سه بار اجرا می‌کرد). نتایج حاصل از این دوره به عنوان اولین سطح موردنظر پژوهش؛ یعنی زمانی که شرکت‌کنندگان تا حد خیلی کمی با تکالیف آشنایی داشتند در نظر گرفته شد. پس از گذشت دو ماه و ۲۴ جلسه تمرینی (در مجموع ۳۶ جلسه تمرین از شروع دوره)، شرکت‌کنندگان مجدداً در آزمایشگاه حاضر شدند و تکالیف را اجرا نمودند. نتایج حاصل از این دوره به عنوان مرحله دوم یادگیری و زمانی که ورزشکاران در سطح دوم هستند و تاحدودی با تکالیف آشنا شده و تکالیف را آموخته‌اند ثبت گردید. در ادامه، شرکت‌کنندگان همانند گذشته (به شکل مرتب) در کلاس‌ها شرکت کردند و مهارت‌های مختلف هیپ‌هاپ و هم‌زمان تکالیف مدنظر پژوهش را به مدت ۳۶ جلسه دیگر تمرین نمودند. در نهایت، پس از شش ماه (۷۲ جلسه تمرین) برای بار سوم در آزمایشگاه حاضر شدند و تکالیف را اجرا نمودند. نتایج حاصل از سومین حضور در آزمایشگاه نیز به عنوان نتایج سطح سوم؛ یعنی زمانی که شرکت‌کنندگان به مهارت نسبی در اجرای تکالیف موردنظر دست یافته بودند در نظر گرفته شد.

شایان ذکر است که هر بار قبل از حضور شرکت‌کنندگان در آزمایشگاه می‌بایست مکان دقیق دوربین‌ها تعیین شود؛ به گونه‌ای که هر دوربین در مکانی قرار گیرد که بتواند کل مسیر حرکت شرکت‌کننده را بدون این که صفحه دوربین‌های دیگر در این مسیر دیده شوند فیلم‌برداری کند که مسیر حرکت، سطح تخته مدرج موجود (۱۰ متر) در آزمایشگاه و تعداد دوربین‌ها هفت عدد بود. مرحله بعد از تنظیم مکان دوربین‌ها، درجه‌بندی یا کالیبراسیون بود. در این قسمت، از سطحی که مسیر حرکت شرکت‌کنندگان بود تصویربرداری می‌شد تا بدین وسیله، مشخصات مکان آزمون تعیین گردد. در حقیقت، با این فیلم‌برداری اولیه، سطح و فضایی که شرکت‌کننده در آن حرکت می‌کند به کمک نرم‌افزارهای سیستم روی صفحه مانیتور ترسیم گشته و به عبارتی کالیبره می‌شود.

سپس، با توجه به هدف انجام آزمون و نوع تکلیف حرکتی، ۲۵ عدد نشانگر روی مفاصل و برجستگی‌های آناتومیکی بدن شامل: استخوان جناغ سینه، زائده آکرومیون چپ، زائده آکرومیون راست، زائده داخلی و زائده خارجی آرنج راست، زائده داخلی و زائده خارجی آرنج چپ، کناره داخلی و کناره خارجی مچ دست راست، کناره داخلی و کناره خارجی مچ دست چپ، سر استخوان ران پای راست و سر استخوان ران پای چپ، اپی‌کندیل داخلی و خارجی زانوی پای راست، اپی‌کندیل داخلی و خارجی زانوی پای چپ، قوزک داخلی و قوزک خارجی مچ پای راست، قوزک داخلی و قوزک خارجی مچ پای چپ، انتهای انگشت دوم پای راست و انتهای انگشت دوم پای چپ هر شرکت‌کننده نصب گردید تا اطلاعات جنبشی مربوط به حرکات فراهم شود (شکل شماره یک). شایان ذکر است نشانگرها روی قسمت‌هایی از پوست نصب شدند که کمترین مقدار حرکت و لغزش اضافی روی استخوان‌ها را داشته باشد تا از هرگونه حرکت اضافی که ممکن است باعث پایین آمدن دقت یافته‌های پژوهش شود جلوگیری گردد.



شکل ۱- محل نصب نشانگرها

پس از نصب نشانگرها، شرکت‌کننده حرکت را از ابتدای سطح مدرج آغاز می‌کرد و به محض شروع حرکت، دوربین‌ها با سرعت بالا از اجرای حرکات تصویر برداری می‌نمودند. سپس، اطلاعات ثبت شده به نرم‌افزار سیستم منتقل شده و این نرم‌افزار طی فرایندهایی اطلاعات دریافتی را تحلیل نموده و با استفاده از مسیر حرکت نشانگرها، اطلاعات سینماتیک حرکت را استخراج کرده و اطلاعاتی که حاوی مکان هریک از نشانگرهای نصب شده روی مفاصل شرکت‌کنندگان در سه بعد فضایی  $X$ ،  $Y$  و  $Z$  در هر (۰/۰۱۶) ثانیه بود را در اختیار کاربر قرار می‌داد.



همچنین، نرم افزار متلب<sup>۱</sup> جهت تبدیل اطلاعات حاصل از دستگاه تجزیه و تحلیل حرکت که کاملاً خام بودند و امکان انجام هیچ گونه عملیات آماری روی آن ها وجود نداشت به اطلاعات مورد نیاز که بتوان از آن ها استفاده کرد به کار گرفته شد. علاوه بر این، به کمک برنامه نویسی در نرم افزار متلب، اطلاعاتی از قبیل تغییرات زاویه ای مفاصل مدنظر از جمله مفاصل آرنج راست و چپ، مفاصل بازوی راست و چپ، مفاصل ران راست و چپ، مفاصل زانوی راست و چپ و مفاصل مچ پای راست و چپ در هر اجرا فراهم گردید.

در پژوهش حاضر، پژوهشگر از آزمون های تحلیل واریانس با اندازه گیری های تکراری، آزمون تعقیبی شیداک و آزمون تحلیل واریانس با اندازه های تکراری سه عاملی (سطوح، الگو و اندام) استفاده کرده است. پیش از انجام آزمون های آماری و به دلیل پیش فرض موجود جهت استفاده یا عدم استفاده از آزمون های پارامتریک نیز آزمون شاپیرو<sup>۲</sup> مورد استفاده قرار گرفت.

## نتایج

در پژوهش حاضر جهت بررسی طبیعی بودن توزیع داده ها از آزمون شاپیرو استفاده گردید که بر این اساس و به اجمال، سه سطح مورد بررسی در این پژوهش دارای توزیعی طبیعی نمی باشند (جدول شماره یک).

جدول ۱- آماره های آزمون شاپیرو جهت طبیعی بودن توزیع داده ها

| آماره ها | تعداد | آماره | سطح معناداری | نوع توزیع |
|----------|-------|-------|--------------|-----------|
| سطح یک   | ۱۲    | ۰/۹۵۵ | ۰/۰۰۱        | غیرطبیعی  |
| سطح دو   | ۱۲    | ۰/۹۵۵ | ۰/۰۰۱        | غیرطبیعی  |
| سطح سه   | ۱۲    | ۰/۹۴۸ | ۰/۰۰۱        | غیرطبیعی  |

به همین دلیل، جهت استفاده از آزمون های پارامتریک، اقدام به نرمال سازی داده ها با روش لگاریتمی گردید. بر این مبنای داده های پژوهش نرمال می باشند. در ادامه، آزمون های پارامتریک مورد استفاده قرار گرفت.

### 1. Matlab

۲. در نمونه های کوچک تر از ۵۰ نفر از این آزمون جهت بررسی طبیعی بودن توزیع داده ها استفاده می شود.

جدول ۲- آماره‌های توصیفی حاصل از آزمون تحلیل واریانس بین انجام حرکات هماهنگ در سطوح مختلف

تمرینی در نمونه‌های پژوهش

| گروه‌ها | تعداد | میانگین | انحراف استاندارد | میانگین خطای معیار |
|---------|-------|---------|------------------|--------------------|
| سطح اول | ۱۲    | ۳/۰۱۸   | ۰/۵۷۴            | ۰/۰۲۳              |
| سطح دوم | ۱۲    | ۳/۰۹    | ۰/۵۲۹            | ۰/۰۲۱              |
| سطح سوم | ۱۲    | ۳/۰۱    | ۰/۶۲۴            | ۰/۰۲۵              |

علاوه بر این، جهت دست‌یافتن به هدف پژوهش و بررسی تفاوت موجود در تغییرات خطای متغیر بین سطوح مهارتی و اندام‌های حرکتی (سطح یک، دو و سه؛ اندام: دست و پا)، ابتدا از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری استفاده گردید. پیش از بررسی نتایج آزمون تحلیل واریانس اندازه‌های تکراری، آزمون کرویت موخلی فرض کرویت کوواریانس را تأیید نمود ( $P=0.474$ ,  $2.149$ ). نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری در جدول شماره سه مشاهده می‌شود.

جدول ۳- یافته‌های حاصل از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری بین انجام حرکات هماهنگ در

سطوح مختلف

| عامل       | مجموع مجذورات | درجه آزادی | میانگین مجذورات | ارزش اف | سطح معناداری | مجذور جزئی اتا |
|------------|---------------|------------|-----------------|---------|--------------|----------------|
| درون گروهی | ۱۰۷۶/۳۷       | ۲          | ۵۳۸/۱۸          | ۵/۱۵    | ۰/۰۰۶        | ۰/۰۰۸          |
| خطا        | ۱۲۷۴۹۸/۵۹     | ۱۲۲۲       | ۱۰۴/۳۳          |         |              |                |

\* سطح معناداری  $P < 0.05$

همان‌گونه که نتایج جدول بالا نشان می‌دهد، تفاوت معناداری بین خطای متغیر اجرا در سه سطح وجود دارد ( $P=0.006$ )؛ از این رو، برای مشخص شدن تفاوت‌ها از آزمون تعقیبی شیداک استفاده شد تا سطوح به صورت دوه‌دو با هم مقایسه شوند. نتایج آزمون تعقیبی شیداک نشان می‌دهد که بین سطح اول و سوم، تفاوت به لحاظ آماری معنادار می‌باشد ( $P=0.004$ ).

در ادامه، جهت بررسی تفاوت بین سطوح در الگوهای حرکتی درون مرحله و برون مرحله در دست و پاها از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری سه عاملی (سطوح، الگو و اندام) استفاده گردید. شایان ذکر است که پیش از بررسی نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری، آزمون کرویت موخلی فرض کرویت کوواریانس را تأیید کرد ( $P=0.142$ ,  $2.39$ ). نتایج آزمون تحلیل واریانس اندازه‌های تکراری برای مقایسه استواری الگوهای برون مرحله و درون مرحله در سه سطح و در دو اندام نشان داد که اثرات اصلی الگو ( $F=77.84$ ,  $P=0.001$ )، اندام ( $F=59.07$ ,  $P=0.001$ ) و نیز اثر

تعاملی الگو و اندام ( $P=0.001$ ,  $F=11.58$ ) به لحاظ آماری معنادار هستند، اما مابقی اثرات اصلی سطوح؛ یعنی اثرات تعاملی "سطوح - الگو"، "سطوح - اندام" و "سطوح - الگو - اندام" معنادار نمی‌باشند. در ادامه و به منظور مشخص شدن ماهیت تعاملی الگو - اندام، الگوها به تفکیک اندام در سطوح مختلف با استفاده از آزمون تی مستقل مقایسه شدند که نتایج آن در جدول زیر قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۴- نتایج آزمون تی مستقل برای بررسی ماهیت تعامل

| سطح معناداری | آزمون تی   |         | سطح | اندام |
|--------------|------------|---------|-----|-------|
|              | درجه آزادی | ارزش تی |     |       |
| <0.001       | ۲۳۷        | ۴/۵۶    | ۱   | دست   |
| <0.001       | ۲۳۷        | ۳/۷۲    | ۲   |       |
| <0.001       | ۲۳۷        | ۵/۶۱    | ۳   |       |
| <0.001       | ۲۹۲/۳۱     | ۵/۵۹    | ۱   | پا    |
| <0.001       | ۳۷۱        | ۴/۴۷    | ۲   |       |
| <0.001       | ۳۷۱        | ۴/۵۹    | ۳   |       |

\* سطح معناداری  $P<0.05$ 

همان‌طور که در جدول بالا مشاهده می‌گردد، در اندام‌های دست و پا و در تمام سطوح یک، دو و سه، خطای متغیر اجرای الگوی حرکتی برون مرحله به صورت معناداری از خطای متغیر اجرای الگوی حرکتی درون مرحله بیشتر می‌باشد. این مطلب نشان‌دهنده این است که ناپایدارتر بودن الگوی برون مرحله نسبت به درون مرحله در تمام شرایط وجود دارد و تحت تأثیر متغیرهای دیگر این پژوهش قرار نگرفته است.



شکل ۲- نمودار مقایسه دیداری میانگین خطای متغیر اجرای الگوهای درون مرحله و برون مرحله دست و پا در سطوح مختلف

### بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف مقایسه تأثیر تمرین در یادگیری حرکات هماهنگ درون مرحله و برون مرحله در دست‌ها و پاها انجام گرفت. جهت بررسی این امر، یک گروه شرکت‌کننده در یک بازه زمانی شش ماهه تحت آموزش حرکات هماهنگ دو عضوی قرار گرفتند که اجرای هیچ‌یک از این تکالیف، بدون آموزش و تمرین میسر نبود. در طول فرایند یادگیری و تمرین، شرکت‌کنندگان سه بار با فاصله‌های زمانی مختلف در آزمایشگاه حاضر شدند و حرکات را اجرا نمودند. نتایج حاصل نشان داد که شرکت‌کنندگان در هر مرتبه حضور در آزمایشگاه، حرکات هماهنگ را استوارتر از بار قبل اجرا می‌کردند. بررسی ماهیت تعاملی، سطح، الگو و اندام نشان داد که در هر سه سطح، خطای متغیر اجرای الگوی حرکتی برون مرحله به صورت معناداری از خطای متغیر اجرای الگوی حرکتی درون مرحله بیشتر بود.

عنوان شده است که الگوهای حرکتی هماهنگ علاوه بر تمایل به هم‌زمانی، تمایل به هم‌جهتی و اجرای الگوهای فضایی مشابه نیز دارند (۲۲). یافته‌ها حاکی از آن بود که مطابق انتظار، با گذشت زمان و تمرین بیشتر، اجراهای افراد بهتر شده و خطای متغیر کاهش می‌یابد که این کاهش خطا حاکی از استواری و ثبات بیشتر در اجرا است. در مجموع، شرکت‌کنندگان در هر سطح، الگوهای حرکتی هماهنگ را بهتر از سطح قبل اجرا کردند. این نتیجه با یافته‌های پژوهش کیم (۲۰۰۲)

(۲۷)، وندرث<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۳) (۲۸) و وندرث و همکاران (۲۰۰۵) (۲۲) که اثر تمرین را بر یادگیری و اجرای حرکات هماهنگ بررسی کردند هم‌خوانی دارد. با دقت بیشتر به میانگین اجراهای افراد مشخص شد که پیشرفت در اجرای الگوهای درون مرحله در دست‌ها شبیه سایر الگوهای حرکتی که به صورت تک عضوی اجرا می‌شوند بود. همچنین، اجرای حرکات هماهنگ درون مرحله در پاها در سطح اول و دوم مشابه بود. به عبارت دیگر، شرکت‌کنندگان در فاصله زمانی سطح اول تا سطح دوم پیشرفتی در اجرا نداشتند، اما در فاصله زمانی بین سطح دوم تا سطح سوم، حرکات را شبیه‌تر انجام دادند و در نتیجه، خطای اجرا کاهش یافت و ثبات اجرا افزایش را نشان داد. نتایج حاصل از الگوهای درون مرحله دست‌ها همانند نتایج پژوهش‌های گسترده‌ای که در زمینه حرکات هماهنگ صورت گرفته است بود (۸،۱۳،۲۸،۲۹).

عنوان شده است که انتقال بین الگوهای هماهنگ دو عضوی در دو دست از بسیاری جهات با انتقال یا تغییر الگو در دو پا متفاوت می‌باشد. انتقال بین الگوهای گام‌برداری با توجه به این‌که فرد سرعت خود را افزایش و یا کاهش دهد متفاوت است. زمانی که سرعت حرکت تا حد مشخصی (دو متر بر ثانیه) افزایش یابد، الگوی حرکت از راه رفتن به دویدن تغییر می‌کند و هنگامی که سرعت حرکت از حد مشخصی کمتر شود، الگوی حرکت از دویدن به راه رفتن تغییر می‌کند (۱۸)، اما در الگوهای هماهنگ دو دستی، یک الگوی درون مرحله ثابت می‌تواند در سرعت‌های مختلف انجام شود؛ در حالی که یک الگوی برون مرحله ثابت تنها در تواترهای نوسانی پایین (۳۰) و بسته به سطح تبحر افراد قابل اجرا می‌باشد (۶). از سوی دیگر، شباهت‌هایی نیز در انتقال الگوهای حرکتی در دو دست و دو پا وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها کاهش پایداری است که بر انتقال برون مرحله به درون مرحله مقدم می‌باشد. این نتایج کاملاً مشابه با یافته‌های کاهش پایداری است که در انتقال گام‌برداری در سرعت‌های غیرترجیحی صورت می‌گیرد (۳۱).

شایان‌ذکر است که اجرای الگوهای حرکتی درون مرحله، به‌ویژه زمانی که فاز نسبی حرکت در دو اندام قرینه یکسان باشد، با دشواری چندانی همراه نیست و ثبات اجرای الگو در حرکات هماهنگ درون مرحله با صرف حداقل انرژی در سیستم عصبی - عضلانی - اسکلتی حفظ می‌شود. از آنجایی که کنترل حرکات درون مرحله بین عضوی شبیه کنترل حرکاتی است که به صورت تک عضوی اجرا می‌شود؛ بنابراین، پیشرفت مرحله به مرحله به واسطه تمرین دور از انتظار نمی‌باشد.

در مراحل اولیه یادگیری، فعال‌سازی گسترده ناحیه حرکتی اولیه بیشتر جلب توجه می‌کند. فعالیت مخچه و قشر پیش‌پیشانی نیز که هر دو به ناحیه اولیه پیام ارسال می‌کنند، در طول مراحل

اولیه یادگیری کاهش می‌یابد؛ لذا، این احتمال وجود دارد که کاهش درون‌داده‌های ارائه‌شده به ناحیه حرکتی اولیه را در طول این مرحله از یادگیری منعکس سازد (جینکنس<sup>۱</sup>، ۱۹۹۴ به نقل از ۲۱). در مراحل بعدی یادگیری، مناطق وسیع‌تری از ناحیه حرکتی اولیه فعال می‌شود. این افزایش در فعال-سازی می‌تواند ماه‌ها به طول انجامد و با بازآرایی وابسته به تمرین و بلندمدت ناحیه حرکتی اولیه مطابق باشد. برخی ادعا کرده‌اند که این تغییرات بعدی در الگوهای فعال‌سازی ناحیه حرمتی اولیه، مدار اختصاصی حافظه را منعکس می‌کند (کارنی<sup>۲</sup>، ۱۹۹۵ به نقل از ۲۱).

در مجموع، در اجراهای درون‌مرحله بین عضوی، آسان‌بودن اجرای حرکات درون‌مرحله، محتمل‌ترین علت در ثبات اجرای حرکت درون‌مرحله می‌باشد. نکته حائز اهمیت این است که اجرای الگوهای درون‌مرحله در پاها بین سطح اول و دوم هیچ تغییر و پیشرفتی نداشته است، اما از سطح دوم به سوم، اجراها بهتر شده و میانگین خطاها کاهش یافته است. به عبارت دیگر، در دوره پایانی تمرین، شرکت‌کننده به هدف موردنظر دست یافته است. شاید یکی از عواملی که باعث ایجاد محدودیت در اجرای حرکت درون‌مرحله در پاها شده است تفاوتی باشد که در نقش حمایتی اندام‌های تحتانی نسبت به اندام‌های فوقانی وجود دارد. شایان ذکر است که هماهنگی عضلات و اندام‌ها به‌منظور راه-رفتن روی دو پا، به‌شکل معناداری با سایر نیازهای حرکتی انسان متفاوت می‌باشد. عنوان شده است که یک وضعیت ایستاده به چالش‌های بیشتری در تعادل نیاز دارد و از این‌رو، عضلات وضعیتی و ارگان‌های دهلیزی می‌بایست به‌صورت فزاینده‌ای جهت کنترل اندام هماهنگ شوند که انجام این هماهنگی بر عهده سیستم عصبی است. ابتدا، تغییرات بیومکانیکی در بدن رخ می‌دهد و در نهایت، منجر به تغییراتی در مغز انسان می‌گردد. این مسأله نشان می‌دهد که عملکرد وضعیت بیومکانیکی الزاماً محدودیتی برای عملکرد سیستم عصبی انسان ایجاد نمی‌کند، بلکه تغییرات بیومکانیکی به-نوعی هدایت‌کننده انطباقات عصبی و عملکردی هستند. باید گفت که کنترل حرکت روی دو پا وظیفه آسانی نیست. سیستم اعصاب مرکزی وظیفه تولید الگوی حرکت، تولید نیروی محرکه مناسب، تنظیم تغییرات مرکز جاذبه، هماهنگ‌سازی مسیر حرکت چند اندام، انطباق با تغییر شرایط و تغییر موقعیت مفاصل، هماهنگی اطلاعات آوران بینایی، شنوایی، دهلیزی و محیطی و محاسبه خصوصیات ارتجاعی عضلات را بر عهده دارد که تمام این اعمال می‌بایست ظرف یک میلیونوم ثانیه و (معمولاً) هماهنگ با انبوهی از عملکردها و حرکات سایر قسمت‌های بدن صورت گیرد (۲۶). بدیهی است که طبق نظریه سیستم‌های پویا، هنگامی که فرد حرکتی را روی دو پا انجام می‌دهد که با حرکات قبلی متفاوت می‌باشد، زمان بیشتری لازم است تا سیستم‌های متنوع درگیر در اجرای

---

1. Jenkins  
2. karni

حرکت از جمله سیستم عصبی، عضلانی و اسکلتی بدن جهت اجرای حرکت جدید هماهنگ شوند و علاوه بر هماهنگی لازم می‌بایست بتوانند به صورت هم‌زمان حرکت، وزن و تعادل بدن را نیز حفظ نمایند. یکی از ملزومات حفظ تعادل، سطح اتکای بیشتر است که در بدن انسان این سطح اتکا با فاصله کف پاها از هم مشخص می‌شود و ممکن است این مسأله در اجرای الگوهای حرکتی درون مرحله که در آن می‌بایست هر دو پا هم‌زمان حرکت کنند که در نتیجه تعادل بدن بر هم می‌خورد، ایجاد تداخل نموده و اجرای الگوی حرکت درون مرحله را مختل سازد. زمانی که فرد در حال یادگیری یک مهارت جدید است، هم‌زمان با کسب مهارت و تجربه‌تر شدن، کنترل بدن و عضلات هم‌سو (هم‌کوش) نیز افزایش خواهد یافت. همچنین، با یک الگوی پیش‌رو، عضلات وضعیتی بدن پیش از وارد عمل کردن عضلات محرک اصلی فعال خواهند شد. علاوه بر این، اجراکننده قادر است جهت افزودن زیبایی این حرکت، آن را تاحدی دست‌کاری نماید. شایان ذکر است که تمام این فعالیت‌ها به ایجاد مدارهای عصبی بیشتر نیاز دارند. علاوه بر این، تمرین سبب ایجاد تغییرات بلندمدت در سازماندهی این مداربندی خواهد شد؛ به طوری که تنها فعال کردن یک قسمت از مدار عصبی جهت شروع زنجیره فعالیت جهت نشان دادن حرکتی زیبا و بدون زحمت کافی می‌باشد (۲۶).

در پژوهش حاضر ممکن است نتایج حاکی از آن باشد که شرکت‌کنندگان در دو بازه اول یادگیری و تمرین الگوهای حرکتی درون مرحله در پاها، بیشتر درگیر حفظ تعادل کل بدن بوده‌اند و پیش‌رفتی در اجرا نداشته‌اند، اما در بازه سوم با توجه به غلبه بر مشکل تعادل و حفظ وزن بدن، حرکات را بهتر اجرا کرده و خطای کمتری داشته‌اند. همچنین، مقایسه میانگین خطای متغیر در اجرای الگوهای حرکتی برون مرحله در دست و پاها نشان داد که با ادامه تمرین در سطح دوم، نه تنها خطای متغیر کاهش نیافت، بلکه نسبت به سطح اول افزایش نیز داشت. این تغییر ممکن است ناشی از دشواری اجرای الگوی حرکت برون مرحله باشد. در اجرای حرکات برون مرحله لازم است که هر دو عضو هم‌زمان حرکت کنند، اما شکل یا فاز زمانی حرکت در دو اندام متفاوت می‌باشد؛ بنابراین، جهت اجرای حرکات برون مرحله لازم است که کنترل حرکت به صورت مجزا در دو اندام انجام شود و این احتمال وجود دارد که الگوی اجرای حرکت به کلی تغییر یابد. این نکته تاییدی بر نظریه سیستم‌های پویا است. طبق این نظریه، هنگامی که شرایط معینی نشان‌دهنده یک موقعیت باشد، الگوی پایدار به خصوصی از رفتار شکل می‌گیرد. هنگامی که لازم باشد حرکت تغییر کند، الگوی پایدار قبلی ناپایدار شده و الگوی پایدار جدید شکل می‌گیرد (۴). در این پژوهش نیز شرکت‌کنندگان با تمرین بیشتر بر این ناپایداری غلبه کرده و الگوهای حرکت برون مرحله را با استواری بیشتری اجرا کردند. در نتیجه، در سطح سوم و

پس از یک بازهٔ تمرینی دیگر، خطای متغیر اجرای حرکات هماهنگ برون مرحلهٔ شرکت کنندگان کاهش یافت و اجراها استوارتر شد. عنوان شده است که قشر مکمل حرکتی و عقده‌های قاعده‌ای طی اجرای حرکات برون مرحله نسبت به اجرای حرکات درون مرحله فعال‌تر هستند. هنگامی که به هر دلیل از فعالیت قشر مکمل حرکتی در زمان اجرای حرکات برون مرحله کاسته شود، قشر حرکتی اولیه، قشر پیش حرکتی، شکنج پایینی لوب پیشانی و مخچه فعالیت بیشتری خواهند داشت تا کاهش فعالیت قشر مکمل حرکتی و عقده‌های قاعده‌ای را جبران نمایند. در نتیجه، قشر حرکتی اولیه، لوب آهیانه و مخچه به شدت با قشر مکمل حرکتی در ارتباط می‌باشند. یافته‌ها حاکی از آن است که اختلال در قشر مکمل حرکتی و عقده‌های قاعده‌ای تعاملات غیرطبیعی در شبکهٔ مغزی و گسستگی شبکهٔ توجهی، احتمالاً از مهم‌ترین دلایل دشواری اجرای حرکات هماهنگ برون مرحله می‌باشند. همچنین، اجرای حرکات هماهنگ برون مرحله نیازمند فعالیت بیشتر مغز، قشر مکمل حرکتی، عقده‌های قاعده‌ای و نیز ارتباطات قوی‌تر در برخی مناطق مغز می‌باشد (۳۲).

نکتهٔ قابل توجه در پژوهش حاضر این بود که شرکت کنندگان در سطح سوم، الگوهای حرکتی برون مرحله را با استواری یکسان با الگوهای حرکتی درون مرحله اجرا می‌کردند. این نتیجه، نقطهٔ مقابل نتایج اغلب مطالعاتی است که در دههٔ نود میلادی انجام شده‌اند (۱۵، ۱۳، ۱۰، ۷، ۲)، اما تا حدودی با نتایج حاصل از مطالعات سمثارست و کارسون<sup>۱</sup> (۲۰۰۱) (۳۳)، کیم (۲۰۰۲) (۲۷)، وندرث و همکاران (۲۰۰۳) (۲۲)، سالتر<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۴) (۱۴)، پپر و بیک<sup>۳</sup> (۲۰۰۵) (۳۴)، دبرا و سرین<sup>۴</sup> (۲۰۰۸) (۳۵) و میورین<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۸) (۳۶) که سازماندهی مجدد ساختار هماهنگ در عضلات را عامل اجرای صحیح الگوهای حرکتی برون مرحله دانستند هم‌راستا می‌باشد. همچنین، به شکل کامل با یافته‌های پژوهش دسینگ<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۰۷) (۶) و آرازشی و همکاران (۲۰۱۰) (۲۵) که مهارت بالا را عامل استوارتر شدن اجرای حرکات برون مرحله نسبت به اجرای حرکات درون مرحله می‌دانستند مطابقت دارد. در حرکات بین عضوی برون مرحله، پیش‌بینی عملکرد از قشر پیش حرکتی راست به کورتکس حرکتی اولیه انجام می‌شود. تلفیق به موقع درون نیمکره‌ای حاصل از ارتباط قشر پیش حرکتی راست و قشر حرکتی اولیهٔ چپ برای الگوهای حرکتی برون مرحله با فرکانس بالا ضروری می‌باشد. عنوان شده است که تلفیق راست به چپ تعامل قشر حرکتی اولیه با حرکات برون مرحله ارتباطی ندارد، اما حرکات درون مرحله و رفتارهای تک‌عضوی را

1. Smethurst & Carson
2. Salter
3. Peper & Beek
4. Deborah & Serrien
5. Murian
6. Dessing



پیش‌بینی می‌کند. علاوه بر این، بررسی قشر حرکتی اولیه چپ و قشر حرکتی اولیه راست نشان داد که تنظیم اتصال بین قشر حرکتی اولیه هم‌نام برای تنظیم هم‌افزایی و همکاری عضلات هم‌نام مهم می‌باشد (۳۷).

همچنین، طبق نظریه سیستم‌های پویا، با توجه به بازه زمانی آموزش و تمرین شرکت‌کنندگان پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش مدت زمان تمرین و بالارفتن سطح مهارت افراد، سیستم کنترل این افراد ساختار هماهنگ جدیدی را سازماندهی می‌کند که منجر به کاهش تداخل فضایی و زمانی در اجرای الگوهای حرکتی برون مرحله می‌گردد. در نتیجه، خطای متغیر اجرای افراد کم شده و قابلیت اجرای استوارتر الگوهای حرکتی برون مرحله در شرکت‌کنندگان افزایش می‌یابد و لذا، با کاهش خطا در اجرای حرکات برون مرحله در سطح سوم، میزان ثبات اجرا در الگوهای حرکتی برون مرحله، مشابه با ثبات در اجرای حرکات درون مرحله می‌شود.

تمامی موارد ذکر شده حاکی از آن است که آموزش و تمرین، توانایی دستیابی به اجرای استوار حرکات هماهنگ بین عضوی را افزایش می‌دهد و با وجود تفاوت‌های زمانی و فضایی موجود در این حرکات، کوشش‌های متفاوت حرکات برون مرحله همسان اجرا می‌شوند که این یافته با نتایج برخی از پژوهش‌های قبلی که اجرای هم‌سان الگوهای حرکت برون مرحله را تحت هیچ شرایطی تایید نمی‌کرد (به نقل از ۴) مغایر می‌باشد، اما با یافته‌های دیسینگ و آرازشی همخوانی دارد (۶،۲۵).

به‌طور کلی، پژوهش حاضر نشان داد که شرکت‌کنندگان در سطح اول حرکات را با تداخل فضایی و زمانی بیشتر اجرا می‌کنند. به مرور زمان و با تمرین بیشتر در سطح دوم، به‌جز در حرکات برون مرحله، از تداخل فضایی و زمانی اجراها کاسته شده و شرکت‌کنندگان حرکات را بهتر اجرا می‌کنند، اما در سطح سوم نسبت به سطوح قبلی، خطای اجرا کم شده و استواری اجرا افزایش یافته است.

## منابع

1. Mac Mahon C, Helsen W F, Starkes J L, Weston M. Decision-making skills and deliberate practice in elite association football referees. *Sports Sciences*. 2007; 25(1): 65-78.
2. Beek P J, Peper C E, Stegeman D F. Dynamical models of movement coordination. *Human Movement Science*. 1995; 14(4-5): 573-628.
3. Swinnen S P, Wenderoth N. Two hands, one brain: Cognitive neuroscience of bimanual skill. *Trends in Cognitive Scien*. 2000; 8(1): 18-25.
4. Magill R A. *Motor learning: Concepts and applications*. (M. k. Vaez Mosavi & M. Shojaei, Trans). (1st ed). Tehran. LI: Bamdad Ketab. Pp. 63-229. (In Persian).
5. Rosenbaum D A, Dawson A M, Challis J H. Haptic tracking permits bimanual independence. *Experimental Psycholog*. 2006; 32(5): 1266-75.

6. Dessing J C, Daffertshofer A, Peper C E, Beek P J. Pattern stability and error correction during in-phase and antiphase four-ball juggling. *Motor Behavior*. 2007; 39-(5): 433-46.
7. Kelso J A S, Schöner G. Self-organization of coordinative movement patterns. *Human Movement Science*. 1988; 7(1): 27-46.
8. Bogaerts H, Swinnen S P. Spatial interaction during bimanual coordination patterns: The effect of directional compatibility. *Motor Control* 2001, 5(2):183-199]
9. Atchy-Dalama P, Zanone P G, Peper C E, Beek P J. Movement-related sensory feedback mediates the learning of a new bimanual relative phase pattern. *J MotBehav*. 2005; 37(3): 196-286.
10. Kelso J A S. Phase transitions and critical behavior in human bimanual coordination. *J Physiol*. 1984; 246(6pt2): 1000-4.
11. Haken H, Kelso J A S, Bunz H. A theoretical model of phase transitions in human hand movements. *Biol Cybern*. 1995; 51(5): 347-56.
12. Kilbreath S L, Heard R C. Frequency of hand use in healthy older persons. *Aust J Physiother*. 2005; 51(2): 119-22.
13. Kelso J A S. *Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior*. Cambridge. (1st ed). London. MA: MIT Press; 1995. Pp.29-35.
14. Salter J, Wishart L, Lee T, Simon D. Perceptual and motor contributions to bimanual coordination. *Neurosclett*. 2004; 363(2): 102-7.
15. Kelso J A, Fink P W, DeLaplain C R, Carson R G. Haptic information stabilizes and destabilizes coordination dynamics. *Proc R Soc Lond B Biol Sci*. 2001; 268(1472): 1207-13.
16. Morton M, Lang C E. Inter- intralimb generalization of adaptation during catching. *Exp Brain Research*. 2001; 141 (4): 438- 45.
17. Franz, E. A. (2003). Bimanual action representation: A window on human evolution. In S. H. Johnson-Frey (Ed.), *Taking action: Cognitive neuroscience perspectives on intentional acts* (pp.259-288). Cambridge: The MIT Press.
18. Schmidt R A, Lee T D. *Motor control and learning: A behavioral emphasis*. (4th ed). Champaign. IL: Human Kinetic; 2005.
19. Temprado J J, Swinnen S P. Dynamics of learning and transfer of muscular and spatial relative phase in bimanual coordination: Evidence for abstract directional codes. *Exp Brain Res*. 2005; 160(2): 180-8.
20. Goble D, Coxon J, Van Impe A, Vos J, Wenderoth N, and Swinnen S. The neural control of bimanual movements in the elderly: Brain regions exhibiting age-related increases in activity, frequency-induced neural modulation, and task-specific compensatory recruitment. *Human Brain Mapping*. 2010; 31(8): 1281-95.
21. Leonard Charles T. *The neuroscience of human movement*. (1st ed). Tehran. IL: Emam Hosein University; 2005. Pp. 205-15. (In Persian).
22. Vangheluwe S, Suy E, Wenderoth N, Swinnen S P. Learning and transfer of an ipsilateral coordination task: Evidence for a dual-layer movement representation. *Cognitive Neuroscience*. 2005; 17(6): 1460-70.
23. Shea Ch. Buchanan J. Kennedy J. Perception and action influences on discrete and reciprocal bimanual coordination. *Psychonomic Bulletin & Review*. 2015; 23(2).
24. Wu Y, Latash M L. The effects of practice on coordination. *Exerc Sport Sci Rev*. 2014; 42(1): 37-42.

25. Arazeshi N, Mokhtari P, Vaez Mosavi M K. The effect of the level of athlete's mastery on pattern stability in in-phase and anti-phase movements. *Research on Sport Sciences*. 2012; 4(10): 77-90. (In Persian).
26. Zelic G, Mottet J, Lagarde J. Audio-tactile events can improve the interlimb coordination in juggling. *Bio Web of Conferences*; 1, 00102 (2011). DOI: 10.1051/BIOCONF/20110100102. Owned by the authors, published by EDP Sciences, 2011
27. Kim Y. Effect of practice on pattern changes: Roundhouse kick in taekwondo. Master Thesis. USA: Texas; Colledge of Health and Human Sciences; 2002.
28. Wenderoth N, Puttemans V, Vangheluwe S, Swinnen S P. Bimanual training reduces spatial interference. *Motor Behavior*. 2003; 35(3): 296-308.
29. Carson R G. Neural pathways mediating bilateral interactions between the upper limbs. *Brain Research Reviews*. 2005; 49(3): 641-62.
30. Rosenbaum D A. *Human motor control*. (1st ed). London, IL: Academic press; 1991. 34.
31. Diedrich F J, Warren W H Jr. Why change gaits? Dynamics of the walk-run transition. *Experimental psychology. Human Perception*. 1995; 21(1): 183-202.
32. Wu T, Wang L, Hallett M, Li K, - Chan P. Neural correlates of bimanual anti-phase and in-phase movements in Parkinson's disease. *Neurology*. 2010; 133 (8): 2394-409.
33. Smethurst C J, Carson R G. The acquisition of movement skills: Practice enhances the dynamic stability of bimanual coordination. *Human Movement Science*. 2001; 20 (4-5): 499-529.
34. Ridderikhoff A, Peper C. and Beek P. Unraveling interlimb interactions underlying bimanual coordination. *Neurophysiology*. 2005; 94 (5): 3112-25.
35. Serrien DJ. Coordination constraints during bimanual versus unimanual performance conditions. *Neuropsychologia*. 2008; 46 (2): 419-25.
36. Murian A, Deschamps T, Bourbousson J, Temprado J J. Influence of an exhausting muscle exercise on bimanual coordination stability and attentional demands. *Neuroscience Letters*. 2008; 432(1): 64-8.
37. Liuzzi G, Horni V, Zimerman M, Gerloff Ch, Friedhelm C, Hummel F,. Coordination of uncoupled bimanual movements by strictly timed interhemispheric connectivity. *The Journal of Neuroscience*. 2011; 31(25): 9111-7.

آرازشی نگار، قاسمی عبدالله، نمازی زاده مهدی، صادقی دمنه ابراهیم. مقایسه اثر تمرین در یادگیری حرکات هماهنگ درون مرحله و برون مرحله در دست و پا. رفتار حرکتی. پاییز ۱۳۹۵؛ ۸(۲۵): ۱۵۳-۷۲.

Arazeshi. N, Ghasemi. A, Namazizadeh. N, Sadeghi Damne. E. Comparing Exercise Effects Regarding Learning In-Phase and Anti-Phase Movement Coordination in Arm and Legs. Motor Behavior. Fall 2016; 8 (25): 153-72. (In Persian)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

## **Comparing Training Effects on Learning In-Phase and Anti-Phase Movement Coordination in Arms and Legs**

**N. Arazeshi<sup>1</sup>, A. Ghasemi<sup>2</sup>, M. Namazizadeh<sup>3</sup>, E. Sadeghi Damne<sup>4</sup>**

1. Ph.D. Student at Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran
2. Assistant Professor at Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran
3. Associate Professor at Khorasgan Branch, Islamic Azad University, Isfahan
4. Assistant Professor at Isfahan University

**Received: 2015/12/26**

**Accepted: 2016/02/06**

---

---

### **Abstract**

The purpose of the following research was to compare the training effects on in-phase and anti-phase coordinated movements with arms and legs. Twelve female students of the Farhangian University of Isfahan (aged  $22 \pm 5$  y) were randomly selected without any background in rhythmic sports and underwent a six-month training under supervision of a hip-hop instructor to learn and practice hip hop along with the specific tasks of the research. The participants reported to lab at first, third, and sixth months, each considered as a level of skill. Using motion analyzer, performance of four chosen exercises of in-phase and anti-phase were filmed by seven cameras. All the data were processed by programming, using MATLAB and the variable error of the participants were calculated. Afterwards, ANOVA with repeated measures was used for data analysis at significance level of  $P=0.05$ . The results indicated significant difference in variable error of performance between different levels of skills, with coordinated moves at each level being executed more firmly compared with lower levels. Study of interactive effect of the pattern, levels, and limbs showed that the variable error of anti-phase movement was more significant than that of in-phase movement in each level and both limbs. Overall, the results proved that training improves the in-phase and anti-phase movement model performance in hands and legs at the same level.

**Keywords:** Hip Hop, In-phase Movement Pattern, Anti-phase Movement Pattern, Level of Skill

---

---

---

\* Corresponding Author

Email: a\_gh\_m2003@yahoo.com