پژوهش‌نامهٔ مدیریت ورزشی و رفتار حرکتی | سال شانزدهم/ شماره سی و یکم / بهار و تابستان ۹۹

دریافت: ۱۵/ ۰۷/ ۹۵ | پذیرش: ۱۰/ ۰۸/ ۹۶ | ص ص: ۲۵۲-۲۳۵

اثر جاذبه و دامنه حرکت بررسی یادگیری و انتقال تکالیف پیچیده دودستی نامتقارن در ترکیبی از ویژگی‌های سرعت، اثر جاذبه و دامنه حرکت

محمدرضا دوستان [۱] ، زهرا باقرنژاد [۲]

چکیده

هدف از پژوهش حاضر بررسی یادگیری تکالیف پیچیده دودستی نامتقارن در ترکیبی از ویژگی‌های سرعت، اثر جاذبه و دامنه حرکت بود. شرکت‌کنندگان تحقیق حاضر را دانش‌آموزان پسر پایه هشتم (با میانگین سنی ۰/۱۳± ۱۴/۲) در مدرسه شهید ابراهیمی اهواز تشکیل دادند (n=۳۰)، که همگی راست دست بودند و هیچ‌گونه آشنایی قبلی در تکلیف مورد نظر نداشتند. آزمودنی‌ها بطور داوطلبانه در پژوهش شرکت نمودند و به طور تصادفی در سه گروه مساوی قرار گرفتند. ابزار مورد استفاده در پژوهش حاضر شامل قلم نوری با حسگر ویژه، لپ تاپ، دستکش ویژه و مترونوم بود. سه گروه آزمودنی باید تکلیف نامتقارن دودستی را به دو صورتِ تکلیف دشوار با دست برتر- تکلیف آسان با دست غیربرتر (تکلیف تمرینی) و برعکس (تکلیف انتقال)، در پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام می‌دادند. گروه‌ها پس از پیش‌آزمون به مدت سه روز تمرین نموده سپس پس‌آزمون‌ها به عمل آمد. نامتقارنی در گروه اول، تفاوت در سرعت و جهت و سرعت حرکت دو دست، در گروه دوم تفاوت سرعت و اثر جاذبه بر دو دست و در گروه سوم تفاوت در اندازه حرکت و اثر جاذبه بر دودست بود. نتایج نشان داد که تمرین در گروه اول، باعث انتقال مثبت حرکت دودستی نامتقارن به حالت عکس آن می‌شود، در گروه دوم انتقال صفر و در گروه سوم انتقال منفی بود. به نظر می‌رسد در تفاسیری که بر اساس نظریه‌های سلسله مراتبی صورت می‌گیرد باید بیش از دو سطح برای کنترل حرکات دودستی در نظر گرفت. به عبارتی سطوح متفاوتی از دشواری تکلیف را در نظر گرفت.

واژگان کلیدی: انتقال، هماهنگی دودستی، دشواری تکلیف.

۱. عضو هیأت علمی گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران نویسنده مسئول
m.doustan@scu.ac.ir

۲. کارشناس ارشد رفتار حرکتی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر، شوشتر، ایران

مقدمه

یکی از جنبه‌های مهم و مفهومی کنترل حرکتی انسان، توانایی تولید و کنترل حرکات مختلف است که بصورت هماهنگ انجام می‌شوند. هماهنگی[1] یکی از ویژگی‌های اساسی تمام حرکات است (۱). توروی[2] (۱۹۸۰) هماهنگی را الگوپذیری بدن و حرکت اندام‌ها در ارتباط با الگوی رویدادها و اهداف محیطی تعریف می‌کند (۱). اجرای ماهرانه حرکت، مستلزم سازمان‌بندی عضلات بدن فرد است به طوری که مهارت اجرا شده به هدف مورد نظر دست یابد. انسان علاوه بر مهارت‌های هماهنگی یک‌دستی، دارای مهارت‌های بسیاری است که اجرای موفقیت آمیز آنها بستگی به عملکرد همزمان دو دست دارد. توانایی انجام تکالیف دودستی[3] و متناوب، نیاز به انجام دو حرکت متوالی و همزمان با دو دست دارد. در برخی حرکات دودستی، هر دو دست در یک زمان یک حرکت مشابه را انجام می‌دهند (متقارن). اما در برخی دیگر، الگوهای این حرکات از نظر فضایی و زمانی با یکدیگر متفاوت می‌باشند (نامتقارن) (۲). در اعمال دودستی، دست‌ها اغلب حرکات مجزا انجام می‌دهند که روابط بین آنها تنها هنگامی آشکار می‌شود که اهداف خارجی این عمل در نظر گرفته شود (۳). برای مثال، هنگام گره زدن بند کفش هر دست یک الگوی پیچیدهٔ فضایی و زمانی را دنبال می‌کند، به طوری که زمان شروع حرکت و مسیر دو دست هیچ رابطه‌ی متقارن فوری نداشته اما با این وجود بسیار هماهنگ هستند.

الگوهای هماهنگی دودستی که نیاز به فعال‌سازی همزمان عضلات مشابه دارند هم مرحله[4] هستند. در حالیکه الگوهایی که از فعال سازی همزمان عضلات متفاوت ایجاد می‌شود برون مرحله[5] قلمداد می‌شوند. مطالعات زیادی نشان داده که اجرای الگوهای هم مرحله ثابت‌تر است تا اجرا در الگوهای برون مرحله. به عنوان مثال ثابت بودن الگوهای هم مرحله به گرایش ذاتی نسبت داده می‌شود تا به شرکت فعال عضلات مشابه (۲). اما مچسنر[6] و همکارانش (۲۰۰۱) پیشنهاد کردند که ثبات هماهنگی الگوی هم‌مرحله حقیقتاً به محدودیت‌های ادراکی وابسته است. به نظر می‌رسد که علت این است که الگوی هم‌مرحله و برون‌مرحله برای اجرا، بدون نیاز به تمرین، ثابت و آسان هستند (۴)، در حالیکه الگوهای هماهنگی غیر از این دو، برای اجرا بدون تمرین فراوان، سخت است (۲). در تحقیقات حرکات دودستی بر خلاف هم‌مرحله و برون‌مرحله، واژه‌ی نامتقارنی بطور پیچیده‌تری تعریف می‌شود، بطوری که هر کدام از دست‌ها حرکات متفاوتی نسبت به هم ولی بطور همزمان انجام می‌دهند (۵). مطالعات سنتی هماهنگی دودستی از تکالیفی استفاده کرده‌اند که ریتم و روابط فازی جابجایی (انتقال نیرو) را تقلید می‌کنند. این رویکردها منجر به تدوین مجموعه‌ای از قیود در حرکات دودستی ناشی از تعامل دو الگوی حرکت شده است. شواهدی وجود دارد که بسیاری از این قیود ارتباط بسیار کمی با سیستم حرکتی دارند (۳).

1 . Coordination
2 . Torvey
3 . Bimanual tasks
4 . In phase
5 . Anti phase
6 . Mechsner

وقتی که دو دست بطور همزمان با هم حرکت می‌کنند جفت شدن زمانی و فضایی بین دست‌ها باعث می‌شود که حرکت یک عضو باعث تاثیر بر عمل عضو دیگر شود (۱ و ۶). در واقع این اعضا تمایل به انجام یک حرکت مشابه و متقارن دارند، مثل زمانی که شما بخواهید با یک دست شکم را مالش دهید و با دست دیگر به سرتان ضربه بزنید. مسلماً این عمل به دلیل تمایل دو دست به انجام یک حرکت مشابه، مشکل خواهد بود. تمایل به انجام حرکت مشابه در هر دو شکل حرکات مجرد[۱] و مداوم[۲] وجود دارد. به طوری که پژوهش سوینن[۳]، والتر[۴] و شاپیرو[۵] (۱۹۸۸) و سوینن و همکاران (۱۹۹۱) در حرکات مجرد (۷ و ۸) و فرانز[۶] (۱۹۹۱) در تکلیف مداوم (۹)، ارتباط تنگاتنگ و وابستگی حرکات هر دو دست از لحاظ زمانی و فضایی نشان داده شده است (۱۰).

مبانی زیربنایی تکالیف هماهنگی دودستی عمدتاً از دو دیدگاه مورد مطالعه قرار گرفته است، دیدگاه سیستم-های‌پویا و دیدگاه پردازش اطلاعات. در دیدگاه سیستم های پویا در اجرای هر حرکت، سیستم‌های سطح بالاتر مسئول برنامه‌ریزی و سیستم‌های سطوح پایین‌تر مسئول اجرای حرکت هستند. اجرای یک تکلیف هماهنگی مثل هماهنگی دودستی از همکاری بین زیر سیستم‌هایی مثل سیستم عصبی، سیستم عضلانی و دیگر سیستم‌های مرتبط با حرکت، انجام می‌شود (۱۱). در دیدگاه پردازش اطلاعات، حرکات دودستی به عنوان یک نمونه ویژه از تکلیف دوگانه در نظر گرفته می‌شود. این دیدگاه جفت شدن فضایی– زمانی در اجرای تکلیف دوگانه را ناشی از محدودیت سیستم عصبی می‌داند (۱۲). محدودیت‌های عصبی می‌توانند در سطوح مختلف سیستم عصبی مرکزی و نخاع بوجود بیایند. این محدودیت‌ها می‌توانند هم در طول مرحله‌ی برنامه‌ریزی و هم در حین اجرای تکلیف دودستی رخ دهد (۳). هرچه تداخل دو دست در سطح بالاتر سیستم عصبی رخ دهد، درجه دشواری تکلیف دودستی بیشتر است. دوستان و همکاران (۱۳۹۵) بیان می‌کنند بالاتر بودن سطح تداخل دودستی در سیستم عصبی، فرضیه استقلال اندام مجری از حافظه حرکتی را بیشتر به چالش می‌کشد (۱۳).

فرضیه استقلال اندام مجری از حافظه حرکتی در حرکات دودستی در پژوهش‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است (۱۰، ۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۱۶). دوستان و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهش خود بیان کردند که با انجام تحقیقات انتقال می‌توان سطح پیچیدگی تکالیف دودستی نامتقارن را بررسی نمود. بطوری که اگر انتقال حرکت دودستی به حالت معاوضه شده بین دو دست مثبت باشد (که فرضیه استقلال اندام مجری از حافظه حرکتی تایید می‌شود)، درجه دشواری تکلیف دودستی کمتر از زمانی است که این انتقال منفی یا صفر است. ونگلو[۷] و همکاران (۲۰۰۶) و

1 . Descrete
2 . Continuities
3 . Swinnen
4 . Walter
5 . Shapiro
6 . Franz
7 . Vangheluwe

زنون[1] و کلسو[2] (۱۹۹۷و ۱۹۹۲) نشان دادند که یک حرکت دودستی که مستلزم حرکت باز شدن و جمع شدن انگشتان می‌باشد به جفت متقارن آن انتقال می‌یابد (۱۵، ۱۷ و ۱۸). همچنین کلسو و زنون انتقال مثبتی را از بازوها به پاها و بر عکس نشان دادند (۱۹). ونگلو و همکاران (۲۰۰۶) انتقال و تغییر تکلیف دودستی که در آن سرعت حرکت دو دست متفاوت بود را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که تمرین این الگو باعث انتقال منفی به الگو معاوضه شده آن بین دو دست منجر می‌شود (۱۵). همچنین دوستان و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی به این نتیجه رسیدند که اگر نامتقارنی حرکت دو دست در جهت آنها باشد انتقال بین اندامی مثبتی در حرکت دودستی بوجود می‌آید (۱۰). دوستان و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی به ارزیابی تاثیر تغییر در ویژگیهای مختلف حرکات دو دست بر انتقال حرکت دودستی نامتقارن به الگوی عکس بود و به بررسی فرضیه‌ی استقلال اندام مجری از حافظه حرکتی پرداختند. نتایج آنها نشان داد که در حرکات دودستی نامتقارنی که حرکات دو دست از نظر اثر نیروی جاذبه بر دو دست متفاوت باشد، انتقال مثبتی به حالتی که حرکت دو دست معاوضه می‌شود، صورت می‌گیرد. اما اگر تفاوت در الگوی زمانی باشد انتقال صفر است و نیز هنگامی که حرکت دو دست از نظر اندازه حرکت متفاوت بود، این انتقال منفی بود. آنها بیان کردند بر حسب اینکه تفاوت در الگوی نامتقارن دو دست جزء ویژگی‌های کنترلی چه سطحی از سلسله مراتب کنترل سیستم عصبی باشد، ممکن است به الگوی وارونه آن منتقل شود (۱۳). با توجه به اینکه در تحقیق دوستان و همکاران (۱۳۹۵) بررسی انتقال حرکت دودستی و فرضیه استقلال اندام مجری از حافظه حرکتی با ثابت نگه داشتن ویژگیهای دیگر انجام شد، انجام تحقیقاتی که ترکیبی از ویژگی‌ها در آن تغییر کند می‌تواند نتایج متفاوتی در پی داشته باشد. پژوهش حاضر در نظر دارد به بررسی یادگیری تکالیف پیچیده دودستی نامتقارن از نظر سرعت، اثر جاذبه و دامنه حرکت، با ایجاد ترکیب تغییرات مختلف در الگوهای حرکتی دودست یعنی تغییر در الگوی سرعت و جهت، سرعت و اثر جاذبه، و اندازه حرکت و اثر جاذبه، به درک عمیق‌تر و زیر بنایی حرکات دودستی بپردازد.

روش‌شناسی پژوهشی

روش پژوهش

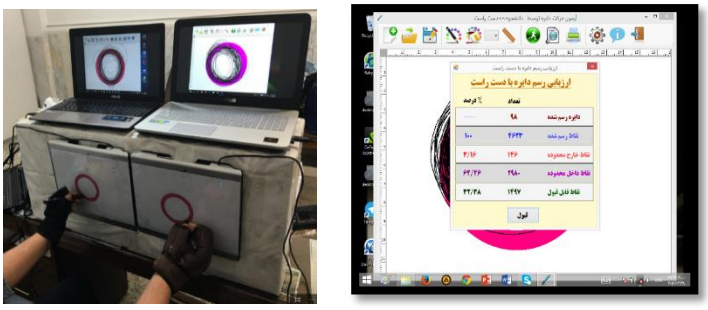
روش پژوهش حاضر، نیمه تجربی بوده و از لحاظ هدف از نوع بنیادی و در حیطه‌ی کنترل حرکتی می‌باشد. جامعه آماری را دانش‌آموزان پسر پایه هشتم (با میانگین سنی ۱۴/۲ ±۰/۱۳) در مدرسه شهید ابراهیمی کیانپارس اهواز تشکیل دادند (n= ۳۰ نفر)،که همگی راست دست و راست چشم و دارای دید طبیعی بودند و هیچگونه مشکل جسمانی یا حرکتی نداشتند. آزمودنی‌ها ابتدا بطور داوطلبانه در پژوهش شرکت نمودند و پس از تشخیص افراد راست

1 . Zanone
2 . Kelso

دست، به طور تصادفی و به طور مساوی در سه گروه، گروه اول (n=۱۰)، گروه دوم (n=۱۰) و گروه سوم (n=۱۰) قرار گرفتند.

ابزار اندازه‌گیری

برای ارزیابی راست دست بودن آزمودنی‌ها از پرسشنامه دست برتری ادینبورگ[1] استفاده شد (۲۰). همچنین جهت سنجش میزان هماهنگی دودستی در آزمون‌های اکتساب و انتقال از قلم نوری G-Note 7100 با مارک Genius مجهز به صفحه حسگر، دو دستگاه لپ تاپ، دو جفت دستکش با و بدون وزنه ساچمه‌ای، مترونوم، کرونومتر و نرم افزار ویژه تکلیف دودستی استفاده گردید. نرم‌افزار مورد استفاده در پژوهش حاضر توسط دوستان (۱۳۹۵) مشابه با الگوی ذکر شده در پژوهش ایوری (۲۰۰۴) طراحی شد. پایایی آن توسط دوستان ۰/۹۲ گزارش شد (۱۳) و در پژوهش حاضر ۰/۸۹ بدست آمد. برنامه به گونه‌ای طراحی شده است که شرکت‌کننده ترسیم دایره با دو قلم نوری بر روی دو صفحه حسگر را با دو دست انجام می‌دهد. به‌طوری‌که ویژگی و الگوی دوایر پیش از انجام توسط آزمون‌گر تعیین می‌شود و طوری طراحی شده است که هم قطر دایره و هم پهنای ناحیه مورد نظر محقق، قابل تغییر بود. الگوی ترسیم شده بر روی صفحه بوسیله نرم‌افزار طراحی شده بر روی صفحه نمایش لب‌تاپ رسم می‌شد. نرم‌افزار میزان خطای ترسیم را در قالب خطوط خارج از الگو تحت عنوان درصد خطوط خارج شده نسبت به کل خطوط ترسیم شده نمایش می‌داد (مشابه با پژوهش ایوری در سال ۲۰۰۴). پس از ترسیم دوایر مورد نظر بر روی الگوی تعیین شده، نرم‌افزار چند خروجی را بصورت عددی به ما می‌دهد. این اعداد عبارتند از تعداد دوایر رسم شده (برای سنجش سرعت حرکت دست‌ها)، تعداد پیکسل‌های (نقاط) ترسیم شده، تعداد و درصد نقاط خارج محدوده (خارج از دایره بیرونی)، تعداد و نقاط داخل محدوده (داخل دایره کوچک)، تعداد نقاط قابل قبول (درصد صحیح روی الگوی مورد نظر). در پژوهش حاضر نحوهٔ بررسی ترسیم هماهنگی دودستی، بر حسب درصد صحیح حرکت ترسیم دایره مورد سنجش قرار می‌گرفت که درصد داخل الگو بود. (شکل ۱). اندازه و دقت مورد نیاز در ترسیم دایره توسط آزمون‌گر از پیش تعیین می‌شد.



شکل ۱. تصاویری از خروجی نرم افزار مورد استفاده در پژوهش

1 . Edinburgh handedness inventory (Oldfield 1971)

روش اجرا

تمامی آزمودنی‌ها پیش از اجرای پیش‌آزمون توسط آزمونگر با موارد آزمون و با نحوه کشیدن هر یک از الگوها و هماهنگی با صدای مترونوم آشنایی پیدا می‌کردند. در این پژوهش از مترونوم شنیداری استفاده شد؛ زیرا بر اساس نتایج پژوهش‌های ایوری[1] و همکاران (۲۰۰۴) تنظیم حرکات ریتمیک دودستی در حضور مترونوم شنیداری بهتر رخ می‌دهد (۳). همچنین آلن[2] (۱۹۷۹) بیان می‌کند تیزحسی زمانی در حوزه شنوایی بالاتر است (۳). ابتدا پیش‌آزمون اکتساب و پیش‌آزمون انتقال (جابجایی الگوها بین دو دست) به عمل آمد. سپس تمرینات شروع شد. قابل ذکر است که آزمودنی‌ها هم در حین آزمون‌ها و هم در حین تمرین الگوی مورد نظر دایره را بر روی صفحه حسگر مشاهده می‌کردند. در تمرینات گروه اول نامتقارنی در سرعت و جهت حرکت، در گروه دوم نامتقارنی به معنای تفاوت سرعت و اثر جاذبه و در گروه سوم نامتقارنی به معنای تفاوت در اندازه حرکت و اثر جاذبه بر دو دست بود. تمرینات در هر روز ۶ بلوک ۱۰ کوششی و در سه روز متوالی مشابه با پژوهش دوستان و نمازی‌زاده (۱۳۹۵) انجام می‌شد (۱۳). به‌طوری که هر کوشش مشابه با آزمون در مدت زمان ۶۰ ضربه مترونوم در ۳۰ ثانیه انجام می‌شد. پس‌آزمون‌ها مشابه با پیش‌آزمون‌ها انجام شد. آزمون یادداری در فاصله ۴۸ ساعت پس از تمرین روز سوم به عمل می‌آمد. آزمون بصورت حرکت همزمان دو دست هم بصورت تمرین شده (اکتساب و یادداری) و هم بصورت جابجا شدن الگوها بین دو دست (انتقال) به عمل می‌آمد. بر همین اساس در پژوهش حاضر سه آزمایش در سه گروه به عمل آمد.

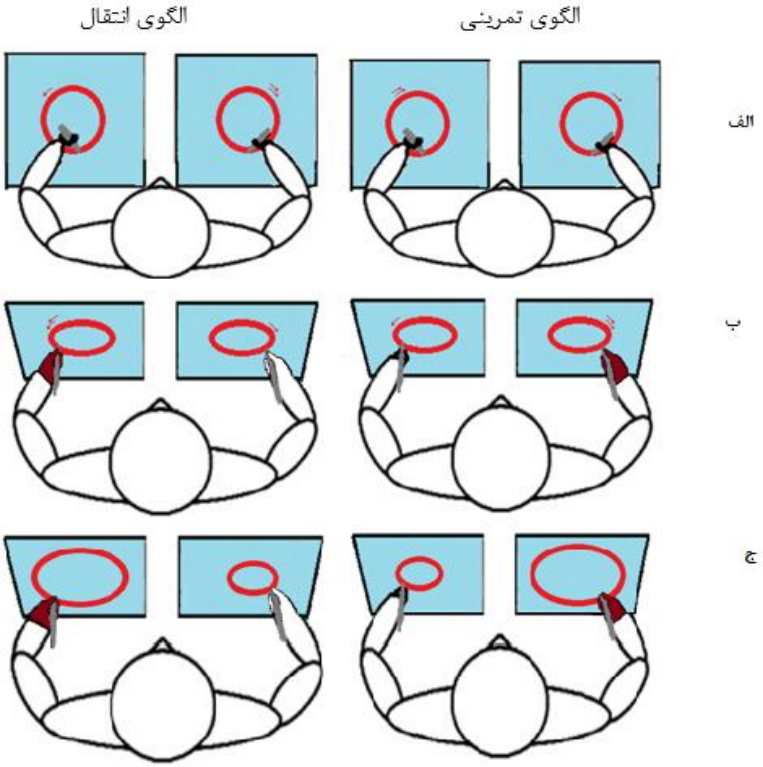
آزمایش اول: تفاوت در الگوی سرعت و جهت دست‌ها: در این آزمایش نامتقارنی تکلیف دودستی از نظر سرعت و جهت در حین حرکت بود. به‌طوری که آزمودنی‌های این گروه در یک حرکت همزمان دودستی هر دو دست به ترسیم دایره می‌پرداختند ولی یکی از دست ها (دست برتر یا دست راست) در جهت مخالف با دست دیگر و با سرعت دو برابر این کار را انجام می‌داد. همزمان با هر صدای مترونوم یک دست (دست راست) در جهت عقربه‌های ساعت دو دایره و دست دیگر در خلاف عقربه‌های ساعت یک دایره ترسیم می‌کرد (با توجه به اینکه کنرلی[3] و همکاران (۲۰۰۲) که به مطالعه مقایسهٔ عملکرد آزمودنی‌ها در هنگام ترسیم دایره در حالت متقارن (یک دست ساعت‌گرد و دست دیگر پادساعت گرد) و حالت نامتقارن (هر دو دست ساعت‌گرد یا هر دو پادساعت‌گرد) پرداختند که نتایج نشان داد که در حالت متقارن عملکرد با ثبات‌تر است) (۲۱). در پیش‌آزمون شرایط تمرینی همزمان با هر صدای مترونوم (ریتم یک صدا در یک ثانیه)، دست راست دو دایره و دست چپ یک دایره ترسیم می‌کرد. به‌طوری‌که این کار باید ۳۰ بار پیاپی تکرار می‌شد (با شنیدن هر صدای مترونوم، در ۳۰ ثانیه دست راست ۶۰ دایره و دست چپ ۳۰ دایره ترسیم می‌نمود). به‌دلیل اینکه در این گروه، نامتقارنی در الگوی سرعت و جهت دست‌ها بود، در آزمون انتقال تکالیف دو دست جابجا می‌شد به‌طوری‌که سرعت حرکت دست چپ دو برابر دست راست می‌شد (در ۳۰ ثانیه دست چپ ۶۰ دایره و دست راست ۳۰ دایره ترسیم می‌نمود). ضمنا دست‌ها در یک جهت حرکت می‌کردند

1. Ivry
2. Ulle´n
3. Kennerley

(هر دو دست در جهت ساعت‌گرد دایره ترسیم می‌کردند). هرگونه اختلاف در تعداد دوایر ترسیم شده با تعداد مورد نیاز، با توجه به نسبت تعداد به خطا، به همان نسبت به خطای ترسیم حرکت، افزوده می‌شد.

آزمایش دوم: تفاوت در سرعت و اثر جاذبه بر دو دست: در این آزمایش نامتقارنی تکلیف دودستی از نظر سرعت حرکت دست‌ها و اثر نیروی جاذبه بر دو دست بود. در آزمایش دوم آزمودنی از یک جفت دستکش ویژه که انگشتانش آزاد بود استفاده می‌نمود؛ به‌طوری‌که در درون دستکش یکی از دست‌ها (دست راست) با وزن ۱/۵ کیلوگرم ساچمه سربی طوری تعبیه شده بود که مانعی برای حرکت دست ایجاد نکند و فقط اثر جاذبه را افزایش می‌داد. این کار باعث افزایش اثر نیروی جاذبه به میزان ۱/۵ کیلوگرم نسبت به دست دیگر می‌گردید (مشابه با پژوهش دوستان و نمازی‌زاده در سال ۱۳۹۵). حرکت ترسیم دوایر با حرکت گروه اول متفاوت بود. در آزمایش گروه اول حرکت در صفحه افقی (هوریزنتال) انجام می‌شد ولی در این گروه حرکات در صفحه عمود بر سطح زمین و موازی سطح بدن (فرونتال) بود. این تغییر برای سنجش اثر جاذبه بر حرکت انجام می‌گرفت. در این حرکت همزمان با هر صدای مترونوم دوایر ترسیم می‌شد. در پیش‌آزمون همزمان با هر صدای مترونوم هر دو دستِ با وزنه و دستِ بدون وزنه بطور همزمان دایره ترسیم می‌کردند. به‌گونه‌ای که دست راست (دستی که دستکش ۱/۵ کیلوگرمی را تحمل می‌کرد) باید ۶۰ بار در ۳۰ ثانیه بطور پیاپی ترسیم را انجام می‌داد ولی دست چپ (دست بدون وزنه) باید در این مدت ۳۰ دایره ترسیم می‌نمود. پیش‌آزمون انتقال (جابجایی وزنه‌ها بین دو دست همراه با جابجایی سرعت دست‌ها) نیز در این آزمون به عمل می‌آمد. لازم به توضیح است که در هر گروه دست راست در جهت ساعت‌گرد و دست چپ پادساعت‌گرد به ترسیم دایره می‌پرداختند.

آزمایش سوم: تفاوت در اندازه حرکت و اثر جاذبه بر دست ها: در این آزمایش نامتقارنی تکلیف دودستی از نظر اندازه حرکت و اثر جاذبه بر دست‌ها بود. در این گروه نیز حرکات در صفحه عمود بر سطح زمین و موازی سطح بدن (فرونتال) انجام می شد. در این گروه اندازه حرکت یکی از دست‌ها دو برابر دست دیگر بود. ضمن اینکه همانند آزمایش دوم آزمودنی‌ها از دستکش ویژه استفاده می‌نمودند که اثر جاذبه را افزایش می‌داد. در این آزمایش با هر صدای مترونوم دست راست دایره‌ای بزرگ و دست دیگر دایره‌ای کوچک ترسیم می کرد (قطر دایره بزرگ دو برابر قطر دایره کوچک بود). در پیش‌آزمون همزمان با هر صدای مترونوم هر دو دست دایره‌ای ترسیم می‌کردند. بطوری که این کار باید ۶۰ بار در ۳۰ ثانیه تکرار می‌شد (مشابه با پژوهش دوستان و نمازی‌زاده در سال ۱۳۹۵). پیش‌آزمون انتقال (جابجایی دستکش به دست چپ و همچنین جابجایی الگوهای ترسیمی بین دو دست) نیز در این آزمون به عمل می‌آمد. پس از تمرین پس‌آزمون و نهایتا آزمون‌های یادداری به عمل آمد.



شکل۲. تصاویری از الگوهای نامتقارن دودستی در سه گروه آزمایشی. گروه اول: الگوی نامتقارن دودستی که در آن نامتقارنی از نظر سرعت و جهت بود (شکل الف)، گروه دوم: الگوی نامتقارن دودستی که در آن نامتقارنی از نظر سرعت و اثر جاذبه بر دو دست بود (شکل ب). گروه سوم: الگوی نامتقارن دودستی که در آن نامتقارنی از نظر اندازه و اثر جاذبه بر دو دست بود (شکل ج).

روش آماری

برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو- ویلک استفاده شد و برای تجزیه و تحلیل استنباطی داده‌ها، از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر جهت بررسی روند تغییرات در طی تمرین در گروه‌های مختلف و آزمون پیگردی بونفرونی برای بررسی محل اختلاف استفاده شد. در تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS ۲۳ استفاده شده است. در همهٔ فرضیه‌های پژوهش سطح معنی‌داری $p\leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

یافته‌های پژوهش

در هر سه گروه و در همهٔ آزمون‌ها توزیع داده‌ها طبیعی بود. بنابراین از آزمون‌های پارامتریک استفاده شد. همچنین با توجه به اینکه آزمون‌های به عمل آمده برای هر کدام از گروه‌ها، متفاوت بود، هر کدام از گروه‌ها بطور جداگانه مورد بررسی قرار گرفت.

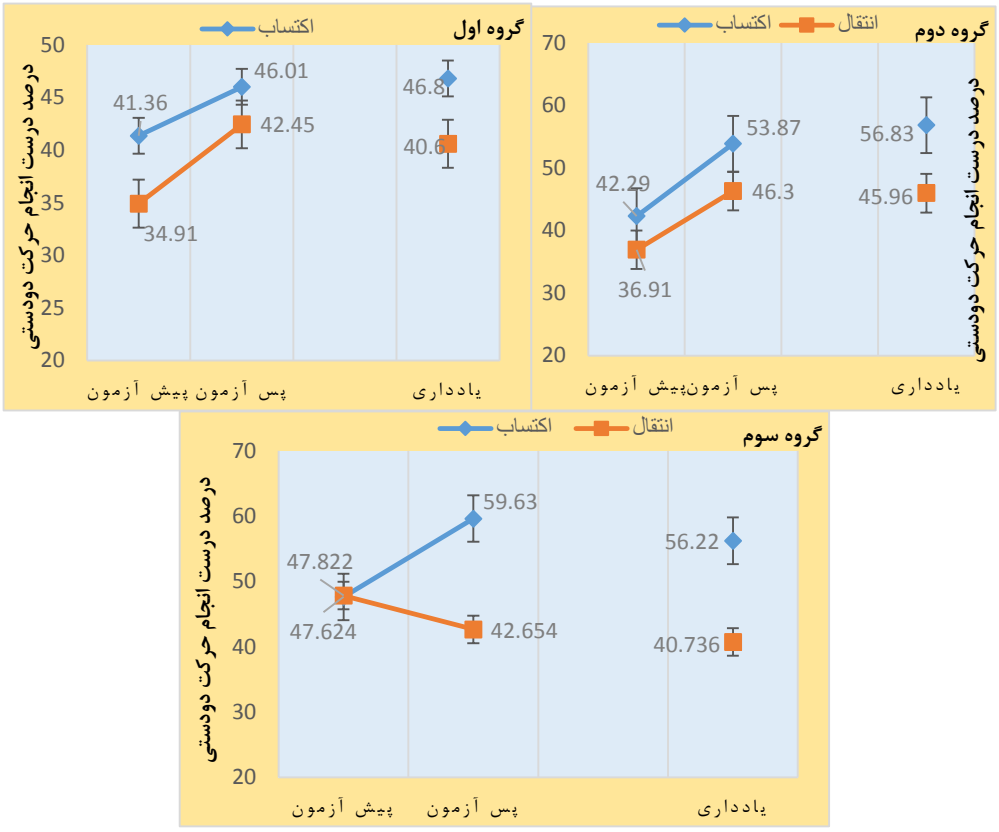
جدول ۱. نتایج تحلیل واریانس درون گروهی با اندازه‌گیری‌های تکراری برای سه گروه در حرکت دودستی در مراحل اکتساب و انتقال

	گروه	منبع	مجموع مجذورات	درجه آزادی	مربع میانگین	f	sig	اندازه اثر
گروه اول	اکتساب	عامل	۱۱۸۱/۱۰۱	۲	۵۹۰/۵۵۰	۹/۷۶۹	۰/۰۰۱	۰/۵۲۰
		خطا	۱۰۸۸/۱۱۰	۱۸	۶۰/۴۵۱			
	انتقال	عامل	۵۶۷/۶۴۷	۲	۲۸۳/۸۲۴	۹/۱۹۸	۰/۰۰۲	۰/۵۰۵
		خطا	۵۵۵/۴۰۴	۱۸	۳۰/۸۵۶			
گروه دوم	اکتساب	عامل	۱۷۲/۷۸۳	۲	۸۶/۳۹۱	۲/۶۰۰	۰/۱۰۲	۰/۲۲۴
		خطا	۵۹۸/۰۷۰	۱۸	۳۳/۲۲۶			
	انتقال	عامل	۳۰۸/۵۹۵	۲	۱۵۴/۲۹۸	۲/۴۹۶	۰/۱۱۰	۰/۲۱۷
		خطا	۱۱۱۲/۸۵۲	۱۸	۶۱/۸۲۵			
گروه سوم	اکتساب	عامل	۷۰۹/۳۶۸	۲	۳۵۴/۶۸۴	۱۷/۸۷۹	۰/۰۰۱	۰/۶۶۵
		خطا	۳۵۷/۰۷۸	۱۸	۱۹/۸۳۸			
	انتقال	عامل	۸۲۹/۶۰۳	۲	۴۱۴/۸۰۲	۷/۱۲۸	۰/۰۰۵	۰/۴۴۲
		خطا	۱۰۴۷/۴۴۴	۱۸	۵۸/۱۹۱			

گروه اول: تجزیه و تحلیل‌های آماری آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیریهای تکراری نشان داد که با توجه به آماره آزمون برای ترسیم حرکت دودستی نامتقارن برای گروه تمرینی اول انجام شده، در مراحل اکتساب و یادداری (مشابه با شرایط تمرینی) تفاوت معنی‌داری میان آزمون‌ها وجود دارد (به ترتیب $P=۰/۰۰۱$ ،$F_{2,18}=۹/۷۶۹$، سطح معنی‌داری برابر با ۰/۰۵در نظر گرفته شده است). با توجه به میانگین درصد صحیح حرکت در جداول توصیفی مشاهده شد که در این گروه روند تغییرات به پیشرفت حرکت دودستی منجر شده است. آزمون‌های پیگردی نیز بخوبی نشان می‌دهد که بین مرحله پیش‌آزمون با مراحل پس‌آزمون و یادداری تفاوت معناداری وجود دارد (به ترتیب $p= ۰/۰۱۱$ و $p=۰/۰۰۶$). در گروه اول میانگین درصد صحیح حرکت از ۴۲/۲۹ درصد به ۵۳/۸۷ درصد در مرحله پس‌آزمون و ۵۶/۸۳ درصد در مرحله یادداری رسیده است. همچنین تجزیه و تحلیل‌های آماری نشان داد که برای انتقال ترسیم حرکت دودستی نامتقارن در مراحل اکتساب و یادداری تفاوت معنی‌داری میان آزمون‌ها وجود دارد (به ترتیب $P=۰/۰۲$ ،$F_{2,18}=۹/۱۹۸$). آزمون‌های پیگردی در این گروه نشان داد که بین مرحله پیش‌آزمون مربوط به انتقال با مراحل پس‌آزمون و یادداری مربوط به انتقال تفاوت معناداری وجود دارد (به ترتیب $p= ۰/۰۰۱$ و $p=۰/۰۰۸$). میانگین درصد صحیح حرکت از ۳۶/۹۱ درصد به ۴۶/۳۰ درصد در مرحله پس‌آزمون و ۴۵/۹۶ درصد در مرحله یادداری مربوط به آزمون انتقال رسیده است (روند تغییرات در این آزمون‌ها در نمودار ۱ مشاهده می‌شود).

گروه دوم: تجزیه و تحلیلهای آماری مربوط به فرضیه دوم نشان داد که برای این گروه (گروه حرکت دودستی نامتقارن در سرعت حرکت و اثر نیروی جاذبه در دو دست)، در مراحل اکتساب و یادداری (مشابه با شرایط تمرینی) تفاوت معنی‌داری میان آزمون‌ها وجود ندارد ($F_{2,18}$=۲/۶۰۰، P=۰/۱۰۲). با توجه به میانگین درصد صحیح حرکت در داده‌های توصیفی مشاهده شد که در این گروه روند تغییرات به پیشرفت حرکت دودستی منجر شده است ولی این افزایش معنی‌دار نبوده است. آزمون‌های پیگردی نیز بخوبی نشان می‌دهد که بین مرحله پیش‌آزمون با مراحل پس‌آزمون و یادداری تفاوت معناداری وجود ندارد (p= ۰/۱۳۶ و p=۰/۰۷۹). در گروه دوم میانگین درصد صحیح حرکت از ۴۱/۳۶ درصد به ۴۶/۰۱ درصد در مرحله پس‌آزمون و ۴۶/۸۰ درصد در مرحله یادداری رسیده است. همچنین در این گروه در مراحل انتقال بلافاصله پس از تمرینات و انتقال پس از مرحله بی تمرینی (شرایطی که حرکت دو دست نسبت به شرایط تمرینی معاوضه می شود) تفاوت معنی‌داری میان آزمون‌ها وجود نداشت ($F_{2,18}$=۲/۹۷۶، P=۰/۰۸۰). با توجه به میانگین درصد صحیح حرکت در جداول توصیفی می‌توان مشاهده کرد که روند تغییرات در آزمون‌های انتقال به پیشرفت حرکت دودستی در حالت عکس منجر نشده است. آزمون‌های پیگردی نیز نشان می دهد که بین مرحله پیش‌آزمون مربوط به انتقال با مراحل پس‌آزمون و یادداری مربوط به انتقال تفاوت معناداری وجود ندارد (به ترتیب p= ۰/۰۸۰ و p=۰/۱۸۹). میانگین درصد صحیح حرکت از ۳۴/۹۱ درصد به ۴۲/۴۵ درصد در مرحله پس‌آزمون و ۴۰/۶۰ درصد در مرحله یادداری مربوط به آزمون انتقال رسیده است.

گروه سوم: تجزیه و تحلیل‌های آماری نشان داد که با توجه به آماره آزمون برای ترسیم حرکت دودستی نامتقارن برای گروه تمرینی سوم انجام شده، در مراحل اکتساب و یادداری (مشابه با شرایط تمرینی) تفاوت معنی-داری میان آزمون‌ها وجود دارد (به ترتیب $F_{2,18}$=۱۷/۸۷۹، P=۰/۰۰۱). در گروه سوم میانگین درصد صحیح حرکت از ۴۷/۶۲۴ درصد به ۵۹/۰۶۳ درصد در مرحله پس‌آزمون و ۵۶/۲۲۰ درصد در مرحله یادداری رسیده است. آزمون‌های پیگردی نیز بخوبی نشان می‌دهد که بین مرحله پیش‌آزمون با مراحل پس‌آزمون و یادداری تفاوت معناداری وجود دارد (به ترتیب p= ۰/۰۰۱ و p=۰/۰۰۱). بعلاوه تجزیه و تحلیل‌های آماری برای انتقال ترسیم حرکت دودستی نامتقارن در این گروه نشان داد که در مراحل اکتساب و یادداری تفاوت معنی‌داری میان آزمون‌ها وجود دارد (به ترتیب $F_{2,18}$=۷/۱۲۸، P=۰/۰۰۵). با توجه به میانگین درصد صحیح حرکت در جداول توصیفی مشاهده شد که در آزمون انتقال این گروه روند تغییرات به پسرفت حرکت دودستی منجر شده است. میانگین درصد صحیح حرکت از ۴۷/۸۲۲ درصد به ۴۲/۶۵۴ درصد در مرحله پس‌آزمون (P=۰/۰۲۸) و ۴۰/۷۳۶ درصد در مرحله یادداری (P=۰/۰۲۶) رسیده است.



نمودار ۱. تغییرات درصد درست انجام حرکت دودستی در پیش‌آزمون، پس‌آزمون و یادداری در آزمون‌های اکتساب و انتقال سه گروه

بحث و نتیجه گیری

نتایج نشان داد که تمرین الگوی هماهنگی دودستی که در آن جهت و سرعت حرکت دو دست (بطور همزمان) متفاوت است، هم باعث اکتساب و هم باعث انتقال حرکت دودستی نامتقارن به حالت عکس آن می‌شود. سوینن و همکارانش در پژوهش خود به همین نتیجه رسیده‌اند (۲۲) که نشان می‌دهد تداخل شدید مشاهده شده در طول انجام حرکات دودستی پیچیده، می‌تواند به سرعت مورد غلبه قرار بگیرد. مطالعات یادگیری به طور قابل توجهی نشان داده‌اند که تمرین دودستی، تداخل جهتی را کاهش می‌دهد (۷ و ۲۳).

ونگلو و همکاران (۲۰۰۶) بیان کرده‌اند که اجرای حرکات دودستی، بویژه هنگامی که تکالیف دو دست شبیه هم باشند اما عیناً یکی نباشند، ممکن است بطور موقتی در مراحل اولیه اکتساب مهارت با یکدیگر تداخل کنند، ولی با تمرین کافی حرکت آموخته شده و از تداخل در راه‌اندازی حرکت کاسته می‌شود (۱۵). نتایج تحقیق در گروه

آزمایشی اول با نتایج تحقیقاتی نظیر زنون و کلسو (۱۹۹۷ و ۱۹۹۲) (۱۷ و ۱۸)، حیرانی و همکاران (۱۳۸۸) (۱۴)، کلسو و زنون (۲۰۰۲) (۱۹) و همچنین دوستان و همکاران (۱۳۹۱) (۱۰) همخوان است. هرچند در اکثر این تحقیقات تفاوت حرکت دو دست تنها از نظر جهت و یا فضای حرکت دو دست بود. به نظر می‌رسد در این حرکت دودستی تفاوت در جهت حرکت دو دست، در سطح برنامه حرکتی (بالاترین سطح کنترل حرکت) کنترل نمی‌شود یا حداقل جزء ویژگیهای اصلی برنامهٔ حرکتی نیست و سیستم عصبی در سازگار کردن الگوی معاوضه شده بین دو دست مشکل چندانی ندارد. اما با نتایج پژوهش ونگلو و همکاران (۲۰۰۶) (۱۵) و گروه دوم و سوم پژوهش دوستان و همکاران (۱۳۹۵) ناهمخوان است (۱۳). جالب است که در گروه آزمایشی دوم پژوهش دوستان و همکاران نیز سرعت حرکت دو دست متفاوت بود. شاید این تناقض را شاید بتوان به این موضوع مرتبط دانست که دانش‌آموزان پژوهش حاضر از مدرسه‌ای انتخاب شدند که ضریب هوشی آنها بالا بوده است. چرا که هوش با یادگیری تکلیف هماهنگی دودستی در ارتباط است (۲۴ و ۲۵).

نتایج پژوهش در گروه آزمایشی دوم نشان داد که در شرایطی که سرعت و اثر نیروی جاذبه بر حرکت دو دست متفاوت است، انتقال حرکت دودستی نامتقارن به حالت جابجا شده بین دو دست، صفر است. سیستم عصبی مرکزی ممکن است در یکی از دو سطح برنامه‌ریزی و اجرا با گرانش برخورد کند. پاپاکسانتیس[1] (۱۹۹۸) بیان می‌کند در سطح برنامه‌ریزی نیروی گرانش به‌عنوان یک عامل تاثیرگذار به‌شمار می‌رود که از آن می‌توان برای اجرای حرکات استفاده کرد (۲۶) و نیز برخی پژوهشگران بر این عقیده‌اند که از نظر مکانیکی، قیود مربوط به گرانش زمین می‌تواند بر حرکات دست تاثیرگذار باشد (۲۷). برخی تحقیقات پیشنهاد کرده‌اند که نیروی گرانش زمین ممکن است در بوجود آمدن برنامه حرکتی نقش داشته باشد (۲۸ و ۲۹). با این وجود در پژوهش دوستان و همکاران (۱۳۹۴) هنگامی که تفاوت در اثر نیروی جاذبه بود، انتقال به حالت معاوضه حرکات بین دو دست مثبت بود. آنها پیشنهاد کردند که غلبه بر نیروی گرانش در هماهنگی دودستی در سطح اجرا و سطوح پایین‌تر سیستم عصبی (شاید حتی در سطح رفلکس کششی تونیک) کنترل می‌شود و غلبه بر این قیود در هماهنگی دودستی نیازی به تغییر در برنامه حرکتی شکل گرفته قبلی ندارد. مطالعات رفتاری دیگر نیز نشان می‌دهند که ایجاد پارامترهای نیرویی مختلف نسبتاً ساده است (۳۰)، اما ایجاد پارامترهای زمانی متفاوت، نسبتاً دشوارتر می‌باشند (۳۱). اشمیت و همکاران (۱۹۷۹) نتیجه‌گیری کردند که جنبه‌های زمانی از طریق پارامترهای عمده و سطح بالا تعیین می‌شوند، درحالی که نیرو از طریق پارامترهای متفاوت ویژهٔ دست کدگذاری می‌شود (۱۲).

در گروه سوم تحقیق حاضر، انتقال به حالت معاوضهٔ الگوها بین دو دست، منفی بود. نتایج انتقال حرکت دودستی نامتقارن در این دو گروه با تحقیقات ونگلو و سوینن (۲۰۰۴) (۱۶) و همچنین ونگلو و همکاران (۲۰۰۶) (۱۴)، سیستی و همکاران (۲۰۱۱) (۳۲) و دوستان و همکاران (۱۳۹۵) (۱۳) همسو است. دوستان و همکاران (۱۳۹۵)، بیان کردند که با توجه به ایده لاتاش[2] (۲۰۱۲)، بار تحمیلی به یکی از دست‌ها از طریق تغییر فعالیت پایانه‌های

1 . Papaxanthis
2 . Latash

دوکی که به تغییر در سطح فعال‌سازی آلفاموتونورون‌های عصب‌دهی کننده عضله منجر می‌شود، از طریق مکانیزم رفلکس کششی انجام می‌شود، کنترل می‌شود (۳۳)؛ پس این ویژگی جزء ویژگی‌های اصلی برنامه حرکتی دودستی نیست (۱۳). بنابراین همانند جهت حرکت می‌تواند به‌راحتی به حرکت دودستی در شرایط معکوس (جابجا شده بین دو دست) انتقال یابد. با توجه به توضیحات آنها شاید بتوان گفت که انتقال صفر در گروه آزمایشی دوم و نیز انتقال منفی در گروه آزمایشی سوم در پژوهش حاضر، به تفاوت در سرعت حرکت و دامنه حرکت دو دست برمی‌گردد. برخلاف هماهنگی جهتی حرکات دودستی، بازنمایی عملکرد هماهنگی زمانی دودستی چندان آشکار نیست. تحقیقات رفتاری نشان داده‌اند که حرکات دودستی از نظر جنبهٔ زمانی در سطح بالایی همگام (متقارن) هستند. همگامی زمانی بطور خودکار رخ می‌دهد (۳). بنابراین تقارن زمانی حرکات دودستی، یک رفتار حرکتی بسیار پایدار است. انسان در تولید حرکاتی که در آن‌ها اندام‌ها در تواترهای ترجیحی حرکت نمی‌کنند، بسیار مشکل دارد. حتی نوازندگان ماهر در معرض این محدودیت قرار داشته و در تولید ریتم‌های پیچیده دچار محدودیت هستند (۳۴ و ۳۵). به‌علاوه یکی دیگر از مشخصه‌های حرکات دسترسی دودستی، تمایل دو دست به شروع و خاتمه تقریباً در یک نقطهٔ زمانی است، حتی اگر حرکت شدت‌ها یا دامنه‌های مختلفی را پوشش دهد. انتقال منفی در تکلیف سوم، شاید به این دلیل باشد که به‌نوعی تفاوت در سرعت حرکت دو دست نیز وجود داشته است؛ دوستان و همکاران (۱۳۹۵) بیان کرده‌اند هنگامی که دو دست باید در زمان یکسانی دو دایره با اندازه‌های متفاوت ترسیم کنند، سرعت حرکت دو دست نیز متفاوت خواهد بود (۱۳). حال به این دو ویژگی اثر جاذبه را نیز بیفزاییم، تفاوت در ویژگی دو دست به سه ویژگی افزایش می‌یابد. بنابراین در تکلیف آزمایشی سوم، علاوه بر اثر نیروی جاذبه و دامنهٔ حرکت دو دست، سرعت حرکت دو دست نیز متفاوت بوده است؛ که این موضوع منجر به جفت شدگی قوی‌تر و وابستگی بیشتر حرکت دو دست در اثر تمرین می‌شود. بنابراین جداسازی این جفت‌شدگی، در آزمون انتقال بسیار دشوار است و منجر به انتقال منفی و افزایش خطا در انجام حرکت دودستی می‌شود. میستر[1] و همکاران (۲۰۱۰) که بطور تجربی تأثیرات زمانبندی حرکت و تأثیرات دامنه حرکت بر الگوهای فعالسازی مغزی در طول انجام حرکات دودستی را مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند هنگامی که حرکات دو دست در جنبهٔ فضایی یا زمانی کمتر شبیه هستند، نواحی مغزی رده بالاتر نظیر قشر پیش‌حرکتی و بویژه قشر آهیانه‌ای مهمتر می‌شوند (۳۶). این یافته پیش از این در پژوهش‌های دیگری نیز نشان داده شده است (۳۷، ۳۸ و ۳۹). این درگیری‌های سطح بالاتر سیستم عصبی، به دشواری برنامه‌ریزی این حرکات توسط سیستم عصبی اشاره دارد. تمرین این حرکات دودستیِ دشوار، می‌تواند سیستم عصبی را در برنامه‌ریزی و اجرای تکلیف انتقال، دچار مشکل کند. همچنین برخی پژوهش‌ها نشان داده است که در طول حرکات دودستی ساده‌تر (نظیر حرکات هم‌فاز) نسبت به حرکات دودستی پیچیده‌تر، ساختارهای

1 . Meister

زیرقشری مرتبط‌تر از ساختارهای قشری مغز هستند (۴۰ و ۴۱). این موضوع نشان دهنده وجود کنترل سلسله مراتبی حرکات دودستی توسط سیستم عصبی، بر حسب میزان دشواری است.

بطور کلی به نظر می‌رسد جهت حرکت دو دست (که در تحقیقات پیشین مورد مطالعه قرار گرفته است) و همچنین اثر نیروی جاذبه در هماهنگی دودستی از ویژگیهای مربوط به شرایط ویژهٔ تکلیف بوده و پارامترهایی هستند که در سطوح پایین‌تر سیستم عصبی کنترل می‌شوند و به راحتی می‌توانند بین دو دست معاوضه شوند (۱۰ و ۱۳). با این حال با توجه به نتایج پژوهش حاضر، در حرکات دودستی، غلبه بر قیود جهتی نسبت به غلبه بر تفاوت در اثر نیروی جاذبه، ساده‌تر است. چرا که در گروه آزمایشی اول که تفاوت در جهت و سرعت بود، انتقال مثبت بود ولی در گروه دوم که تفاوت در سرعت و اثر جاذبه بود انتقال صفر بود و در واقع تمرین باعث انتقال نشد. بنابراین در تفاسیری که بر اساس نظریه‌های سلسله‌مراتبی صورت می‌گیرد باید بیش از دو سطح برای کنترل حرکات دودستی در نظر گرفت. به عبارتی می‌توان سطوح متفاوتی از دشواری تکلیف را لحاظ کرد. یک احتمال دیگر می‌تواند این باشد که هنگامی که در حرکات دودستی، بیش از یک ویژگی در دو دست متفاوت است، اینکه ترکیبی از کدام ویژگی‌ها در دو دست متفاوت باشد، دارای اهمیت زیادی است. ویژگی‌هایی که در ترکیب با هم، جفت‌شدگی قوی‌تری ایجاد می‌کنند، سطوح کنترلی سطح بالاتری را درگیر می‌کنند. بنابراین شاید فارغ از اینکه جهت و اثر نیروی جاذبه به تنهایی در چه سطحی کنترل می‌شوند، غلبه بر تفاوت در ترکیب دو ویژگی سرعت و اثر جاذبه دشوارتر از ترکیب دو ویژگی جهت و سرعت باشد.

منابع و مأخذ

1.Magill, R.A. (2007). Motor learning and control: Concepts and applications (8th ed). NewYork, NY: McGraw-Hill.pp 60-61.

2.Kennedy D. M, Boyle JB, Wang C, Shea CH (2014). Bimanual force control: cooperation and interference? Psychol Res. [Epub ahead of print].

3.Ivry R., Diedrichsen J., Spencer R., et al (2004). A Cognitive Neuroscience Perspective on Bimanual Coordination and Interference. review the literature. University of California. Neuro-Behavioral Determinants of Interlimb Coordination. pp 259-295.

4.Mechsner F, Kerzel D, Knoblich G, Prinz W (2001) Perceptual basis of bimanual coordination. Nature 414:69-73.

5.Otte, E. & van Mier, H. (2006). Bimanual interference in children performing a dual motor task. Human Movement Science. 25: 678-693.

6.Oliveira C.S. (2002) The neural basis of bimanual coordination: recent neurophysiological evidence and functional models. Acta Psych 110:139-159.

7. Swinnen, S. P., Young, D. E., Walter, C. B., & Serrien, D. J. (1991). Control of asymmetrical bimanual movements. Experimental Brain Research, 85(1), 163–173.
8.Swinnen, S., Walter, C. B., & Shapiro, D. C. (1988). The coordination of limb movements with different kinematic patterns. Brain and Cognition, 8, 326–347.
9.Franz EA, Zelaznik HN, McCabe G (1991) Spatial topological constraints in a bimanual task. Acta Psychol 77: 137-151.
10.Doustan M, Boveiri K, Zilaei B, Seifourian M (2012). The study of transfer of asymmetrical bimanual movement to its converse pattern: Analysis on bimanual movements theories. Journal of Motor Behavior and Sport Psychology. 1(8): 553-64. (In Persian).
11.Swinnen, S. P.; N. Dounskaia, O. Levin, J. Duysens (2001). "Constraints during bimanual coordination: the role of direction in relation to amplitude and force requirements". Behavioral Brain Research, 123, 201-218.
12.Schmidt R A, Lee T D. Motor control and learning. 4rded Canada: *Human Kinetics*; 2005.pp 43.
13.Heirani A, Farokhi A. (2009). Evaluation of effector-independent and effect of training in performance of bimanual coordination drowing task. A thesis submitted to the Graduate Studies Office In Partial fulfillment of the requirements for The degree of Ph.D in Motor development and learning. (In Persian).
13. Doustan. M, Namazizadeh. M. Sheikh. M, Naghdi. N (2016). The Effect of Change in Different Characteristics in Movements of Two Hands on Transfer of Asymmetrical Bimanual Movement to Its Converse Pattern. Motor Behavior. 8 (24): 17-30. (In Persian).
15.Vangheluwe S, Suy E, Wenderoth N, Swinnen SP (2006). Learning and transfer of bimanual multifrequency patterns: effector-independent and effector-specific levels of movement representation. Exp Brain Res. 170: 543–554.
16.Swinnen, S.P., Wenderoth, N., 2004. Two hands, one brain: cognitive neuro-science of bimanual skill. Trends Cognit. Sci. 8, 18–25.

17.Zenone P.G. and J.A. Kelso (1992). Evolution of behavioral attractors with learning: nonequilibrium phase transitions, J. Exp. Psychol.—Hum. Percept. Perform18 (2), pp. 403–421.
18.Zenone P.G. and J.A. Kelso (1997). Coordination dynamics of learning and transfer: collective and component levels, J. Exp. Psychol.—Hum. Percept. Perform 23 (5) pp. 1454–1480.
19.Kelso JAS, Zanone PG (2002) Coordination dynamics of learning and transfer across different effector systems. J Exp Psychol Hum Percept Perform 28:776–797.
20.Oldfield RC (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. Neuropsychologia 9:97-113.
21.Kennerley SW, Diedrichsen J, Hazeltine E, Semjen A, Ivry RB (2002) Callosotomy patients exhibit temporal and spatial uncoupling during continuous bimanual movements. Nature Neuro 5:376-381.
22.Swinnen SP, Dounskaia N, Walter CB, Serrien D J (1997) Preferred and induced coordination modes during the acquisition of bimanual movements with a 2:1 ratio. J Exp Psychol Hum Percept Perform 23:1087-1110.
23.Puttemans, V. Vangheluwe, S. Wenderoth, N. & Swinnen, S. P. (2004). Bimanual directional interference: the effect of normal versus augmented visual information feedback on learning and transfer. Motor control, 8, 33-50.
24. Vaivre-Douret L et al (2010). Relationship between growth status at birth and motor and cognitive development in a French sample of gifted children. Revue Européenne de Psychologie Appliquée/European Review of Applied Psychology, 60 (1), P 1.
25.Audrei F, Denise C.C, Priscila M, Maria L, (2012). Effect of the home environment on motor and cognitive behavior of infants. Infant Behavior & Development 35, 329– 334.
26.Papaxanthis C, Pozzo T, Popov K. McIntyre (1998). J Hand trajectories of vertical arm movements in one-G and zero-G environments: Evidence for a central representation of gravitational force. Exp Brain Res. 120:496–502.
27.Nishikawa KC, Murray ST, Flanders M. Do arm postures vary with the speed of reaching. Neurophysiol. 1999. 81:2582–2586.

28.Papaxanthis C, Pozzo T, Schieppati M (2003). Trajectories of arm pointing movements on the sagittal plane vary with both direction and speed. Exp Brain Res. 148(4):498–503.
29.Papaxanthis C, Pozzo T, McIntyre J (2005). Kinematic and dynamic processes for the control of pointing movements in humans revealed by short-term exposure to microgravity. Neuroscience. 35(2):371–383.
30.Sherwood, D. E. (1994). Hand preference, practice order, and spatial assimilations in rapid bimanual movement. Journal of Motor Behaviour, 26, 123–134.
31.Franz E.A., J.C. Eliassen, R.B. Ivry and M.S. Gazzaniga (1996). temporal coupling in the bimanual movements of callosotomy patients. Psychol. Sci. 7 (5) pp. 306–310.
32.Sisti HM, Geurts M, Clerckx R, Gooijers J, Coxon JP, et al. (2011) Testing Multiple Coordination Constraints with a Novel Bimanual Visuomotor Task. PLoS ONE 6(8): e23619. doi:10.1371/journal.pone.0023619
33.Latash M.L.(2012). Fundamentalsof motor control. First edition. Copyright Elsevier Inc. All rights reserved.
34.Klapp S, Hill MD. Tyler JG, Martin ZE. Jagacinski RJ, Jones MR (1985) On marching to two different drummers: perceptual aspects of the difficulties. J Exp Psychol Hum Percept Perform 11:814-827.
35.Krampe RT, Kliegl R, Mayr U, Engbert R, Vorberg D (2000) The fast and the slow of skilled bimanual rhythm production: Parallel vs integrated timing. J Exp Psychol Hum Percept Perform 26:206-233.
36.Meister I G, Foltys H, Gallea C, and Hallett M (2010). How the brain handles temporally uncoupled bimanual movements. Cerebral Cortex. 20(12): 2996-3004.
37.Aramaki Y, Honda M, Okada T, Sadato N. (2006). Neural correlates of the spontaneous phase transition during bimanual coordination. Cereb Cortex. 16:1338--1348.
38.Serrien, D.J., (2009). Bimanual information processing and the impact of con-flict during mirror drawing. Behav. Brain Res. 205, 391–395.
39.Gross, J., Pollok, B., Dirks, M., Timmermann, L., Butz, M., Schnitzler, A (2005). Task-dependent oscillations during unimanual and bimanual

movements in thehuman primary motor cortex and sma studied with magnetoencephalography.Neuroimage 26, 91–98.

40.Ulle´n F, Forssberg H, Ehrsson HH (2003). Neural networks for the coordination of the hands in time. J Neurophysiol. 89:1126-1135.

41. Debaere, F., Wenderoth, N., Sunaert, S., Van Hecke, P., Swinnen, S.P.(2004).Changes in brain activation during the acquisition of a new bimanual coordination task. Neuropsychologia 42, 855–867.

Evaluation of learning and transfer of complex bimanual task asymmetrical in combination of features of speed, effect of gravity and amplitude of movement

Mohammad Reza Doustan[1] - Zahra Baghernezhad[2]

(Recievd: 2016/10/06; Accepted:2017/11/01)

Abstract

The aim of this study was the evaluation of learning and transfer of asymmetric bimanual complex tasks in combination of features of speed, gravity and amplitude. The participations of the research were eight grade, right-handed students (mean age, 14.2±0.13) of Shahid Ebrahimi school of Ahvaz (n=10), who had no familiarity with desired tasks. They voluntarily participated in the study and randomly divided into three groups. The instruments used included pen Mouse, laptop, special glove and metronome. Three groups have performed the different asymmetric bimanual tasks in two ways, one the difficult task with the dominant hand and simple task with nondominant hand (training task) and the other vice versa (transfer task), in pre-test and post-test. The groups trained for three days after pre-test, and then post-tests performed. The movement patterns of two hands were different from each other in movement features (first group: direction and velocity pattern, second group: velocity pattern and effect of gravity, third group: amplitude and effect of gravity). All three groups practiced their tasks three days. The results showed that in the first group, the transmission was positive, while in the second group the transmission was zero and in the third group, it was negative. It seems that in interpretations based on hierarchical theories, more than two neural levels should be consider for controlling bimanual movements. In other words, it considers different levels of difficulty in the tasks.

Keywords

Transfer, bimanual coordination, task difficulty.

1 Assistant professor of department of motor behavior ,faculty of sport sciences, shahid chamran University of Ahvaz , Ahvaz, Iran

2 . Msc of control motor and learning,Islamic Azad Universiry of shoushtar , shoushtar, Iran