Archive of SID

رفتار حرکتی و روان‌شناسی ورزشی شماره ۱۰، بهار و تابستان۱۳۹۱، صص ۹۰-۷۷

تأثیر سطح تبحر ورزشکاران بر ثبات حرکات هماهنگ درون‌مرحله و برون‌مرحله

نگار آرازشی[۱]، پونه مختاری[۲]، سید محمد کاظم واعظ موسوی[۳]

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۹/۱۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۴/۲۱

چکیده

حرکات در الگوی درون‌مرحله باثبات‌تر از الگوی برون‌مرحله اجرا می‌شوند، با وجود این اخیراً برخی شواهد نشان داده‌اند که ثبات الگوهای حرکتی برون‌مرحله تحت تأثیر سطح تبحر ورزشکاران قرار می‌گیرد؛ بنابراین، هدف تحقیق حاضر بررسی اثر سطح تبحر ورزشکاران بر ثبات حرکات هماهنگ دو عضوی است. از عملکرد ۳۰ ورزشکار مبتدی و ماهر رشتهٔ ایروبیک پیشرفته هنگام اجرای دو الگوی حرکتی درون‌مرحله و برون‌مرحلهٔ منتخب با استفاده از شش دوربین و فرکانس ۱۰۰ هرتز به‌طور سه‌بعدی فیلم‌برداری شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار مت‌لب پردازش و سپس تجزیه و تحلیل شد. نتایج تحلیل واریانس دو عاملی در سطح ($\alpha \leq$ ۰/۰۵) نشان داد ثبات اجرای الگوی حرکت درون‌مرحله در هر دو گروه یکسان است. همچنین در افراد مبتدی، اجرای حرکت در الگوی درون‌مرحله باثبات‌تر از برون‌مرحله است، اما ورزشکاران ماهر الگوهای حرکتی درون‌مرحله و برون‌مرحله را با ثبات یکسان اجرا می‌کنند. نتایج در چارچوب اثر تمرین بر کسب تبحر در اجرای حرکات برون‌مرحله بحث شده است.

کلیدواژه‌های فارسی: هماهنگی نامتقارن دو عضوی، ایروبیک پیشرفته، الگوی حرکتی درون‌مرحله، الگوی حرکتی برون‌مرحله، سطح تبحر.

۱. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بوکان، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، بوکان، ایران (نویسندهٔ مسئول)
Email: Negar_Arazeshi@yahoo.com
۲. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز Email: mokhtari_p@yahoo.com
۳. استاد دانشگاه امام حسین(ع) Email: mvaez@ssrc.ac.ir

www.SId.ir

Archive of SID

مقدمه

اجرای موفقیت‌آمیز مهارت‌های حرکتی فراوانی که هر روز در زندگی به‌کار می‌روند، نیازمند عملکرد هماهنگ اعضای مختلف بدن است. انسان در طول روز حرکات فراوانی نظیر دویدن، رانندگی و دست‌کاری اشیاء را با نهایت دقت و هماهنگی انجام می‌دهد (۱). هماهنگی از اجزای ضروری و جدایی‌ناپذیر حرکت است. این اجراهای هماهنگ ماهرانه، مستلزم سازمان‌بندی عضلات بدن فرد است تا مهارت اجرا شده به هدف مورد نظر دست یابد (۱). مطالعهٔ چگونگی اجرا و کنترل حرکات هماهنگ و همچنین عوامل اثرگذار بر کنترل و اجرای این حرکات نشان دادند که یک‌سری اصول عام و کلی بر اجرای تمامی حرکات هماهنگ حاکم است (۲- ۴). مهارت‌هایی که با حرکت دو اندام قرینه در دو حالتِ درون‌مرحله و برون‌مرحله[1] به‌صورت هماهنگ انجام می‌شوند نیز در زمرهٔ این حرکات هستند. وقتی حرکتی در دو اندام، مثلاً دو دست یا دو پا کاملاً قرینه و همزمان اجرا شود؛ یعنی ویژگی‌های فضایی و زمانی یکسان داشته باشد، حرکت درون‌مرحله است (۵- ۷). در این حالت عضلات همنام در دو اندام قرینه به‌طور همزمان منقبض می‌شوند، اما زمانی که عضلات همنام در دو اندام قرینه به‌طور متناوب منقبض شوند؛ یعنی حرکت انجام شده در دو اندام در یکی از ویژگی‌های فضایی یا زمانی متفاوت باشد، الگوی حرکت برون‌مرحله است (۲، ۶، ۷). تفاوت در ویژگی‌های زمانی حرکت به کمک فاز نسبی[2] تعریف می‌شود. فاز نسبی موقعیت اندام را در هر سیکل حرکتی با موقعیت اندام دیگر در همان سیکل مشخص می‌کند؛ بنابراین، فاز نسبی حرکت در حرکات درون‌مرحله صفر درجه است و در حرکات برون‌مرحله، از ۳۰، ۴۵، ۹۰ تا ۱۸۰ درجه متغیر است (۸). در اجرای الگوهای حرکتی تا زمانی که فاز نسبی حرکت حفظ شود، زمان‌بندی حرکت حفظ شده است. افزایش سرعت یا بسامد حرکت ممکن است باعث آسیب زدن به اجرای هماهنگ الگویی حرکتی و به دنبال آن باعث انتقال خود به خودِ الگوی حرکت به الگوی هماهنگ دیگر شود؛ مثلاً افزایش پارامتری مانند سرعت ممکن است باعث کاهش ثبات[3] الگوی حرکتی برون‌مرحله شود و حرکت را به الگوی حرکتی درون‌مرحله تبدیل کند. هرچه زمان‌بندی نسبی حرکت مدت زمان بیشتری دوام یابد و الگوی حرکتی به مدت طولانی‌تر، با خطای کمتر اجرا شود، نشان‌دهندهٔ ثبات بیشتر اجراست (۱، ۲، ۵). ثبات بر همسانی[4] اجرا

1. In-phase and Anti phase
2. Relative Phase
3. Stability
4. Consistency

www.SId.ir

Archive of SID

دلالت دارد و اجرا با پیشرفت یادگیری همسان‌تر می‌شود؛ بدین معنی که با ادامهٔ تمرین اجراهای فرد شباهت بیشتری به هم پیدا می‌کند. همان‌گونه که همسانی مهارت افزایش می‌یابد، ویژگی‌های مشخصی در اجرا استوارتر می‌شود؛ یعنی با تغییرات جزئی در ویژگی‌های فردی و محیطی، رفتاری که آموخته شده به آسانی از هم گسسته نمی‌شود (۱). نتایج تحقیق بوگارد و سونین[1] (۲۰۰۱) نشان داد در اغلب مواقع اجرای الگوهای هماهنگ دو عضوی که در آن حرکت دو عضو سازگاری فضایی بیشتری با هم دارند آسان‌تر است و نوسان کمتری در ثبات اجرای حرکت شرکت کنندگان ملاحظه می‌شود؛ بنابراین حرکات درون‌مرحله باثبات‌تر از حرکات برون مرحله اجرا می‌شوند (۹) و یافته‌های تحقیق مالوی، آمازین و ریلی[2] (۲۰۰۵) نشان داد حتی جهت‌گیری فضایی متفاوت در دو دست نیز سبب اجرای متفاوت می‌شود، به‌طوری که یک دست از دست دیگر کندتر حرکت می‌کند (۱۰). همچنین، لی و همکاران[3] (۱۹۹۵) با اجرای تحقیقی نشان دادند در اجرای الگوهای حرکتی هماهنگ، علاوه بر اینکه سیستم کنترل حرکتی بدن به اجرای الگوهای فضایی مشابه تمایل دارد، اجرای حرکات همزمان در دو عضو را بر اجراهای متفاوت در دو عضو ترجیح می‌دهد (۱۱). به‌طور کلی در بیشتر تحقیقات، الگوی حرکتی درون‌مرحله باثبات‌تر از الگوی برون‌مرحله گزارش شده است (۳، ۹- ۱۵) و حتی نتایج برخی تحقیقات از جمله تحقیق ربکا و ریچارد[4] (۲۰۰۷) حاکی از وجود پیوستگی قوی در اجرای حرکات درون‌مرحله در دو عضو بود؛ بدین معنی که سیستم کنترل حرکت بدن سازوکار واحدی را برای کنترل حرکات همزمان در دو عضو قرینه به‌کار می‌برد که احتمالاً مبین وجود الگوی حرکتی از پیش تعیین‌شده‌ای در حرکات هماهنگ درون‌مرحله است (۱۶). از آنجا که یکی از ویژگی‌های اجرای مهارت‌های حرکتی بین عضوی این است که دو عضو تمایل دارند در یک زمان کار یکسانی انجام دهند، منطقی به نظر می‌رسد که تلاش های اولیه برای تمایل دو اندام به ایجاد الگویِ فضایی و زمانیِ یکسان باشد (۱). نحوهٔ کنترل حرکات هماهنگ از عوامل اثرگذار بر ثبات این حرکات است، نتایج برخی تحقیقات نشان دادند حرکاتی که دارای الگوی فضایی و زمانی مختلف در دو اندام قرینه‌اند به‌صورت موازی کنترل می‌شوند (۱۷). پردازش موازی سرعت زیادی دارد، به توجه نیاز ندارد، غیرارادی است و با شروع پردازش نمی‌توان آن را متوقف کرد (۵)؛ در نتیجه چنانچه حرکات برون‌مرحله به‌صورت موازی کنترل شوند، تداخل حاصل از پردازش همزمان دو برنامهٔ

1. Bogaerts & Swinnen
2. Mulvey, Amazeen & Riely
3. Lee et al
4. Rebecca & Richard

www.SId.ir

Archive of SID

حرکتی متفاوت در دو اندام قرینه به افزایش خطا و کاهش ثبات در اجرای این الگوهای حرکتی منجر می‌شود.

با وجود تعدد تحقیقاتی که از این نظریه حمایت می‌کنند و ثبات بیشتر الگوهای حرکتی درون‌مرحله را نسبت به الگوهای حرکتی برون‌مرحله نشان می‌دهند (۳، ۱۲- ۱۴) و دلایلی که در تأیید این نتایج ذکر شد (۹- ۱۱، ۱۶، ۱۷)، برخی تحقیقات یافته‌های معمول در زمینهٔ هماهنگی بین عضوی مبنی بر ثبات بیشتر حرکات درون‌مرحله از حرکات برون‌مرحله را تأیید نکرده، نشان داده‌اند که ثبات الگوهای درون‌مرحله و برون‌مرحله ممکن است یکسان باشد (۲، ۱۸، ۱۹). یافته‌های این تحقیقات عمدتاً از دیدگاه نظام‌های پویا تفسیر شده است. بر اساس دیدگاه نظام‌های پویا و نظریه ساختار هماهنگ، عضلاتی که به همراه هم به‌عنوان یک واحد عمل می‌کنند ساختاری هماهنگ را تشکیل می‌دهند و به‌وسیلهٔ برنامهٔ حرکتی واحدی کنترل می‌شوند. در آغاز اجرای یک برنامهٔ حرکتی، عضلات موجود در ساختار هماهنگ به تولید حرکتی هماهنگ پاسخ می‌دهند. در صورتی که لازم باشد دو اندام قرینه حرکات متفاوتی را با الگوهای فضایی یا ویژگی‌های زمانی مختلف اجرا کنند، سیستم کنترل بدن فرد ساختار هماهنگ را مجدداً سازماندهی می‌کند تا امکان کنترل حرکات مختلف در دو اندام قرینه فراهم شود و الگوهای حرکتی برون‌مرحله شکل گیرند (۱). یکی از این تحقیقات را دسینگ و بیک[1] (۲۰۰۷) انجام دادند. یافته‌های آن‌ها نشان داد ثبات حرکات درون‌مرحله و برون‌مرحله در تردست‌ها یکسان است. محققان، در مورد تناقص موجود در این یافته‌ها و نظریه‌های متضمن آن به گمانه‌زنی پرداختند و عواملی نظیر تغییر فاز نسبی، جایگاه و سرعت پرتاب‌ها، استفاده از نوسانات محرک سایر قسمت‌های بدن و ماهیت غیرمحدود حرکات چشم را مسئول احتمالی یافته دور از انتظار خود دانستند (۲). با وجود این، تأکید اصلی آن‌ها بر این بود که شاید سطح تبحر شرکت‌کنندگان دلیل اصلی کسب این نتیجه باشد (۲)، اما چون مطالعه‌ای تکمیلی برای بررسی نقش هر یک از این متغیرها در ثبات الگوی حرکتی درون‌مرحله و برون‌مرحله انجام نشده، هنوز هم این مسئله به خوبی روشن نشده است. وجود دو نظریهٔ متفاوت در مورد نحوهٔ کنترل حرکات هماهنگ برون‌مرحله، تناقص پیش‌آمده در نتایج مطالعهٔ ثبات حرکات هماهنگ تردست‌ها توسط دسینگ و بیک (۲) نسبت به نتایج سایر تحقیقاتی که در همین راستا انجام شده بودند (۳، ۱۲- ۱۴) و احتمال مؤثر بودن تمرین در ثبات حرکات هماهنگ برون‌مرحله و درون‌مرحله در تحقیقات وندرث و همکاران[2] (۲۰۰۳) و

1. Dessing & Beek
2. Wenderoth et al

www.SId.ir

Archive of SID

سمثارست و کارسون[1] (۲۰۰۱) زمینهٔ لازم برای بررسی ثبات در حرکات هماهنگ، به‌ویژه تکالیف ورزشی درون‌مرحله و برون‌مرحله را در مطالعهٔ دیگری که امکان مقایسهٔ آن بین دو گروه شرکت‌کنندهٔ ماهر و مبتدی وجود داشته باشد، ایجاد کرد. در مجموع تحقیق حاضر در پی بررسی ثبات الگو در حرکات درون‌مرحله و برون‌مرحله در دو گروه افراد مبتدی و ورزشکاران ماهر است تا تأثیر سطح تبحر شرکت‌کنندگان را در ثبات الگوهای حرکتی درون‌مرحله و برون‌مرحله مقایسه کند.

روش‌شناسی پژوهش

۱۵ ورزشکار مرد سالم و ماهر در ایروبیک پیشرفته (میانگین سنی ۵ ± ۲۴ سال، میانگین سابقهٔ فعالیت در رشتهٔ ایروبیک ۳ ± ۵/۸ سال) از میان ورزشکاران تیم‌های راه یافته به مسابقات آمادگی جسمانی کشور که در تابستان ۸۸ برگزار شد، انتخاب شدند و در گروه ماهر قرار گرفتند. گروه دوم مشتمل بر ۱۵ شرکت‌کنندهٔ مرد سالم (میانگین سنی ۴ ± ۲۱ سال، میانگین سابقهٔ فعالیت در رشتهٔ ایروبیک ۴ ± ۸ ماه) بودند که گروه مبتدی مطالعه حاضر را تشکیل دادند. این تعداد با توجه به روش‌های آماری به‌کار رفته، برای رسیدن به توان آماری ۸۰٪، کفایت کرد. پای تکیه‌گاهِ همهٔ شرکت‌کنندگان پای راست بود.

ابزار استفاده شده در این تحقیق، دستگاه تجزیه و تحلیل حرکت[2] ساخت شرکت وایکانِ[3] ژاپن واقع در آزمایشگاه مهندسی عوامل انسانی دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی شهید بهشتی بود. این دستگاه برای اندازه‌گیری اطلاعات جنبشی[4] حرکت (جابه‌جایی، سرعت، شتاب‌های خطی و زاویه‌ای) به‌کار می‌رود و دارای دو بخش سخت‌افزاری و نرم‌افزاری است. بخش سخت‌افزاری آن دربرگیرندهٔ یک سطح درجه‌بندی شده، دوربین‌ها و نشانگرهاست. سطح درجه‌بندی شده[5]، محل اجرای تکالیف حرکتی است که از جنس چوب به طول ۲/۵ متر، عرض یک متر و ارتفاع ۷ سانتی‌متر ساخته شده است. نشانگرها، قطعات کوچک کروی شکل در اندازه‌های مختلف هستند که پوشش بیرونی آن‌ها به اشعهٔ مادون قرمز حساس است و متناسب با اندازهٔ مفصل مورد نظر به‌کار گرفته می‌شوند. در این تحقیق با توجه به نوع تکلیف حرکتی و هدف آزمون، از هشت عدد نشانگر متوسط استفاده شد. دوربین‌های دستگاه دارای لامپ‌های دو

1. Smethurst & Carson
2. Motion analyzer
3. Vicon
4. Kinematic
5. Calibration

www.SId.ir

Archive of SID

الکترودی[1] هستند که اشعهٔ مادون قرمز ساطع می‌کنند، نشانگرها نسبت به این اشعه حساسند. وقتی اشعهٔ مادون قرمز به نشانگر برخورد می‌کند، بازتاب نور تابیده شده توسط دوربین دریافت می‌شود و به این ترتیب مسیر حرکت نشانگر ثبت و به سیستم انتقال داده می‌شود. این دستگاه می‌تواند حرکت را به‌صورت دو بعدی، با استفاده از یک دوربین و سه بعدی، با استفاده از دو دوربین یا بیشتر تجزیه و تحلیل کند. چون نمونهٔ موجود دارای شش دوربین بود؛ تمامی حرکات شرکت‌کنندگان با سرعت ۱۰۰ تصویر در ثانیه در حالت سه بعدی ثبت شد. بخش نرم-افزاری دستگاه شامل برنامه‌ای است که با انجام فرآیندهای ویدئویی روی اطلاعات دریافتی از دوربین‌ها و با دنبال کردن مسیر حرکت نشانگرها اطلاعات سینماتیک حرکت را استخراج می‌کند.

همچنین پرسشنامه‌ای شامل اطلاعات فردی مانند سن، پای تکیه‌گاه، سابقهٔ فعالیت در رشته‌های مختلف ورزشی، سابقهٔ فعالیت در رشتهٔ ایروبیک و ایروبیک پیشرفته و وضعیت آشنایی شرکت‌کنندگان با تکالیف حرکتی مطالعهٔ حاضر و سابقهٔ هرگونه آسیب‌دیدگی و یا شکستگی در دست و پا آماده شده بود که توسط شرکت‌کنندگان تکمیل شد.

از آنجا که تحقیق حاضر در داخل کشور پیشینهٔ کافی نداشت و نیز امکان دست‌یابی به روش‌ها و ابزارهای استفاده شده در نمونه‌های مشابه خارجی ممکن نبود و نمونه‌های موجود و در دسترس هدف تحقیق حاضر را به‌طور کامل برآورده نمی‌ساخت، سؤالات و ابهاماتی در اجرای این تحقیق وجود داشت که به منظور پاسخ به این سؤالات، قبل از شروع تحقیق اصلی، تحقیقی راهنما با شرکت پنج نفر داوطلب از اعضای تیم به‌عنوان گروه ماهر و پنج داوطلب دیگر از بین افرادی که در کلاس‌های مقدماتی شرکت می‌کردند به‌عنوان گروه مبتدی انجام شد. برای تعیین تکالیف حرکتی تحقیق، تجزیه و تحلیل‌های همه‌جانبه‌ای روی الگو، جهت، عضلات و مفاصلِ مجری، ترتیب انقباض عضلات و تعیین فاز نسبی و آهنگ حرکات ایروبیک پیشرفته انجام شد. از بین مهارت‌های حرکتی رشته ایروبیک پیشرفته پنج مهارت حرکتیِ مختص پا (دو الگوی درون‌مرحله و سه الگوی برون‌مرحله) و دو مهارت حرکتی مختص دست (یک الگوی درون‌مرحله و یک الگوی برون‌مرحله) به‌عنوان تکالیف حرکتی تحقیق انتخاب شدند و همهٔ شرکت‌کنندگان تحقیق راهنما آن‌ها را انجام دادند. تجزیه و تحلیل‌های لازم روی داده‌های خامِ مطالعهٔ مقدماتی نشان داد با بررسی تغییرات زاویه‌ای مفاصل در زمان حرکت می‌توان به هدف تحقیق که تعیین اثر سطح تبحر ورزشکاران بر ثبات حرکات هماهنگ دو عضوی است، نائل آمد و از این رو، دو مهارت ورزشی هماهنگ مختص پا (حرکت هفت و

1. Diodes

www.SId.ir

Archive of SID

هشتی ۷۸۷۸ به‌عنوان تکلیف درون‌مرحله و حرکت کشویی یا جیسکویر به‌عنوان تکلیف برون مرحله) که تغییرات زاویه‌ای را نسبت به فاز نسبی حرکت به بهترین نحو نشان می‌دادند، به‌عنوان دو الگوی حرکتی درون‌مرحله و برون‌مرحله انتخاب شدند که دقیقاً دو تکلیف هماهنگ دو عضوی بود. به این ترتیب، تکالیف ملاک بدون واسطه سنجیده شده و دارای حداکثر همخوانی با هدف تحقیق بود. همچنین بر اساس پردازش داده‌های مطالعهٔ مقدماتی، پایایی ابزار مورد استفاده، (r= ۰/۹۶۸) و روایی آن (r= ۰/۹۰۴) بود. با روشن شدن همهٔ این موارد هماهنگی‌های لازم برای انجام تحقیق اصلی آغاز شد.

پیش از اینکه شرکت‌کنندگان تکالیف حرکتی را اجرا کنند، اطلاعاتی در مورد هدف تحقیق در اختیار آنان قرار گرفت. هر یک از شرکت‌کنندگان پس از تکمیل پرسشنامه، یک بار الگوهای حرکتی را روی سطح مشخص شده اجرا کردند. سپس هشت عدد نشانگر به‌ترتیب روی انتهای استخوان پنجمین انگشت پای[1] راست، قوزک پای[2] راست، زانوی پای راست (اپی‌کندیل جانبی[3])، سطح خلفی استخوان پاشنهٔ پای راست، انتهای استخوان پنجمین انگشت پای چپ، قوزک پای چپ، زانوی پای چپ و سطح خلفی استخوان پاشنهٔ پای چپ ورزشکار نصب شدند. 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 بود باعث کاهش دقت یافته‌های تحقیق شود، جلوگیری گردد. پس از نصب نشانگرها، شرکت‌کننده حرکت را از ابتدای سطح درجه‌بندی‌شده آغاز می‌کرد. هر آزمودنی هر یک از تکالیف حرکتی هماهنگ را در فاصلهٔ مشخص شده به‌صورت شش تکرار متوالی انجام داد. الگوی درون‌مرحله، چرخش داخلی و خارجی ساق پا بود. به این ترتیب که کف هر دو پا روی سطح افقی[4] و حول محور عمودی[5] (استخوان ساق) همزمان به سمت داخل و خارجِ بدن (نسبت به مرکز بدن) حرکت می‌کرد. الگوی برون‌مرحله، شامل حرکت دورانی هر یک از پاها روی سطح سهمی[6] و حول محور عرضی[7] بود. طبیعتاً زمانی که یک پا به سمت جلو دوران داشت، پای دیگر به سمت عقب حرکت می‌کرد. مبدأ اصلی دوران پاها از مفصل ران بود، اما در حین حرکت تغییرات زاویه‌ای مفصل مچ پای راست، مخالف تغییرات زاویه‌ای مفصل مچ پای چپ بود. به محض شروع

1. Distal Head of fifth Toe
2. Lateral Malleolus
3. Lateral Epicondyle
4. Horizontal
5. Vertical
6. Sagittal
7. Frontal

www.SId.ir

Archive of SID

حرکت، دوربین‌ها از اجرای حرکات تصویر برداری می‌کردند. اطلاعات ثبت شده به نرم‌افزار سیستم منتقل می‌شد. در نهایت، اطلاعاتی حاوی مکان هر یک از نشانگرهایِ نصب شده رویِ مفاصل شرکت‌کنندگان، در سه بعد فضایی $Z، Y، X$ در هر ۰/۰۱ ثانیه در اختیار کاربر قرار می‌گرفت. داده‌های خام فراهم شده توسط دستگاه در نرم‌افزار متلب پردازش شد و اطلاعاتی از قبیل تغییرات زاویه‌ای مفاصلِ مدنظر، سرعت و شتاب حرکت هر یک از مفاصل فراهم شد.

خطای متغیر اجرای هر فرد در شش کوشش متوالی برای هر یک از تکالیف درون‌مرحله و برون‌مرحله محاسبه شد. برای مقایسهٔ میانگین خطای متغیر گروه‌ها در حرکات هماهنگ در درون هر یک از گروه‌ها از t وابسته و در بین گروه‌ها از t مستقل استفاده شد. همچنین مقادیر خطای متغیر به‌دست آمده از طریق آنالیز واریانس دو متغیره (ANOVA ۲×۲) تحلیل شد که ثبات الگوهای درون‌مرحله و برون‌مرحله را به‌طور جداگانه در گروه ماهر و افراد مبتدی سنجید. برای شناسایی محل تغییرات از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. همهٔ تجزیه و تحلیل‌های آماری به کمک نسخهٔ ۱۵ نرم‌افزار **spss** انجام و سطح معنی‌داری ($\alpha \leq$ ۰/۰۵) در نظر گرفته شد. برای تبدیل اطلاعات حاصل از دستگاه تجزیه و تحلیل حرکت (که کاملاً خام بودند و امکان انجام هیچ‌گونه عملیات آماری روی آن‌ها وجود نداشت) به اطلاعات مورد نیاز که بتوان از آن‌ها استفاده کرد از نرم‌افزار متلب[1] استفاده شد.

یافته‌های پژوهش

میانگین و انحراف معیار خطای متغیر در اجرای حرکات درون‌مرحلهٔ ورزشکاران ماهر، به‌ترتیب ۶/۱۹ و یک درجه بود. میانگین و انحراف معیار خطای متغیر در اجرای حرکات درون‌مرحلهٔ افراد مبتدی به‌ترتیب ۶/۲۲ و یک درجه بود. این امر نشان می‌دهد که ثبات اجرای حرکات درون‌مرحله در هر دو گروه ورزشکاران ماهر و افراد مبتدی نسبتاً یکسان است، اما میانگین و انحراف معیار خطای متغیر ورزشکاران ماهر در اجرای حرکات برون‌مرحله به‌ترتیب ۵/۷۸ درجه و ۱/۳۳ درجه بود که در مقایسه با میانگین و انحراف معیار خطای متغیر افراد مبتدی در اجرای حرکات برون‌مرحله (میانگین= ۸/۵ و انحراف معیار= ۲/۶۶ درجه)، مبین این مطلب بود که ورزشکاران ماهر حرکات برون‌مرحله را با ثبات بیشتری از گروه مبتدی اجرا کردند. جدول ۱ خلاصهٔ تجزیه و تحلیل واریانس دو عاملی تحقیق حاضر را نشان می‌دهد.

1. Matlab

www.SId.ir

Archive of SID

جدول ۱. خلاصه تجزیه و تحلیل واریانس دو عاملی

منابع تغییر	مجموع مجذورات	درجهٔ آزادی	میانگین مجذورات	F	A
الگوهای حرکتی(A)	۱۳/۱۴	۱	۱۳/۱۴	۵/۸۴*	α≤۰,۰۵
سطح تبحر(B)	۲۸/۴۳	۱	۲۸/۴۳	۱۲/۶۳**	α≤۰,۰۱
اثر متقابل(AB)	۲۷/۱۶	۱	۲۷/۱۶	۱۲/۰۷**	α≤۰,۰۱
خطای درون‌گروهی	۱۲۶/۴۱	۵۶	۲/۲۵		

طبق یافته‌های جدول ۲، «F_{AB} = ۱۲,۰۷ » بود که بزرگ‌تر از F جدول (۷/۱۲) در سطح معنی‌داری (α <۰/۰۵) بود و در نتیجه، اختلاف بین میانگین‌های دو گروه شرکت‌کننده و دو الگوی حرکتی مختلف با ۹۵٪ اطمینان معنی‌دار بود. معنی‌دار بودن F محاسبه شده تفاوت بین میانگین‌های عوامل مورد مطالعه را تأیید می‌کرد. نتایج آزمون تعقیبی توکی[1] که در جدول ۲ نشان داده شده است، مشخص نمود که میانگین خطای متغیرِ حرکت درون‌مرحلهٔ افراد مبتدی با میانگین خطای متغیرِ حرکت درون‌مرحلهٔ ورزشکاران ماهر یکسان بود، اما میانگین خطای متغیرِ حرکت برون‌مرحله افراد مبتدی بیشتر از میانگین خطای متغیرِ حرکت برون‌مرحلهٔ ورزشکاران ماهر بود. همچنین نشان داد میانگین خطای متغیرِ حرکت برون‌مرحلهٔ افراد مبتدی به مراتب بیشتر از میانگین خطای متغیرِ حرکت درون‌مرحلهٔ همین افراد است، اما در ورزشکاران ماهر میانگین خطای متغیرِ حرکات درون‌مرحله و برون‌مرحله برابر بود.

جدول ۲. آزمون تعقیبی توکی با دامنهٔ بحرانی ۰/۰۵. (*معنی‌داری)

		مبتدی برون‌مرحله	ماهر درون‌مرحله	ماهر برون‌مرحله
مبتدی درون‌مرحله	میانگین	۲/۲۸۲*	۰/۰۳۰۷	۰/۴۴۰۷
	سطح معنی‌داری	۰/۰۰۱	۱	۰/۸۵۳
مبتدی برون‌مرحله	میانگین		۰/۳۱۲*	۲/۷۲*
	سطح معنی‌داری		۰/۰۰۱	۰
ماهر درون‌مرحله	میانگین			۰/۴۱
	سطح معنی‌داری			۰/۸۷۷

1. Honestly Significant Difference (HSD)

www.SId.ir

Archive of SID

بحث و نتیجه‌گیری

در بسیاری از حرکاتی که انسان انجام می‌دهد، هماهنگی عامل ضروری و لازم برای رسیدن به هدف حرکتی مورد نظر است. از میان تکالیف هماهنگ، الگوهای هماهنگی دو عضوی به‌دلیل کاربرد فراوان در فعالیت‌های روزمره، ورزشی و حرفه‌ای اهمیت خاصی دارد. تکالیف مربوط به رشتهٔ ایروبیک پیشرفته جزء تکالیف ادراکی حرکتی هستند که مردم بدون تمرین قادر به انجام آن‌ها نیستند. در این تحقیق دو تکلیف حرکتی از بین مهارت‌های حرکتی ایروبیک پیشرفته انتخاب و سعی شد ثبات الگو در حرکات درون‌مرحله و برون‌مرحله در بین دو گروه شرکت‌کننده مبتدی و ماهر بررسی شود. نتایج این مطالعه نشان داد افراد مبتدی الگوی حرکتی درون‌مرحله را باثبات‌تر از الگوی حرکتی برون‌مرحله اجرا می‌کنند، اما ورزشکاران ماهر الگوی حرکتی درون‌مرحله و برون‌مرحله را با ثبات یکسان اجرا می‌کنند و در مجموع ثبات حرکات هماهنگ ورزشی در ورزشکاران ماهر بیشتر از افراد مبتدی است.

اولین نتیجهٔ مقایسهٔ ثبات حرکات درون‌مرحله و برون‌مرحلهٔ ورزشکاران ماهر و افراد مبتدی نشان داد ثبات الگوی حرکتی درون‌مرحله در هر دو گروه شرکت‌کننده یکسان است. این نتیجه با نتیجهٔ تحقیق زانون و همکاران[1] (۲۰۰۱) و همچنین با نتایج تحقیق تمپرادو و همکاران[2] (۲۰۰۳) موافق بود. این یافته‌ها نشان دادند اجرای الگوی حرکتی درون‌مرحله، به‌ویژه زمانی که فاز نسبی حرکت در دو اندام قرینه یکسان باشد، با دشواری چندانی همراه نیست و ثبات الگو در حرکات هماهنگ درون‌مرحله با صرف حداقل انرژی در سیستمِ عصبی عضلانی اسکلتی حفظ می‌شود؛ در نتیجه آسان بودنِ اجرای حرکات درون‌مرحله، محتمل‌ترین علت در ثبات یکسان اجرای حرکت درون‌مرحله در هر دو گروه ماهر و مبتدی است.

دومین نتیجهٔ مطالعهٔ حاضر، مبین این نکته بود که افراد مبتدی الگوهای حرکتی درون‌مرحله را باثبات‌تر از الگوهای حرکتی برون‌مرحله اجرا می‌کنند. نتایج تحقیقات پوترمنز و همکاران[3] (۲۰۰۳)، بوگاردز و سونین (۲۰۰۱)، لی و همکاران (۱۹۹۵)، سونین و همکاران[4] (۱۹۹۱)، آمازین و همکاران[5] (۱۹۹۶)، کلسو[6] (۱۹۹۵)، بالدیزرا و کاوالاری[7] (۱۹۸۲) و کوهن[8] (۱۹۷۱)

1. Zanone et al
2. Temprado et al
3. Puttemans et al
4. Swinnen et al
5. Amazeen et al
6. Kelso
7. Baldissera & Cavallari
8. Cohen

www.SId.ir

Archive of SID

از این نتیجه حمایت می‌کنند. همزمان با اجرای الگوی حرکتی برون‌مرحله، به‌دلیل افزایش تداخل فضایی و زمانی در حین اجرای حرکت خطای اجرا بیشتر می‌شود، ثبات حرکت کاهش می‌یابد و حرکت برون‌مرحله با ثبات کمتری اجرا می‌شود؛ در نتیجه الگوهای حرکتی درون‌مرحله باثبات‌تر از الگوهای حرکتی برون‌مرحله اجرا می‌شوند.

آخرین نتیجهٔ این مطالعه نشان داد ورزشکاران ماهر حرکات درون‌مرحله و برون‌مرحله را با ثبات یکسان اجرا می‌کنند. این نتیجه با نتایج تحقیقات توروی[1] (۱۹۹۶)، کلسو (۱۹۹۵)، بالدیزرا و کاوالاری (۱۹۸۲) و کوهن (۱۹۷۱)، سوینن و همکاران (۱۹۹۱) مغایر است، اما تا حدودی با نتایج مطالعات محققانی که سازماندهی مجدد ساختار هماهنگ در عضلات را عامل اجرای صحیح الگوهای حرکتی برون‌مرحله دانستند هم‌خوانی داشت (وندرث و همکاران ۲۰۰۳، کیم[2] ۲۰۰۲، پپر و بیک[3] ۲۰۰۵، دبرا و سرین[4] ۲۰۰۸، میورین و همکاران[5] ۲۰۰۸، سمثارست و کارسون ۲۰۰۱ و تسوتسوئی، لی و هاگز[6] ۱۹۹۸) و کاملاً با نتیجهٔ تحقیق دسینگ و بیک (۲۰۰۷) مطابقت داشت. با در نظر گرفتن میانگین سابقهٔ فعالیت ورزشکاران ماهر در رشته ایروبیک پیشرفته و به‌ویژه در تکالیف حرکتی مدنظر مطالعهٔ حاضر، می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش مدت زمان تمرین و سطح مهارت افراد سیستم کنترل حرکتی این افراد مجدداً ساختار هماهنگ جدیدی را سازماندهی می‌کند؛ در نتیجه تداخل فضایی و زمانی در اجرای الگوهای حرکتی برون‌مرحله اختلال ایجاد نمی‌کند. همزمان با شکل‌گیری ساختار هماهنگ، خطای متغیر اجرای افراد نیز کم شده و قابلیت اجرای استوار الگوهای حرکتی برون‌مرحله در ورزشکاران افزایش می‌یابد؛ از این رو با کاهش خطا در اجرای حرکات برون‌مرحلهٔ ورزشکاران ماهر، میزان ثبات اجرا در الگوهای حرکتی درون‌مرحله و برون‌مرحله در این افراد به هم نزدیک می‌شود.

این موارد مبین این نکته است که ورزشکاران در اثر تمرین، توانایی دست‌یابی به اجرای استوارِ حرکات هماهنگ بین عضوی را کسب می‌کنند و با وجود تفاوت‌های زمانی و فضایی موجود در الگوهای حرکتی هماهنگ، می‌توانند کوشش‌های متوالی حرکت را همانند سایر مهارت‌های حرکتی که تداخل فضایی و زمانی چندانی ندارند همسان اجرا نمایند.

---

1. Turvey
2. kim
3. Peper & Beek
4. Deborah & Serrien
5. Murian et al
6. Tsutsui, Lee & Hodges

www.SId.ir

Archive of SID

در تحقیق حاضر، مطابق انتظار، افراد مبتدی الگوی حرکتی درون‌مرحله را باثبات‌تر از الگوی حرکتی برون‌مرحله اجرا کردند، اما نکتهٔ قابل توجه این است که ورزشکاران ماهر الگوهای حرکتی درون‌مرحله و برون‌مرحله را با ثبات یکسان اجرا کردند. یکی از توضیحات قابل ارائه در توجیه یافتهٔ اخیر این است که شرکت‌کنندگان ماهر الگوهای حرکتی برون‌مرحله را به مراتب بیشتر از الگوهای حرکتی درون‌مرحله اجرا کرده بودند. استمرار در اجرای حرکات برون‌مرحله آنان را مستعد اجرای صحیح حرکات برون‌مرحله نموده است و در نتیجه، خطای آن‌ها کاهش و ثبات آن‌ها در اجرای حرکات برون‌مرحله افزایش یافته است. توضیح دیگر این است که دقت و تسلط زیاد در شرکت کنندگان ماهر این تحقیق این امکان را برایشان فراهم می‌کندکه در صورت بروز خطا در اجرای حرکت، آن را در مراحل بعدی چرخه حرکت تصحیح نمایند و در نتیجه، خطای آنان کاهش و ثبات کلی آنان در اجرای حرکات افزایش می‌یابد.

در مجموع، نتایج این تحقیق نشان داد شرکت‌کنندگان ماهر و مبتدی، هردو، حرکت درون‌مرحله را با ثبات یکسان اجرا می‌کنند. با توجه به اینکه مبتدی‌ها حرکت درون مرحله را باثبات‌تر از برون مرحله اجرا کردند، هر دو یافتهٔ فوق به سادگیِ مهارت درون‌مرحله، یا به عبارت دیگر به وجود ویژگی‌های فضایی و زمانی مشترک در اجرای این نوع حرکت نسبت داده می‌شود. از آنجا که اجرای حرکت برون‌مرحله با تداخل فضایی و زمانی همراه است، افراد مبتدی آن را با خطای متغیر بیشتر و در نتیجه با ثبات کمتر اجرا می‌کنند. به‌طور طبیعی، برتری ورزشکاران ماهر در اجرای حرکت برون‌مرحله به تمرین بیشتر نسبت داده می‌شود. آنان همچنین، در صورت بروز خطا قادر به تشخیص و تصحیح آن در ادامهٔ حرکت می‌باشند تا جایی که ثبات حرکت برون‌مرحلهٔ این ورزشکاران با ثبات حرکت درون‌مرحله آنان یکسان می‌شود.

یافته‌های تحقیق حاضر که با کمک فناوری پیشرفته و گران‌قیمت گردآوری شد، درک عمیق‌تری نسبت به شیوهٔ اثرگذاری تمرین بر اجرای مهارت‌ها ایجاد می‌کند. این مطالعه، مشوق تحقیقات بنیادی آتی دربارهٔ سازوکار اثر گذاری تمرین، با استفاده از سطوح مختلف مهارت در حرکات پیچیده ورزشی است.

منابع:

۱. مگیل، ریچارد ای (۱۳۸۶). یادگیری حرکتی مفاهیم و کاربردها. ترجمهٔ سید محمد کاظم واعظ موسوی و معصومه شجاعی؛ چاپ اول، انتشارات پژوهشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی.

www.SId.ir

Archive of SID

2. Dessing, J. C. Daffertshofer, A. & Peper, C. E. and Beek, P. J (2007). Pattern Stability and Error Correction During In-Phase and Anti phase Four-Ball Juggling. Journal of Motor Behavior. 39, No. 5, 433–446.

3. Kelso, J. A. S. (1995). Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior. Boston: MIT Press.

4. Turvey, M. T. (1990). The challenge of a physical account of action: A personal view. In H. T. A. Whiting, O. G. Meijer, & P. C. W. van Wieringen (Eds.), The natural physical approach to movement control (pp. 57–94). Amsterdam: Free University Press.

5. Schmidt, A. R, & Lee, T. D. (2005); Fourth Edition, Human Kinetics Publishers Company.

6. Yamanishi, J. I., Kawato, M., & Suzuki, R. (1979). Studies on human finger tapping neural networks by phase-transition curves. Journal of Biological Cybernetics, 33, 199–208.

7. Zanone, P. G., & Kelso, J. A. S. (1992). Evolution of behavioral attractors with learning: Nonequilibrium phase transitions. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 18, 403–421.

8. Kelso, J. A. S. (1984). Phase transition and critical behavior in human bimanual coordination. American Journal of Physiology: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 15, R1000–R1004.

9. Bogaerts, H., & Swinnen, S. P., (2001). Spatial interaction during bimanual coordination patterns: the effect of directional compatibility. Journal of Human Movement Science 13, 3-28.

10. Mulvey, G. M., Amazeen, P. G., & Riely, M. A. (2005). The use of symmetry group theory as a predictive tool for studying bimanual coordination. Journal of Motor Behavior , 37, 295-309.

11. Lee, T. D., Swinnen, S. P., & Verschueren, S. (1995). Relative phase alterations during bimanual skill acquisition. Journal of Motor Behavior, 27, 263–274.

12. Baldissera, F., Cavallari, P., & Civaschi, P. (1982). Preferential coupling between voluntary movements of ipsilateral limbs. Journal of Neuroscience Letters, 34, 95–100.

13. Cohen, L. (1971). Synchronous bimanual movements performed by homologous and non–homologous muscles. Journal of Perceptual and Motor Skills, 32, 639–644.

14. Amazeen, E. L., Sternad, D., & Turvey, M. T. (1996). Predicting the nonlinear shift of stable equilibria in interlimb rhythmic coordination. Journal of Human Movement Science, 15, 521–542.

www.SId.ir

Archive of SID

15. Temprado. J. J., Swinnen. S.P., Carson. R. G., Tourment. A., & Laurent. M. (2003). Interaction of directional, neuromuscular and egocentric constraints on the stability of preferred bimanual coordination patterns. Journal of Human Movement Science 22, 339-363.

16. Rebecca M.C., & Richard B. I., (2007). The temporal representation of in-phase and anti-phase movements. Journal of Human Movement Science, 26, 226-234.

17. Swinnen, S. P. Young, D. E., Walter, C. B., & Serrien, D. J. (1991). Control of asymmetrical bimanual movements. Journal of Experimental Brain Research, 85, 163-173.

18. Smethurst, C. J., & Carson, R. G. (2001). The acquisition of movement skills: practice enhances the dynamic stability of bimanual coordination. Journal of Human Movement Science 20, 499-529.

19. Wenderoth, N., Puttemans, V., Vangheluwe, S., & Swinnen, S. P. (2003). Bimanual training reduces spatial interference. Journal of Motor Behavior, 35, 296-306.

20. Tsutsui S., Lee, T. D., & Hodges, N. (1998). Contextual interference in learning new patterns of bimanual coordination. Journal of Motor Behavior 30, 151-157.

21. Zanone, P. G, A. Monno b, J.J. Temprado b, M. & Laurentb (2001). Shared dynamics of attentional cost and pattern stability. Journal of Human Movement Science, 20. 765–789.

22. Kim, Y. (2002). Effect of practice on pattern changes: roundhous kick in taekwondo. Unpublished Master thesis, Colledge of Health and Human Sciences, Texas. USA.

23. Arne Ridderikhoff, C. E. Peper, and Peter J. Beek (2005). Unraveling Interlimb Interactions Underlying Bimanual Coordination. Journal of Neurophysiology, 94. 3112–3125.

24. Deborah J. Serrien (2008). Coordination constraints during bimanual versus unimanual performance conditions. Journal of Neuropsychologia 46, 419–425.

25. Murian. A., Deschamps. T., Bourbousson. J., Temprado. J. J. (2008). Influence of an exhausting muscle exercise on bimanual coordination stability and attentional demands. Journal of Neuroscience Letters 432, 64–68.

www.SId.ir