المپیک
فصلنامه

تاریخ دریافت: ۸۵/۱۰/۲۳
تاریخ تصویب: ۸۶/۳/۱۲

اثر افزایش بسامد حرکت بر ثبات مرحلهٔ نسبی الگوی هماهنگی نامتقارن دو دست

❖ مهدی روحی‌تربتی؛ دانشجوی کارشناسی‌ارشد تربیت‌بدنی؛ دانشگاه فردوسی مشهد*
❖❖ دکتر مهدی سهرابی؛ استادیار دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده: هدف این پژوهش عبارت است از بررسی اثر افزایش بسامد بر ثبات مرحلهٔ نسبی الگوی هماهنگی نامتقارن دو دست. بدین منظور تعداد ۲۰ نفر از دانشجویان پسر راست‌دست به صورت تصادفی به دو گروه خارج از مرحله و هم‌مرحله تقسیم شدند و طی پنج نوبت به‌تدریج با افزایش بسامد مواجه گردیدند. ابزار مورد استفاده در این تحقیق دستگاهی است که محققان ساخته‌اند و از طریق آن الگوهای هماهنگی بین دو دست پردازش می‌شود. الگوی هماهنگی در این پژوهش حرکت آونگی دست راست هم‌زمان با حرکت دایره‌ای دست چپ بود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد با افزایش بسامد، وضعیت هم‌مرحلهٔ الگوی هماهنگی نامتقارن دو دست به‌طور معناداری تغییر نکرد ($p > ۰/۰۵$) و وضعیت هماهنگی خارج از مرحله با افزایش بسامد ابتدا بی‌ثبات، سپس به وضعیت باثبات جدید (وضعیت هم‌مرحله) منتقل شد ($p < ۰/۰۵$). بنابراین نتیجه گرفته می‌شود، الگوهای هماهنگ نامتقارن دو دست نیز مانند الگوهای متقارن گرایش به فعالیت هم‌زمان عضلات مشابه دارند که با افزایش بسامد حرکت به وضعیت هم‌مرحله می‌انجامد.

واژگان کلیدی: الگوی هماهنگی نامتقارن دو دست، بسامد، ثبات، مرحلهٔ نسبی

* E.mail: roohi58@yahoo.com

مقدمه

هماهنگی یکی از ویژگیهای اساسی تمام حرکات است. **تـوروِی** (۱۹۹۰) هماهنگی را الگوپذیری بدن یا حرکت اندامها در ارتباط با الگوی رویدادها و اهداف محیطی تعریف می‌کند (۸). حرکت اندام، خواه به تنهایی و خواه با سایر اندامها باشد، هماهنگی عامل ضروری برای رسیدن به هدف حرکت است. وقتی اندامی مانند دست برای برداشتن شیء حرکت می‌کند، بین عضلات و مفاصل درگیر در حرکت و اعصاب حسی ـ حرکتی باید هماهنگی ظریفی وجود داشته باشد تا فرد قادر به عمل گرفتن شود (۱۱). با افزایش اندامهای درگیر در حرکت، الگوی هماهنگی دگرگون می‌شود و علاوه بر آثار محیطی، اندامها نیز بر هم اثر می‌گذارند (۲).

از دههٔ ۸۰ میلادی مطالعهٔ نحوهٔ کنترل حرکات

Archive of SID
www.SID.ir

هماهنگ و به‌طور کلی رفتار انسان، تحت تأثیر رویکرد جدیدی به نام سیستمهای پویا قرار گرفته است. ایدهٔ سیستمهای پویا از علوم ریاضی و فیزیک وارد حوزهٔ رفتار حرکتی شده است. این نظریه در بررسی رفتار انسان اصالت را به محیط داده و عوامل محیطی را شکل‌دهندهٔ رفتار معرفی می‌کند (۸، ۱۳ و ۱۴). بر اساس نظریهٔ سیستمهای پویا، **هاکن**، **کِلسو** و **بانز** مدلی را مطرح کردند که نشان می‌دهد با افزایش بسامد حرکت، **دو اندام نوسانگر**[1] رفتاری غیرخطی دارند (۱).

یکی از مفاهیم اساسی در رویکرد سیستمهای پویا مفهوم جاذبهاست. **حالتهای هم‌مرحله**[2] و **خارج از مرحله**[3] وضعیتهای جاذب شناخته می‌شوند، زیرا وضعیتهای پایداری‌اند که سیستم به لحاظ صرف انرژی و زمان آن را ترجیح می‌دهد و هنگام اجرای حرکات، الگوی هماهنگی دو اندام به سوی آنها سوق می‌یابد. بررسی الگوهای هماهنگ دو دست نشان می‌دهد با افزایش بسامد حرکت، الگوی هماهنگی به سوی وضعیت هم‌مرحله گرایش می‌یابد (۵). بنابراین وضعیت هم‌مرحله وضعیت پایدارتر معرفی می‌شود (۱، ۸ و ۱۹). هنگام انتقال مرحله، مرحله‌ای از بی‌ثباتی مشاهده می‌شود که در آن مرحلهٔ نسبی مشخصی وجود ندارد. بر اساس نظریهٔ سیستمهای پویا بی‌ثباتی در اجرا اختلال محسوب نمی‌شود، بلکه نوساناتی در خروجی سیستم است که پردازش نشده (۱۰). وضعیت هم‌مرحله دارای مرحلهٔ نسبی صفر درجه و وضعیت خارج از مرحله دارای مرحلهٔ نسبی 180° است. مرحلهٔ نسبی بر اساس این دو وضعیت جاذب تعیین می‌شود (۶).

به عبارت دیگر، هنگام وضعیت هم‌مرحله گروههای **عضلات مشابه**[4] با هم منقبض می‌شوند و نمودار جابه‌جایی حرکت دو اندام از یک نقطهٔ مکانی خاص با هم شروع می‌شود و با هم به پایان می‌رسد. در حالی که در وضعیت خارج از مرحله گروههای عضلانی مخالف در هر اندام با هم منقبض می‌شوند. در نتیجه موقعیت مکانی دو اندام در زمانهای شروع و خاتمهٔ حرکت در نقاط مقابل هم قرارمی‌گیرند. بر اساس این ویژگیهای مکانی ـ زمانی، مرحلهٔ نسبی حرکات هماهنگ مشخص و تعیین می‌شود.

سوینن و همکاران در ۱۹۹۷ با رویکرد سیستمهای پویا به بررسی حرکات هماهنگ پرداختند و در این زمینه دو **مفهوم هم‌محور**[5] و **برون‌محور**[6] را مطرح کردند. بر اساس پژوهشهای آنان تمایلی طبیعی برای اجرای حرکات هماهنگ دو دست نسبت به محور طولی بدن وجود دارد (۱۶). به این تمایل قید گویند چرا که از درجات آزادی حرکت می‌کاهد و آن را محدود می‌کند (۱۵). این تمایل به‌شکل اجرای حرکات دارای تقارن آینه‌ای دستها نسبت به محور طولی بدن است که آن را بدین جهت قید هم‌محور نامیدند. این حرکات در فضای داخلی بدن و همراه با انقباض عضلات مشابه در دو دست اجرا می‌شود؛ مثلاً حرکت خم و باز کردن مچ دست در حالتی که ساعد در وضعیت چرخیده به داخل است. همچنین بین دستها و پاها نیز تمایلی برای اجرای حرکات هماهنگ در یک جهت و در فضای خارج از بدن وجود دارد که به قید برون‌محور معروف است، مانند حرکت خم و باز کردن هم‌زمان

1. Oscillators
2. In-phase
3. Anti-phase
4. Homologous muscles
5. Egocentric
6. Allocentric

Archive of SID

www.SID.ir

مچ دست و مچ پا.

اما تحقیقات بعدی در این زمینه نشان داد قیدهای هم‌محور و برون‌محور هر یک دو جزء مجزا دارند (۲، ۷ و ۲۰). یکی از این اجزا عامل هم‌جهت بودن حرکات هماهنگ و دیگری عامل انقباض عضلات مشابه است. هر یک از این اجزا در حرکات هماهنگ قیدی مجزا می‌شوند، اما شرایط محیطی و تکلیف تعیین می‌کند کدامیک اثر بیشتری دارند (۷).

الگوی هماهنگی حرکت هم‌زمان دو عضو بر اساس ویژگیهای زمانی و فضایی آن تعیین می‌شود. اگر حرکت دو عضو ویژگیهای زمانی و فضایی مشابه داشته باشند، الگوی هماهنگی متقارن و چنانچه دو اندام در یکی از ویژگیهای ذکرشده با یکدیگر تفاوت داشته باشند، الگوی هماهنگی نامتقارن است. تحقیقاتی که با رویکرد سیستمهای پویا صورت گرفته اغلب با استفاده از الگوهای هماهنگی متقارن دو دست انجام شده است. اما حرکات هماهنگ نامتقارن دو دست در فعالیتهای روزمره، مهارتهای ورزشی و مشاغل گوناگون نظیر رانندگی، شنا و مهارت خلبانی به‌طور وسیعی به‌کار می‌رود. با این وجود، الگوی هماهنگی نامتقارن دو دست در شرایطی که دو اندام دو تکلیف فضایی متفاوت انجام دهند کمتر بررسی شده است (۹). پژوهشها در زمینهٔ حرکات هماهنگ نامتقارن دو دست حاکی از تداخل فضایی و زمانی است که حین اجرا ظاهر می‌شود (۲، ۳، ۱۸و ۲۱). این تداخل در جهت اجرای الگوی زمانی و فضایی مشترک است. بدین ترتیب که دستها الگوی یکسان فضایی و زمانی را اجرا می‌کنند که با الگوی مورد نظر برای هر دست تفاوت دارد (۱۷).

برای مثال در پژوهشی که **لی، سوینن** و **ورشورن** در ۱۹۹۵ انجام دادند (۸)، از آزمودنیها خواستند با دست راست خط و با دست چپ دایره‌ای را هم‌زمان رسم کنند. نمودارهای مکان ـ زمان آزمودنیها نشان داد دایره شبیه خط و خط شبیه دایره رسم شده است. همچنین پژوهشها نشان می‌دهد با تمرین فرد می‌تواند دو الگوی مختلف هماهنگی را اجرا نماید (۱۸، ۱۲ و ۲۲). بنابراین با توجه به تداخل فضایی و زمانی که هنگام اجرای حرکات نامتقارن دو دست ظاهر می‌شود، اینکه افزایش بسامد چه اثری بر الگوی هماهنگی نامتقارن دو دست می‌گذارد کمتر بررسی شده است. از این‌رو هدف محققان در این پژوهش بررسی اثر افزایش بسامد بر مرحلهٔ نسبی الگوی نامتقارن دو دست است. نتایج حاصل از این پژوهش به درک بیشتر الگوهای نامتقارن دو دست، نحوهٔ کنترل، و شناسایی قیدهای مؤثر بر حرکت کمک خواهد کرد.

روش‌شناسی

طرح پژوهش

در این تحقیق دو گروه مستقل هم‌مرحله و خارج از مرحله شرکت داشتند. متغیر مستقل این پژوهش افزایش بسامد و متغیر وابسته مرحلهٔ نسبی است. گروههای آزمایشی در پنج مرحله به تدریج با افزایش بسامد روبه‌رو شدند. بسامد از ۱Hz شروع و با ۰٫۵Hz افزایش در هر مرحله به ۳Hz رسید. دو گروه آزمایشی الگوی هماهنگی نامتقارنی را اجرا کردند که شامل حرکت آونگی با دست راست در صفحهٔ سهمی و حرکت دورانی در جهت عقربه‌های ساعت با دست چپ در صفحهٔ افقی بود. آزمودنیهای گروه آزمایشی هم‌مرحله، در شروع حرکت، دو اهرم دستگاهی که به همین منظور ساخته شده بود را با دست می‌گرفتند، به‌طوری که هر دو دست در حالت خمیده قرار داشت. با هر

Archive of SID
www.SID.ir

صدای مترونوم دستها با هم باز و دوباره به وضعیت خمیده برمی‌گشت. در بسامد 1Hz آزمودنیها این حرکت را در ۱ ثانیه انجام می‌دادند و در بسامد ۱٫۵Hz، ۲، ۲٫۵ و ۳این الگو را به ترتیب ۱٫۵، ۲، ۲٫۵ و ۳بار در ثانیه انجام می‌دادند.

یک دست آزمودنی‌های گروه خارج از مرحله در شروع حرکت در حالت خمیده و دست دیگر در حالت باز بود. با هر صدای مترونوم آزمودنیها دست خمیده را یکبار باز می‌کردند و دوباره به وضعیت خمیده برمی‌گردانند و هم‌زمان دستی که باز بود را خم و دوباره به وضعیت باز برمی‌گردانند. گروه خارج از مرحله مانند گروه هم‌مرحله در پنج نوبت با افزایش بسامد مواجه می‌شدند. برای ثبات و یکنواختی داده‌ها در وضعیتهای هم‌مرحله و خارج از مرحله دو علامت روی صفحهٔ حرکت دورانی و نیز دو علامت روی صفحهٔ حرکت آونگی نصب شده بود، به‌طوری که وقتی شاخص دو اهرم روی علایم نزدیک به آزمودنی قرار می‌گرفت، وضعیت هم‌مرحله ایجاد می‌شد (در این حالت هر دو دست خمیده بودند) و زمانی که شاخص اهرم دورانی روی علامت دور از آزمودنی و شاخص اهرم آونگی نزدیک به آزمودنی قرار می‌گرفت (در این حالت دست چپ باز و دست راست خمیده است)، وضعیت خارج از مرحله ایجاد می‌شد.

جامعه و نمونهٔ آماری

جامعهٔ آماری این تحقیق دانشجویان پسر راست‌دست و داوطلب دانشگاه فردوسی بودند. نمونهٔ آماری شامل ۲۰ نفر از دانشجویانی بود که به‌صورت تصادفی انتخاب و به دو گروه هم‌مرحله و خارج از مرحله تقسیم شدند.

روش اندازه‌گیری و جمع‌آوری اطلاعات

برای بررسی الگوی هماهنگی نامتقارن دو دست از دستگاهی که به همین منظور ساخته شده استفاده شد. این دستگاه دو اهرم دارد که یکی قادر به حرکت آونگی در دامنه‌ای برابر با ۱۸۰° در صفحهٔ سهمی و اهرم دیگر حرکتی دایره‌ای در دامنه‌ای برابر ۳۶۰° در صفحهٔ افقی انجام می‌دهد. حرکات ناشی از دوران اهرمها تبدیل به پالس شد و بعد از پردازش از طریق پورت سریال به رایانه انتقال یافت. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزاری که در محیط MATLAB نوشته شده بود تجزیه و تحلیل شد و نمودارهای مکان ـ زمان حرکت دو اهرم رسم گردید. مرحلهٔ نسبی حرکات دو دست با استفاده از **تقریب سری فوریه**[1] (۴) با نرم‌افزار محاسبه گردید. این دستگاه قادر است داده‌های مربوط به حرکات دورانی دستها را با دقت ۰٫۱° درجه در ۰٫۰۰۱ ثانیه به دو قالب MATLAB و Excel ثبت نماید. پایایی و ثبات آزمون با استفاده از روش آزمون ـ آزمون مجدد محاسبه گردید و ضریب r=۰٫۹۶۸ به‌دست آمد. همچنین با استفاده از جمع‌آوری نظرات ۵نفر از کارشناسان و متخصصان علوم رفتار حرکتی داخل و خارج کشور اعتبار یا روایی محتوایی و سازهٔ آزمون تعیین گردید.

نرم‌افزار این دستگاه همچنین دارای مترونومی است که بین ۰٫۵Hz ـ ۴ با دقت ۰٫۱Hz قابل تنظیم است. صدای مترونوم از طریق بلندگوهای رایانه که در دو طرف آزمودنی قرار داده شده بود پخش می‌گردید. آزمودنیها هنگام اجرای آزمایشها روی صندلی که ارتفاع آن قابل تنظیم بود می‌نشستند.

1. Fourier

Archive of SID

www.SID.ir

دستگاه روی میزی مقابل آزمودنیها قرار داشت. آنها دو اهرم دستگاه را در دست می‌گرفتند. در این وضعیت ساعد آزمودنیها در وضعیت نیمه‌برون چرخیده بود. سپس، با توجه به صدای مترونوم، اهرمها را حرکت می‌دادند. هر یک از ۵ مرحلهٔ آزمون شامل ۱۲ ثانیه حرکت مداوم اهرمها با بسامد مربوط بود. ۲ ثانیهٔ ابتدایی حرکت به جهت تطابق با دستگاه در نظر گرفته نمی‌شد و میانگین مرحلهٔ نسبی ۱۰ ثانیهٔ باقیمانده در هر مرحله برای هر آزمودنی محاسبه و برای تحلیل آماری استخراج گردید.

روش آماری

در این پژوهش از آمار توصیفی برای تعیین اندازه‌های گرایش مرکزی و پراکندگی و از آمار استنباطی روش ANOVA یک‌طرفه جهت تحلیل داده‌ها استفاده شده است. همچنین برای شناسایی محل تغییرات از آزمون تعقیبی توکی استفاده گردید.

یافته‌ها

شاخصهای آماری میانگین و انحراف استاندارد مرحلهٔ نسبی حاصل از افزایش بسامد بر دو گروه هم‌مرحله و خارج از مرحله در جدول ۱ آمده است. بر اساس داده‌های این جدول میانگین مرحلهٔ نسبی گروه هم‌مرحله (صفر درجه) با افزایش بسامد از ۱۰° به ۱۸٫۷° افزایش یافت و انحراف استاندارد از ۴٫۴° درجه به ۱۶٫۶° درجه افزایش نشان داد. در گروه خارج از مرحله (۱۸۰°) با افزایش بسامد، میانگین مرحلهٔ نسبی از ۱۶۶٫۷° به ۴۵٫۴° کاهش یافت، اما انحراف استاندارد گروه خارج از مرحله از بسامد ۱Hz تا ۲٫۵ افزایش و در بسامد ۳Hz کاهش نشان می‌دهد. نمودار ۱ توزیع فراوانی مرحلهٔ نسبی در دو گروه هم‌مرحله و خارج از مرحله را نشان می‌دهد. همان طور که در این نمودار نشان داده شده است، با افزایش بسامد میزان پراکندگی مرحلهٔ نسبی در گروه خارج از مرحله افزایش می‌یابد.

جدول ۱. شاخصهای آماری مرحلهٔ نسبی دو گروه هم‌مرحله و خارج از مرحله

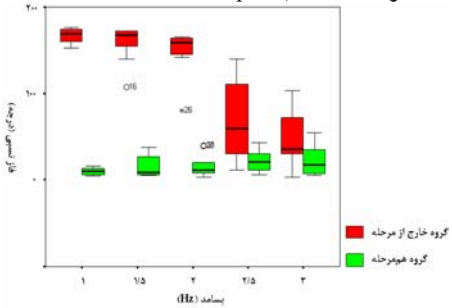
بسامد حرکت (Hz)	گروه اول(هم‌مرحله) تعداد: ۱۰ نفر		گروه دوم (خارج از مرحله) تعداد: ۱۰ نفر	
	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد
۱	۱۰٫۰۰	۴٫۴۷	۱۶۶٫۷۰	۸٫۲۶
۱٫۵	۱۴٫۷۸	۱۳٫۳۸	۱۵۷٫۷۰	۲۰٫۸۲
۲	۱۳٫۸۹	۱۱٫۲۰	۱۴۹٫۶۰	۲۵٫۷۳
۲٫۵	۱۹٫۱۱	۱۱٫۱۱	۶۹٫۴۰	۴۶٫۳۴
۳	۱۸٫۷۸	۱۶٫۶۶	۴۵٫۴۰	۳۰٫۴۱

نمودار ۲ روند تغییرات میانگین مرحلهٔ نسبی در دو گروه هم‌مرحله و خارج از مرحله را نشان می‌دهد. همان طور که از این نمودار مشخص می‌شود با افزایش بسامد، مرحلهٔ نسبی گروه خارج از مرحله از بسامد ۲ تا ۲٫۵ هرتز دچار نوسان و بی‌ثباتی می‌شود و از بسامد ۲ هرتز به بعد انتقال مرحله دیده می‌شود. گروه هم‌مرحله با افزایش بسامد تغییر محسوسی در میانگین مرحلهٔ نسبی خود نشان نمی‌دهد.

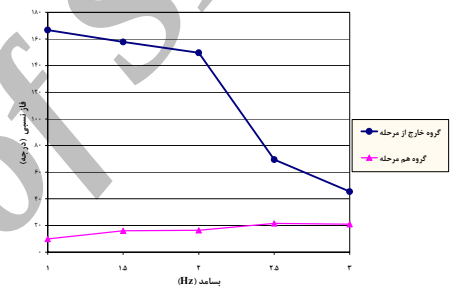
برای تحلیل معنادار بودن تغییرات مشاهده شده در مرحلهٔ نسبی گروههای هم‌مرحله و خارج از مرحله بر اثر افزایش بسامد از روش ANOVA یک‌طرفه ($p \leq ۰٫۰۵$) استفاده شد. جدول ۲ تحلیل واریانس مرحلهٔ نسبی گروه هم‌مرحله را نشان می‌دهد ($F=۱٫۳۲$) که میانگین مجموع مجذورات درون‌گروهها و بین‌گروهها تفاوت معناداری ندارد ($p > ۰٫۲۷$). جدول ۳ تحلیل واریانس مرحلهٔ نسبی گروه خارج از مرحله را نشان می‌دهد. بر اساس این جدول در میانگین مجموع مجذورات درون‌گروهها

Archive of SID
www.SID.ir

و بین گروهها (F=۳۷/۱۴) تغییرات مشاهده‌شده معنادار است (p<۰/۰۰۰).



نمودار ۱. اثر افزایش بسامد بر توزیع فراوانی مرحلهٔ نسبی



نمودار ۲. اثر افزایش بسامد بر میانگین مرحلهٔ نسبی

داده‌های جدول ۳ نشان می‌دهد افزایش بسامد بر مرحلهٔ نسبی گروه خارج از مرحله مؤثر است. برای شناسایی بسامدهایی که سبب تغییرات معنادار در مرحلهٔ نسبی می‌شوند از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. نتایج این آزمون نشان می‌دهد اختلاف میانگین مرحلهٔ نسبی بسامدهای ۱، ۱/۵ و ۲ هرتز با میانگین مرحلهٔ نسبی بسامدهای ۲/۵ و ۳ هرتز معنادار است (p<۰/۰۰۰). همچنین اختلاف میانگین مرحلهٔ نسبی بسامدهای ۱، ۱/۵ و ۲ هرتز با یکدیگر و نیز اختلاف میانگین مرحلهٔ نسبی بسامدهای ۲/۵ و ۳ هرتز با هم معنادار نیست. در واقع بسامدهای ۱، ۱/۵ و ۲ هرتز مرحلهٔ نسبی مشابه به هم دارند و بسامدهای ۲/۵ و ۳ هرتز نیز مرحلهٔ نسبی مشابهی دارند. بسامدهای ۱، ۱/۵ و ۲ هرتز در حقیقت الگوی خارج از مرحله و بسامدهای ۲/۵ و ۳ هرتز الگوی هم‌مرحله دارند.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد با افزایش بسامد مرحلهٔ نسبی الگوی هماهنگی نامتقارن، دو دست در وضعیت خارج از مرحله ابتدا

جدول ۲. مرحلهٔ نسبی گروه هم‌مرحله

منابع تغییر	مجموع مجذورات SS	درجات آزادی d.f	میانگین مجذورات MS	F	Sig
بین گروهها	۸۷۲/۱۲	۴	۲۱۸/۰۳	۱/۳۲	۰/۲۷
درون گروهها	۷۴۲۴/۷۰	۴۵	۱۶۴/۹۹		
جمع	۸۲۹۲/۸۲	۴۹			

جدول ۳. مرحلهٔ نسبی گروه خارج از مرحله

منابع تغییر	مجموع مجذورات SS	درجات آزادی (d.f)	میانگین مجذورات MS	F	Sig
بین گروهها	۱۲۵۸۶۷/۷	۴	۳۱۴۶۶/۹۲	۳۷/۱۴	۰/۰۰۰
درون گروهها	۳۸۱۲۲/۹۰	۴۵	۸۴۷/۱۷		
جمع	۱۶۳۹۹۰/۶	۴۹			

Archive of SID
www.SID.ir

بی‌ثبات می‌شوند، سپس به وضعیت باثبات و جدید هم‌مرحله انتقال مرحله می‌یابند (نمودار ۲). این رویداد با مدل **هاکن ـ کلسو ـ بانز** مطابقت دارد (۱). همچنین بر اساس نظریهٔ سیستمهای پویا، وضعیت هم‌مرحله، الگوی باثبات هماهنگی محسوب می‌شود. یافته‌های این تحقیق نیز نشان می‌دهد الگوی هماهنگی هم‌مرحله با افزایش بسامد حرکت باثبات باقی می‌ماند و تغییرات معناداری در مرحلهٔ نسبی این الگو ایجاد نمی‌شود، ولی مرحلهٔ نسبی گروه خارج از مرحله با افزایش بسامد ابتدا بی‌ثبات می‌شود، سپس به وضعیت هم‌مرحله (که الگوی هماهنگی باثبات‌تر است) تغییر مرحله می‌دهد.

در توجیه ثبات مشاهده شده در وضعیت هم‌مرحله (در هر دو گروه هم‌مرحله و خارج از مرحله) نظرات مختلفی مطرح شده است. مثلاً **مچسنر** و همکاران و نیز **بوگاردز** و **سوینن** در ۲۰۰۱ در پژوهشهای خود هم‌جهت بودن حرکات دستها نسبت به محور طولی بدن را قید اصلی مطرح می‌سازند (۲) و معتقدند وقتی دو دست در یک جهت حرکت نمایند، پایداری آنها بیشتر است. در این پژوهش با توجه به اینکه الگوی هماهنگی حرکت دستها نامتقارن است و هر دست در دو صفحه و دو جهت مختلف حرکت می‌کند، قید هم‌جهتی حرکات توجیه‌کنندهٔ ثبات مشاهده شده در وضعیت هم‌مرحله (در گروههای هم‌مرحله و خارج از مرحله) نیست.

لی و همکاران در سال ۲۰۰۴ فعالیت هم‌زمان گروههای عضلانی را قید دومی می‌دانند که توجیه‌کنندهٔ ثبات الگوی هماهنگی است (۷). در این پژوهش ثبات وضعیت هم‌مرحله با افزایش بسامد به دلیل فعالیت هم‌زمان عضلات مشابه است. همچنین انتقال مرحلهٔ وضعیت خارج از مرحله به هم‌مرحله بر اثر افزایش بسامد حاکی از آن است که گرایش به فعالیت عضلات مشابه (عضلات خم‌کنندهٔ ساعد با هم و بازکنندهٔ ساعد نیز با یکدیگر) به تغییر مرحله و هم‌مرحله شدن الگو می‌انجامد.

در پژوهشهای قبلی برای شناسایی قیود مؤثر بر حرکت روی الگوهای متقارن دو دست مطالعه شده بود (۲، ۷ و ۱۶) و به سبب هم‌جهت بودن ذاتی حرکات در این الگوهای هماهنگی همیشه قید هم‌جهت بودن حرکات، عامل اصلی یا یکی از عوامل اصلی ثبات هماهنگی قلمداد می‌شد. این پژوهش با توجه به انتخاب الگوی هماهنگی نامتقارن دو دست فرصتی را فراهم کرد که به حرکات هماهنگ دو دست در طیف وسیع‌تری نگریسته شود. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش پیشنهاد می‌شود هر الگوی هماهنگی، قید مختص به خود را دارد و قیدهای تعیین‌کنندهٔ ثبات در هر الگوی هماهنگی دو دست لزوماً مشابه هم نیستند، بلکه شرایط محیطی و نوع تقاضای تکلیف است که تعیین می‌کند قید اصلی حرکت چیست.

این یافته‌ها به مربیان و حرکت‌درمانگرها (فیزیوتراپها) که به نحوی با آموزش حرکات هماهنگ گوناگون سر و کار دارند کمک می‌کند با در نظر گرفتن قیدهای حاکم بر حرکت به آموزش و درمان بهتر و صحیح‌تر اقدام کنند.

Archive of SID
www.SID.ir

منابع

1. Bingham, Geoffrey P. (2004). "A perceptually driven dynamical model of bimanual rhythmic movement and phase perception". Ecological Psychology, 16, 45-53.
2. Bogaerts, H. & S.P. Swinnen (2001). "Spatial interaction during bimanual coordination patterns: the effect of directional compatibility". Motor Control, 2, 183-199.
3. Franz, E. A. (1997). "Spatial coupling in the coordination of complex actions". The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 50, 684-704.
4. Issartel J.; L. Martin, P. Gaillot, T. Bardainne, M. Codopi (2006). "A practical guide to time-frequency analysis in the study of human motor behavior: The contributions of wavelet transform". Journal of Motor Behavior, 38, 139-159.
5. Jeka, J.J.; J.A.S. Kelso, T. Kiemel (1993). "Spontaneous transitions and symmetry: pattern dynamics in human four-limb coordination". Human movement science, 12, 627-651.
6. Kelso, J.A.S. & G. Schöner (1988). "Self- organization of coordinative movement patterns". Human movement science. 7, 27-46.
7. Li, Y.; O. Levin, R.G. Carson, S.P. Swinnen (2004). "Bimanual coordination: constraints imposed by the relative timing of homologous muscle activation". Exp Brain Res, 156, 27-38.
8. Magill, A. Richard (2001). Motor learning concepts and applications, 6th Edition, McGraw-Hill. pp. 42, 68,69,70,71, 177,190,191.
9. Obi, S.S. (2004). "Bimanual coordination an unbalance field of research". Motor control, 8, 111-120.
10. Piek, J.P., Editor (1998). Motor behavior and human skill a multidisciplinary approach. Human Kinetic; pp. 143-144.
11. Schmidt, R.A. & T.D. Lee (1999), Motor control and learning a behavioral emphasis. 3rd Edition, Human Kinetic. pp. 206.
12. Smethurst, C.J. & R.G. Carson (2001). "The acquisition of movement skills: practice enhances the dynamic stability of bimanual coordination". Human Movement Science, 20, 499-529.
13. Spencer, J.P. & G. Schöner (2003). "Bridging the representational gap in the dynamic systems approach to development". Development science, 6:4, 392-412.
14. Sterand, D. (2000). "Debates in dynamics: a dynamical systems perspective on action and perception". Human movement science, 19, 407-423.
15. 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.
16. Swinnen, S.P.; K. Jardian, R. Meulenbrock, N. Dounskaia, M. Hofkens, V. Brandt (1997). "Egocentric and allocentric constraints in the expression of patterns of interlimb coordination". Journal of Cognitive Neuroscience, 9:3, 348-377.
17. Swinnen, S.; C.B. Walter, D.C. Shapiro (1988). "The coordination of limb movement different kinematics patterns". Brain and cognition, 8, 326-347.
18. Swinnen, S. P.; D.E. Young, C.B. Walter, D.J. Serrien (1991). "Control of asymmetrical bimanual movements". Experimental Brain Research, 85: 163- 173.
19. Temporado, J.J. & S.P. Swinnen (2005). "Dynamics of learning and transfer of muscular and spatial relative phase in bimanual coordination: evidence for abstract directional codes". Exp Brain Res, 160: 180-188.
20. Temprado, J.J.; S.P. Swinnen, R.G. Carson, A. Tourment, M. Laurent (2003). "Interaction of directional, neuromuscular and egocentric constraints on the stability of preferred bimanual coordination patterns". Human Movement Science, 22, 339-363.

Archive of SID

www.SID.ir

21. **Walter, C. B. & S.P. Swinnen (1990). "Asymmetric interlimb interference during the performance of a dynamic bimanual task". Brain and cognition, 14, 185-200.**
22. **Wenderoth, N.; V. Puttemans, S. Vangheluwe, S.P. Swinnen (2003). "Bimanual training reduces spatial interference". Journal of Motor Behavior, 35, 296-306.**

Archive of SID

www.SID.ir