رشد و یادگیری حرکتی ـ ورزشی – پاییز ۱۳۹۶
دورهٔ ۹، شمارهٔ ۳، ص : ۴۲۲ -۴۰۵
تاریخ دریافت : ۰۳ / ۰۹ / ۹۴
تاریخ پذیرش : ۱۲ / ۰۷ / ۹۵

ظهور فراپایداری و وسعت نواحی فراپایدار در شمشیربازان با سطوح متفاوت مهارت حرکتی

بهرام غفاری[۱]– مهدی شهبازی*[۲] – سیدمهدی آقاپور حصیری [۳] – الهام شیرزاد عراقی[۴]

۱. دانشجوی دکتری، بخش یادگیری و کنترل حرکتی، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران ۲. دانشیار، بخش یادگیری و کنترل حرکتی، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران ۳. استادیار، بخش یادگیری و کنترل حرکتی، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران ۴. استادیار، گروه بهداشت و طب ورزش، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

فراپایداری ناحیهٔ نسبتاً پایداری است که در آن اجزای سیستم در عین حال که شخصیت جداگانه و انعطاف‌پذیر خود را حفظ کرده‌اند، می‌توانند به‌منظور دستیابی به اهداف عملکردی حرکت به‌صورت ترکیبی نیز عمل کنند. شرکت‌کنندگان در سه گروه مهارتی (n=۱۰)، مرحلهٔ هماهنگی، مرحلهٔ کنترل هماهنگی و مرحلهٔ کنترل بهینه قرار گرفتند و افراد هر گروه به‌صورت دوبه‌دو با یکدیگر به مبارزه پرداختند. نتایج تحلیل خوشه‌ای و روش چگالی تجربی حاکی از ظهور یک ناحیهٔ فراپایداری در گروه کنترل هماهنگی (در فاصلهٔ ۲.۲۷۰۳۷۲، ۱.۶۸۹۲۷۶)، دو ناحیهٔ فراپایداری در گروه کنترل بهینه (در فواصل ۱.۰۰۱۱۳۶۹۹، ۰.۹۸۲۴۶۵۸ و ۲.۳۳۳۷۳۸، ۱.۸۴۳۱۳۱) و عدم ظهور فراپایداری در گروه هماهنگی بود. همچنین با استفاده از آزمون دوجمله‌ای نشان داده شد که نسبت استفاده از حالت‌های عمل در نواحی فراپایدار در دو گروه کنترل هماهنگی و کنترل بهینه تفاوت معناداری ندارد (P=۰/۴۸۸۸)، ولی وسعت ناحیهٔ فراپایدار در گروه کنترل هماهنگی به‌صورت معناداری بیشتر بود. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که سیستم حرکتی شمشیربازان بسته به سطح مهارت آنها فراپایدار بوده و وسعت نواحی فراپایدار در هر سطح متفاوت است. مربیان ورزشی می‌توانند در طراحی یادگیری و سازماندهی تمرین برای ظهور عملکردی‌ترین پاسخ‌های حرکتی فرد را به نواحی فراپایدار هدایت کنند.

واژه‌های کلیدی

سطح مهارت، شمشیربازی، ظهور، فراپایداری، مدل نیوول.

* نویسنده مسئول : تلفن : ۰۲۱۶۱۱۱۸۸۷۱ Email: shahbazimehdi@ut.ac.ir

مقدمه

در دهه‌های اخیر، نظریهٔ سیستم‌های دینامیکی به‌عنوان یک چارچوب نظریاتی به درک رفتار حرکتی و همچنین نقش تصمیم‌گیری، مقاصد، و شناخت در اجرای حرکتی کمک کرده است (۱۷، ۱۰، ۴). ایده‌های برجستهٔ برگرفته از نظریهٔ سیستم‌های دینامیکی در ترکیب با مفاهیم روان‌شناسی بوم‌شناختی[1]، فهم چگونگی هماهنگی و کنترل حرکات با توجه به محیط پویای اجرا را برای ما آسان کرده است (۱۳). از خصیصه‌های اصلی سیستم حرکتی بدن انسان، سازش با محیط است. از دیدگاه نظریهٔ سیستم‌های دینامیکی، فراپایداری قابلیتی حیاتی برای موجودات زنده است. براساس این نظریه، سیستمی که قابلیت فرا پایداری نداشته باشد، قادر به سازش با محیط نیست (۲۶، ۲۰). از دیدگاه نظریهٔ سیستم‌های دینامیکی پیدایش حرکات سازشی نامعین در سیستم حرکتی بدن انسان ارتباط نزدیکی با نواحی فراپایدار دارد (۲۳). در نواحی فراپایدار هیچ جفت‌شدنی بین مؤلفه‌های سیستم وجود ندارد، اما در این نواحی مؤلفه‌ها کاملاً جفت‌نشده نیستند. به این معنا که بین مؤلفه‌های سیستم هم تمایل برای یکپارچگی و هم برای جدا شدن وجود دارد (۲۶، ۲۰). در نواحی فراپایدار بیشترین بی‌نظمی (آنتروپی[2]) وجود دارد، به این معنا که عدم قطعیت برای بروز رفتار سیستم در حد بالایی است. پیدایش الگوها در نواحی فراپایدار تصادفی است، یعنی اگر توزیع بروز الگوها را رسم کنیم، توزیع طبیعی دارد (۱۶، ۱۴). گفته می‌شود که در این نواحی فراپایدار امکان کشف همهٔ جاذب‌های رفتار وجود دارد، حتی اگر جاذب‌های کم‌عمقی وجود داشته باشد. نکتهٔ دیگر در مورد کشف جاذب‌ها در این نواحی این است که این کشف به شکل غیرفعال صورت می‌گیرد، به این معنا که کل سیستم ارگانیسم ـ محیط درگیر در پیدایش الگوهای رفتاری می‌شود (۲۸، ۲۳، ۲۰).

کثرت درجات آزادی در سیستم‌های ارگانیسمی به‌طور طبیعی موجب بروز تغییرپذیری و تطبیق‌پذیری در حرکت انسان می‌شود. براساس نتایج تحقیقات یادگیرنده‌ها می‌توانند با استفاده از الگوهای هماهنگی مختلف به اهداف تکلیف دست یابند (۸). در ادبیات تحقیقی علم حرکت، این ایده با مفهوم هم‌ارزی[3] معرفی می‌شود که عبارت است از ظرفیت سیستم‌های پیچیدهٔ نوروبیولوژیکی برای دستیابی به نتایج مختلف در شرایط گوناگون به‌وسیلهٔ بخش‌های مجزا و متفاوت از نظر ساختاری (رسیدن به یک

1 . Ecological psychology
2 . Entropy
3 . Degeneracy

هدف خاص با استفاده از اجزایی که از نظر ساختاری متفاوت‌اند). هم‌ارزی در سیستم‌های نوروبیولوژیک این ظرفیت را فراهم می‌کند که سیستم بتواند برای محیط‌های پویا و سرشار از اطلاعات اَعمال متغیر و متنوعی را بروز دهد (۱۱). افراد با رسیدن به مرحلهٔ کنترل هماهنگی می‌توانند با بهره‌گیری از چندپایداری بودن و هم‌ارزی سیستم حرکتی خود، الگوهای حرکتی پایدار خود را به‌منظور پاسخ به قیود متغیر تکلیفی تطبیق دهند. اجراکنندگانی که کنترل زیادی روی درجات آزادی سیستم خود دارند، می‌توانند فراپایداری و هم‌ارزی سیستم خود را مهار کرده و از آن برای رسیدن به هدف اجرایی موفق در محیط پویا استفاده کنند. به این نکته نیز باید توجه کنیم که افراد در این مرحله با رهاسازی ارتباط منجمد بین اطلاعات و عمل، اجرای خود را تا حدی منعطف می‌کنند و از خاصیت هم‌ارزی سود می‌برند.

پژوهش‌هایی در زمینهٔ فراپایداری انجام گرفته است تا نشان دهند که آیا می‌توان نواحی فراپایدار را در سیستم حرکتی انسان نیز مشاهده کرد یا خیر. براساس نتایج پژوهش‌ها چنین نواحی‌ای در سیستم حرکتی انسان وجود دارد. برای نمونه هریستُفسکی[1] و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیق بر روی افراد بوکسور نیمه‌ماهر نشان دادند که در فاصلهٔ ۰/۶ طول پای افراد این ناحیه فراپایدار وجود دارد. بوکسورها در این ناحیه ظهور متعدد و تصادفی‌ای از مهارت‌ها را به نمایش گذاشتند. پیندر[2] و همکاران (۲۰۱۲) نیز در ضربه زدن به توپ در ورزش کریکت مشاهده کردند که افراد کریکت‌باز، وجود این نواحی فراپایدار را نشان دادند. پژوهش‌های دیگری نیز وجود دارند که حاکی از وجود نواحی فراپایدار در سیستم‌های بدن انسان هستند (۲۳، ۲). براساس این نتایج می‌توان گفت که در سیستم حرکتی انسان ـ محیط نیز نواحی فراپایدار وجود دارند.

مدل نیوول در یادگیری[3] حرکتی براساس سیستم‌های دینامیکی است که در این مدل سه مرحله برای یادگیری مهارت‌ها عنوان شده است. مرحلهٔ اول، الگوی هماهنگی است که فرد در این مرحله سعی می‌کند بین یک‌سری اجزای کلیدی در یک سیستم پویا پیوندهایی را به‌وجود آورده و الگوی هماهنگ را به‌دست بیاورد. مرحلهٔ دوم، کنترل الگوی هماهنگ است؛ در این مرحله فرد ارتباط بین اجزا را محکم‌تر می‌کند، به‌عبارت دیگر، فرد می‌تواند با ساختارهای هماهنگ مختلف به نتیجهٔ یکسان برسد.

---

1 . Hristovski
2 . Pinder
3 . Newell’s Model of Motor Learning

مرحلهٔ سوم، بهینه کردن کنترل است، فرد کنترل را به بهترین نحو بهینه می‌کند، یعنی فرد با صرف حداقل انرژی بیشترین کارکرد را دارد، زیرا از تمامی نیروها مانند اینرسی، خواص مکانیکی حرکات اندام‌ها و انرژی الاستیک منتشرشده در تاندون عضلات به‌طور کامل بهره‌برداری می‌کند؛ حرکت فرد نرم و روان می‌شود (فرد می‌تواند نیرو، زمان و دامنهٔ حرکت را به‌راحتی تغییر دهد) و نیز برای رسیدن به هدف درجات آزادی خود را سازماندهی مجدد کند.

نبود سازه‌هایی قابل آزمایش برای افزایش سطح مهارت افراد در واقع یک خلأ به‌حساب می‌آید. با انجام این پژوهش می‌توان به این مسئله پاسخ داد که آیا می‌توان به ناحیهٔ فراپایدار به‌عنوان ملاکی برای سطح مهارت نگریست یا خیر. در پژوهش‌های پیشین از روش‌هایی برای شناسایی نواحی فراپایدار استفاده شده که از نظر تئوری بومشناختی مطلوب نیست. این پژوهش قصد دارد تا در شرایط کاملاً طبیعی رقابتی به بررسی نواحی فراپایدار بپردازد. همچنین برای حل مشکل تبیین چگونگی تولید حرکات بدیع در سیستم حرکتی انسان و شفاف‌سازی رفتار خلاقانه و ابتکاری بهتر است دیدگاه‌های سنتی بازنمایی حافظه‌ای را کنار بگذاریم و از رویکرد دینامیک غیرخطی استفاده کنیم. با توجه به زمینه‌های مختلف اجرایی می‌توان نشان داد که چگونه یک مدل رفتار خلاقانه در دینامیک غیرخطی می‌تواند به شکل‌گیری روش آموزش غیرخطی منجر شود که این امر در نهایت موجب توسعه‌ای چشمگیر در نوآوری حرکتی در ورزش خواهد شد. یکی از اهداف ما این است که نشان دهیم چگونه ظهور حرکات بسیار جدید نیازمند یک سیستم خودسازمان است که تحت قیود مناسب می‌تواند یک ساختار رفتاری جدید به‌وجود آورد.

عامل دیگر ترغیب‌کنندهٔ این پژوهش این مسئله است که نواحی فراپایدار می‌تواند برای سطح مهارت بین‌تکلیفی نیز ملاکی ارائه دهد که این سطح تبحر در تصمیم‌گیری را نیز نشان خواهد داد. با انجام این پژوهش می‌توان به این نتیجه رسید که آیا نواحی فراپایدار در سطح مختلف مهارت تغییر می‌یابد یا نه. بدین‌وسیله مربیان می‌توانند تمریناتی را به‌منظور گسترش تا نواحی فراپایدار آماده کنند.

روش‌شناسی

این پژوهش از نوع توصیفی و به روش علی- مقایسه‌ای است.

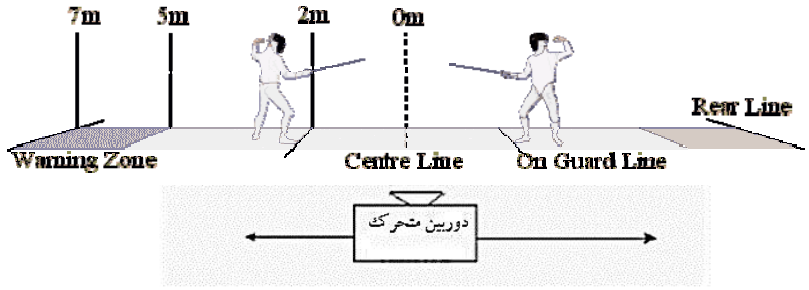
جامعه و نمونه‌های آماری

آزمودنی‌های این پژوهش را شمشیربازان پسر رشتهٔ اپه در سه سطح یادگیری هماهنگی، کنترل هماهنگی و کنترل بهینه که همگی راست‌دست بودند، تشکیل دادند. از شمشیربازان هر سطح یادگیری با توجه به تعداد اعضای حاضر و در دسترس ۱۰ نفر انتخاب شد (در مجموع ۳۰ نفر) که پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه به‌صورت دوبه‌دو در پنج بازی با هم به شمشیربازی پرداختند. با کمک و به تشخیص یک داور و یک مربی و پس از توضیح دادن هدف تحقیق و تشریح مدل یادگیری نیوول (۱۹۸۵)، افرادی که آشنایی کمی با رشتهٔ ورزشی شمشیربازی داشتند و به‌تازگی توانسته بودند الگوی هماهنگی از مهارت‌ها را در سیستم حرکتی خود پیکربندی کنند و هنوز ارتباط بین اجزای سیستم حرکتی آنها به‌صورت ساختار هماهنگ شکل نگرفته بود، در سطح هماهنگی و افرادی که مدتی در این رشته فعالیت داشتند و مهارت‌های این رشته را فراگرفته بودند و ساختارهای هماهنگ در سیستم حرکتی آنها شکل گرفته بود، ولی هنوز سازگاری کامل با محیط نداشتند، در سطح کنترل هماهنگی دسته‌بندی شدند. در این سطح افراد می‌توانند از خاصیت هم‌ارزی سیستم حرکتی خود بهره ببرند. مبنا برای انتخاب افراد گروه کنترل شرکت در مسابقات لیگ شمشیربازی بود. در نهایت افرادی که سطح بالایی از سازگاری با محیط را داشته و توانایی استفادهٔ بهینه از نیروهای محیطی مانند اینرسی و جاذبه را برای بهتر کردن اجرای خود داشتند، در سطح کنترل بهینه در نظر گرفته شدند. این گروه را ملی‌پوشان تیم ملی شمشیربازی تشکیل دادند.

روش و ابزار

در ابتدا به‌منظور کنترل اندازه‌های نسبی بین افراد با استفاده از متر طول پایین‌تنه، طول بالاتنه و طول دست افراد اندازه‌گیری شد تا شرکت‌کنندگان از نظر طول قد و اندام با یکدیگر برابر باشند. سپس آنها در هر سطح یادگیری (هماهنگی، کنترل و ماهر) با هم به‌صورت دوبه‌دو به مبارزه پرداختند (۵ بازی در هر سطح یادگیری). از یک دوربین فیلم‌برداری پرسرعت برای ضبط حرکات شرکت‌کنندگان استفاده شد، طوری‌که تمام طول پیست شمشیربازی را پوشش می‌داد (شکل ۱). شایان ذکر است که متراژبندی بودن پیست شمشیربازی تا حد زیادی کار محققان را برای فاصله‌بندی آسان کرده بود. طول پیست ۱۴ متر است که با استفاده از برچسب‌های شبرنگ به ۱۴ قسمت ۱ متری تقسیم شد. از دو عدد مارکر شبرنگ (زردرنگ) که به لگن بازیکنان نصب شده بود، برای تعیین فاصلهٔ دقیق بین دو نفر استفاده شد. چون لباس شمشیربازان به رنگ سفید است، از مارکرهای زردرنگ استفاده شد. ظهور

الگوها نیز با دوربین ضبط شد (چون لحظهٔ شروع اجرای مهارت برای بررسی ظهور مهارت برای ما حائز اهمیت بود، لحظهٔ شروع مهارت در فاصله‌ای مشخص ثبت شد).



شکل ۱. طرح شماتیک پروتکل تحقیق

برای دو نفری که در حال اجرا بودند، یک‌بار برای بازیکنی که در حال حمله بود بررسی کردیم و سپس برای بازیکن دیگر بررسی به همان شکل صورت گرفت. حالات عمل (حالات هماهنگی) مورد مطالعه در این تحقیق عبارت‌اند از: ضربات لانج[1]، فلش[2]، فلیک[3]، رمیس[4] و ضدحمله[5]. این ضربات همگی دارای فازبندی نسبی منحصربه‌فرد و متمایزند، به‌طوری‌که هر الگو از سایر الگوها قابل تشخیص است. به این معنا که پارامتر نظم در هر کدام از این ضربات متفاوت و حالات هماهنگی بین اندام‌های بالاتنه و پایین‌تنه در هر حرکت منحصربه‌فرد است. براساس نتایج تحقیق زاکوفسکی[6] (۲۰۱۰) در مورد طبقه‌بندی مهارت‌های شمشیربازی، مهارت‌های بررسی‌شده در این تحقیق را به‌طور مختصر توضیح می‌دهیم. شایان ذکر است که در مطالعهٔ حاضر، از چهار مهارت حمله‌ای (تهاجمی) و یک مهارت ضدحمله‌ای (تدافعی) به‌عنوان الگوهای ظهوریابنده استفاده شد.

فلش: در این حرکت پای عقب به‌صورت قیچی‌وار از پای جلو عبور می‌کند و شمشیرباز به‌سرعت به سمت حریف حرکت می‌کند. تفاوت این ضربه با ضربهٔ لانج این است که در این حرکت پاها یکدیگر را قطع می‌کنند. فلیک: حرکت شلاق‌مانند تیغه، که به ضربه زدن به نقطهٔ پنهان (مثلاً پشت حریف) منجر می‌شود. در حرکت فلیک معمولاً نوک شمشیر به‌صورت مستقیم منطقهٔ هدف را لمس نمی‌کند، بلکه

1 . Lunge
2 . Fleche
3. Flick
4. Remise
5. Counter-attack
6. Czajkowski

به‌صورت عمل چرخشی انجام می‌گیرد تا تیغه بتواند خم شود و نوک شمشیر پس از دفاع به‌صورت حرکت شلاقی به بدن برخورد کند. حرکت دست در این ضربه مانند دیگر حملات به‌صورت مستقیم نیست، بلکه به‌صورت شلاقی و با استفاده از مچ دست است. لانج: اجرای این تکنیک این‌گونه است که پای جلو به سمت جلو انداخته شده و سپس پای عقب بدن را به سمت جلو می‌کشاند و دست به‌صورت کشیده به سمت حریف هدایت می‌شود. در این الگو، فازبندی بین پای جلو و عقب حفظ می‌شود. رمیس: حرکتی است بسیار سریع که مستقیماً پس از حملهٔ ناموفق انجام می‌گیرد. مثلاً هنگامی‌که حمله دفاع می‌شود یا حریف تغییر مکان می‌دهد، می‌توان به‌سادگی با اندکی شکستن مچ خود، نوک شمشیر را متوجه بدن حریف کرد. ضدحمله: حرکتی است که متعاقباً در جواب حملهٔ حریف صورت می‌گیرد. این الگو در پاسخ به حملهٔ حریف هماهنگ و اجرا می‌شود. حرکت ضدحمله به این دلیل برای مطالعه انتخاب شد که به‌صورت گسترده‌ای در شمشیربازی استفاده می‌شود، به‌طوری‌که برخی شمشیربازان بدون اینکه حمله کنند تنها در پی وادار کردن حریف به حمله‌اند تا از طریق ضدحمله کسب امتیاز کنند و به‌نوعی می‌توان گفت ضدحمله‌ای بودن برای بعضی شمشیربازان یک شگرد به‌حساب می‌آید (۷).

فاصلهٔ بین دو شمشیرباز حین زمان‌بندی آغاز حالات عمل (ظهور الگوها) با استفاده از نرم‌افزار کینووا[1] (kinovea-0.8.15) و با کمک یک متخصص بیومکانیک و یک داور شمشیربازی به کمیت تبدیل شد.

در مسابقهٔ شمشیربازی رشتهٔ اپه فردی که در کسب امتیازها زودتر به امتیاز ۵ برسد، پیروز خواهد شد و مسابقه به اتمام می‌رسد. هر کدام از شرکت‌کنندگان طی دو بازی با یکدیگر به رقابت پرداختند. امتیازها به‌صورت کامپیوتری و از طریق سنسورهای متصل به نوک شمشیر، مشخص می‌شود. در بررسی فواصل ظهور الگوها با استفاده از نرم‌افزار، تمامی حملات به‌غیر از حرکاتی که هدف از آنها فریب دادن حریف بود، وارد تحلیل شد. بازی بین دو نفر در شرایطی اجرا می‌شد که به هیچ‌کدام از شمشیربازان دستورالعمل یا بازخوردی در مورد استفاده از نوع خاصی از مهارت داده نشد (هیچ‌گونه قیدی از سوی محققان بر اجرا تحمیل نشد و تنها قیدی که بر سیستم حرکتی شرکت‌کنندگان اعمال شد قوانین ورزش شمشیربازی یا همان قیود تکلیف بود) و فقط پیش از شروع رقابت به آنها گفته می‌شد که

1. Kinovea

همانند شرایط واقعی مسابقه سعی کنند مهارت‌های خود را اجرا کرده و در حد امکان از تمام مهارت‌های خود استفاده کنند.

روش آماری

از آمار توصیفی (فراوانی، میانگین و انحراف معیار) برای توصیف داده‌ها استفاده شد. ابتدا از آزمون تحلیل واریانس یکطرفه برای بررسی برابری فاصلهٔ انجام مهارت‌ها در گروه‌های مختلف استفاده شد. در صورت مشاهدهٔ همپوشانی بیش‌ازحد دو مهارت از روش خوشه‌بندی نزدیک‌ترین همسایه برای طبقه‌بندی حالت‌های عمل استفاده شد. برای پیدا کردن نواحی همپوشانی یا فراپایدار از توابع چگالی تجربی و از آزمون خی‌دو به‌منظور مقایسهٔ نسبت تعداد دفعات حضور در ناحیه فراپایدار در بین دو گروه استفاده شد. کلیهٔ محاسبات آماری و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار آماری R و نرم‌افزار EXCEL:2010 انجام گرفت.

نتایج و یافته‌ها

جدول ۱. اطلاعات مربوط به میانگین قد و طول دست و سال تمرین سه گروه آزمودنی

شاخص آماری / گروه‌ها	تعداد شرکت‌کنندگان	قد $Mean_{\pm}S.D$	طول دست $Mean_{\pm}S.D$	سابقهٔ تمرین (سال) $Mean_{\pm}S.D$	حداقل (سال) min	حداکثر (سال) Max
گروه هماهنگی	۱۰	۱/۰۵±۱/۷۵	۲/۳۲±۶۶	۳/۲۷±۲/۴۸	۲	۳/۵۰
گروه کنترل هماهنگی	۱۰	۲/۹۳±۱/۷۸	۳/۲۴±۶۸	۲/۷۶±۸/۹۶	۶/۵۰	۱۰
گروه کنترل بهینه	۱۰	۲/۳۳±۱/۷۷	۵/۷۸±۶۸	۱/۱۵±۱۶	۱۴	۱۸

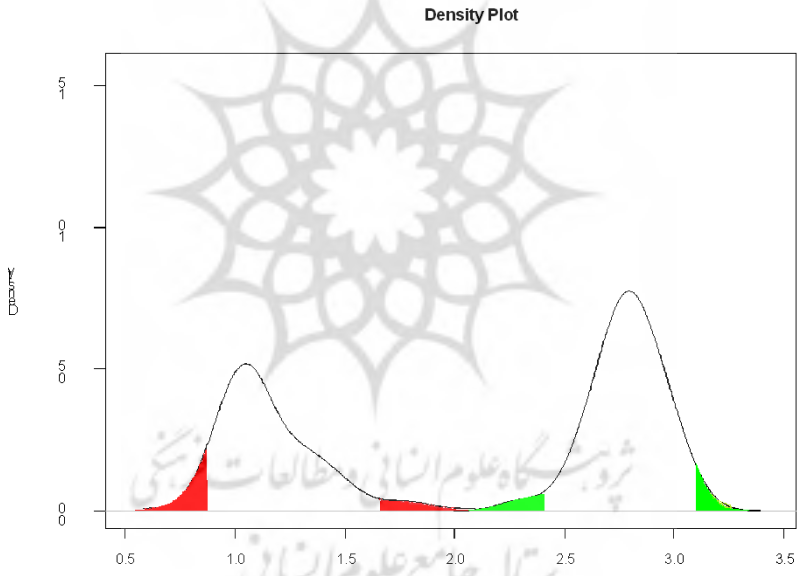
مشخصات آنتروپومتری شرکت‌کنندگان در جدول ۱ آورده شده است. بررسی مقدار سال تمرین هر گروه که توصیفی از سطح مهارت آن گروه است نیز در این جدول آمده است.

برای بررسی تفاوت در فواصل انجام مهارت‌های مختلف از آزمون تحلیل واریانس یکطرفه استفاده شد. نتایج نشان داد که مهارت‌ها در فواصل مختلفی انجام می‌گیرند (F= ۲۹۶/۲).

جدول ۲. تحلیل واریانس یکطرفه بین مهارت‌ها

تحلیل واریانس یکطرفه	مجموع مربعات	میانگین مربعات	درجهٔ آزادی	ضریب F	اعشار
مهارت	۱۰۰/۹۶	۲۵/۲۴۱	۴	۲۹۶/۲	***۱۶e-۲<
پسماند	۳۳/۸۳	۰/۰۸۵	۳۹۷		

در گروه هماهنگی فقط از دو مهارت لانج و ضدحمله استفاده شد و براساس آن نیازی به خوشه‌بندی نیست. برای پیدا کردن نواحی همپوشانی یا فراپایدار از توابع چگالی تجربی استفاده شد. به‌دلیل محدود بودن تعداد داده‌ها، از روش بوت استرپ استفاده شد. بدین صورت که با یک نمونه‌گیری با جایگذاری از نمونهٔ به‌دست‌آمده از هر مهارت، به تعداد دلخواه از نمونه شبیه‌سازی کردیم. توابع چگالی تجربی دو مهارت در نمودار ۱، مشخص است.

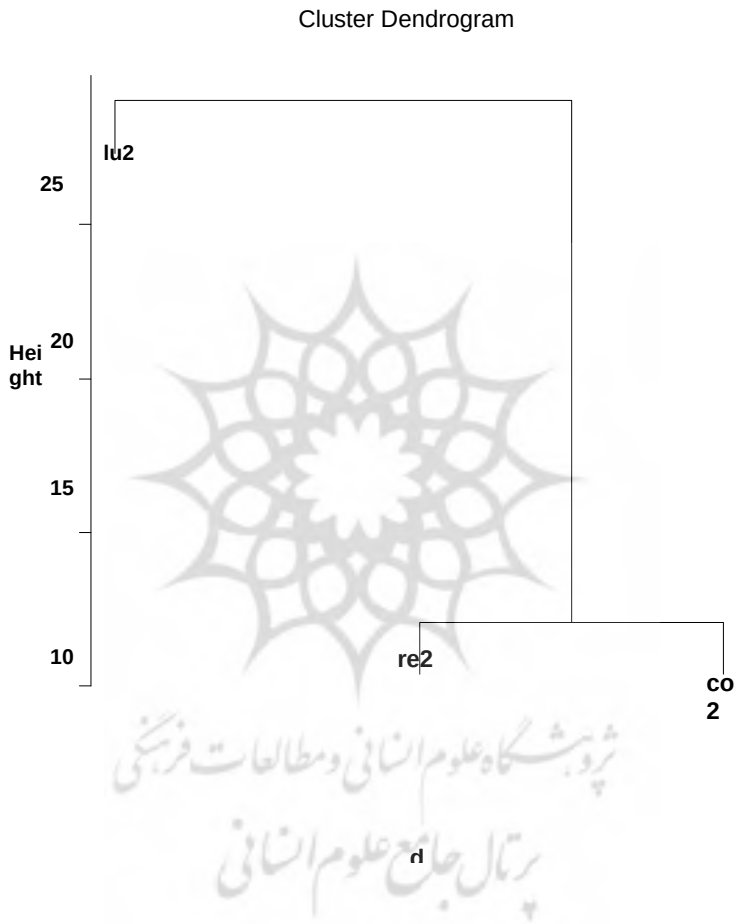


نمودار ۱. توابع چگالی تجربی دو مهارت در گروه هماهنگی

نمودار سمت چپ مربوط به مهارت ضدحمله و سمت راست مربوط به مهارت لانج است، رنگ‌های مشخص‌شده در این نمودار به‌منزلهٔ چندک‌های توزیع‌اند که خارج از این نواحی رنگی با احتمال ۰/۹۵

فواصل اجرای مهارت‌ها در این نواحی است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود، ناحیهٔ فراپایدار در این گروه ظهور پیدا نکرد.

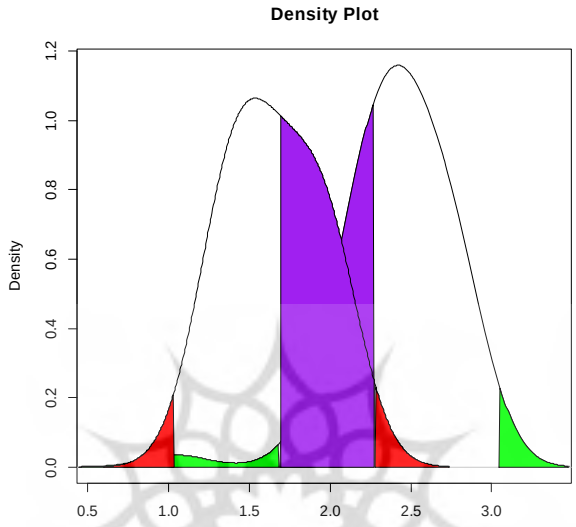
در گروه کنترل هماهنگی به‌دلیل همپوشانی بیش‌ازحد دو مهارت رمیس و ضدحمله از روش خوشه‌بندی استفاده شد (نمودار ۲).



نمودار ۲. همپوشانی مهارت‌ها در گروه کنترل هماهنگی

دو مهارت ضدحمله و رمیس در یک خوشه و مهارت لانج در خوشهٔ دیگر قرار گرفته است.

روش کار همانند آنچه در گروه هماهنگی رخ داد، است. توابع چگالی دو خوشهٔ به‌دست‌آمده در نمودار ۳ مشخص است. نمودار سمت چپ مربوط به خوشهٔ رمیس و ضدحمله و نمودار سمت راست مربوط به مهارت لانج است.

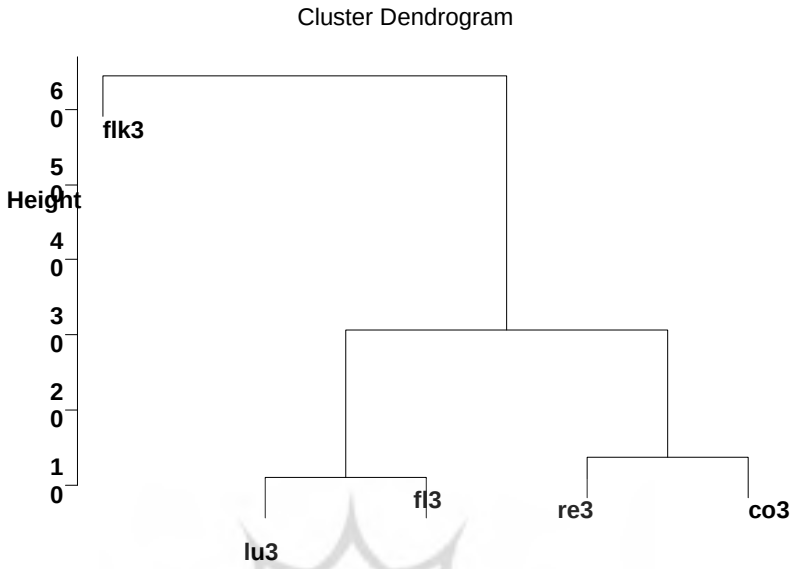


نمودار ۳. توابع چگالی تجربی دو خوشه در گروه کنترل هماهنگی

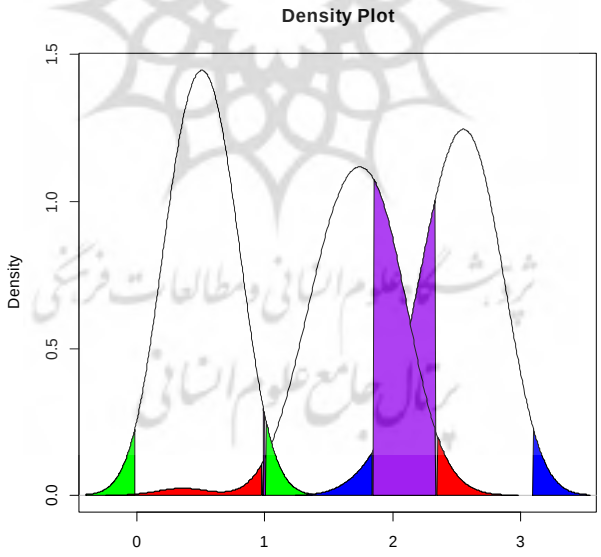
ناحیهٔ بنفش‌رنگ بین این دو نمودار ناحیهٔ فراپایدار است، این ناحیه فاصله (۲.۲۷۰۳۷۲، ۱.۶۸۹۲۷۶) را نشان می‌دهد. برای گروه کنترل بهینه نیز ابتدا خوشه‌بندی صورت گرفت. نتیجهٔ خوشه‌بندی در نمودار ۴ ارائه شده است.

نتیجهٔ خوشه‌بندی بدین صورت است که دو مهارت رمیس و ضدحمله در یک خوشه، مهارت‌های لانج و فلاش در خوشهٔ دوم و مهارت فلیک به‌تنهایی در خوشهٔ دیگری قرار گرفت.

نمودار ۵ توابع چگالی سه خوشه را نشان می‌دهد.



نمودار ۴. همپوشانی مهارت‌ها در گروه کنترل بهینه



نمودار ۵. توابع چگالی تجربی دو خوشه در گروه کنترل بهینه

نمودارها به‌ترتیب از سمت چپ مربوط به خوشهٔ فلیک، رمیس و ضدحمله، لانج و فلاش است و نواحی مشخص‌شده با رنگ بنفش، نواحی فراپایدارند. نواحی فراپایدار به‌ترتیب از سمت چپ ۱.۰۰۱۱۳۶۹۹، ۰.۹۸۲۴۶۵۸ و ۲.۳۳۳۷۳۸، ۱.۸۴۳۱۳۱ است.

نتایج تحلیل واریانس یکطرفه نشان داد که فواصل انجام مهارت‌ها برابر نبودند و مهارت‌ها در فواصل مختلفی انجام می‌گرفتند. براساس نتایج به‌دست‌آمده فراپایداری در گروه کنترل هماهنگی و گروه کنترل بهینه ظهور یافت. در گروه کنترل بهینه دو ناحیهٔ فراپایدار وجود دارد (۱.۰۰۱۱۳۶۹۹، ۰.۹۸۲۴۶۵۸ و (۲.۳۳۳۷۳۸، ۱.۸۴۳۱۳۱)، درصورتی‌که در گروه کنترل هماهنگی یک ناحیهٔ فراپایدار ظهور پیدا کرد (۲.۲۷۰۳۷۲، ۱.۶۸۹۲۷۶).

در آخر هم از آزمون خی‌دو استفاده شد تا نسبت دفعات حضور در ناحیهٔ فراپایدار در بین دو گروه ذکرشده را آزمون کنیم.

جدول ۴. آزمون خی‌دو برای مقایسهٔ نسبت فراوانی حضور دو گروه در ناحیهٔ فراپایداری

Sample estimates	95 percent confidence interval	Alternative hypothesis	p-value	f.d	X-squared	Data
prop 1 ۰/۳۸۵۲۴۵۹	-۰/۰۷۳۹۳۶۶۷	دوسویه	۰/۴۸۸۸	۱	۰/۴۷۹۱۴	تعداد (۴۷، ۵۲)
prop 2 ۰/۳۳۷۶۶۲۳	۰/۱۶۹۱۰۳۸۰					از بین (۱۲۲، ۱۵۴)

نتیجهٔ آزمون حاکی از آن است که این دو گروه در استفاده از نواحی فراپایدار شبیه به هم عمل کرده‌اند و نسبت استفادهٔ این دو گروه از این ناحیه تفاوت معناداری ندارد (P = ۰/۴۸۸۸)، ولی همان‌طورکه در نمودارهای۳ و ۵ ملاحظه شد، افراد در گروه کنترل هماهنگ نسبت به افراد در گروه کنترل بهینه، به‌صورت معناداری نواحی فراپایدار گسترده‌تری دارند، ولی از نظر تعداد نواحی فراپایدار، وجود دو ناحیهٔ فراپایداری در گروه کنترل بهینه گزارش شد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش ظهور فراپایداری و وسعت نواحی فراپایدار در سیستم حرکتی شمشیربازان براساس مدل مراحل یادگیری نیوول (۱۹۸۵) بررسی شد. نیوول براساس درجات آزادی برنشتاین[1] مدلی را طراحی کرد که تفاوت بین عملکرد در سطوح مختلف مهارت را توضیح می‌دهد. این مدل چارچوب خوبی را برای درک ارتباط بین هماهنگی و کنترل معرفی می‌کند و نیز برای فهمیدن اینکه چگونه درجات آزادی می‌توانند برای سازگاری با تغییرات قیود سازماندهی مجدد شوند، مفید است. در این پژوهش سه گروه آزمودنی (n=۱۰) در سه سطح مختلف مهارت نیوول قرار داشتند. قرار گرفتن شرکت‌کنندگان در هر سطح، براساس نظر مربی و بررسی محقق براساس تعاریفی که نیوول برای هر مرحله بیان کرده است، بود. از شرکت‌کنندگان در هر سطح یادگیری (هماهنگی، کنترل و ماهر) خواسته شد که با هم به‌صورت دوبه‌دو به مبارزه بپردازند و از یک دوربین فیلم‌برداری پرسرعت جهت ضبط حرکات شرکت‌کنندگان استفاده شد، به‌طوری‌که تمام طول پیست شمشیربازی را پوشش می‌داد. از دو عدد مارکر شبرنگ (زردرنگ) که به لگن بازیکنان نصب شده بود، برای تعیین فاصلهٔ دقیق بین دو نفر استفاده شد و الگوهای اجرایی توسط شرکت‌کنندگان با استفاده از نرم‌افزار کینماتیکی کینوا بررسی شد.

در شرکت‌کنندگان گروه هماهنگی فراپایداری ظهور پیدا نکرد. در این گروه افراد فقط از دو مهارت لانج و ضدحمله استفاده کردند و نمای ادراکی-حرکتی شکل‌گرفته در سیستم حرکتی این گروه دارای دو جاذب بوده است که در نمودار ۱ نیز نشان داده شد. به همین ترتیب فراوانی اجرای مهارت‌ها در ناحیهٔ فراپایدار در گروه هماهنگی صفر بود. شاید یک توجیه دیگر این باشد که در این مرحله به‌دلیل منجمد بودن ارتباط بین اطلاعات و عمل و نبود خاصیت هم‌ارزی بین ساختارهای هماهنگ فرد قادر نیست در پاسخ به قیود اعمال‌شده (فاصله تا حریف)، برای اطلاعاتی که دریافت می‌کند غیر از الگوی ثابتی که پیکربندی کرده است، از الگوی هماهنگ دیگری برای رسیدن به هدف تکلیف (رساندن نوک شمشیر به بدن حریف) استفاده کند و در فواصل مشخص از الگوهای ثابتی استفاده می‌کند.

مشاهده شد که در شرایط تحقیق حاضر که شرایط پویا و تغییرپذیر رقابتی و شرایط واقعی تکلیف بود، ازاین‌رو جفت‌شدگی بین اطلاعات و عمل از هم گسیخت و موجب شد فراپایداری در افراد این گروه ظهور نیابد.

---

1 . Bernstein

در گروه کنترل هماهنگی به‌دلیل همپوشانی بیش‌ازحد دو مهارت رمیس و ضدحمله از روش خوشه‌بندی استفاده شد (نمودار ۲). دو مهارت ضدحمله و رمیس در یک خوشه و مهارت لانج در خوشهٔ دیگر قرار گرفتند. توابع چگالی دو خوشهٔ به‌دست‌آمده در نمودار ۳ مشخص است. ناحیهٔ فراپایداری در سیستم حرکتی شمشیربازان گروه کنترل هماهنگی به شکل ناحیهٔ بنفش‌رنگ بین دو الگو نشان داده شده است، که در فاصلهٔ ۲.۲۷۰۳۷۲، ۱.۶۸۹۲۷۶ ظهور یافته است. افراد در این منطقه قادر بودند از تمامی حالات عمل (هر سه نوع مهارت) سود ببرند و اجرای خود را متنوع سازند. همچنین الگوهای دیگر که بسیار پایدار بودند و در فواصل و مناطق مشخصی ظهور می‌یافتند، در نمودار ۳ مشاهده می‌شود. شرکت‌کنندگان در این مناطق الگوهای بسیار پایدار رفتاری را که طی تمرین و تکرار زیاد به‌دست آورده‌اند، به‌کار می‌بردند. در واقع در فواصل نزدیک‌تر به حریف فرد فقط از الگوی ضدحمله و رمیس و در فواصل دورتر، فقط از الگوی لانج استفاده کرده است. تحلیل اجرای شمشیربازان در گروه کنترل هماهنگی گویای این مطلب است که افراد در این مرحله می‌توانند با بهره‌گیری از چندپایداری بودن و هم‌ارزی سیستم حرکتی خود، الگوهای حرکتی پایدار خود را به‌منظور پاسخ به قیود متغیر تکلیفی تطبیق دهند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد اجراکنندگانی که کنترل زیادی روی درجات آزادی سیستم خود دارند، می‌توانند فراپایداری و هم‌ارزی سیستم خود را مهار کرده و از آن برای رسیدن به هدف اجرایی موفق در محیط پویا استفاده کنند.

افراد در گروه کنترل بهینه، بسته به فاصله‌ای که با حریف خود داشتند، از پنج حالت عمل استفاده کردند. همان‌طورکه در نمودار ۴ مشاهده می‌شود، نتیجهٔ خوشه‌بندی بدین صورت بود که دو مهارت رمیس و ضدحمله در یک خوشه، مهارت‌های لانج و فلاش در خوشهٔ دوم و مهارت فلیک به‌تنهایی در خوشهٔ دیگری قرار گرفت. این خوشه‌بندی نشان می‌دهد که اندازه‌های پارامتری برای حالت‌های عملِ لانج و فلش باهم و رمیس و ضدحمله هم با هم یکسان بوده است.

با توجه به نمودار ۵ خوشه‌ها به‌ترتیب از سمت چپ مربوط به خوشهٔ فلیک، رمیس و ضدحمله، لانج و فلاش است و نواحی مشخص‌شده با رنگ بنفش، نواحی فراپایدارند. در این نمودار می‌توان دو ناحیهٔ فراپایدار را که در سیستم حرکتی شمشیربازان مرحلهٔ سوم مدل نیوول ظهور یافته است، مشاهده کرد. وسعت این نواحی فراپایدار به‌ترتیب از سمت چپ ۱.۰۰۱۱۳۶۹۹، ۰.۹۸۲۴۶۵۸ و ۲.۳۳۳۷۳۸، ۱.۸۴۳۱۳۱ است.

در مدلسازی ساولزبرگ و واندرکمپ (۲۰۰۰) افراد در مرحلهٔ بهره‌برداری می‌توانند با توجه به قیود مختلف، اَعمال خود را تنظیم کنند و حتی با یک منبع اطلاعاتی یکسان چندین عمل را به‌کار گیرند (۲۵).

در نمای ادراکی-حرکتی شرکت‌کنندگان گروه کنترل بهینه پنج جاذب پایدار (لانج، فلش، رمیس، ضدحمله و فلیک) مشاهده شد که پس از خوشه‌بندی، در سه خوشه جای گرفتند. افراد با توجه به فاصله تا حریف (منابع اطلاعاتی)، اعمال خود را تنظیم می‌کردند (استفاده از نوع خاص حالت عمل). در فواصل ۱.۰۰۱۱۳۶۹۹، ۰.۹۸۲۴۶۵۸ و ۲.۳۳۳۷۳۸، ۱.۸۴۳۱۳۱ تا حریف نیز که همان نقاط فراپایدار بود، قادر بودند از تمامی حالات عمل در دسترس استفاده کنند و به مشکل حرکتی، عملکردی‌ترین پاسخ را بدهند.

یافتهٔ جدید این مطالعه این بود که در سیستم حرکتی شمشیربازان با سطح کنترل بهینه بیش از یک حالت فراپایداری مشاهده شد که این مسئله غنای حرکتی سیستم آنها را نشان می‌دهد. با اِعمال و دستکاری قیود در سیستم‌های چندپایدار (مانند سیستم حرکتی شمشیربازان نخبه) می‌توان الگوهای پایدار آنها را کشف کرد که این چندپایداری خود مبنایی برای رفتار تطبیقی است.

در مورد ظهور پنج الگوی پایدار و دو الگوی فراپایدار در سیستم شمشیربازان مرحلهٔ کنترل بهینه می‌توان گفت که دامنهٔ راه‌حل‌ها و حالت‌های عملِ در دسترس در سیستم‌های پیچیده در نتیجهٔ غنای جفت‌شدگی‌های غیرخطی مابین اجزای سیستم به‌وجود می‌آید (۲۱). از آنجا که نمای ادراکی-حرکتی افراد باتجربه وسیع‌تر بوده و دارای جاذب‌های بیشتری است، پس امکان ظهور فراپایداری های بیشتر هم وجود دارد. این مباحث مبنای دیدگاه مبتنی بر قیود در اکتساب مهارت به‌شمار می‌روند (۱۰، ۹، ۱).

مربیان می‌توانند بیش از هر کس دیگری از فراپایداری سیستم حرکتی ورزشکاران سود ببرند. در حالات فراپایدار، انبوهی از تعاملات می‌توانند به‌صورت خودجوش ظهور یابند؛ این اتفاق زمانی می‌افتد که اجزا یا فرایندهایی در سیستم که قبلاً همبستگی نداشته‌اند، ناگهان تحت تأثیر قیود با یکدیگر پیوند بخورند. حالات فراپایدار در سیستم‌های پیچیدهٔ نوروبیولوژیکی بسیار حائز اهمیت‌اند، چراکه الگوهای متنوع و خلاقانهٔ رفتاری می‌توانند هنگام هم-سازمانی و هم-تطبیقی اجزای سیستم ظهور یافته و به هدف تکلیف دست یابند. برای مربیان ورزشی در طراحی یادگیری و سازماندهی تمرین، درک چگونگی به‌کارگیری فراپایداری در سیستم به‌منظور تسهیل فرایند یادگیری و تکامل سیستم حرکتی یادگیرنده بسیار مهم است.

منابع و مآخذ

1. Araújo, D., Davids, K., Bennett, S. J., Button, C., & Chapman, G. (2004). 19 Emergence of sport skills under constraints. Skill acquisition in sport: Research, theory and practice, 409 .
2. Araujo, D., Davids, K., & Hristovski, R. (2006). The ecological dynamics of decision making in sport. Psychology of Sport and Exercise, 7(6), 653-676 .
3. Bartlett, R., Wheat, J., & Robins, M. (2007). Is movement variability important for sports biomechanists? Sports biomechanics, 6(2), 224-243 .
4. Carson, R. G., & Kelso, J. S .(۲۰۰٤) .Governing coordination: behavioural principles and neural correlates. Experimental Brain Research, 154(3), 267-274 .
5. Chow, J. Y., Davids, K., Button, C., Shuttleworth, R., Renshaw, I., & Araújo, D. (2007). The role of nonlinear pedagogy in physical education. Review of Educational Research, 77(3), 251-278 .
6. Chow, J. Y., Davids, K., Hristovski, R., Araújo, D., & Passos, P. (2011). Nonlinear pedagogy: Learning design for self-organizing neurobiological systems. New Ideas in Psychology, 29(2), 189 .۲۰۰-
7. Czajkowski, Z. (2010). Modern Saber Fencing by Zbigniew Borysiuk published by SKA SwordPlay Books, NYC, Staten Island. Journal of Human Kinetics, 25, 133-136 .
8. Davids, K., Bennett, S., & Newell, K. M. (2006). Movement system variability: Human kinetics.
9. Davids, K., Renshaw, I., & Glazier, P. (2005). Movement models from sports reveal fundamental insights into coordination processes. Exercise and sport sciences reviews, 33(1), 36-42 .
10. Davids, K., Williams, A., Button, C., Court, M., Singer, R., Hausenblas, H., & Janelle, C. (2001). An integrative modeling approach to the study of intentional movement behavior. Handbook of sport psychology, 2, 144-173 .
11. Edelman, G. M., & Gally, J. A. (2001). Degeneracy and complexity in biological systems. Proceedings of the National Academy of Sciences, 98(24), 13763-13768 .
12. Fingelkurts, A. A., & Fingelkurts, A. A. (2004). Making complexity simpler: multivariability and metastability in the brain. International Journal of Neuroscience, 114(7), 843-862 .
13. Gibson, J. J .1979 .The ecological approach to visual perception .
14. Hristovski, R., Davids, K., Araújo, D., & Button, C. (2006). How boxers decide to punch a target: emergent behaviour in nonlinear dynamical movement systems. Journal of sports science & medicine, 5(CSSI), 60 .
15. Hristovski, R., Davids, K., Araujo, D., & Passos, P. (2011). Constraints-induced emergence of functional novelty in complex neurobiological systems: a basis for creativity in sport. Nonlinear Dynamics-Psychology and Life Sciences, 15.

16. Hristovski, R., Davids, K. W., & Araujo, D. (2009). Information for regulating action in sport: metastability and emergence of tactical solutions under ecological constraints. Perspectives on cognition and action in sport, 43-57 .
17. Jirsa, V. K., & Kelso, J. S. (2004). Integration and segregation of perceptual and motor behavior Coordination dynamics: issues and trends (pp. 243-259): Springer.
18. Jirsa, V. K., & Kelso, S. (2013). Coordination dynamics: Issues and trends: Springer.
19. Kelso, J. S. (2002). The complementary nature of coordination dynamics: Self-organization and agency. NONLINEAR PHENOMENA IN COMPLEX SYSTEMS-MINSK-, 5(4), 364-371 .
20. Kelso, J. S. (2012). Multistability and metastability: understanding dynamic coordination in the brain. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 367(1591), 906-918 .
21. Marsili, M., Challet, D., & Zecchina, R. (2000). Exact solution of a modified El Farol's bar problem: Efficiency and the role of market impact. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 280(3), 522-553 .
22. Newell, K. (1985). Coordination, control and skill. Advances in Psychology, 27, 295-317 .
23. Pinder, R. A., Davids, K., & Renshaw, I. (2012). Metastability and emergent performance of dynamic interceptive actions .Journal of Science and Medicine in Sport, 15(5), 437-443 .
24. Reader, S. M., & Laland, K. N. (2003). Animal innovation (Vol. 10): Oxford University Press Oxford.
25. Savelsbergh, G., & Van der Kamp, J. (2000). Information in learning to go-ordinate and control movements: Is there a need for specificity of practice? International Journal of Sport Psychology, 31(4), 467-484 .
26. Scott Kelso, J. (1995). Dynamic patterns: the self-organization of brain and behavior: Complex Adaptive Systems series. MIT Press, Bradford Book, Cambridge, MA.
27. Seifert, L., Button, C., & Davids, K. (2013). Key properties of expert movement systems in sport. Sports Medicine, 43(3), 167-178 .
28. Warren, W. H. (2006). The dynamics of perception and action. Psychological review, 113(2), 358 .
29. Zegers, D., Beckers, S., Hendrickx, R., Van Camp, J., de Craemer, V., Verrijken, A., . . . Desager, K. (2014). Mutation screen of the SIM1 gene in pediatric patients with early-onset obesity. International Journal of Obesity, 38(7), 1000-1004 .

Emergence of Meta-Stability and the Extent of Metastable Regions in Fencers with Different Motor Skill Levels

Bahram Ghaffari[1]- Mehdi Shahbazi[*2]- Seyyed Mehdi Aghapour Hasiri[3]- Elham Shirzad Eraghi[4]

1. PhD Student of Motor Learning and Control, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran 2. Associate Professor, Department of Motor Learning and Control, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran 3. Assistant Professor, Department of Motor Learning and Control, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran 4. Assistant Professor, Department of Sport Medicine, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran

(Received: 2015/11/24;Accepted: 2016/10/3)

Abstract

Meta-stability is a relatively stable region in which system components tend to cooperate to reach performance goals of movement while maintaining their separate and flexible characters. Participants were assigned to 3 skill groups: coordination (*n*=10), coordination control (*n*=10), and optimized control (*n*=10). Each two fencers fought in each group. Results of cluster analysis and empirical density indicated the emergence of a metastable region in coordination control group (between 1.689276- 2.270372), two metastable regions in optimized control group (between 0.9824658-1.00113699 and 1.843131-2.333738) and no metastable region in coordination group. Moreover, the binomial test showed that the proportion of using modes of actions in metastable regions in coordination control and optimized control groups had no significant difference (*P*=0.4888). But the extent of metastable region in the coordination control group was significantly greater. Findings of this study showed that fencers' motor system is metastable depending on their skill level and the extent of metastable regions was different in each level. To design learning and organizing practice, sport coaches can lead the athletes to metastable regions to emerge the most functional motor responses.

Keywords:

emergence, fencing, meta-stability, Newell's model, skill level.

[*] Corresponding Author: Email: shahbazimehdi@ut.ac.ir Tel: 021611188771

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی