رفتار حرکتی دوره۱۱، شماره ۳۸، زمستان ۱۳۹۸، صص ۱۱۴-۹۷

مقالهٔ پژوهشی

تأثیر قیود تکلیف بر تغییرپذیری هماهنگی در کوشش‌های موفق و ناموفق پاس چیپ فوتبال

مریم قوجقی[۱]، شهزاد طهماسبی بروجنی[۲]، سیدمهدی آقاپور[۳]، مهدی شهبازی[۴]، الهام شیرزاد[۵]

۱. دکترای کنترل حرکتی، دانشگاه تهران

۲. دانشیار رفتار حرکتی و روان شناسی ورزشی، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول)

۳. استادیار رفتار حرکتی، دانشگاه تهران

۴. دانشیار رفتار حرکتی و روان شناسی ورزشی، دانشگاه تهران

۵. استادیار بهداشت و طب ورزش، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۱۹

چکیده

جایگاه تغییرپذیری در اجرای ماهرانه همواره موضوعی موردبحث بوده است؛ بنابراین، هدف از انجام این پژوهش، بررسی تغییرپذیری هماهنگی بین کوشش‌های موفق و ناموفق در اجرای مهارت پاس چیپ بین بازیکنان ماهر فوتبال تحت تاثیر تغییرات قیود تکلیف بود. شرکت‌کنندگان این پژوهش ۱۰ مرد فوتبالیست راست‌پا با سن ۱/۴۱ ± ۲۲/۰۶ سال بودند که ۱۰ پاس چیپ فوتبال را در ارتفاع مانع و فواصل مختلف توپ تا مانع و هدف اجرا کردند (قید تکلیف). برای تعیین برتری پا از پرسش‌نامهٔ پابرتری واترلو (۱۳۹۰) و برای ارزیابی دقت اجرا از مقیاس هفت‌امتیازی لیکرت استفاده شد. از روش کُدگذاری بُرداری برای سنجش تغییرپذیری هماهنگی حرکتیِ داده‌های کینماتیک ثبت‌شده برای مفاصل مچ، زانو و ران پای ضربه‌زننده استفاده شد. برای بررسی توزیع طبیعی داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک و برای مقایسهٔ داده‌های کینماتیک در کوشش‌های موفق و ناموفق، از تحلیل واریانس با اندازه‌های مکرر در سطح معناداری ($P \leq 0.05$) استفاده شد. نتایج نشان داد که بین جفت‌شدگی مچ-زانو در کوشش‌های موفق و ناموفق در موقعیت اول (فاصلهٔ توپ تا هدف ۱۰ متر و ارتفاع مانع ۱/۵ متر) و موقعیت دوم (فاصلهٔ توپ تا هدف ۱۲ متر و ارتفاع مانع ۱/۷ متر) اعمال قیود تکلیف، تفاوت معنادار وجود داشت ($P = 0.01$)؛ درحالی‌که بین جفت‌شدگی ران-زانو در کوشش‌های موفق و ناموفق در موقعیت‌های اول و دوم تفاوت معنادار مشاهده نشد: ($P = 0.61$) و ($P = 0.36$). براساس

1. Email: m.ghojoghi@gmail.com
2. Email: shahzadtahmaseb@ut.ac.ir
3. Email: aghapour@ut.ac.ir
4. Email: shahbazimehdi@yahoo.com
5. Email: eshirzad@ut.ac.ir

نتایج پژوهش می‌توان گفت که احتمالاً افراد ماهر در کوشش‌های موفق خود قادرند از تغییرپذیری ذاتی سیستم به‌صورت کارکردی برای سازمان‌دهی بهینهٔ قیود تکلیف و بهبود اجرای حرکتی بهره ببرند.

واژگان کلیدی: **تغییرپذیری هماهنگی حرکتی، جفت‌شدگی مفاصل، پاس چیپ، کدگذاری برداری، سیستم‌های پویا.**

مقدمه

کاگلر[1] و همکاران (۱۹۸۲) و نیوول[2] (۱۹۹۶) از دیدگاه کنترل حرکتی بر نقش قیود در شکل‌گیری رفتارهای هماهنگ تأکید داشتند؛ زیرا، پایداری الگوهای هماهنگ کارکردی می‌تواند با قیود تحمیل‌شده بر اجراکنندگان تغییر کند (به نقل از ۱). این رویکرد که رویکرد قیدمحور[3] نامیده می‌شود، مکمل نظریهٔ سیستم‌های پویا درنظر گرفته می‌شود که توسط مدل قیود نیوول (۱۹۸۶) شهرت یافته است. رویکرد قیدمحور، از ابتدا به چهارچوبی نظری قدرتمند برای تشریح هماهنگی و کنترل حرکات انسان تبدیل شد (۲). قیود[4] به‌عنوان مرزها یا ویژگی‌هایی شناخته می‌شوند که عاملی تأثیرگذار بر موقعیت به‌دست‌آمده توسط سیستم حرکتی محسوب می‌شوند و این مرزها یا ویژگی‌ها به‌دنبال موقعیتی برای اندام‌ها هستند که به‌لحاظ کارکردی[5] ارجح باشد (۳). نیوول (۱۹۸۶) قیود را به سه دستهٔ مجزا طبقه‌بندی کرد تا چهارچوبی منسجم ارائه کند برای درک اینکه چگونه الگوهای حرکتی درطول اجرای حرکت ایجاد می‌شوند. این سه دسته از قیود شامل فرد[6] (نیوول (۱۹۸۶) آن را ارگانیسم[7] نامید)، محیط[8] و تکلیف[9] هستند (۱). قیود فرد یا ارگانیسم به ویژگی‌های ساختاری و عملکردی هر فرد اشاره می‌کنند. قیود محیطی، در طبیعت اغلب به‌صورت فیزیکی هستند و قیود تکلیف نسبت به قیود محیطی بیشتر مربوط به زمینه‌های ویژهٔ اجرا هستند. قیود تکلیف شامل قوانین تکلیف حرکتی، تجهیزات استفاده‌شده و منابع اطلاعاتی موجود در زمینه‌های خاص عملکرد هستند (۴).

1. Kugler
2. Newell
3. Constraints-Led Approach
4. Constraints
5. Functional
6. Individual
7. Organism
8. Environment
9. Task

«هماهنگی» به فرایندی گفته می‌شود که در آن اجزای گوناگون سیستم حرکتی با یکدیگر یکپارچه می‌شوند و در تعامل با هم باعث اجرای حرکتی هدفمند می‌شوند (۲). برای پژوهشگران کنترل حرکتی یکی از زمینه‌های پژوهشی جالب دربارهٔ هماهنگی حرکتی، عامل تغییرپذیری هماهنگی[1] است. تغییرپذیری هماهنگی حرکتی شامل فرایندهایی می‌شود که طی آن اجزای سیستم حرکتی برای کسب رابطه‌ای مناسب‌تر با سایر اجزا همکاری می‌کنند (۱). مطالعات انجام‌شده درزمینهٔ کنترل و بیومکانیک حرکتی نشان داده‌اند که میزان تغییرپذیری هماهنگی بین اجزای گوناگون بدن در اجرای تکالیف حرکتی می‌تواند اطلاعاتی مهم دربارهٔ کنترل حرکتی درطی فرایند اکتساب و یادگیری حرکتی ارائه کند (۵). تغییرپذیری از مهم‌ترین ویژگی‌های حرکت انسان به‌شمار می‌رود و به‌صورت تغییرات معمول اجرای حرکتی درطول تکرارهای متعدد یک تکلیف حرکتی تعریف می‌شود. ازآنجایی‌که تغییرپذیری امکان سازگارکردن مؤثر الگوهای حرکتی در محیط فراهم می‌کند، از اهمیت زیادی برخوردار است (۶). مدل نیوول (۱۹۸۵) اطلاعاتی مهم دربارهٔ تغییرپذیری هماهنگی فراهم می‌کند. وی فرایند یادگیری را به سه مرحلهٔ کلی طبقه‌بندی کرده است: مراحل هماهنگی،[2] کنترل[3] و مهارت.[4] «هماهنگی» مرحله‌ای است که در آن مؤلفه‌های سیستم حرکتی موجود (عضلات، مفاصل و اندام‌ها) در قالب یک الگوی حرکتی کارکردی شکل می‌گیرند تا به هدفی ویژه دست یابند (۱). ویژگی این مرحله سطح بالایی از ظهور تغییرپذیری هماهنگی است. مرحلهٔ «کنترل» به پارامتریزه‌کردن الگوی هماهنگی اشاره دارد. در این مرحله فرد در چالش کسب تناسب بین ساختار هماهنگ کسب‌شده و محیط اجراست. در این مرحله اجرای فرد تقریباً همسان می‌شود و تغییرپذیری هماهنگی کم است. در مدل نیوول، مرحلهٔ «مهارت» زمانی رخ می‌دهد که شاخص‌های بهینه به متغیرهای موجود در کارکرد هماهنگی اختصاص یابند. تنها بعد از گذشت یک دورهٔ درخور توجه از تمرین «باکیفیت» (تمرین تحت تاثیر قیود مختلف) فراگیر می‌تواند مرحلهٔ مهارت را کسب کند؛ به‌گونه‌ای‌که در آن الگوهای حرکتی فرد به‌خوبی تنظیم می‌شوند تا برای دستیابی به اهداف تکلیف کاملاً منعطف، کارآمد و مؤثر باشند. در این مرحله فرد قادر است ازبین الگوهای هماهنگی متعدد انتخاب کند. در این مرحله تغییرپذیری هماهنگی افزایش می‌یابد (۷).

1. Coordination Variability
2. Coordination
3. Control
4. Skill

درزمینهٔ کنترل حرکتی و پژوهش‌های مرتبط با اجرا، سؤال دربارهٔ تغییرپذیری حرکتی به‌صورت اجتناب‌ناپذیر مطرح می‌شود. پژوهشگران تصدیق می‌کنند که جایگاه تغییرپذیری در اجرای مهارت‌های حرکتی به‌ویژه در افراد ماهر همیشه موضوعی موردبحث بوده است (۴). نظریه‌های مختلف دیدگاه‌هایی متفاوت دربارهٔ تغییرپذیری حرکتی دارند؛ به‌طوری‌که رویکرد پردازش اطلاعات وجود تغییرپذیری در الگوی حرکتی را نتیجهٔ خطا درنظر می‌گیرد که منعکس‌کنندهٔ ناتوانی برنامه‌های حرکتی به‌کاررفته در پیش‌بینی پارامترهای موردنیاز است (۸). طبق دیدگاه پردازش اطلاعات، یادگیری حرکتی شامل کاهش تدریجی و درنهایت، ازبین‌بردن تغییرپذیری با هدف بهینه‌کردن دقت و کارایی الگوهای حرکتی است (۹). درمقابل، طبق رویکرد سیستم‌های پویاست[1] تغییرپذیری حرکتی به‌عنوان عامل زیان‌آور یا نشان‌دهندهٔ ناپایداری در یک مهارت حرکتی درنظر گرفته نمی‌شود؛ بلکه در اجرای افراد ماهر عاملی کلیدی در ایجاد سازگاری و انطباق‌پذیری است (۱۰). همچنین، نقش‌های کاربردی تغییرپذیری حرکتی ازجمله تسهیل نتایج حرکتی پایدار و سازگاری با قیود محیطی و تکلیف درحال‌تغییر مشخص شده‌اند (۱۱)؛ به‌عنوان‌مثال، بریکووا و بریل[2] (۲۰۰۲) بیان کردند که مهارت و نخبگی به خود حرکت اشاره نمی‌کند؛ بلکه به توانایی اجراکننده در انطباق با قیود خارجی می‌پردازد؛ این تعبیری است که در سال‌های اخیر برای بررسی تغییرپذیری در سیستم‌های نوروبیولوژی بسیار به آن توجه شده است (۴). برای بررسی رویکردهای جدید درزمینهٔ کنترل حرکتی، پژوهش‌های متعددی انجام شده‌اند که بررسی پیشینه نتایج متفاوت و وجود ابهام دربارهٔ نقش تغییرپذیری حرکتی و مقادیر آن در سطوح مختلف را نشان داده است؛ به‌عنوان‌مثال، برخی پژوهش‌ها مانند مطالعهٔ هیلی[3] و همکاران (۱۲) درزمینهٔ مهارت ژیمناستیک، مطالعهٔ چاو[4] و همکاران (۱۳) دربارهٔ مهارت ضربهٔ چیپ فوتبال تحت تاثیر تغییرات قیود تکلیف، مطالعهٔ باتن[5] و همکاران (۱۴) دربارهٔ تکلیف پرتاب آزاد بسکتبال و پژوهش مهدی‌زاده و همکاران (۱۵) در زمینهٔ مهارت رفت‌وبرگشتی چابکی، کاهش میزان تغییرپذیری را در افراد ماهر گزارش کرده‌اند. نتایج برخی از پژوهش‌ها با مدل نیوول هم‌راستاست و افزایش تغییرپذیری را در افراد ماهر نشان داده‌اند؛ ازجملهٔ این مطالعات، پژوهش ویلسون[6] و همکاران (۱۶) با عنوان «تغییرپذیری هماهنگی حرکتی و رشد مهارت در پرش سه‌گام» است. آن‌ها نشان دادند که در افراد ماهر تغییرپذیری هماهنگی حرکتی بین عضوها زیاد است؛ به‌عبارت‌دیگر، پژوهش آن‌ها از وجود رابطهٔ U شکل بین سطح مهارت و میزان تغییرپذیری هماهنگی حمایت می‌کند. یافته‌های

1. Dynamic Systems Approach
2. Biryukova & Bril
3. Hiley
4. Chow
5. Button
6. Wilson

حاصل از مطالعهٔ صائمی (۱۷) نیز بر نقش مثبت و جبرانی تغییرپذیری هماهنگی حرکتی در اجرای مهارت پرتاب آزاد بسکتبال تأکید کردند و نشان دادند که همراه با افزایش سطح مهارت افراد در تکلیف پرتاب آزاد بسکتبال، تغییرپذیری هماهنگی حرکتی نیز افزایش می‌یابد. برخی پژوهشگران به‌عنوان یک راه‌حل برای رفع ابهام‌های موجود بر انجام‌دادن پژوهش‌های بیشتر برای بررسی هم‌زمان تغییرات نتیجهٔ اجرا نسبت به تغییرات الگوهای هماهنگی و همچنین، استفاده از روش‌های غیرخطی برای توصیف دقیق فرایندهای دخیل در کنترل اعمال چندمفصلی هدفمند تأکید کردند؛ به‌همین‌دلیل، پژوهشگران به مطالعهٔ تعامل‌های بین تغییرپذیری حرکتی و سایر متغیرها ازجمله نتیجهٔ حرکت علاقه‌مند هستند (۱۹، ۱۸، ۱۳).

به‌طورکلی، پژوهش‌هایی بسیار کم تغییرپذیری حرکتی را تحت قیود مختلف در کوشش‌های موفق و ناموفق بررسی کرده‌اند که این پژوهش‌ها نیز به پرتاب آزاد بسکتبال و شوت واترپولو محدود بودند (۱۹، ۱۸). مالینوکس و اوول[1](۱۸) تغییرپذیری هماهنگی را بین کوشش‌های موفق و ناموفق در پرتاب آزاد بسکتبال، تنها در نیم ثانیه قبل از رهایی توپ با استفاده از روش وکتورکدینگ مقایسه کردند. نتایج نشان داد که در کوشش‌های موفق میزان تغییرپذیری از کوشش‌های ناموفق کمتر بود. در ادامه، تیلور[2]و همکاران (۱۹) تغییرپذیری حرکتی را در کوشش‌های موفق و ناموفق در مهارت شوت پنج‌متری واترپولو بررسی کردند. نتایج نشان داد که مقادیر تغییرپذیری برای کوشش‌های موفق در مقایسه با کوشش‌های ناموفق کمتر بوده است. پژوهش‌های انجام‌شده درزمینهٔ تغییرپذیری هماهنگی حرکتی مرتبط با نتیجهٔ اجرا بسیار محدود هستند و بیشتر مطالعات مقدار کلی تغییرپذیری را در فرایند اجرای تکلیف درنظر گرفته‌اند و همچنین، درزمینهٔ مهارت چیپ هیچ مطالعه‌ای انجام نشده است؛ براین‌اساس، برای بررسی بهتر رویکردهای جدیدتر، انجام مطالعات بیشتر به‌ویژه در اندام تحتانی ضروری به‌نظر می‌رسد. همچنین، بررسی تفاوت‌های موجود در تغییرپذیری حرکتی مرتبط با نتیجهٔ حرکت ممکن است به درکی درست از نقش کارکردی تغییرپذیری هماهنگی منجر شود؛ به‌عنوان‌مثال، امکان دارد تغییرپذیری دارای آستانه و حد بهینه‌ای باشد تا بتواند در اجرای افراد ماهر انطباق‌پذیری ایجاد کند یا به تسهیل عملکرد و حتی کاهش خطر آسیب منجر شود، اما بیشتر از این مقدار بهینه این کارکردها به‌خطر بیفتند (۲۰، ۱۱). انجام چنین پژوهشی ممکن است درک ما را دربارهٔ اینکه تغییرپذیری چگونه بر نتیجهٔ اجرا اثر می‌گذارد، افزایش دهد و همچنین، می‌تواند اطلاعاتی مفید برای مربیان فراهم کند که ازطریق چه الگوهایی به نتایج موفقیت‌آمیز دست یابند.

1. Mullineaux & Uhl
2. Taylor

تغییرپذیری هماهنگی حرکتی، سنجش از مقدار تغییرپذیری حرکتی موجود در یک عضو حین اجرای یک تکلیف حرکتی است که گمان می‌رود تحت تاثیر شرایط اعمال قیود مختلف و در کوشش‌های موفق و ناموفق، متفاوت باشد (۱۸). درحال‌حاضر، با توجه به دیدگاه‌های متفاوت دربارهٔ تغییرپذیری حرکتی، به انجام پژوهش‌های بیشتری نیاز است با هدف بررسی اثر سطح مهارت و نتایج اجرا بر تغییرپذیری حرکتی حین اجرای تکالیف حرکتی پیچیده و اینکه چگونه تغییرپذیری حرکتی می‌تواند به‌صورت کارکردی برای برطرف‌کردن نیازهای قیود اعمال‌شده بر تکلیف عمل کند (۱۵)؛ ازاین‌رو، هدف از انجام این پژوهش، بررسی تغییرپذیری هماهنگی بین کوشش‌های موفق و ناموفق در اجرای مهارت پاس چیپ بین بازیکنان ماهر فوتبال تحت تاثیر تغییرات قیود تکلیف است.

روش پژوهش

شرکت‌کنندگان این مطالعه ۱۰ مرد فوتبالیست راست‌پا با سن ۱/۴۱ ± ۲۲/۰۶ سال، قد ۴/۹۷ ± ۱۷۹/۴ سانتی‌متر، وزن ۵/۳۵ ± ۷۰/۵۵ کیلوگرم و شاخص تودهٔ بدنی ۱/۲۶ ± ۲۱/۸۱ کیلوگرم بر مترمربع بودند. معیار انتخاب آن‌ها به‌عنوان افراد ماهر، داشتن حداقل ۱۰ سال سابقهٔ بازی باشگاهی بود (۱۳). برای تعیین برتری پا از پرسش‌نامهٔ پابرتری واترلو[1] استفاده شد که مقدار آلفای کرونباخ پرسش‌نامه ۰/۹۲ گزارش شده است و روایی هم‌گرایی آن نیز تأیید شده است (۲۱). روش انتخاب آزمودنی‌ها نیز به‌صورت دردسترس بود. گفتنی است در این پژوهش مهم بود که شرکت‌کنندگان سابقهٔ آسیب‌دیدگی در شش ماه اخیر به‌ویژه در اندام تحتانی نداشته باشند.

در این پژوهش، از تکلیف پاس چیپ فوتبال استفاده شد که در آن فرد باید این مهارت را در دو موقعیت متفاوت به‌صورت درجا اجرا می‌کرد؛ در موقعیت اول، فرد دریافت‌کننده در فاصلهٔ ۱۰ متری از موقعیت ثابت توپ قرار گرفته بود و آزمودنی‌ها باید توپ را از میله‌ای با ارتفاع ۱/۵ متر رد می‌کردند که چهار متر با محل قرارگیری توپ فاصله داشت. در موقعیت دوم، فاصلهٔ توپ تا دریافت‌کننده ۱۲ متر بود و ارتفاع میله ۱/۷ متر از سطح زمین تنظیم شده بود و در فاصله پنج‌متری از محل قرارگیری توپ قرار داشت (۲۲). در این پژوهش، فاصلهٔ توپ تا مانع و موقعیت هدف (دریافت‌کننده) و ارتفاع میله به‌عنوان قید تکلیف اعمال شد (۲۲، ۱۳). برای کاهش اصطکاک بین سطح و پای ضربه‌زننده، موقعیت شروع به‌وسیلهٔ چمن مصنوعی به اندازهٔ چهار مترمربع پوشیده شد. برای اندازه‌گیری کینماتیک حرکت از دوربینی با سرعت زیاد (Casio Exilim EX-ZR 200) در دو بعد استفاده شد و روی سرعت فیلم‌برداری ۲۴۰ فریم در ثانیه تنظیم شد که در سمت راست آزمودنی‌ها به فاصلهٔ ۱/۸۳

1. Waterloo Footedness Questionnaire (WFQ-R)

متر از محل کاشت توپ قرار داده شده بود و داده‌ها نیز در صفحهٔ ساجیتال جمع‌آوری و تحلیل شدند (۲۳).

برای شروع فرایند جمع‌آوری اطلاعات قبل از اینکه شرکت‌کنندگان تکالیف حرکتی را اجرا کنند، اطلاعاتی دربارهٔ هدف پژوهش دراختیار آنان قرار گرفت و فیلمی ویدیوئی از ضربهٔ چیپ برای آشنایی با ویژگی‌های پرواز توپ برای آن‌ها نمایش داده شد تا مطمئن شویم آزمودنی‌ها هدف از اجرای تکلیف را به‌درستی درک کرده‌اند. پس از گرم‌کردن عمومی، برای گرم‌کردن اختصاصی از آن‌ها خواسته شد بدون نیاز به دقت در هدف‌گیری پنج ضربه به توپ بزنند. پس از مرحلهٔ گرم‌کردن، پنج نشانگر کروی‌شکل پاسیو در مکان‌های کلیدی به‌ترتیب روی بالاترین نقطهٔ تاج خاصره[1] برجستگی بزرگ ران[2] لقمهٔ خارجی استخوان ران[3] قوزک خارجی[4] و سطح خارجی سر استخوان پنجم کف پایی[5] قرار داده شدند. نشانگرها روی قسمت‌هایی از پوست گذاشته شدند که کمترین مقدار حرکت و لغزش اضافی روی استخوان‌ها را داشته باشند تا از هرگونه حرکت اضافی جلوگیری شود که ممکن است باعث کاهش دقت داده‌های پژوهش شود (۲۳، ۱۳). در ادامه تکلیف هدف اجرا شد که شامل اجرای پاس چیپ فوتبال در موقعیت‌های مدنظر بود. موقعیت‌های هدف قبل از اجرای ضربه‌ها، توسط آزمونگر روی زمین ترسیم شده بود. مانعی افقی به طول ۱/۷ متر که توسط دو میله عمودی حمایت می‌شد، ارتفاع مانع را به‌وجود می‌آورد. از باندهای رنگی استفاده شد تا مانعی بدون گرفتن مسیر دید افراد ایجاد شود. یک توپ فوتبال سایز پنج و تأییدشدهٔ فیفا در اجرای مهارت استفاده شد و تمامی شرکت‌کنندگان باید کفش‌های فوتبال سالنی و استرچ ورزشی می‌پوشیدند (۲۲، ۱۳). هریک از شرکت‌کنندگان پنج کوشش در موقعیت اول و پنج کوشش در موقعیت دوم اجرا کردند که برای تحلیل داده‌ها بیشترین امتیاز هر فرد به‌عنوان کوشش موفق و کمترین امتیاز هر فرد به‌عنوان کوشش ناموفق درنظر گرفته شد. گفتنی است که در شاخص لیکرت بیشترین امتیاز، هفت و کمترین امتیاز، یک است (۱۸).

پرتال جامع علوم انسانی

1. Iliac Crest
2. Greater Trochanter
3. Lateral Condyle
4. Lateral Malleolus
5. Head of Fifth Metatarsal

شکل ۱- نحوهٔ انجام‌دادن تکلیف

برای بررسی عملکرد گروه‌ها از متغیرهای کینماتیکی حرکت شامل تغییرپذیری هماهنگی در جفت‌شدگی مچ-زانو و تغییرپذیری هماهنگی در جفت‌شدگی زانو-ران استفاده شد که در ادامه نحوهٔ محاسبه و تحلیل آماری آن‌ها ارائه شده است. قبل از انجام هرگونه محاسبه، ابتدا و انتهای حرکت مشخص شد و اولین فلکشن در ران به‌عنوان شروع حرکت و لحظهٔ برخورد توپ با پا به‌عنوان پایان حرکت درنظر گرفته شد. فیلم‌ها در نرم‌افزار کینووا[1]تحلیل شدند (۲۴). در این نرم‌افزار مسیر حرکت پنج نشانگر در صفحه‌ای دوبعدی ردیابی شد و مختصات دوبعدی نشانگرها در هر فریم از فیلم به‌عنوان خروجی به‌دست آمد. اطلاعات خروجی مختصات دوبعدی با استفاده از فیلتر باترورث[2]مرتبهٔ چهار هموار شدند. با استفاده از مختصات دوبعدی به‌دست‌آمده و با به‌کارگیری روابط کسینوسی در مثلث، سه زاویهٔ مچ پا، زانو و ران در هر فیلم و برای همهٔ فریم‌ها با استفاده از نرم‌افزار متلب محاسبه شدند (۱۵).

برای سنجش تغییرپذیری هماهنگی درون‌عضوی بین مفاصل ران-زانو و زانو-مچ در عضو ضربه‌زننده، از روش کدگذاری برداری[3]استفاده شد. برای محاسبهٔ کدگذاری برداری، ابتدا فضای حالت ساخته می‌شود که در آن دو زاویه نسبت به هم در محور افقی و عمودی ترسیم می‌شوند. در این روش به‌صورت قراردادی عضو نزدیک به تنه[4]بر محور افقی و عضو دور از تنه[5]بر محور عمودی قرار می‌گیرند. زاویهٔ جفت‌شدگی بین دو عضو با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود (۱۸):

1. Kinovea
2. Butterworth
3. Vector Coding
4. Distal
5. Proximal

$$\phi_{VC}(i) = \tan^{-1}\left[\frac{\theta_{dist}(i+1) - \theta_{dist}(i)}{\theta_{prox}(i+1) - \theta_{prox}(i)}\right]$$

تغییرپذیری هماهنگی در روش کدگذاری برداری ازطریق محاسبهٔ انحراف معیار در هر لحظه از زمان (i) در کوشش‌های مختلف محاسبه می‌شود (۲۵، ۱۸). همچنین، برای ارزیابی دقت اجرا از مقیاس هفت‌امتیازی لیکرت[1](جدول شمارهٔ یک) استفاده شد که اعتبار محتوایی این مقیاس تأیید شده است و پایایی آن برابر با ۹۶ درصد گزارش شده است. تمرکز اصلی مقیاس رتبه‌بندی لیکرت در ارتباط با چگونگی اجرای پاس چیپ فوتبال برای غلبه بر قید ارتفاع و فاصله تا هدف و همچنین، ارزیابی دقت اجراست (۱۳). بدین‌منظور، یک نقطهٔ خاص برای فرد دریافت‌کننده درنظر گرفته شد که در موقعیت اول ۱۰ متر با محل توپ و در موقعیت دوم ۱۲ متر با محل قرارگیری توپ فاصله داشت. در ادامه، هفت دایره با اندازه‌های ذکرشده در جدول شمارهٔ یک نسبت به فرد دریافت‌کننده روی زمین ترسیم شد و امتیازهای آزمودنی متناسب با محل برخورد توپ لحاظ شدند.

جدول ۱- مقیاس هفت‌امتیازی لیکرت

شرح منطقهٔ فرود توپ	امتیاز
توپ به ناحیهٔ پای دریافت‌کننده (زیر زانو) برخورد کند یا در داخل منطقهٔ فرود درمقابل دریافت‌کننده (۰/۰ تا ۰/۶ متر) قرار گیرد.	۷
توپ به ناحیهٔ ران دریافت‌کننده (بین زانو و شکم) برخورد کند. توپ در ناحیهٔ بیرون از منطقهٔ فرود (۰/۶۱ متر تا یک متر) قرار گیرد.	۶
توپ به ناحیهٔ سینهٔ دریافت‌کننده (بالاتر از شکم) برخورد کند. توپ در فاصلهٔ ۱/۰۱ متر تا ۱/۵ متری از دریافت‌کننده فرود آید.	۵
توپ به سر دریافت‌کننده برخورد کند. توپ در فاصلهٔ ۱/۵۱ متر تا ۲ متری از دریافت‌کننده فرود آید.	۴
توپ در فاصلهٔ ۲/۰۱ متر تا ۲/۵۰ متری از دریافت‌کننده فرود آید.	۳
توپ در فاصلهٔ ۲/۵۱ متر تا ۳ متری از دریافت‌کننده فرود آید.	۲
توپ در فاصله بیش از ۳ متری از دریافت‌کننده فرود آید. توپ از مانع رد نشود یا قبل از رسیدن به دریافت‌کننده به مانع برخورد کند.	۱

در گروه ورزشکاران ماهر، متغیرهای کینماتیکی و دقت اجرا ازطریق تحلیل واریانس با اندازه‌های مکرر در سطح معناداری ۰/۰۵ مقایسه شدند. متغیرهای کینماتیکی پژوهش حاضر شامل سنجش تغییرپذیری هماهنگی در جفت‌شدگی مچ-زانو و زانو-ران پای ضربه‌زننده بود که از روش کدگذاری

1. 7-point Likert Rating Scale

برداری استفاده شد. همچنین، برای تجزیه‌وتحلیل شاخص‌های ذکرشده نرم‌افزار متلب[1]نسخهٔ ۲۰۱۴ به‌کار برده شد و برای محاسبهٔ دقت اجرا از مقیاس لیکرت استفاده شد. علاوه‌براین، برای تعیین طبیعی‌بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد. تحلیل آماری داده‌ها نیز با نرم‌افزار اس.پی.اس.اس.[2]نسخهٔ ۲۰ انجام شد.

نتایج

آزمودنی‌های پژوهش حاضر ۱۰ فوتبالیست بزرگسال ماهر بودند که نتایج حاصل از آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد که در متغیرهای مربوط به اطلاعات فردی آزمودنی‌ها ازجمله سن، قد، وزن و شاخص تودهٔ بدنی تفاوت معنادار وجود ندارد ($P \geq 0.05$). در جدول شمارهٔ دو میانگین و انحراف استاندارد کوشش‌های موفق و ناموفق آزمودنی‌ها در موقعیت‌های اول و دوم ارائه شده‌اند.

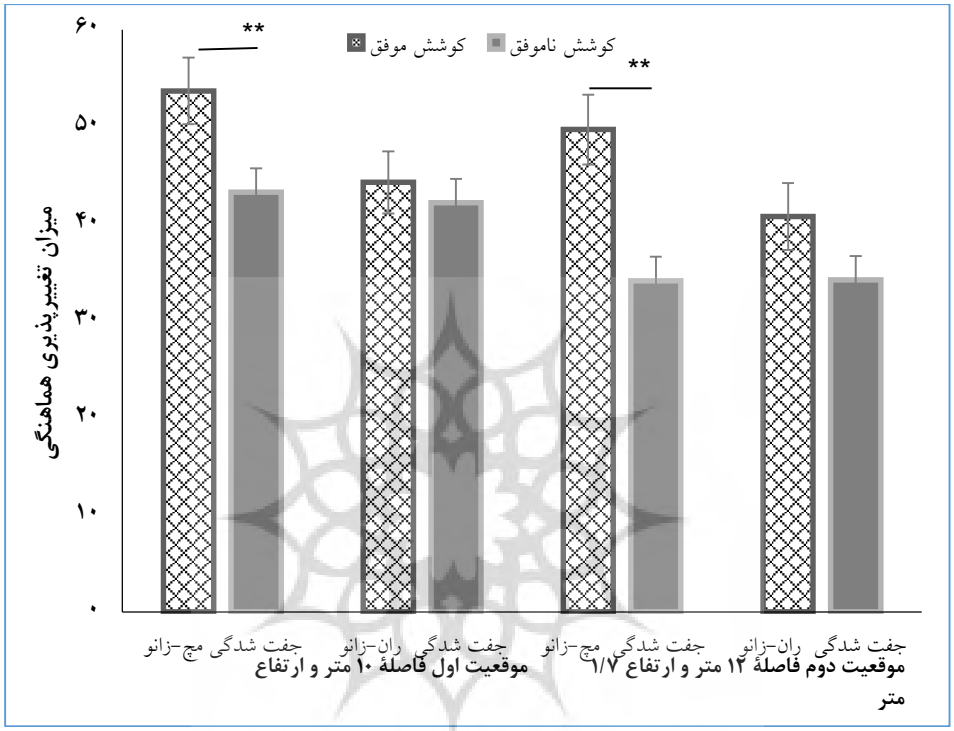
جدول ۲- میانگین و انحراف استاندارد امتیازها و تغییرپذیری هماهنگی جفت‌شدگی مفاصل مچ-زانو و ران-زانو در موقعیت‌های اول و دوم در کوشش‌های موفق و ناموفق شرکت‌کنندگان

موقعیت		کوشش‌های موفق	کوشش‌های ناموفق
اول: فاصلهٔ ۱۰ متر و ارتفاع ۱/۵ متر	امتیازها	۶/۳ ± ۰/۹۴	۲/۸ ± ۰/۷۸
	تغییرپذیری هماهنگی در جفت‌شدگی مچ-زانو	۵۳/۶۹ ± ۱۰/۸۷	۴۳/۲۴ ± ۱۱/۵۷
	تغییرپذیری هماهنگی در جفت‌شدگی ران-زانو	۴۴/۲۷ ± ۱۰/۱۳	۴۲/۱۶ ± ۱۳/۰۲
دوم: فاصلهٔ ۱۲ متر و ارتفاع ۱/۷ متر	امتیازها	۶/۸ ± ۰/۶۳	۳/۲ ± ۱/۰۳
	تغییرپذیری هماهنگی در جفت‌شدگی مچ-زانو	۴۹/۷۱ ± ۱۱/۳۸	۳۴/۱۳ ± ۱۸/۲۲
	تغییرپذیری هماهنگی در جفت‌شدگی ران-زانو	۴۰/۷۴ ± ۱۰/۹۱	۳۴/۲۱ ± ۱۰/۸۸

همچنین، از آزمون لِون[3]برای بررسی تجانس واریانس متغیرهای وابسته استفاده شد؛ براین‌اساس، بین واریانس متغیرهای وابسته تفاوت معنادار مشاهده نشد ($P \geq 0.05$). در شکل شمارهٔ دو نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر برای تغییرپذیری هماهنگی جفت‌شدگی مفاصل مچ-زانو و

1. MATLAB
2. SPSS
3. Levene's Test

ران-زانو در موقعیت اول (فاصله ۱۰ متر و ارتفاع مانع ۱/۵ متر) و در موقعیت دوم (فاصله ۱۲ متر و ارتفاع مانع ۱/۷ متر) ارائه شده است.



شکل ۲- نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر برای تغییرپذیری هماهنگی جفت‌شدگی مفاصل مچ-زانو و ران-زانو در موقعیت‌های اول و دوم **: $P \leq 0.01$

در موقعیت اول (فاصلهٔ ۱۰ متر و ارتفاع مانع ۱/۵ متر) با تایید مفروضهٔ کرویت موخلی در تغییرپذیری هماهنگی جفت‌شدگی مفاصل مچ-زانو و ران-زانو ($P = 0.24$ ،$x2\ (5) = 6.77$)، نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که بین تغییرپذیری هماهنگی جفت‌شدگی مفاصل مچ-زانو در کوشش‌های موفق و ناموفق تفاوت معنادار وجود دارد ($P2\eta = 0.372$ ،$sig = 0.01$ ، $F_{(3.27)} = 5.32$)؛ درحالی‌که آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر در تغییرپذیری هماهنگی جفت‌شدگی مفاصل ران-زانو در کوشش‌های موفق و ناموفق تفاوتی معنادار را نشان نداد ($P = 0.61$).

در موقعیت دوم (فاصلهٔ ۱۲ متر و ارتفاع مانع ۱/۷ متر) با تأیید مفروضهٔ کرویت موخلی درمورد تغییرپذیری هماهنگی جفت‌شدگی مفاصل مچ-زانو و ران-زانو (x^2 (5) = 8.11 ،P = 0.016)، نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که بین تغییرپذیری هماهنگی جفت‌شدگی مفاصل مچ-زانو در کوشش‌های موفق و ناموفق که دارای شرایط اجرای دشوارتری نسبت به موقعیت اول هستند نیز تفاوت معنادار وجود دارد ($F_{(3,27)}$ = 6.17 sig = 0.002 P2η = 0.407)؛ درحالی‌که آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر در تغییرپذیری هماهنگی جفت‌شدگی مفاصل ران-زانو در کوشش‌های موفق و ناموفق تفاوتی معنادار را نشان نداد (P = 0.36).

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از انجام این پژوهش، بررسی تغییرپذیری هماهنگی بین کوشش‌های موفق و ناموفق در اجرای مهارت پاس چیپ بین بازیکنان ماهر فوتبال تحت تاثیر تغییرات قیود تکلیف بود. نتایج نشان داد که در جفت‌شدگی مچ-زانو مقدار تغییرپذیری هماهنگی در کوشش‌های موفق هم در موقعیت اول (فاصله ۱۰ متر و ارتفاع مانع ۱/۵ متر) و هم در موقعیت دوم (فاصلهٔ ۱۲ متر و ارتفاع مانع ۷۱/ متر) به‌طور معناداری از کوشش‌های ناموفق بیشتر بود؛ براین‌اساس، نتیجهٔ این پژوهش با پژوهش‌های پیشین هم‌خوانی ندارد (۱۹، ۱۸). نتایج این پژوهش‌ها نشان داد که در کوشش‌های موفق میزان تغییرپذیری از کوشش‌های ناموفق کمتر بوده است. همچنین، نتایج این پژوهش با نتایج برخی مطالعاتی که کوشش‌های موفق و ناموفق را به‌صورت مجزا بررسی نکرده‌اند، در تضاد است (۱۲-۱۵) و با برخی دیگر از پژوهش‌ها هم‌خوانی دارد (۱۷، ۱۶).

مقادیر زیاد تغییرپذیری مشاهده‌شده در جفت‌شدگی مفاصل مچ و زانو در هر دو شرایط قیود اعمال‌شده، به‌صورت تابعی از سطح مهارت با برخی پژوهش‌های پیشین نظیر ویلسون و همکاران (۱۶) در پرش سه‌گام و صائمی (۱۷) در اجرای مهارت پرتاب آزاد بسکتبال هم‌راستاست. شایان ذکر است که هیچ‌یک از این پژوهش‌ها کوشش‌های موفق و ناموفق را تفکیک نکرده‌اند و اجرای افراد ماهر را به‌صورت‌کلی بررسی کرده‌اند؛ به‌عنوان‌مثال، ویلسون و همکاران (۱۶) نشان دادند که همراه با افزایش عملکرد پرش سه‌گام در افراد ماهر تغییرپذیری هماهنگی بین‌عضوی نیز افزایش می‌یابد. درواقع، پژوهش آن‌ها از وجود رابطه‌ای U شکل بین سطح مهارت و میزان تغییرپذیری هماهنگی حمایت می‌کند؛ به‌عبارت‌دیگر، در مرحلهٔ نهایی یادگیری حرکتی یعنی افراد ماهر، تغییرپذیری حرکتی دارای نقش‌های کارکردی است که به انعطاف‌پذیری سیستم حرکتی در مقابله با قیود اعمال منجر می‌شود و باعث افزایش عملکرد حرکتی می‌شود. همچنین، نتایج پژوهش صائمی (۱۷) بر نقش مثبت و جبرانی تغییرپذیری هماهنگی حرکتی در اجرای مهارت پرتاب آزاد بسکتبال تأکید کرد و نشان داد که همراه

با افزایش سطح مهارت افراد در تکلیف پرتاب آزاد بسکتبال، تغییرپذیری هماهنگی حرکتی نیز افزایش می‌یابد (۱۷)؛ بنابراین، یافته‌های پژوهش حاضر همراه با نتایج پژوهش‌های ذکرشده که معتقدند عملکرد ماهرانه با افزایش تغییرپذیری هماهنگی به‌وقوع می‌پیوندد، با پیش‌بینی‌های رویکردهای سنتی پردازش اطلاعات که کسب نتایج حرکتی پایدار و موفق را حاصل تغییرناپذیری فرایندهای حرکتی می‌دانند، ناهمخوان است و با رویکردهای جدید سیستم‌های پویا هم‌راستاست.

همچنین، یافته‌های این بخش از پژوهش با برخی پژوهش‌های انجام‌شده دراین‌زمینه ناهم‌خوان هستند؛ به‌عنوان‌مثال، مهدی‌زاده و همکاران (۱۵) با استفاده از روش فاز نسبی پیوسته گزارش کردند که افراد ماهر در مهارت چابکی رفت‌وبرگشتی تغییرپذیری هماهنگی کمتری نسبت به افراد مبتدی دارند. همچنین، چاو و همکاران (۱۳) در پژوهش خود درزمینهٔ مهارت پاس چیپ فوتبال، کاهش معنادار در تغییرپذیری حرکتی را به‌صورت تابعی از سطح مهارت نشان دادند. شاید بتوان یکی از دلایل احتمالی هم‌خوان‌نبودن نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش مهدی‌زاده و همکاران (۱۵) را استفاده از مهارت‌ها و روش محاسباتی متفاوت دانست. در مطالعهٔ چاو که مهارت و قیود مشابه با پژوهش حاضر بررسی شده‌اند، از ریشهٔ مجذور میانگین خطای استانداردشده[1] برای سنجش تغییرپذیری حرکتی استفاده شده است. همچنین هیلی و همکاران (۱۲) از روش خطی انحراف استاندارد برای محاسبهٔ تغییرپذیری حرکتی در مهارت ژیمناستیک استفاده کردند و کاهش تغییرپذیری را در افراد ماهر گزارش کردند. در اینجا باید ذکر شود که مطالعهٔ رفتار حرکتی انسان که پیچیدگی بسیار زیادی دارد، تنها می‌تواند با استفاده از روش‌های غیرخطی تبیین شود. استفاده از روش‌های خطی حرکت انسان را در اجزای متفاوت و به‌صورت مجزا درنظر می‌گیرد، ولی حرکات ماهرانه سیستم‌هایی پیچیده هستند که اگر اجزای آن‌ها به‌صورت جداگانه تحلیل شوند، تحلیلی نادرست خواهد بود؛ زیرا، معیاری از پیچیدگی کل سیستم ارائه نمی‌کند؛ بنابراین، درنظرگرفتن سیستم حرکتی انسان به‌عنوان سیستمی پویا و پیچیده دلیلی برای استفاده از روش‌های غیرخطی برای مطالعهٔ آن است (۱۵، ۲۷)؛ به‌همین‌دلیل، در پژوهش حاضر از روش غیرخطی کدگذاری برداری استفاده شد و برای درک بهتر ساختار تغییرپذیری هماهنگی، کوشش‌های موفق و ناموفق به‌صورت مجزا بررسی شدند؛ درحالی‌که هیلی و همکاران (۱۲) و چاو و همکاران (۱۳) عملکرد افراد ماهر را به‌صورت‌کلی مطالعه کردند. تنها پژوهش‌هایی که رویکردی نسبتاً مشابه با پژوهش حاضر داشتند (۱۹، ۱۸)، به پرتاب آزاد بسکتبال و شوت واترپولو محدود بودند. نتایج این مطالعات نشان داد که

1. Normalized Root Mean Square Error (NoRMS)

مقادیر تغییرپذیری برای کوشش‌های موفق در مقایسه با کوشش‌های ناموفق کمتر بوده است. از دلایل احتمالی برای این نتایج متناقض ممکن است استفاده از مهارت‌های گوناگون در این پژوهش‌ها باشد. همچنین، اعمال قید تکلیف در این پژوهش یا روش محاسباتی متفاوت استفاده‌شده نیز ممکن است در متفاوت‌بودن نتایج اثرگذار باشد؛ به‌عنوان‌مثال، تیلور و همکاران (۱۹) از روش میانگین ضریب همبستگی متقابل[1] برای محاسبهٔ تغییرپذیری استفاده کرده بودند. مالینوکس و همکاران (۱۸) نیز از روش کدگذاری برداری استفاده کرده بودند، اما در مهارت متفاوت بدون اعمال قید تکلیف. طبق نتایج این پژوهش‌ها، به‌طورکلی ایجاد حرکت به‌عنوان نتیجهٔ برنامه‌های حرکتی تعمیم‌یافته[2] قلمداد می‌شود و سیستم عصبی مرکزی بالاترین سطح مرتبط با تصمیم‌گیری درنظر گرفته می‌شود. این دیدگاه کاهش تغییرپذیری را حاصل اجرای کارآمد الگوی حرکتی ارائه‌شده قلمداد می‌کند (۲۶) و وجود تغییرپذیری در الگوی حرکتی را نتیجهٔ خطا درنظر می‌گیرد که منعکس‌کنندهٔ ناتوانی برنامه‌های حرکتی به‌کاررفته در پیش‌بینی پارامترهای موردنیاز است (۸). طبق دیدگاه پردازش اطلاعات، یادگیری حرکتی شامل کاهش تدریجی و درنهایت، ازبین‌بردن تغییرپذیری با هدف بهینه‌کردن دقت و کارایی الگوهای حرکتی است (۹).

تغییرپذیری هماهنگی زیاد مشاهده‌شده در جفت‌شدگی مفاصل مچ-زانو به‌صورت تابعی از نتایج موفق در افراد ماهر را می‌توان توسط دیدگاه‌های سیستم‌های پویا و قیدمحور توجیه کرد. براساس این دیدگاه‌ها افراد ماهر قادرند از تغییرپذیری ذاتی سیستم به‌صورت کارکردی برای سازمان‌دهی بهینهٔ قیود تکلیف و بهبود اجرای حرکتی بهره ببرند. همچنین، تغییرپذیری که به‌طور سنتی به‌عنوان نویز یا عاملی مخرب برای عملکرد عادی درنظر گرفته می‌شد، عنصری ضروری برای عملکرد عادی و سالم است که به ایجاد انعطاف‌پذیری در انطباق با اغتشاش‌ها[3] منجر می‌شود (۲۷). همچنین، شایان ذکر است که طبق رویکردهای جدید مقداری بهینه برای تغییرپذیری[4] در سیستم‌های بیولوژیک وجود دارد که به‌طور مستقیم با اجرای مطلوب مرتبط است. از ویژگی‌های این تغییرپذیری داشتن ساختاری بسیار پیچیده و آشوب‌مانند[5] است. کاهش این مقدار بهینه از تغییرپذیری، از انعطاف‌پذیری سیستم بیولوژیک می‌کاهد و به حذف رفتارهای اکتشافی و تطابق‌پذیری سیستم حرکتی منجر می‌شود که درنهایت اجرای حرکتی را تخریب می‌کند. همچنین، افزایش تغییرپذیری فراتر از مقدار بهینه سیستم را پرخطا و بی‌ثبات می‌کند. هر دو حالت باعث می‌شوند سیستم در مواجهه با آشفتگی انطباقی کمتر

1. Mean Cross-Correlation Coefficient
2. Generalized Motor Programs
3. Perturbations
4. Optimal Amount of Variability
5. Chaotic

داشته باشد؛ بنابراین، سیستم‌های پایدار درعین سازگاری و انطباق‌پذیری زیاد، مجموعه‌ای غنی از راهبردهای[1] حرکتی شامل تغییرپذیری مطلوب را نیز حفظ می‌کنند (۷).

همچنین، در این پژوهش نشان داده شد که در جفت‌شدگی ران-زانو مقدار تغییرپذیری هماهنگی هم در موقعیت اول (فاصلهٔ ۱۰ متر و ارتفاع مانع ۱/۵ متر) و هم در موقعیت دوم (فاصلهٔ ۱۲ متر و ارتفاع مانع ۱/۷ متر) دربین کوشش‌های موفق و ناموفق تفاوت معنادار ندارد. نتایج این بخش از پژوهش با مطالعات مالینوکس و همکاران (۱۸) و تیلور و همکاران (۱۹) ناهم‌خوان است. در این پژوهش‌ها که به اندام فوقانی مربوط می‌شوند، تنها جفت‌شدگی آرنج-مچ دست بررسی شده است و نتایج نشان داده است که در کوشش‌های ناموفق نسبت به کوشش‌های موفق میزان تغییرپذیری بیشتر است.

طبق مطالعات متعددی که درزمینهٔ نحوهٔ سازمان‌دهی درجات آزادی ضربه‌های متفاوت فوتبال انجام شده‌اند، الگوی هماهنگی ضربهٔ فوتبال به‌صورت کیفی به‌عنوان توالی عضو نزدیک به تنه به عضو دور از تنه در پای ضربه‌زننده درنظر گرفته می‌شود. توالی کنترل حرکت از نزدیک به تنه به دور از تنه برای تولید بیشترین شتاب پا بسیار مهم است (۲۸-۳۰). نتایج این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که با افزایش سطح مهارت اجراکنندگان، کنترل‌کنندهٔ اصلی حرکت در مهارت‌ها عضو دور از تنه است (۳۲، ۸)؛ ازاین‌رو، یکی از علل احتمالی نبود تفاوت معنادار، نقش کمتر عضو نزدیک به تنه (جفت‌شدگی ران-زانو) در کنترل حرکت است. نتایج این بخش از پژوهش تأکید می‌کند که همیشه لازم نیست مقدار کلی تغییرپذیری مدنظر قرار گیرد؛ بلکه ویژگی‌های ذاتی آن است که باید درنظر گرفته شود؛ مانند نقشی کارکردی که ممکن است در اجرای افراد ماهر داشته باشد (۳۱). همچنین، تغییرپذیری حرکتی الزاماً نباید عاملی خوب یا بد مدنظر قرار گیرد. طبق رویکرد سیستم‌های پویا، به‌جای این دیدگاه، تغییرپذیری حرکتی ارائه‌دهندهٔ طیفی وسیع از راه‌حل‌های هماهنگی به‌شمار می‌رود که می‌توانند تکلیف مدنظر را انجام دهند. مقدار بسیار کم یا بسیار زیاد آن ممکن است برای عملکرد زیان‌آور باشد؛ بنابراین، ممکن است بین اعمال ماهرانه و مبتدی متفاوت باشد (۳۲). به‌احتمال‌زیاد، آستانهٔ شناسایی‌شده برای محدودهٔ بهینه به قیود تکلیف، محیط و ویژگی‌های خود فرد وابسته است و چالشی است که در پژوهش‌های آینده باید بررسی شود (۸). در ادامه باید بیان شود که سطوح تغییرپذیری هماهنگی ممکن است تحت‌تأثیر شرایط آزمایشی هر مطالعه قرار گیرند؛ به‌عنوان‌مثال، ممکن است اِعمال برخی قیود در جایگاه‌های متفاوت اجرای حرکت به‌دلیل نیاز کم به انطباق با

1. Strategies

اغتشاش‌های احتمالی یا تغییر شرایط محیطی، به انعطاف‌پذیری کمتری در اجرای حرکت نیاز داشته باشند. در چنین شرایطی احتمالاً برای اجرای بهینهٔ تکلیف مدنظر میزان تغییرپذیری جفت‌شدگی مفاصل کم است (۳۲). به‌هرحال، پژوهش حاضر تنها مطالعهٔ انجام‌شده برای مقایسهٔ تغییرپذیری هماهنگی کوشش‌های موفق و ناموفق در مهارت پاس چیپ فوتبال است و انجام‌دادن پژوهش‌های بیشتر لازم و ضروری است.

پیام مقاله: ممکن است مربیان با هدف ایجاد ثبات و پایداری در اجرای ورزشکاران با سطوح مهارتی بالا، برای محدودکردن تغییرپذیری در اجرا سعی کنند؛ درحالی‌که نتایج پژوهش حاضر نقش کارکردی و سودمند تغییرپذیری حرکتی را در افراد ماهر یادآور می‌شود. با توجه به این توضیح‌ها برای آموزش و تمرین‌دادن، مربیان باید سطح مهارت ورزشکار را درنظر بگیرند؛ بنابراین، حدی بهینه از تغییرپذیری هماهنگی در سیستم حرکتی درهنگام تنظیم تمرین‌های آموزشی در سطوح متفاوت مهارتی وجود دارد.

منابع

1. Davids K. Button C. Bennet S. Dynamics of Skill Acquisition. Champaign: Human Kinetics; 2008. p. 73-82.
2. Renshaw I, Chow JY, Davids K, Hammond J. A constraints-led perspective to understanding skill acquisition and game play: A basis for integration of motor learning theory and physical education praxis? Phys Educ Sport Pedagogy. 2010;15(2):117-37.
3. Button C, Smith J, Pepping GJ. The influential role of task constraints in acquiring football skills. London. Taylor & Francis; 2005. p. 481-9.
4. Newell KM, Corcos DM. Variability and motor control. Champaign, Illinois: Human kinetics; 1993. p. 231-6.
5. Davids K, Renshaw I, Glazier P. Movement models from sport reveal fundamental insights into coordination processes. Exerc Sport Sci Rev. 2005;33(1):36-42.
6. Davids K, Bennett S, Newell K. Movement system variability. Champaign: Human Kinetics; 2006. p. 363-9.
7. Stergiou N. Harbourne R. Cavanaugh J. Optimal movement variability: A new theoretical perspective for neurologic physical therapy. J Neurol Phys Ther. 2006;30(3):120-9.
8. Stergiou N, Decker LM. Human movement variability, nonlinear dynamics and pathology: Is there a connection? Hum Mov Sci. 2011;30(5):869-88.
9. Komar J, Seifert L, Thouvarecq R. What variability tells us about motor expertise: Measurements and perspectives from a complex system approach. Movement & Sport Sci. 2015; 89:65–77.
10. Seifert L, Button C, Davids K. Key properties of expert movement systems in sport: An ecological dynamics perspective. Sports Med. 2013;43(3):167-78.

11. Bartlett R, Wheat J, Robins M. Is movement variability important for sports biomechanics? Sports Biomech. 2007;6(2):224-43.
12. Hiley MJ, Zuevsky VV, Yeadon MR. Is skilled technique characterized by high or low variability? An analysis of high bar giant circles. Hum Movement Sci. 2013;32(1):171-80.
13. Chow JY, Davids K, Button C, Koh M. Variation in coordination of a multi-articular action as a function of skill level. Mot. Behav. 2007;39(6):463-79.
14. Button C, MacLeod M, Sanders R, Coleman S. Examining movement variability in the basketball free-throw action at different skill levels. Exerc & Sport. 2003;74(3):257-69.
15. Mehdizadeh S, Arshi AR, Davids K. Quantification of stability in an agility drill using linear and nonlinear measures of variability. Acta Bioeng Biomech. 2014;16(3): 59-67.
16. Wilson C, Simpson S, van Emmerik, REA, Hamill J. Coordination variability and skill development in elite triple jumpers. Sports Biomech. 2008;7(1):2-9.
17. Saemi E. Effect of various attentional strategies and skill level on performance and variability coordination: The role of visual information [Master´ thesis]. [Tehran]: Shahid Beheshti University; 2016. (In Persian).
18. Mullineaux DR, Uhl TL. Coordination-variability and kinematics of misses versus swishes of basketball free throws. Sports Sci. 2010;28(9):1017-24.
19. Taylor PG, Landeo R, Coogan J. Intraindividual movement variability within the 5 m Water Polo shot. Appl Biomech. 2014; 30:477-82.
20. Button C, MacLeod M, Sanders R, Coleman S. Examining movement variability in the basketball free-throw action at different skill levels. Res Q Exerc Sport. 2003;74(3):257–69.
21. Ali Poor A, Zamani M, Agah Haris M. Foot dominance an appropriate indicator for lateralization. Psychology. 2011;3(1):23-32. (In Persian).
22. Uehara LA, Button C, Davids K. The effects of focus of attention instructions on novices learning soccer chip. Braz. J. Biomotricity. 2008;2(1):63-77.
23. Yumeng I, Marion A, Chery G, Jeff L. Quantifying inter-segmental coordination during the instep soccer kicks. Int J Exerc Sci .2016;9(5):646-56.
24. Fabio P, Gaetano R. Video analysis in youth volleyball team. Hum Sport & Exerc. 2014;9(1):584-7.
25. Tepavac D, Field-Fote EC. Vector coding: A technique for quantification of inter-segmental coupling multicyclic behaviors. Appl Biomech. 2001;17(3):259-70.
26. Davids K, Glazier P, Araújo D, Bartlett RM. Movement systems as dynamical systems: The role of functional variability and its implications for sports medicine. Sports Med. 2003;33(4):245-60.
27. Hamill J, Van Emmerik RE, Heiderscheit BC. A dynamical system approach to lower extremity running injuries. Clin Biomech. 1999;14(5):297-308.
28. Anderson DI, Sidaway B. Coordination changes associated with practice of a soccer kick. Exerc & Sport. 1994;65(2):93-9.

29. Yumeng I, Marion A, Chery G, Jeff L. Quantifying inter-segmental coordination during the instep soccer kicks. Int J Exerc Sci. 2016;9(5):646-56.
30. Chow JY, Davids K, Button C, Koh M. Coordination changes in a discrete multi-articular action as a function of practice. Acta Psychol. 2008; 127:163-76.
31. Cazzola D, Pavei G, Preatoni E. Can coordination variability identify performance factors and skill level in competitive sport? The case of race walking. J Sport Health Sci. 2016;5(3):35-43.
32. Preatoni E, Hamill J, Harrison AJ, Hayes K, Van Emmerik RE, Wilson C, et al. Movement variability and skills monitoring in sports. Sport Biomech. 2013; 12: 69-92.

استناد به مقاله

قوجقی مریم، طهماسبی بروجنی شهزاد، آقاپور سیدمهدی، شهبازی مهدی، شیرزاد الهام. تأثیر قیود تکلیف بر تغییرپذیری هماهنگی در کوشش‌های موفق و ناموفق پاس چیپ فوتبال. رفتار حرکتی. زمستان ۱۳۹۸؛ ۱۱(۳۸): ۱۱۴-۹۷. شناسهٔ دیجیتال: 10.22089/mbj.2018.4732.1554

Ghojoghi M, Tahmasebi Boroujeni S, Aghapoor SM, Shahbazi M, Shirzad E. Effect of Task Constraints on Coordination Variability in Missed and Successful Trails of Chip Pass. Motor Behavior. Winter 2020; 11 (38): 97-114. (In Persian). Doi: 10.22089/mbj.2018.4732.1554

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Effect of Task Constraints on Coordination Variability in Missed and Successful Trails of Chip Pass

M. Ghojoghi[1], S. Tahmasebi Boroujeni[2], S. M. Aghapoor[3], M. Shahbazi[4], E. Shirzad[5]

1. Ph.D. of Motor Control, University of Tehran
2. Associate Professor. of Motor Behavior and Sport Psychology, University of Tehran
3. Assistance Professor of Motor Behavior, University of Tehran
4. Associate Professor of Motor Behavior and Sport Psychology University of Tehran
5. Assistant Professor of Health and Sports Medicine, University of Tehran

Received: 2017/09/09 **Accepted: 2018/01/09**

Abstract

Variability is discussable topic in skilled execution, therefore; the aim of the present study was to investigate coordination variability between missed and successful chip pass skill between expert soccer players under variation of the task constraints. Participants included 10 right-footed soccer men in the age 22.06 ± 1.41 years' old. They performed 10 passing soccer chips in different height of the barrier and various distances of ball to barrier and target (task constraints). Waterloo Footedness Questionnaire was used to determine of dominant foot and a 7-point Likert scale was used to evaluation of performance accuracy. Vector coding method was used to measure of motor coordination variability for recorded kinematic data form joints of the ankle, knee and hip of the kicking foot. All variables were found to be normally distributed (Shapiro Wilks > 0.05). Analysis of variance with repeated measures was used to compare kinematic data between missed and successful trails ($P \leq 0.05$). Results showed that significant difference exist in the ankle-knee couplings between missed and successful trails in the first (Ball distance to target 10 meters and the height of barrier 1.5 m) and second (Ball distance to target 12 meters and the height of barrier 1.7 m) statuses ($P = 0.01$). While in the hip-knee couplings no significant difference exists between missed and successful trails in the first and second statuses ($P = 0.61$), ($P = 0.36$). The results indicate that probably skilled in their successful trails are capable to benefit of inherent variability of the system functionally for optimal organization of the task constraints and improve motor performance.

Keywords: Motor Coordination Variability, Joints Coupling, Chip Pass, Vector Coding, Dynamic Systems.

1. Email: m.ghojoghi@gmail.com
2. Email: shahzadtahmaseb@ut.ac.ir
3. Email: aghapour@ut.ac.ir
4. Email: shahbazimehdi@yahoo.com
5. Email: eshirzad@ut.ac.ir