

پارامترهای سینماتیک فاز تیک آف در اسپک پشت خط والیبال

رضا نادرپور^۱، شهرام لنجان نژادیان^۲، احمد رضا موحدی^۳

۱. کارشناس ارشد بیومکانیک ورزش دانشگاه اصفهان

۲. استادیار آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی دانشگاه اصفهان*

۳. استاد رفتار حرکتی دانشگاه اصفهان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۰۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۱۶

چکیده

هدف از انجام پژوهش حاضر، مقایسه و تعیین ارتباط متغیرهای سینماتیکی مرحله تیک آف در اجراهای موفق و ناموفق اسپک پشت خط والیبال می باشد. بدین منظور، ۷۳ مورد اجرای صحیح اسپک پشت خط اجرا شده توسط هفت بازیکن نخبه جوان مورد بررسی قرار گرفت. تصویربرداری دو بعدی از تمام اجراها انجام و متغیرهای سینماتیکی مطلوب محاسبه گردید. نتایج نشان می دهد که بین سه متغیر نمره مهارت در اجرا، زاویه تیک آف و سرعت افقی توپ در اجراهای موفق و ناموفق، به لحاظ آماری تفاوت معناداری وجود دارد؛ در حالی که تفاوت سه متغیر زمان حمایت، سرعت برآیند تیک آف و ارتفاع پرش در اجراهای موفق و ناموفق، به لحاظ آماری معنادار نمی باشد. همچنین، نتایج بیانگر این است که بین ارتفاع پرش با سرعت و زاویه تیک آف رابطه وجود دارد؛ بنابراین، پیشنهاد می شود نسبت سرعت های افقی و عمودی تیک آف برای کسب موفقیت در اجرا مورد توجه قرار گیرد.

واژگان کلیدی: سینماتیک، اسپک پشت خط والیبال، تیک آف، هم بستگی

مقدمه

برای رسیدن به موفقیت در والیبال، برخورداری از حملات قوی موردنیاز است و اصلی‌ترین شکل حمله در بازی‌های پیشرفته، اسپک یا آبشار می‌باشد (۱). پژوهشگران در رده‌بندی مهارت‌های والیبال، مؤثرترین عامل پیش‌بینی کسب موفقیت یک تیم را حرکت اسپک می‌دانند (۲). اسپک پشت خط، یک نمونه از تکنیک‌های امتیازآور حمله و یکی از شش مهارت اصلی والیبال است که توسط بازیکنانی که در موقعیت عقب زمین می‌باشند اجرا می‌شود. در این حرکت بازیکن می‌بایست تا بیشترین حد امکان به سمت بالا پرش کند و قبل از فرود به توپ ضربه بزند (۱). اتخاذ تاکتیک اجرای اسپک پشت خط باعث استفاده از توانایی‌های بازیکنان ردیف عقب و مشارکت آن‌ها در حملات ناگهانی و نیز استفاده از توپ‌های سرگردان برای کسب امتیاز می‌شود. وجود بازیکنان قدرتی و پشت‌خطزن، همچون وزنه‌تعالی، در کمک به حفظ توازن توان حمله - دفاع در بازی بسیار ارزشمند می‌باشد.

از آن‌جا که بررسی این حرکت برای آگاهی از شرایط لازم برای موفقیت ضربه، اهمیت بالایی برای ورزشکار و مربی خواهد داشت؛ لذا، تحلیل بیومکانیکی اسپک می‌تواند برای بهبود تکنیک مورد استفاده قرار گیرد. شایان‌ذکر است که تاکنون، پژوهش‌های سینماتیکی و سینتیکی با رویکردهای متفاوت نسبت به مهارت اسپک صورت گرفته است؛ به‌عنوان مثال، لیو^۱ و همکاران، زمان‌بندی مناسب و هماهنگی حرکت اندام‌ها در اجرای حرکت اسپک را مورد بررسی قرار دادند و توصیه‌هایی (داشتن دامنه حرکتی کافی در اندام‌ها قبل از ضربه) را در این رابطه به مربیان و ورزشکاران ارائه نمودند (۳). کولمن^۲ و همکاران نیز به بررسی ارتباط بین سینماتیک زاویه‌ای اندام پایینی و سرعت عمودی مرکز جرم جسم در لحظه جداسدن در اجرای بازیکن سطح بالا پرداختند و نشان دادند که بین سینماتیک زاویه‌ای اندام پایینی در زمان جداسدن با ارتفاع پرش، ارتباطی وجود نداشت (۱). ایشان گزارش کردند که میانگین سرعت توپ پس از ضربه، به‌صورت معناداری با بیشینه سرعت زاویه‌ای مفصل شانه راست ارتباط دارد. همچنین، مارکز^۳ و همکاران، توالی اجرا و زمان‌بندی شروع و زوایای اجرا را در افراد مبتدی و حرفه‌ای مقایسه نمودند (۴). شهبازی مقدم و میرعابدی (۲۰۰۸) نیز جابه‌جایی اندام‌ها را به‌منظور محاسبه مؤلفه‌های سرعت مرکز ثقل در سه روش گام‌برداری در اسپک جلوی خط برآورد نمودند (۵). یافته‌های آن‌ها حاکی از وجود ارتباط بین مؤلفه سرعت عمودی مرکز ثقل با ارتفاع پرش در هر سه نوع گام‌برداری بود که این ارتباط در گام

-
1. Liu
 2. Coleman
 3. Marquez

بلند بیشتر مشاهده شد. علاوه بر این، هوانگ^۱ و همکاران، آنالیز سینماتیکی پرش اسپک پشت خط والیبال را با هدف تعیین و توصیف مشخصه‌های سینماتیکی پرش اسپک پشت خط با یک و دو پا انجام دادند (۶). نتایج این پژوهش نشان داد که پرش اسپک تک‌پا، دارای گام برداری سریع‌تر و سرعت افقی بیشتر مرکز ثقل در مرحله پرش و نیز زمان اسپک کمتر نسبت به پرش با دو پا می‌باشد؛ در حالی که پرش با دو پا می‌تواند ارتفاع بیشتری نسبت به جهش تک‌پا داشته باشد. آن‌ها برتری چشمگیری را از نظر کسب امتیاز برای اسپک با پرش یک‌پا نسبت به پرش با دو پا گزارش نمودند. نتایج پژوهش سینگ^۲ و سینگ نیز نشان داد که متغیرهای نیروی عکس‌العمل زمین در شرایط فرود طولانی در مقایسه با فرود نرمال، بیشتر بوده و بیشینه نیروی عمودی نیز چهار برابر نیروی افقی می‌باشد (۷). همچنین، هوانگ و همکاران در پژوهشی سینتیک دو نوع اسپک با پرش جفت‌پا^۳ و گام متعاقب^۴ را مورد بررسی قرار دادند (۸). در این پژوهش، تفاوتی بین ارتفاع دو پرش و زمان وارد کردن فشار مشاهده نشد. موندال^۵ نیز به بررسی ارتباط میان ارتفاع ضربه به توپ و سرعت توپ در اسپک با پاس کوتاه و بلند پرداخت (۹) که در یافته‌های او، ارتباط معناداری میان ارتفاع توپ و سرعت آن مشاهده نگردید. وی در مطالعه‌ای دیگر، ارتباط بین سرعت تیک آف و سرعت توپ را بررسی کرد و گزارش نمود که اسپک با پاس بلند، سرعت پرش بیشتری (۳/۶۶) نسبت به اسپک پاس کوتاه (۳/۳۳) دارد (۱۰). قابل ذکر است که یافته‌های وی حاکی از وجود ارتباطی منفی بین سرعت توپ و سرعت تیک آف ورزشکار بود.

ذکر این نکته ضرورت دارد که در اغلب پژوهش‌های صورت گرفته قبلی، حرکت اسپک زیر تور مورد بررسی قرار گرفته و بر جنبه‌های سینماتیکی حرکت تأکید شده است. ماهیت اجرای اسپک پشت خط با توجه به محدودیت قانونی پرش از پشت خط و وجود مانعی به نام تور در فاصله سه متری با خط حمله، با اسپک جلوی خط متفاوت می‌باشد. نقش کلیدی فاز تیک آف به عنوان یک حلقه ارتباطی در تولید و تبدیل نیروهای منجرشونده به تغییر در نحوه حرکت میان دورخیز و پرواز در اجرای یک اسپک و به ویژه اسپک پشت خط موفق، قابل انکار نمی‌باشد. بدیهی است که صرف افزایش سرعت دورخیز برای حمله، منجر به بهبود اجرا نخواهد شد. در پژوهش‌های پیشین، به نقش و ارتباط بین سرعت مرکز جرم ورزشکار در لحظه تماس با زمین با ارتفاع پرش و زمان حمایت و نیز موفقیت اجرا و تأثیر این متغیر بر مهارت توجهی نشده است. همچنین، نقش و ارتباط متغیرهای

-
4. Huang
 1. Singh
 2. Hop
 3. Step Close
 4. Mondal

بیومکانیکی اثرگذار سرعت و زاویه حرکت مرکز جرم ورزشکاران در لحظه پرش و نیز سرعت توپ بر اجرای اسپک پشت خط هم مورد توجه قرار نگرفته است؛ لذا، مقدار و تأثیر مؤلفه‌های نام‌برده بر موفقیت و صحت اجرای این حرکت برای بازیکنان و مربیان ناشناخته باقی مانده است. اجرای بهینه زنجیره‌ای از این مؤلفه‌ها می‌تواند منجر به یک اسپک خوب و امتیازآور برای بازیکنان پشت‌خطزن گردد. با توجه به اهمیت ذکر شده برای حرکت اسپک در تعیین موفقیت تیم‌ها، در پژوهش حاضر برای تکمیل این کمبودهای پژوهشی تلاش شد تا متغیرهای بیومکانیکی نام‌برده، در اجرای مرحله تیک‌آف اسپک پشت خط محاسبه گردد و ارتباط آن با موفقیت و صحت اجرا تعیین شود.

روش پژوهش

شرکت‌کنندگان در پژوهش حاضر، هفت نفر از بازیکنان تیم منتخب جوانان استان اصفهان (با میانگین سنی ۱۷/۵ سال، جرم ۶۹/۵ کیلوگرم، قد ۱۸۷ سانتی‌متر و سابقه ورزشی ۴/۵ سال) بودند که به صورت در دسترس انتخاب شدند. ورزشکاران انتخاب شده، بازیکنان قدرتی بودند که در اجرای اسپک قدرتی و پشت خط مهارت و توانایی داشتند. شایان ذکر است که تمامی شرکت‌کنندگان به جز یک نفر، راست‌دست بودند و سابقه هیچ‌گونه جراحی بدنی، به‌ویژه در اندام‌های درگیر در اجرای حرکت اسپک را نداشتند. جهت انجام پژوهش، ابتدا فرم رضایت‌نامه توسط هر آزمودنی تکمیل گردید و وزن، قد و طول اندام آزمودنی‌ها اندازه‌گیری و ثبت شد. نحوه جمع‌آوری داده‌ها و چگونگی حرکت آن‌ها در مسیر مشخص شده برای اجرا در جلوی دوربین، با شرکت‌کنندگان مرور شد و توضیحات کافی به آن‌ها ارائه گشت.

علاوه بر این، به منظور کالیبراسیون تصویر، نقاط رنگی متمایزی در فواصل پنج متری از هم در امتداد مسیر اجرای ورزشکار بر روی زمین نصب گردید. ذکر این نکته ضرورت دارد که مسیر اجرای ورزشکار، خطی مستقیم به موازات خط طولی زمین والیبال بود و لذا، فرض شد که حرکت در صفحه ساجیتال صورت می‌گیرد و اجرای تحلیل دوبعدی مناسب است. یک دوربین (کاسیو زد آر ۱۲۰۰) نیز به صورت عمود بر سطح ساجیتال بدن ورزشکار در مسیر حرکت، به فاصله ۱۲/۵ متری و در ارتفاع ۱/۳۵ متری بر روی سه‌پایه ثابت گشت. همچنین، میدان دید و زوم دوربین، کمی بیشتر از محیط کالیبراسیون انتخاب گردید؛ به نحوی که بدن شرکت‌کننده را حین اجرای اسپک از نظر ارتفاع ضربه به توپ و نیز گام آخر دورخیز، چند فریم مانده به مرحله تماس پاشنه با زمین پوشش دهد. فیلم‌برداری با فرکانس ۱۲۰ هرتز بر ثانیه انجام گرفت.

پیش از انجام آزمون، به شرکت‌کنندگان فرصت دلخواه برای گرم‌کردن و تمرین بدنی و ذهنی داده شد و از آن‌ها خواسته شد که چند بار حرکت در مسیر را تکرار و تمرین نمایند. در این پژوهش به‌منظور کسب اطلاعات سینماتیکی، نقطه ۵۷ درصدی از قد ورزشکاران که در حالت ایستاده به‌عنوان نماینده مرکز جرم در نظر گرفته می‌شود و در روش ساکرال نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد، با چسباندن یک نشانه رنگی متمایز مارکرگذاری گردید (۱۱). این نقطه به‌عنوان مرکز جرم در مباحث مدل‌سازی نیز مورد استفاده قرار گرفته است (۱۱). پس از گرم‌کردن و اعلام آمادگی شرکت‌کنندگان، هر ورزشکار اجزای خود را با فاصله‌های استراحت دلخواه انجام داد و این اجزای تا ضبط ۱۱ اجرای درست ادامه یافت. اجزایی که در آن خطا رخ داده بود و یا اسپکر از دریافت پاس راضی نبود، به‌عنوان اجرای نادرست محسوب گردیده و لذا، از مرحله تحلیل حذف گشت. دو نفر از مربیان با سابقه رشته والیبال، کار ارزیابی اجزای و اعطای نمره مهارت به هر اجرا را برعهده داشتند که پس از دیدن فیلم اجرای ورزشکار با سرعت معمولی، به هر اجرا نمره‌ای بین صفر تا ۱۰ را اختصاص می‌دادند.

در ادامه، فیلم‌های ثبت‌شده، در نرم‌افزار آنالیز حرکت دارت فیش^۱ نمایش داده شد و مختصات نقاط مورد نظر روی بدن ورزشکار در هر فیلم به‌دست آمد. این نقاط شامل: مفاصل اصلی درگیر در حرکت و نقطه مرکز جرم بود (همان‌طور که بیشتر عنوان شد، این نقطه، نقطه ۵۷ درصدی قد ورزشکار در حالت ایستاده بود). البته، در گزارش حاضر تنها اطلاعات نقطه مرکز جرم مورد استفاده قرار گرفته است. شایان‌ذکر است که مختصات پیکسلی نقاط با استفاده از روش ضریب مقیاس کالیبره گردید (رابطه یک).

$$P_c = S \times P_p \quad (1)$$

در رابطه فوق، P_c مختصات دوبعدی واقعی نقطه در دستگاه کارتزین^۲، S بردار ضرایب مقیاس و P_p مختصات پیکسلی نقطه در تصویر دوبعدی است. سپس، در نرم‌افزار متلب^۳، برنامه‌ای با رابط گرافیکی طراحی گردید تا سرعت لحظه‌ای در هنگام تماس پا با زمین از طریق مشتق‌گیری عددی به‌دست آید. علاوه‌براین، برای به‌دست‌آوردن سرعت افقی و عمودی مرکز جرم ورزشکار و برآیند آن‌ها در لحظه تماس، از مختصات مکانی مرکز جرم در لحظه تماس پاشنه پا با زمین و دو فریم قبل از آن استفاده شد. به‌منظور به‌دست‌آوردن سرعت‌ها در لحظه پرش نیز لحظه جداشدن انگشتان

-
1. Dartfish Teampro 7
 2. Cartesian
 3. MATLAB

پا از زمین و دو فریم پس از آن مورد استفاده قرار گرفت. پس از آن، در نرم افزار متلب، برنامه‌ای با رابط گرافیکی خاص طراحی گردید تا سرعت لحظه‌ای در هنگام تماس پا با زمین از طریق مشتق‌گیری عددی به دست آید. مطابق روابط دو و سه، برای به دست آوردن سرعت، از تفاضلات پیشروی مرتبه دو استفاده شد. سرعت‌های افقی، عمودی و برآیند مرکز جرم و زاویه حرکت مرکز جرم در لحظه پرش نیز به ترتیب با استفاده از رابطه‌های دو تا پنج محاسبه گردید.

$$v_x = (-3x_i + 4x_{i+1} - x_{i+2}) / (2\Delta t) \quad (2)$$

$$v_y = (-3y_i + 4y_{i+1} - y_{i+2}) / (2\Delta t) \quad (3)$$

$$v_{R \text{ take off}} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad (4)$$

$$\theta_{\text{take off}} = \tan^{-1}\left(\frac{v_y}{v_x}\right) \quad (5)$$

همچنین، برای محاسبه سرعت در لحظه تماس، از روابط شش و هفت به جای روابط دو و سه استفاده شد.

$$v_x = (3x_i - 4x_{i+1} + x_{i+2}) / (2\Delta t) \quad (6)$$

$$v_y = (3y_i - 4y_{i+1} + y_{i+2}) / (2\Delta t) \quad (7)$$

قابل ذکر است که اختلاف موقعیت عمودی مرکز جرم در لحظه پرش با بالاترین ارتفاع همین نقطه در فاز پرواز، به عنوان ارتفاع پرش در نظر گرفته شد.

علاوه بر این، مدت زمان تماس پای ورزشکاران با زمین به وسیله تعداد فریم‌های ثبت شده توسط دوربین در اجراها مشخص گردید. حساسیت دوربین‌ها در ثبت دقیق زمان تماس پا با زمین در یک آزمون آزمایشی با به کار بردن هم‌زمان دوربین‌های فیلم برداری در سرعت‌های ۱۲۰، ۲۴۰ و ۴۸۰ فریم در ثانیه و دستگاه فوت‌اسکن با فرکانس ۳۰۰ هرتز مقایسه گردید و در نهایت، فرکانس ۱۲۰ هرتز برای ثبت و تحلیل در پژوهش حاضر مناسب تشخیص داده شد. در این سرعت فیلم برداری، زمان هر فریم برابر با ۱/۱۲۰ ثانیه است و از ضرب تعداد فریم‌ها در این کسر، زمان حمایت به دست آمد.

مؤلفه‌های سرعت توپ نیز با استفاده از معادلات تفاضلات پیشروی مرتبه دو (روابط یک و دو) از لحظه جداسدن توپ از دست محاسبه شد. بدین ترتیب، سرعت توپ با استفاده از جمع برداری مؤلفه‌ها (رابطه سه) محاسبه گشت.

پس از محاسبه متغیرهای سینماتیکی (شامل: سرعت‌های افقی، عمودی و برآیند مرکز جرم در لحظات تماس و تیک‌آف، زاویه تیک‌آف، ارتفاع پرش، زمان حمایت و سرعت توپ)، از نرم‌افزار آماری

اس. پی. اس. اس^۱ نسخه ۱۹ استفاده شد و با استفاده از آزمون تی مستقل، متغیرهای مذکور در اجراهای موفق و ناموفق مقایسه گردیدند و ارتباط بین آن‌ها در اجراهای موفق و ناموفق از طریق محاسبه ضریب هم‌بستگی پیرسون بررسی گشت.

نتایج

در جدول شماره یک، میانگین و انحراف استاندارد مشخصه‌های سینماتیکی منتخب برای ورزشکاران در هنگام تماس پا با زمین و تیک آف نشان داده شده است. این متغیرها در اجراهای موفق و ناموفق از طریق آزمون تی مستقل مقایسه شده‌اند.

جدول ۱- مقایسه متغیرهای سینماتیکی در اجراهای موفق و ناموفق

متغیر	واحد اندازه‌گیری	اجراها				آزمون تی مستقل		
		موفق		ناموفق				
		میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد	درجه آزادی	مقدار تی معناداری	
نمره مهارت	-	۷/۶۵	۱/۱۲	۶/۴۷	۰/۸۸	۷۱	۴/۸۵	۰/۰۰**
ارتفاع پرش	سانتی‌متر	۶۱/۸	۷/۰۸	۵۹/۵	۷/۷۵	۷۱	۱/۳۳	۰/۱۹
زمان حمایت	میلی‌ثانیه	۳۶۰	۳۲	۳۵۴	۳۳	۷۱	۰/۶۸	۰/۵۰
سرعت افقی تماس	متر بر ثانیه	۳/۵۳	۰/۳۹	۳/۶۲	۰/۳۷	۷۱	-۰/۹۷	۰/۳۴
سرعت افقی تیک آف	متر بر ثانیه	۴/۰۸	۰/۵	۴/۲۹	۰/۴۷	۷۱	-۱/۷۶	۰/۰۸
سرعت عمودی تیک آف	متر بر ثانیه	۳/۲۷	۰/۴	۳/۱	۰/۳۳	۷۱	۱/۹۶	۰/۰۵۴
سرعت برآیند تیک آف	متر بر ثانیه	۵/۲۷	۰/۴	۵/۲۸	۰/۴۲	۷۱	-۰/۱۱	۰/۹۱
زاویه تیک آف	درجه	۳۸/۵۸	۵/۳۲	۳۵/۸۵	۴/۶۶	۷۱	۲/۲۷	۰/۰۳*
سرعت افقی توپ	متر بر ثانیه	۲۰/۶	۱/۹۴	۲۱/۸	۲/۶۸	۶۱	-۲/۳۰	۰/۰۴۶*

** معناداری در سطح ۰/۰۱

* معناداری در سطح ۰/۰۵

در جدول شماره دو، ارتباط بین متغیرهای منتخب سینماتیکی در اجراهای موفق و ناموفق که از طریق آزمون آماری هم‌بستگی پیرسون محاسبه گردیده‌اند، نشان داده شده است.

جدول ۲- هم‌بستگی - متغیرها در اجراهای موفق و ناموفق †

سرعت تغلس اولیه	سرعت تیگ آف	سرعت تیگ آف برایند	سرعت عمودی تیگ آف	زمان حمایت	زاویه تیگ آف	ارتفاع پرش	سرعت توپ
ضریب هم‌بستگی	۰/۳۲۹	۰/۰۷۵	۰/۳۰۴	۰/۳۰۴	۰/۳۰۴	۰/۰۶	۰/۳۰۸
معناداری	۰/۰۷۶	۰/۶۹۳	۰/۱۰۳	۰/۱۰۳	۰/۱۰۲	۰/۷۵۴	۰/۱۱۸
حجم نمونه	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۲۷
ضریب هم‌بستگی	۰/۳۴۴*	۰/۱۶۳	۰/۱۵۱	۰/۱۵۱	۰/۴۵۹*	۰/۰۳۵	۰/۰۴۱
معناداری	۰/۰۲۴	۰/۳۸۹	۰/۴۲۶	۰/۴۲۶	۰/۰۱۱	۰/۸۵۴	۰/۸۳۹
حجم نمونه	۴۳	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۲۷
ضریب هم‌بستگی	۰/۲۳۷	۰/۴۰۶**	۰/۲۵۱	۰/۲۵۱	۰/۷۴۷**	۰/۳۸۱*	۰/۲۱۹
معناداری	۰/۱۲۶	۰/۰۰۷	۰/۱۸۱	۰/۱۸۱	۰/۰۰	۰/۰۳۸	۰/۲۷۲
حجم نمونه	۴۳	۴۳	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۲۷
ضریب هم‌بستگی	۰/۳۵۱*	۰/۱۲۵	۰/۳۷۱*	۰/۳۷۱*	۰/۰۹۳	۰/۱۲۲	۰/۱۵۸
معناداری	۰/۰۲۱	۰/۴۲۴	۰/۰۱۴	۰/۰۱۴	۰/۶۲۵	۰/۵۲۰	۰/۴۳۲
حجم نمونه	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۳۰	۳۰	۲۷
ضریب هم‌بستگی	۰/۵۱۱**	۰/۳۲۰*	۰/۷۲۲**	۰/۲۷۳	۰/۳۷۱*	۰/۱۲۵	۰/۱۲۵
معناداری	۰/۰۰	۰/۰۳۶	۰/۰۰	۰/۰۷۷	۰/۰۴۳	۰/۵۳۳	۰/۵۳۳
حجم نمونه	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۳۰	۳۰	۲۷
ضریب هم‌بستگی	۰/۰۰۶	۰/۱۵۶	۰/۳۳۸*	۰/۱۵	۰/۴۳۵**	۰/۰۴۶	۰/۰۴۶
معناداری	۰/۹۷۰	۰/۳۱۸	۰/۰۲۷	۰/۹۲۳	۰/۰۰۴	۰/۸۲۰	۰/۸۲۰
حجم نمونه	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۳۰	۲۷
ضریب هم‌بستگی	۰/۰۸۲	۰/۱۵۰	۰/۲۱۱	۰/۱۰۲	۰/۰۹۶	۰/۱۸۹	۰/۱۸۹
معناداری	۰/۶۳۵	۰/۳۸۲	۰/۲۱۷	۰/۵۵۶	۰/۵۷۸	۰/۲۶۹	۰/۲۶۹
حجم نمونه	۳۶	۳۶	۳۶	۳۶	۳۶	۳۶	۳۶

† اعداد مربوط به اجراهای موفق در زیر قطر اصلی و اعداد مربوط به اجراهای ناموفق در بالای قطر اصلی درج شده‌اند.

** معناداری در سطح ۰/۰۱ * معناداری در سطح ۰/۰۵

براساس یافته‌های جدول یک مشاهده می‌شود که در نمره مهارت، زاویه تیگ آف و سرعت افقی توپ بین اجراهای موفق و ناموفق تفاوت معناداری دارند. در سرعت افقی و عمودی مرکز جرم در لحظه تیگ آف نیز بین اجراهای موفق و ناموفق تفاوت قابل ملاحظه‌ای مشاهده می‌شود که در قسمت بحث و نتیجه‌گیری به آن اشاره خواهد شد.

همان‌گونه که در جدول دو مشاهده می‌شود، فارغ از نتیجه اجرا، ارتفاع پرش با سرعت عمودی و زاویه تیک‌آف هم‌بستگی مستقیمی دارد، اما سرعت توپ با هیچ‌کدام از عوامل مذکور هم‌بستگی ندارد. در اجراهای موفق نیز سرعت عمودی و زمان حمایت هم‌بستگی دارند؛ در صورتی که در اجراهای ناموفق این هم‌بستگی مشاهده نمی‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

هوانگ و همکاران، سرعت عمودی مرکز جرم در اسپیک پشت خط را در لحظه پرش تک‌پا به‌طور متوسط $۳/۵۵$ متر و در پرش با دوپا معادل $۳/۷۹$ متر بر ثانیه گزارش کردند (۶). کولمن و همکاران نیز متوسط سرعت عمودی مرکز جرم در لحظه تیک‌آف در اسپیک جلوی خط را در لحظه جداشدن $۳/۵۹$ متر بر ثانیه در اجرای بازیکن سطح بالا برآورد کردند (۱) و نتایج خود را با پژوهش سامسون و روی^۱ که سرعتی معادل $۳/۵$ متر را گزارش نموده بودند (۱۲) همخوان دانستند. در پژوهش حاضر، سرعت عمودی مرکز جرم در لحظه تیک‌آف برابر با $۳/۲۷$ متر بر ثانیه محاسبه گردید. سرعت عمودی ورزشکاران در تیک‌آف اسپیک پشت خط نیز حدود ۱۰ درصد از آنچه توسط کولمن و سامسون در اسپیک جلوی خط گزارش شده بود و نیز از گزارش هوانگ و همکاران در مورد اسپیک پشت خط کمتر بود که ممکن است این اختلاف به دلیل تفاوت در ویژگی‌های آنتروپومتری و میزان مهارت ورزشکاران بزرگسال با ورزشکاران جوان شرکت‌کننده در پژوهش حاضر و نیز نوع اسپیک اجرا شده باشد. نکته قابل توجه این است که بازیکنان زیر تور جهت رسیدن به ارتفاع بیشتر برای بالادستی بر مدافعین حریف و جلوگیری از برخورد بدن خود با تور پس از اجرای اسپیک، تلاش می‌کنند سرعت حرکت خود را در فاز پرش به سرعت عمودی تبدیل نمایند، اما بازیکنان پشت‌خطزن برای رسیدن به تویی که پاسور فراهم نموده است (که غالباً سریع و غافل‌گیرکننده نیز می‌باشد) و نیز عبور دادن آن از تور و نشان دادن آن در قسمتی از زمین که پوشش کمتری دارد، نیاز دارند که سرعت افقی خود را در حد مطلوب حفظ نمایند و این مسأله در صورتی که بخواهند به میزانی که در اسپیک جلوی خط نیرو وارد می‌کنند اعمال نیرو نمایند، موجب کم شدن ارتفاع پرش آن‌ها خواهد شد.

هوانگ و همکاران در پژوهش خود در اسپیک جلوی خط تک‌پای زنان، متوسط زمان تیک‌آف را ۱۹۸ میلی‌ثانیه دانستند و آن را برای پرش با دو پا معادل ۲۰۰ میلی‌ثانیه گزارش نمودند (۱۳). ایشان در پژوهشی دیگر، میانگین زمان تیک‌آف را برای اسپیک جفت و گام متعاقب به ترتیب ۳۱۶ و

۱. Samson & Roy

۳۵۲ میلی‌ثانیه دانستند و میانگین زمان اعمال نیرو برای این دو نوع اسپک را به ترتیب ۱۹۱ و ۱۹۵ میلی‌ثانیه گزارش نمودند (۸). در پژوهش حاضر، میانگین زمان حمایت در تیک‌آف اجراهای موفق، ۳۶۰ میلی‌ثانیه محاسبه شده است که با زمان گزارش شده توسط هوانگ در اسپک جلوی خط با گام متعاقب همخوانی دارد. دلیل اختلاف میان گزارش هوانگ و همکاران (۱۳) با گزارش دیگر هوانگ و همکاران (۸) و نیز پژوهش حاضر در زمان حمایت ممکن است ناشی از این باشد که آن‌ها مدت زمان اعمال نیرو را به عنوان زمان تیک‌آف در نظر گرفته‌اند.

با توجه به نتایج جدول شماره دو مشاهده می‌شود که در اجراهای موفق، میان متغیر زمان حمایت با سرعت افقی در لحظه تماس اولیه، ارتباط مستقیم و معناداری وجود دارد و میان زمان حمایت با سرعت عمودی در تیک‌آف نیز ارتباط معکوس و معناداری مشاهده می‌شود؛ این در حالی است که در اجراهای ناموفق، هیچ‌کدام از دو رابطه فوق معنادار نمی‌باشد. در این راستا، ساندرز^۱ گزارش نمود که سرعت عمودی پرش در ۵۰ تا ۷۰ درصد سرعت افقی دورخیز به بالاترین میزان خود می‌رسد (۱۴). در پژوهش حاضر، ارتباط میان دو متغیر سرعت عمودی در تیک‌آف و سرعت افقی در تماس اولیه، معکوس به دست آمد که البته، این ارتباط در اجراهای موفق و ناموفق معنادار نمی‌باشد؛ لذا، در مقایسه با گزارش ساندرز می‌توان نتیجه گرفت که سرعت افقی دورخیز شرکت‌کنندگان، بالاتر از ۵۰ تا ۷۰ درصد ماکزیمم بوده است.

علاوه بر این، نتایج جدول شماره دو حاکی از این است که ارتباط مستقیمی بین ارتفاع پرش با سرعت عمودی تیک‌آف و زاویه پرش وجود دارد که مورد اول با توجه به رابطه حرکت پرتابی در مکانیک کلاسیک، قابل انتظار می‌باشد. در این راستا، شهبازی و میرعابدی در پژوهش خود به بررسی ارتباط بین ارتفاع پرش و مؤلفه‌های عمودی و افقی سرعت در روش‌های متفاوت گام برداری حین دورخیز پرداختند (۵) و عنوان کردند که ارتباط معناداری بین مؤلفه عمودی سرعت و ارتفاع در سه نوع گام برداری کوتاه، متوسط و بلند وجود دارد و بیشترین سطح این ارتباط در گام بلند (که در آن، جابه‌جایی مرکز ثقل به صورت عمودی و افقی بیشتر می‌باشد) مشاهده می‌شود. شایان ذکر است که آن‌ها ارتباط معناداری را میان ارتفاع پرش و مؤلفه سرعت افقی دورخیز مشاهده نکردند و در گزارش خود، مقدار کمی سرعت‌ها را ارائه نمودند. همچنین، شهبازی و همکاران در پژوهش خود ارتباط میان طول گام آخر و ارتفاع پرش را مورد بررسی قرار دادند و عنوان کردند که ارتفاع پرش در گام کوتاه، بیشتر از گام بلند است (۱۵). با توجه به تفاوت سرعت عمودی در گام بلند و کوتاه، نتایج آن‌ها با یافته‌های پژوهش حاضر مشابه می‌باشد.

علاوه‌براین، با توجه به جدول شماره دو مشاهده می‌شود که ارتباط معناداری بین ارتفاع پرش و سرعت افقی در لحظه تماس اولیه در اجراهای موفق و ناموفق وجود ندارد. این امر به معنای مستقل بودن ارتفاع پرش از سرعت دورخیز می‌باشد. از سوی دیگر، هم‌بستگی منفی سرعت برآیند با زاویه تیک‌آف نشان می‌دهد که با افزایش سرعت برآیند، افزایش سرعت افقی، بیشتر از افزایش سرعت عمودی خواهد بود. به عبارت دیگر، افزایش سرعت افقی و در نتیجه سرعت برآیند، منجر به افزایش یکسان سرعت عمودی و افزایش ارتفاع پرش نخواهد شد. این یافته برخلاف باور رایج مربیان به افزایش سرعت دورخیز و کسب انرژی جنبشی برای تبدیل آن به سرعت عمودی و بالاتر پریدن می‌باشد. شایان ذکر است که در این پژوهش، ارتباط معناداری میان ارتفاع پرش با زمان حمایت مشاهده نگردید. البته، از آن‌جا که ارتباط ارتفاع پرش با سرعت عمودی تیک‌آف معنادار می‌باشد و نیز با توجه به وجود ارتباط معکوس معنادار بین سرعت عمودی تیک‌آف و زمان حمایت، می‌توان به‌طور غیرمستقیم، تأثیر زمان حمایت را مورد توجه قرار داد.

موندال نیز به بررسی ارتباط بین سرعت تیک‌آف و سرعت توپ پرداخت و گزارش کرد که ارتباطی منفی بین سرعت توپ و سرعت تیک‌آف ورزشکار وجود دارد (۱۰). با توجه به جدول شماره دو، در پژوهش حاضر بین سرعت توپ با سرعت افقی در لحظه تماس اولیه و سرعت عمودی تیک‌آف، ارتباط معناداری در اجراهای موفق و ناموفق وجود ندارد.

با توجه به موارد فوق می‌توان نتیجه گرفت که علی‌رغم این‌که پژوهشگران در پژوهش‌های پیشین به بررسی و تعیین اندازه کمی متغیرهای زمان حمایت، سرعت تیک‌آف و ارتفاع پرش پرداخته‌اند، اما هیچ‌کدام از پژوهش‌های ذکر شده، ارتباط این متغیرها را به شکل حاضر گزارش نکرده است و از آن‌جا که ارتفاع پرش و سرعت توپ به‌عنوان متغیرهای مستقیم، مورد توجه بازیکن و مربی می‌باشند، ارتباط این دو با متغیرهای فوق، حائز اهمیت بیشتری است.

با توجه به نتایج پژوهش حاضر مشاهده شد که سرعت توپ با هیچ‌یک از متغیرهای ذکر شده (نه در اجراهای موفق و نه در اجراهای ناموفق) ارتباط معناداری ندارد؛ در صورتی که ارتباط میان ارتفاع پرش با سرعت عمودی تیک‌آف و زاویه تیک‌آف معنادار می‌باشد. بدین ترتیب، به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان توجه به اهمیت سرعت عمودی و زاویه تیک‌آف را به مربیان و بازیکنان توصیه نمود.

منابع

1. Coleman S, Benham A, Northcott S. A three dimensional cinematographical analysis of the volleyball spike. *Journal of Sports Sciences*. 1993; 11(4): 295-302.
2. Cox R H. Relationship between selected volleyball skill components and team performance of Men's Northwest A volleyball teams. *Research Quarterly American Alliance for Health, Physical Education and Recreation*. 1974; 45(4): 441-5.

3. Liu L F, Liu G C, Sue C W, Huang C F. The application of range of motion (Rom) and coordination on volleyball spike. Proceedings of 26th International Symposium on Biomechanics in Sports (ISBS); Seoul; 2008 (July 14-18); 690-3.
4. Marquez W Q, Masumura M, Ae M. A biomechanical analysis of spike motion for different skill levels of male volleyball players. ISB XXth Congress - ASB 29th Annual Meeting; Cleveland, Ohio; 2005 (July 31- August 5); 518.
5. Shahbazi-Moghaddam M, Mirabedi A. Correlations between jump height and velocity components of different approach strides in power spiking. Proceedings of 26th International Symposium on Biomechanics in Sports (ISBS); Seoul; 2008 (July 14-18); 600-2.
6. Huang C, Liu G, Sheu T. Kinematic analysis of the volleyball back row jump spike. Proceedings of the XVIIth International Symposium on Biomechanics in Sports (ISBS); Perth, Australia; 1999 (June 30- July 6); 49-52.
7. Singh S K, Singh R. A kinetic study on ground reaction forces in landing conditions after spiking in volleyball. International Journal of Movement Education and Sport Sciences. 2014; 2(1): 105-8.
8. Huang K C, Hu L H, Huang C, Sheu T Y, Tsue C M. Kinetic and kinematic differences of two volleyball-spiking jumps. Proceedings of 20th International Symposium on Biomechanics in Sports (ISBS); Caceres, Spain; 2002 (July 1-5); 148-51.
9. Mondal P. Relationship between ball height and ball velocity in volleyball spiking. Asian Journal of Physical Education and Computer Science in Sports. 2013; 8(1): 105-7.
10. Mondal P. A study on the relationship between take off velocity and ball velocity in volleyball spiking. Indian Journal of Research. 2013; 3(5): 238-9.
11. Gard S A, Miff S C, Kuo A D. Comparison of kinematic and kinetic methods for computing the vertical motion of the body centre of mass during walking. Human Movement Science. 2004; 22(6): 597-610.
12. Samson J, Roy B. Biomechanical analysis of the volleyball spike. Biomechanics VB. Proceedings of the Fifth International Congress of Biomechanics; Jyv. skyl., Finland; 1976: 332-6.
13. Huang C F, Liu G C, Sheu T Y. A three-dimensional analysis of the volleyball one-foot jump spike. Proceedings of XVI Symposium of the International Society of Biomechanics in Sport (ISBS); Konstanz, Germany; 1998 (July 21-25); 196-9.
14. Saunders H L. A cinematographical study of the relationship between speed of movement and available force. University of Oregon. College of Human Development and Performance. Microform Publications, 1984.
15. Shahbazi M M, Mirabedi A, Gaeini A. The volleyball approach: An exploration of run-up last stride length with jump height and deviation in landing. Proceedings of XXVth Symposium of the International Society of Biomechanics in Sport (ISBS); Ouro Preto, Brazil; 2007 (August 23-27); 574-7.

استناد به مقاله

نادرپور رضا، لنجان‌نژادیان شهرام، موحدی احمدرضا. پارامترهای سینماتیک فاز تیک‌آف در اسپک پشت خط والیبال. مطالعات طب ورزشی. بهار و تابستان ۱۳۹۵؛ ۷(۱۹)، ۳۰-۱۷.

Naderpour. R, Lenjannejadian. Sh, Movahedi. A.R. Kinematic Parameters of Take-Off Phase in Volleyball Back Row Spike. Sport Medicine Studies. Spring & Summer 2016; 7 (19): 17-30. (Persian)



Kinematic Parameters of Take-Off Phase in Volleyball Back Row Spike

R. Naderpour^{1,3}, S. Lenjannejadian², A. Movahedi³

1. M.Sc. in Sport Biomechanics, University of Isfahan
2. Assistant Professor of Sport Injuries & Corrective Exercise, University of Isfahan *
3. Professor of Motor Behavior, University of Isfahan

Received Date: 2015/12/07

Accepted Date: 2016/06/26

Abstract

The purpose of this study was to compare and to determine the relationship between biomechanical parameters of take off in successful and unsuccessful volleyball back row spikes. Seventy three correct back row spikes performed by seven elite young volleyball players were investigated in this research. Two dimensional video recordings were done during all performances and the desired kinematic parameters were computed. The results demonstrate significant differences in skill score, horizontal velocity of ball, and angle of take off between successful and unsuccessful performances while, differences between support time, resultant velocity at take off and height of jump were not significant between successful and unsuccessful spikes. The correlation analysis also show a relationship between height of jump and both velocity and angle of take off. Therefore, it is suggested that the ratio of the horizontal and vertical take-off speeds to be considered for successful back row spikes.

Keywords: Kinematics, Volleyball Back Row Spike, Take off, Correlation

* Corresponding Author

E-mail: sh.lenjani@spr.ui.ac.ir