پیش‌بینی ارتفاع و زمان اجرای پرش بازیکنان نخبهٔ زن والیبال توسط متغیرهای کینماتیکی منتخب

نگین شاطرکاظمی[۱]، شهرزاد زندی*[۲]، الهام شیرزاد[۲]

۱. کارشناس ارشد، بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران

۲. استادیار، گروه بهداشت و طب ورزشی دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۱/۲۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۴/۱۱ شماره صفحات: **۴۷ تا ۵۶**

چکیده

با وجود تأثیر کینماتیک اجرای حرکت بر عملکرد ورزشی و اهمیت بهبود عملکرد بازیکنان در زمین بازی مطالعات کمی در خصوص چگونگی تأثیر متغیرهای مختلف بر عملکرد اسپک والیبال انجام شد. بنابراین، هدف تحقیق حاضر پیش‌بینی عملکرد پرش بازیکنان نخبهٔ زن والیبال توسط برخی متغیرهای بیومکانیکی است. سی نفر از بازیکنان زن نخبهٔ والیبال با میانگین سنی ۲۱/۴۴±۳/۴۲ با اظهار رضایت در تحقیق حاضر مشارکت کردند. کینماتیک حرکت اندام تحتانی با ۱۶ مارکر بازتابندهٔ نور به‌وسیلهٔ دستگاه تحلیل حرکت وایکان حین اجرای اسپک والیبال ثبت شد. پیش‌بینی ارتفاع پرش و زمان اجرای مرحلهٔ کانسنتریک پرش توسط متغیرهای سرعت مرکز جرم حین گام‌برداری، طول گام آخر، دامنهٔ حرکت مفاصل ران، زانو و مچ پا به وسیله آزمون رگرسیون گام‌به‌گام انجام شد ($\alpha\leq$۰/۰۵). نتایج تحقیق نشان داد که متغیرهای دامنهٔ حرکتی زانو، سرعت مرکز جرم و طول گام پیش‌بینی‌کنندهٔ زمان اجرا و سرعت مرکز جرم و دامنهٔ حرکتی مفصل ران پیش‌بینی‌کنندهٔ ارتفاع پرش هستند. با توجه به هدف و شرایط بازی، بازیکنان باید بر مراحل مختلف حرکتی و عوامل ویژه‌ای تمرکز داشته باشند.

کلیدواژه‌ها: والیبال، پرش، عملکرد اسپک، متغیرهای کینماتیکی ، نخبه.

Prediction of height and time of jump in elite female volleyball players with selected kinematic variables

Shaterkazemi, N[1]., Zandi, Sh[2]., Shirzad, E[2].

1. Master of Science, Sport Biomechanic, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Tehran University, Iran
2. Assistant Professor, Department of Health and Sports Medicine, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Tehran University, Iran

Abstract

Regarding the effects of the kinematics of the movement on athletic performance and the Importance of promoting athlete's performance on the sport fields, there is limited knowledge about the mechanism of the effect of different variables of volleyball spike. Therefore, the aim of this study was the prediction of jump performance in elite female volleyball players with selected kinematic variables. Thirty elite female volleyball players with mean age of 21.44±3.42 have volunteered for this study. Lower limbs kinematics have been recorded using 16 reflexive markers with Vicon motion analysis system during volleyball spike jump performance. Jump height and time of concentric phase of jump have been predicted by center of mas velocity during step, final step length and ranges of the motion of hip, knee and ankle with stepwise regression ($\alpha\leq0.05$). The results showed that knee range of motion center of mass velocity and step length could be the predictors for time of jump and center of mass velocity and hip range of motion could be the predictors for the jump height as well. Considering these results and the goal and situation of the volleyball match, the players should focus on different phases and affecting variables of the spike jump.

Keywords: Volleyball, Jump, Spike Performance, Kinematic Variables, Elite.

*. shzandi@ut.ac.ir

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.4.5]

[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.47]

مقدمه

والیبال یکی از مشهورترین ورزش‌های جهان است که دارای ورزشکاران و طرفداران زیادی می‌باشد. والیبال ورزشی است که، بیشتر دستگاه فسفاژن را در حین بازی درگیر می‌کند که مربوط به یک دورهٔ بازی بی‌هوازی در مسابقه می‌شود که شامل الگوهای انفجاری، سریع و حرکت‌های چابک و پرش و دفاع است (۱). والیبال رشته‌ای است که در آن همه تکنیک‌ها به یک اندازه در موفقیت تیم اثرگذار نیست (۲). ضربهٔ اسپک[1] و دفاع[2] بیان کننده ۴۵ درصد کل اجراها و ۸۰ درصد امتیازهای کسب‌شده در بازی‌های بین‌المللی هستند (۳). اسپک یکی از راه‌های مهم کسب امتیاز و پیروزی در مسابقه (۲) و همچون یک مهارت ضربه‌ای در والیبال سخت‌ترین تکنیک و نیازمند توان ویژه‌ای است (۴) که در آن ورزشکاران در پرش و با نیروی بیشینه و دقت در بیشینهٔ ارتفاع به توپ ضربه می‌زنند (۵). تکنیک اسپک دارای مراحل متوالی است که شامل گام‌برداری[3]، تماس با زمین (قبل از تیک‌آف)[4]، تیک‌آف[5]، پرواز[6]، ضربه[7] و فرود[8] است (۶). مراحل قبل از تیک‌آف را آمادگی می‌نامند. آمادگی به تولید سرعت افقی قبل از پرش منجر می‌شود و این سرعت به بازیکن کمک می‌کند تا به آمادگی لازم برای مرحلهٔ بعدی اجرا دست یابد. نیروی افقیِ تولیدشده، به نیروی عمودی تبدیل می‌شود و به اسپکر کمک می‌کند تا با استفاده از این مرحله، با کمترین جابه‌جایی افقی به بیشترین جابه‌جایی عمودی دست پیدا کند (۷). بنابراین، مرحلهٔ آمادگی یکی از اجزای مهم در حملهٔ موفق والیبال محسوب می‌شود. .بین مرحلهٔ تماس با زمین و تیک‌آف حرکتی مشابه کانترموومنت جامپ[9] اجرا می‌شود. با این تفاوت که قبل از انجام حرکت، سه گام به همراه تاب دست‌ها اجرا خواهد شد (۸). هر اسپک تکنیک و الگوی حرکتی ویژهٔ خود را دارد و تکنیک نیز به‌طور مستقیم بر عوامل مکانیکی متمرکز است (۵). تحلیل اجرای بازیکنان در سطوح مختلف بازی ممکن است بیان‌کنندهٔ نظریه‌های مختلف در این زمینه باشد. اعمال تغییرات در کینماتیک تکنیک اسپک می‌تواند در توسعهٔ برنامه‌های تمرینی و در نهایت در عملکرد بازیکنان در زمین تمرین و مسابقات مؤثر واقع شود (۹).

مطالعات نشان داده‌اند که اجرای تکنیک پیچیدهٔ اسپک به مؤلفه‌های متفاوتی در مراحل مختلف عملکرد نیاز دارد (۱۰) و ویژگی‌های حرکتی هر مرحله می‌تواند بر عملکرد نهایی بازیکنان تأثیرگذار باشد. تکنیکی که بازیکنان در حین اسپک اجرا می‌کنند، ممکن است با یکدیگر متفاوت باشد. در اسپک نیز، مانند بسیاری از تکنیک‌های پرش در رشته‌های مختلف ورزشی ارتفاع پرش اهمیت بیشتری دارد و هدف بازیکنان دستیابی به توپ و ضربه زدن به آن در بالاترین ارتفاع است. اما علاوه‌بر ارتفاع پرش، زمان اجرای پرش نیز در نتیجهٔ عملکرد بازیکن نقش دارد؛ به این دلیل که در بازی‌هایی با سطح بالا، دفاع در مقابل اسپک جایگاه ویژه‌ای دارد و زمان‌بندی درست اجرای پرش اسپک در موفقیت بازیکنان می‌تواند تأثیر مثبتی داشته باشد (۱۲-۱۰). نحوهٔ اجرای بازیکنان و کینماتیک اجرای آن‌ها در مراحل مختلف تکنیک اسپک می‌تواند در دو متغیر مهم یعنی ارتفاع پرش و زمان اجرای پرش نقش داشته باشد (۱۳). با توجه به هدف ورزشکاران و مربیان و پیچیده‌بودن تکنیک

1. Spike
2. Blocking
3. Approach
4. Plant
5. Take-off
6. Flight
7. Hitting
8. Landing
9. Countermovement Jump

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.4.5]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.47]

اسپک و همچنین اهداف و کاربردهای علم بیومکانیک می‌توان با به‌کارگیری این علم و استفاده از ابزارهای رایج در این حیطه به تحلیل حرکات و تکنیک اسپک در جهت پیشرفت بازیکنان در زمین بازی و مسابقات پرداخت. همان‌طورکه گفته شد یکی از مراحل اسپک گام‌برداری است و متغیرهایی که در این مرحله مورد توجه محققان قرار گرفته‌اند طول گام و سرعت مرکز جرم حین گام‌برداری هستند، برخی مطالعات به بررسی اثر این دو متغیر بر عملکرد پرش بازیکنان پرداخته‌اند. در مطالعاتی که وگنر و همکاران (۲۰۰۹) و همچنین لیو و همکاران (۲۰۰۱) دربارهٔ تحلیل کینماتیکی اسپک انجام دادند دریافتند که سرعت افقی مرکز جرم در مرحلهٔ گام‌برداری، می‌تواند بر ارتفاع پرش و تولید نیروی انفجاری تأثیر بگذارد (۸،۱۴). برخی دیگر از مطالعات نیز بر اثرگذار نبودن سرعت مرکز جرم در گام‌برداری بر عملکرد پرش بازیکنان دلالت دارند (۱۷-۱۵). طول گام نیز با توجه به اثری که بر متغیرهای کینتیکی و کینماتیکی دارد، می‌تواند در عملکرد پرش بازیکنان تغییر ایجاد کند. در مطالعاتی که شهبازی و همکاران (۲۰۰۷) و لیو و همکاران (۲۰۰۱) انجام دادند، بازیکنان تکنیک اسپک را با طول گام‌های متفاوتی اجرا کردند (۱۴،۱۸). در هر دو تحقیق بیان شده است که طول گام در متغیرهای کینتیکی و کینماتیکی نقش دارد و نتیجهٔ عملکرد پرش بازیکنان را تغییر می‌دهد. به‌طورکلی، سرعت مرکز جرم و طول گام می‌توانند بر متغیرهایی، از جمله ارتفاع پرش، سرعت عمودی و افقی مرکز جرم، زمان تماس با زمین، نرخ توسعهٔ نیرو (RFD)[1] و تکانه، اثر بگذارند و با تغییر این موارد، بر عملکرد اسپک بازیکنان مؤثر باشند (۱۶،۱۹،۲۰). بعد از مرحلهٔ گام‌برداری، مرحلهٔ تماس با زمین اجرا می‌شود. همان‌طور که گفته شد، در این مرحله، حرکتی مشابه کانترموومنت اجرا می‌شود. در حین انجام این مرحله، مفاصل اندام تحتانی خم می‌شود و در مرحلهٔ تیک‌آف باز می‌شود. در این مرحله، بیشینهٔ فلکشن مفاصل اندام تحتانی و دامنهٔ حرکتی مفاصل تا لحظهٔ تیک‌آف و زاویهٔ مفاصل در لحظهٔ تیک‌آف و نیز سرعت حرکت در این مرحله، در عملکرد بازیکنان نقش‌آفرینی می‌کند.

علاوه‌بر طول گام و سرعت گام‌برداری، کینماتیک اندام تحتانی قبل از جدایی از زمین، از جمله تغییر زوایای مفاصل و مقدار این زوایا در یک زمان مشخص از حرکت (بیشینهٔ مقدار فلکشن در مفاصل اندام تحتانی، میزان فلکشن مفاصل در لحظهٔ جدایی از زمین)، بر متغیرهای ذکرشده مؤثر است (۲۵-۸،۲۱). از عوامل اثرگذار بر عملکرد، زمان‌بندی مراحل مختلف در حین اجرای پرش در مرحلهٔ آمادگی را می‌توان نام برد (۱۷). در واقع، بازیکنان از راهبردهای پرش متفاوتی در والیبال استفاده می‌کنند و متغیرهای کینماتیکی و کینتیکی مرتبط با پرش تحت تأثیر این راهبردها قرار می‌گیرند (۲۶). هماهنگی میان مفاصل اندام تحتانی در پرش، به‌وسیلهٔ استراتژی به‌کارگرفته‌شده کنترل می‌شود و تا حدودی این استراتژی به ویژگی‌های دستگاه اسکلتی-عضلانی برمی‌گردد (۲۷). زاویهٔ مفصل زانو و زمان‌بندی آن بیان‌کننده میزان پایین‌آمدن مرکز جرم در مرحلهٔ آمادگی و گام‌برداری است (۱۷). برای ذخیرهٔ انرژی الاستیک، مقدار و سرعت خم‌شدن و نیز افزایش طول بازکننده‌های زانو و زمان‌بندی این متغیرها عوامل مهمی به شمار می‌آیند (۲۳). عملکرد پرش تحت تأثیر استراتژی اجرا

1. Rate of Force Development

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.4.5]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.47]

است و مقدار آن در زمانی که بار بیشتر به‌همراه دامنهٔ حرکتی کمتر باشد و برعکس، افزایش می‌یابد. در واقع، با تأیید تحقیقات گذشته میزان ناکافی جابه‌جایی رو به پایین مرکز جرم در مرحلهٔ اکسنتریک[1] (که ترکیبی از سه مفصل می‌باشد) به کاهش عملکرد پرش می‌انجامد (۲۵،۲۸). همچنین، بابرت و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که افزایش زاویهٔ فلکشن تا پیش از میزان دل‌خواه، به افزایش عملکرد منجر می‌شود، ولی بعد از آن اثر معناداری بر عملکرد پرش ندارد (۲۸). به‌طورکلی کینماتیک اندام تحتانی حین اجرای پرش می‌تواند عملکرد نهایی پرش را تحت تأثیر قرار دهد. وگنر نیز (۲۰۰۹)، در تحقیقی، به بررسی اثر مجموعه‌ای از متغیرهای کینماتیکی بر عملکرد پرش اسپک بازیکنان پرداخت (۸). نتایج حاصل بیان می‌کند که ارتفاع پرش با سرعت زاویه‌ای شانهٔ چپ، بیشینهٔ سرعت مرکز جرم و دامنهٔ حرکتی فلکشن-اکستنشن[2] زانوی راست ارتباط معنی‌دار دارد. همان‌طور که مشاهده شد، با وجود تأثیر زیاد این متغیرها بر عملکرد پرش، تعداد کمی از مطالعات به بررسی آنها در اجرای تکنیک اسپک پرداخته‌اند. مطالعه‌ای هم یافت نشد که هم‌زمان به بررسی تأثیر مجموعه‌ای از متغیرهای کینماتیکی بر ارتفاع و زمان اجرای پرش بپردازد. لذا با توجه به تاثیر چگونگی اجرا بر نتیجهٔ نهایی یک تکنیک، هدف تحقیق حاضر پیش‌بینی ارتفاع و زمان اجرای پرش بازیکنان نخبهٔ زن والیبال از طریق متغیرهای کینماتیکی منتخب می‌باشد.

روش‌شناسی

مطابق هدف تحقیق و نحوهٔ گردآوری داده‌ها، تحقیق حاضر از نوع مقطعی در دو بخش هم‌بستگی بود. به این منظور، ۳۰ نفر از بازیکنان زن والیبال که دست‌کم۳ سال در تیم‌های دستهٔ یک و دو تهران با رضایت در این تحقیق مشارکت کردند. شرکت‌کننده‌ها سالم بودند و آسیبی که در حین اجرا منجر به درد شود ندیده بودند. مشخصات آزمودنی‌ها شامل سن، قد، جرم و شاخص تودهٔ بدنی (BMI)[3] در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. مشخصات آزمودنی‌ها

مشخصات	میانگین±انحراف معیار	کمترین مقدار	بیشترین مقدار
سن	۲۱/۴۴ ± ۳/۴۲	۱۷/۰۰	۲۶/۰۰
قد	۱۷۴/۴۰ ± ۵/۷۴	۱۶۸/۰۰	۱۹۰/۰۰
جرم	۶۳/۷۲ ± ۷/۶۵	۵۳/۰۰	۸۶/۰۰
BMI	۲۰/۹۱ ± ۲/۴۴	۱۷/۶۷	۲۳/۸۲

برای ثبت اطلاعات ضروری تحقیق، از سیستم تحلیل حرکت وایکان (شش دوربین) با فرکانس ۲۴۰ هرتز (۸،۱۸،۲۹) آزمایشگاه بیومکانیک دانشکدهٔ تربیت بدنی دانشگاه تهران استفاده شد. تنظیمات و فرآیند لازم جهت کار با سیستم در هر روز از آزمون انجام گرفت. بقیهٔ ابزار مورد استفاده شامل ابزار اندازه‌گیری (متر نواری، کولیس، ترازو)، مارکر بازتابندهٔ نور، تور و توپ معلق در بالای تور بود. ابتدا، مشخصات فردی آزمودنی‌ها یادداشت شد و سپس قد، جرم، طول اندام تحتانی، فاصلهٔ میان دو خار خاصرهٔ قدامی-فوقانی،

1. Eccentric
2. Flexion-Extension
3. Body Mass Index

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.4.5]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.47]

فاصلهٔ میان اپی‌کندیل داخلی و خارجی ران و قوزک داخلی و خارجی مچ پا اندازه‌گیری و ثبت شد و روند اجرای آزمون برای آزمودنی تشریح شد. سپس، شانزده مارکر بازتابندهٔ نور مطابق الگوی پلاگین گیت[1] (۲۹) روی لندمارک‌ها (شکل ۱) شامل خارهای خاصره قدامی–فوقانی و خلفی–فوقانی، تنه فمور، اپی‌کندیل خارجی ران، تنهٔ ساق پا، قوزک خارجی، پاشنه و مفصل متاتارسوفلانژال اول بر روی هر دو اندام تحتانی قرار گرفت.



شکل ۱. لندمارک‌های اندام تحتانی در مدل پلاگین گیت

پیش از اجرای آزمون‌ها بازیکنان به مدت ۱۰ دقیقه گرم کردند. پس از آن، هر بازیکن برای سازگاری با محیط تکنیک اسپک را تمرین کرد و بعد از آن آزمون اصلی وی انجام شد. برای شبیه‌سازی با محیط واقعی والیبال، یک تور والیبال در ارتفاع ۲/۲۴ نصب شد. توپ والیبالی نیز با طناب به دیوار دو طرف آزمایشگاه متصل شد؛ به‌گونه‌ای که پشت تور والیبال در ارتفاع اندکی بالاتر از تور (ارتفاع معمول اصابت توپ به دست در ضربه اسپک) به‌صورت معلق قرار گیرد. خط تور و خط محدودهٔ سه متر نیز روی زمین مشخص شد. هر بازیکن پنج اسپک را اجرا کرد (شروع گام از پشت خط سه متر) و بین هر دو تکرار ۳۰ ثانیه استراحت داده شد. در صورتی که اطلاعات حرکت توسط سیستم به‌درستی ثبت نمی‌شد، آن اطلاعات حذف و دوباره تکرار می‌شد. سپس، فرآیند مورد نیاز جهت استخراج داده‌ها از نرم‌افزار سیستم تحلیل حرکت، Nexus 2.6.1، انجام شد. داده‌های کینماتیکی به‌دست‌آمده با استفاده از فیلتر باترورث مرتبهٔ چهار و با فرکانس برش ۱۰ هموار شدند (۹،۱۶،۲۰،۳۰) و در اکسل ذخیره شدند و سپس متغیرهای مورد نیاز تحقیق، یعنی دامنهٔ حرکتی مفاصل اندام تحتانی (غالب) از لحظهٔ کمینهٔ ارتفاع مرکز جرم تا لحظهٔ تیک‌آف، سرعت مرکز جرم حین گام‌برداری و طول گام آخر به عنوان متغیرهای پیش‌بین و زمان اجرا از لحظهٔ کمینهٔ ارتفاع مرکز جرم تا لحظهٔ تیک‌آف و ارتفاع پرش (اختلاف مکان مرکز جرم در دو لحظهٔ تیک‌آف و بیشینهٔ ارتفاع) به عنوان متغیرهای ملاک استخراج شدند. برای تخمین مکان

1. Plug-in Gate

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.4.5]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.47]

مرکز جرم، میانگین مکان ۴ مارکر لگن، مرکز جرم در نظر گرفته شد. برای بررسی و تجزیه و تحلیل اطلاعات به دست آمده از آمار توصیفی و استنباطی استفاده شد. برای تعیین میانگین و انحراف استاندارد از آمار توصیفی و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، رگرسیون گام به گام استفاده شد. آنالیز داده‌ها به وسیله نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ و در سطح معناداری ۰/۰۵ ≥ α انجام گرفت.

یافته‌ها

نتایج حاصل از بررسی توصیفی متغیرهای تحقیق در مرحلهٔ کانسنتریک حرکت پرش در جدول ۲ ارائه می‌شود.

جدول۲. نتایج تحلیل رگرسیون گام به گام در پیش‌بینی زمان مرحلهٔ کانسنتریک پرش

	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه
دامنهٔ حرکتی مفصل ران (درجه)	۴۷/۱۹	۸/۴۱	۳۰/۳۲	۶۴/۶۳
دامنهٔ حرکتی مفصل زانو (درجه)	۵۹/۶۵	۸/۶۲	۴۰/۷۶	۷۵/۸۹
دامنهٔ حرکتی مفصل مچ پا (درجه)	۴۴/۵۰	۷/۰۰	۲۹/۲۷	۶۳/۷۹
طول گام (متر)	۲۶/۵۴	۳/۰۵	۱۷/۱۱	۳۲/۲۲
سرعت مرکزجرم حین گام‌برداری (متر بر ثانیه)	۳/۱۱	۰/۳۶	۲/۱۳	۳/۶۷
ارتفاع پرش (متر)	۰/۳۸	۰/۰۴	۰/۲۹	۰/۴۶
زمان اجرا (ثانیه)	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۱۷

نتایج تحلیل رگرسیونی نشان داد که متغیرهای دامنهٔ حرکتی مفصل زانو، سرعت مرکز جرم و طول گام می‌توانند زمان مرحلهٔ کانسنتریک پرش را پیش‌بینی کنند (جدول ۳).

جدول۳. نتایج تحلیل رگرسیون گام به گام در پیش‌بینی زمان مرحلهٔ کانسنتریک پرش

گام	متغیر	R^2	R^2 تغییر	P
اول	دامنه حرکتی زانو	۰/۶۳۲	۰/۶۳۲	۰/۰۰۱*
دوم	سرعت مرکز جرم	۰/۷۰۰	۰/۰۶۸	۰/۰۰۱*
سوم	طول گام	۰/۷۵۵	۰/۰۵۵	۰/۰۰۱*

*در سطح ۰/۰۵ ≥α معنادار است.

جدول ۳ نشان می‌دهد که در گام اول متغیر دامنهٔ حرکتی مفصل زانو (۵۹/۶۵±۸/۶۲) به‌منزلهٔ قوی‌ترین متغیر پیش‌بین به‌تنهایی ۶۳/۲ درصد از واریانس متغیر ملاک، یعنی زمان اجرای پرش در بازیکنان والیبال، را پیش‌بینی می‌کند (P=۰/۰۰۱). در گام دومِ این تحلیل، متغیر سرعت مرکز جرم (۳/۱۱±۰/۳۶) به‌مثابهٔ متغیر دیگری که می‌تواند در مدل متغیر ملاک را پیش‌بینی کند، وارد معادلهٔ پیش‌بینی زمان شد که با اضافه‌شدن این متغیر، قدرت پیش‌بینی به ۷۰ درصد افزایش یافت (P=۰/۰۲۰). با افزوده‌شدن متغیر دوم، ۶/۸ درصد به قدرت پیش‌بینی افزوده شده است. همچنین، بااضافه‌شدن متغیر طول گام (۲/۶۵±۰/۳۰) به مدل رگرسیون، نشان داده که قدرت

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.4.5]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.47]

پیش‌بینی ۵/۵ درصد افزایش می‌یابد (P=۰/۰۲۳) و مدل رگرسیون می‌تواند ۷۵/۵ درصد واریانس زمان را پیش‌بینی کند (P=۰/۰۰). بقیهٔ متغیرها از مدل خارج شده‌اند؛ یعنی با وجود متغیرهای دامنهٔ حرکتی زانو، سرعت مرکز جرم و طول گام، دو متغیر دیگر (دامنهٔ حرکتی مفاصل ران و مچ پا) چندان نقشی برای پیش‌بینی پیدا نمی‌کنند. نتایج رگرسیون برای متغیر دیگر نشان داد که تنها دامنهٔ حرکتی مفصل ران (۸/۴۱±۴۷/۱۹) و سرعت مرکز جرم حین گام‌برداری (۰/۳۶±۳/۱۱) می‌توانند ارتفاع پرش (۴/۳۶±۳۸/۱۷) را پیش‌بینی کنند (جدول ۴).

جدول ۴. نتایج تحلیل رگرسیون گام به گام در پیش‌بینی ارتفاع پرش

گام	متغیر	R2	R2 تغییر	P
اول	سرعت مرکز جرم	۰/۲۰۸	۰/۲۰۸	۰/۰۱۱
دوم	دامنهٔ حرکتی مفصل ران	۰/۳۸۵	۰/۱۷۷	۰/۰۱۰

*در سطح P≤ ۰/۰۵ معنادار است.

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، تنها دو متغیر وارد مدل رگرسیون شدند و بقیهٔ متغیرها حذف گردیده‌اند. متغیری که بیشترین قدرت پیش‌بینی را داشته باشد، سرعت مرکز جرم است (P=۰/۰۱۱) که به‌تنهایی می‌تواند ۲۰/۸ درصد از واریانس متغیر ملاک، ارتفاع پرش، را پیش‌بینی کند. پس از آن، دامنهٔ حرکتی مفصل ران وارد مدل رگرسیونی شده (P=۰/۰۱۰) و با افزایش ۱۷/۷ درصد تغییرات، قدرت پیش‌بینی واریانس ارتفاع پرش را به ۳۸/۵ درصد رسانده است (P=۰/۰۰۱). در واقع، تنها این دو متغیر می‌توانند پیش‌بینی‌کنندهٔ خوبی برای ارتفاع پرش باشند و سه متغیر دیگر نقشی در پیش‌بینی نخواهند داشت.

بحث

هدف پژوهش حاضر، پیش‌بینی ارتفاع و زمان اجرای پرش بازیکنان نخبهٔ زن والیبال با استفاده از برخی متغیرهای کینماتیکی بود. نتایج نشان داد که در پیش‌بینی زمان اجرای پرش اسپک، سه متغیر از پنج متغیر مورد نظر نقش دارند و مهم‌ترین متغیر پیش‌بین دامنهٔ حرکتی مفصل زانو با مقدار میانگین ۵۹/۶۵ است. بعد از آن، سرعت مرکز جرم با میانگین ۳/۱۱ و در نهایت طول گام با میانگین ۲/۶۵ می‌توانند متغیرهایی باشند که به‌همراه دامنهٔ حرکتی مفصل زانو زمان مرحلهٔ کانسنتریک را پیش‌بینی می‌کند. همچنین، سرعت مرکز جرم و دامنهٔ حرکتی مفصل ران می‌توانند ارتفاع پرش را پیش‌بینی کنند. در این تحقیق، میانگین ارتفاع پرش بازیکنان ۴/۳۶±۳۸/۱۷ سانتی‌متر بود. میانگین ارتفاع پرش مشابه مطالعه‌ای است که هسیه (۲۰۱۰) انجام داد (۶±۳۸) (۱۶)، ولی مقدار بیشتری نسبت به تحقیق چن (۲۰۰۸) دارد که میانگین ارتفاع پرش را ۲/۶۱±۳۰/۲۰ گزارش کرده است (۳۱). میانگین زمان اجرای مرحلهٔ کانسنتریک تا لحظهٔ تیک‌آف در این مطالعه ۰/۰۲±۰/۱۳ ثانیه است و با میانگین‌این زمان در تحقیق هسیه و همکاران (۲۰۱۰) (۰/۰۳±۰/۲۰) متفاوت است (۱۶). ارتفاع پرش عامل مهمی در عملکرد پرش اسپک محسوب می‌شود. طبق مطالعات گذشته، کانترموومنت و تاب دست‌ها به افزایش ارتفاع پرش منجر می‌شوند (۳۴-۳۲). در مطالعهٔ حاضر نیز ارتفاع پرش با متغیرهای منتخب ارتباط

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.4.5]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.47]

دارد. سرعت افقی مرکز جرم می‌تواند ارتفاع پرش را پیش‌بینی کند، همان‌طور که در مطالعات دیگر سرعت مرکز جرم در مرحلهٔ گام‌برداری با ارتفاع پرش ارتباط دارد، ولی برخی مطالعات نیز به فقدان ارتباط معنادار میان ارتفاع پرش و سرعت افقی مرکز جرم اشاره دارند (۱۵،۱۶). علت ارتباط این دو متغیر را، داشتن قابلیت تبدیل سرعت افقی به سرعت عمودی بیان کرده‌اند و این زمانی اتفاق می‌افتد که آزمودنی مرد مورد نظر باشد و در بیشتر تحقیقاتی که نشان دادند این دو متغیر دارای ارتباط هستند آزمودنی مرد بوده است، ولی در تحقیق حاضر بازیکنانی که در مطالعه شرکت کرده‌اند بانوان هستند.

متغیر دیگری که می‌تواند ارتفاع پرش را پیش‌بینی کند، دامنهٔ حرکتی مفصل ران است که در تحقیق حاضر مقدار آن ۴۷/۱۹ درجه بود. طبق مطالعهٔ هانگ و همکاران (۲۰۰۲)، مشارکت مفصل ران و کاری که انجام می‌دهد نسبت به دو مفصل دیگر در مرحلهٔ کانسنتریک بیشتر است (۲۰). به‌طورکلی، بیشتر مطالعات انجام‌شده نشان دادند که بیشینهٔ فلکشن زانو و دامنهٔ حرکتی مفصل زانو می‌تواند با ارتفاع پرش ارتباط داشته باشد (۲۵)، اما در نتایج مطالعهٔ حاضر، دامنهٔ حرکتی مفصل زانو نتوانسته است ارتفاع پرش را پیش‌بینی کند. در مطالعهٔ موران و والاس (۲۰۰۷)، ارتفاع پرش با سرعت زاویه‌ای مفاصل اندام تحتانی و همچنین دامنهٔ حرکتی این مفاصل در اجرای سه حرکت کانترموومنت جامپ، دراپ جامپ و اسکات جامپ ارتباط دارد (۲۵). به‌طورکلی، میزان ناکافی جابه‌جایی رو به پایین مرکز جرم در مرحلهٔ اکسنتریک (که ترکیبی از حرکت سه مفصل است) به کاهش عملکرد پرش منجر می‌شود. از طرفی، پرش با دامنهٔ حرکتی کمتر و زمان تماس کمتر با زمین، موجب کاهش تکانهٔ کانسنتریک و کاهش سرعت می‌شود که برای عملکرد پرش ضروری است (۲۶). هماهنگی سگمنت‌ها در اجرای پرش می‌تواند بر عملکرد تأثیرگذار باشد. هنگام اجرای حرکت پرش توالی خاصی در کار تولیدشده توسط مفاصل اندام تحتانی وجود دارد و این مشارکت در اجرای نهایی به تولید نیرو در عضلات نیز بستگی دارد و اگر این توالی به‌درستی رعایت نشود، هیچ‌یک از مفاصل نمی‌توانند فعالیت خود را به‌درستی انجام دهند (۲۱). در این تحقیق، مقدار میانگین دامنهٔ حرکتی مفصل مچ پا ۴۴/۵ درجه بود و شاید بتوان علت اثرگذار نبودن دامنهٔ حرکتی مفاصل زانو و مچ پا را نداشتن توالی و هماهنگی میان اندام‌ها دانست. همچنین در مطالعهٔ مک‌ارلاین–نیلر و همکاران (۲۰۱۴) بیان می‌کنند که فلکشن بیشتر زانو در عملکرد پرش مشارکت ندارد، اما زاویهٔ مفصل مچ پا در لحظهٔ جدایی به‌مثابهٔ یک پارامتر کینماتیکی اثرگذار بوده‌است (۲۴). شاید به این دلیل دامنهٔ حرکتی مچ پا نتوانسته ارتفاع پرش را پیش‌بینی کند که زاویهٔ مفصل مچ پا بیشتر در لحظهٔ تیک‌آف اثرگذار است و این دامنهٔ حرکتی مفصل ران است که نقش بیشتری در ارتفاع پرش دارد. یکی از راه‌های افزایش سرعت افقی مرکز جرم افزایش طول گام است. در اینجا، با وجود اثرگذاری سرعت افقی بر ارتفاع پرش، طول گام نتوانسته ارتفاع پرش را پیش‌بینی کند. تغییر طول گام با تغییر متغیرهای کینتیکی می‌تواند بر سرعت تماس با زمین اثر بگذارد. در اینجا، می‌توان اثرگذار نبودنِ طول گام بر ارتفاع پرش را احتمالاً به دلیل عدم اعمال مناسب نیرو دانست.

یکی دیگر از متغیرهای بررسی شده در این تحقیق، زمان اجرای پرش از شروع مرحلهٔ کانسنتریک تا لحظهٔ

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.4.5]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.47]

تیک‌آف بوده است و متغیری که بیشتر از بقیهٔ می‌تواند زمان را پیش‌بینی کند، دامنهٔ حرکتی مفصل زانو است. به‌گفته کولمان و همکاران (۲۰۱۱)، زاویهٔ مفصل زانو و زمان‌بندی حرکت آن، میزان پایین‌آمدن مرکز جرم را نشان می‌دهد. برای ذخیرهٔ انرژی الاستیک، مقدار و سرعت خم‌شدن زانو و افزایش طول بازکننده‌های زانو و زمان‌بندی این متغیرها از پارامترهای مهم محسوب می‌شوند (۲۳). در زمان اجرای مرحلهٔ کانسنتریک، نیروی انفجاری تولیدشده اثرگذار است. شاید بتوان گفت دامنهٔ حرکتی کمتر، با توجه به بقیهٔ ویژگی‌های کینماتیکی حرکت، بر زمان اجرا تأثیر می‌گذارد. متغیر دیگری که توانسته با اضافه‌شدن به متغیر دامنهٔ حرکتی زانو، زمان اجرا را پیش‌بینی کند، سرعت افقی مرکز جرم حین گام‌برداری است. در واقع، با کاهش سرعت مرکز جرم، زمان اجرا کاهش می‌یابد. طبق مطالعهٔ هسیه و همکاران (۲۰۱۰)، میان زمان اجرای مرحلهٔ کانسنتریک و ارتفاع پرش رابطه عکس وجود دارد و از طرفی، میان ارتباط پرش و سرعت افقی مرکز جرم ارتباطی وجود ندارد (۱۶). در مطالعهٔ حاضر، بین زمان و ارتفاع پرش چنین رابطه‌ای دیده نشد، اما سرعت مرکز جرم به‌طور مثبت می‌تواند ارتفاع پرش را پیش‌بینی کند که با توجه به اهمیت زمان، سرعت افقی کمتر مرکز جرم به کاهش زمان اجرا منجر می‌شود. شاید بتوان علت را این‌گونه بیان کرد که سرعت افقی، که به سرعت مرحلهٔ تماس با زمین تبدیل می‌شود، نمی‌تواند قابلیت اکستنشن سریع مفاصل و در نهایت زمان کمتر اجرا را فراهم کند. در واقع، توانایی بازیکن در کاهش تکانهٔ رو به پایین و انتقال سریع آن به مرحلهٔ انفجاری پرش اهمیت زیادی دارد (۱). طول گام ممکن است به تغییر در سرعت افقی منجر شود و سرعت افقی نیز بر دیگر متغیرها اثرگذار است. با کاهش طول گام می‌توان زمان اجرای مرحلهٔ کانسنتریک را کاهش داد. طول گام می‌تواند بر فعالیت عضلانی و بارگذاری بر مفاصل و اندام تحتانی تأثیر داشته باشد و از این طریق بر خروجی اجرای پرش از جمله نیروی انفجاری تولیدشده مؤثر واقع شود.

نتیجه‌گیری

در مجموع، با درنظرگرفتن نتایج تحقیق حاضر، پیشنهاد می‌شود با بررسی متغیرهای مختلف بیومکانیکی و مطالعهٔ آنها در کنار یکدیگر، نتیجهٔ اجرای پرش پیش‌بینی شود. با توجه به موقعیت بازی و اینکه کدام‌یک از متغیرهای زمان یا ارتفاع پرش حائز اهمیت است، بازیکنان باید به نحوهٔ اجرای مراحل مختلف اسپک توجه کنند. بالابردن سرعت افقی مرکز جرم می‌تواند بر هر دو متغیر زمان اجرای پرش و ارتفاع آن تأثیر بگذارد. اگر هدف از اجرای حرکت بیشتر کاهش زمان اجرای پرش باشد، علاوه‌بر بالابردن سرعت افقی حرکت، افزایش طول گام و همچنین دامنهٔ حرکتی زانو می‌توانند بر کاهش زمان اجرای پرش تأثیر داشته باشند درحالی‌که برای افزایش ارتفاع پرش بهتر است، علاوه‌بر بالابردن سرعت افقی حرکت، بر افزایش سرعت اجرا و دامنهٔ حرکتی مفصل ران تمرکز شود.

منابع

1. Sattler, T., Sekulic, D., Esco, M.R., Mahmutovic, I., Hadzic, V. (2015). Anlysis of the association between isokinetic knee strength with offensive and defensive jumping capacity in high-level female volleyball athletes. Journal of Science and Medicine in Sport. 18(5):613-8.
2. Palao, J., Santos, J., Ureña, A. (2007). Effect of the manner of spike execution on spike performance in volleyball.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.4.5]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.47]

International Journal of Performance Analysis in Spor. 7(2):126-38.
3. Zhang, Y. (2010). An investigation on the anthropometry profile and its relationship with physical performance of elite Chinese women volleyball players. In, pp. Southern Cross University: Lismore, NSW.
4. Hussain, I. (2012). Kinematic factors and volleyball spike jump performance of state and national levels male volleyball players. The Shield-Research Journal of Physical Education & Sports Science. 7:50-7.
5. Singh, A.B., Rathore, V.S. (2013). Kinematic factors of off-speed and power spike techniques in volleyball. Journal of Education and Practice. 4(7):112-8.
6. Coleman, S., Benham, A., Northcott, S. (1993). A three-dimensional cinematographical analysis of the volleyball spike. Journal of Sports Sciences. 11(4):295-302.
7. Mann, M. (2008). The biomechanics of the volleyball spike/attack. Sports Biomechanics. 1-20.
8. Wagner, H., Tilp, M., Von Duvillard, S., Mueller, E. (2009). Kinematic analysis of volleyball spike jump. International Journal of Sports Medicine. 30(10):760-5.
9. Serrien, B., Ooijen, J., Goossens, M., Baeyens, J.P. (2016). A motion analysis in the volleyball spike–part 1: three-dimensional kinematics and performance. International Journal of Human Movement and Sports Sciences. 4(4):70-82.
10. Hsieh, C., Lamm, Z. (2016). Attack height and jump height for men's volleyball players. In ISBS-Conference Proceedings Archive.
11. Chung, C., Choi, K., Shin, I. (1990). Three dimensional kinematics of the striking arm during the volleyball spike. Korean Journal of Sport Science. 2:124-51.
12. Domire, Z.J., Challis, J.H. (2015). Maximum height and minimum time vertical jumping. Journal of Biomechanics. 48(11):2865-70.
13. Corrêa, S., de Menezes, R., Paiano, R., Bojikian, J.C., Silva, D., Ferreira, D., de Souza, A.F. (2007). Kinematic analysis of volleyball spike. In ISBS-Conference Proceedings Archive.
14. Liu, G., Huang, G., Huang, C. (2001). Effects of different approach lengths of the last stride on volleyballer run up vertical jumps. In ISBS-Conference Proceedings Archive.
15. Shahbazi-Moghaddam, M., Mirabedi, A. (2008). Correlations between jump height and velocity components of different approach strides in power spiking. In ISBS-Conference Proceedings Archive.
16. Hsieh, C., Christiansen, C.L. (2010). The effect of approach on spike jump height for female volleyball players. International Journal of Sports Science & Coaching. 5(3):373-80.
17. Hsieh, C., Heise, G.D. (2006). Important kinematic factors for female volleyball players in the performance of a spike jump. In The Americal Society of Biomechanics Conference.
18. Shahbazi, M., Mirabedi, A., Gaeini, A. (2007). The volleyball approach: an exploration of run-up last stride length with jump height and deviation in landing. In ISBS-Conference Proceedings Archive.
19. Hsieh, C., Cascarina, S., Pingatore, J. (2010). Kinetic effect of a four-step and step-close approach in a volleyball spike jump for female athletes. In ISBS-Conference Proceedings Archive.
20. Huang, K.C., Hu, L.H., Huang, C., Sheu, T.Y., Tsue, C.M. (2002). Kinetic and kinematic differences of two volleyball-spiking jumps. In ISBS-Conference Proceedings Archive.
21. Georgios, P., Fotis, K., Thomas, N., Vassilios, P., Iraklis, K. (2007). Influence of the ankle joint dorsiflexion on the execution of vertical jumps. In ISBS-Conference Proceedings Archive.
22. Gheller, R.G., Dal Pupo, J., Ache-Dias, J., Detanico, D., Padulo, J., dos Santos, S.G. (2015). Effect of different knee starting angles on intersegmental coordination and performance in vertical jumps. Human Movement Science. 42:71-80.
23. Kuhlmann, C.H., Roemer, K., Milani, T.L. (2011). Lowering velocity of the centre of mass during the approach affects jump height in volleyball spike jumps. In ISBS-Conference Proceedings Archive.
24. McErlain-Naylor, S., King, M., Pain, M.T.G. (2014). Determinants of countermovement jump performance: a kinetic and kinematic analysis. Journal of Sports Sciences. 32(19):1805-12.
25. Moran, K. A., Wallace, E.S. (2007). Eccentric loading and range of knee joint motion effects on performance enhancement in vertical jumping. Human Movement Science. 26(6):824-40.
26. Jidovtseff, B., Quievre, J., Nigel, H., Cronin, J. (2014). Influence of jumping strategy on kinetic parameters. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 54:129-38.
27. Vanrenterghem, J., Lees, A., Lenoir, M., Aerts, P., De Clercq, D. (2004). Performing the vertical jump: Movement adaptations for submaximal jumping. Human Movement Science. 22(6):713-27.
28. Bobbert, M.F., Casius, L.R., Sijpkens, I.W., Jaspers, R.T. (2008). Humans adjust control to initial squat depth in vertical squat jumping. Journal of Applied Physiology. 105(5):1428-40.
29. Tilp, M., Wagner, H., Müller, E. (2008). Differences in 3D kinematics between volleyball and beach volleyball spike movements. Sports Biomechanics. 7(3):386-97.
30. Marquez, W., Masumura, M., Ae, M. (2005). A Bio-mechanical analysis of spike motion for different skill levels of male volleyball players. In Proceedings of the 20th Congress of the International Society of Biomechanics and the 29th Annual Meeting of the American Society for Biomechanics, Clevezland Ohio.
31. Chen, Y.C., Huang, C.F. (2008). Kinematical analysis of female volleyball spike. In ISBS-Conference Proceedings Archive.
32. Hara, M., Shibayama, A., Takeshita, D., Fukashiro, S. (2006). The effect of arm swing on lower extremities in vertical jumping. Journal of Biomechanics. 39(13):2503-11.
33. Hara, M., Shibayama, A., Takeshita, D., Hay, D.C., Fukashiro, S. (2008). A comparison of the mechanical effect of arm swing and countermovement on the lower extremities in vertical jumping. Human Movement Science. 27(4):636-48.
34. Lees, A., Vanrenterghem, J., De Clercq, D. (2004). Understanding how an arm swing enhances performance in the vertical jump. Journal of Biomechanics. 37(12):1929-40.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.4.5]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.47]