مجله علوم پزشکی رازی دوره ۲۹، شماره ۲، اردیبهشت ۱۴۰۱
http://rjms.iums.ac.ir
مقاله پژوهشی

مقایسه پارامترهای کینماتیکی اندام تحتانی حین پرش کانتر مومنت در لحظات مختلف بازی فوتبال شبیه‌سازی‌شده

محمدعلی سربازی زرندی: کارشناسی ارشد بیومکانیک ورزشی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران.
محمدتقی امیری خراسانی: دانشیار بیومکانیک ورزشی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران (* نویسنده مسئول)amirikhorasani@uk.ac.ir
محمدرضا امیرسیف‌الدینی: دانشیار بیومکانیک ورزشی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: ضربات سر و پرش‌ها از جمله حرکت‌های حیاتی در فوتبال هستند که در میدان بازی به‌طور مکرر توسط بازیکنان اجرا می‌شوند. موفقیت در این حرکات می‌تواند مستقیماً بر نتیجه بازی تاثیرگذار باشد. در این میان، ارزیابی پارامترهای کینماتیکی اندام تحتانی حین پرش کانترمومنت می‌تواند اهمیت فراوانی داشته باشد، زیرا این پارامترها می‌توانند با عواملی نظیر خستگی، استقامت و تکنیک‌های فردی بازیکنان مرتبط باشند. به همین منظور مطالعه‌ای با هدف مقایسه پارامترهای کینماتیکی اندام تحتانی حین پرش کانترمومنت در لحظات مختلف بازی فوتبال شبیه‌سازی‌شده در بازیکنان فوتبال شهر کرمان انجام شد.

روش کار: این مطالعه شامل ۱۵ بازیکن تیم فوتبال جوانان صنعت مس کرمان با سابقه بازی در لیگ برتر جوانان کشور بود. میانگین سن بازیکنان ۱۸/۱۸ ± ۰/۸۵ سال، جرم ۶۵/۴۲ ± ۹/۵۱ کیلوگرم، و حداکثر اکسیژن مصرفی ۴۹/۲۱ ± ۴/۳۳ میلی‌لیتر بر دقیقه بود. بازیکنان در آزمون شبیه سازی شده فوتبال بنگ سبو شرکت کردند و سپس هر پانزده دقیقه پرش کانترمومنت انجام دادند. فیلم‌برداری با استفاده از سه دوربین [Sony A7S] با سرعت ۱۲۰ فریم بر ثانیه انجام شد. داده‌ها با نرم‌افزار [Kinova] تحلیل شدند و از تحلیل واریانس مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی برای بررسی تفاوت‌ها استفاده شد.

یافته‌ها: تفاوت‌های معناداری بین پارامترهای کینماتیکی اندام تحتانی در دقایق مختلف بازی فوتبال مشاهده شد. مقایسات زوجی نشان داد که بین ارتفاع پرش خلاف حرکت در دقایق ۱۵ و ۳۰ و قبل از شروع نیمه دوم تفاوت معنادار وجود دارد ($P < 0.05$)، اما در سایر مقایسات تفاوت معناداری دیده نشد ($P > 0.05$). همچنین، بین ارتفاع پرش دقیقه ۳۰ با قبل از نیمه دوم و دقیقه ۶۰ اختلاف معناداری وجود داشت.

نتیجه‌گیری: یافته‌ها نشان داد که عملکرد بازیکنان در پرش کانترمومنت در لحظات مختلف بازی فوتبال متفاوت است. بهترین عملکرد در دقیقه ۶۰ مشاهده شد، در حالی که ضعیف‌ترین عملکرد قبل از شروع نیمه دوم مشاهده شد. پس از دقیقه ۶۰ و با بروز خستگی، عملکرد بازیکنان افت کرد. تقویت فاکتورهای استقامت در توان، به تعویق انداختن خستگی و استفاده از تمرینات پلایومتریک با رعایت اصول پیشگیری از آسیب می‌تواند به بهبود عملکرد بازیکنان در زمان‌های مختلف بازی کمک کند.

تعارض منافع: گزارش نشده است.
منبع حمایت‌کننده: حامی مالی ندارد.

کلیدواژه‌ها
فوتبال،
دقایق مختلف بازی،
خستگی،
پرش خلاف حرکت،
توان اندام تحتانی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۵
تاریخ چاپ: ۱۴۰۱/۰۲/۲۴

شیوه استناد به این مقاله:
Sarbazi Zarandi M, Amirikhorasani M, Amirseyfaddini M. Comparison of the Kinematic Parameters of the Lower Limb During the Countermovement Jump at Different Moments of the Simulated Football Game in Kerman Football Players. Razi J Med Sci. 2022;29(2): 211-224.

*انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 3.0 صورت گرفته است.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

Razi Journal of Medical Sciences. 2022;29(2):211-224. http://rjms.iums.ac.ir

Original Article

Comparison of the Kinematic Parameters of the Lower Limb During the Countermovement Jump at Different Moments of the Simulated Football

Mohammadali Sarbazi Zarandi: master degree of sports Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sports Science, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
Mohammadtaghi Amirikhorasani: Associate professor of Sports Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sports Science, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. (*Corresponding author) amirikhorasani@uk.ac.ir
Mohammadreza Amirseyfaddini: Associate professor of Sports Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sports Science, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

Abstract

Background & Aims: Soccer, as one of the most popular sports in the world, requires a combination of strength, speed, skill, and endurance. Soccer players are required to perform complex movements such as running, changing direction, jumping, and kicking the ball during a match, each of which requires specific kinematic skills. One of these movements is the countermovement jump, which is used for heading and catching the ball at high altitudes. Analysis of lower limb kinematic movements during the countermovement jump can reflect changes in the performance of players under different physical and psychological conditions. These analyses, especially when performed at different moments of a soccer game, can reveal signs of fatigue due to intense and continuous activity, decreased muscle efficiency, and technical changes during the game. Previous research has shown that muscle fatigue and endurance of players can significantly affect their performance in leaping and jumping movements. However, few studies have focused on kinematic changes during a simulated game. In this regard, the present study aimed to compare the kinematic parameters of the lower limb during countermovement jumps at different moments of a simulated soccer game in soccer players in Kerman. This study aims to gain a better understanding of the effects of time and fatigue on players' jumping performance by analyzing the data carefully and comparing different situations, and ultimately providing suggestions for improving performance and reducing the negative effects of fatigue. Given that soccer is still the most popular sport in the world. Headings and jumps are among the vital movements in soccer that are frequently performed by players on the playing field. Success in these movements can directly affect the outcome of the game. In the meantime, evaluating the kinematic parameters of the lower limb during countermovement jumps can be of great importance, because these parameters can be related to factors such as fatigue, endurance, and individual techniques of players. For this purpose, a study was conducted to compare the kinematic parameters of the lower limb during countermovement jumps at different moments of a simulated soccer game in Kerman soccer players.
Methods: This study included 15 players of the Kerman Copper Industry youth soccer team with a history of playing in the country's top youth league. The average age of the players was 0.85±18.18 years, the mass was 51.9±65.42 kg, and the maximum oxygen consumption was 33.4±49.21 ml/min. The players participated in a simulated Bangsbo soccer test and then performed countermovement jumps every fifteen minutes. Filming was done using three [Sony A7S] cameras at a speed of 120 frames/sec. The data were analyzed with [Kinova] software, and repeated analysis of variance and Bonferroni post hoc test were used to examine differences.
Results: Significant differences were observed between the kinematic parameters of the lower limb in different minutes of the soccer game ($P < 0.05$). Paired comparisons showed that there was a significant difference between the height of the jump against the movement in minutes 15 and 30 and before the start of the second half ($P < 0.05$), but no significant difference was seen in other comparisons ($P > 0.05$). Also, there was a significant difference between the height of the jump at minute 30 and before the second half and at minute 60 ($P > 0.05$). There

Keywords
Football,
Different Minutes of Play,
Fatigue,
Counter-Movement Jump,
Lower Limb Power

Received: 15/01/2022
Published: 20/05/2022

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

was a significant difference between the angular velocity of the knee joint (phase eccentric) of the subjects before the game, minute 15, minute 30, the end of the first half, before the second half, minute 60, minute 75, and the end of the game ($p < 0.05$). In other words, the average of the maximum angular velocity of the knee joint (eccentric phase) in repeated measurements is statistically significant. According to Table 1 in the descriptive statistics section, the average size of the subjects increased in the first and second measurements after the start of the game. In the next measurement (end of the first half), the sizes decreased compared to the immediately previous measurement. In the subsequent measurements, the upward trend of the sizes was maintained to some extent. To determine the different effects between both measurement intervals, the Bonferroni post hoc test was used.

Conclusion: The findings showed that the performance of the players in the countermovement jump is different at different moments of the football game. The best performance was observed in the 60th minute, while the weakest performance was observed before the start of the second half. After the 60th minute and with the onset of fatigue, the players' performance decreased. Strengthening endurance factors in power, delaying fatigue, and using plyometric exercises with injury prevention principles can help improve players' performance at different times of the game. Although no study was found that examined jumping performance during all minutes of a soccer game and studied eccentric velocity during jumping, some research on eccentric contraction and counter-movement jumping is mentioned. Jumping is generally performed using a stretch-contraction cycle. This cycle is a natural pattern in which energy is stored during eccentric contraction and released during concentric contraction. The eccentric phase of the counter-movement jumping movement is referred to as the time from the onset of the effect of gravity until the maximum knee angle during bending. The factors that determine the amount of energy absorbed by the muscles are the speed of eccentric contraction and the length of the muscle. Therefore, if the length of the muscle increases, more force is absorbed during eccentric contraction, and as a result, more force is produced during eccentric contraction. Theoretically, muscle performance in daily life or sports activities is increased by increasing the potential energy available for concentric contraction. High eccentric contraction speed increases the speed of concentric contraction, which leads to greater displacement of the center of mass and jump height.

Conflicts of interest: None
Funding: None

Cite this article as:
Sarbazi Zarandi M, Amirikhorasani M, Amirseyfaddini M. Comparison of the Kinematic Parameters of the Lower Limb During the Countermovement Jump at Different Moments of the Simulated Football Game in Kerman Football Players. Razi J Med Sci. 2022;29(2): 211-224.

*This work is published under CC BY-NC-SA 3.0 licence.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

مقدمه

فوتبال به‌عنوان یکی از پرطرفدارترین ورزش های جهان، نیازمند ترکیبی از قدرت، سرعت، مهارت و استقامت است (۱). بازیکنان فوتبال در طول مسابقه مجبور به انجام حرکات پیچیده‌ای همچون دویدن، تغییر جهت، پرش و ضربه به توپ هستند که هر یک از این حرکات به مهارت‌های کینماتیکی ویژه‌ای نیاز دارد. از جمله این حرکات، پرش کانترموومنت است که برای ضربات سر و گرفتن توپ در ارتفاعات بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲). تجزیه‌وتحلیل حرکات کینماتیکی اندام تحتانی طی پرش کانترموومنت می‌تواند نمایانگر تغییرات عملکردی بازیکنان تحت شرایط مختلف فیزیکی و روانی باشد. این تحلیل‌ها به‌ویژه زمانی که در لحظات مختلف بازی فوتبال انجام می‌شود، می‌تواند نشانه‌هایی از خستگی ناشی از فعالیت شدید و مداوم، کاهش راندمان عضلانی و تغییرات تکنیکی در طول بازی را نشان دهد (۳). تحقیقات پیشین نشان داده‌اند که خستگی عضلانی و استقامت بازیکنان می‌توانند به‌طور قابل‌توجهی بر عملکرد آن‌ها در حرکات جهشی و پرشی تأثیرگذار باشند (۴). بااین‌حال، تعداد معدودی از مطالعات وجود دارد که به‌طور متمرکز تغییرات کینماتیکی در طول یک بازی شبیه سازی شده را مورد بررسی قرار داده باشند (۵). در این راستا، مطالعه حاضر با هدف مقایسه پارامترهای کینماتیکی اندام تحتانی حین پرش کانترموومنت در لحظات مختلف بازی شبیه سازی شده فوتبال در بازیکنان فوتبال شهر کرمان انجام شده است. این مطالعه بر آن است تا با تحلیل دقیق داده‌ها و مقایسه وضعیت‌های مختلف، شناخت بهتری از اثرات زمان و خستگی بر عملکرد پرش بازیکنان به دست آورد و در نهایت پیشنهاداتی برای بهبود عملکرد و کاهش اثرات منفی خستگی ارائه دهد. با توجه به اینکه فوتبال هنوز هم پرطرفدارترین ورزش جهان است (۶). این ورزش با بیش از ۲۶۵ میلیون بازیکن محبوب‌ترین ورزش دنیا ست که این تعداد شامل بازیکنان حرفه‌ای و آماتور می‌شود (۷). خانم‌ها و آقایان درسنین وسطوح مختلف آن را اجرا می‌کنند (۸). این ورزش برخوردی بوده و نیازمند مهارت‌های جسمانی، فیزیولوژیکی، تکنیکی و تاکتیکی است (رهنما، ۱۳۸۶). ضربه سر در این ورزش یک راهکار تاکتیکی فردی است که تحت تاثیر چند ویژگی می‌باشد (۹). این ورزش به خاطر استفاده کردن از ضربات سر نسبت به دیگر ورزش‌ها منحصربه‌فرد است (۱۰). سر زدن یک تکنیک مهم در فوتبال است که عموماً همراه با پرش عمودی انجام می‌شود. پرش عمودی به‌عنوان یک عامل پیش‌بینی‌کننده‌ی موفقیت در حرکات ورزشی انفجاری به کار گرفته می‌شود (۱۱). پرش سارجنت ، پرش اسکوات و پرش کانترموومنت سه نوع پرش بوده که برای ارزیابی توان اندام تحتانی مورد استفاده قرار گرفته است. در روش سارجنت آزمودنی بایستی نقطه اوج پرش را با دست آغشته به گچ نشان دهد؛ لذا ویژگی‌های پاسچری متفاوت و تنوع در حرکت دست و بالاتنه افراد می‌تواند در ارتفاع به دست آمده تاثیر بگذارد (۱۲). پرش اسکوات نیز نوع دیگری از آزمون‌های توان بوده که آزمودنی با مقدار مشخصی خم کردن زانو مکث کرده و سپس از همان حالت پرش می‌کند. اما اغلب حداکثر توان اندام تحتانی در بازیکنان فوتبال را با اندازه‌گیری اجرای پرش کانترموومنت تخمین می‌زنند (۱۳).

یکی از تکنیک‌های اصلی مرتبط با تولید نیروی پرش، پرش کانترموومنت است که با حرکت رو به پایین بدن شروع می شود در مرحله خلاف حرکت مفاصل مچ، زانو و ران پا برای لحظاتی در حالت خم قرار می‌گیرند. دو دلیل عمده برای این عمل وجود دارد: ۱- برای شروع مرحله به جلو رانده شدن بدن را در موقعیت بهتری قرار می‌دهد. ۲- در عضلات اثر کشش - انقباض به وجود می‌آورد (۱۴). هنگامی که عضلات قبل از انقباض در جهت مطلوب و مخالف کشیده شوند چرخه کشش انقباض در آنها فعال می‌شود که این عمل باعث می‌شود ورزشکار۳ تا ۶ سانتی‌متر بیشتر بپرد. زدن ضربه سر در حداکثر ارتفاع و برنده شدن در نبردهای هوایی از مزیت‌های یک بازیکن فوتبال است که محقق شدن آن بدون پرشی مناسب میسر نمی‌باشد. یک مسابقه معمولی بیش از ۹۰ دقیقه به طول می‌انجامد که میانگین واقعی زمان بازی بیش از شصت دقیقه در فوتبال امروز است. هر بازیکن فوتبال در هر بازی به‌طور متوسط بین ۶ تا ۱۲ مرتبه در موقعیت ضربه سر قرار می‌گیرد (۱۵).

با توجه به اینکه بازیکنان در طول بازی فوتبال تحت تأثیر شرایط فیزیکی و روانی مختلفی قرار می‌گیرند،

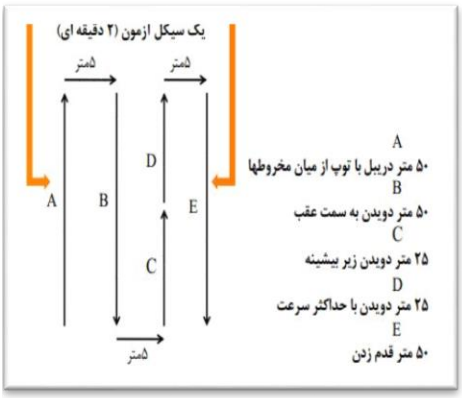
[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

بررسی دقیق تغییرات پارامترهای کینماتیکی در دقایق مختلف بازی می‌تواند دیدگاه‌های ارزشمندی در مورد نحوه بهینه‌سازی عملکرد و جلوگیری از خستگی زودرس ارائه دهد. بهبود این پارامترها از طریق تمرینات مناسب و برنامه‌ریزی شده موجب افزایش عملکرد بازیکنان و کاهش خطر آسیب خواهد شد. تاکنون تحقیقات متعددی در زمینه پارامترهای کینماتیکی حین پرش در ورزش‌های مختلف انجام شده است، اما مطالعه‌ای که به صورت خاص به بررسی لحظات مختلف بازی فوتبال در بازیکنان شبیه سازی شده بپردازد، کمتر مشاهده شده است. این مطالعه با هدف مقایسه پارامترهای کینماتیکی اندام تحتانی حین پرش کانترموومنت در لحظات مختلف بازی شبیه سازی شده فوتبال در بازیکنان شهر کرمان، به دنبال پر کردن این خلأ تحقیقاتی است. این مطالعه می‌تواند به مربیان، بازیکنان و متخصصان علوم ورزشی کمک کند تا با توجه به زمان های مختلف بازی، برنامه های تمرینی مؤثرتری طراحی کرده و در نتیجه عملکرد بهتری در طول مسابقات واقعی به دست آورند.

روش کار

تحقیق حاضر به‌صورت پژوهشی-کاربردی می‌باشد که از نظر زمان آینده‌نگر بوده و روش انجام تحقیق از نوع نیمه تجربی می‌باشد. جامعه آماری مطالعه شامل بازیکنان رده سنی امید و جوانان باشگاه صنعت مس کرمان که حداقل ۵ سال سابقه فعالیت در سطح استان و کشور داشتند، تشکیل شد. نحوه انتخاب آزمودنی‌ها به این صورت بود که در بین جامعه ۱۰۰ نفری به هر بازیکن برگه ثبت اطلاعات و آسیب قبلی در اندام تحتانی ۶ ماه قبل از مطالعه داده شد. برگه ثبت اطلاعات شامل اطلاعاتی شخصی و تاریخچه پزشکی افراد بود. شرکت‌کننده‌ها باید فعالیت بدنی منظم داشته وحداقل دو سال در لیگ برتر کشور در رده‌های مختلف بازی کرده باشند و نباید هیچ گونه مشکل پزشکی در اندام تحتانی، مانند آسیب ACL، جراحی اندام تحتانی، ناتوانی عصبی، آسیب مزمن و حاد اندام تحتانی که نیاز به مراجعه پزشکی یا بستری شدن باشد داشته باشند که در صورت دارا بودن هر یک از موارد بالا از شرکت در پژوهش منع شدند. تعداد ۲۵ نفر از افراد به صورت داوطلبانه به‌عنوان نمونه آماری انتخاب شدند که پس از انجام تست شاتل ران و مشخص شدن میزان اکسیژن مصرفی بازیکنان در انتها ۱۵ نفر موفق شدند پروتکل مدنظر را به اتمام برسانند و به‌عنوان آزمودنی‌های تحقیق انتخاب شدند.

روش اجرای مطالعه بدین شرح بود که آزمودنی‌ها از طریق پرسشنامه‌های توزیع شده مانند پرسشنامه ثبت آسیب اندام تحتانی در ۶ ماه پیش از پژوهش و حصول اطمینان از سلامتی اندام تحتانی، انتخاب شدند. طرح تحقیق برای آزمودنی‌ها تشریح شد و پس از کسب رضایت نامه کتبی برای شرکت در آزمون از آنها دعوت به‌عمل آمد. با توجه به نیاز حرکت پرش کانترموومنت به هماهنگی بالا و همچنین آشنایی افراد با چگونگی اجرای آزمون فوتبال شبیه سازی شده، از آنها خواسته می‌شود تا روز قبل از آزمون رأس ساعت ۵ عصر در محل اجرای آزمون (مجموعه ورزشی باشگاه صنعت مس کرمان، زمین شماره ۲) حضور پیدا کنند. این پروتکل توسط بنگسبو و همکاران در سال ۱۹۹۱ طراحی شده که از ۲۱ سیکل دو دقیقه‌ای در هر نیمه و ۱۵ دقیقه استراحت بین دو نیمه تشکیل شده است که بسیار شبیه به یک بازی فوتبال می‌باشد مراحل اجرای آزمون در (شکل ۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- مراحل اجرای

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

هر سیکل از پروتکل عبارتست از ۵۰ متر دریبل با توپ در مخروط‌هایی که با فاصله ۵ متر گذاشته شده‌اند، ۵۰ متر دو یدن به سمت عقب، ۲۵ متر دو یدن زیربیشینه، ۲۵ متر دویدن با حداکثر سرعت و ۵۰ متر قدم زدن می‌باشد. مقدار زمانی که در هر دو دقیقه باقی می‌ماند به‌عنوان دوره استراحت محاسبه می‌شود. ملاک اصلی فشار این پروتکل، زمان و مسافت طی شده در کل پروتکل است. برای اطمینان از حصول خستگی آزمودنی‌ها از مقیاس بورگ استفاده خواهد شد. هر ۱۵ دقیقه از آزمودنی خواسته خواهد شد که احساس واقعی خود را نسبت به شدت فعالیت بیان کنند. دامنه امتیازات این مقیاس حداقل ۶ (بسیار راحت) و حداکثر ۲۰ (بسیار سنگین) می‌باشد که از این مقیاس برای میزان ضربان قلب در تمرینات پویا به صورت (عدد از ۶ تا ۲۰ *۱۰ = ضربان قلب) استفاده می‌شود.

با توجه به هدف تحقیق، آزمودنی‌ها ۱۵ دقیقه گرم کردن با استفاده از نرم دویدن وحرکات کششی پویا، دور و نزدیک کردن ران، اسکوات و حرکات لانج، چابکی، کاهش شتاب، تغییر مسیر هنگام دویدن انجام شد. سپس از آزمودنی‌ها خواسته شد در دقایق قبل از بازی، دقیقه ۱۵، دقیقه ۳۰، پایان نیمه اول، قبل از نیمه دوم، دقیقه ۶۰، دقیقه ۷۵ و انتهای بازی فوتبال شبیه سازی شده دو پرش کانترموومنت را انجام داده تا میانگین سرعت زاویه‌ای مفصل زانو حین انقباض اکسنتریک و کانسنتریک، میانگین جابه‌جایی زاویه‌ای مفصل زانو فاز اکسنتریک و میانگین حداکثر ارتفاع پرش در هر بازه زمانی توسط دوربین‌ها ضبط شوند که سپس با استفاده از نرم‌افزار کینوا اطلاعات مورد نیاز آنالیز و استخراج شد. در مجموع ۸ نشانگر بر روی نقاط آناتومیکی هر فرد گذاشته شد. محل قرارگیری نشانگرها عبارت بود از: برای ثبت زاویه فلکشن و سرعت زاویه‌ای زانو در صفحه ساجیتال قبل از لحظه تیک‌آف ۶ عدد نشانگر در نقاط آناتومیکی همچون قوزک خارجی، اپی‌کندیل خارجی استخوان ران، برجستگی بزرگ ران دو پا استفاده شد.

برای ثبت ارتفاع پرش ۲ نشانه‌گر بر روی خار خاصره‌ای قدامی فوقانی نصب شد تا میزان جابه‌جایی مرکز جرم بدن ثبت شود. زاویه‌های مفصل زانو در فاز پرش تو سط دو دوربین دیجیتال (sony A7) با سرعت ۱۲۰ فریم در ثانیه ثبت شد، دو دوربین در نمای جانبی در فاصله ۳ متری تا مرکز محل انجام آزمون برای ضبط فلکشن واکستنشن زانو که در صفحه ساجیتال رخ می‌دهد را ثبت کرد و یک دوربین دیگر (sony A7) در نمای قدامی در فاصله ۳ متری و ارتفاع یک متری (تقریباً هم‌سطح خار خاصره‌ای قدامی فوقانی) جابه‌جایی مرکز جرم بدن را ثبت کرد.

به‌منظور ایجاد بالا رفتن سرعت فیلم‌برداری و ایجاد فریم‌های بیشتر با استفاده از گزینه High– speed camera این کار انجام شد. سپس با استفاده از یک شبرنگ به اندازه ۱۵۰ سانتی‌متری دوربین‌ها کپچرشدند. به‌منظور تعریف اندازه‌ها در نرم‌افزار، از ابتدا تا انتهای شبرنگ یک خط کشیده و سپس با استفاده از گزینه Calibrate measure اندازه را به نرم‌افزار تعریف کردیم. به‌منظور بررسی ارتفاع پرش ابتدا اولین فریم از شروع حرکت را انتخاب کرده و سپس از روی خار خاصره‌ای قدامی فوقانی یک زاویه ۹۰ درجه (به‌منظور موازی شدن با زمین) رسم کرده و سپس فریم آخر پرش (که آزمودنی در اوج می‌باشد) را انتخاب کرده و مجدداً یک زاویه ۹۰ درجه مطابق شکل رسم کردیم. در آخر فاصله بین دو خط (حاصل از زاویه ۹۰ درجه) را به هم وصل کرده و ارتفاع پرش به دست آمد.

جهت بررسی سرعت اکسنتریک ابتدا اولین فریم از حرکت در محور فرونتال را انتخاب کرده و سپس زاویه اولیه و زمان دقیق شروع حرکت را ثبت کردیم. لحظه وقوع عمیق‌ترین فلکشن را اخرین فریم فاز اکسنتریک در نظر گرفته وسپس زمان و میزان زاویه را ثبت کردیم. میزان جابه‌جایی زوایه مفصل زانو از شروع حرکت رو به پایین تا پائین‌ترین نقطه از دامنه حرکتی را جابه‌جایی مفصل زانو و زمان انجام این جابه‌جایی را در فرمول گذاشته و سرعت زاویه‌ای مفصل زانو را در فاز اکسنتریک به دست آوردیم.

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta T} = \text{angular velocity}$$

جهت بررسی سرعت کانسنتریک هم به مانند بالا زوایا وزمانهای مورد نیاز از فریم عمیق‌ترین فلکشن تا فریم آخرین مرحله از تیک‌آف را در فرمول گذاشته و

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

سرعت کانسنتریک را به دست آوردیم. به‌منظور جا به جایی زاو یه‌ای زانو، از زاو یه زانو از فریم شروع حرکت تا فریم آخرین زاویه زانو به هنگام خم شدن استفاده کردیم. به این صورت که اندازه زاویه مفصل زانو هنگام ایستادن را از میزان اندازه زاویه مفصل زانو هنگام آخرین نقطه خم شدن کم کرده و این زاویه را به د ست آوردیم.

Deepest knee angular= knee joint angular (stand)_knee joint angular (highest knee flexion)

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با ا ستفاده از نرم‌افزارهای SPSS ویراست ۲۳ و Minitab ویراست ۱۷ استفاده شده است. همچنین سطح معنی‌داری (۰/۰۵) در نظر گرفته شده است. برای بررسی فرضیه‌های پژوهش از آزمون شاپیرو- ویلک استفاده شد که در صورت نرمال بودن از آزمون‌های پارامتری و در غیر این صورت از آزمون‌های ناپارامتری استفاده می‌شود. همچنین روش آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر به کار گرفته شد و به‌منظور مقایسات زوجی بین بازه‌های زمانی از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد ویژگی های آزمودنی‌ها شامل سن، قد، جرم، سابقه بازی در لیگ برتر رده‌های سنی کشور و حداکثر اکسیژن مصرفی می‌باشد.

یافته‌ها

اطلاعات توصیفی متغیر سرعت زاویه‌ای مفصل زانو (فازاکسنتریک و کانسنتریک) در بین بازیکنان فوتبال شهر کرمان شامل میانگین و انحراف معیار به تفکیک زمان اندازه‌گیری در جدول ۱ ارائه شده است.

اطلاعات توصیفی متغیر جابه‌جایی مفصل زانو (فاز اکسنتریک) و ارتفاع پرش در بین بازیکنان فوتبال شهر کرمان شامل میانگین و انحراف معیار به تفکیک زمان اندازه‌گیری در جدول ۲ ارائه شده است.

برای بررسی فرض نر مال بودن متغیر ها از آزمون شاپیرو- ویلک استفاده شد. نتایج این آزمون نشان‌دهنده آن است که فرض نرمال بودن برای تمام متغیرهای پژوهش برقرار بود ($p>0/05$). برای انجام تحلیل آماری داده‌ها از آزمون تحلیل اندازه‌های مکرر استفاده‌شده است. قبل از اجرای آزمون مفروضه تساوی کوواریانس‌ها بین متغیرهای وابسته با آزمون کرویت ماخلی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان‌دهنده عدم برقراری پیش‌فرض مذکور است ($p<0/05$)؛ بنابراین جهت بررسی فرضیه پژوهش از سایر آماره‌های ارائه شده استفاده شد.

جدول ۱- توصیف متغیر سرعت زاویه‌ای مفصل زانو در مراحل اکسنتریک و کانسنتریک در میان آزمودنی‌ها

مرحله	گروه		میانگین	انحراف معیار
مرحله اکسنتریک	زمان اندازه‌گیری	قبل از بازی	۲۴۱/۰۱	۶۰/۱۴
		دقیقه ۱۵	۲۹۴/۰۲	۵۶/۹۸
		دقیقه ۳۰	۳۰۷/۹۸	۹۰/۷۶
		پایان نیمه اول	۳۰۲/۳۳	۹۵/۰۳
		قبل از نیمه دوم	۳۱۵/۶۶	۹۵/۶۶
		دقیقه ۶۰	۳۳۸/۰۱	۷۹/۹۴
		دقیقه ۷۵	۲۹۰/۲۱	۷۸/۸۶
		انتهای بازی	۳۰۶/۱۲	۷۷/۸۰
مرحله کانسنتریک	زمان اندازه‌گیری	قبل از بازی	۵۶۳/۷۳	۸۹/۸۰
		دقیقه ۱۵	۵۴۴/۸۹	۸۲/۵۰
		دقیقه ۳۰	۶۰۲/۴۵	۵۲/۴۶
		پایان نیمه اول	۵۹۹/۶۷	۱۱۶/۸۴
		قبل از نیمه دوم	۵۷۲/۱۱	۹۱/۳۸
		دقیقه ۶۰	۶۲۵/۰۹	۹۷/۰۲
		دقیقه ۷۵	۵۹۰/۵۶	۹۶/۶۱
		انتهای بازی	۵۷۸/۲۱	۱۱۳/۰۲

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

بر اســـاس نتایج جدول ۳ می‌توان ملاحظه نمود که بـــین میزان سرعت زاویه‌ای مفصل زانو (فازاکسنتریک) آزمودنی ها قبل از بازی، دقیقه ۱۵، دقیقه ۳۰، پایان نیمه اول، قبل از نیمه دوم، دقیقه ۶۰، دقیقه ۷۵ و انتهای بازی تفـــاوت معنـــادار وجود دارد ($p<۰/۰۵$). اندازه‌گیری‌های بعدی روند صـعودی اندازه‌ها تا حدودی حفظ شده است. برای مشخص شدن اثرات متفاوت بین هر دو بـازه انـدازه‌گیری از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۲- توصیف متغیر جابه‌جایی زاویه‌ای مفصل زانو (فاز اکسنتریک) و ارتفاع پرش در میان آزمودنی‌ها

متغیر	گروه		میانگین	انحراف معیار
جابه‌جایی مفصل زانو (فاز اکسنتریک)	زمان اندازه‌گیری	قبل از بازی	۸۳/۶۳	۱۰/۱۱
		دقیقه ۱۵	۸۹/۳۷	۹/۹۵
		دقیقه ۳۰	۸۸/۶۰	۱۰/۴۲
		پایان نیمه اول	۹۴/۴۷	۱۳/۱۶
		قبل از نیمه دوم	۹۳/۴۰	۱۰/۳۳
		دقیقه ۶۰	۹۵/۹۰	۱۴/۵۷
		دقیقه ۷۵	۹۰/۵۰	۱۰/۹۶
		انتهای بازی	۹۴/۱۰	۱۲/۰۲
ارتفاع پرش	زمان اندازه‌گیری	قبل از بازی	۴۸/۰۶	۵/۴۰
		دقیقه ۱۵	۴۸/۸۶	۴/۴۸
		دقیقه ۳۰	۴۷/۷۱	۳/۴۵
		پایان نیمه اول	۴۸/۳۹	۴/۳۸
		قبل از نیمه دوم	۴۵/۶۱	۴/۱۴
		دقیقه ۶۰	۴۹/۴۷	۴/۵۳
		دقیقه ۷۵	۴۸/۳۸	۴/۶۶
		انتهای بازی	۴۸/۴۹	۳/۶۶

جدول ۳- آزمون مقایسه میانگین‌های اندازه‌های مکرر متغیر سرعت زاویه‌ای مفصل زانو (فازاکسنتریک)

منبع تغییرات	آماره	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	p- مقدار	ضریب اتا
نمره	گرین هاوس- گیسر	۸۱۰۸۰/۵۸۵	۳/۱۰۳	۲۶۱۳۰/۵۵۷	۴/۹۶۱	۰/۰۰۴	۰/۲۶۲
	هاینه- فلت	۸۱۰۸۰/۵۸۵	۴/۰۸۸	۱۹۸۳۵/۴۸۸	۴/۹۶۱	۰/۰۰۲	۰/۲۶۲
	کران پایین	۸۱۰۸۰/۵۸۵	۱/۰۰۰	۸۱۰۸۰/۵۸۵	۴/۹۶۱	۰/۰۴۳	۰/۲۶۲
خطا	گرین هاوس گیسر	۲۲۸۸۲۳/۷۱۹	۴۳/۴۴۱	۵۲۶۷/۵۰۳	–	–	–
	هاینه فلت	۲۲۸۸۲۳/۷۱۹	۵۷/۲۲۷	۳۹۹۸/۵۱۸	–	–	–
	کران پایین	۲۲۸۸۲۳/۷۱۹	۱۴/۰۰۰	۱۶۳۴۴/۵۵۱	–	–	–

به‌عبارتی میانگین میزان حداکثر سرعت زاویه‌ای مفصل زانو (فاز اکسنتریک) در اندازه‌گیری مکرر از لحاظ آماری معنادار است. با توجه به جدول ۱ در بخش آمار توصیفی میانگین اندازه آزمودنی‌ها در اولین و دومین اندازه‌گیری پس از شـــروع بازی با افزایش روبه‌رو شـــده اســـت. در اندازه‌گیری بعدی (پایان نیمه اول) اندازه‌ها نســـبت به اندازه‌گیری بلافاصـــله قبل کاهش داشـــته اســـت. در با توجه به نتایج جدول شـــماره ۴ می‌توان گفت بین میزان سرعت زاویه‌ای مفصل زانو (فاز اکسنتریک) افراد قبل از شروع بازی با سایر اندازه‌ها تفاوت معنادار وجود دارد و با توجه به منفی شـــدن آماره‌ها می‌توان گفت سرعت زاویه‌ای مفصل زانو (فاز اکسنتریک) افراد قبل از شـروع بازی (اولین اندازه) کوچک‌تر از سـایر موارد بوده است. در مقایسات زوجی بین همه بازه‌های زمانی با قبل

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

از شروع نیمه اول تفاوت معنادار وجود دارد ($p<۰/۰۵$). همچنین بین حداکثر سرعت زاویه‌ای مفصل زانو (فاز اکسنتریک) همه بازه‌های زمانی (به‌جز قبل از نیمه دوم) با دقیقه ۶۰ تفاوت معناداری وجود دارد ($p<۰/۰۵$).

بر اساس نتایج جدول ۵ و ۶ می‌توان ملاحظه نمود که بین میزان سرعت زاویه‌ای مفصل زانو (فاز کانسنتریک) انتهای بازی تفاوت معنادار وجود ندارد ($p>۰/۰۵$). به‌عبارتی میانگین میزان سرعت زاویه‌ای مفصل زانو (فاز کانسنتریک) در اندازه‌گیری مکرر از لحاظ آماری معنادار نشده است.

بر اساس نتایج جدول ۷ می‌توان ملاحظه نمود که بین میزان جا به جایی زاو یه‌ای مفصل زانو

جدول ٤- نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی متغیر سرعت زاویه‌ای مفصل زانو (فاز اکسنتریک)

گروه	دقیقه ۱۵ (J)	دقیقه ۳۰ (J)	پایان نیمه اول (J)	قبل از نیمه دوم (J)	دقیقه ۶۰ (J)	دقیقه ۷۵ (J)	انتهای بازی (J)
	(I-J)	(I-J)	(I-J)	(I-J)	(I-J)	(I-J)	(I-J)
قبل از بازی (I)	-۲/۷۶۱**	-۲/۳۴۰**	-۲/۸۰۷**	-۳/۱۰۸**	-۴/۶۵۴**	-۲/۱۹۲**	-۲/۶۵۷**
دقیقه ۱۵(I)	-	-۰/۹۰۰	-۰/۴۲۳	-۰/۹۱۶	-۳/۰۱۶**	۰/۲۲۶	-۰/۷۵۱
دقیقه ۳۰(I)	-	-	۰/۳۰۶	-۰/۴۱۳	-۱/۹۶۴*	۱/۱۲۲	۰/۱۴۹
پایان نیمه اول (I)	-	-	-	-۱/۲۰۱	-۲/۱۴۹**	۱/۵۱۴	-۰/۳۱۱
قبل از نیمه دوم (I)	-	-	-	-	-۱/۲۶۸	۲/۱۰۹*	۰/۷۸۷
دقیقه ۶۰(I)	-	-	-	-	-	۳/۳۰۱**	۲/۲۷۵**
دقیقه ۷۵(I)	-	-	-	-	-	-	-۲/۳۳۴**

** معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، * معنی‌دار در سطح ۰/۱

جدول ٥- آزمون مقایسه میانگین‌های اندازه‌های مکرر متغیر سرعت زاویه‌ای مفصل زانو (فاز کانسنتریک)

منبع تغییرات	آماره	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	p	ضریب اتا
نمره	گرین هاوس- گیسر	۶۶۴۴۸/۱۴۲	۳/۸۶۲	۱۷۲۰۳/۵۹۵	۱/۷۵۷	۰/۱۵۳	۰/۱۱۲
	هاینه-فلت	۶۶۴۴۸/۱۴۲	۵/۵۱۸	۱۲۰۴۲/۵۲۴	۱/۷۵۷	۰/۱۲۵	۰/۱۱۲
	کران پایین	۶۶۴۴۸/۱۴۲	۱/۰۰۰	۶۶۴۴۸/۱۴۲	۱/۷۵۷	۰/۲۰۶	۰/۱۱۲
خطا	گرین هاوس گیسر	۵۲۹۳۲۷/۳۴۸	۵۴/۰۷۴	۹۷۸۸/۸۷۲	-	-	-
	هاینه فلت	۵۲۹۳۲۷/۳۴۸	۷۷/۲۴۹	۶۸۵۲/۲۱۵	-	-	-
	کران پایین	۵۲۹۳۲۷/۳۴۸	۱۴/۰۰۰	۳۷۸۰۹/۰۹۶	-	-	-

جدول ٦- نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی متغیر سرعت زاویه‌ای مفصل زانو (فاز کانسنتریک)

گروه	دقیقه ۱۵ (J)	دقیقه ۳۰ (J)	پایان نیمه اول (J)	قبل از نیمه دوم (J)	دقیقه ۶۰ (J)	دقیقه ۷۵ (J)	انتهای بازی (J)
	(I-J)	(I-J)	(I-J)	(I-J)	(I-J)	(I-J)	(I-J)
قبل از بازی (I)	۰/۵۲۳	-۱/۵۰۴	-۱/۱۳۴	-۰/۳۵۶	-۲/۰۶۰*	-۰/۹۳۷	-۰/۴۷۸
دقیقه ۱۵(I)	-	-۲/۳۱۸**	-۱/۴۳۵	-۰/۷۹۳	-۲/۴۱۳**	-۱/۶۵۹	-۰/۸۱۸
دقیقه ۳۰(I)	-	-	۰/۱۱۰	۱/۴۹۹	-۱/۰۵۰	۰/۶۸۸	۱/۱۲۹
پایان نیمه اول (I)	-	-	-	-۱/۰۷۶	-۱/۲۵۷	۰/۳۲۹	۰/۷۸۶
قبل از نیمه دوم (I)	-	-	-	-	-۳/۷۴۰**	-۰/۹۴۸	-۰/۳۹۰
دقیقه ۶۰(I)	-	-	-	-	-	۱/۹۵۰**	۱/۹۸۶**
دقیقه ۷۵(I)	-	-	-	-	-	-	۰/۴۶۷

** معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، * معنی‌دار در سطح ۰/۱

آزمودنی ها قبل از بازی، دقیقه ۱۵، دقیقه ۳۰، پایان نیمه اول، قبل از نیمه دوم، دقیقه ۶۰، دقیقه ۷۵ و (فازاکسنتریک) آزمودنی ها قبل از بازی، دقیقه ۱۵، دقیقه ۳۰، پایان نیمه اول، قبل از نیمه دوم، دقیقه ۶۰،

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

دقیقه ۷۵ و انتهای بازی تفاوت معنادار وجود دارد ($p<۰/۰۵$). به‌عبارتی میانگین میزان جابه‌جایی زاویه‌ای مفصل زانو (فازاکسنتریک) در اندازه‌گیری مکرر از لحاظ آماری معنادار است.

با توجه به نتایج جدول ۸ می‌توان گفت بین میزان جابه‌جایی زاویه‌ای مفصل زانو (فازاکسنتریک) افراد قبل از شروع بازی با سایر اندازه‌گیری‌ها (دقیقه ۱۵، پایان نیمه اول، قبل از نیمه دوم، دقیقه ۶۰، دقیقه ۷۵ و انتهای بازی) تفاوت معنادار وجود دارد و با توجه به منفی شدن آماره‌ها می‌توان گفت جابه‌جایی زاویه‌ای مفصل زانو (فازاکسنتریک) افراد قبل از شروع بازی (اولین اندازه) کوچک‌تر از سایر موارد بوده است. مقایسات زوجی نشان می‌دهد بین میزان جابه‌جایی زاویه‌ای مفصل زانو (فازاکسنتریک) دقیقه ۱۵ و دقیقه ۳۰ با پایان نیمه اول تفاوت معنادار وجود دارد ($p<۰/۰۵$) و سایر مقایسات معناداری نیست ($p>۰/۰۵$). همچنین میان جابه‌جایی زاویه‌ای مفصل زانو (فازاکسنتریک) پایان نیمه اول با دقیقه ۷۵، قبل از نیمه دوم با دقیقه ۷۵، دقیقه ۶۰ با دقیقه ۷۵ و دقیقه ۷۵ با انتهای بازی اختلاف معناداری وجود دارد.

جدول ۷- آزمون مقایسه میانگین‌های اندازه‌های مکرر متغیر جابه‌جایی زاویه‌ای مفصل زانو (فازاکسنتریک)

منبع تغییرات	آماره	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	p	ضریب اتا
نمره	گرین هاوس-گیسر	۱۷۰۷/۸۹۸	۲/۰۶۷	۸۲۶/۲۶۷	۷/۶۰۴	۰/۰۰۲	۰/۳۵۲
	هاینه-فلت	۱۷۰۷/۸۹۸	۲/۴۳۱	۷۰۲/۶۴۷	۷/۶۰۱	۰/۰۰۱	۰/۳۵۲
	کران پایین	۱۷۰۷/۸۹۸	۱/۰۰۰	۱۷۰۷/۸۹۸	۷/۶۰۱	۰/۰۱۵	۰/۳۵۲
خطا	گرین هاوس گیسر	۳۱۴۵/۶۹۶	۲۸/۹۳۸	۱۰۸/۷۰۴	–	–	–
	هاینه فلت	۳۱۵۴/۶۹۶	۳۴/۰۲۹	۹۲/۴۴۱	–	–	–
	کران پایین	۳۱۵۴/۶۹۶	۱۴/۰۰۰	۲۲۴/۶۹۳	–	–	–

جدول ۸- نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی جابه‌جایی زاویه‌ای مفصل زانو (فازاکسنتریک)

گروه	دقیقه ۱۵ (J)	دقیقه ۳۰ (J)	پایان نیمه اول (J)	قبل از نیمه دوم (J)	دقیقه ۶۰ (J)	دقیقه ۷۵ (J)	انتهای بازی (J)
	(I-J)	(I-J)	(I-J)	(I-J)	(I-J)	(I-J)	(I-J)
قبل از بازی (I)	-۱/۹۸۶*	-۱/۷۱۶	-۳/۰۵۴**	-۳/۳۳۱**	-۳/۰۵۷**	-۲/۲۰۹**	-۲/۹۶۸**
دقیقه ۱۵(I)	-	۰/۶۱۸	-۴/۶۸۳**	-۴/۰۹۰**	-۳/۴۶۷**	-۰/۶۹۲	-۲/۷۵۶**
دقیقه ۳۰(I)	-	-	-۳/۸۴۶**	-۶/۰۹۱**	-۵/۴۶۴**	-۱/۷۴۳	-۳/۸۵۹**
پایان نیمه اول (I)	–	–	–	۰/۷۰۹	-۱/۰۳۵	۱/۹۳۳*	۰/۱۹۷
قبل از نیمه دوم (I)	–	–	–	–	-۱/۵۱۷	۳/۷۴۲**	-۰/۶۲۹
دقیقه ۶۰(I)	–	–	–	–	–	۳/۱۰۴**	۱/۱۰۲
دقیقه ۷۵(I)	–	–	–	–	–	–	-۳/۹۹۴**

** معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، * معنی‌دار در سطح ۰/۱

جدول ۹- آزمون مقایسه میانگین‌های اندازه‌های مکرر متغیر ارتفاع پرش کانترموومنت

منبع تغییرات	آماره	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	p	ضریب اتا
نمره	گرین هاوس- گیسر	۱۳۷/۰۱۵	۳/۶۰۶	۳۷/۹۹۶	۶/۸۱۷	۰/۰۰۱	۰/۳۲۷
	هاینه-فلت	۱۳۷/۰۱۵	۵/۰۱۲	۲۷/۳۳۹	۶/۸۱۷	۰/۰۰۱	۰/۳۲۷
	کران پایین	۱۳۷/۰۱۵	۱/۰۰۰	۱۳۷/۰۱۵	۶/۸۱۷	۰/۰۲۱	۰/۳۲۷
خطا	گرین هاوس گیسر	۲۸۱/۳۷۶	۵۰/۴۸۵	۵/۵۷۳	–	–	–
	هاینه فلت	۲۸۱/۳۷۶	۷۰/۱۶۴	۴/۰۱۰	–	–	–
	کران پایین	۲۸۱/۳۷۶	۱۴/۰۰۰	۲۰/۰۹۸	–	–	–

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

بر اســـاس نتایج جدول ۹ می‌توان ملاحظه نمود که بـین میزان ارتفاع پرش کانترموومنت آزمودنی‌ها قبل از بازی، دقیقه ۱۵، دقیقه ۳۰، پایان نیمه اول، قبل از نیمه دوم، دقیقه ۶۰، دقیقه ۷۵ و انتهای بازی تفـــــاوت معنـادار وجود دارد (p <۰/۰۵- مقدار).

داد که دمای ع ضله پس از گذ شت ۱۵ دقیقه از شروع فعالیت افزایش یافته و باعث بهبود عملکرد می‌شـود. در مقایسات زوجی بین همه بازه‌های زمانی با قبل از شروع نیمه اول تفاوت معنادار وجود دارد (p<۰/۰۵). همچنین بین حداکثر سرعت زاویه‌ای مفصل زانو (فازاکسنتریک)

جدول ۱۰- نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی ارتفاع پرش کانترموومنت

گروه	دقیقه ۱۵ (J)	دقیقه ۳۰ (J)	پایان نیمه اول (J)	قبل از نیمه دوم (J)	دقیقه ۶۰ (J)	دقیقه ۷۵ (J)	انتهای بازی (J)
	(I-J)	(I-J)	(I-J)	(I-J)	(I-J)	(I-J)	(I-J)
قبل از بازی (I)	-۱/۰۱۱	۰/۴۱۷	-۰/۵۲۴	۲/۹۵۴**	-۱/۵۵۶	-۰/۴۶۶	-۰/۴۵۸
دقیقه ۱۵(I)	-	۲/۸۰۷**	۰/۸۰۹	۵/۶۲۳**	-۰/۸۸۷	۰/۸۸۱	۰/۵۷۶
دقیقه ۳۰(I)	-	-	-۱/۲۱۰	۴/۹۰۸**	-۳/۲۷۴**	-/۰۹۰	-۱/۴۳۰
پایان نیمه اول (I)	-	-	-	۶/۲۱۷**	-۱/۷۵۸	۰/۰۴۷	-۰/۱۶۷
قبل از نیمه دوم (I)	-	-	-	-	-۱۱/۱۴۶**	-۵/۴۳۱**	-۵/۴۸۵**
دقیقه ۶۰(I)	-	-	-	-	-	۲/۰۰۵*	۱/۹۳۷*
دقیقه ۷۵(I)	-	-	-	-	-	-	-۰/۱۹۹

** معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، * معنی‌دار در سطح ۰/۱

با توجه به نتایج جدول ۱۰ می‌توان گفت بین میزان ارتفاع پرش کانترموومنت افراد قبل از شـــروع بازی با قبل از نیمه دوم تفاوت معنادار وجود دارد و با توجه به مثبت شـــدن این آماره می‌توان گفت ارتفاع پرش افراد قبل از شروع بازی (اولین اندازه) بزرگ‌تر از قبل از نیمه دوم بوده است. مقایسات زوجی نشان می‌دهد بین میزان ارتفاع پرش دقیقه ۱۵ و دقیقه ۳۰ با قبل از نیمه دوم تفاوت معنادار وجود دارد (p<۰/۰۵) و سـایر مقایسـات معناداری نیست (p>۰/۰۵). همچنین میان ارتفاع پرش دقی قه ۳۰ و ق بل از نی مه دوم با دقی قه ۶۰ اختلاف معناداری وجود دارد (p<۰/۰۵).

بحث

با توجه به نتایج به دســـت آمده می‌توان گفت بین میزان میـانگین ســـرعـت زاویـه‌ای مفصـــل زانو (فازاکســـنتریک) حین پرش افراد قبل از شـروع بازی با سایر اندازه‌ها تفاوت معنادار وجود دارد. با توجه به منفی شـــدن آماره‌ها می‌توان گفت میانگین ســـرعت زاویه‌ای مفصـــل زانو (فازاکســـنتریک) افراد قبل از شـــروع بازی (اولین اندازه) کوچک‌تر از ســـایر موارد بوده اســـت که می‌توان آن را به دمای عضله ارتباط داد. تحقیقات نشان

همه بازه‌های زمانی (به‌جز قبل از نیمه دوم) با دقیقه ۶۰ تفاوت معناداری وجود دارد (p<۰/۰۵). با توجه به نتایج مشـــاهده شـــده می‌توان گفت ســـرعت انقباض اکسنتریک از زمان شروع بازی نسبتاً روند رو به رشدی را ســـیر کرده اســـت که نقطه اوج عملکرد ورزشـکار در دقیقه ۶۰ بازی گزارش شده ا ست که پس از آن به نظر می‌رســـد خســـتگی بر روی عملکرد تأثیر گذاشـــته و در دقیقه ۷۵ عملکرد را در فاز اکســـنتریک کاهش داده اســـت. پس از دقیقه ۶۰ با به وجود آمدن خســـتگی، ســـرعت انقباض اکســـنتریک کاهش یافته که منجر به کاهش ارتفاع پرش پس از این بازه زمانی (دقیقه ۷۵) می‌شـــود. همچنین با توجه به رســـیدن به دقایق پایانی بازی افزایش عملکرد بازیکن نســـبت به بازه زمانی قبل (دقیقه ۷۵) حین پرش رخ داده اســـت که می‌توان آن را ناشـــی از انگیزه بازیکنان در دقایق پایانی گزارش کرد. علی‌رغم پدید آمدن خســـتگی بازیکنان با نزدیک شـــدن به پایان بازی تلاش خودرا بیشـــتر می‌کنند تا بتوانند نتیجه بازی را تغییر دهند.

اگرچه تحقیقی یافت نشد که عملکرد پرش را در تمام دقایق بازی فوتبال بررســـی کرده باشـــد و ســـرعت اکســـنتریک حین پرش را مورد مطالعه قرار دهد اما به

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

برخی تحقیقات در زمینه انقباض اکسنتریک و پرش خلاف حرکت ا شاره می شود. پرش عموماً با ا ستفاده از چرخه کشش– انقباض انجام می‌شود. این چرخه یک الگوی طبیعی است که طی آن هنگام انقباض اکسنتر یک انرژی ذخیره شده و هن گام انق باض کانسنتریک انرژی آزاد می‌شود. فاز اکسنتریک در حرکت پرش خلاف حرکت به زمان شروع اثر نیروی جاذبه تا زمان بیشترین زاویه زانو هنگام خم شدن گفته می‌شود. عواملی که میزان انرژی جذب شده توسط عضلات را تعیین می‌کنند، سرعت انقباض اکسنتریک و طول ع ضله ا ست. بنابراین اگر طول ع ضله افزایش یابد، نیروی بیشتری در طول انقباض اکسنتریک جذب می‌شود و در نتیجه نیروی بیشتری در طول انقباض اکسنتریک تولید می شود. از نظر تئوری، عملکرد ع ضله در فعالیت‌های روزانه‌ی زندگی یا فعالیت‌های ورزشی، به‌و سیله‌ی افزایش انرژی پتان سیل موجود برای انقباض کانسنتریک افزایش می یابد. سرعت بالای انقباض اکسنتریک باعث افزایش سرعت بیشتر انقباض کانستریک شده که این امر موجب جابه‌جایی بیشتر مرکز جرم وارتفاع پرش می‌شود. یافته‌های این پژوهش با یافته‌های گزارش شده در تحقیقات کوونر (Connor) و همکاران (۲۰۲۲) (۱۴)، راماری (Ramari) و همکاران (۲۰۲۰) (۱) هم‌راستاست. آنها بیان کردند انقباض سریع اکسنتریک قبل از انجام انقباض کانسنتریک می‌تواند ارتفاع پرش را ۱۰ تا ۲۰ درصد ارتقا دهد. سختی عضلانی بر روی عملکرد بازیکنان هنگام پرش تأثیر منفی می‌گذارد. بر اساس نتایج حاصل شده می‌توان گفت که هرچه سختی عضلانی به هنگام فاز اکسنتریک بیشتر باشد در نتیجه جابه‌جایی زاویه‌ای مف صل کاهش یافته و باعث افت عملکرد می شود که به همین منظور استفاده از تمرینات انعطاف‌پذیر به‌منظور بهبود خاصیت الاستسیسته عضلانی توصیه شده است. به‌منظور برر سی سختی ع ضلانی می‌توان از فرمول زیر استفاده کرد. در تحقیقی که با نتایج ما تناقض دارد نشان داده شد که خستگی بر روی انقباض درون‌گرا بیشتر از انقباض برون‌گرا تأثیر گذاشته است (۱۰).

براساس نتایج به دست آمده می‌توان گفت که بین میزان حداکثر سر عت زاو یه‌ای مفصل زانو (فاز کانسنتریک) آزمودنی‌ها قبل از بازی، دقیقه ۱۵، دقیقه ۳۰، پایان نیمه اول، قبل از نیمه دوم، دقیقه ۶۰، دقیقه ۷۵ و انتهای بازی تف اوت معن ادار وجود ندارد ($p>0/05$). به‌عبارتی میانگین میزان سرعت زاویه‌ای مفصل زانو (فاز کانسنتریک) در اندازه‌گیری مکرر از لحاظ آماری معنادار نشده است. اگرچه در مجموع بین هشت بازه زمانی نتایج تفاوت معنادار نداشت اما در مقایسات زوجی که از طریق آزمون بونفرونی انجام شد نتایج نشان داد که باز هم دقیقه ۶۰ بازی نقطه اوج عملکرد بازیکنان بوده است. می‌توان بیان کرد که با توجه به سرعت بالای مفصل زانو در فاز اکسنتریک، سرعت مفصل زانودر فاز کانسنتریک هم افزایش داشته است که این عوامل منجر به عملکرد بهتر در ارتفاع پرش در دقیقه ۶۰ بازی شده است. به بیانی دیگر نشان داده شده که ارتباطی بین سرعت زاویه‌ای مفاصل و ارتفاع پرش وجود دارد که این امر موجب شده است که در دقیقه ۶۰ بازی بهترین عملکرد بین بازیکنان در هر سه فرضیه مذکور وجود دا شته با شد. یافته‌های این پژوهش با یافته‌های گزارش شده در تحقیقات هوسون (Hewson) و همکاران (۲۰۲۰) (۳)، نادوو (Abraham) و هم کاران (۲۰۲۱) (۱۳) هم‌را ستا ست. همچنین در را ستای نتایج تحقیق حاضر، محققان اظهار کردند که هرچه شدت تمرینات در فاز کانسنتریک حین پرش اسکوات بیشتر شده است، سرعت کانسنتریک نیز کاهش یافته است. همچنین اظهار کردند که سرعت خاصی برای حرکت ا سکوات در فاز کانسنتریک وجود ندارد ورزشکاران باید بنا به تشخیص مربی از شدت و سرعت خاصی ا ستفاده کنند که ممکن ا ست این سرعت و شدت با هم کمی متفاوت باشند (۱۵).

با توجه به نتایج می‌توان گفت بین میزان جابه‌جایی زاویه‌ای مف صل زانو (فازاک سنتریک) افراد قبل از شروع بازی با سایر اندازه‌گیری‌ها (دقیقه ۱۵، پایان نیمه اول، قبل از نیمه دوم، دقیقه ۶۰، دقیقه ۷۵ و انتهای بازی) تفاوت معنادار وجود دارد و با توجه به منفی شدن آماره‌ها می‌توان گفت جابه‌جایی زاویه‌ای مفصل زانو (فازاکسنتریک) افراد قبل از شروع بازی (اولین اندازه)

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

کوچک‌تر از سایر موارد بوده است (۱۲). با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت که به‌مانند فرضیه‌های قبل دقیقه ۶۰ بازی بهترین عملکرد بازی مشاهده شده است. با توجه به اینکه بیشترین میزان سرعت اکسنتریک مفصل زانو، بیشترین میزان سرعت کانسنتریک مفصل زانو و جابه‌جایی مفصل زانو در دقیقه ۶۰ از بازی فوتبال شبیه‌سازی‌شده، مشاهده شده است و از طرفی بیشترین ارتفاع پرش هم در دقیقه ۶۰ مشاهده شده است می‌توان اظهار کرد که نتایج سه فرضیه مذکور مستقیماً روی ارتفاع پرش تأثیرگذار است. به‌منظور قرارگیری وضعیت پاها هنگام پرش، از وضعیت قرارگیری آزادانه استفاده شد.

نتیجه گیری

نتایج کلی نشان داد که فاز اکسنتریک شروع‌کننده پرش کانترموومنت بوده که است که هرچه سرعت در این فاز بیشتر بوده، سرعت (انرژی جنبشی) بیشتری به فاز کانسنتریک انتقال می یابد. همچنین با افزایش فلکشن بیشتر زانو (کار = نیرو* جابه‌جایی) سرعت فاز کانسنتریک افزایش می یابد (تبدیل کار به انرژی جنبشی). در نتیجه می‌توان گفت که سرعت کانسنتریک در لحظه تیک‌آف مهم‌ترین عامل افزایش ارتفاع در پرش کانترموومنت خواهد بود که این سرعت (سرعت کانسنتریک) در نتیجه افزایش سرعت در فاز اکسنتریک و افزایش خم شدن زانو (فاز اکسنتریک) رخ می‌دهد. در دقایق مختلف بازی فوتبال عواملی می‌توانند بر روی عملکرد پرش بازکنان تأثیر بگذارند که شامل میزان و زمان وقوع خستگی، خاصیت الاستیسیته عضله، سختی عضله، میزان انگیزه، دمای بدن در دقایق مختلف هستند. این عوامل باعث تأثیر روی پارامترهای مورد نیاز پرش کانترموومنت در دقایق مختلف بازی می شوند که می‌توان با به تأخیر انداختن خستگی، افزایش انعطاف و خاصیت الاستیسیته عضلانی، کاهش نسبی سختی عضله، بهبود انگیزه و حفظ دمای ایده‌آل و جلوگیری از افت دمای بدن در دقایق مختلف بازی فوتبال می‌تواند باعث بهبود عملکرد پرش شود.

همچنین نتایج تحقیق نشان داد که دقیقه ۶۰ از بازی فوتبال بهترین عملکرد بازیکنان هنگام پرش کانترموومنت و همچنین لحظه قبل از شروع نیمه دوم ضعیف‌ترین عملکرد بازیکنان هنگام پرش خلاف حرکت رخ داده است. پس از دقیقه ۶۰ و حاصل شدن خستگی عملکرد بازیکنان کاهش یافته است. به احتمال زیاد تقویت فاکتورهای استقامت در توان و به تعویق انداختن خستگی و استفاده از تمرینات پلایومتریک با رعایت اصل پیشگیری از آسیب موجب عملکرد بهینه فوتبالیست‌ها در حرکت پرش کانترموومنت در دقایق مختلف بازی می شود. همچنین نشان داده شد که ۱۵ دقیقه استراحت غیرفعال در بین دو نیمه باعث کاهش عملکرد بازیکنان در ارتفاع پرش در ابتدای نیمه دوم شده است.

پیشنهادات

پیشنهاد می‌شود با توجه به اینکه توان بازیکنان فوتبال پس از دقیقه ۶۰ بازی فوتبال کاهش می‌یابد، با استفاده از تمرینات و تغذیه مناسب این خستگی را به تأخیر انداخته و از افت زودهنگام بازیکنان جلوگیری شود.

حامی مالی

مقاله حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد محمدعلی سربازی زرندی گروه بیومکانیک و حرکات اصلاحی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی می‌باشد.

مشارکت نویسندگان

تمامی مراحل تنظیم مقاله به عهده نویسنده اول بوده است و خانم مریم محسنی مسئولیت انجام آزمون‌ها و تهیه دیتاهای خام اولیه را به عهده داشته‌اند.

تعارض منافع

بنا به اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله نویسندگان از مسئولین باشگاه فرهنگی-ورزشی مس کرمان و بازیکنان شرکت‌کننده در آزمون‌ها

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

تشکر و قدردانی می‌کنند.

References

1. Ramari C, Hvid LG, David AC, Dalgas U. The importance of lower-extremity muscle strength for lower-limb functional capacity in multiple sclerosis: Systematic review. Ann Phys Rehabil Med. 2020;63(2):123-137.
2. Schache MB, McClelland JA, Webster KE. Lower limb strength following total knee arthroplasty: a systematic review. Knee. 2014;21(1):12-20.
3. Hewson A, Dent S, Sawers A. Strength deficits in lower limb prosthesis users: A scoping review. Prosthet Orthot Int. 2020;44(5):323-340.
4. Mentiplay BF, Perraton LG, Bower KJ, Adair B, Pua YH, Williams GP, McGaw R, Clark RA. Assessment of Lower Limb Muscle Strength and Power Using Hand-Held and Fixed Dynamometry: A Reliability and Validity Study. PLoS One. 2015;10(10):e0140822.
5. Truong NT, Phan HV, Park HC. Design and demonstration of a bio-inspired flapping-wing-assisted jumping robot. Bioinspir Biomim. 2019;14(3):036010.
6. Extrand CW. Remodeling of Super-hydrophobic Surfaces. Langmuir. 2016;32(34):8608-12.
7. Hashimoto Y, Endo T, Yamasaki T, Hyodo F, Itioka T. Constraints on the jumping and prey-capture abilities of ant-mimicking spiders (Salticidae, Salticinae, Myrmarachne). Sci Rep. 2020;10(1):18279.
8. Olberding JP, Deban SM, Rosario MV, Azizi E. Modeling the Determinants of Mechanical Advantage During Jumping: Consequences for Spring- and Muscle-Driven Movement. Integr Comp Biol. 2019;59(6):1515-1524.
9. Soylu Y, Ramazanoglu F, Arslan E, Clemente FM. Effects of mental fatigue on the psychophysiological responses, kinematic profiles, and technical performance in different small-sided soccer games. Biol Sport. 2022;39(4):965-972.
10. Hill RV, Nassrallah Z. A Game-Based Approach to Teaching and Learning Anatomy of the Liver and Portal Venous System. MedEdPORTAL. 2018;14:10696.
11. Joo S, Shin D, Song C. The Effects of Game-Based Breathing Exercise on Pulmonary Function in Stroke Patients: A Preliminary Study. Med Sci Monit. 2015;21:1806-11.
12. Wols A, Hollenstein T, Lichtwarck-Aschoff A, Granic I. The Effect of Expectations on Experiences and Engagement with an Applied Game for Mental Health. Games Health J. 2021;10(4):207-219.
13. Abraham O, Rosenberger C, Tierney K, Birstler J. Investigating the Use of a Serious Game to Improve Opioid Safety Awareness Among Adolescents: Quantitative Study. JMIR Serious Games. 2021;9(4):e33975.
14. Connor M, Mernagh D, Beato M. Quantifying and modelling the game speed outputs of English Championship soccer players. Res Sports Med. 2022;30(2):169-181.
15. Silvers-Granelli HJ, Bizzini M, Arundale A, Mandelbaum BR, Snyder-Mackler L. Does the FIFA 11+ Injury Prevention Program Reduce the Incidence of ACL Injury in Male Soccer Players? Clin Orthop Relat Res. 2017;475(10):2447-2455.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]