

Effects of Different Sport Surfaces on Vertical Velocity, Force, and Output Power during Squat Jump of the Male Football Players

Sara Ebrahimi¹, Fariborz Mohammadipour^{2*}, Mohammadreza Amirseyfardini³

1. MA of Sports Biomechanics Department , Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman , Kerman, Iran
2. Assistant Professor of Sports Biomechanics Department, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
3. Associate Professor of Sports Biomechanics Department, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman , Kerman, Iran

Received: 2015. March.08 Revised: 2016. May.30 Accepted: 2017. January.04

Abstract

Background and Aim: Sport surfaces reduce the incidence of sport injuries and enhance the technical efficiency of the athletes. The vertical jump skill is the standard test for measuring explosive power, so the present study was carried out to investigate the effect of different sport surfaces on vertical velocity, force, and power during the squat jumps of male soccer players.

Materials and Methods: A total of 20 male soccer players (age: 21.8 ± 2 years, height: 178 ± 4 cm, mass: 68 ± 5 kg, and experience: 8 ± 2 year) participated in the study. Kinematics data were collected at a sampling rate of 200 Hz with a motion-capture system comprised of six infra-red cameras. Participants performed squat jumps on four different surfaces: natural grass, artificial grass, and sand and rubber indoor floors in the laboratory. Inverse dynamics for calculating vertical velocity, force, and power were applied. The Mixed repeated measures ANOVA was used for data analysis.

Results: The results showed a significant difference only between natural grass and sand ($p=0.018$) surfaces in vertical force. Moreover, a significant difference was found between the vertical velocity on sand and the other three surfaces: natural grass, artificial grass, and rubber indoor floor ($p=0.001$). Also, a significant difference was observed in vertical power only between sand and the other three surfaces ($p=0.001$).

Conclusions: It can be concluded that between the surfaces used in the current study, only sand surface resulted in changes in power, velocity, and vertical power during athlete's squat jump and it is possibly related to the energy loss while applying force on the sand.

Keywords: Jump Squat; Different Sport Surfaces; Vertical Velocity; Vertical Force; Vertical Output Power

Cite this article as: Sara Ebrahimi, Fariborz Mohammadipour, Mohammadreza Amirseyfardini. Effects of Different Sport Surfaces on Vertical Velocity, Force, and Output Power during Squat Jump of the Male Football Players. *J Rehab Med.* 2017; 6(2): 141-149.

* Corresponding Author: Fariborz Mohammadipour. Assistant Professor of Sports Biomechanics Department, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
E-mail: Mp_fariborz@uk.ac.ir

تأثیر سطوح مختلف ورزشی بر سرعت، نیرو و توان عمودی حین پرش اسکوات بازیکنان مرد فوتبال

سارا ابراهیمی^۱، فریبرز محمدی پور^{۲*}، محمدرضا امیرسیف الدینی^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
۲. استادیار، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
۳. دانشیار، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

* دریافت مقاله ۱۳۹۴/۱۰/۱۴ بازنگری مقاله ۱۳۹۵/۰۳/۱۰ پذیرش مقاله ۱۳۹۵/۰۳/۲۴ *

چکیده

مقدمه و اهداف

سطوح ورزشی مختلف در کاهش بروز آسیب‌های ورزشی و بالا بردن راندمان تکنیکی ورزشکار نقش بسیار دارند. با توجه به اینکه مهارت پرش عمودی به عنوان تست توان انفجاری مطرح است، بنابراین هدف اصلی مطالعه حاضر، بررسی تأثیر سطوح مختلف ورزشی بر سرعت، نیرو و توان عمودی پرش اسکوات بازیکنان مرد فوتبال بود.

مواد و روش‌ها

۲۰ بازیکن فوتبال (سن 21.8 ± 2.1 سال، قد 178.4 ± 4.1 سانتی‌متر، جرم 68.5 ± 5.8 کیلوگرم و سابقه ورزشی 8.2 ± 2.8 سال)، در پژوهش حاضر شرکت کردند. برای ثبت پرش اسکوات آزمودنی‌ها از سیستم اپتوالکترونیک Motion Analysis با شش دوربین و سرعت ۲۰۰ هرتز استفاده شد. پرش اسکوات روی چهار نوع سطح چمن طبیعی، شن، چمن مصنوعی و کفش‌ش سالن در محیط آزمایشگاه انجام شد. برای محاسبه متغیرهای وابسته سرعت، نیرو و توان از دینامیک معکوس استفاده شد. برای تحلیل آماری داده‌ها نیز آزمون اندازه‌گیری مکرر واریانس در سطح معناداری $p < 0.05$ مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها

تفاوت معناداری در مقدار نیروی عمودی ورزشکار بین سطوح چمن طبیعی و شن مشاهده شد ($P=0.018$) همچنین تفاوت معناداری در میانگین سرعت عمودی ورزشکار، بین سطح شن با سه سطح دیگر چمن طبیعی، چمن مصنوعی و کف پوش مشاهده شد ($P=0.001$) و میزان توان خروجی ورزشکار هم تنها بین سطح شن با سه سطح دیگر تفاوت معناداری داشت ($P=0.001$).

نتیجه‌گیری

در بین سطوح استفاده شده در تحقیق حاضر، تنها سطح شن تغییراتی بر میزان نیرو، سرعت و توان عمودی ورزشکار حین اجرای پرش اسکوات اعمال کرده و این احتمالاً با میزان تلف شدن انرژی حین اعمال نیرو روی شن در ارتباط است.

واژه‌های کلیدی

پرش اسکوات؛ سطوح مختلف ورزشی؛ سرعت عمودی؛ نیروی عمودی؛ توان عمودی

نویسنده مسئول: فریبرز محمدی پور، کرمان میدان پژوهش دانشگاه شهید باهنر دانشکده تربیت بدنی گروه بیومکانیک ورزشی

آدرس الکترونیکی: Mp_fariborz@uk.ac.ir

مقدمه و اهداف

در اجرای بسیاری از تکنیک‌های ورزشی پرش عمودی یکی از مهارت‌های بسیار مهم محسوب می‌گردد. با توجه به اهمیت به دست آوردن حداکثر ارتفاع مناسب در فعالیت پرش در طول اجرای مهارت، تحقیقات بسیاری از محققان به دنبال شناسایی و پژوهش در رابطه با متغیرهای تأثیرگذار بر ارتفاع و پرش عمودی معطوف شده است. پرش به اشکال مختلف (پرش اسکوات، پرش ضد حرکت و غیره)، یک فعالیت حرکتی رایج استفاده شده در فوتبال و دیگر رشته‌های ورزشی می‌باشد. پرش اسکوات پرشی است که در آن فرد از حالت نیمه نشسته شروع به تیک‌آف می‌کند و حرکت رو به پایین در آن انجام نمی‌گیرد و حداکثر استفاده از چرخه کشش-انقباض سود نمی‌برد. این نوع پرش به عنوان یک تمرین برای افزایش حداکثر پرش (به دلیل درگیر کردن اکثر عضلات اندام تحتانی از جمله عضلات ناحیه ساق، عضله چهار سر، همسترینگ و عضلات سرینی) به شکل گسترده در ورزشکاران رشته‌های مختلف ورزشی مورد استفاده قرار می‌گیرد و همچنین در حین فعالیت ورزشی نیز به شکل مکرر از این نوع پرش استفاده می‌شود. برای اجرای انواع پرش‌ها باید توان بالای اندام تحتانی مد نظر قرار گیرد، لذا شناخت پارامترهای کینماتیکی و کینتیکی اندام‌های بدن حین انجام انواع پرش عمودی تعیین‌کننده متغیرهایی از قبیل سرعت پرش و ارتفاع پرش می‌باشد. توان با میزان نیروی ایجاد شده و سرعت تولید این نیرو در ارتباط است. ارزیابی توان خروجی عضلات اکستنسور اندام تحتانی یک شیوه رایج برای بررسی عملکرد ورزشکاران می‌باشد و با حرکات مختلفی از جمله دو سرعت، رکاب زدن سرعتی و پرش‌ها محاسبه می‌شود.^[۲،۸]

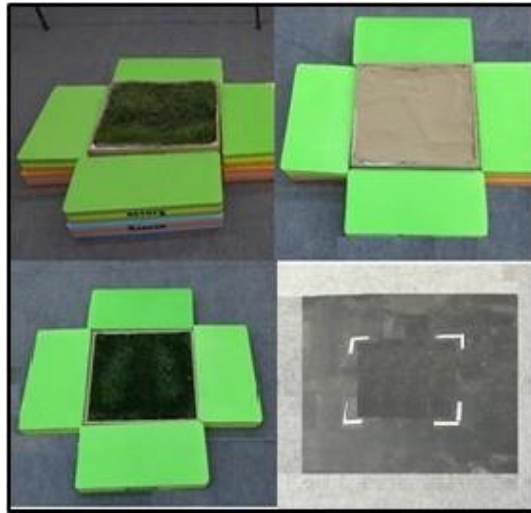
از سوی دیگر نیروی برخورد، هنگام طراحی و توسعه سطوح ورزشی موضوعی بسیار مهم به شمار می‌رود. تفکر کلی همواره این بوده است که نیروهای برخورد خطرناک‌اند و دلیل آسیب‌های مرتبط با حرکت محسوب می‌شود.^[۳] هر ورزشی بر اساس ماهیت حرکات آن، بر روی سطوح مختلفی انجام می‌گیرد. در ورزش فوتبال به دلیل تنوع این رشته بر روی سطوح مختلف ورزشی که ماهیت و ضریب ارتجاعی آن‌ها کاملاً متفاوت است، از جمله فوتبال چمنی بر روی چمن طبیعی و چمن مصنوعی، فوتسال بر روی کفپوش یا پارکت و فوتبال ساحلی بر روی شن ساحلی انجام می‌گیرد.

بسیاری از انواع سطوح در بروز آسیب‌های مختلف نقش دارند، اما سطح مشترک یا-سطح یک عامل بسیار مهم در آسیب‌دیدگی‌ها محسوب می‌شود. به نظر می‌رسد که برای هر سطح چه از نظر عملکرد و چه آسیب‌دیدگی یک ان بهینه وجود دارد.^[۴] بهترین سطح برای انجام فعالیت‌های ورزشی چمن طبیعی، مسیرهای خاکی و ساخته‌شده از خرده چمن است، زیرا این سطوح از خاصیت ارتجاعی، صافی و یکنواختی دلخواه برخوردار هستند. سطوح سخت و بدون خاصیت ارتجاعی سطحی نامناسب از نظر آسیب‌دیدگی اندام تحتانی و عملکرد می‌باشد و جاده‌های آسفالت، سنگ‌فرش و چوب به عنوان بدترین سطوح در نظر گرفته شده‌اند. سطوح سنتزی (مصنوعی) نیز به واسطه سفتی سطح، در آسیب نقش دارد. احتمالاً بین بیشینه نیروی عمودی بیشینه سرعت اعمال بار و انتقال موج و ضربه از طریق بدن ارتباط وجود دارد. از این رو در ورزش‌هایی که در آنها حرکات عمودی غالب است سفتی سطح عامل مهمی به شمار می‌آید.

به نسبت آسان است که انرژی از طریق یک سطح ورزشی باز گردد، چون که سطح می‌تواند تغییر شکل داده و کشش سطحی آن می‌تواند برای هماهنگ کردن مناسب انرژی استفاده شود.^[۳] در ارتباط با تحقیقات انجام‌شده با این مسأله، جرج گیاتسیس و همکارانش نشان دادند که حین اجرای پرش اسکوات روی شن و سطح سخت، ارتفاع پرش بر روی سطح سخت بیشتر از شن بوده است.^[۵] در تحقیق دیگری نشان داده شد که کار مکانیکی و هزینه انرژی نیز در راه رفتن و دویدن روی شن با دیگر سطوح مختلف است.^[۶،۷] هر چند که تحقیقاتی در ارتباط با تأثیر سطوح ورزشی بر پارامترهای کینماتیکی اندام تحتانی انجام گرفته، اما بعضی از این تحقیقات فقط روی یک سطح خاص مطالعه شده است و اطلاعاتی در مورد دیگر سطوح ارائه نگردیده است. علاوه بر این، تحقیقات کمی در مورد پارامترهایی همچون سرعت، نیرو و توان عمودی پرش روی چندین سطح به‌طور مستقیم مورد مطالعه قرار دادند. این درحالی است که بازیکنان فوتبال بر روی سطوح چمن طبیعی، کفپوش سالن، چمن مصنوعی و شن فعالیت دارند که آنها نیز از اثرات سطح بر روی مهارت‌های ورزشی به‌ویژه پرش عمودی بی‌نصیب نمی‌باشند. اجرای مهارت‌ها بر روی سطوح مختلف تأثیراتی بر راندمان و عملکرد، سرعت و قدرت اندام‌ها خواهد داشت، اما این تأثیرات نامعلوم است و مقدار آنها مشخص نیست. برای اندازه‌گیری نیرو و سرعت به دستگاه‌های خاص و گران‌قیمت مثل صفحه نیرو و الکترومایوگرافی نیاز است که برخی اوقات در زمینه میدانی کار تحقیق را سخت می‌کند، در نتیجه استفاده از روش دینامیک معکوس در راه رسیدن به پارامترهای کینتیکی حائز اهمیت می‌باشد. از آنجایی تحقیقی که تأثیر سطوح مختلف ورزشی بر متغیرهای خود پرش کار نشده، از این رو هدف تحقیق حاضر مطالعه تأثیر سطوح مختلف بر برخی پارامترهای کینماتیک و کنتیک حین اجرای پرش اسکوات بازیکنان فوتبال بود.

مواد و روش‌ها

روش تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی بود. آزمودنی‌ها شامل ۲۰ بازیکن عضو تیم فوتبال دانشگاه شهید باهنر کرمان بود که به روش نمونه-گیری هدفمند و در دسترس انتخاب شدند. تمام مراحل تست‌گیری در داخل آزمایشگاه بیومکانیک ورزشی دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد. برای ضبط سه‌بعدی پرش عمودی آزمودنی‌ها از سیستم ایتوالکترونیک (Raptor-H made in America) Motion Analysis با شش دوربین استفاده شد. برای این تحقیق فرکانس دوربین‌ها ۲۰۰ هرتز در نظر گرفته شد. فضای مورد نظر برای انجام پرش اسکوات کالیبره شد؛ سپس سطوح مورد نظر برای اجرای پرش عمودی که شامل چهار سطح: چمن طبیعی، چمن مصنوعی، شن و کفپوش سالن بود، در موقعیت مناسب قرار داده شد (تصویر ۱).



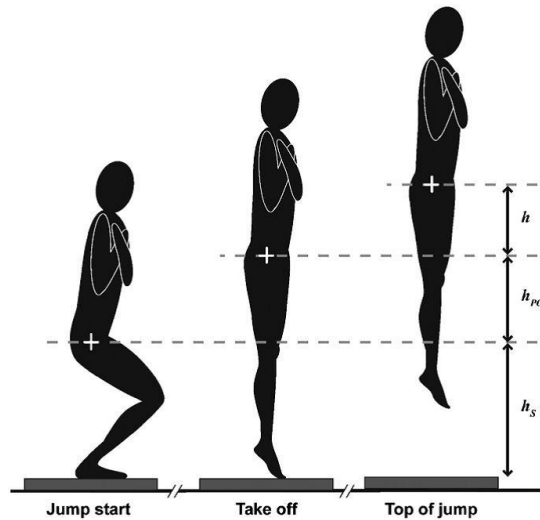
تصویر ۱: سمت راست بالا: شن، سمت چپ بالا: چمن طبیعی، سمت راست پایین: کفپوش سالن، سمت چپ پایین: چمن مصنوعی

پس از انجام جلسه آشنایی و مراحل آماده‌سازی فضا و دوربین‌ها، آزمودنی‌ها ۱۵ دقیقه گرم کردند که شامل دویدن، حرکات کششی و حرکات جهشی بود. بعد از گرم کردن ۲ مارکر بر روی نقاط آناتومیکی سطح فوقانی تاج خاصره و انتهای استخوان متاتارسال پنجم پای راست جهت محاسبه سه ارتفاع مورد نیاز در معادلات دینامیک معکوس نصب شد. برای انجام مهارت پرش اسکوات آزمودنی در محل مناسب قرار گرفته دست‌های خود را روی سینه قرار دادند، به‌گونه‌ای که دست‌ها مانع دید مارکر خاصره‌ای توسط دوربین‌ها نشود. سپس آزمودنی مفاصل زانو را برای رسیدن به زاویه مطلوب ۹۰ درجه خم کرد که با استفاده از گونیامتر دستی (MINATO S7110, Minato) اندازه‌گیری و پس از دو ثانیه مکث با باز کردن زانوها به‌صورت انفجاری پرش بیشینه را اجرا کرد، لازم به ذکر است که هر آزمودنی روی یک سطح ۳ پرش با فاصله ۱-۳ دقیقه استراحت انجام می‌دهد که هدف از انجام ۳ پرش به دست آورد بیشترین ارتفاع پرش می‌باشد. برای سهولت در انجام آزمایش‌ها ابتدا ۲۰ آزمودنی را به‌صورت تصادفی به ۴ گروه ۵ نفری تقسیم شدند (جدول ۱) و کل آزمون در ۴ روز غیرمتوالی اجرا شد که این شیوه باعث حذف عوامل مخل یادگیری می‌شد.^[۸] داده‌های ضبط‌شده، به‌وسیله نرم‌افزار CORTEX نسخه ۲/۵ مورد پردازش قرار گرفت. جهت حذف کردن نویزهای ناشی از حرکت مارکرها، فیلتر پایین گذر Butterworth با فرکانس ۶ هرتز مورد استفاده قرار گرفت. پس از استخراج داده‌ها از سیستم موشن آنالیزر، با استفاده از نرم‌افزار اکسل نسخه ۲۰۱۳، اطلاعات مورد نیاز تحقیق به دست آمد.

جدول ۱: شیوه تست‌گیری چهار گروه آزمودنی در ۴ روز غیرمتوالی

گروه	روز	اول	دوم	سوم	چهارم
۱	چمن طبیعی	چمن مصنوعی	کفپوش سالن	شن	
۲	شن	چمن طبیعی	چمن مصنوعی	کفپوش سالن	
۳	کفپوش سالن	شن	چمن طبیعی	چمن مصنوعی	
۴	چمن مصنوعی	کفپوش سالن	کفپوش سالن	شن	چمن طبیعی

برای محاسبه متغیرهای وابسته از دینامیک معکوس استفاده شد و با به کارگیری یکسری معادلات ساده و صرفاً با استفاده از دو پارامتر جرم و ارتفاع مرکز ثقل در سه مرحله پرش اسکوات (شروع پرش، تک آف یا مرحله جدا شدن از سطح زمین، نقطه اوج) برای اندازه‌گیری سرعت، نیرو و توان عمودی استفاده شد (تصویر ۲). مطابق نتایج به دست آمده از مطالعه ساموزینو و همکاران خطای این معادلات نسبت به استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی کمتر از ۳ درصد می‌باشد.^[۹]



تصویر ۲: سه مرحله پرش عمودی اسکوات و سه ارتفاع به کار گرفته شده در معادلات

با توجه به تصویر فوق کار کل انجام شده در طول اجرای پرش اسکوات از معادله زیر محاسبه می‌شود.

$$W_t = mg(h_{po} + h + h_s) - mgh_s \quad (1)$$

در نتیجه کار کل برابر با انرژی پتانسیل در نقطه اوج است.

$$W_t = mg(h_{po} + h) \quad (2)$$

با توجه به قضیه تیرکمان که می‌توان از آن در پرش‌ها استفاده کرد کار انجام شده داخل کمان برابر است با نیروی اعمالی به زه در جابجایی که زه از حالت اولیه انجام می‌دهد، بنابراین در پرش اسکوات داریم.

$$W_t = \bar{f} \times h_{po} \quad (3)$$

در نتیجه نیروی درون چله از معادله زیر محاسبه می‌شود.

$$\bar{f} = \frac{W_t}{h_{po}} \quad (4)$$

از ترکیب دو معادله (۲) و (۴) به معادله زیر که برای محاسبه نیروی عمودی پرش است دست پیدا می‌کنیم.

$$\bar{f} = \frac{mg(h_{po} + h)}{h_{po}} \Rightarrow \bar{f} = mg \left(\frac{h}{h_{po}} + 1 \right) \quad (5)$$

سرعت ورزشکار در لحظه تیک‌آف برابر است با مقدار ارتفاع یا جابجایی عمودی تقسیم بر زمان این جابجایی، بنابراین:

$$\bar{v} = \frac{h_{po}}{t_{po}} \quad (6)$$

با توجه به معادله کینماتیک خواهیم داشت

$$v^2 - v_0^2 = 2gh \Rightarrow v = \sqrt{2gh} \quad (7)$$

با توجه به معادلات (۵)، (۶)، (۷) سرعت عمودی پرش از معادله زیر محاسبه می‌شود

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{gh}{2}} \quad (8)$$

توان عمودی، کار انجام شده بر زمان انجام کار است. بنابراین

$$\bar{p} = \frac{W}{t} \Rightarrow \bar{p} = \frac{\bar{f} \times \bar{d}}{t} \Rightarrow \bar{p} = \bar{f} \times \bar{v} \quad (9)$$

و با توجه به معادلات (۵) و (۸) توان عمودی برابر است با

$$\bar{p} = mg \left(\frac{h}{h_{po}} + 1 \right) \sqrt{\frac{gh}{2}} \quad (10)$$

در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام گرفت. برای مقایسه داده‌های ۴ شرایط مختلف پرش، از آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی در سطح معناداری $P < 0.05$ استفاده شد.

یافته‌ها

میانگین متغیرهای تحقیق در جدول ۲ نشان داده شده است. در این جدول نیروی عمودی به نیوتن (N)، میانگین سرعت عمودی مرکز ثقل به متر بر ثانیه (m/s) و توان خروجی به صورت وات (W) بیان شده است.

جدول ۲: میانگین متغیرهای تحقیق حین اجرای پرش اسکوات روی چهار سطح ورزشی

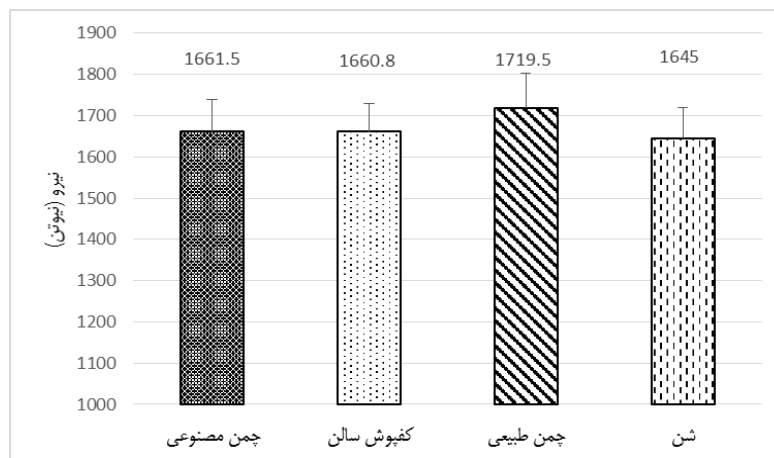
سطوح ورزشی				
متغیر	چمن مصنوعی	کفپوش سالن	چمن طبیعی	شن
حداکثر نیرو	۱۶۶۱/۵	۱۶۶۰/۸	۱۷۱۹/۵	۱۶۴۵/۰
میانگین سرعت مرکز ثقل	۱/۱۷	۱/۱۵	۱/۱۳	۱/۰۳
توان خروجی	۱۹۵۸/۰	۱۹۳۷/۸	۱۹۵۳/۷	۱۶۰۶/۴

طبق نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر تفاوت معناداری در مقدار نیروی به دست آمده حین اجرای پرش اسکوات بین دو سطح چمن طبیعی با شن دیده شد ($P = 0/018$) و در بین دیگر سطوح اختلاف معناداری به لحاظ آماری مشاهده نشد. در نمودار ۱ نیز میزان نیروی اعمال شده در هر سطح نشان داده شده است. کمترین و بیشترین مقدار نیرو به ترتیب روی شن و چمن طبیعی به دست آمده است.

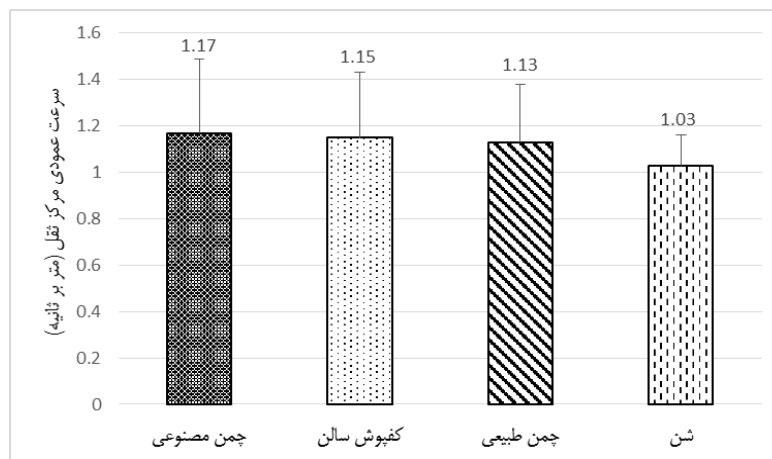
همچنین تفاوت معناداری در میانگین سرعت عمودی مرکز ثقل ورزشکار حین اجرای پرش اسکوات بین شن با هر سه سطح چمن طبیعی، کفپوش سالن و چمن مصنوعی دیده شد ($P = 0/001$) و در بین دیگر سطوح اختلاف معناداری به لحاظ آماری مشاهده نشد. در نمودار ۲ میزان سرعت اعمال شده در هر سطح نشان داده شده است. کمترین و بیشترین مقدار میانگین سرعت عمودی مرکز ثقل به ترتیب روی شن و چمن مصنوعی به دست آمده است.

تفاوت معناداری نیز در توان خروجی حین اجرای پرش اسکوات بین شن با هر سه سطح چمن مصنوعی ($P = 0/004$)، کفپوش سالن ($P = 0/001$) و چمن طبیعی ($P = 0/001$) دیده شد و در بین دیگر سطوح اختلاف معناداری به لحاظ آماری مشاهده نشد. در نمودار ۳ میزان توان خروجی اعمال شده در هر سطح نشان داده شده است. کمترین و بیشترین مقدار توان خروجی به ترتیب روی شن و چمن مصنوعی به دست آمده است.

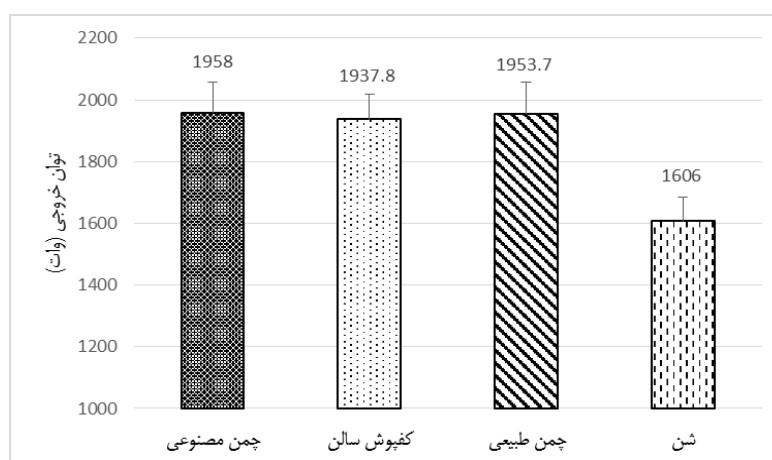
با توجه به آزمون فرضیات تحقیق می‌توان به‌طور کلی نتیجه گرفت در اجرای پرش اسکوات تنها بر روی سطح شن تفاوت در سرعت عمودی، نیروی عمودی و توان عمودی ورزشکار نسبت به سطوح چمن طبیعی، چمن مصنوعی و کفپوش سالن دیده می‌شود و دیگر سطوح تفاوت معناداری در متغیرهای تحقیق ایجاد نکردند.



نمودار ۱: مقدار نیروی عمودی به دست آمده حین اجرای پرش اسکوات روی چهار سطح ورزشی



نمودار ۲: مقدار سرعت عمودی مرکز ثقل به دست آمده حین اجرای پرش اسکوات روی چهار سطح ورزشی



نمودار ۳: مقدار توان خروجی به دست آمده حین پرش اسکوات روی چهار سطح ورزشی

بحث

هدف تحقیق حاضر بررسی تاثیر سطوح چمن مصنوعی، چمن طبیعی، کفپوش سالن و شن بر سرعت، نیرو و توان عمودی حین پرش اسکوات بازیکنان مرد فوتبال بود. نتایج آزمون آنالیز مکرر واریانس نشان داد که تفاوت معناداری در مقدار نیروی عمودی آزمودنی‌ها بین سطوح چمن طبیعی و شن وجود دارد ($P=0/018$). همچنین تفاوت معناداری در میانگین سرعت عمودی ورزشکار، بین سطح شن با سه سطح دیگر چمن طبیعی، چمن مصنوعی و کف پوش مشاهده شد ($P=0/001$) و میزان توان خروجی ورزشکار هم تنها بین سطح شن با سه سطح دیگر تفاوت معناداری داشت ($P=0/001$).

سطحی که پرش روی آن انجام می‌شود دارای ویژگی‌های خاصی می‌باشد. هر سطح سختی، ضریب ارتجاع مشخصی را دارا می‌باشد و این موضوع مستقیماً با خاصیت برگشت‌پذیری سطح به حالت اولیه، اتلاف انرژی و شکل‌پذیری به هنگام اعمال بر روی آن ارتباط دارد. هنگامی که نیرویی (بار) به سطحی وارد می‌شود، با توجه به خاصیت شکل‌پذیری و سختی آن جسم، مقداری از نیروی وارد شده به سطح، صرف ایجاد تغییر شکل موقتی (برگشت‌پذیر) و دائمی (برگشت‌ناپذیر) می‌شود و این به ترتیب سبب ذخیره شدن و هدر رفتن انرژی خواهد شد. با توجه به موارد ذکر شده، نیروی عکس‌العمل سطح که به عامل ایجاد نیرو روی سطح وارد می‌شود، دچار تغییراتی خواهد شد. این تغییرات با میزان انرژی ذخیره شده در سطح و تغییرات دائمی آن ارتباط مستقیم دارد. هنگام قرارگیری پاهای ورزشکار بر روی سطح مورد نظر، نیرویی بر روی سطح زیرین وارد شده و این نیرو در سطح تغییراتی ایجاد می‌کند که نیروی عکس‌العمل سطح نیز از این تغییرات بی‌نصیب نخواهد ماند.^[۱۰] این پدیده میزان ارتفاع پرش و سرعت عمودی مرکز ثقل بدن را بر روی سطوح مختلف ورزشی تحت تأثیر قرار می‌دهد. با اعمال نیرو توسط ورزشکار به سطح ورزشی مورد نظر، ورزشکار روی سطح کار انجام می‌دهد و اندازه آن با نیروی وارد شده به سطح و میزان تغییرات ایجاد شده در سطح رابطه مستقیم دارد^[۱۱]:

$$\text{سطح} \Delta E = \int f \cdot dr = \text{کار} \quad (۱۱)$$

در اینجا f نیروی وارد شده به سطح توسط ورزشکار و T میزان تغییرات ایجاد شده در سطح است. در نمودار ۴-۱ مقدار نیروی عمودی روی سطوح چمن طبیعی از دیگر سطوح بیشتر می‌باشد و روی سطح شن کمترین مقدار را دارد؛ این بدین معنی است که سطح شنی مقادیر بالاتری از نیروی وارد شده به آن را نسبت به دیگر سطوح به‌ویژه سطح چمن طبیعی صرف تغییر شکل دائمی خود کرده و مقدار بالاتری از انرژی نسبت به دیگر سطوح تلف خواهد شد. سطوح چمن مصنوعی و کفپوش سالن علی‌رغم داشتن اختلاف در میزان نیروی عمودی نسبت به سطح شنی لیکن تفاوت معناداری نشان ندادند. این شاید به این دلیل باشد که آزمودنی حین اجرای پرش اسکوات روی چهار سطح عملکرد کنترل‌شده‌ای داشته است و سبب آن شده است که میزان اختلافات موجود در میانگین نیروی عمودی به‌صورت آماری معنادار نباشد. در این میان گیاتسیس و همکاران نیروی عمودی حین اجرای پرش اسکوات روی سطح سخت و شن را به ترتیب $۱۲۲۷/۳$ و $۱۱۳۲/۴$ نیوتن به‌دست آوردند که همسو با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد.^[۵] اختلافات در میانگین‌های مشاهده‌شده در مطالعه‌ی گیاتسیس و همکاران با تحقیق حاضر را می‌توان ناشی از روش‌های اندازه‌گیری متفاوت دانست.^[۵] مکنزی و همکاران نیروی عمودی روی سطح سخت را ۲۲۳۴ نیوتن به‌دست آوردند^[۱۲] که از نظر اندازه تفاوت چشمگیری با مقدار نیروی عمودی به‌دست‌آمده از تحقیق حاضر دارد و این می‌تواند مرتبط با روش اجرای پرش اسکوات باشد (پرش اسکوات با تاب دست‌ها). با نتایجی که از این تحقیق به‌دست آمد؛ می‌توان نتیجه گرفت که سختی دو سطح چمن مصنوعی و کفپوش سالن تا حدی به یک‌میزان بر نیروی عمودی تولیدشده توسط آزمودنی تأثیرگذار می‌باشد.

همان‌گونه که مشخص است سرعت اولیه مرکز ثقل بدن در ابتدای پرش تعیین‌کننده میزان ارتفاع پرش می‌باشد این تغییرات در آن احتمالاً باعث افزایش یا کاهش سرعت مرکز ثقل خواهد شد. از تحقیقاتی که نتایج همسو با نتایج تحقیق حاضر داشتند می‌توان به گیاتسیس و همکاران و تیلپ و همکاران اشاره کرد که سرعت مرکز ثقل بدن در لحظه تیک‌آف روی سطح سخت را بیشتر از شن به‌دست آوردند.^[۱۳] در نمودار ۲ مشاهده می‌شود که میانگین سرعت مرکز ثقل روی سطح شن با دیگر سطوح اختلاف معناداری دارد و دیگر سطوح علی‌رغم وجود اختلاف در میانگین، تفاوت معناداری از لحاظ آماری با یکدیگر نداشتند. این شاید حاکی از آن باشد که سختی سه سطح چمن مصنوعی، چمن طبیعی و کفپوش سالن تا حدی به یک اندازه بر سرعت عمودی مرکز ثقل تأثیرگذار هستند.

مطالعات بسیار کمی در ارتباط با این موضوع صورت گرفته است و اغلب مطالعات بر آسیب‌های عضلانی و خستگی عضلات حین تمرین روی سطوح مختلف متمرکز بوده‌اند. به‌طوری‌که قربانیان و همکاران نشان دادند که سطح سرمی کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز با اجرای تمرینات پلايومتریک (پرش اسکوات، پرش به طرفین، سیت-آپ پرش^۱) روی سطح چوبی به‌طور معناداری در مقایسه با چمن طبیعی و شن بیشتر بود.^[۱۴] همچنین سطح این آزمون‌ها بعد از تمرین، روی سطح چمن طبیعی در مقایسه با شن بیشتر بوده است.

همان‌طور که در نمودار ۳ دیده می‌شود مقدار توان خروجی به‌دست‌آمده روی سطح شنی به‌طور قابل‌توجهی از دیگر سطوح کمتر و درعین‌حال تفاوت آماری معناداری نیز مشاهده‌شده است، اما سه سطح دیگر علی‌رغم وجود اختلاف در مقدار توان خروجی، اختلاف معناداری از نظر آماری با یکدیگر نداشتند. در این میان با توجه به نتایج مربوط به نیروی عمودی و سرعت عمودی مرکز ثقل، می‌توان به این نکته مهم نیز اشاره کرد که میزان توان خروجی تا حد زیادی به تغییرات سرعت مرکز ثقل وابسته است، زیرا تغییرات سرعت مرکز ثقل در ایجاد اختلاف آماری معنادار توان خروجی تأثیرگذار بوده است. گیاتسیس و همکاران توان خروجی روی سطح سخت و روی شن را به ترتیب $۲۶۷۸/۸$ و $۲۴۶۷/۲$ وات به‌دست آوردند که همسو با نتایج تحقیق حاضر است.^[۵] اختلاف در اندازه توان خروجی به‌دست‌آمده از این تحقیق با تحقیق مذکور را می‌توان ناشی از روش‌های متفاوت اندازه‌گیری تلقی کرد. همچنین مکنزی و همکاران توان خروجی روی سطح سخت و شن را به ترتیب ۲۲۳۴ نیوتن و ۳۷۷۲ وات به‌دست آوردند که همسو با نتایج تحقیق حاضر است.^[۱۲]

علاوه بر این، در ادبیات تحقیق می‌توان به تمرینات روی سطوح ورزشی نیز اشاره کرد که اثرات قابل‌توجهی بر کینتیک و کینماتیک پرش عمودی خواهد گذاشت. به‌طوری‌که ایمپلازیری و همکاران نشان دادند که چهار هفته تمرین پلايومتریک روی چمن طبیعی و شن، به‌طور معناداری باعث بهبود ارتفاع پرش حین پرش اسکوات و پرش ضد حرکت شد.^[۱۵] باین‌وجود به‌طور معناداری بهبود بیشتری در ارتفاع پرش اسکوات روی شن در مقایسه با چمن طبیعی دیده شد. این در حالی است که ارتفاع پرش حین پرش ضد حرکت روی چمن از بهبود بیشتری در مقایسه با شن بود. علاوه بر این ارتفاع پرش حین اجرای پرش اسکوات و پرش ضد حرکت روی شن در مقایسه با چوب کمتر بود. در مطالعه‌ای دیگر از میاما و همکاران مشخص شد که ارتفاع پرش حین اجرای پرش جعبه مکرر روی شن در مقایسه با چوب به‌طور معناداری کمتر است.^[۱۶]

¹ Situp Jump

نتیجه گیری

بر اساس یافته‌های تحقیق حاضر، در اجرای پرش اسکوات میانگین نیروی عمودی ورزشکار تنها بین دو سطح چمن طبیعی و شن تفاوت معنادار بود و میانگین سرعت عمودی ورزشکار، بین سطح شن با دیگر سطوح چمن طبیعی، چمن مصنوعی و کف پوش سالن تفاوت معنادار است و همچنین میزان توان خروجی ورزشکار هم تنها بین سطح شن با سه سطح دیگر تفاوت معناداری دیده شد. از این رو می‌توان نتیجه گرفت که ماهیت سطح شن نسبت به سطوح دیگر فوتبال دارای تفاوت معنادار است و ماهیت فوتبال ساحلی کاملاً متفاوت با فوتبال چمن و سالنی است. از دیدگاه عملکردی، پرش عمودی اسکوات بر روی شن موجب کاهش ارتفاع می‌شود، چون سرعت، نیرو و توان در پرش اسکوات بر روی سطح شن نسبت به سطوح ورزشی دیگر، کمتر است و سطوح ورزشی می‌تواند بر روی توان انفجاری و در نتیجه بر روی تکنیک ورزشکار تاثیرگذار باشد.

منابع

1. Jaskolski A, Veenstra B, Goossens P, Jaskolska A, Skinner JS. Optimal resistance for maximal power during treadmill running. *Sports Medicine Training and Rehabilitation*. 1996; 7: 17–30.
2. Rahmani A, Dalleau G, Viale F, Hautier CA, Lacour JR. Validity and reliability of a kinematic device for measuring the force developed during squatting. *Journal of Applied Biomechanics*. 2000; 16: 26–35.
3. Shorten MR. Biomechanics of sports shoes, by Benno M. Nigg. *Footwear Science*. 2011;3(2):125-6.
4. Nigg BM, Yeadon MR. Biomechanical aspects of playing surfaces. *Journal of Sports Sciences*. 1987;5:117-45.
5. Giatsis G, Kollias I, Panoutsakopoulos V, Papaiaikovou G. Volleyball: Biomechanical differences in elite beach-volleyball players in vertical squat jump on rigid and sand surface. *Sports Biomechanics*. 2004; 3(1): 145-158.
6. Lejeune TM, Willems PA, Heglund NC. Mechanics and energetics of human locomotion on sand. *The Journal of Experimental Biology*. 1998; 201(13): 2071-2080.
7. Zamparo P, Perini R, Orizio C, Sacher M, Ferretti G. The energy cost of walking or running on sand. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1992; 65(2):183-187.
8. Amiri-Khorasani M, Gonzalez J, Mogharabi-Manzari M. Acute effect of different combined stretching methods on acceleration and speed in soccer players. *Journal of human kinetics*. 2016; 50: 179-186.
9. Samozino P, Morin JB, Hintzy FAB. A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *J Biomech*. 2008; 41: 2940–2945.
10. Häkkinen K, Komi pv. Effect of explosive type strength training on isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*. 1985; 125: 587–600.
11. Stefanyshyn DJ, Nigg BM. Energy and performance aspects in sports surfaces. *Sport Surfaces—Biomechanics, Injuries, Performance, Testing and Installation*, Editors. BM Nigg, GK Cole and DJ Stefanyshyn, University of Calgary, Calgary, Canada. 2003; 31-46.
12. MacKenzie SJ, Lavers RJ, Wallace BB. A biomechanical comparison of the vertical jump, power clean, and jump squat. *Journal of sports sciences*. 2014; 32(16): 1576-1585.
13. Tilp M, Wagner H, Müller E. Differences in 3d kinematics between volleyball and beach volleyball spike movements. *Sports Biomechanics*, 2008; 7(3):386-397.
14. Ghorbani LO, Sales M, Dast Bar HH, Mehdi. Comparing the effects of the plyometric exercise on sand, grass and wood surfaces on delayed-onset muscle soreness of young athletes. *International Journal of Sport Studies*. 2014; 4: 441-447.
15. Impellizzeri FM, Rampinini E, Castagna C, Martino F, Fiorini S, Wisloff U. Effect of plyometric training on sand versus grass on muscle soreness and jumping and sprinting ability in soccer players. *British journal of sports medicine*. 2008;42(1):42-6.
16. Miyama M, Nosaka K. Influence of surface on muscle damage and soreness induced by consecutive drop jumps. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2004; 18(2): 206-211.