پیش‌بینی عملکرد سرعتی زنان فعال با استفاده از سفتی عمودی و سفتی پا

عفت حسین زاده*[۱]، منصور اسلامی[۲]

۱. دانشجوی دکتری، بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، ایران
۲. دانشیار، بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه مازندران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۹/۶ شماره صفحات: ۱۰۳ تا ۱۱۴

چکیده

اگرچه توانایی دست‌یابی به بالاترین سرعت دویدن، عامل موفقیت در بسیاری از رشته‌های ورزشی به شمار می‌رود، بااین‌وجود در شناخت ویژگی جسمانی که زیربنای دست‌یابی به این توانایی است، ابهاماتی وجود دارد. هدف از پژوهش حاضر بررسی نقش سفتی پا و سفتی عمودی در پیش‌بینی توانایی سرعت دویدن است. داده‌های کینتیکی و کینماتیکی سه‌بعدی مهارت دویدن از ۵۰ زن سالم دانشجوی تربیت‌بدنی و علوم ورزشی جمع‌آوری و از آن برای اندازه‌گیری سفتی پا و سفتی عمودی استفاده شد. برای بررسی امکان پیش‌بینی سرعت دویدن با استفاده از مدل رگرسیون چند متغیره استفاده شد. **یافته‌ها:** نتایج رگرسیون چند متغیره نشان داد که بین دو متغیر سفتی پا و سفتی عمودی با میانگین سرعت دویدن رابطه قابل‌توجهی وجود دارد (R=۰/۶۷۱) و این دو متغیر می‌توانند ۴۲ درصد از واریانس میانگین سرعت دویدن را پیش‌بینی نمایند. (Adj.R square=۰/۴۲۶). نتایج پژوهش حاضر نشان داد به‌احتمال‌زیاد توانایی افراد در سرعت دویدن به میزان قابل‌توجهی به سفتی پا و سفتی عمودی وابسته است. نتایج این پژوهش می‌تواند اطلاعات مهمی درزمینهٔ طراحی برنامه‌های تمرینی و استعدادیابی در اختیار مربیان و متخصصان این حوزه قرار دهد.

کلیدواژه‌ها: زنان فعال، سفتی، عملکرد سرعتی.

Prediction of sprint active women performance using vertical and leg stiffness

Effat Hosseinzadeh[1*]., Mansour Eslami[2].

1. PHD Student, Sport Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Mazandaran University, Iran
2. Associate Professor, Sport Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Mazandaran University, Iran

Abstract

Introduction: The ability to attain high level of speed is an essential component of success in many sports fields. However, physical qualities that underpin this ability remain unclear. The purpose of this study was to investigate the role of leg stiffness and vertical stiffness in predicting sprint running. **Methods**: 50 healthy females were selected among physical education students. The required kinetic and kinetic data were collected in three dimensions. The kinetic and kinematic variables rrunning skill was used to measure both stiffness variables. A multivariate regression model was used to examine the possibility of predicting running speed using leg stiffness and vertical stiffness. **Findings**: The results of multiple regression showed that there is a significant relationship between the two-leg stiffness and vertical stiffness with mean running speed (R = 0.671), and these two variables can predict 42% of Average speed variation (Adj. R square=0.426) . **Conclusion**: The results of the present study showed that the ability of individuals to sprint running is likely to be significantly dependent on leg stiffness and vertical stiffness. The results of this study can provide important information for designing training programs and talent detection for trainers and specialists in this field.

keywords: Active Women, Sprint Performance, Stiffness.

*. hosseinzadeh.effat@gmail.com

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.20.8.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.20.103]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.20.8.1]

[DOI: 10.29252/jsmt.18.20.103]

مقدمه

سرعت دویدن یکی از مؤلفه‌های اصلی در بسیاری از رشته‌های ورزشی است که از دیرباز موردتوجه محققان در حوزه‌های بیومکانیک و علوم حرکتی بوده است (۱،۲). محققان گزارش کردند که بین توانایی افراد در سرعت دویدن و موفقیت افراد در رشته‌های ورزشی رابطه مستقیمی وجود دارد. توانایی افراد در سرعت دویدن متفاوت بوده و عوامل مختلفی می‌تواند در آن نقش داشته باشد (۲،۳). شناخت عوامل تعیین‌کننده و مؤثر بر سرعت دویدن علاوه بر افزایش عملکرد ورزشکاران در اکثر رشته‌های ورزشی و بهبود رکورد دونده‌ها در حوزه استعدادیابی ورزشی نیز حائز اهمیت است (۳). طبق تحقیقات گذشته نیروی عکس‌العمل زمین یک فاکتور مهم در سرعت دویدن است که در طی دویدن به دو فاز ترمزی[1] و پیشروی[2] تقسیم می‌شود. درنتیجه می‌توان گفت هر گام دویدن شامل دو مرحله انقباض درون‌گرا و برونگرای عضلات است (۴). در طی فاز برونگرا انرژی مکانیکی در اجزاء الاستیک سیستم عضلانی اسکلتی تولید و ذخیره‌شده و در فاز درون‌گرا آزاد می‌شود. جفت شدن انقباض درون‌گرا و برونگرا چرخه کشش و انقباض[3] نامیده می‌شود که نقش بسیار مهمی در عملکرد سرعتی ورزشکاران دارد (۴). محققان گزارش کردند که توانایی اجرای موفق در دویدن به‌خصوص دوهای سرعت به کارایی چرخه کشش انقباض مرتبط است به‌گونه‌ای که افزایش کارایی چرخه کشش انقباض می‌تواند به افزایش سرعت دویدن کمک نماید (۴،۵).

یکی از فاکتورهای مؤثر در کارایی چرخه کشش انقباض سفتی اندام تحتانی است (۴،۶). سفتی[4] توانایی مقاومت بدن به تغییر شکل در مقابل نیرو یا گشتاور اعمال‌شده به بدن است. مفهوم سفتی از قانون هوک گرفته‌شده و در مهارت‌هایی مثل دویدن، پریدن و هاپینگ[5] (جهش و فرود متوالی) که از مدل جرم و فنر پیروی می‌کنند، بکار می‌رود (۶). سفتی در سطوح مختلفی از سیستم عضلانی اسکلتی بدن از قبیل مفاصل بدن، سفتی اندام و سفتی کل بدن قابل‌محاسبه است. سفتی کل بدن یا سفتی عمودی[6] نسبت حداکثر مؤلفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین به جابه‌جایی عمودی مرکز ثقل بدن است. سفتی کل اندام پا یا سفتی پا[7] مقاومت به تغییر طول پا بعد از اعمال نیروهای داخلی و خارجی است (۷). افزایش سفتی برای مقاومت بدن در مقابل روی‌هم افتادگی اندام تحتانی[8] (خم شدن بیش‌ازحد طبیعی در مفاصل پایین‌تنه) حین فاز برونگرا و به دنبال آن برای برگشت‌پذیری حداکثر انرژی ذخیره‌شده لازم است (۶،۸،۹). لذا این فرضیه مطرح می‌شود که توانایی افراد در سرعت دویدن به میزان قابل‌توجهی به میزان سفتی اندام تحتانی وابسته است.

طبق ادبیات تحقیق با افزایش سرعت دویدن سفتی عمودی به میزان قابل‌توجهی افزایش می‌یابد درحالی‌که افزایش یا کاهش سفتی پا به میزان سرعت دویدن بستگی دارد به‌گونه‌ای که با افزایش سرعت دویدن از کم تا متوسط سفتی پا افزایش‌یافته ولی در صورت افزایش سرعت دویدن از متوسط تا حداکثر سفتی پا ثابت باقی می‌ماند (۱۰). چگونگی پاسخ بدن برای افزایش سرعت دویدن بین افراد مختلف متفاوت است درواقع هر فردی برای دستیابی به حداکثر سرعت دویدن ممکن است حین اجرای مهارت مقدار متفاوتی از سفتی را در

1. Braking
2. Propulsion
3. Stretch-Shortening Cycle (SSC)
4. Stiffness
5. Hopping
6. Vertical Stiffness
7. Leg Stiffness
8. collapse lower extremity

بدن خود ایجاد کند. برای مثال دونده‌های سرعتی مبتدی نسبت به دونده‌های نخبه میزان سفتی بیشتری حین فاز برونگرا در دویدن سریع داشتند درحالی‌که حداکثر سرعت دویدن آن‌ها کمتر از افراد نخبه بود (۱۱،۱۲). لذا میزان سفتی در حین مهارت یک پاسخ فردی بوده و سازگاری فرد با شرایط نقش مهمی در تعیین میزان سفتی حین اجرای مهارت دارد (۱۰،۱۳).

به‌منظور بررسی فرضیه مطرح‌شده تحقیقاتی انجام شد که سفتی پا و عمودی را به‌صورت جداگانه اندازه‌گیری کرده و رابطه آن را با سرعت دویدن سنجیدند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند افرادی که سفتی عمودی بالایی داشتند سرعت حداکثر، میانگین سرعت و شتابگیری بالایی دارند (۱۱،۱۴،۱۵). مهم‌ترین نقص این دسته از تحقیقات این است که اغلب آن‌ها سفتی اندام تحتانی را طی مهارت هاپینگ و پرش عمودی محاسبه کرده و ارتباط آن را با سرعت دویدن سنجیده‌اند درحالی‌که سفتی اندام به نوع مهارت وابسته بوده به‌گونه‌ای که میزان سفتی پا در دویدن، هاپینگ و پریدن باهم فرق دارند درواقع سفتی بدن در مهارت هاپینگ با سفتی بدن در دویدن متفاوت است (۷،۱۶). از طرف دیگر بررسی رابطه بین سفتی و سرعت دویدن را در ورزشکاران حرفه‌ای مثل دوندگان سرعتی (۱۵)، تنیس‌بازان (۸) و هندبالیست‌ها (۱۱) و نت بال‌ها (۱۴) و عدم بررسی این رابطه در افراد غیرحرفه‌ای یکی دیگر از نقایص موجود در تحقیقات قبلی است زیرا محققان بر این باورند که سابقه فعالیت و نوع آن می‌تواند میزان سفتی را تحت تأثیر قرار داده و لذا در نتایج گزارش‌شده اثرگذار است (۱۷). علاوه بر این‌ها به دلیل استفاده از مهارت‌های پرش و هاپینگ برای محاسبه سفتی، آن‌ها سفتی عمودی و سفتی پا را یکسان فرض کردند درحالی‌که طبق تحقیقات اخیر این دو متغیر در همه مهارت‌ها حتی در هاپینگ نیز باهم متفاوت هستند (۱۸)؛ بنابراین برای درک علمی درست درزمینهٔ رابطه سفتی و سرعت دویدن محاسبه دو متغیر سفتی پا و عمودی در مهارت دویدن و بررسی رابطه این دو متغیر به‌صورت جداگانه با سرعت دویدن ضرورت دارد. با توجه به مطالب ذکرشده هدف از پژوهش حاضر بررسی امکان پیش‌بینی سرعت دویدن با استفاده از پارامترهای سفتی اندام تحتانی به‌منظور شناخت نقش سفتی در عملکرد سرعتی ورزشکاران است. ازآنجایی‌که سفتی یک فاکتور مکانیکی تغییرپذیر بوده لذا نتایج پژوهش حاضر می‌تواند کمک بسزایی به مربیان برای شناخت مکانیزم دستیابی به حداکثر سرعت دویدن و فاکتورهای مؤثر در توانایی سرعت دویدن افراد نماید.

روش‌شناسی

در پژوهش حاضر ۵۰ زن (سن: ۱/۱۷±۱۹/۸۶ سال، جرم: ۷/۱۸± ۶۰/۷۵ کیلوگرم و قد: ۰/۴۴±۱/۶۴ متر) از بین دانشجویان ورودی تربیت‌بدنی و علوم ورزشی که شرایط شرکت در این آزمون را داشتند، به‌صورت غیر تصادفی و به شیوه در دسترس انتخاب شدند. حجم نمونه بر اساس مطالعات مشابه در این زمینه برآورد گردید (۱۴،۱۱). تحقیق در آزمایشگاه بیومکانیک دانشگاه مازندران انجام شد. همه آزمودنی‌ها اطلاعات شخصی و رضایت خود را برای شرکت در این آزمون در فرمی که قبل از اجرای آزمون به آن‌ها ارائه شد، ثبت کردند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.20.8.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.20.103]

همچنین، پژوهش توسط هیئت بررسی دانشگاه مازندران بر اساس اصول اخلاقی انسانی مورد تأیید قرار گرفت (کد اخلاق IR.UMZ.REC.1397.009).

معیارهای ورود به مطالعه شامل دانشجویان رشته تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، محدوده سنی بین ۱۹ تا ۲۵ سال و شاخص توده بدنی بین ۲۰ تا ۳۰ کیلوگرم بر مترمربع بود (۱۹). وجود هرگونه مشکلات وضعیتی و اسکلتی - عضلانی در افراد مانند پیچ‌خوردگی مزمن مچ پا (۲۰)، شکستگی در اندام تحتانی، دررفتگی در مفاصل پایین‌تنه (۲۱ و ۲۲)، بیماری‌هایی مانند شکستگی استرسی (۲۳)، استئوآرتریت (۲۴) طی شش ماه قبل به‌عنوان دسته اول معیارهای خروج در نظر گرفته شد. دسته دوم از معیارهای خروج از آزمون مربوط به سابقه فعالیت افراد بود، چراکه طبق پژوهش‌های پیشین سابقه فعالیت افراد بر میزان سفتی تأثیرگذار است (۱۷)؛ بنابراین، افرادی انتخاب شدند که سابقه فعالیت آن‌ها در یک سطح بود؛ به‌گونه‌ای که هیچ‌یک از آن‌ها در هر نوع تمرین یا برنامه تمرینی منظمی طی یک سال قبل از آزمون شرکت نداشتند (۱۸). قبل از شروع آزمون ابتدا اطلاعات مربوط به دموگرافی آزمودنی‌ها اندازه‌گیری و ثبت شد. قد آزمودنی‌ها به‌وسیله قد سنج دیجیتال سگا (مدل ووگل و هالک[1]، ساخت کشور آلمان) و وزن آن‌ها با استفاده از تخته نیروسنج (کیستلر، وینترثور، سوئیس، ۴۰×۶۰ سانتیمتر، ۱۰۰۰ هرتز[2]) اندازه‌گیری شد. جمع‌آوری داده‌های سینتیکی و سینماتیک موردنیاز به‌صورت سه‌بعدی بوده که توسط نرم‌افزار اس ای‌ام ای موشن[3] ثبت شد. بدین منظور از ۶ دوربین (جیویسی-۹ ایکس ۰۰؛ ۲۰۰ هرتز[4])، یک‌تخته نیروسنج، ۱۴ نشانگر منعکس‌کننده نور با قطر ۱ سانتی‌متر و ۲ نشانگر خوشه‌ای استفاده شد که هرکدام از نشانگرهای خوشه‌ای محتوی ۴ نشانگر منعکس‌کننده نور هستند.

روند اجرای پژوهش بدین‌صورت بود که شش دوربین در دو طرف تخته نیروسنج به‌گونه‌ای چیده شدند که دوربین‌ها اشراف کامل بر همه نشانگرهای متصل بر روی لندمارکهای پای چپ و راست داشته باشند. سفتی پا و سفتی عمودی طی مهارت دویدن با سرعت یکسان اندازه‌گیری شد (۲۵). سرعت دویدن با مترونوم کنترل شد بدین‌صورت که کل آزمودنی‌ها با ریتم ۱۶۰ ضربه در دقیقه دویدند (۲۶). برای همه آزمودنی‌ها سفتی پا و سفتی عمودی هر دو پای چپ و راست محاسبه و برای تجزیه‌وتحلیل آماری از میانگین سفتی پای چپ و راست استفاده شد. جهت ثبت داده‌های سینماتیکی به‌صورت سه‌بعدی ابتدا همه نشانگرها روی لندمارک‌های خار خاصره‌ای قدامی فوقانی راست و چپ، خار خاصره‌ای خلفی چپ و راست، تروکانتر بزرگ ران راست و چپ، اپی کندیل خارجی و داخلی ران، قوزک خارجی و داخلی، برجستگی پاشنه، انتهای استخوان پنجم کف‌پایی، انتهای استخوان اول کف‌پایی، سر دیستال انگشت دوم و دو نشانگر خوشه‌ای بر روی ران و ساق قرار گرفتند (۲۷). در ادامه، کوشش ایستا در حالی ثبت شد که فرد برای چند ثانیه در وضعیت آناتومیک قرار داشت. سپس نشانگرهای ایستا برداشته شد و درحالی‌که فقط نشانگرهای رهگیری روی خار خاصره‌ای قدامی فوقانی راست و چپ، خار خاصره‌ای خلفی چپ و راست، تروکانتر بزرگ ران راست و چپ، برجستگی پاشنه، انتهای استخوان پنجم کف‌پایی، انتهای استخوان اول کف‌پایی، سر دیستال انگشت دوم و دو نشانگر

1. Vogel & Halke
2. Kistler, Winterthur, Switzerland, 60*40 cm, 1000Hz
3. SIMI Motion
4. JVC-9X00; 200 Hz

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.20.8.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.20.103]

خوشه‌ای بر روی ران و ساق متصل بودند کوشش‌های دویدن برای پای چپ و راست ثبت گردید. لازم به ذکر است که این روند اجرای آزمون برای پای چپ و راست به‌صورت جداگانه انجام شد. از هر آزمودنی در هر شرایط سه تلاش صحیح ثبت و از میانگین تلاش‌های مربوطه در تجزیه‌وتحلیل آماری استفاده شد. به آزمودنی‌ها در ابتدای اجرای هر آزمون و بین دو شرایط فرصت کافی برای گرم کردن، تنظیم سرعت و تنظیم گام داده شد. قبل از محاسبه متغیرها از داده‌های خام به‌دست‌آمده ابتدا داده‌های سینماتیکی و سینتیکی توسط فیلتر باترورث سطح چهار و با فرکانس برشی ۱۰ هرتز و ۵۰ هرتز به ترتیب هموار شدند.

لازم به ذکر است که در پژوهش حاضر رابطه خطی بین نیرو در راستای کل اندام پا و جابه‌جایی کل اندام پا و همچنین رابطه خطی بین نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و جابه‌جایی مرکز ثقل بدن از ضریب تعیین بالایی برخوردار بوده ($R^2 \geq ۰/۹$) که این مسئله فرضیه رفتار فنر مانند اندام تحتانی را تأیید کرده و نشان‌دهنده این است که مدل جرم و فنر مدل مناسبی برای اندازه‌گیری سفتی پا و عمودی است. برای محاسبه سفتی پا از روش کالمن استفاده شد که به‌عنوان روش مرجع معرفی‌شده و اعتبار بالایی دارد و توضیح کامل روش مورداستفاده در مقاله ذکرشده آمده است (۲۵).

معادله ۱: $$k_{leg} = \frac{\max F_{leg}}{\Delta l_{true}}$$

معادله ۲: $$\theta_{LEG} = (90 - \theta_{true}) - \theta_R$$

معادله ۳: $$F_{leg} = \cos(\theta_{LEG}) F_R$$

معادله ۴: $$F_R = \sqrt{{F_V}^2 + {F_H}^2}$$

طبق این روش سفتی پا برابر با نسبت حداکثر نیروی اعمال‌شده در راستای پا (max Fleg) به تغییر طول پا (ltrueΔ). در قسمت میانی فاز تماس با زمین است. طول پا به فاصله بین برجستگی تروکانتر بزرگ و نقطه اعمال نیروی عکس‌العمل زمین (cop) اطلاق می‌شود.

برای محاسبه نیرو در راستای پا (fleg) ابتدا زاویه بین طول پا با محور افقی (trueΘ) و زاویه بین برایند دو مؤلفه افقی و عمودی نیروی عکس‌العمل زمین (FR) با محور عمودی (RΘ) محاسبه شد. سپس با استفاده از معادله ۲ زاویه نیرو در راستای پا نسبت به محور افق اندازه‌گیری شده (legΘ) و درنهایت از معادله ۳ برای محاسبه نیرو در راستای پا استفاده شد. برای محاسبه سفتی عمودی در دویدن از معادله ۵ استفاده‌شده که سفتی عمودی از تقسیم مؤلفه عمودی حداکثر نیروی عکس‌العمل زمین به حداکثر جابه‌جایی عمودی مرکز ثقل بدن به دست می‌آید. جابه‌جایی عمودی مرکز ثقل بدن با استفاده از دو بار انتگرال‌گیری شتاب عمودی به‌دست‌آمده از مؤلفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین محاسبه شد (۷). محاسبه متغیرها در محیط نرم‌افزار متلب نسخه ۲۰۱۶ انجام شد. لازم به ذکر است که برای حذف تفاوت‌های فردی مقادیر سفتی پا و سفتی عمودی به وزن افراد نرمالایز شدند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.20.8.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.20.103]

معادله ۵: $k_{ver} = F_{vmax}/\Delta com$

آزمون مربوط به عملکرد سرعتی: لازم به ذکر است که منظور از عملکرد سرعتی در مقاله حاضر توانایی سرعت دویدن افراد است. برای سنجش عملکرد سرعتی در دانشجویان از آزمون سرعتی ۲۰ متر استفاده شد که میانگین سرعت ۲۰ متر به‌عنوان عملکرد سرعتی فرد در نظر گرفته شد (۸). روند اجرای آزمون بدین‌صورت بود که از آزمودنی خواسته شد در وضعیت صحیح استارت ایستاده قرارگرفته و با علامت آزمونگر با حداکثر سرعت شروع به دویدن نماید. مدت‌زمانی که آزمودنی این مسافت ۲۰ متر را طی می‌کند توسط دو نفر با کرنومتر دستی ثبت‌شده و در صورتی تلاش آزمودنی موردقبول قرار می‌گرفت که اختلاف‌زمان ثبت‌شده توسط این دو نفر کمتر از ۰/۰۵ ثانیه بود (۲۸). با استفاده از زمان ثبت‌شده میانگین سرعت دویدن افراد محاسبه شد. از هر آزمودنی سه تلاش موفق ثبت‌شده و میانگین آن‌ها برای تجزیه‌وتحلیل آماری مورداستفاده قرار گرفت.

به‌منظور تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ استفاده شد. پس از بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو – ویلک برای بررسی امکان پیش‌بینی سرعت دویدن با استفاده از سفتی پا و سفتی عمودی از مدل رگرسیون چندگانه استفاده شد. در صورت مثبت بودن امکان پیش‌بینی متغیر وابسته توسط هر متغیر مستقل، به‌منظور توضیح دقیق‌تر افراد را بر اساس هر متغیر مستقل به دو گروه تقسیم‌بندی می‌نماییم. تقسیم‌بندی افراد با استفاده از روش رتبه‌بندی بر اساس میانه[1] انجام‌شده و افراد با توجه به سفتی عمودی به دو گروه سفتی عمودی بالا و سفتی عمودی پایین و همچنین بر اساس سفتی پا نیز به دو گروه سفتی پای بالا و سفتی پای پایین تقسیم‌بندی شدند. بعد از تقسیم‌بندی با استفاده از آزمون شاپیرو – ویلک نرمال بودن توزیع داده‌های هر گروه مورد ارزیابی قرار گرفت و برای بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون لون استفاده شد. با توجه به برقراری فرض‌های لازم، از آزمون‌های پارامتریک برای تحلیل استفاده شد. برای مقایسه بین گروه‌ها بر اساس هر متغیر سفتی به‌صورت جداگانه آزمون تی مستقل انجام شد. برای تعیین اندازه اثر تفاوت بین گروه‌ها از آزمون کوهن استفاده شد. برای همه آزمون‌های آماری سطح معناداری برابر با $p\leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد و برای اندازه اثر تفسیر مقادیر به این صورت بود که dکمتر از ۰/۳ = اندازه اثر حداقل، d بین ۰/۳ تا ۰/۵ = اندازه اثر کوچک، d ۰/۵ تا ۰/۷ = اندازه اثر متوسط و d بالاتر از ۰/۷ به‌عنوان اندازه اثر بزرگ در نظر گرفته شد (۱۴).

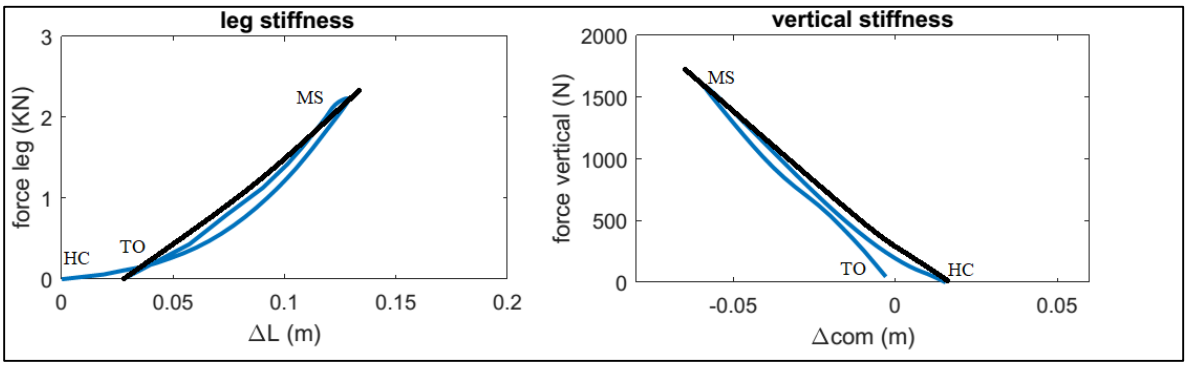
یافته‌ها

نتایج آزمون شاپیرو – ویلک نشان‌دهنده توزیع طبیعی متغیرهای موردبررسی بود. علاوه بر این همگنی واریانس‌ها در آزمون لون محرز گردید. نمونه‌ای از نمودار سفتی پا و سفتی عمودی در شکل ۱ آورده شده است. نتایج رگرسیون چند متغیره نشان داد که بین دو متغیر سفتی پا و سفتی عمودی با میانگین سرعت دویدن رابطه قابل‌توجهی وجود دارد (R=۰/۶۷۱) و این دو متغیر می‌تواند ۴۲ درصد از واریانس میانگین سرعت دویدن را پیش‌بینی نمایند. (Adj.R square=۰/۴۲۶). همان‌طور که در جدول شماره یک مشاهده می‌شود

1. Median-Split

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.20.8.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.20.103]

دو متغیر سفتی پا و سفتی عمودی به‌صورت معنی‌داری میانگین سرعت دویدن افراد را پیش‌بینی می‌نمایند. با افزایش ۱ واحد سفتی عمودی میانگین سرعت دویدن به‌اندازه ۴۶ درصد افزایش خواهد یافت. از طرف دیگر با افزایش ۱ واحد سفتی عمودی میانگین سرعت دویدن تقریباً ۳۶ درصد افزایش می‌یابد. لذا می‌توان گفت به‌احتمال‌زیاد دو متغیر سفتی عمودی و سفتی پا دو فاکتور مهم پیش‌بینی کننده سرعت دویدن هستند.



شکل ۱: نمونه‌ای از منحنی نیرو در راستای کل اندام به تغییر طول اندام در سفتی پا و منحنی نیروی عکس‌العمل زمین در راستای عمودی به جابه‌جایی مرکز ثقل بدن (HC.(com: تماس پاشنه با زمین، MS: فاز میانی تماس با زمین، TO: جدا شدن پاشنه پا از زمین. شیب منحنی از فاز تماس پاشنه پا با زمین تا فاز میانی تماس که با خط سیاه مشخص‌شده است سفتی پا و سفتی عمودی را نشان می‌دهد.

جدول ۱: نتایج رگرسیون خطی چند متغیره

متغیر پیش‌بین	B	SE	Beta	مقدار t	Pارزش
مقدار ثابت	۳/۱۱۱	۰/۲۴۲		۱۲/۸۵۲	۰/۰۰۰
سفتی عمودی	۱/۸۳۶	۰/۴۵۸	۰/۴۶۰	۴/۰۰۸	*۰/۰۰۰
سفتی پا	۱/۶۳۳	۰/۵۲۵	۰/۳۵۷	۳/۱۱۳	*۰/۰۰۳
توجه: R= ۰/۶۷۱		R square= ۰/۴۵۰		Adj.R squre= ۰/۴۲۶	

*معناداری در سطح p≤0.05

برای توضیح واضح‌تر نتایج حاصل از رگرسیون و بررسی دلایل پیش‌بینی سرعت دویدن با استفاده از دو متغیر سفتی پا و سفتی عمودی آزمودنی‌ها به‌صورت جداگانه بر اساس این دو متغیر تقسیم‌بندی شدند. جدول شماره دو نتایج مقایسه سفتی و متغیرهای وابسته به آن را بین دو گروه سفتی عمودی بالا و سفتی عمودی پایین نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول شماره دو مشاهده می‌شود در میانگین سفتی عمودی بین دو گروه اختلاف معناداری مشاهده شد. همچنین بین میانگین سرعت دویدن در دو گروه تفاوت قابل‌توجهی وجود داشت؛ بنابراین میانگین سرعت دویدن به میزان قابل‌توجهی در گروه با سفتی عمودی بالا بیشتر از افراد با سفتی عمودی پایین بود. لازم به ذکر است بقیه متغیرهای ذکرشده در جدول شماره دو متغیرهای مرتبط با سفتی عمودی بوده که برای توضیح بهتر نتایج اصلی پژوهش موردبررسی قرارگرفته‌اند و در قسمت بحث به آن‌ها اشاره خواهد شد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.20.8.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.20.103]

جدول ۲. مقایسه سفتی عمودی و متغیرهای وابسته به آن بین دو گروه سفتی عمودی بالا و سفتی عمودی پایین

متغیرها	گروه سفتی عمودی پایین (۲۵)	گروه سفتی عمودی بالا (۲۵)	مقدار t	P ارزش	ES
سفتی عمودی ($KN.m^{-1}.kg^{-1}$)	۰/۴۱۶۲ ± ۰/۰۴۷۷	۰/۵۸۰۸ ± ۰/۰۷۷	۸/۹۹۵	*۰/۰۰۰	۲/۵۴
میانگین سرعت دویدن (m/s)	۴/۴۰۱ ± ۰/۳۷۷	۴/۷۷۵ ± ۰/۳۶۹	۳/۵۳۷	*۰/۰۰۱	۱
حداکثر مؤلفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین (BW)	۱/۹۹۰ ± ۰/۱۷	۲/۱۰۴ ± ۰/۱۵	۲/۳۶۶	*۰/۰۲۱	۰/۷۱
جابه‌جایی عمودی مرکز ثقل بدن (m)	۰/۰۴۹۵ ± ۰/۰۰۸	۰/۰۳۷۷ ± ۰/۰۰۶	−۵/۵۹۱	*۰/۰۰۰	۱/۶۶
جابه‌جایی زاویه‌ای زانو (deg)	۲۳/۳۴ ± ۱/۳۳۶	۲۲/۴۶ ± ۱/۹۶۱	−۱/۸۴۷	۰/۰۷۲	۰/۵۲
زمان تماس با زمین (s)	۰/۲۶ ± ۰/۰۲۱	۰/۲۴ ± ۰/۰۲۶	−۲/۱۶۳	*۰/۰۳۶	۰/۸۴

*معناداری در سطح $p \leq 0.05$

علاوه بر این در جدول شماره ۳ نتایج مقایسه سفتی پا و متغیرهای مربوط به آن بین دو گروه سفتی پای بالا و سفتی پای پایین گزارش‌شده است. در میانگین سفتی پا و سرعت دویدن افراد بین دو گروه سفتی پای بالا و پایین تفاوت معناداری وجود داشت. همان‌طور که قبلاً بیان شد علت بررسی متغیرهای دیگر ذکرشده در جدول شماره ۳ نیز به دلیل رابطه آن با سفتی پا و توضیح واضح‌تر نتایج پژوهش بوده که در قسمت بحث مقاله موردبررسی قرار خواهند گرفت.

جدول ۳. مقایسه سفتی پا و متغیرهای وابسته به آن بین دو گروه سفتی پای بالا و سفتی پای پایین

متغیرها	گروه سفتی پای پایین (۲۵)	گروه سفتی پای بالا (۲۵)	مقدار t	P ارزش	ES
سفتی پا ($KN.m^{-1}.kg^{-1}$)	۰/۱۹۳۲ ± ۰/۰۴۸	۰/۲۵۴۸ ± ۰/۰۶۳	۸/۸۹۲	*۰/۰۰۰	۱/۲۷
میانگین سرعت دویدن (m/s)	۴/۴۳ ± ۰/۳۶	۴/۷۲ ± ۰/۴۲	۲/۶۱۳	*۰/۰۱۲	۰/۷۴
حداکثر مؤلفه عمودی و افقی نیروی عکس‌العمل زمین (BW)	۱/۹۵ ± ۰/۲۰۴	۲/۰۶۸ ± ۰/۱۳	۲/۳۱	*۰/۰۲۵	۰/۷
جابه‌جایی زاویه‌ای زانو (deg)	۲۶/۷۴ ± ۱/۴۷	۲۵/۵۷ ± ۱/۷۶	−۲/۵۴۷	*۰/۰۱۴	۰/۷۲
زمان تماس با زمین (s)	۰/۲۶ ± ۰/۰۲۷	۰/۲۴ ± ۰/۰۲۱	−۲/۳۵۹	*۰/۰۲۲	۰/۸۲
تغییر طول پا (m)	۰/۱۱ ± ۰/۰۲۱	۰/۰۹۳ ± ۰/۰۱۷	−۴/۰۷۸	*۰/۰۰۰	۰/۸۸

*معناداری در سطح $p \leq 0.05$

بحث

هدف از پژوهش حاضر بررسی نقش دو متغیر سفتی پا و سفتی عمودی در پیش‌بینی عملکرد سرعتی زنان فعال است. به‌طورکلی نتایج تحقیق حاضر حاکی از آن است که هر دو متغیر سفتی موردنظر از عوامل مهم پیش‌بینی کننده میانگین سرعت دویدن هستند. بررسی‌های آماری نشان داد مقدار سفتی عمودی به میزان قابل‌توجهی از میزان سفتی پا در دویدن بیشتر بوده و بین دو متغیر سفتی پا و سفتی عمودی همبستگی ضعیفی وجود دارد (r=۰/۳۲). این نتایج هم‌راستا با تحقیقات قبلی است به‌گونه‌ای که محققان گزارش کردند سفتی پا و سفتی عمودی در همه مهارت‌ها باهم متفاوت بوده و هیچ انطباقی بین آن‌ها وجود ندارد لذا این دو متغیر به‌صورت مجزای از هم در نظر گرفته می‌شوند (۷،۱۸). سفتی عمودی مقاومت بدن به جابه‌جایی عمودی بعد

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.20.8.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.20.103]

از اعمال نیروی عکس‌العمل زمین بوده درحالی‌که سفتی پا مقاومت به تغییر طول پا بعد از اعمال نیروهای داخلی و خارجی است (۷). لذا با توجه به متفاوت بودن این دو متغیر برای توضیح بهتر نتایج پژوهش افراد بر اساس میانگین سفتی پا و سفتی عمودی گروه‌بندی شدند (جدول ۲). طبق مدل رگرسیون سفتی عمودی اولین عامل پیش‌بینی کننده میانگین سرعت دویدن در افراد فعال است بدین ترتیب که سطح بالای سفتی عمودی منجر به افزایش میانگین سرعت دویدن افراد می‌شود.

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده شد میانگین سرعت دویدن افرادی که سفتی عمودی بالایی داشتند به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بیشتر از افرادی بود که سفتی عمودی پایینی داشتند که با نتایج تحقیقات قبلی هم‌خوانی دارد. طبق پژوهش‌های پیشین بین افرادی که میزان سفتی عمودی آن‌ها در هاپینگ و پرش بیشتر بود، حداکثر سرعت دویدن و میانگین سرعت دویدن آن‌ها در دوهای سرعتی با مسافت ۱۰،۲۰،۴۰ و ۱۰۰ متر بیشتر از افرادی بود که سفتی عمودی کمتری داشتند (۸،۱۱،۱۴،۱۵). باوجود تفاوت در مهارت مورداستفاده برای اندازه‌گیری سفتی عمودی در پژوهش حاضر نتایج حاصله از آن با پژوهش‌های گذشته یکسان بوده، بنابراین می‌توان گفت سفتی عمودی محاسبه‌شده در هر مهارتی با عملکرد سرعتی رابطه دارد. علت اینکه باوجود تفاوت در مهارت مورداستفاده برای اندازه‌گیری سفتی عمودی ولی نتایج یکسان گزارش شد ممکن است به این دلیل باشد که سفتی عمودی حرکت مرکز ثقل بدن در راستای عمودی را نشان داده و به دو متغیر جابه‌جایی عمودی مرکز ثقل بدن در فاز تماس و حداکثر مؤلفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین وابسته است. پس به دلیل اینکه سفتی عمودی و متغیرهای وابسته به آن فقط در یک راستای مشخصی اندازه‌گیری شده که در همه مهارت‌ها یکسان است لذا ماهیت متفاوت مهارت‌های مورداستفاده برای اندازه‌گیری سفتی عمودی نمی‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر نتایج پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه بگذارد. از طرف دیگر طبق پژوهش‌های پیشین سفتی عمودی با سرعت روبه‌جلو در دوهای سرعتی رابطه مستقیم دارد (۹) درنتیجه می‌توان گفت افرادی که سفتی عمودی بالایی دارند سرعت روبه‌جلوی آن‌ها در دوهای سرعتی بیشتر لذا میزان بالای سفتی عمودی می‌تواند عامل مهمی در عملکرد سرعتی و حفظ سرعت دویدن افراد در طول مسیر باشد (۹).

نتایج رگرسیون نشان داد که سفتی پا نیز مانند سفتی عمودی عامل مهمی در پیش‌بینی عملکرد سرعتی افراد است ولی پیش‌بینی کننده ضعیف‌تری نسبت به سفتی عمودی است. افرادی که سفتی پای بیشتری دارند نیز میانگین سرعت دویدن آن‌ها نسبت به گروه افراد با سفتی پایین بیشتر بود. تحقیقات انجام‌شده درزمینهٔ سفتی و عملکرد اغلب سفتی عمودی یا سفتی پا را حین مهارت هاپینگ و پرش اندازه‌گیری کرده و رابطه آن را با عملکرد ورزشی افراد سنجیده‌اند (۸،۱۱،۱۴،۱۵). این پژوهش‌ها به دلیل مهارت مورداستفاده برای اندازه‌گیری سفتی عملاً سفتی پا را با سفتی عمودی یکسان فرض کرده لذا برخی پژوهش‌ها نتایج خود را با عنوان سفتی پا گزارش کردند که درواقع همان سفتی عمودی است.

طبق اطلاعات نویسندگان تاکنون هیچ پژوهشی نقش سفتی پا که به روش کالمن و همکاران در دویدن محاسبه‌شده است را بر عملکرد سرعتی موردبررسی قرار نداده است. گروه دیگر از پژوهش‌ها اثر سرعت

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.20.8.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.20.103]

دویدن را بر سفتی پا سنجیده و گزارش کردند که با افزایش سرعت دویدن سفتی پا ثابت مانده یا کاهش می‌یابد لذا بیان کردند که بین سفتی پا و سرعت دویدن رابطه‌ای وجود ندارد (۷،۹،۱۰) که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی ندارد. یکی از دلایل تناقض موجود بین نتایج تحقیق حاضر و نتایج این پژوهش‌ها روش پژوهش متفاوت است. این دسته از پژوهش‌ها اثر تغییر سرعت دویدن را بر سفتی پا بررسی کرده لذا تغییرات سفتی پا را در حین دویدن با سرعت‌های مختلف مورد ارزیابی قراردادند. نحوه پاسخ بدن به افزایش سرعت دویدن می‌تواند در افزایش یا کاهش سفتی پا حین دویدن سریع نقش داشته باشد لذا بر اساس این نتایج مشخص نمی‌شود که آیا افرادی سفتی بالایی دارند عملکرد سرعتی بهتری دارند؟ یا میزان سفتی بالاتر می‌تواند یک فاکتور مهم در افزایش عملکرد سرعتی افراد باشد یا خیر؟ که تحقیق حاضر درصدد پاسخ‌گویی به این سؤالات است. از طرف دیگر تفاوت در روش محاسبه سفتی پا یکی دیگر از دلایل تناقض در نتایج باشد. یکی از فاکتورهای مهم در افزایش سرعت دویدن افزایش سرعت گام برداری است که افزایش سفتی پا با افزایش سرعت گام‌برداری رابطه دارد (۲۹،۳۰). طبق پژوهش‌های پیشین یکی از عوامل اثرگذار بر سفتی پا زمان تماس است به‌گونه‌ای که ۱۰ درصد کاهش در زمان تماس سفتی پا حدود ۲۵ درصد افزایش می‌یابد (۳۱).

زمان تماس با زمین یک فاکتور مهم در تعیین حداکثر سرعت و دویدن بوده زیرا افزایش سرعت گام‌برداری در دویدن مستلزم کاهش زمان تماس پا با زمین است (۲۹). علاوه بر این تغییر طول پا طبق معادله ۱ رابطه عکس با سفتی پا دارد که در این پژوهش افرادی که سفتی پای بالاتری داشتند تغییر طول پای آن‌ها به میزان قابل‌توجهی بیشتر از افراد با سفتی پای پایین‌تر بود. میزان خم‌شدگی مفاصل اندام تحتانی به‌خصوص مفصل زانو در فاز میانی تماس با زمین تأثیر مستقیمی بر تغییر طول پا دارد هر چه تغییرات زاویه مفصل زانو تا فاز میانی تماس با زمین کمتر باشد تغییر طول پا نیز کمتر خواهد بود (۳۲). لذا می‌توان نتیجه گرفت که افرادی که سطح بالای سفتی پا دارند میزان خم شدن مفاصل اندام تحتانی در فاز میانی تماس با زمین کمتر لذا زمان تماس با زمین در این افراد کاهش‌یافته درنتیجه سرعت گام‌برداری این افراد بیشتر از گروه با سفتی پا کمتر خواهد بود.

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود گروه سفتی عمودی بالا نسبت به گروه سفتی عمودی پایین، جابجایی عمودی مرکز ثقل کمتری دارند. الگوی جابه‌جایی عمودی مرکز بدن ثقل بدن در فاز میانی تماس با زمین مشابه الگوی تغییر طول پا است به‌گونه‌ای که هر دو در این فاز به کمترین مقدار خود می‌رسند (۱۸). لذا خم شدن مفاصل اندام تحتانی هم می‌تواند در کاهش جابه‌جایی عمودی مرکز ثقل افراد با سفتی عمودی بالاتر مؤثر باشد. باوجود الگوی مشابه بین تغییر طول پا و جابه‌جایی عمودی مرکز ثقل بدن این دو از هم متفاوت هستند (۱۰،۱۸). علاوه بر تعریف متفاوت این دو باهم محققان گزارش کردند که تغییرات جابه‌جایی عمودی مرکز ثقل بدن نسبت به تغییر طول پا کمتر است (۱۰،۱۸). همان‌طور که ذکر شد سفتی عمودی نسبت حداکثر مؤلفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین به جابه‌جایی عمودی مرکز ثقل بدن بوده و سفتی پا رابطه مستقیم با حداکثر نیرو در راستای پا و رابطه معکوس با تغییرات طول پا دارد که درروش کالمن برایند دو مؤلفه افقی و عمودی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.20.8.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.20.103]

نیروی عکس‌العمل زمین از متغیرهای اصلی در محاسبه نیرو در راستای پا هستند (۱۹). نتایج مقایسه بین دو گروه سفتی عمودی پایین و بالا نشان داد که تفاوت قابل‌توجهی در حداکثر مؤلفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین بین دو گروه وجود دارد (جدول ۲). همچنین افرادی که سفتی پای بالاتری دارند نیز نیرو در راستای پای بیشتری دارند و از طرف دیگر زمان تماس با زمین در افرادی که سفتی پای بالایی داشتند به میزان قابل‌توجهی کمتر از افراد با سفتی پا پایین است لذا افراد هر دو گروه سفتی عمودی بالا و سفتی پای بالا قادر هستند که در زمان کوتاه‌تر نیروی بیشتری را به زمین اعمال نمایند پس عملکرد سرعتی بهتری خواهند داشت زیرا محققان گزارش کردند که دونده‌های سرعتی قادر هستند بیشترین نیرو را در کمترین زمان ممکن به زمین اعمال نمایند (۳۳).

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد دو متغیر سفتی پا و سفتی عمودی از فاکتورهای مهم در پیش‌بینی سرعت دویدن محسوب می‌شوند لذا می‌توان گفت توانایی سرعت دویدن به این دو متغیر وابسته بوده به‌گونه‌ای که افرادی که سفتی پا و سفتی عمودی بالایی دارند میانگین سرعت دویدن بالاتری خواهند داشت. از طرف دیگر طبق ادبیات تحقیق به نظر می‌رسد سفتی یک متغیر مکانیکی قابل‌تغییر است؛ بنابراین شناخت این دسته از عوامل به مربیان برای طراحی برنامه‌های تمرینی و متغیرهای مدنظر به‌منظور بهبود عملکرد سرعتی ورزشکاران کمک می‌نماید. علاوه بر این از سفتی می‌توان برای شناسایی افراد با توانایی سرعت دویدن بالا استفاده کرد که خود در حوزه استعدادیابی ورزشی نیز از اهمیت بسزایی برخوردار است.

منابع

1. Cunningham, D.J., West, D.J., Owen, N.J., Shearer, D.A., Finn, C.V., Bracken, R.M., Crewther, B.T., Scott, P., Cook, C.J., Kilduff, L.P. (2013). Strength and power predictors of sprinting performance in professional rugby players. Sports Medicine and Physical Fitness. 53: 105–111
2. Miller, R.H., Umberger, B.R., Caldwell, G.E. (2012). Limitations to maximum sprinting speed imposed by muscle mechanical properties. Journal of Biomechanics. 45(6):1092-1097.
3. Clark, K.P., Weyand, P.G. (2014). Are running speeds maximized with simple-spring stance mechanics? Journal of Applied Physiology. 117(6):604-15.
4. Rumpf, MC., Cronin, J.B., Oliver, J.L., Hughes, M.G. (2013). Vertical and leg stiffness and stretch-shortening cycle changes across maturation during maximal sprint running. Human Movement Science. 32(4):668-76.
5. Hennessy, L., Kilty, J. (2001). Relationship of the stretch-shortening cycle to sprint performance in trained female athletes. Strength and Conditioning Research. 15(3):326-31.
6. Butler, R.J., Crowell, H.P., Davis, I.M. (2003). Lower extremity stiffness: implications for performance and injury. Clinical Biomechanics. 18(6):511-7.
7. Serpell, B.G., Ball, N.B., Scarvell, J.M., Smith, P.N. (2012). A review of models of vertical, leg, and knee stiffness in adults for running, jumping or hopping tasks. Sports Sciences. 30(13):1347-63.
8. Durand, S., Ripamonti, M., Beaune, B., Rahmani, A. (2010). Leg ability factors in tennis players. International Journal of Sports Medicine. 31(12):882-6.
9. Hobara, H., Inoue, K., Gomi, K., Sakamoto, M., Muraoka, T., Iso, S., & Kanosue, K. (2010). Continuous change in spring-mass characteristics during a 400 m sprint. Science and Medicine in Sport. 13(2), 256-261.
10. Brughelli, M., Cronin, J. (2008). Influence of running velocity on vertical, leg and joint stiffness. Journal of Sports Medicine. 38(8):647-57.
11. Chelly, S.M., Denis, C. (2001). Leg power and hopping stiffness: relationship with sprint running performance. Medicine & Science in Sports. 33(2):326-33.
12. Mero, A., Komi, P.V. (1986). Force-, EMG-, and elasticity-velocity relationships at submaximal, maximal and supramaximal running speeds in sprinters. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 55(5):553-61.
13. Derrick, T.R., Caldwell, G.E., Hamill, J. (2000). Modeling the stiffness characteristics of the human body while running with various stride lengths. Journal of Applied Biomechanics. 16(1):36-51.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.20.8.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.20.103]

14. Pruyn, E.C., Watsford, M., Murphy, A. (2014). The relationship between lower-body stiffness and dynamic performance. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 39(10):1144-50.
15. Bret, C., Rahmani, A., Dufour, A., Messonnier, L., Lacour, J. (2002). Leg strength and stiffness as ability factors in 100 m sprint running. Sports Medicine and Physical Fitness. 42(3):274.
16. Morin. J.B., Jeannin, T., Chevallier, B., Belli, A. (2006). Spring-mass model characteristics during sprint running: correlation with performance and fatigue-induced changes. International Journal of Sports Medicine .27(02):158-65.
17. Hobara, H., Kimura, K., Omuro, K., Gomi, K., Muraoka, T., Sakamoto, M., & Kanosue, K. (2010). Differences in lower extremity stiffness between endurance-trained athletes and untrained subjects. Journal of Science and Medicine in Sport. 13(1), 106-111.
18. Beerse, M., Wu, J. (2017). Comparison of whole-body vertical stiffness and leg stiffness during single-leg hopping in place in children and adults. Journal of Biomechanics. 56: 71-5.
19. Millett, E. L. (2016). Influence of athletic training on functional lower-extremity stiffness .Doctoral thesis, Australian Catholic University.
20. Lin, C. F., Chen, C.Y., & Lin, C. W. (2011). Dynamic ankle واپایش in athletes with ankle instability during sports maneuvers. The American Journal of Sports Medicine. *39*(9), 2007-2015.
21. Lorimer, A. V. (2014). Evaluating stiffness of the lower limb 'springs' as a multifactorial measure of Achilles tendon injury risk in triathletes. Doctoral thesis, Auckland University of Technology.
22. Thomson, A. (2014). The relationship between musculoskeletal stiffness and lower limb injury in athletes: A systematic review. British Journal of Sports Medicine. 48(7), 665-665.
23. Milner, C. E., Ferber, R., Pollard, C. D., Hamill, J., & Davis, I. S. (2006). Biomechanical factors associated with tibial stress fracture in female runners. Medicine and Science in Sports and Exercise. 38(2), 323
24. Zeni, J. A., & Higginson, J. S. (2009). Dynamic knee joint stiffness in subjects with a progressive increase in severity of knee osteoarthritis. Clinical Biomechanics. 24(4), 366-371.
25. Coleman, D.R., Cannavan, D., Horne, S., Blazevich, A.J. (2012). Leg stiffness in human running: Comparison of estimates derived from previously published models to direct kinematic–kinetic measures. Journal of Biomechanics. 45(11):1987-91.
26. Heller, B. W., & Haake, S. J. (2006). Pacing lights—a new approach to controlling speed in the gait laboratory. In The Engineering of Sport. 6, 63-67.
27. Hamill, J. Moses, M., Seay, J. (2009). Lower extremity joint stiffness in runners with low back pain. Research in Sports Medicine. 17(4), 260-273
28. Rumpf, M. C., Cronin, J. B., Oliver, J. L., & Hughes, M. (2011). Assessing youth sprint ability–Methodological issues, reliability and performance data. Pediatric exercise Science. 23(4), 442-467.
29. Pruyn, E.C., Watsford, M., Murphy, A. (2014). The relationship between lower-body stiffness and dynamic performance. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 39(10):1144-50.
30. Farley, C.T, Gonzalez, O. (1996). Leg stiffness and stride frequency in human running. Journal of Biomechanics. 29(2):181-6.
31. Morin, J.B., Samozino, P., Zameziati, K., Belli, A. (2007). Effects of altered stride frequency and contact time on leg-spring behavior in human running. Journal of Biomechanics. 40(15):3341-8.
32. Hobara, H. (2008). Spring-like leg behavior and stiffness regulation in human movements. Doctoral Dissertation, Waseda University, Japan.
33. Arce, S.O. (2016). A comparison of postural performance and kinematics between collegiate sprinters and non-sprinters: California State University, Sacramento.

نحوه درج مقاله: عفت حسین زاده، منصور اسلامی (۱۳۹۹). پیش‌بینی عملکرد سرعتی زنان فعال با استفاده از سفتی عمودی و سفتی پا. پژوهش در طب ورزشی و فناوری. ۱۸(۲۰): ۱۱۴-۱۰۳. دی او آی ۱۰.۲۹۲۵۲/jsmt.۱۸.۲۰.۱۰۳

How to cite this article: Effat Hosseinzadeh., Mansour Eslami. (2020). Prediction of sprint active women performance using vertical and leg stiffness. 18(20):103-114. (In Persian). DOI: 10.29252/jsmt.18.20.103.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.20.8.1]

[DOI: 10.29252/jsmt.18.20.103]