

## مقایسه پارامترهای سینماتیکی فازهای تیک آف پرش سه‌گام در ورزشکاران نخبه ملی و بین‌المللی

عباس چیت‌ساززاده<sup>۱</sup>، شهرام لنجان‌نژادیان<sup>۲</sup>، احمدرضا موحدی<sup>۳</sup>

۱. کارشناس ارشد بیومکانیک ورزشی، دانشگاه اصفهان

۲. استادیار آسیب شناسی ورزشی، دانشگاه اصفهان \*

۳. استاد رفتار حرکتی، دانشگاه اصفهان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۲۷

### چکیده

مرحله تیک آف، مهم‌ترین بخش در اجرای پرش سه‌گام است. هدف از انجام این پژوهش، مقایسه پارامترهای سینماتیکی منتخب سه‌فاز تیک آف در ورزشکاران نخبه ایران و جهان می‌باشد. شرکت‌کنندگان در این پژوهش، پنج ورزشکار مرد نخبه کشوری با میانگین رکورد  $15/4 \pm 0/8$  متر بودند که در فینال مسابقات دو و میدانی آغاز فصل بزرگسالان قهرمانی کشور در تهران شرکت داشتند. اجرای ورزشکاران با استفاده از سه دوربین فیلم‌برداری ضبط شد و برای هر ورزشکار سه مورد از بهترین اجراها مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده حاکی از وجود تفاوت در سرعت افقی مرحله لی و پرش و نیز زمان حمایت در مرحله قدم می‌باشد؛ تمامی این مقادیر کم‌تر از مقادیر مرجع هستند. براساس یافته‌ها به مربیان توصیه می‌شود که طراحی تمریناتی در راستای افزایش توانایی‌ها و هماهنگی عصبی عضلانی ورزشکاران را مورد توجه قرار دهند.

**واژگان کلیدی:** بیومکانیک ورزشی، سینماتیک، پرش سه‌گام، تیک آف

## مقدمه

پرش سه‌گام از سال (۱۸۹۶) وارد ورزش‌های المپیکی شد و از آن زمان، مربیان و متخصصان همواره به دنبال یافتن مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در این ورزش بوده‌اند تا هدف اصلی ورزشکار در این رشته را که پریدن طولانی‌تر از تختهٔ پرش می‌باشد، بهبود بخشند (۱). پرش سه‌گام از دورخیز، سه فاز پرش متوالی و فرود تشکیل شده است. فاز اول، دوم و سوم به ترتیب لی<sup>۱</sup>، قدم<sup>۲</sup> و پرش<sup>۳</sup> نام دارند (۲). براساس نظر پژوهشگران، مرحلهٔ تیک‌آف مهم‌ترین بخش در طول پرش می‌باشد. در پژوهش‌های صورت‌گرفته پارامترهایی چون سرعت افقی، زاویهٔ تیک‌آف، مدت‌زمان برخورد پا با زمین، نیروی عکس‌العمل زمین و غیره مورد بررسی قرار گرفته است و این نشان از اهمیت این فاکتورها در اجرای تیک‌آف پرش سه‌گام دارد (۳-۹).

علاوه بر این، تیک‌آف طی دو فاز ترمزی و رانشی تعریف می‌شود. این دو فاز به ترتیب از لحظهٔ تماس پا تا لحظهٔ بیشترین فلکشن زانو (فاز ترمزی) و نیز از لحظهٔ بیشترین فلکشن زانو تا لحظهٔ جدایی پنجه (فاز رانشی) تعریف می‌شوند (۱۰). فاز اول متأثر از سرعت افقی، قدرت اکسنتریک اکستنسورهای زانو و تکنیک کاشتن پای تکیه‌گاه می‌باشد و موفقیت در فاز دوم، به قدرت کانسنتریک و کارایی عضلات در بهره‌گیری از چرخهٔ کشش - انقباض نسبت داده می‌شود (۱۰-۱۲).

در افراد مبتدی که تکنیک‌های پرش سه‌گام را به درستی اجرا نمی‌کنند، سرعت دورخیز اصلی‌ترین نقش را در موفقیت تیک‌آف و طول پرش ایفا می‌کند و این ارتباط در بسیاری از پژوهش‌ها دیده شده است، اما در مورد ورزشکاران سطح بالا، یک تیک‌آف موفق، حضور هم‌زمان عوامل سرعتی، قدرتی و تکنیکی را می‌طلبد.

براساس مطالب ذکر شده، تفاوت‌های بین ورزشکاران نخبه را می‌توان ناشی از نحوهٔ به‌کارگیری سه عامل سرعت، قدرت و تکنیک دانست. گام اول در برنامه‌ریزی مناسب برای ارتقای رکورد، شناخت نقاط ضعف اجرای ورزشکار می‌باشد. یک راه مناسب برای تحقق این امر، الگوگیری از عملکرد بهترین ورزشکاران پرش طول جهان و نیز در نظر گرفتن نظریات ارائه‌شده توسط پژوهشگران در این عرصه است.

این رشتهٔ ورزشی از ورزش‌های پایه محسوب شده و کسب مدال در آن برای بسیاری از کشورها حائز اهمیت است. حال، با توجه به اختلاف چشمگیر رکورد کشور ما در مقایسه با رکورد جهانی (۱/۹۲ متر) و نیز براساس اعلام اتحادیهٔ بین‌المللی فدراسیون دو و میدانی جهان در خصوص حدنصاب مسابقات جهانی پرش سه‌گام که ۱۷ متر برای مردان در نظر گرفته شده است، متأسفانه، تاکنون ورزشکاران کشور

- 
1. Hop
  2. Step
  3. Jump

ما موفق به کسب سهمیه جهت حضور در این مسابقات نشده‌اند؛ لذا، هدف از انجام این پژوهش، مقایسه بیومکانیکی پارامترهای سینماتیکی منتخب سه‌فاز تیک آف در ورزشکاران نخبه ایران و جهان به‌منظور یافتن نقاط ضعف احتمالی و ارائه راهکار برای بهبود رکورد آن‌ها می‌باشد.

### روش پژوهش

جدول شماره یک، مشخصات شرکت‌کنندگان در پژوهش را که در فینال مسابقات دو و میدانی آغاز فصل بزرگسالان قهرمانی کشور در تهران شرکت داشتند، نشان می‌دهد. جهت انجام پژوهش، ۲۵ پرش ورزشکاران با استفاده از دو دوربین فیلم‌برداری کاسیو زد - آر ۱۲۰۰ با سرعت تصویربرداری ۱۲۰ فریم بر ثانیه و یک دوربین نیکون ۵۳۰۰<sup>۲</sup> با سرعت تصویربرداری ۶۰ فریم بر ثانیه ضبط گردید و سه مورد از بهترین اجراها و در مجموع، ۱۳ اجرا به‌صورت دوبعدی برای هر ورزشکار مورد تحلیل قرار گرفت.

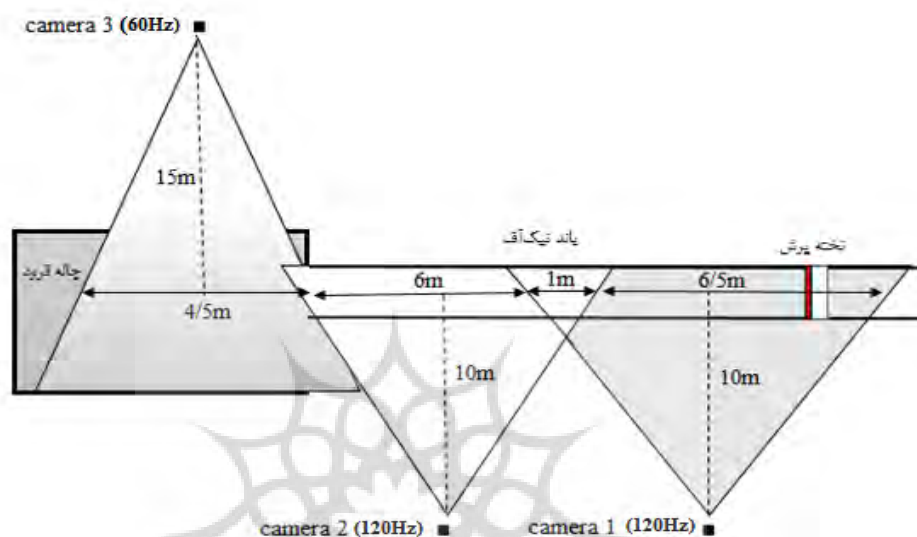
جدول ۱- مشخصات ورزشکاران شرکت‌کننده در پژوهش

شرکت‌کننده	استان	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتی‌متر)	سن (سال)	تعداد پرش	بهترین رکورد (متر)
۳۸۱ ورزشکار	قم	۷۱	۱۹۰	۲۲	۶	۱۶/۲۲
۳۲۹ ورزشکار	مازندران	۸۲	۱۸۵	۲۴	۶	۱۶/۱۲
۲۰۳ ورزشکار	بوشهر	۷۲	۱۷۸	۲۲	۶	۱۵/۲۹
۲۶۴ ورزشکار	گلستان	۶۴	۱۸۴	۱۷	۶	۱۵/۱۳
۳۲۵ ورزشکار	اصفهان	۷۷	۱۸۷	۲۶	۱	۱۳/۲۵

جهت آماده‌سازی محیط و ثبت و ضبط حرکات، دوربین‌ها بر روی سه‌پایه نصب شدند. دوربین اول و دوم، هریک در فاصله ۱۰ متری و دوربین سوم در فاصله ۱۵ متری از مرکز باند دویدن به‌نحوی قرار داده شد که محور نوری دوربین‌ها بر صفحه حرکت ورزشکاران عمود باشد. میدان دید تصویر و مقدار زوم لنز دوربین‌ها نیز به‌گونه‌ای تنظیم گردید که در دوربین اول از نیم‌متر قبل از تخته پرش تا هفت متر پس از آن، در دوربین دوم از فاصله شش متری تا فاصله ۱۳ متری از تخته پرش و در دوربین سوم از فاصله ۱۳ متری تا فاصله ۱۷/۵ متری تخته پرش (چاله فرود) به وضوح قابل دیدن بود. در نتیجه، دوربین دوم به میزان یک متر با دوربین اول هم‌پوشانی داشت. بدین ترتیب، دوربین اول تیک آف مرحله لی و قدم، دوربین دوم تیک آف قدم و پرش و دوربین سوم، فضای داخل چاله فرود را تحت‌میدان دید

1. Casio ZR-200
2. Nikon 5300

خود قرار می‌داد. شکل شماره یک، نمایی از چیدمان دوربین‌ها و آماده‌سازی محیط جهت ثبت و ضبط حرکات را نشان می‌دهد.



شکل ۱- نمایی شماتیک از چیدمان دوربین‌ها و آماده‌سازی محیط جهت ثبت و ضبط حرکات

در ادامه، فیلم‌های ثبت‌شده از مسابقه به کامپیوتر منتقل گردید و وارد نرم‌افزار تحلیل حرکت دارت‌فیش<sup>۱</sup> شد و پس از کالیبراسیون به روش ضریب مقیاس<sup>۲</sup>، نقاط مفصل موردنظر برای تحلیل در نرم‌افزار مارکرگذاری گشت و مارکرها به ترتیب روی پنجه، پاشنه، مفصل مچ، زانو و ران پای تیک‌آف قرار داده شد. بدین ترتیب، سه سگمنت برای نرم‌افزار تعریف گردید که به ترتیب مارکرهای انگشت و مچ پا، مارکرهای مچ پا و زانو و مارکرهای زانو و ران را به یکدیگر وصل می‌نمود. ذکر این نکته ضرورت دارد که زاویه بین سگمنت‌های اول و دوم به‌عنوان زاویه مچ پا و زاویه بین سگمنت‌های دوم و سوم به‌عنوان زاویه زانو تعیین شدند. همچنین، تغییرات سینماتیکی مارکر قرارگرفته روی مفصل ران در مرحله تیک‌آف با تغییرات سینماتیکی مرکز جرم ورزشکار، برابر در نظر گرفته شد (۱۳).

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، در مجموع، ۱۳ اجرا بدین ترتیب فیلم‌برداری گردید. به‌منظور ثبت کل حرکت برای نمایش به ورزشکار جهت توصیه‌های کاربردی، از دوربین دیگری در قسمت تماشاچیان استفاده شد. نمونه‌ای از تصاویر این دوربین که نشانگر بهترین رکورد ورزشکار در پژوهش حاضر می‌باشد، در شکل شماره دو نشان داده شده است.

1. Dartfish
2. Scaling Factor



شکل ۲- نمونه اجرا، بهترین اجرای میلاد دریساوی، ۱۶/۲۲ متر

متغیرهای این پژوهش و نحوه محاسبه آنها در جدول شماره دو مشاهده می شود و چنانچه مشخص است، به منظور محاسبه سرعت افقی و عمودی تیک آف از روش مشتق گیری عددی استفاده شد. در این جدول، زیرنویس  $i$  به معنای فریم تیک آف بوده و زیرنویس های  $i+1$  و  $i+2$  به ترتیب یک و دو فریم بعدی است.  $x$  و  $y$  نیز به ترتیب موقعیت افقی و عمودی مرکز ثقل می باشند. علاوه بر این، مقدار  $\Delta t$  با توجه به فرکانس تصویربرداری، برابر با  $(\frac{8}{3})$  میلی ثانیه است.

علاوه بر این، با استفاده از متغیرهای محاسبه شده، نحوه اجرای تیک آف نمونه های این پژوهش با نحوه اجرای نخبگان جهانی پرش سه گام مقایسه شد. جهت یافتن مقادیر مرجع مربوط به نخبگان جهان، نتایج مطالعات پیشین انجام شده در خصوص تیک آف پرش سه گام مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به این که سطح رکوردها در مطالعات مختلف، متفاوت بود و تعریف و محاسبه متغیرها در پژوهش های پیشین با هم تفاوت داشت؛ لذا، مطالعاتی مورد بررسی قرار گرفت که روش تعریف و محاسبه متغیرهای سینماتیکی در آن مشابه با پژوهش حاضر بود و آنها، رکوردهای پرش بالاتری را گزارش کرده بودند. بدین ترتیب، مطالعات انجام شده روی نفرات برتر مسابقات دو و میدانی قهرمانی جهان در سال های (۱۹۹۷، ۲۰۰۷، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۱) که همگی دارای میانگین رکورد بالای ۱۷ متر بودند مورد بررسی قرار گرفتند (۱۷-۱۴)، اما به منظور تعیین یک مقاله مرجع و مقایسه یافته های آن با نتایج حاضر، از گزارش مسابقات دانشگاهی<sup>۱</sup> کره جنوبی در سال (۲۰۱۱) که توسط بائه<sup>۲</sup> و همکاران انجام شده بود، استفاده شد (۱۵). قابل ذکر است که این گزارش شامل نتایجی بود که میانگین رکورد  $(17/0 \pm 28/46)$  متر) در آن به ثبت رسیده بود. براین اساس، متغیرهای ۱۳ اجرای این پژوهش همراه با یک مقدار مرجع (۱۵) وارد نرم افزار اس. پی. اس. اس<sup>۳</sup> گردید و معناداری یا عدم معناداری تفاوت آنها با مقدار مرجع، با استفاده از

- 
1. Daegu
  2. Bae
  3. SPSS

آزمون تی تک‌نمونه‌ای مستقل موردسنجش قرار گرفت و سطح معناداری برای همهٔ آزمون‌ها معادل (۰/۰۵) در نظر گرفته شد.

### جدول ۲- تعریف متغیرهای سینماتیکی منتخب و نحوهٔ محاسبهٔ آن‌ها

نام متغیر (واحد اندازه‌گیری)	شرح متغیر یا رابطهٔ مورد استفاده برای محاسبه
سرعت افقی تیک‌آف (متر بر ثانیه)	$V_x = \frac{-3X_i + 4X_{i+1} - X_{i+2}}{2\Delta t}$
سرعت عمودی تیک‌آف (متر بر ثانیه)	$V_y = \frac{-3y_i + 4y_{i+1} - y_{i+2}}{2\Delta t}$
سرعت تیک‌آف (متر بر ثانیه)	$V_{\text{take off}} = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$
زاویهٔ تیک‌آف (درجه)	$\theta_{\text{take off}} = \text{Arc tan} \left( \frac{V_y}{V_x} \right)$
زاویهٔ زانو در ماکزیمم فلکشن (درجه)	زاویهٔ نسبی بین ساق و ران در لحظهٔ بیشترین فلکشن
زاویهٔ زانو در جدایی پنجه (درجه)	زاویهٔ نسبی بین ساق و ران در لحظهٔ بلندشدن پنجهٔ پا
ارتفاع مرکز ثقل در لحظهٔ تماس (متر)	مکان عمودی مارکر مفصل ران در لحظهٔ تماس
ارتفاع مرکز ثقل در جدایی پنجه (متر)	مکان عمودی مارکر مفصل ران در لحظهٔ بلندشدن پنجهٔ پا
زاویهٔ مچ پا در ماکزیمم فلکشن زانو (درجه)	زاویهٔ نسبی مچ پا در لحظه‌ای که زانو بیشترین فلکشن را دارد
زاویهٔ مچ پا در جدایی پنجه (درجه)	زاویهٔ نسبی بین پا و ساق پا در لحظهٔ بلندشدن پنجهٔ پا
زمان حمایت (ثانیه)	مدت زمان تماس پای تیک‌آف با زمین در مرحلهٔ تیک‌آف
طول گام فاز لی (متر)	فاصلهٔ افقی پنجهٔ پای تیک‌آف بین تیک‌آف لی و تیک‌آف گام
طول گام فاز گام (متر)	فاصلهٔ افقی پنجهٔ پای تیک‌آف در تیک‌آف گام تا پنجهٔ پای دیگر در لحظهٔ پرش
طول گام فاز پرش (متر)	فاصلهٔ افقی از پنجهٔ پای تیک‌آف در تیک‌آف پرش تا نزدیک‌ترین مکان فرود
نسبت طول گام (درصد)	طول گام در هر مرحله، تقسیم بر مسافت رسمی ضرب در عدد ۱۰۰

### نتایج

میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای سینماتیکی همراه با مقادیر مرجع (۱۵) در جدول شمارهٔ سه نشان داده شده است. در این جدول، مقدار سطح معناداری<sup>۱</sup> برای بیان معناداری تفاوت متغیر با مقدار مرجع نیز مشاهده می‌شود. همان‌طور که مشخص است سرعت افقی، سرعت عمودی، زاویهٔ تیک‌آف و

زمان حمایت در هر سه مرحله تیک آف از مقادیر مرجع، کم تر می باشد. علاوه بر این، پارامترهای سینماتیکی دیگری نیز محاسبه شده است که برای تحلیل حرکت ورزشکار لازم به نظر می رسد.

جدول ۳- میانگین و انحراف استاندارد پارامترهای سینماتیکی همراه با مقادیر مرجع (۱۵)

نام متغیر (واحد اندازه گیری)	مرحله	انحراف استاندارد $\pm$ میانگین	مقدار مرجع	سطح معناداری
سرعت افقی (متر بر ثانیه)	لی	$۸/۳۷ \pm ۰/۳۶$	۹/۴۰	۰/۰۰۰
	قدم	$۸/۰۵ \pm ۰/۴۸$	۸/۳۰	۰/۰۸۹
	پرش	$۶/۷۳ \pm ۰/۴۴$	۷/۰۴	۰/۰۲۹
سرعت عمودی (متر بر ثانیه)	لی	$۱/۸۴ \pm ۰/۴۹$	۲/۰۳	۰/۱۹۵
	قدم	$۱/۷۳ \pm ۰/۴۰$	۱/۹۴	۰/۰۸۹
	پرش	$۲/۰۸ \pm ۰/۴۹$	۲/۳۷	۰/۰۶۴
زاویه تیک آف (درجه)	لی	$۱۲/۴۵ \pm ۳/۵۳$	۱۲/۳۴	۰/۹۰۶
	قدم	$۱۲/۱۶ \pm ۲/۸۲$	۱۳/۲۱	۰/۲۰۶
	پرش	$۱۷/۲۵ \pm ۳/۴۹$	۱۸/۹۰	۰/۱۸۱
زمان حمایت (ثانیه)	لی	$۰/۱۱۸ \pm ۰/۰۱$	۰/۱۳	۰/۹۰۶
	قدم	$۰/۱۴۴ \pm ۰/۰۲$	۰/۱۷	۰/۰۰۱
	پرش	$۰/۱۶۴ \pm ۰/۰۲$	۰/۱۹	۰/۱۶۴

میانگین و انحراف استاندارد این پارامترها در جدول شماره چهار مشاهده می شود. با توجه به نتایج حاصل از جدول شماره چهار مشاهده می شود که سرعت تیک آف از مرحله لی کاهش پیدا می کند. شایان ذکر است که طول گام در مرحله قدم، حدود یک متر از دو در مرحله لی و پرش، کم تر محاسبه شده است. همچنین، بیشینه ارتفاع مرکز ثقل در لحظه جدایی پنجه در فاز پرش و کمینه آن در فاز قدم مشاهده می شد. علاوه بر این، ارتفاع مرکز ثقل در لحظه تماس در مرحله لی، گام و پرش به ترتیب ۱۲، ۱۰ و ۲۱ سانتی متر پایین تر از لحظه جدایی پنجه می باشد. نسبت مسافت فاز لی، قدم و پرش نیز به ترتیب ۳۵، ۳۰ و ۳۵ محاسبه شده است.

جدول ۴- میانگین پارامترهای سینماتیکی منتخب در سه فاز پرش سه گام

متغیر	واحد اندازه گیری	انحراف استاندارد $\pm$ میانگین		
		لی	قدم	پرش
سرعت	متر بر ثانیه	۸/۵۹±۰/۳۲	۸/۲۴±۰/۴۹	۷/۰۶±۰/۴۶
طول گام	متر	۵/۴۳±۰/۳۳	۴/۵۸±۰/۳۱	۵/۳۷±۰/۳۶
ارتفاع مرکز ثقل در لحظه تماس	متر	۰/۹۸±۰/۰۴	۰/۸۴±۰/۰۳	۰/۹۴±۰/۰۳
ارتفاع مرکز ثقل در جدایی پنجه	متر	۱/۱۰±۰/۰۳	۰/۹۴±۰/۰۵	۱/۱۵±۰/۰۷
زاویه زانو در ماکزیمم فلکشن	درجه	۱۳۵/۱۶±۷/۱۸	۱۳۲/۳۱±۷/۲۲	۱۲۹/۰۳±۹/۴۹
زاویه زانو در جدایی پنجه	درجه	۱۶۸/۷۶±۴/۴۲	۱۷۱/۳۰±۲/۳۳	۱۷۰/۴۶±۲/۸۵
زاویه مچ پا در ماکزیمم فلکشن زانو	درجه	۷۱/۴۱±۶/۰۷	۷۲/۹۲±۵/۳۸	۷۴/۱۲±۵/۴۲
زاویه مچ پا در جدایی پنجه	درجه	۱۱۷/۷۸±۴/۴۵	۱۲۲/۳۸±۵/۱۸	۱۲۴/۷۴±۴/۳۱
نسبت مسافت هر فاز	درصد	۳۵/۲۳±۰/۸۳	۲۹/۶۹±۱/۷۰	۳۵/۰۷±۱/۰۳

## بحث و نتیجه گیری

نتایج به دست آمده بیانگر پایین بودن سرعت افقی در هر سه مرحله تیک آف در بین ورزشکاران نخبه کشور در مقایسه با ورزشکاران جهان بود که این کاهش سرعت در مراحل لی و پرش، نشان دهنده اختلافی معنادار بود. با توجه به روابط موجود در حرکت پرتابی، سرعت، یکی از مؤلفه‌های اثرگذار بر برد پرتاب محسوب می‌شود و هرچند کاهش سرعت افقی در مرحله تیک آف اجتناب ناپذیر است، اما میزان آن تا حدود زیادی به تکنیک و قدرت عضلات ورزشکار وابسته بوده و می‌تواند نیروی ترمزی لحظه تماس را کاهش دهد و نیروی رانشی در این بخش را به شکل مطلوبی حفظ نموده و یا افزایش دهد. با توجه به این نکته که تولید سرعت به توانایی عضلانی و هماهنگی عصبی عضلانی ورزشکار بستگی دارد، به مربیان توصیه می‌شود که طراحی تمریناتی جهت افزایش توانایی و هماهنگی عصبی عضلانی ورزشکاران را مورد توجه قرار دهند.

همچنین، براساس نتایج، پایین بودن زمان حمایت در هر سه مرحله تیک آف در بین ورزشکاران نخبه کشور در مقایسه با ورزشکاران جهان مشاهده می‌شود و این تفاوت در مرحله قدم معنادار می‌باشد. در این پژوهش، میانگین زمان حمایت در مراحل لی، قدم و پرش به ترتیب در دامنه (۰/۱۲-۰/۱۴)، (۰/۱۵-۰/۱۸) و (۰/۱۶-۰/۱۹) ثانیه گزارش شده است (۲۱-۱۸)؛ در نتیجه، زمان حمایت مرحله قدم از مرحله لی و زمان حمایت مرحله پرش از مرحله قدم طولانی تر است. در این راستا، نتایج پژوهش حاضر با سایر پژوهش‌ها همسو می‌باشد. قابل ذکر است که برای رسیدن به یک زمان حمایت مطلوب می‌بایست به سایر پارامترهای سینماتیکی از جمله وضعیت تنه و زوایای اندام تحتانی در حین تماس پای تیک آف



توجه کرد. از سوی دیگر، طبق رابطه ضربه و اندازه حرکت توصیه می شود زمان حمایت به میزانی باشد که سبب کاهش کلی ضربه و نیروی تولیدشده حین تماس پا نشود. علاوه بر این، در پژوهش حاضر، سرعت عمودی و زاویه تیک آف در هر سه مرحله، کم تر از مقادیر مرجع گزارش شده است. کوچک بودن زاویه تیک آف، دلیلی بر عدم توانایی فرد در توسعه قدرت عمودی به صورت متناسب با سرعت افقی می باشد. همچنین، مدعایی است بر رد این باور نادرست که با افزایش سرعت و انرژی جنبشی می توان از آن در جهت افزایش انرژی پتانسیل و تبدیل آن به سرعت عمودی و پرش بلندتر استفاده کرد.

مقایسه پارامترهای سینماتیکی ورزشکاران ایران با معیارهای بین المللی می تواند معیار خوبی برای بررسی وضعیت تکنیکی پرش کنندگان سه گام و تلاش برای بهبود آن باشد. در پژوهش های صورت گرفته تاکنون، این مقایسه انجام نشده است و به نظر می رسد که تکرار آن در رقابت های دیگر جهت پشتیبانی از نتایج فعلی لازم می باشد.

در نهایت، به عنوان نتیجه ای کلی از پژوهش حاضر می توان بیان کرد که افت سرعت، به ویژه مؤلفه افقی آن در سه مرحله تیک آف، عامل اصلی کاهش رکورد ورزشکاران ایرانی در مقایسه با نخبگان جهان است. از آن جاکه تولید سرعت در مدت زمان کوتاه مرحله حمایت، نیاز به قدرت عضلات و هماهنگی عصبی عضلانی مناسب دارد، به مربیان توصیه می شود که در این خصوص، تمرینات لازم و کافی را برای ورزشکاران طراحی و اجرا نمایند.

تحقیق حاضر تاکنون در کشور اجرا نشده بود. لذا با اینکه سینماتیک تکنیک های ورزشی موضوع تازه ای نبوده و در مورد پرش سه گام نیز در کشورهای دیگر بررسی شده است، اما لزوم تحلیل این پارامترها در ورزشکاران کشور نیز مشهود است. اختلاف رکورد نسبتاً زیادی که بین ورزشکاران ملی با رکوردهای جهانی وجود دارد، ایجاب می کند تا اگر بهبود رکورد ورزشکاران کشور مورد نظر است، تحقیقات همه جانبه ای در این خصوص صورت پذیرد. مسلماً یکی از زمینه های اصلی بررسی تکنیک نیز، بیومکانیک حرکت است که سینماتیک گام اول آن خواهد بود.

## منابع

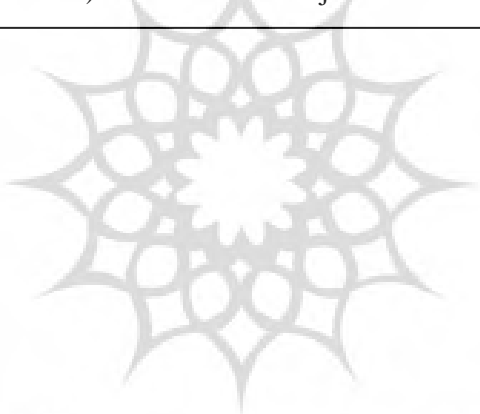
1. Carr G. Fundamental of track and field. Dadashi S, Motamedi P, Goodarzi A. Tehran: Printing and Publication Organization of Iranian Ministry of Culture and Islamic Guidance. 1<sup>st</sup> Print: 1381. (In Persian).
2. Shaadmehr B, Rajabi H, Khajavi N. Track and field (Vol. 2): Jumping and Throwing Events. Tehran: SAMT Publication. 9<sup>th</sup> Print: 1393. (In Persian).
3. Eissa a. Biomechanical evaluation of the phases of the triple jump take-off in a top female athlete. Journal of Human Kinetics. 2014; 40(1): 29-35.

4. Yu B. Horizontal-to-vertical velocity conversion in the triple jump. *J Sport Sci.* 1999; 17(3): 221-9.
5. Bridgett L A, Linthorne N P. Changes in long jump take-off technique with increasing run-up speed. *J Sport Sci.* 2006; 24(8): 889-97.
6. Coh M, Kugovnik O. Variability of biomechanical parameters in the triple jump technique. *Sport Logia.* 2011; 7(2): 113-21.
7. Allen S, King M, Yeadon M. Is a single or double arm technique more advantageous in triple jumping? *J Biomech.* 2010; 43(16): 3156-61.
8. Linthorne N P, Guzman M S, Bridgett L A. Optimum take-off angle in the long jump. *J Sport Sci.* 2005; 23(7): 703-12.
9. Perttunen J, Kyrolainen H, Komi P V, Heinonen A. Biomechanical loading in the triple jump. *J Sport Sci.* 2000; 18(5): 363-70.
10. Graham-Smith P, Lees A. A three-dimensional kinematic analysis of the long jump take-off. *J Sport Sci.* 2005; 23(9): 891-903.
11. Hay J G. Changes in muscle-tendon length during the take-off of a running long jump. *J Sport Sci.* 1999; 17(2): 72-159.
12. Seyfarth A, Blickhan R, Van Leeuwen J L. Optimum take-off techniques and muscle design for long jump. *J Exp Biol.* 2000; 203(4): 741-50.
13. Alexander R M. Optimum take-off techniques for high and long jumps. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 1990; 329(1252): 3° 10.
14. Hommel H. Biomechanical analyses of selected events at the 12<sup>th</sup> IAAF World Championships in Athletics. Berlin: German Athletics Federation. 2009; 1-17.
15. Bae Y S. Biomechanics research project in the IAAF World Championships. Scientific research project by Korean society of sport biomechanics. Daegu: Korean Society of Sport Biomechanic. 2011; 81-90.
16. Müller H, Hommel H. Biomechanical research project at the VI<sup>th</sup> world championships in athletics: Preliminary report. *New Studies in Athletic.* 1997; 12 (2-3): 43-73.
17. Koyama H, Ae M, Muraki Y. Biomechanical analysis of the men's and women's triple jump at the 11<sup>th</sup> IAAF World Championships in Athletics: A brief report. Osaka 2007. *Bulletin of studies in athletics of JAAF.* 2009; 5: 107-18.
18. Fukashiro S, Imoto Y, Koboyashi H, Miyashita M. A biomechanical study of the triple jump. *Med Sci Sport Exer.* 1981; 13: 233-7.
19. Susanka P, Jurdik M, Koukal J, Kratky P M, Velebil V. Biomechanical analysis of the triple jump. In G. P. Bruggemann & P. Susanka (Eds.), *International Athletic Foundation Scientific Report on the 2nd World Championships in Athletics.* IAAF, Rome. 1987.
20. Matveyev A E. Analysis of the push-off technique of the running triple jump. *Theory and Practice and Physical Education.* 1985; 12: 5-6.
21. Verhoshanski Y. Triple jump with approach. Moscow: Physical Culture and Sport; 1961.

استناد به مقاله

چیت‌ساززاده عباس، لنجان‌نژادیان شهرام، موحدی احمدرضا. مقایسه پارامترهای سینماتیکی فازهای تیک آف پرش سه‌گام در ورزشکاران نخبه ملی و بین‌المللی. مطالعات طب ورزشی. بهار و تابستان ۱۳۹۶؛ ۹(۲۱)، ۵۳-۶۴. شناسه دیجیتال: 10.22089/smj.2017.993

Chitsazzadeh. A, Lenjannejadian. Sh, Movahedi. A.R. Comparing the Kinematic Parameters of Triple Jump Take Off Phases between Iranian and International Elite Athletes. Sport Medicine Studies. Spring & Summer 2017; 9 (21): 53-64. (Persian). Doi: 10.22089/smj.2017.993



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

## **Comparing the Kinematic Parameters of Triple Jump Take Off Phases between Iranian and International Elite Athletes**

**A. Chitsazzadeh<sup>1</sup>, Sh. Lenjannejadian<sup>2</sup>, A. R. Movahedi<sup>3</sup>**

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

**Received: 2016/01/17**

**Accepted: 2016/10/01**

---

### **Abstract**

Take off is considered as a most important phase in the Triple jump. The aim of this research was to compare the selected kinematic parameters of three take-off phases of triple jump performed by elite Iranian and World-class athletes. The participants were five elite Iranian triple jumpers (mean record: 15.4±0.8 m) who had participated in the final stage of track and field competition held in Tehran. Performances of these athletes were recorded using three cameras and three best performances of each jumper were analyzed. Results show the significant differences in horizontal velocity of Hop and Jump take-off phases and also a significant difference in support time of Step take-off phase. All these parameters are lower from International values. Therefore, attention to design the exercises for increasing the muscular strength and neuromuscular coordination is recommended to coaches.

**Keywords:** Sport Biomechanics, Kinematics, Triple Jump, Take-off

---

---

\* Corresponding Author

Email: sh.lenjani@spr.ui.ac.ir