ارتباط عوامل بیومکانیکی و تکنیکی منتخب با شاخص‌های موفقیت مرحله جهش در اجرای پرش طول ورزشکاران نخبه

مجتبی عشرستاقی[*]، الهام شیرزاد [۲]

۱- دانشجوی دکتری تربیت بدنی دانشگاه خوارزمی

۲- استادیار دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۶/۱۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۷/۷

چکیده

مرحله جهش مهم‌ترین مرحله در اجرای پرش طول است. هدف این تحقیق سنجش ارتباط بین متغیرهای مختلف با موفقیت جهش بود. ۳۷ اجرا از هشت ورزشکار مرد **پرش طول** با میانگین رکورد ۷/۶۸±۰/۲۸ متر، که در مسابقات دوومیدانی داخل سالن بزرگسالان آسیا در تهران حضور داشتند، با فرکانس ۳۰۰ هرتز فیلم‌برداری شد. پنج متغیر سرعتی، پنج متغیر تکنیکی، چهار متغیر مرتبط با قدرت و یک متغیر آنتروپومتریک با استفاده از نرم‌افزار تحلیل حرکت محاسبه شدند. کسب سرعت عمودی بیشتر و افت کمتر سرعت افقی دو ملاک موفقیت جهش در نظر گرفته شدند و روابطشان با دیگر متغیرها ازطریق تحلیل‌های رگرسیونی و همبستگی تعیین شد. سطح معناداری ۰/۰۵ تعیین شد. ضرایب همبستگی تعدادی از متغیرهای هر چهار گروه، با ملاک‌های موفقیت جهش به‌لحاظ آماری معنادار بود. این متغیرها به همراه برخی متغیرهایی که در تحلیل همبستگی ارتباط معنادار نشان نداده بودند، وارد معادلات رگرسیونی شدند. یافته‌های این تحقیق، بر نقش غالب تکنیک و سرعت تأکید کرد و اثرگذاری ویژگی‌های فردی را بر موفقیت جهش نمایان کرد. همچنین قدرت اکسنتریک اکستنسورهای زانو مهم‌ترین عامل قدرتی در اجرای این عملکرد تشخیص داده شد.

واژه‌های کلیدی: مرحله جهش پرش طول، سرعت، قدرت، تکنیک، آنتروپومتری.

The relationship between selected biomechanical and technical factors and success criteria in long jump take-off performed by elite athletes

Ashrostaghi. M[1]., Shirzad. E[2]

1- Ph.D. student of Department of Physical Education and Sport Sciences, Tarbiat Moallem University, Iran

2- Assistant Professor of Department of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Iran

Abstract

Take-off is the critical phase of the long jump event. The aim of this study was to explore the relationships between different variables and success in take-off. 37 trials performed by 8 long jumper, participants in fourth indoor Asian senior athletics championships held in Tehran, with personal best average of 7.68±0.28 meter were recorded at 300 Hz. Five speed-related, five technical and four strength-related variables as well as an anthropometric variable were measured using motion analysis software. More gain in vertical velocity and less loss of horizontal velocity are considered as two criteria of take-off success and their relationships with other variables were determined through correlation and regression analysis. Significant level of 0.05 was set. Some variables of all four groups were significantly correlated with success criteria. These variables along with some others were entered in regression equations. The results emphasized on dominant role of the technique and approach velocity and represented the effect of anthropometric characteristics on success in takeoff. Furthermore eccentric strength of knee extensors was shown as the main strength factor in this performance.

Keywords: Long Jump Take-off, Speed, Strength, Technique, Anthropometry

*. mojtabaashr@ut.ac.ir

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1394.13.10.6.4]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.13.10.69]

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1394.13.10.6.4]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.13.10.69]

مقدمه

در ساده‌ترین نگاه، اجرای پرش طول را می‌توان حرکت یک‌پرتابه‌ای با سرعت، ارتفاع و زاویه رهایی مشخص در نظر گرفت. بر این اساس، بسیاری از محققان، سعی کرده‌اند مساله‌ی پرش طول را از طریق کشف روابط بین مسافت پرش و این سه متغیر مؤثر بر برد پرتابه، حل کنند (۱). با این حال، نقش فاعلی انسان به منزله مکانیزم زنده هشیار در این حرکت که از چهار مرحله دورخیز، جهش[1] پرواز و فرود تشکیل می‌شود (۲،۳) نگاهی دقیق‌تر را می‌طلبد. مدل هی در سال ۱۹۸۶(۴) بر این اساس استوار شد و دیدی تقریباً جامع از اجرای پرش طول ارائه کرد. بررسی‌های بعدی نشان داد که مهم‌ترین بخش این حرکت، مرحله جهش است (۷-۵،۱،۲) و با فرض رسیدن به بیشترین سرعت در انتهای مرحله دورخیز، مسئله اصلی پرش طول، مکانیزم تبدیل سرعت افقی به سرعت عمودی خواهد بود. بنابراین، مدل‌هایی برای بررسی اختصاصی مرحله جهش به وجود آمد (۸-۱۰، ۱).

مرحله جهش مرز میان دورخیز و پرواز است و هدف اصلی‌اش تبدیل مناسب حرکت مستقیم‌الخط مرکز جرم به حرکت پرتابی است. فرآیند جهش پرش طول در فاصله زمانی بین لحظه تماس[2] و لحظه جدایش[3] در آخرین استقرار پا روی زمین رخ می‌دهد. طی مرحله جهش، زانو ابتدا خم و سپس باز می‌شود. لحظه‌ای که در آن بیشترین فلکشن زانو (mkf) اتفاق می‌افتد، جهش را به دو قاز تقسیم می‌کند. براساس نظریه‌ها و مشاهدات پیشین حدود ۷۰ درصد از سرعت عمودی لحظه جدایش در فاز اول (پیش‌از mkf) و مابقی در فاز دوم (بعداز mkf) به دست می‌آید(۱). موفقیت در فاز اول تا حدود زیادی متأثر از سرعت افقی، قدرت اکسنتریک اکستنسورهای زانو و تکنیک کاشتن پای تکیه‌گاه است و موفقیت در فاز دوم غالباً به قدرت کانسنتریک و کارایی عضلات در بهره‌گیری از چرخه کشش-انقباض نسبت داده می‌شود (۱،۲،۹،۱۰). کاهش سرعت افقی در مرحله جهش اجتناب‌ناپذیر است اما میزان آن تا حدود زیادی به تکنیک و قدرت عضلات ورزشکار وابسته است که می‌تواند نیروی ترمزی شدید لحظه تماس را به نحو مطلوبی تعدیل کند(۹).

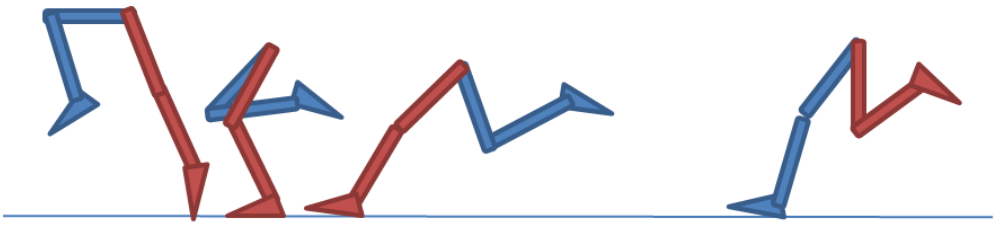
معیار موفقیت جهش، کسب سرعت عمودی کافی با کمترین هزینه از سرعت افقی به‌دست‌آمده در دورخیز است. اجرای جهش موفق، به‌خصوص در سطوح نخبگی، تعامل مناسب سه عامل سرعت، قدرت و تکنیک را می‌طلبد که آن را به مسئله بهینه‌سازی چندمتغیره تبدیل می‌کند. با وجود این، بیشتر مطالعات از روابط ساده همبستگی برای تحلیل ارتباط بین متغیرها استفاده کرده‌اند(۱۱-۱۳، ۶). مطالعاتی که از روش‌های پیشرفته‌تر آماری برای بررسی تأثیر همزمان این عوامل بهره گرفته‌اند (۱) اندک هستند. گراهام اسمیت و لیز در سال ۲۰۰۵ (۱) در مطالعهٔ سه‌بعدی و نسبتاً کامل مرحله جهش که برپایه دو مدل معروف هی (۴) و الکساندر (۱۰) و همچنین مطالعات قبلی خودشان(۶،۷) شکل گرفته بود، استفاده از تحلیل رگرسیونی را برای سنجش ارتباط بین متغیرهای کلیدی جهش پیشنهاد دادند. این پژوهش انواع متغیرها را در نظر گرفت، اما به نظر می‌رسد علاوه‌بر آنها، متغیرهای آنتروپومتریک و ویژگی‌های فردی نیز باید لحاظ می‌شدند. ارتفاع رهایی یکی از عوامل

1Take-off 2Touch down(td) 3Toe off(to)

اصلی مؤثر بر برد پرتابه است که در پرش طول تحت تأثیر قد و طول پای آزمودنی است. بر این اساس، پژوهش حاضر، علاوه‌بر بازآزمایی نظریه‌های موجود در این حوزه، ارتباط متغیر آنتروپومتریک طول پا را نیز فبا موفقیت جهش می‌سنجد. نتایج تحقیق می‌تواند به فهم کامل‌تری از سازوکار جهش پرش طول کمک کند و در جهت‌گیری برنامه‌های تمرینی ورزشکاران پرش طول مؤثر باشد. با این توضیح، هدف پژوهش حاضر تعیین ارتباط منتخبی از متغیرهای تکنیکی و بیومکانیکی (سرعتی، قدرتی و آنتروپومتریک) با شاخص‌های موفقیت جهش است.

روش‌شناسی

آزمودنی‌های این تحقیق نیمه‌تجربی، هشت نفر ورزشکار مرد پرش طول با رکورد ۷/۰±۶۸/۲۸ متر بودند که در چهارمین دوره مسابقات دوومیدانی داخل سالن بزرگسالان آسیا حضور داشتند. هریک از نمونه‌ها، با توجه به وضعیت مسابقه، بین یک تا شش پرش انجام داد که از این تعداد، ۳۷ پرش به‌وسیله دوربین فیلم‌برداری سرعت‌بالا[1] با فرکانس ۳۰۰ هرتز ثبت و تحلیل شد. دوربین در راستای تخته جهش با فاصله افقی سه‌متر از وسط باند دورخیز و فاصله عمودی نیم متر از سطح زمین روی سه‌پایه قرار داشت. به این ترتیب، تمام وقایع گام آخر و مرحله جهش مشارکت‌کننده‌ها در دید دوربین قرار گرفت. فیلم‌های ثبت‌شده از مسابقه وارد نرم‌افزار تحلیل حرکت[2] شدند و پس‌از کالیبراسیون، نقاط مورد نظر برای تحلیل، روی پای در تماس با زمین علامت‌گذاری شدند. در این تحقیق پنج نشانهٔ مجازی روی انگشت شست پا، پاشنه پا، مفصل مچ پا، مفصل زانو و مفصل ران علامت‌گذاری شدند. سه سگمنت برای نرم‌افزار تعریف شد که به ترتیب مارکرهای انگشت و مچ پا، نشانه‌های مچ پا و زانو و مارکرهای زانو و ران را به هم وصل می‌کردند. زاویه کوچک‌تر بین سگمنت‌های اول و دوم به منزله زاویه مچ پا و زاویه کوچک‌تر بین سگمنت‌های دوم و سوم به منزله زاویه زانو در نظر گرفته شد. پارامترهای سینماتیکی در چهار لحظه‌ی کلیدی مورد نظر قرار گرفت. لحظه تماس گام آخر دورخیز، لحظه تماس مرحله جهش، لحظه بیشترین فلکشن زانوی پای جهش و لحظه جدایش پای جهش از زمین چهار لحظه تحت تحلیل بودند که در شکل ۱ به تصویر کشیده شده‌اند.



شکل ۱. وضعیت اندام تحتانی در چهار لحظه مورد نظر برای تحلیل حرکت. از راست به چپ: لحظه تماس گام آخر، لحظه تماس مرحله جهش ، لحظه بیشترین فلکشن زانو، لحظه جدایش

در لحظه اول فقط مکان علامت‌گذاری شود پاشنه و در سه لحظه دیگر، زمان وقوع، مکان مارکرها و زاویه مفاصل از نرم‌افزار خواسته شد. این کار برای همه ۳۷ اجرا انجام شد و از نرم‌افزار یک فایل خروجی برای هر

1Casio exilim

2Win analyze version 1-4 3D

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1394.13.10.6.4]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.13.10.69]

اجرا گرفته شد. این اطلاعات، وارد نرم‌افزار اکسل شد و متغیرهای مورد نظر با نوشتن فرمول‌های مربوط به دست آمدند. متغیرهای این تحقیق و نحوه محاسبه آنها در جدول ۱ مشاهده می‌شود. پیش از معرفی متغیرها، ذکر چند نکته ضروری است:

۱. همه سرعت‌ها در این مطالعه سرعت متوسط هستند که از تقسیم جابه‌جایی خطی یا زاویه‌ای بر زمان به دست آمدند.

۲. با توجه به اینکه بیشتر متغیرها مربوط به مرحله جهش هستند، برای سهولت پسوند جهش حذف شد و متغیرهایی که به این مرحله مربوط نبودند با پسوند مشخص شدند.

۳. همه متغیرها در یکی از چهار لحظه کلیدی تحت تحلیل، گام آخر دورخیز یا دو فاز جهش رخ می‌دهند.

۴. براساس مدل الکساندر تغییرات سینماتیکی مارکر قرارگرفته روی مفصل ران در مرحله جهش با تغییرات سینماتیکی مرکز جرم ورزشکار تقریباً برابر است(۱۰). در این مطالعه نیز با پذیرش کمی خطا، به‌جای محاسبه مرکز جرم واقعی ورزشکار (که خود نیز خالی از خطا نیست) از مارکر مفصل ران استفاده شد.

۵. تغییرات زاویه و سرعت زاویه‌ای مفصل زانو در مرحله جهش، به منزله معیار قدرت عضلات عمل‌کننده بر این مفصل در نظر گرفته شدند(۱،۲،۸،۱۰).

جدول۱. متغیرهای تحقیق و نحوه محاسبه آنها

نوع متغیر	نام متغیر(واحد–نماد)	نحوه اندازه‌گیری
متغیرهای سرعتی	سرعت گام آخر(VLS- $m.s^{-1}$)	حاصل تقسیم طول گام آخر بر مدت زمان اجرای گام آخر
	سرعت افقی (VX- $m.s^{-1}$)	حاصل تقسیم جابه‌جایی افقی مرکز جرم بر زمان تماس در مرحله جهش
	افت سرعت افقی (VXloss-$m.s^{-1}$)	تفاضل سرعت افقی مرحله جهش و سرعت گام آخر
	سرعت عمودی (VY- $m.s^{-1}$)	حاصل تقسیم جابه‌جایی عمودی مرکزجرم بر زمان تماس در مرحله جهش
	برآیند سرعت (V- $m.s^{-1}$)	برآیند سرعت‌های عمودی و افقی مرحله جهش
متغیرهای تکنیکی	طول گام(SL- m)	فاصله افقی پاشنه پای تماس در گام آخر مرحله دورخیز
	زاویه‌ی انحراف(inc- °)	زاویه بین خط عبورکننده از مارکرهای قرارگرفته روی پاشنه و مفصل ران ورزشکار با خط عمود در لحظه تماس
	زاویه‌ی زانو در لحظه‌ی تماس(KAtd- °)	زاویه زانو در لحظه تماس
	جابجایی عمودی(dY- m)	تغییر مکان عمودی مارکر مفصل ران در مرحله جهش
	زمان تماس(T- sec)	مدت زمان تماس پای جهش با زمین در مرحله جهش
متغیرهای قدرتی	فلکشن زانو(Kfle- °)	تغییر زاویه زانو در فاز اول جهش
	اکستنشن زانو(Kext- °)	تغییر زاویه زانو در فاز دوم جهش
	سرعت فلکشن زانو (VKfle- $rad.s^{-1}$)	حاصل تقسیم فلکشن زانو بر زمان تماس در فاز اول جهش
	سرعت اکستنشن زانو(VKext- $rad.s^{-1}$)	حاصل تقسیم اکستنشن زانو بر زمان تماس در فاز دوم جهش
متغیر آنتروپومتریک	طول پا(Lleg-m)	ازمجموع اندازه سگمنت‌های ساق و ران و فاصله عمودی مارکر مچ و پاشنه در لحظه mkf به دست آمد.

متغیرها به چهار بخش سرعتی، قدرتی، تکنیکی و آنتروپومتریک تقسیم شدند. یک‌بار سرعت عمودی و بار دیگر افت سرعت افقی متغیر ملاک در نظر گرفته شدند و دیگر متغیرها متغیرهای پیش‌بین بودند. با توجه به نرمال‌بودن تمام متغیرها میزان همبستگی متغیرهای ملاک و پیش‌بین با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون

1. Last step velocity 2Inclination angle

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1394.13.10.6.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.13.10.69]

سنجیده شد و تحلیل رگرسیونی، معادلات حاکم بین متغیرهای ملاک و پیش‌بین و نیز قدرت پیش‌بینی‌کنندگی این معادلات را مشخص کرد. تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ انجام گرفت و سطح معناداری ۰/۰۵ برای همه آزمون‌ها درنظر گرفته شد.

نتایج و یافته‌های تحقیق

براساس جدول۲. یک متغیر سرعتی، سه متغیر تکنیکی، یک متغیر قدرتی و متغیر آنتروپومتریک با سرعت عمودی و همچنین سه متغیر سرعتی و یک متغیر قدرتی با افت سرعت افقی رابطه معنادار نشان دادند.

جدول۲. ضرایب همبستگی معنادار بین متغیرهای ملاک و پیش بین

متغیر ملاک	نوع متغیر پیش‌بین	نام متغیر پیش بین (ضریب همبستگی)		
سرعت عمودی VY	سرعتی	برآیند سرعت (۰/۳۳*)		
	تکنیکی	زاویه انحراف (-۰/۶۴**)	جابجایی عمودی (۰/۶۳**)	زمان تماس (-۰/۵۹**)
	قدرتی	فلکشن زانو (-۰/۳۸*)		
	آنتروپومتریک	طول پا (-۰/۵۱**)		
افت سرعت افقی VXloss	سرعتی	سرعت گام آخر (۰/۷۰**)	سرعت افقی (-۰/۳۷*)	برآیند سرعت (-۰/۳۴*)
	تکنیکی	زاویه‌ی زانو در لحظه‌ی تماس (۰/۵۱**)		
	قدرتی	-		
	آنتروپومتریک	-		

* معناداری در سطح ۰/۰۵ **معناداری در سطح ۰/۰۱

در جدول ۳، معادلات رگرسیونی به‌دست‌آمده نشان داده شده است. چهار معادله برای پیش‌بینی سرعت عمودی و دو معادله برای افت سرعت افقی به دست آمد. درباره VY، سه متغیر V، dY و T و درباب VXloss نیز سه متغیر V، VX و VLS، به هم‌پوشانی با متغیر ملاک حذف شدند. درمجموع شش متغیر در معادلات ۱ تا ۴ ظاهر شدند و سرعت عمودی را پیش‌بینی کردند؛ چهار متغیر نیز با تشکیل معادلات ۵ و ۶، افت سرعت عمودی را برآورد کردند. نگاهی کلی به دو جدول ۲ و ۳ نشان می‌دهد که بعضی از متغیرها، با وجود نداشتن رابطه معنادار با متغیر ملاک، در کنار دیگر متغیرها وارد معادله رگرسیونی شدند. هر چهار گروه متغیرها، در معادلات به‌دست‌آمده نماینده دارند که این نشان‌دهنده تأثیرگذاری متغیرهای سرعتی، قدرتی، تکنیکی و آنتروپومتریک بر موفقیت جهش است. ضرایب تعیین و معناداری خط رگرسیون در جدول ۳ آمده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1394.13.10.6.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.13.10.69]

جدول ۳. نتایج تحلیل رگرسیونی برای پیش بینی متغیرهای ملاک

ملاک	پیش بین	نتایج تحلیل رگرسیونی
سرعت عمودی VY	سرعتی	-
	تکنیکی	VY = -0.072 inc + 4.20 (معادله ۱) R^2=0.414, F=25.4, P<0.001
	قدرتی	VY =-0.016 Kfle+0.241 VKext – 0.054 Kext +2.61 (معادله ۲) R^2=0.461, F=9.7, P<0.001
	آنتروپومتریک	VY = -2.54 Lleg + 4.27 (معادله‌ی ۳) R^2=0.262, F=12.78, P=0.001
	کل متغیرها	VY = -0.074 inc +0.137 VLS +2.88 (معادله ۴) R^2=0.487, Adjusted R^2= 0.458, F=16.7, P< 0.001
کاهش سرعت افقی Vxloss	سرعتی	-
	تکنیکی	Vxloss = 0.065 KAtd +6.07dY -10.35 (معادله ۵) R^2=0.341, F=9.05, P= 0.001
	قدرتی	-
	آنتروپومتریک	-
	کل متغیرها	Vxloss = 0.063 KAtd – 0.125 Vkfle – 3.086 Lleg -4.39 (معادله ۶) R^2=0.466, Adjusted R^2= 0.419, F=9.9, P< 0.001

بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر تعیین میزان و نحوه اثرگذاری متغیرهای مختلف بر موفقیت جهش بود. نتایج نشان دادند که علاوه‌بر سه گروه متغیرهای تکنیکی، سرعتی و قدرتی، خصوصیات فردی نیز بر موفقیت جهش اثرگذار است. یافته‌های تحقیق در این بخش مورد بحث قرار می‌گیرند. مهم‌ترین یافته درباب نقش متغیرهای سرعتی در موفقیت جهش، ظهور VLS با علامت مثبت در معادله ۴ است که نقش مثبت سرعت دورخیز ورزشکار را در کسب سرعت عمودی نشان می‌دهد. همبستگی معنادار سرعت عمودی با V و افت سرعت افقی با VLS، VX و V با توجه به روابط ریاضی میان این متغیرها کاملاً پیش‌بینی شده بود. برخلاف یافته مندوزا و نیکسفورد(۱۴)، در پژوهش حاضر ارتباط معناداری میان دو متغیر ملاک (VY و VXloss) مشاهده نشد. این فقدان ارتباط در مقایسه بین نفر اول و دوم مسابقات دوومیدانی قهرمانی جهان سال ۲۰۰۷ در اوزاکا نیز دیده شد؛ به‌طوری‌که با وجود VXloss برابر، VY تفاوت زیادی داشت. این یافته به تفاوت بارز در تکنیک تبدیل سرعت ورزشکارها نسبت داده شد(۱۵).

درباب نقش متغیرهای تکنیکی در موفقیت جهش، همبستگی معنادار سرعت عمودی با dY و T با توجه به روابط ریاضی میان این متغیرها کاملا پیش‌بینی شده بود. یافته مهم این بخش نقش دو متغیر تکنیکی زاویه انحراف و زاویه زانو در لحظه تماس در موفقیت جهش است. متغیر inc با سرعت عمودی همبستگی معنادار

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1394.13.10.6.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.13.10.69]

منفی داشت و در معادله‌های ۱ و ۴ با علامت منفی ظاهر شد. در این مورد باید به میزان بهینه inc که در حدود ۲۵ درجه است (۱۴،۱۵) توجه کرد. با افزایش زاویه انحراف از صفر تا ۲۵ درجه، مرکز جرم در لحظه تماس به میزان مناسبی پایین می‌آید و برای صعود در مرحله جهش آماده می‌شود. بااین‌حال درضمن این افزایش زاویه، جابه‌جایی افقی مرکز جرم در مرحله جهش بیشتر می‌شود که این عمل زمان تماس بیشتری را می‌طلبد. به نظر می‌رسد که تعامل افزایش همزمان dY و T تا پیش‌از رسیدن به زاویه ۲۵ درجه، به نفع dY است و سرعت عمودی را افزایش می‌دهد، اما با فراتررفتن زاویه انحراف از میزان بهینه، افزایش T بر افزایش dY غلبه می‌کند و موجب کاهش سرعت عمودی می‌شود. رابطه منفی بین VY و inc در این تحقیق، بیانگر زاویه انحراف بزرگ‌تر از مقدار بهینه است. میانگین زاویه انحراف به‌دست‌آمده در این پژوهش در حدود ۲۹ درجه است که توضیحات را تأیید می‌کند. متغیر KAtd با افت سرعت افقی همبستگی معنادار مثبت داشت و در معادله‌های ۱ و ۴ با علامت مثبت ظاهر شد. براساس مطالعات پیشین(۱۲،۱۷)، KAtd بهینه حدود ۱۶۶ درجه است. اگر زانوی ورزشکار حین تماس با زمین بیش‌از حد باز باشد، هم‌راستایی ساق و ران پا موجب اعمال ضربه شدید نیروی عکس‌العمل زمین به مفصل زانو می‌شود؛ مؤلفه افقی این نیرو مثل ترمز عمل می‌کند و باعث افت شدید سرعت افقی می‌شود. تکنیک فرود فعال (تاب‌دادن پای جهش به سمت عقب، کمی قبل‌از تماس)، موجب اعمال نیروی افقی روبه‌جلو از طرف زمین در لحظه تماس می‌شود (۱) و به‌دست‌آمدن زاویه مناسب زانو را تسهیل می‌کند. میانگین KAtd در تحقیق حاضر حدود ۱۷۰ درجه بود که از میزان بهینه بیشتر است؛ بنابراین علامت مثبت رابطه KAtd و VXloss یعنی افزایش VXloss با بیشترشدن KAtd (دورشدن از میزان بهینه) کاملاً منطقی است. ظهور متغیر dY در معادله ۵ جالب توجه است. ازآنجاکه dY عنصر کلیدی در کسب سرعت عمودی است (همبستگی مثبت با VY) باید از تاثیر مثبت اجتناب‌ناپذیر آن بر افت سرعت افقی (ظهور در معادله ۵) چشم پوشی کرد.

در بین متغیرهای قدرتی، تنها متغیری که با شاخص‌های موفقیت جهش رابطه معنادار نشان داد فلکشن زانو بود. همبستگی منفی Kfle و VY نشان می‌دهد که فلکشن بیشتر زانو تولید سرعت عمودی را با مشکل روبه‌رو می‌کند. این متغیر، به‌لحاظ نظری کارکردی دو سویه دارد: فلکشن بیشتر، کشش بیشتر اکستنسورهای زانو و جذب انرژی الاستیک را درپی دارد که بازتولید آن در فاز دوم جهش به کسب سرعت عمودی کمک می‌کند، اما با ممانعت از صعود سریع مرکز جرم، کسب سرعت عمودی را در فاز اول دچار مشکل کند. نشان داده شده است که حدود ۷۰ درصد VY در فاز اول تولید می‌شود(۱،۶)؛ بنابراین، نقش بازتولید انرژی الاستیک اندک است(۲). برخورداربودن زانو از اکستنسورهایی با قدرت اکسنتریک بالا، موجب مقاومت دربرابر فلکشن بیش‌از حد می‌شود و به کسب VY کمک شایانی می‌کند. سرعت فلکشن زانو متغیر دیگر این بخش است که در معادله ۶ با علامت منفی ظاهر شد؛ به این معنا که VKfle بیشتر، افت کمتر سرعت را به دنبال داشت. قدرت کانسنتریک و سفتی[1] بالای عضلات دومفصله پشت ران، که اکستنسور مفصل ران و فلکسور زانو هستند، می‌تواند موجب

1Stiffness

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1394.13.10.6.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.13.10.69]

افزایش سرعت انقباض کانسنتریک در بازکردن مفصل ران و خم‌کردن زانو شود. این کارکرد، به همراه قدرت اکسنتریک بالای اکتنسورهای زانو که مانع فلکشن بیش‌از حد آن و سقوط مرکز جرم می‌شود، می‌تواند افزایش کسب سرعت عمودی و کاهش افت سرعت افقی را به دنبال داشته باشد که مطلوب یک جهش موفق است. دو متغیر سرعت VKext و Kext در معادله ۲ ظاهر شدند. علامت مثبت VKext در این معادله، به نقش مشترک قدرت کانسنتریک و سفتی اکستنسورهای زانو و بازتولید انرژی الاستیک برای کسب سرعت عمودی در فاز دوم جهش اشاره دارد. به نظر می‌رسد که علامت منفی Kext به تکنیک صاف‌کردن بدن در لحظه جدایش اشاره می‌کند. براساس این تکنیک، در انتهای مرحله جهش، کل بدن نباید در جهت ساق پا قرار گیرد، بلکه تنه باید عمود بر سطح زمین باشد تا راستای نیروی عکس‌العمل زمین از مرکز جرم ورزشکار عبور کند(۱۸). به تبعیت از این وضعیت تنه، ران نیز زاویه اندکی با امتداد ساق خواهد داشت. به این ترتیب، زاویه بهینه زانو در لحظه جدایش، در حدود ۱۷۰ درجه است (۱،۱۲،۱۴،۱۶) و فراتررفتن از این میزان بهینه، بر سرعت عمودی تأثیر منفی می‌گذارد (۱). درباب نمونه‌های این تحقیق زاویه زانو در لحظه جدایش بسیار نزدیک به ۱۸۰ درجه بود؛ بنابراین تأثیر منفی Kext بر VY کاملاً توجیه‌پذیر است. این یافته نشان می‌دهد که متغیر Kext در پژوهش حاضر بیش‌از اینکه متغیری مرتبط با قدرت باشد، متغیری تکنیکی است.

نقش متغیر آنتروپومتریک در موفقیت جهش: همبستگی معنادار منفی Lleg با VY و ظهور آن با علامت منفی در معادله‌های ۳ و ۶ نشان‌دهنده اثر دوسویه این متغیر در موفقیت جهش است. ارتباط منفی طول پا با سرعت عمودی نشان‌دهنده موفقیت نسبی شرکت‌کننده‌های با طول قد کمتر در کسب سرعت عمودی است. سازوکار تأثیر قد را باید در ارتباط خلاف انتظار میان طول پا و زاویه انحراف (p<۰/۰۰۱ و r =۰/۶۰) جست. بر این اساس، نمونه‌های با طول قد کمتر، زاویه انحراف مناسب‌تری انتخاب کردند که به حالت بهینه نزدیک‌تر بود. همان‌طور که پیشتر توضیح داده شد، زاویه انحراف نزدیک‌تر به حالت بهینه، اثر مثبتی در کسب سرعت عمودی دارد. اینکه آیا زاویه انحراف بیشتر، معلول طول قد بیشتر است یا اینکه اشتباه تکنیکی شرکت‌کننده‌های بلندقدتر در انتخاب زاویه انحراف موجب به‌دست‌آمدن این رابطه شده است، به تحقیق بیشتر نیاز دارد. علامت منفی Lleg در معادله ۶ به مزیت نسبی آزمودنی‌های بلندقد در شاخص افت سرعت افقی اشاره می‌کند. طول پا رابطه معناداری با سرعت گام آخر نداشت. با وجود این به نظر می‌رسد شرکت‌کننده‌های با طول پای بیشتر، با انتخاب زاویه زانوی مناسب‌تر در لحظه تماس، افت کمتری را در سرعت افقی تجربه کردند. این مسئله به رابطه مثبت Lleg و VX منجر شد (p=۰/۰۰۹ و r =۰/۴۲). پیش‌از این به ارتباط منفی Lleg با VY اشاره شد. تأثیر متضاد طول پا بر دو متغیر VX و VY در برآیند سرعت مرحله جهش به نفع شرکت‌کننده‌های با طول پای بیشتر شد (همبستگی نزدیک به معناداری میان Lleg و V: p=۰/۰۵۴ و r =۰/۳۲)، اما آنها را در رسیدن به زاویه جهش مناسب که با VY نسبت مستقیم و با VX نسبت عکس دارد با مشکل مواجه کرد.

حضور پررنگ متغیرهای تکنیکی و سرعتی در جدول ۲ و معادلات کلی ۴ و ۶، بر نقش غالب تکنیک و سرعت تأکید کرد. در بین متغیرهای مرتبط با قدرت نیز قدرت اکسنتریک اکستنسورهای زانو به منزله مهم‌ترین عامل

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1394.13.10.6.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.13.10.69]

قدرتی در اجرای جهش مشخص شد. مطالعات پیشین در تحلیل پرش طول، ویژگی‌های آنتروپومتریک را لحاظ نکرده بودند. ورود متغیر آنتروپومتریک به معادلات رگرسیون و رابطه معنادار آن با موفقیت جهش در این تحقیق، ضرورت درنظرگرفتن این متغیر را ایجاب می‌کند. نرمال‌سازی داده‌ها برای کاهش اثر متغیرهای زمینه‌ای می‌تواند تا حدودی این مشکل را مرتفع سازد که البته چندان ساده نیست؛ مثلاً برای حذف عامل قد باید دانست که این متغیر با چه توانی بر متغیرهای دیگر اثر می‌گذارد. بهترین راه برای اطمینان از صحت نتایج، مطالعه موردی است. به نظر می‌رسد به‌خصوص در بحث ورزش قهرمانی، اجرای مطالعات موردی درباره قهرمانان کشور به منظور دست‌یابی به بهترین رکوردها ضروری است.

منابع

1. Graham-Smith, P., Lees, A. (2005). A three-dimensional kinematic analysis of the long jump take-off. Journal of Sports Sciences. 23(9): 891-903.
2. Hay, J.G. (1999). Changes in muscle-tendon length during the take-off of a running long jump. Journal of Sports Sciences. 17(2): 159-72.
3. Tidow, G. (1989). Model technique analysis sheet for the horizontal jumps-The Long Jump. New Studies in Athletics. 4(3): 47-62.
4. Hay, J.G., Miller, J.A., Canterna, R.W. (1986). The techniques of elite male long jumpers. Journal of Biomechanics. 19(10): 855-66.
5. Coh, M. (1997). Kinematics-Dynamic Analysis of the Takeoff Action in the Long Jump. Track Coach. 139: 4443-5.
6. Lees, A., Graham-Smith, P., Fowler, N. (1994). A biomechanical analysis of the last stride, touchdown, and takeoff characteristics of the men long jump. Journal of Applied Biomechanics. 10(1): 61-78.
7. Lees, A., Fowler, N., Derby, D. (1993). A biomechanical analysis of the last stride, touch-down and take-off characteristics of the women's long jump. Journal of Sports Sciences: 11(4): 303-14.
8. Muraki, Y., Ae, M., Yokozawa, T., Koyama, H. (2005). Athletics: Mechanical properties of the take-off leg as a support mechanism in the long jump. Sports Biomechanics. 4(1): 1-15.
9. Seyfarth, A., Blickhan, R., Van Leeuwen, J. L. (2000). Optimum take-off techniques and muscle design for long jump. Journal of Experimental Biology. 203(4): 741-50.
10. Alexander, R.M. (1990). Optimum take-off techniques for high and long jumps. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences. 329(1252): 3-10.

۱۱. شهبازی‌مقدم. مرتضی.، معصومی مفرد. فاطمه. (۱۳۸۰) تحلیل و اندازه گیری بیومکانیکی عوامل منتخب (نیروی عضلات، نیروی عکس العمل زمین، کار و توان مصرفی) در مرحله‌ی جهش پرش‌کنندگان طول نخبه‌ی کشور(مردان) به روش غیرمستقیم. حرکت، ۸، ۸۲-۵۹.

12. Panoutsakopoulos, V., Papaiakou, G.I., Katsikas, F.S., Kollias, I.A. (2010). 3D Biomechanical Analysis of the Preparation of the Long Jump Take-Off. New Studies in Athletics. 25: 1-55.
13. Panoutsakopoulos, V., Kollias, I.A. (2009) Biomechanical analysis of the last strides, the touchdown and the takeoff of top Greek male and female long jumpers. Hellenic Journal of Physical Education and Sport Science. 29(2): 200-18.
14. Mendoza, L., Nixdorf, E. (2011). Biomechanical analysis of the horizontal jumping events at the 2009 IAAF world championships in athletics. New Studies in Athletics. 26(3/4): 25-60
15. Koyama, H., Ae, M., Muraki, Y. (2009). Biomechanical analysis of the men's and women's long jump at the 11th IAAF world championships in athletics, Osaka 2007: A brief report. Downloaded from the internet. (http://www.spjutforum.se/res/default/biomechanicalresearchvmosaka2007.pdf): February 15, 2011.
16. German Athletics Federation (2009). Biomechanical analyses at the berlin 2009- 12th IAAF world championships- Final report- Long jump. Scientific Research Project. IAAF
17. Fukashiro, S., Wakayama, A., Kojima, T., Ito, N., Arai, T., Iiboshi, A., Fuchimoto, T., Tan, H.P. (1994). Biomechanical analysis of the long jump (in Japanese). In Japan Association of Athletics Federations (ed.), The Techniques of the World Top Athletes (Research Report of the 3rd World Championships, Tokyo) Tokyo: Baseball Magazine Co. 135-51.

۱۸. بیات، محمدرضا.، شادمهر، بیژن.، رجبی، حمید.، خواجوی، نعیما. (۱۳۸۹). دوومیدانی، جلد دوم، پرش ها و پرتاب ها. انتشارات سمت. تهران.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1394.13.10.6.4]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.13.10.69]