

ص - ص: ۱۵-۲۵

تاریخ دریافت: ۸۵/۰۵/۲۰

تاریخ پذیرش: ۸۵/۱۱/۱۰

بررسی عملکرد بیومکانیکی دوی ۱۱۰ متر با مانع دوندگان نخبه سطوح ملی نسبت به سطوح جهانی و المپیک

دکتر ولی الله دبیدی روشن^۱دکتر محمدرضا بیات^۲محمدرضا اسماعیل زاده طلوع^۳سیدناذر مهدوی^۴

چکیده

در طی دهه‌های اخیر، بهبود تکنیک اجرای مهارت تأثیر قابل توجهی در دستیابی به رکوردهای شگفت‌انگیز داشته است. هدف این پژوهش، بررسی عملکرد بیومکانیکی دوی ۱۱۰ متر با مانع دوندگان سطوح ملی نسبت به سطوح جهانی و المپیک بوده است. بدین منظور شش دونده برتر شرکت کننده در مسابقات انتخابی تیم ملی بزرگسالان با میانگین سن $21 \pm 2/25$ سال، وزن $74 \pm 1/4$ کیلوگرم و قد $184/9 \pm 4/5$ سانتی‌متر و شش دونده برتر در مسابقات جهانی با میانگین سن $24 \pm 2/75$ سال، وزن $79 \pm 3/23$ کیلوگرم و قد $185/4 \pm 3/8$ سانتی‌متر و هم‌چنین شش دونده برتر در مسابقات المپیک با میانگین سن $24 \pm 2/90$ سال، وزن $81 \pm 2/37$ کیلوگرم و قد $185/1 \pm 3/4$ سانتی‌متر با توجه به رکوردهای آنها انتخاب و مورد بررسی قرار گرفتند. اطلاعات خام مربوط به متغیرهای پنجگانه تحقیق در هر سه گروه دونده به روش کاملاً مشابه از روی فیلم مسابقه و با استفاده از وسایل و روش‌های پیشرفته جمع‌آوری شد. داده‌ها با استفاده از آمار توصیفی بررسی شدند. نتایج نشان می‌دهد که میانگین متغیرهای زمان تماس پا با زمین به هنگام تیک آف، زمان پرواز در گام عبور از مانع، جا به جایی افقی رأس مرکز ثقل بدن، جا به جایی فرود در دوندگان نخبه سطوح ملی بالاتر و از سوی دیگر تغییرات سرعت افقی مرکز ثقل هنگام فرود در آنها کمتر از دوندگان سطوح جهانی و المپیک بوده است. با این وجود، تغییرپذیری اندکی در عملکرد بیومکانیکی دوندگان سطوح جهانی و المپیک مشاهده شد. بر اساس یافته‌های این پژوهش می‌توان گفت که احتمالاً عملکرد بیومکانیکی و تکنیکی بهتر در دوندگان سطوح جهانی و المپیک باعث کسب رکوردهای بهتر شده است.

واژه‌های کلیدی: دوی ۱۱۰ متر با مانع، عملکرد بیومکانیکی، دوندگان نخبه.

۱. استادیار دانشگاه مازندران

۲. استادیار دانشگاه تهران

۳. عضو هیأت علمی مؤسسه آموزش عالی غیرانتفاعی شمال

۴. کارشناس ارشد تربیت بدنی

مقدمه

ورزشکاران درگیر در رشته های مختلف ورزشی برای بهبود عملکرد خود از علوم متعددی سود می‌برند. بیومکانیک، یکی از علوم کاربردی است که می‌تواند نقش مؤثری در اجرای بهتر بسیاری از مهارت‌های ورزشی داشته باشد (۱۲،۱). در این میان رشته دو و میدانی به عنوان یک ورزش مادر، جایگاه ویژه‌ای دارد و کاربرد علوم بیومکانیک در آن به حدی است که بدون توجه به بررسی‌های بیومکانیکی، امکان تعیین نقاط قوت و ضعف دوندگان، پرش‌کنندگان و پرتاب‌کنندگان و طرح‌ریزی برنامه‌های تمرینی مطلوب برای مربیان و برنامه‌ریزان وجود ندارد. از بین مواد مختلف در دوها، دو ۱۱۰ متر با مانع به لحاظ تکنیکی مشکل‌ترین ماده محسوب می‌شود. با توجه به این که دونده در مسیر مسابقه باید از ۱۰ مانع متوالی به فاصله ۹/۱۴ متر و به ارتفاع ۱/۰۶۷ متر عبور کند، تکنیک عبور از روی مانع و عوامل بیومکانیکی مرتبط با آن در موفقیت دوندگان این رشته، حائز اهمیت است. در نتیجه رعایت اصول بیومکانیکی، باعث کاهش زمان عبور از مانع و بهبود رکورد نهایی دونده خواهد شد (۵، ۸، ۱۳).

پژوهش‌های متعددی در خصوص برخی عوامل بیومکانیکی و تأثیر آن بر رکورد ورزشکاران انجام شده است (۹، ۱۰، ۱۴، ۱۶). در پژوهشی که به وسیله مک‌دونالد و داپنا^۱ (۱۶) در سال ۱۹۹۱ انجام شد، برخی عوامل بیومکانیکی مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش، تغییر سرعت افقی مرکز ثقل بدن هنگام فرود در زنان و مردان به ترتیب ۵۲/۲ و ۹۰ سانتی‌متر در ثانیه گزارش شد. طی سال‌های بعد، نتایج پژوهش‌های مان^۲ و همکارانش (۱۴) در سال ۱۹۹۳ و هم‌چنین فینچ و آریل^۳ (۹) در سال ۲۰۰۰ نشان داد که این رکورد بهبود یافته است. فینچ (۱۰) در پژوهش دیگری که در سال ۲۰۰۱ ارائه شد، مدت تماس پا با زمین هنگام کنده شدن از زمین^۴ برای عبور از مانع را ۰/۱۴۲ ثانیه گزارش داد، در حالی که این زمان در المپیک ۲۰۰۴ آن به ۰/۱۳۱ ثانیه تقلیل یافته است. همین محقق تغییر سرعت افقی مرکز ثقل بدن هنگام فرود و جا به جایی افقی رأس مرکز ثقل را به ترتیب ۸۴/۵ سانتی‌متر و ۳/۲ - سانتی‌متر گزارش داد. برخی محققان نیز مقادیر جابه‌جایی فرود را ۱۲۲ سانتی‌متر (۹) و ۱۴۳/۶ سانتی‌متر (۱۰) گزارش دادند. از مجموع گزارش‌های پژوهشی فوق اساساً دو نکته استنباط می‌شود: اول این که برخی عوامل بیومکانیکی کمتر بررسی شده است و دوم این که با گذشت زمان، این رکوردها بهبود یافته است. بررسی نتایج حاکی از آن است که کسب نتایج با ارزش را تنها نمی‌توان به استعدادهای ژنتیکی قهرمانان نسبت داد، بلکه سال‌ها تمرین به همراه برنامه‌ریزی‌های علمی می‌تواند این بهبود در رکوردها را میسر سازد (۴، ۸، ۱۲، ۲۲). با توجه به این که تهیه برنامه دقیق تمرینی، مستلزم داشتن اطلاعات کافی از نقاط قوت و ضعف ورزشکاران و نحوه عملکرد تکنیکی آنان است، جمع‌آوری اطلاعات در خصوص عوامل متعدّد بیومکانیکی و ارائه الگوی صحیح به مربیان و ورزشکاران می‌تواند کمک شایانی به بهبود رکوردها نماید. از این رو با توجه به تأثیر عوامل مختلف بیومکانیکی بر رکورد

-
1. MC Donald and Dapena
 2. Mann
 3. Finch and Ariel
 4. Take off

دوی ۱۱۰ متر با مانع و با توجه به این که پژوهش‌های معدودی یافت شده که اکثر این عوامل بیومکانیکی را مورد بررسی قرار دهند و از سوی دیگر با عنایت به این که تا این لحظه محقق به پژوهشی که تغییرات مقادیر این متغیرها را در دوندگان ۱۱۰ متر با مانع سطوح ملی، جهانی و المپیک مورد بررسی قرار دهد، یافت نکرد، پژوهشگر در نظر دارد برخی از متغیرهای مهمی را که با رعایت اصول بیومکانیکی و اجرای صحیح تکنیکی باعث بهبود زمان عبور از مانع خواهد شد، بررسی نماید. امید است انجام این پژوهش، گامی هرچند کوچک در راه برنامه‌ریزی علمی به ویژه در ورزش قهرمانی کشور برداشته شود.

روش‌شناسی پژوهش

روش این تحقیق از نوع توصیفی است (۳).

نمونه آماری

نمونه‌های این پژوهش، شامل ۶ دونده برتر سطوح ملی (از بین ۱۵ دونده) که به مرحله نهایی مسابقات دو و میدانی قهرمانی باشگاه‌های کشور و انتخابی تیم ملی بزرگسالان که در سال ۱۳۸۴ در شهر شیراز برگزار شد و هم‌چنین ۶ دونده برتری که به دور نهایی مسابقات جهانی سال ۲۰۰۳ استکهلم و مسابقات المپیک سال ۲۰۰۴ آن راه یافتند، بوده است. جدول ۱ مشخصات این آزمودنی‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مشخصات آزمودنی‌های سطوح مختلف

شاخص دوندگان	سن (سال)	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتی‌متر)
	انحراف معیار \pm میانگین	انحراف معیار \pm میانگین	انحراف معیار \pm میانگین
ملی	۲۱ \pm ۲/۲۵	۷۴ \pm ۱/۴	۱۸۴/۹ \pm ۴/۵
جهانی	۲۴ \pm ۲/۷۵	۷۹ \pm ۳/۲۳	۱۸۵/۴ \pm ۳/۸
المپیک	۲۴ \pm ۲/۹۰	۸۱ \pm ۲/۳۷	۱۸۵/۱ \pm ۳/۴

ابزارهای اندازه‌گیری متغیرها

در این تحقیق برای جمع‌آوری داده‌های خام از تجهیزات ویژه‌ای استفاده شد که عبارتند از:

- ۱- زمان‌سنج دیجیتال ساخت آلمان با مارک هان هارت^۱
- ۲- دستگاه دوربین فیلمبرداری از نوع سونی (DV-170)
- ۳- دستگاه دوربین فیلمبرداری با سرعت بالا (LOCAM)
- ۴- دستگاه دوربین فیلمبرداری فتوسونیک ۵۰۰ با سرعت ۲۰۰ (۱۵۰ فیت در ثانیه)

- ۵- دستگاه نمایشگر ویدیویی از نوع سونی
- ۶- دستگاه فتوسل(زمان سنج الکترونیکی) حساس به رنگ
- ۷- نرم‌افزار Movie Maker برای اندازه‌گیری دقیق زمان در دستگاه فتوسل
- ۸- نرم‌افزار Photo shop برای اندازه‌گیری سرعت افقی مرکز ثقل هنگام فرود
- ۹- نرم‌افزار Motion analyzer برای تعیین دقیق مرکز ثقل بدن
- ۱۰- چسب کاغذی سفید ۲ سانتی‌متری برای علامت‌گذاری قبل و بعد از مانع چهارم
- ۱۱- وزن سنج و قدسنج

نحوه جمع‌آوری اطلاعات

برای جمع‌آوری اطلاعات از تکنیک تصویربرداری سه بعدی استفاده شد. یک دستگاه دوربین فیلمبرداری از نوع سونی (DV_170) یک متر جلوتر از خط موازی با مانع چهارم و در فاصله دو متری آن در سمت راست پیست و یک دستگاه دوربین فیلمبرداری سرعت بالای LOCAM به فاصله ۱/۵ متری در طرف چپ مانع چهارم و به موازات آن قرار داده شد. این دوربین طوری تنظیم شدند که از ۳ متر قبل از مانع چهارم و ۲/۵ متر بعد از آن در دامنه دید آن‌ها قرار داشت. یک دستگاه دوربین فیلمبرداری فتوسونیک ۵۰۰ با سرعت ۲۰۰ (۱۵۰ فیت در ثانیه) نیز با زاویه ۴۵ درجه، ۰/۵ متر جلوتر از خط موازی با مانع چهارم و به فاصله ۳ متر از مانع در طرف راست زمین مسابقه قرار داده شد که همزمان با شروع حرکت دوندگان با آن‌ها حرکت کرده و تا پایان مسابقه تصویر برداری می‌نمود. ضمناً هر سه دوربین به فاصله ۳ متر از مانع در طرف راست زمین مسابقه قرار داده شد که همزمان با شروع حرکت دوندگان با آن‌ها حرکت می‌کرد و تا پایان مسابقه را تصویربرداری می‌نمود. ضمناً هر سه دوربین در ارتفاع ۱۴۸ سانتی متری زمین قرار داشتند. نوار چسب‌هایی به رنگ سفید نیز از ۱ تا ۲/۵ متر قبل و ۱ تا ۲ متر بعد از مانع چهارم به فاصله ۵ سانتی‌متری از یکدیگر روی پیست چسبانده شده بودند. پس از فیلمبرداری داده‌های خام از طریق بازبینی نوارهای ویدیویی مسابقه استخراج گردید.

برای اندازه‌گیری زمان تماس پا با زمین هنگام تیک آف و زمان پرواز در گام عبور از مانع از دستگاه فتوسل حساس به رنگ استفاده شد. کفش دهنده به کمک رایانه رنگ‌آمیزی و دستگاه، طوری تنظیم شد که همزمان با برخورد پای دهنده به زمین برای انجام تیک آف، زمان سنج الکترونیکی شروع به ثبت زمان می‌کرد و با جدا شدن پا متوقف می‌شد. برای اندازه‌گیری زمان پرواز در گام عبور از مانع نیز دستگاه طوری تنظیم شد که زمان را از لحظه جدا شدن پا از زمین به هنگام تیک آف تا لحظه برخورد پا به زمین در پشت مانع ثبت می‌نمود. سپس زمان‌ها به وسیله نرم‌افزار movie maker نیز اندازه‌گیری و داده‌های به دست آمده به وسیله دستگاه فتوسل تأیید گردیدند. برای اندازه‌گیری سرعت افقی مرکز ثقل هنگام فرود از نرم‌افزار photo shop استفاده گردید. سپس سرعت دوییدن از سرعت‌های افقی مرکز ثقل هنگام فرود کم شد و داده‌ها به عنوان تغییر سرعت افقی مرکز ثقل هنگام فرود ثبت گردید. (علامت منفی در جدول ۲ نشانه

کاهش سرعت است). برای اندازه‌گیری جا به جایی افقی رأس مرکز ثقل دونده، نقطه اوج مرکز ثقل یا رأس مسیر منحنی پرواز مرکز ثقل تعیین و به کمک نرم‌افزار photo shop فاصله این نقطه تا مانع به عنوان جا به جایی افقی رأس مرکز ثقل ثبت شد. برای اندازه‌گیری جا به جایی فرود نیز از نوارچسب‌هایی که روی پیست تعبیه شده بود، استفاده شد و فاصله نقطه مانع تا محل فرود به عنوان جا به جایی فرود ثبت شد. برای اندازه‌گیری دقیق این فاصله از نرم‌افزار photo shop استفاده شد.

روش‌های آماری

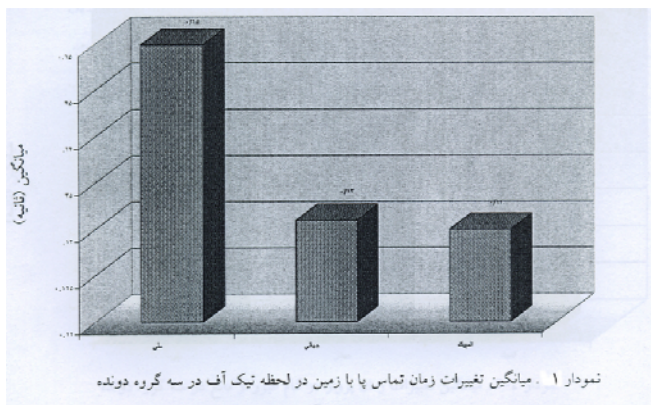
پس از جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات خام از آمار توصیفی برای دسته‌بندی و تنظیم داده‌ها، تعیین میانگین و انحراف معیار، دامنه تغییرات، حد اکثر و حد اقل رکورد و تنظیم جداول و نمودارها استفاده شد.

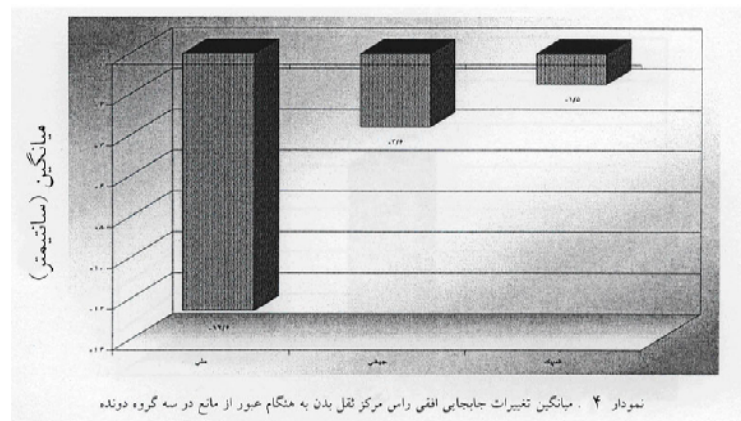
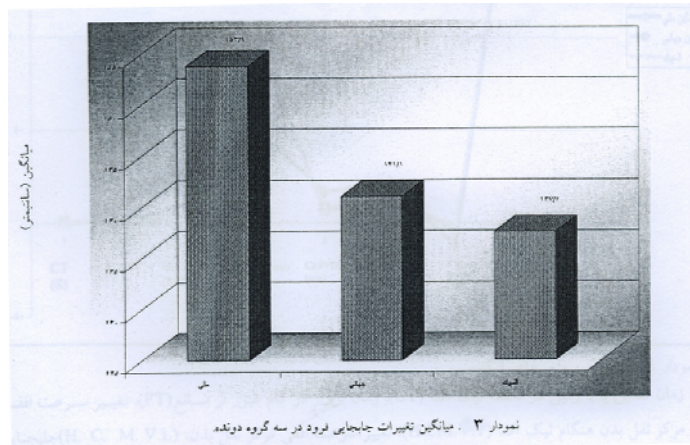
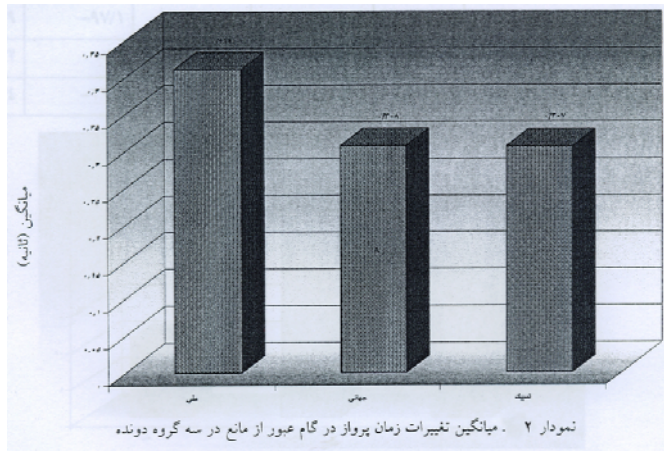
یافته‌های پژوهش

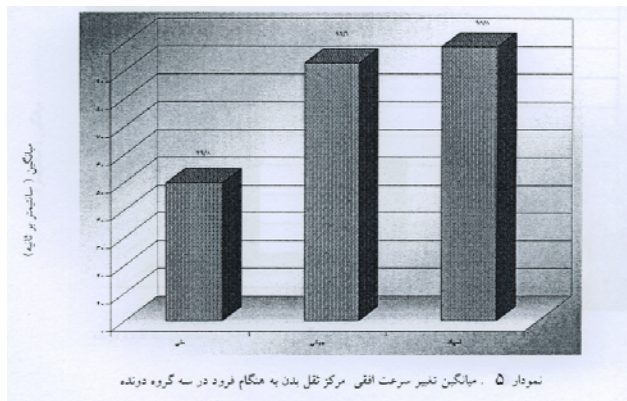
جدول ۲ آماره‌های مربوط به متغیرهای مختلف تحقیق را در سه گروه دونده سطوح ملی، جهانی و المپیک نشان می‌دهد. همانگونه که در این جدول نیز مشخص است، میانگین متغیرهای زمان تماس پا با زمین در هنگام تیک آف، زمان پرواز در گام عبور از مانع، جا به جایی فرود و جا به جایی افقی رأس مرکز ثقل هنگام عبور از مانع در دوندگان سطح ملی بالاتر از سایر دوندگان است. (نمودارهای ۱ تا ۴)، در حالی که میانگین تغییرات سرعت افقی مرکز ثقل بدن در هنگام فرود در دوندگان سطح ملی کمتر از دوندگان سطوح جهانی و المپیک است. (نمودار ۵). از سوی دیگر تغییر پذیری اندکی در هر یک از متغیرهای مرتبط با عملکرد بیومکانیکی در دوندگان سطوح جهانی و المپیک مشاهده شد.

جدول ۲. آماره‌های مربوط به متغیرهای مختلف تحقیق در سه گروه دهنده دوی ۱۱۰ متر بامانع سطوح ملی، جهانی و المپیک

متغیر	آماره / سطح تمرینی	میانگین	انحراف معیار	حدّ اکثر رکورد	حدّ اقل رکورد	دامنه تغییرات
زمان تماس پا با زمین در لحظه تیک آف (ثانیه)	ملی	۰/۱۵	۰/۰۰۹۹۶	۰/۱۶۵	۰/۱۳۷	۰/۰۳
	جهانی	۰/۱۳۱	۰/۰۰۵۵۳	۰/۱۳۷	۰/۱۲۴	۰/۱۳
	المپیک	۰/۱۳	۰/۰۰۴۰۳	۰/۱۳۶	۰/۱۲۵	۰/۰۱
زمان پرواز در گام عبور از مانع (ثانیه)	ملی	۰/۴۱۲	۰/۰۲۴۶۸	۰/۴۵۱	۰/۳۸۲	۰/۰۶۹
	جهانی	۰/۳۰۸	۰/۰۱۴۱۳	۰/۳۳۲	۰/۲۸۹	۰/۰۴۳
جا به جایی افقی رأس مرکز ثقل بدن هنگام عبور از مانع (سانتی‌متر)	ملی	-۱۲/۶	۱۸/۹۵	۷/۵	-۳۴/۵	۴۲
	جهانی	-۳/۶	۱۳/۹۷	۱۹/۷	-۱۸/۸	۳۸/۵
	المپیک	-۱/۵	۹/۵۰	۱۰/۲	-۱۴/۲	۲۴/۴
جا به جایی فرود (سانتی‌متر)	ملی	۱۵۳/۹	۱۲/۸۲	۱۷۲/۷	۱۳۴/۲	۳۸/۵
	جهانی	۱۴۱/۱	۴/۲۲	۱۴۶/۴	۱۳۶/۱	۱۰/۳
	المپیک	۱۳۷/۶	۴/۵۹	۱۴۲/۱	۱۳۱/۷	۱۰/۴
تغییرات سرعت افقی مرکز ثقل بدن هنگام فرود (سانتی‌متر بر ثانیه)	ملی	۴۹/۸	۶۴/۷۰	۱۱۸/۴	-۳۱/۲	۱۴۹/۶
	جهانی	۹۲/۹	۷۸/۲۵	۱۹۳/۲	-۲۰/۸	۲۱۴
المپیک	۹۸/۸	۸۴/۲۱	۱۸۳/۳	-۳۳/۵	۲۱۶/۸	







بحث و نتیجه‌گیری

عوامل متعددی از قبیل خصوصیات وراثتی، آمادگی جسمانی، تغذیه، تکنیک و غیره بر اجرای مهارت ورزشکاران سطوح بالا اثر گذارند. امروزه ورزشکاران نخبه رشته‌های مختلف ورزشی حتی به عوامل ظریف بیومکانیکی و تکنیکی نیز توجه خاص دارند.

در رشته ۱۱۰ متر با مانع، اجرای صحیح تکنیک، یکی از عوامل تعیین‌کننده و مؤثر در رکورد نهایی دوندگان این رشته به شمار می‌رود (۵، ۶، ۱۳، ۱۵). یافته‌های این تحقیق در خصوص تغییرات زمان تماس پا با زمین در سه گروه دوندگه نشان داد که میانگین این شاخص در دوندگان سطوح جهانی و المپیک تقریباً یکسان (۰/۱۳ ثانیه) و حدود ۰/۰۲ کمتر از میانگین همین زمان در دوندگان سطوح ملی (۰/۱۵ ثانیه) بوده است. این میانگین زمانی در دوندگه‌های سطوح جهانی و المپیک با یافته‌های مان (۱۴) موافق و با یافته‌های فینچ و همکاران (۱۰) همسو نیست، چرا که ایشان میانگین این شاخص را در ۴ دوندگه برتر جهان که به فینال مسابقات المپیک سال ۲۰۰۰ راه یافتند ۰/۱۴۲ ثانیه گزارش داد. از سوی دیگر در سطح ملی نیز نتایج این تحقیق با یافته‌های مک دونالد و داپنا (۱۶) همسو است که در آن میانگین مقادیر این شاخص در دوندگان نخبه مرد و زن آمریکا به ترتیب ۰/۱۵۰ و ۰/۱۶۵ ثانیه به دست آمد و با یافته‌های فینچ و آریل (۹) که بر روی هشت دوندگه برتر آمریکا انجام شد و میانگین زمان این شاخص ۰/۱۲۲ به دست آمد، مغایر است. اختلاف نهایی رکورد این شاخص بین دوندگان سطوح ملی با سطوح جهانی و المپیک که تقریباً ۰/۲ ثانیه است و در رشته‌های سرعتی قابل توجه نیز می‌باشد، حاکی از آن است که دوندگان کشور ۱/۸ متر از دوندگان سطوح جهانی و المپیک عقب بیفتند. یکی از دلایل افزایش زمان این شاخص طول گام نامناسب در گام پیش از تیک آف است. اگر طول گام دوندگه بیش از اندازه بزرگ باشد، هنگام تیک آف مرکز ثقل او عقب‌تر از محدوده سطح آتکایش قرار می‌گیرد و در نتیجه برای برهم زدن تعادل خود و کنده شدن از زمین به نیروی بیشتری نیاز دارد (۲، ۴، ۷، ۱۵، ۱۷). از دلایل دیگر می‌توان به کم بودن ارتفاع مرکز ثقل بدن نسبت به

سطح اتکای دونده اشاره کرد. به عبارت دیگر ارتباط معکوسی بین ارتفاع مرکز ثقل و نیروی لازم برای برهم زدن تعادل وجود دارد (۲، ۴، ۱۲، ۱۸، ۲۱).

بر اساس یافته‌های پژوهشی حاضر، میانگین زمان پرواز در گام عبور از مانع در دوندگان سطوح جهانی و المپیک به ترتیب ۰/۳۰۸ و ۰/۳۰۷ ثانیه بوده، در حالی که میانگین این زمان در دوندگان سطح ملی ۰/۴۱۲ ثانیه بوده است. (جدول ۲ و نمودار ۲ را ببینید) با توجه به سطوح تمرین دوندگان، نتایج این پژوهش در خصوص میانگین زمان پرواز اختلاف زمانی قابل توجهی را با گزارش‌های پژوهشی مان (۱۴)، فینچ و آریل (۹) فینچ (۱۰) و مک دونالد و داپنا (۱۶) نشان می‌دهد، طوری که این اختلاف زمانی به هنگام عبور از یک مانع تقریباً ۰/۱ ثانیه است و اگر سایر شرایط یکسان باشد، با احتساب ۱۰ مانع این زمان اختلاف بسیار قابل توجهی یک ثانیه‌ای را با دوندگان سطوح جهانی و المپیک نشان می‌دهد و با توجه به سرعت تقریباً ۹ متر بر ثانیه در طول مسابقه (۱۱۰ متر تقسیم بر تقریباً ۱۳ ثانیه) ملاحظه می‌شود که در کل مسیر مسابقه دوندگان کشور حدود ۹ متر کمتر از سایر دوندگان طی کرده‌اند.

مقادیر جا به جایی افقی رأس مرکز ثقل بدن در گام عبور از مانع دونده‌های مختلف (جدول ۲) نشان می‌دهد که میانگین این شاخص در دوندگان سطوح ملی، سطوح جهانی و المپیک به ترتیب ۶/۱۲، ۳/۶ و ۱/۵ سانتی‌متر قبل از مانع به ارتفاع اوج خود رسیده است. این در حالی است که فینچ (۱۰) جا به جایی افقی رأس مرکز ثقل را ۳/۲- سانتی‌متر و سالو همکاران (۱۹) نیز مقادیر این شاخص را برای زنان ۷ سانتی‌متر و برای مردان ۲/۵- سانتی‌متر گزارش دادند. مان (۱۴) در پژوهشی که روی دوندگان نخبه آمریکا انجام داد، نتیجه گرفت که میزان جا به جایی افقی رأس مرکز ثقل به طور متوسط ۱۷- سانتی‌متر است. این گونه تناقض در نتایج پژوهشی را می‌توان به ضعف تکنیک اجرای مهارت نسبت داد. لذا با توجه به مقادیر این شاخص در دوندگان سطوح مختلف مشاهده می‌شود که رأس مسیر پرواز مرکز ثقل دوندگان با وضعیت عبور از روی مانع، بیشتر متمایل به جلو بوده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که بهترین حالت عبور از مانع زمانی است که نقطه اوج مرکز ثقل، دقیقاً روی مانع واقع شود و در این صورت جا به جایی افقی دونده صفر خواهد بود. لذا یک جا به جایی افقی بین رأس مسیر پرواز مرکز ثقل و مانع نشانه‌ای از گام برداشتن نادرست یا منحنی پرواز نادرست خواهد بود. این حالت زمانی رخ می‌دهد که نقطه تیک آف خیلی نزدیک یا خیلی دور از مانع واقع شود (۶، ۱۰، ۲۲).

نتایج این پژوهش در خصوص میانگین جا به جایی فرود نشان داد که مقادیر این شاخص در دوندگان سطوح ملی، جهانی و المپیک به ترتیب ۱۵۳/۹، ۱۴۱/۱، ۱۳۷/۶ سانتی‌متر بوده است. (جدول ۲). این یافته‌ها با گزارش‌های فینچ و آریل (۹) و فینچ (۱۰) نزدیک است. در حالی که مقادیر به دست‌آمده در تحقیقات مان (۱۴) و مک دونالد و داپنا (۱۶) کمتر از میانگین مقادیر حاصله در دونده‌های سطوح ملی بوده است. به لحاظ تکنیکی کم یا زیاد بودن فاصله تیک آف - هر دو - باعث افزایش جا به جایی عمودی و افقی مرکز ثقل و کاهش سرعت افقی هنگام فرود و هم‌چنین تیک آف و در نتیجه افزایش زمان پرواز می‌شود (۱، ۴، ۱۹، ۲۰). لذا دوندگان سطوح بالا می‌کوشند تا زمان پرواز روی مانع را کاهش دهند و از آن جا که به لحاظ تکنیکی

نمی‌توان جا به جایی تیک آف را کوتاه کنند، فقط با فرود سریع و نیرومند پای راهنما می‌توان در مقدار زمان پرواز صرفه جویی کرد. این صرفه جویی در زمان با کوتاه کردن فاصله فرود در پشت مانع و افزایش نسبی طول گام‌ها در بین موانع همراه است (۷، ۱۱، ۱۸).

سرانجام، نتایج این پژوهش در خصوص تغییر سرعت افقی مرکز ثقل بدن هنگام فرود نشان داد که مقادیر این شاخص در دوندگان سطوح ملی، جهانی و المپیک ۴۹/۸، ۹۲/۹ و ۹۸/۸ سانتی‌متر بر ثانیه بوده است. این نتایج با گزارش پژوهشی تمام مطالعاتی که از آزمودنی‌های سطوح ملی استفاده کرده‌اند، همسو نیست (۱۰، ۱۶، ۲۰). طوری که تغییر سرعت افقی مرکز ثقل بدن به هنگام فرود در دوندگان مرد سطح ملی در ایران تقریباً برابر با ارزش‌های این شاخص در زنان سطح ملی در برخی کشورهای اروپایی و آمریکاست. در این خصوص می‌توان به تأثیر تکنیک اجرای مهارت و اندازه‌های آنتروپومتریک در دستیابی به رکوردها اشاره داشت. معمولاً دوندگانی که از یک وضعیت بلند، مرحله فرود را آغاز می‌کنند، از سرعت افقی کمتری برخوردارند (۷، ۱۰، ۱۷). لذا یکی از دلایل شتاب کمتر در دوندگان سطوح ملی نسبت به دوندگان سطوح جهانی و المپیک، ارتفاع مرکز ثقل است. به عبارت دیگر هر قدر جا به جایی عمودی مرکز ثقل کمتر باشد، سرعت عمودی کمتر، زاویه پرش کوچک‌تر و زمان پرواز کوتاه‌تر خواهد بود (۴، ۷، ۱۱، ۲۱).

به طور کلی با توجه به یافته‌های این پژوهش می‌توان گفت که دوندگان سطح ملی به لحاظ تکنیک اجرای شاخص‌های بیومکانیکی مورد نظر، شرایط ایده آلی نداشتند، این در حالی است که مقادیر این شاخص‌ها در دو گروه دوندگان سطوح جهانی و المپیک تقریباً مشابه است. با این وجود، باید اذعان کرد هر چند تکنیک اجرای مهارت در دوی ۱۱۰ متر با مانع نقش به‌سزایی در کسب رکوردهای قابل توجه دارد، در ورزش قهرمانی باید توجه ویژه‌ای نیز به نقش سایر عوامل به خصوص اندازه‌های آنتروپومتریک و استعداد یابی در ورزش داشت. یکی از محدودیت‌های این پژوهش عدم امکان مطالعه اندازه‌های آنتروپومتریک قهرمانان سطح جهانی و المپیک بوده است. پژوهش‌های آتی در این خصوص و همچنین سایر متغیرهای اثرگذار بر عملکرد بیومکانیکی قهرمانان این رشته و مواد دیگر می‌تواند راهگشای مربیان باشد و به بسیاری از ابهامات و ناکامی‌ها پاسخ دهد.

منابع

۱. صادقی، حیدرعلی (۱۳۸۴). مقدمات بیومکانیک ورزشی، سازمان سمت.
۲. جی‌هی، جیمز (۱۹۹۹). بیومکانیک فنون ورزشی، ترجمه مهدی نمازی‌زاده. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳۸۴.
۳. دلاور، علی (۱۳۸۰). مبانی نظری و عملی پژوهش در علوم انسانی و اجتماعی. انتشارات رشد. ویرایش جدید.
۴. مک‌گینیس، پیترام (۲۰۰۲). بیومکانیک ورزش و تمرین. ترجمه ژاله معماری. انتشارات پژوهشکده تربیت‌بدنی.

5. AYS, R. (2004). Technical consideration in the sprint hurdles, USA track and ie coaching education program – level II sprints hurdles. Sprint hurdles.Htm.
6. Dempster, S (2003). sprint hurdles specifics without hurdles.UK HC.Htm.
7. Detrembleur, C. (2000). Motion of the body center of gravity as a summary indicator of the mechanics of human pathological gait, gait and posture 12:243-250.
8. Dixon, S.J.(2000). Surface effects on ground reaction forces and lower extremity kinematics in running. Medicine and science in sports and exercise32:1919-1926.
9. Finch, A. and Ariel, G.(2000). integrated kinematic data analysis of American elite hurdlers, in proceedings of International symposium on biomechanics in sport XV/// the university hong kong, Hong kong china.
10. Finch, A. (2001).kinematic data analysis of hurdling performances at 2000 United States Olympic trail, International journal of sports biomechanics 1:124-136.
11. Grimshaw,P.N.(1998) .An examination of kinematic variability of motion analysis in sprint hurdles, journal of applied biomechanics 14(2): 24-222.
12. Hamill,J. and Knutzen K. m (2003). Biomechanical basis of human movement. Lippincott Williams and wilkins, second edition.
13. Lindeman, R. (2005). 110-m hurdles theory and technique coachingarticle.Htm. Support texas track
14. Mann, R. (1993). the mechanics of sprinting and hurdling, Elite hurdler project technical report, united states track and field association, 1-135.
15. Mann , R. and herman ,J. (1985). Kinematic analysis of olympic Hurdle performance:women’s 100-m and men’s 110-m, International journal of sport biomechanics, 1.163-173.
16. Mcdonald, C. and depena, J. (1991). lineat kinematics of the men’s 110- m and women’s 100-m hurdles races, journal of medicine science sports exercise 23(12):1382-91.
17. Nancy, H. and Kathryn, L. (2002). Kinesiology scientific Basis of Human Motion. MC Graw Hill. Tenth edition.
18. Nigg, B.M. (2000). Biomechanics and Biology of Movement. Champaign, IL.Human kinetics.
19. Salo.A.(1997).Reliability of variables in the kinematic analysis of sprint hurdles, Journal of medicine science sport exercise. 29(2): 383-9.
20. Salo,A. and Grimshaw,P.N. (2002). The use of motion analysis as a coaching aid to improve the individual technique in sprint hutdles, journal of Biomechanics. 22(4):275- 96.
21. Wagenaar, R.C. and Emmerik , R.E.A. (2000). Resonant frequencies of arms and legs identify different walking and running patterns. journal of Biomechanics 33:853-861.
22. Winckler, G. (2003). practical biomechanics of the men’s 110-m and women’s 100-m hurdles races. USA track and field heptathlon summit.

