بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه اصفهان

دانشکده ی تربیت بدنی و علوم ورزشی

گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی تربیت بدنی و علوم ورزشی

ارائه مدل بیومکانیکی برای بررسی پارامترهای دینامیکی دو شوت روی پای زمینی و هوایی

استاد راهنما:

دکتر شهرام لنجان نژادیان

استاد مشاور:

دکتر حسین مجتهدی

پژوهشگر:

مصطفی حاج لطفعلیان

اسفند ماه ۱۳۹۱

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعـات، ابتکارات و نـوآوری‌هـای ناشـی از تحقیـق موضوع این پایـان نامـه متعلـق بـه دانشـگاه اصفهان است.

دانشگاه اصفهان

دانشکده ی تربیت بدنی و علوم ورزشی

گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی تربیت بدنی و علوم ورزشی

آقای مصطفی حاج لطفعلیان تحت عنوان

ارائه مدل بیومکانیکی برای بررسی پارامترهای دینامیکی دو شوت روی پای زمینی و هوایی

در تاریخ ۹۱/۱۲/۰۲ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای پایان نامه دکتر شهرام لنجان‌نژادیان با مرتبه‌ی علمی استادیار امضا

۲- استاد مشاور پایان نامه دکتر حسین مجتهدی با مرتبه‌ی علمی استادیار امضا

۳- استاد داور داخل گروه دکتر خلیل خیام باشی با مرتبه‌ی علمی دانشیار امضا

٤- استاد داور خارج از گروه دکتر مهرداد پورسینا با مرتبه‌ی علمی استادیار امضا

امضای مدیر گروه

چکیده

هدف از پژوهش حاضر تحلیل پارامترهای دینامیکی موثر بر شوت روی پای فوتبال، به منظور انجام مقایسه بین دو شوت روی پای زمینی و هوایی از طریق بسط مدل دینامیکی بود. روش تحقیق از نوع توصیفی برای بدست آوردن تغییرات پارامترهای بیومکانیکی مؤثر در اجرا، قیاسی برای تعیین روابط علت و معلول بین متغیرها و مدلسازی برای ساخت مدل دینامیکی حاکم بر تکنیک بوده است. بدین منظور از ۶ نفر ورزشکار ماهر دانشگاهی با میانگین سن: ۲/۲± ۲۵/۱۶ سال، وزن: ۶/۶±۷۰/۸ کیلوگرم و قد: ۶/۵±۱۷۳ سانتی‌متر، که به روش در دسترس انتخاب شدند، دعوت شد تا در این تحقیق شرکت کنند. به منظور محاسبه‌ی پارامترهای سینماتیکی اندام تحتانی در شوت روی پا و سرعت شوت، ۵ مارکر به نقاط آناتومیکی پای ضربه شامل تاج خاصره، برجستگی بزرگ ران، کندیل خارجی زانو، قوزک خارجی و انگشت کوچک پا متصل و از حرکت شوت زمینی و هوایی ورزشکاران با دو دوربین کاسیو (ZR200) با سرعت نمونه‌برداری ۲۴۰ فریم بر ثانیه تصویر گرفته شد. بعلاوه در حین اجرای مهارت با استفاده از الکترودهای سطحی و دستگاه (ME6000) متغیرهای الکترومایوگرافی عضلات پهن داخلی، راست رانی، دو سر رانی و ساقی قدامی اندازه‌گیری شد. در نهایت به منظور محاسبه‌ی سینتیک حرکتِ شوت، پارامترهای سینماتیکی هموار شده، وارد مدل دینامیکی شد که بوسیله‌ی نرم افزار شبیه‌ساز مکانیکی ساخته شده بود. پس ازتجزیه و تحلیل داده‌ها و استخراج نتایج بوسیله‌ی آزمون‌های آماری کلوموگروف اسمیرنوف و t وابسته، هیچگونه اختلاف معنی‌داری بین دو شوت زمینی و هوایی در پارامترهای مربوط به دورخیز و پتانسیل الکتریکی عضلات، دیده نشد که دلیل آن‌را میتوان به نزدیک بودن الگوی حرکتی شوت‌ها به یکدیگر ربط داد. با این وجود این دو شوت در سرعت توپ، سرعت زاویه‌ای مفصل ران در دو سطح ساجیتال و فرونتال و زانو در سطح ساجیتال، و گشتاور در حرکات فلکشن ران و پلانتار مچ، با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند.

واژگان کلیدی : بیومکانیک ورزشی، شوت روی پای فوتبال، مدل‌سازی دینامیکی، الکترومایوگرافی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: شرح و بیان مسئله پژوهشی

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ تعریف مسئله ۳

۱-۳ ضرورت و اهمیت پژوهش ۴

۱- ۴ اهداف پژوهش ۵

۱-۴-۱ هدف کلی ۵

۱-۴-۲ اهداف اختصاصی ۵

۱-۵ سوال‌های پژوهش ۵

۱-۶ محدودیت های پژوهش ۵

۱-۶-۱ محدودیت های قابل کنترل. ۵

۱-۶-۲ محدودیت های قابل کنترل. ۶

۱-۷ تعریف نظری واژه ها و اصطلاحات ۶

۱-۸ پیش فرضهای تحقیق ۷

فصل دوم: ادبیات تحقیق

۲-۱ مقدمه. ۸

۲-۲ مبانی نظری. ۹

۲-۲-۱ بیومکانیک ۹

۲-۲-۲ مدلسازی ۱۰

۲-۲-۲-۱ روش‌های کلی مدلسازی ۱۰

۲-۲-۲-۲ اطلاعات لازم برای ساخت مدل ۱۰

۲-۲-۲-۳ ساده سازی ۱۱

۲-۲-۲-۴ اهداف مدل‌سازی ۱۱

۲-۲-۲-۵ انواع مدل ۱۱

۲-۲-۲-۶ مولفه‌های یک مدل ۱۲

۲-۲-۲-۷ ساختار یک مدل ۱۳

۲-۲-۲-۸ ارزیابی مدل ۱۵
۲-۳ پیشینه تحقیق ۱۶
۲-۳-۱ توالی و زمانبندی حرکت اندام‌ها ۱۶
۲-۳-۱-۱ سرعت ۱۶
۲-۳-۱-۲ شتاب ۱۶
۲-۳-۱-۳ شوت ۱۷

۲-۳-۲ سینتیک و سینماتیک ۱۹
۲-۳-۲-۱ سینماتیک ۱۹
۲-۳-۲-۲ سینتیک ۲۰
۲-۳-۳ مقابسه‌ی انواع مختلف شوت ۲۱
۲-۳-۴ مدلسازی ۲۳
۲-۳-۵ الکترومایوگرافی ۲۵

فصل سوم: روش تحقیق

۳-۱ مقدمه ۲۸
۳-۲ نمونه و روش نمونه گیری ۲۸
۳-۳ روش تحقیق ۲۹
۳-۴ روند انجام تحقیق ۲۹
۳-۴-۱ ملاحظات عمومی ۲۹
۳-۴-۲ انتخاب و توصیف وسایل مورد نیاز ۳۱
۳-۴-۲-۱ فرایند تصویربرداری ۳۱
۳-۴-۲-۲ فرایند الکترومایوگرافی ۳۵
۳-۴-۳ اجرای تست اصلی ۳۷
۳-۴-۴ هموارسازی اطلاعات ۳۸
۳-۴-۵ ساخت مدل دینامیکی ۴۰
۳-۴-۵-۱ پردازش تصویر ۴۰
۳-۴-۵-۲ محاسبات آنتروپومتری ۴۱
۳-۴-۵-۳ ساخت مدل ۴۲

۳-۴-۶ روش های آماری ۴۴

فصل چهارم: تجزیه و تحلیل یافته ها

۴-۱ مقدمه ۴۶
۴-۲ ویژگی آزمودنی ها ۴۷
۴-۳ تحلیل پارامترهای سینماتیکی موثر بر شوت ۴۷
۴-۳-۱ بررسی پارامترهای دورخیز ۴۷
۴-۳-۲ سرعت توپ ۴۸
۴-۳-۳ جابجایی زاویه‌ای مفاصل ۵۰
۴-۳-۴ سرعت زاویه‌ای مفاصل ۵۴
۴-۴ تحلیل سینتیکی حرکت شوت ۵۶
۴-۴-۱ گشتاور مفاصل ۵۷
۴-۵ سرعت خطی ۵۹
۴-۵-۱ ماکزیمم سرعت خطی ۶۰
۴-۵-۲ سرعت خطی در لحظه برخورد پا به توپ ۶۰
۴-۶ الکترومایوگرافی ۶۰

فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری

۵-۱ مقدمه ۶۴
۵-۲ بحث یافته‌ها ۶۶
۵-۲-۱ پارامترهای مربوط به دورخیز ۶۶
۵-۲-۲ سرعت توپ ۶۷
۵-۲-۳ سرعت زاویه‌ای مفاصل و توالی حرکت اندام‌ها ۶۸
۵-۲-۴ رابطه سرعت شوت و سرعت زاویه‌ای مفاصل ۷۰
۵-۲-۵ گشتاور ۷۱
۵-۲-۶ الکترومایوگرافی ۷۳
۵-۳ پیشنهادات علمی برخواسته از تحقیق ۷۴
۵-۴ پیشنهادهای تحقیق برای پژوهشگران ۷۵
منابع و مآخذ ۷۶

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱ . نرخ‌های تصویربرداری پیشنهاد شده (Hz) برای حرکات مختلف ورزشی ۳۴
جدول ۳-۲ . طریقه‌ی محاسبه‌ی خصوصیات آنتروپومتریکی آزمودنی‌ها برای ورود به مدل ۴۱
جدول ۴-۱ . مشخصات آزمودنی‌های حاضر در تحقیق ۴۷
جدول ۴-۲ . میانگین، انحراف استاندارد و سطح معناداری پارامترهای مربوط به مسیر رسیدن به هدف ۴۸
جدول ۴-۳ . میانگین، انحراف معیار و دامنه‌ی تغییراتِ سرعت توپ (m/s) در دو شوت زمینی و هوایی ۴۹
جدول ۴-۴ . زاویه مفاصل در لحظه‌ی ضربه و جابجایی زاویه‌ای مفاصل (درجه) در دو شوت زمینی و هوایی ۵۳
جدول ۴-۵ . ماکزیمم سرعت‌های زاویه‌ای مفاصل (درجه بر ثانیه) و معنی‌داری سرعت زاویه‌ای مفاصل در دو شوت زمینی و هوایی ۵۴
جدول ۴-۶ . گشتاور تولیدی(Nm) در مفاصل پای ضربه زننده در دو شوت زمینی و هوایی ۵۷
جدول ۴-۷ . ماکزیمم سرعت خطی مفاصل در دو شوت زمینی و هوایی (m/s) ۶۰
جدول ۴-۸ . سرعت خطی مفاصل در لحظه‌ی برخورد پا به توپ در دو شوت زمینی و هوایی (m/s) ۶۰
جدول ۴-۹ . میانگین وماکزیمم پتانسیل الکتریکی (µv)، عضلات منتخب در دو شوت ۶۱
جدول ۴-۱۰ . بررسی معنی‌داری میانگین فعالیت الکتریکی عضلات منتخب در دو شوت ۶۱
جدول ۴-۱۱ . بررسی معنی‌داری درصد مشارکت عضلات منتخب در دو شوت در فاز تاب ۶۲
جدول ۴-۱۲. زمان فعال شدن عضلات به صورت درصدی از زمان کل ۶۳
جدول ۵-۱ . سرعت شوت (m/s) روی پای بدست آمده در برخی از تحقیقات گذشته ۶۷
جدول ۵-۲ . گشتاور مفاصل اندام تحتانی (Nm) بیان شده در تحقیقات گذشته ۷۲

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲- ۱ . دیاگرام جسم آزاد حرکت یک ژیمناست در حال چرخش به دور بارفیکس ۱۴
شکل ۳- ۱ . محل قرار گیری مارکرها بر روی پای ضربه و فریم‌های آغازی و پایانی بررسی شده ۳۱
شکل ۳- ۲ . فضای کالیبره و چگونگی استقرار دوربین‌ها در این فضا ۳۲
شکل ۳- ۳ . محل قرارگیری الکترودها بر روی پای ورزشکار ۳۳
شکل ۳- ۴ . تصویری از نرم‌افزار OMT در حین اجرا ۳۹
شکل ۳- ۵ . تعیین رنگ مارکرها و فریم‌های موردنظر و همچنین ورودی‌های مورد نیاز برای کالیبره کردن فضا توسط نرم افزار OMT ۴۱
شکل ۳- ۶ . تصویری شماتیک از زوایای اندازه‌گیری شده برای تحلیل سینماتیکی حرکت شوت روی پای فوتبال ۴۳
شکل ۳- ۷ . نمایی از مدل ساخته شده در نرم‌افزار شبیه‌ساز مکانیکی ۴۵
شکل ۴- ۱ . زاویه‌ی دورخیزدر شوت روی پای زمینی (چپ)، شوت روی پای هوایی (راست) ۴۸
شکل ۴- ۲ . جابجایی مفصل ران در صفحه ساجیتال در دو شوت زمینی و هوایی ۵۰
شکل ۴- ۳ جابجایی مفصل ران در صفحه فرونتال در دو شوت زمینی و هوایی ۵۱
شکل ۴- ۴ . جابجایی زاویه‌ای مفصل زانو در دو شوت زمینی و هوایی ۵۲
شکل ۴- ۵ . پلانتار فلکشن مفصل مچ در دو شوت زمینی و هوایی ۵۳
شکل ۴- ۶ . سرعت زاویه‌ای مفصل ران در صفحه ساجیتال در دو شوت زمینی و هوایی ۵۵
شکل ۴- ۷ . سرعت زاویه‌ای آبداکشن مفصل ران در دو شوت زمینی و هوایی ۵۵
شکل ۴- ۸. سرعت زاویه‌ای اکستنشن مفصل زانو در دو شوت زمینی و هوایی ۵۶
شکل ۴- ۹ . سرعت زاویه‌ای پلانتار فلکشن مچ در دو شوت زمینی و هوایی ۵۶
شکل ۴- ۱۰ . گشتاور در فلکشن مفصل ران در دو شوت زمینی و هوایی ۵۸
شکل ۴- ۱۱ . گشتاور در آبداکشن مفصل ران در دو شوت زمینی و هوایی ۵۸
شکل ۴- ۱۲ . گشتاور در اکستنشن مفصل زانو در دو شوت زمینی و هوایی ۵۹
شکل ۴- ۱۳ . گشتاور در پلانتار فلکشن مفصل مچ در دو شوت زمینی و هوایی ۵۹
شکل ۴- ۱۴ . میانگین فعالیت الکتریکی عضلات منتخب (µv) آزمودنی‌ها، در فاز رو به جلو، دردو شوت زمینی و هوایی در بازه‌ی زمان (٪) ۶۲
شکل ۴- ۱۵ . درصد مشارکت هریک از عضلات، در دوشوت زمینی و هوایی در فاز رو به جلو ۶۳
شکل ۵- ۱ . سرعت اکستنشن زانو و فلکشن ران و پلانتار مچ در فاز رو به جلوی شوت روی پای هوایی ۶۹

فصل اول

شرح و بیان مسئله پژوهشی

۱-۱)مقدمه

حرکت یکی از بزرگ‌ترین نعمت‌هایی است که خداوند به انسان بخشیده است تا به وسیله‌ی آن بسیاری از نیازهای خود را مرتفع کند. یک حرکت ساده شامل تعامل بین تعداد زیادی اندام، عضله و مفصل می‌باشد که با توالی و ریتمی مناسب، حرکت را شکل می‌دهند. از آنجایی که در ورزش بررسیِ این روند مهم به نظر می‌رسد، می‌توان از بیومکانیک حرکت برای انجام این امر کمک گرفت. بیومکانیکِ حرکت یکی از شاخه‌های علم ورزش می‌باشد که به توصیف، تحلیل و ارزیابی حرکات مختلف انسان پرداخته و با توجه به نقش مهم آن در بهبود تکنیکِ ورزشکاران، مورد توجه و علاقه محققان، مربیان و ورزشکاران قرار گرفته است و ایشان بر این باورند که استفاده از روش‌های بیومکانیک ورزشی شانس موفقیت آن‌ها را برای کسب عناوین قهرمانی، افزایش خواهد داد. موفقیت و کسب عناوین مهم قهرمانی در رشته های مهم ورزشی اگر هدف اصلی ورزش نباشد، یقیناً در اولویت بالایی قرار دارد و این امر از نظر تبلیغی و اقتصادی برای باشگاه‌ها و از نظر اقتصادی و اجتماعی برای ورزشکاران حائز اهمیت است. دستیابی به موفقیت‌های مهم ورزشی چندان سهل و آسان نیست و از جنبه های مختلف نیاز به بررسی دقیق دارد.

فوتبال یکی از محبوب‌ترین رشته های تیمی است که امروزه برای موفقیت در آن، استفاده از روش‌های علمی به ویژه تکنیک‌های بیومکانیکی اجتناب‌ناپذیر است. شوت، مهارتی پایه در بسیاری از فعالیت‌های ورزشی

از جمله فوتبال است. به کمک شوت روی پا، یک فوتبالیست می‌تواند هر دو فاکتور قدرت و دقت را در حد مطلوبی ایجاد نماید. از این‌رو عوامل موثر بر ضربه شوت در فوتبال از جنبه‌های متفاوتی از جمله بیومکانیک بررسی شده‌اند. یکی از جنبه‌های مورد بررسی، تحلیل سینماتیکی این تکنیک است که شامل مطالعه حرکات مفاصل درگیر، توالی و زمان بندی حرکت آن‌ها می‌باشد. منظور از تحلیل سینماتیکی بررسی جابه‌جایی، سرعت زاویه‌ای و شتاب زاویه‌ای مفاصل و یا بررسی جابه‌جایی، سرعت و شتاب خطی مرکز ثقل اندام‌هاست که در هر مطالعه‌ای می‌توان تمامی این پارامترها یا بخشی از آن را گزارش کرد. محققان زیادی نشان داده‌اند که داشتن زمان‌بندی مناسب در استفاده از اندام‌ها، از مؤلفه‌های مهم در یک شوت موفق است (۲۰، ۲۲، ٤۲). محققان با اشاره به اهمیت توالی منظم و درست از نظر زمانی برای اکثر تکنیک‌های ورزشی، توالی مناسب برای اجرای شوت را شامل یک چرخش در لگن و سپس چرخش ران، ساق و پا حول محورهایشان دانسته‌اند (۱۳). در این راستا پلاگنهوف[1] نشان داد که توالی حرکت اندام‌های مختلف بدن به افزایش و کاهش شتاب هر عضو وابسته است و این توالی باعث تولید حداکثر سرعت خطی در اندام دور از تنه می‌شود (۱۷). همچنین محققان زیادی بر روی اثر متقابل اندام‌های مختلف بر روی یکدیگر کار کرده‌اند، از جمله بِرد و همکاران ه معتقد بودند اندام دور از تنه زمانی حرکتش را آغاز می‌کند که اندام نزدیک‌تر به تنه به حداکثر سرعت زاویه‌ای خود برسد (۵۵). در زمینه‌ی بررسی سینماتیکی شوت، افراد دیگری از جمله بارفیلد[2] (۲۰۰۲)، دورج[3] (۲۰۰۲)، زرنیک و روبرتز[4] (۱۹۷۸) و آسامی[5] (۱۹۸۳) نیز خصوصیات سینماتیکی شوت را مورد مطالعه قرار داده‌اند.

زمینه دیگر در بررسی بیومکانیکی تکنیک، تحلیل سینتیکی حرکت است که منظور از آن بررسی نیروها و گشتاورهایی است که از طرف اجسام خارجی مانند زمین، راکت یا توپ به ورزشکار وارد می‌شود و همچنین نیروها و گشتاورهای داخلی که در مفاصل و توسط عضلات برای ایجاد حرکت یا مقاومت در برابر حرکت تولید می‌شود. پس به طور خلاصه در بررسی سینتیکی به نیروها و به خصوص نیروهای آغازکننده و تغییردهنده‌ی حرکت توجه می‌شود.

به طور کلی منظور از مدل‌سازی، تلاش برای تبیین و توضیح واقعیت‌های مشاهده شده با استفاده از روابط حاکم بر طبیعت است تا بدین وسیله فهم حقایق میسر شود و با استفاده از این درک و فهم، ارزیابی، پیش‌بینی و کنترل موقعیت‌ها و پدیده‌ها ممکن گردد (۵). جمع‌آوری، مطالعه و بررسی اطلاعات دینامیکی از بدن، کمک

---

[1] Plagenhoef
[2] Barfield
[3] Dörge
[4] Zernicke & Roberts
[5] Asami

می‌کند تا بتوان مدل‌هایی برای حرکت انسان تهیه کرد. اگر یک مدل به درستی تهیه و ساخته شود می‌تواند یک تحلیل کامل سینماتیکی و سینتیکی را انجام دهد و برای بررسی بسیاری از مهارت‌های ورزشی مورد استفاده قرار گیرد. از آنجا که معمولاً محاسبه نیرو در اندام‌ها و مفاصل به روشی غیرمستقیم و با استفاده از مدل‌های دینامیکی صورت می‌گیرد، در این زمینه محققان از مدل‌های مختلفی برای بررسی تکنیک شوت استفاده کرده‌اند. در این راستا برخی محققان از مدل‌هایی برای تحلیل حرکات پایه‌ای بهره برده‌اند. برای مثال اشپاگل[1] و همکاران مدلی برای اندام تحتانی در پرش عمودی ارائه کرده و توانستند تحریکات موجود در عضلات موثر را برآورد کنند (۴۰). برخی محققان نیز در تحقیقاتشان از مدل‌های چند لینکی برای تحلیل کاربردی تکنیک مورد نظر که در این مورد شوت روی پا است استفاده کرده‌اند (۴۱، ۴۲، ۴۳، ۴۶، ۵۶). ثبت تغییرات پتانسیل الکتریکی تارهای عضلانی در حین انقباض را تکنیک الکترومایوگرافی گویند. به کمک ابزار الکترومایوگرافی می‌توان برخی از پارامترهای سینتیکی، همانند فعالیت الکتریکی عضلات دخیل در حرکت و میزان نیروی اعمالی توسط عضلات در حین انجام فعالیت‌های ورزشی مانند شوت روی پای فوتبال را استخراج کرد (۴۹، ۴۸).

در هر دو حالت تحلیل سینماتیکی یا سینتیکی، یکی از انواع روش‌های بررسی تکنیک، مقایسه اجراهای مختلف و بررسی دقیق تفاوت‌های آن‌ها از منظر سینماتیک (توصیف حرکت) و سینتیک (عامل حرکت) است که با هدف تأثیر تفاوت‌ها بر عملکرد و انتخاب الگوی مناسب صورت می‌پذیرد. برای شوت روی پا در فوتبال دو نوع از انواع اجراهای متفاوت، شوت هوایی و شوت زمینی می‌باشد که در جریان مسابقات بسیار کاربرد دارد، بنابراین اتخاذ الگوی مناسب برای اجرای آن می‌تواند نقش مؤثری در تعیین برنده بازی داشته باشد. همچنین مطالعه در این زمینه می‌تواند اطلاعات ارزشمندی از روند انجام این دو حرکت و تفاوت‌های آن‌ها را در اختیار مربیان و ورزشکاران قرار دهد.

۱-۲) بیان مسئله

در سال‌های اخیر به رغم اینکه محققان در مطالعات بسیاری به مقایسه‌ی شوت روی پای فوتبال با انواع دیگر شوت، از جمله بغل پا و بیرون پا پرداخته‌اند (۲۳، ۳۵، ۴۱)، اما کمتر بر روی تفاوت‌های دینامیکی (شامل سینماتیک و سینتیک) این دو شوت (شوت هوایی و شوت زمینی) و مقایسه‌ی آن‌ها با هم پژوهش کرده‌اند. از آنجایی که در شوت روی پای فوتبال، تکنیک ضربه زدن بسیار اهمیت دارد، استفاده از مدلی دینامیکی برای

[1] Spägele

تبیین حرکت، می‌تواند تصویری دقیق‌تر از این تکنیک پیچیده را ارائه کند که برای پیش‌بینی الگوهای بهتر اجرایی و تجزیه و تحلیل تکنیک فرد مناسب خواهد بود.

لذا در تحقیق حاضر بر آن خواهیم بود تا تفاوت‌های دینامیکی دو نوع شوت زمینی و هوایی را بررسی کنیم. برای این منظور سینماتیک حرکت با ابزار مناسب تعیین شده و توالی، زمان‌بندی و تقابل بین اندام‌ها، مورد تحلیل قرار می‌گیرد. سپس با استفاده از مدلی بیومکانیکی از اندام تحتانی که به کمک نرم افزار شبیه‌ساز مکانیکی ارائه می‌شود، امکان محاسبه نیروهای داخلی بین اعضا و گشتاورهای مفاصل فراهم خواهد شد. همچنین به کمک سیگنال الکترومایوگرافی می‌توان فعالیت الکتریکی برخی از عضلات موثر در حرکت در حین انجام شوت روی پای فوتبال را برآورد کرد و به مقایسه‌ی دو نوع شوت روی پای هوایی و زمینی از این منظر نیز پرداخت. رویکرد اصلی در این تحقیق ارائه و بسط مدلی دینامیکی برای شبیه‌سازی شوت فوتبال و استفاده از آن برای تحلیل تکنیک‌های مختلف از جمله شوت‌های زمینی و هوایی است زیرا با وجود اینکه استفاده از مدل یک روش رایج برای تحلیل دینامیکی حرکات در سطح جهان است، به دلیل نوپا بودن بیومکانیک ورزش در ایران کمتر بکار رفته است. بعلاوه رویکرد دیگر این تحقیق بدست آوردن اطلاعاتی در بابِ ویژگی‌های عملکردی ورزشکاران، به خصوص در حین انجام شوت روی پای فوتبال و قرار دادن این اطلاعات، در اختیار مربیان و باشگاه‌ها جهت پیشبرد علمی ورزش می‌باشد.

۱-۳) ضرورت و اهمیت پژوهش

حرکت موضوع علم دینامیک است و برای بررسی دقیق هرگونه حرکت، به‌کارگیری روابط و معادلات دینامیکی حاکم بر آن حرکت مورد نیاز است؛ لذا بررسی دقیق حرکات ورزشی نیز از این قاعده مستثنی نبوده و بدون به‌کارگیری معادلات حرکت، فهم و درک ما از جزئیات حاکم بر حرکت و روابط بین متغیرهای مؤثر بر آن ناقص خواهد بود. بنابراین یکی از اهداف این تحقیق، رسیدن به درک بهتری از حرکت شوت روی پای فوتبال می‌باشد که یک حرکتِ نسبتاً پیچیده است، و دستیابی به این درک به‌کمک مدل‌سازی محقق می‌گردد. مدل‌سازی، فرایندی است که به کمک آن می‌توان یک مسئله‌ی دشوار را به یک شکل قابل فهم و ساده، مورد بررسی قرار داد. از مزیت‌های این روش، امکان تغییر تک تک متغیرها به صورت دلخواه می‌باشد. جدید و بدیع بودن عنوان تحقیق و روش اجرای آن در حیطه‌ی بیومکانیک ورزش در سطح کشور یکی دیگر از عوامل موثر در انتخاب این موضوع برای پایان‌نامه می‌باشد. به رغم اینکه در سالیان اخیر در سطح جهان برای تحلیل حرکات ورزشی از مدل بسیار استفاده شده، اما این امر در ایران به خصوص در بین محققان تربیت بدنی چندان متداول

نبوده و کمتر کار شده است. بنابراین تحقیق حاضر می‌تواند تا حدی این کمبود را پر کند. بعلاوه از آنجایی‌که امروزه بیشتر در ورزش از مدل، برای پیشگیری از آسیب و بهبود تکنیک استفاده می‌شود، می‌توان به کمک آن به تابع هدفمان که مقایسه‌ی پارامترهای دینامیکی دو نوعِ مختلف شوت روی پا و ارتقا تکنیک شوت برای رسیدن به یک شوت روی پای پر قدرت است، برسیم. همچنین نتایج حاصل از بررسی خصوصیات بیومکانیکی دو شوت زمینی و هوایی که دو حرکت مهم و تأثیرگذار در بازی فوتبال هستند، می‌تواند در اختیار تیم‌های پایه برای آموزش صحیح روند حرکت و مراکز استعداد یابی، جهت تشخیص و انتخاب فوتبالیست‌های مستعد در آینده قرار گیرد.

۱-۴) اهداف تحقیق

۱-۴-۱)هدف کلی

تحلیل پارامترهای دینامیکی موثر بر شوت روی پای فوتبال به منظور بررسی الگوی حرکتی دو شوت زمینی و هوایی

۱-۴-۲) اهداف اختصاصی

۱. ثبت حرکت شوت روی پا با دوربین پر سرعت برای استخراج و محاسبه‌ی پارامترهای سینماتیکی تکنیک
۲. بسط یک مدلی دینامیکی برای تحلیل دینامیکی شوت روی پای فوتبال
۳. مقایسه‌ی پارامترهای دینامیکی دو شوت روی پای هوایی و زمینی
۴. ثبت فعالیت الکتریکی عضلات موثر در حرکت و مقایسه‌ی دو نوع شوت روی پای هوایی و زمینی از این منظر

۱-۵) سؤال‌های تحقیق

۱. تأثیر متغیرهای بیومکانیکی بر عملکرد، در حین انجام شوت‌های روی پای زمینی و هوایی چگونه است؟
۲. آیا می‌توان با استفاده از مدل دینامیکی مناسب اثر متغیرهای بیومکانیکی بر عملکرد شوت روی پای فوتبال را تبیین کرد؟

۱-٦) محدودیتهای پژوهش

۱-۶-۱) محدودیتهای قابل کنترل

۱. سن آزمودنی‌ها: سن شرکت کنندگان بین ۲۲ الی ۲۸ سال بودند.
۲. جنسیت: همه شرکت کنندگان این تحقیق پسر بودند.
۳. سطح تجربه: همه شرکت کنندگان در مهارت شوت فوتبال ماهر بودند.
۴. سلامتی: همه شرکت کنندگان از نظر جسمانی و روانی تندرست بودند.
۵. پای برتر تمامی آزمودنی‌ها راست بود.

۱-۶-۲) محدودیتهای غیر قابل کنترل

۱. شرایط روحی و روانی و تغذیه ای شرکت کنندگان هنگام تمرین روی کیفیت اجرای آن‌ها مؤثر می‌باشد که این موارد از کنترل محقق خارج بود.

۱-۷) تعاریف نظری واژه ها و اصطلاحات

الکترومایوگرافی : ثبت پتانسیل الکتریکی فیبرهای عضلانی را الکترومایوگرافی گویند.

آنتروپومتری : اندازه‌گیری و مطالعه‌ی اندازه، ابعاد و ترکیب بدنی انسان را آنتروپومتری گویند.

پردازش تصاویر : استخراج اطلاعات مورد نیاز از تصاویر ضبط شده‌ی ویدئویی

تئوری نایکوئیست : فرکانس نمونه‌برداری می‌بایست حداقل بیش از دو برابر فرکانس سیگنال باشد.

دینامیک معکوس : روشی که در آن از داده‌های سینماتیکی، سینتیک حرکت شامل نیروها و گشتاورها را با حل معادلات حرکت بدست می‌آوریم.

سیستم چند لینکی : تعدادی جسم صلب گفته می‌شود که با استفاده از مفاصل به یکدیگر اتصال داشته باشند. ربات‌ها را می‌توان یک سیستم چند لینکی بشمار آورد.

سینتیک : یکی از شاخه‌های علم دینامیک است، که در آن عامل حرکت یعنی نیرو و گشتاور بررسی می‌شود.

سینماتیک : یکی از شاخه‌های علم دینامیک است که به مطالعه‌ی حرکت بدون توجه به نیرو و گشتاور که همانا عامل حرکت است می‌پردازد و پارامترهای زمان، جابجایی، سرعت و شتاب را در بر می‌گیرد.

فرکانس تصویربرداری : تعداد تصاویر کاملی که توسط یک دوربین ویدئویی در یک ثانیه گرفته می‌شود (۷).

کالیبراسیون : فرایندی که در آن دستگاه‌های مورد استفاده به نحوی تنظیم می‌شوند تا مقدار درست و واقعی متغیر مورد نظر را بسنجند.

مدل دینامیکی : بیان رابطه بین خصوصیات فیزیکی جسم، حرکت و نیروهای وارد بر جسم را مدل دینامیکی گویند. برای مثال مدل دینامیکی حرکت ذره همان رابطه‌ی آشنای قانون دوم نیوتن است.

MVC[1] **:** به حداکثر انقباض ارادی هر فرد گفته می‌شود که در بررسی فعالیت الکتریکی عضلات کاربرد دارد.

۱-۸) پیش فرض‌های تحقیق

۱. فرض شد که تمامی آزمون‌ها در شرایط یکسانی گرفته شده است.
۲. در مدل ساخته شده، اندام‌ها به صورت صلب در نظر گرفته و اصطکاک بین مفاصل نادیده گرفته شد.
۳. مدل ساخته شده با وجود سه‌بعدی بودن، در دو راستای ساجیتال و فرونتال حرکت می‌کرد.
۴. مفاصل زانو و مچ، لولایی با یک درجه‌ی آزادی فرض شد و مفصل ران، دارای دو درجه آزادی در دو راستای فرونتال و ساجیتال در نظر گرفته شد.
۵. فرض شد آزمودنی‌ها از نظر سطح مهارتی با یکدیگر یکسانند.

[1] Maximum volentary contraction

فصل دوم

پیشینه تحقیق

۲-۱) مقدمه

فوتبال محبوبترین رشته‌ی ورزشی در سطح جهان است بنابراین محققان زیادی علاقمند به تحقیق در این زمینه می‌باشند. شوت روی پا یکی از کاربردی‌ترین مهارت‌ها در بازی فوتبال است. به‌کمک این شوت می‌توان ضربه‌ی کاشته زد، توپ را از روی هوا شوت کرد و پاس داد. بنابراین ضربه‌ی روی پا یکی از مهمترین جنبه‌های موثر در بازی فوتبال است. مهمترین شاخصه برای بررسی موفقیت یک شوت روی پا، توجه به سرعت و دقت توپ پس از برخورد به پا می‌باشد. فاکتورهای متعددی وجود دارد که بر کیفیت یک شوت، تأثیر مستقیم دارند. دقتِ شوت، اثر جنسیت، اثر سن، زاویه‌ی حمله به توپ، مکانیزم ضربه به توپ از جمله شاخه‌های تحقیقاتی هستند که در زمینه‌ی شوت روی پای فوتبال وجود دارند، اما با توجه به عدم تأثیرِ این تحقیقات در روند کلی این مطالعه، از توضیح جامع‌ترِ آن‌ها صرف‌نظر شده است. فهرستی از این تحقیقات را میتوان در تحقیقات مروری یونگ[1] و همکاران، لیز و همکاران[2]، کلیز و کاتیز[3] و لیز و نولان[4] مشاهده کرد (۴-۱). از آنجایی‌که در تحقیق حاضر خصوصیات دینامیکی شوت روی پای فوتبال بررسی و از این طریق دو نوع شوت زمینی و هوایی با

---

[1] Young
[2] Lees
[3] Kellis & Katis
[4] Lees & Nolan

یکدیگر مقایسه شد، ادبیات تحقیق در پنج حوزه شامل ۱. توالی و زمانبندی حرکت اندام‌ها[1]، ۲. سینتیک و سینماتیک، ۳. مقایسه‌ی انواع مختلف شوت، ٤. مدل سازی[2]، و ٥. الکترومایوگرافی[3] بررسی شده است.

۲-۲) مبانی نظری

۲-۲-۱) بیومکانیک

بیومکانیک علمی است که به مطالعه‌ی نیروها و اثر آن‌ها بر روی ساختارهای زیستی می‌پردازد و روند تأثیرِ این نیروها را مورد بررسی قرار می‌دهد. نیروها به دو دسته‌ی نیروهای درونی و بیرونی تقسیم می‌شوند. نیروهای درونی شامل نیروی عضلات می‌باشد و نیروهای بیرونی شامل تمام نیروهای خارجی و تماسی است که بر روی سیستم عمل می‌کند. روش‌هایی برای اندازه‌گیری این نیروها وجود دارد که برای ثبت نیروهای خارجی از وسایل آزمایشگاهی مانند صفحه نیرو استفاده می‌شود ولی برای ثبت نیروهای داخلی نیاز به روش‌های تهاجمی داریم یا اینکه این نیروها را می‌توان توسط مدل تخمین زد. برآیندِ تمام نیروهای داخلی و خارجی می‌تواند موجب ایجاد حرکت در یک عضو یا اندام، باعث تغییر شکل یک ماده‌ی بیولوژیکی و یا باعث تغییرات زیستی بر روی بافت‌هایی شود که این نیروها بر روی آن‌ها اعمال می‌شود. به‌عبارت دیگر می‌توان بیومکانیک را علمی دانست که با استفاده از روش‌های مکانیکی، روی ساختار و عملکرد سیستم‌های بیولوژیکی مطالعه می‌کند. پارامترهای سینماتیکی و سینتیکی دو بخش بسیار مهم در مطالعات مکانیکی بر روی بدن موجودات زنده هستند. سینماتیک شاخه‌ای از علم دینامیک است که به توصیف حرکت بدون در نظر گرفتن عامل آن حرکت (نیرو) می‌پردازد. این متغیرها شامل جابجایی‌ها، سرعت‌ها و شتاب‌های خطی و زاویه‌ای می‌باشد. سینتیک شاخه‌ای دیگر از علم دینامیک است که حرکت را با در نظر گرفتن علت آن بررسی می‌کند.

تحقیقات بیومکانیکی بر روی حرکتِ قسمت‌های مختلف بدنِ انسان و حیوان صورت گرفته است. این مطالعات شامل الف) بررسی عملکرد عضلات، تاندون‌ها، لیگامنت‌ها، غضروف‌ها واستخوان‌ها، ب) بررسی بار و اضافه بار بوجود آمده توسط نیروهای تماسی با بدن و ج) بررسی فاکتورهای موثر بر عملکرد می‌باشد. مطالعات بیومکانیکی می‌تواند بر روی افراد، با سطوح مختلف مهارت، جنسیت، سن و غیره صورت بگیرد.

---

[1] Seguential segmental movement
[2] Modeling
[3] Electromyography

۲-۲-۲) مدل‌سازی

مدل‌سازی، تلاش برای تبیین و توضیح واقعیت‌های مشاهده شده با استفاده از روابط حاکم بر طبیعت است تا بدین وسیله فهم حقایق میسر شود و با استفاده از این درک و فهم، ارزیابی، پیش‌بینی و کنترل موقعیت‌ها و پدیده‌ها ممکن گردد (۵). در تعریفی ساده‌تر، مدل‌سازی فرایندی برای فهم پدیده‌های پیچیده در دنیای واقعی است (٦). مدل وسیله‌ای قدرتمند برای افزایش فهم ما از مکانیزم و چگونگی وقوع پدیده‌ها می‌باشد. هرگاه مدل از داده‌های تجربی بدست آید، می‌تواند به‌عنوان یک ابزار قدرتمند در تحلیل بیومکانیکی به‌کار رود. امروزه در تحقیقات بیومکانیکی به‌طور گسترده از مدل‌سازی استفاده می‌شود.

۲-۲-۲-۱) روش‌های کلی مدل‌سازی دینامیکی

روش دینامیک مستقیم[1] به روندی گفته می‌شود که نیروهای محرک ویژه‌ای وجود دارد و پس از حل، جواب واحدی به دست می‌آید. نیرو یا گشتاوری به عنوان محرک در یک حرکت خاص، به مدل داده می‌شود تا زاویه مفاصل در هر لحظه از آن حرکت به‌دست آید. به‌عبارت دیگر در این روش، به‌کمک داده‌های سینتیکی (نیرو و گشتاور)، به سینماتیک حرکت که همانا زاویه‌ی مفاصل در هر لحظه است، دست پیدا می‌کنیم (۷).

روش دینامیک معکوس[2] روندی برای شناسایی نیروها و گشتاورهایی است که در حین انجام یک حرکت خاص، فعال می‌شوند. یعنی از داده‌های سینماتیکی به سینتیک حرکت می‌رسیم (۷).

۲-۲-۲-۲) اطلاعات لازم برای ساخت مدل

برای ساخت مدل دو نوع از اطلاعات لازم است. الف) دانشی در مورد سیستمی که مدل می‌شود. ب) داده‌های تجربی شامل اطلاعات ورودی و خروجی مدل.

رسیدن به یک جواب یکتا و واحد، از طریق دانش را فرایند قیاسی[3] گویند. این در حالی است که اگر با تعدادی داده‌ی تجربی به دنبال یکسری اصول کلی جهت تبیین داده‌ها بودیم، از فرایند استقرا[4] استفاده شده است. به‌عبارت دیگر زمانی فرایند قیاس به‌کار می‌رود که یکسری فرضیه وجود داشته باشد که از طریقش به یک حل یکتا برسیم. ولی در حل استقرایی برای فرضیات خاص نتایج غیر یکتا بدست می‌آید، زیرا مدل‌های زیادی وجود دارد که می‌توانند فرضیات را انجام دهند (۵).

---

[1] Forward dynamic problem
[2] Inverse dynamic problem
[3] Deduction
[4] Induction