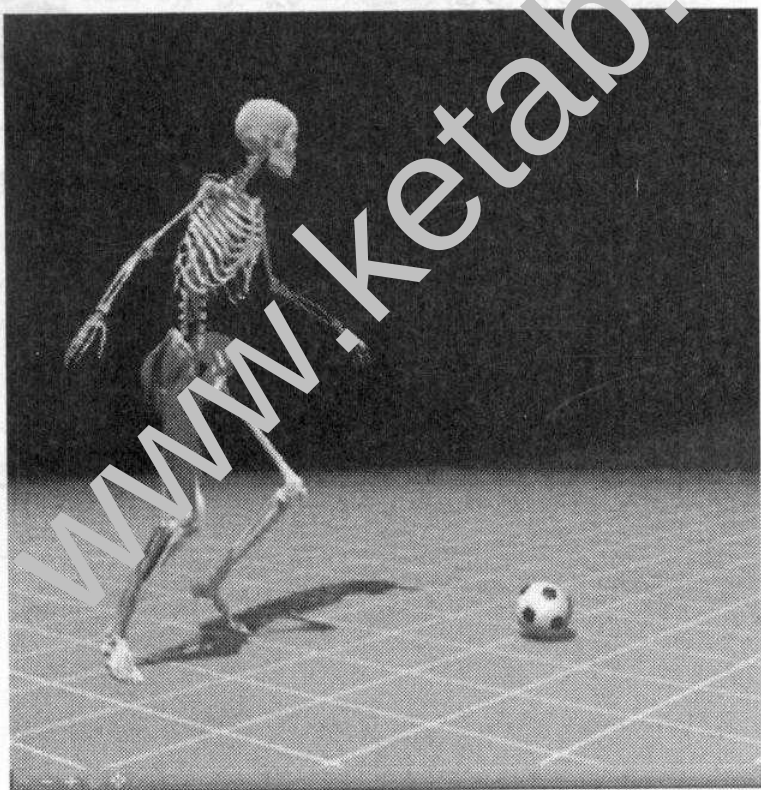


بیومکانیک فوتبال

دکتر عباس معمارباشی

دانشیار دانشگاه محقق اردبیلی



شناسنامه

سرشناسه	معماریابی، عباس، ۱۳۴۵
عنوان و نام پدیدآورنده	بیومکانیک فوتبال
مشخصات نشر	تهران؛ پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی، انتشارات، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	۱۱۵ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۶۸۵۸-۵۲-۴
وضعیت فهرست نویسی	فیفا مختصر
یادداشت	این مدرک در آدرس http://opac.nlai.ir قابل دسترسی است.
سازمان اسناد و کتابخانه ملی	پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی
شماره کتابشناسی	۳۷۷۴۷۹۹

پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی

بیومکانیک فوتبال



♦ تألیف: دکتر عباس معماریابی

♦ شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۸۵۸-۵۲-۴

♦ ناشر: پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی

♦ شمارگان: ۵۰۰ - نوبت چاپ: بهار ۱۳۹۳ - قطع: رقعی

♦ چاپ و صحافی: الغدير - لیتوگرافی: الغدير

♦ قیمت: ۹۰۰۰ تومان

کلیه حقوق برای پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری محفوظ است.

دیباچه

ورزش فوتبال بدون شک پرطرفدارترین ورزش در جهان است و متخصصین علوم مختلف ورزشی نقش بسیار مهمی را در موفقیت تیمهای فوتبال ایفا می‌کنند. متخصصین بیومکانیک ورزشی همراه با متخصصین علوم مختلف فیزیولوژی ورزشی، تغذیه ورزشی، علم تمرین، بدنسازی و طب ورزشی تلاش می‌کنند تا با استفاده از فناوری‌های پیشرفته به فهم مکانیزم‌های دخیل در تکنیک‌های مختلف ورزشی، ارزیابی توانایی‌های بازیکنان و شیوه‌های بهبود تمرینات به ارتقاء علمی ورزش و دستیابی ورزشکاران این رشته به موفقیت‌های ورزشی کمک کنند. متخصصین مهندسی ورزشی نیز با هدف بهبود تجهیزات و وسایل مورد استفاده ورزشکار و محیط ورزشی کیفیت این ورزش را بهبود داده و از آسیب‌های احتمالی می‌کاهند.

در این کتاب تلاش شده است تا با مرور صدها کتاب و مقاله جدید علمی، نگاهی جامع به آخرین دستاوردهای علم بیومکانیک ورزشی در ورزش فوتبال داشته و بطور خلاصه این مفاهیم را در اختیار علاقه‌مندان قرار دهد. امید است مجموعه حاضر برای مربیان، دانشجویان و محققین، عنوان یک منبع علمی مورد استفاده قرار گیرد. مطمئناً راهنمایی‌ها، پیشنهادات و انتقادات پدید و متخصصان حوزه علوم ورزشی به‌ویژه کارشناسان بیومکانیک ورزشی موجبات غنی‌تر این کتاب را فراهم خواهد ساخت.

دکتر عباس معمارباشی

دانشیار و استاد محقق اردبیلی

فهرست مطالب

۹	 مقدمه
۹	 تجهیزات فوتبال از دیدگاه علم بیومکانیک
۱۰	 کفش فوتبال
۱۴	 زمین فوتبال
۱۶	 توپ فوتبال
۱۸	 ساق بند
۱۸	 روش های اندازه گیری اطلاعات بیومکانیکی در فوتبال
۱۹	 روش های تصویربرداری و تحلیل حرکت
۲۲	 سایر روش های تحلیل حرکت در فوتبال
۲۳	 سامانه های تشخیص ردیابی مسیر حرکت در ورزش
۲۴	 ردیابی ورزشکاران با استفاده از GPS
۲۵	 الکترومیوگرافی (EMG)
۲۸	 شتاب سنجی
۲۷	 روش های اندازه گیری قدرت عضلانی
۲۷	 نیروسنجی
۲۸	 سکوی نیرو
۲۹	 سنسورهای فشار
۲۹	 تفنگ ردیاب ورزشی
۳۰	 تعیین دقت شوت

آشنایی با ضربات فوتبال

۳۱	 مقدمه
۳۱	 تکنیک و انواع ضربه در فوتبال
۳۳	 شوت روی پا
۳۴	 ضربه بغل پا
۳۵	 ضربه داخل پنجه پا
۳۵	 ضربه با خارج پنجه پا
۳۶	 ضربه با سر

۳۷	ضربه برگردان
۳۸	مفاهیم اولیه بیومکانیکی در ضربات فوتبال
۳۸	مراحل مختلف شوت
۳۹	معیارهای مهم در شوت موفق
۳۹	عوامل موثر بر شوت موفق فوتبال
۴۱	دقت شوت
۴۱	سرعت توپ
۴۳	رسا توپ به هدف
۴۳	مسیر قوسی توپ
۵۰	مسافت
۵۲	بیومکانیک در فوتبال
۵۲	کینماتیک شوت فوتبال
۵۲	پای تکیه‌گاه
۵۵	مسافت دورخیز
۵۵	حرکات و چرخش تنه
۵۷	نقش بالانتنه
۵۷	چرخش ران و لگن
۵۸	پای ضربه
۵۸	میچ پای ضربه
۵۹	حرکت دورانی مفصل زانو
۵۹	طول اندام تحتانی
۵۹	حرکت به سمت توپ
۶۰	زاویه حمله
۶۰	حفظ تعادل
۶۱	سرعت توپ
۶۳	کینتیک شوت فوتبال
۶۴	فعالیت عضلات در شوت فوتبال
۶۶	عضلات خاصه‌ای
۶۶	عضلان ران
۶۷	عضلات ساق پا

۶۷	عضلات بالاتنه
۶۷	اندازه حرکت پای ضربه‌زننده
۶۸	برخورد پا با توپ
۶۹	شوت روی پا
۷۰	کینماتیک شوت روی پا
۷۱	حداکثر سرعت رهایی توپ در شوت روی پا
۷۱	کینماتیک دورانی ساق پا
۷۵	حرکات بالاتنه
۷۹	پای غیر غالب و غیر غالب
۸۰	کنیک ضربه روی پا
۸۲	حداکثر نیروی ساو پا
۸۲	نیروی گستاو، حلق پا
۸۲	حداکثر نیروی پا
۸۳	شوت زیگزاگی یا مربعی
۸۳	ضربه پینالتی
۸۴	دروازه‌بان
۸۶	ضربه کرنر
۸۶	ضربه با سر
۸۷	خطرات سر زدن
۸۸	پرتاب اوت
۹۱	اثر تمرینات ورزشی بر بیومکانیک شوت فوتبال
۹۲	اثر تمرینات قدرتی بر الکترومیوگرافی
۹۲	اثر تمرینات قدرتی بر اجرای شوت فوتبال
۹۲	تفاوت‌های زن و مرد در فوتبال
۹۴	شوت فوتبال و صدمات ورزشی
۹۴	نقش پای تکیه‌گاه در صدمات ورزشی
۹۵	اثر خستگی عضلانی بر ضربه روی پا
۹۶	تأثیر خستگی عضلانی بر سرعت توپ
۹۷	تأثیر خستگی عضلانی بر شاخص‌های کینماتیک و کینتیک
۱۱۱	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی

بیومکانیک ورزشی، روشهایی را در اختیار قرار داده که می‌توان بکمک آنها شاخصهای بیومکانیکی حرکات و اتفاقات بسیار سریع را در هر نوع حرکات ورزشی ثبت نمود و اطلاعات حاصله را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. علم بیومکانیک تلاش دارد تا با درک مکانیکی حرکات و توصیف مهارت‌های بازیکنان و فهم علل و شرایط موثر در موفقیت آنان به پیشرفت تکنیکی ورزش کمک کند. با توجه به اهمیت فوتبال، متخصصین بیومکانیک ورزشی موفق شده‌اند تا فنون مختلف فوتبال را با استفاده از ابزارها و روشهای علمی و پیشرفته مورد تجزیه و تحلیل قرار دهند. از مهمترین این فنون شوت زدن، ضربه سر، پرتاب و تپ فنون دروازه‌بانی می‌باشند ولی سایر موضوعات نیز نظیر پاس، کنترل توپ، تکل، سینه‌ای، دوها، تغییر جهت و غیره نیز تاحدی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. هدف این کتاب ارائه آخرین اطلاعات بیومکانیکی ارائه شده توسط محققین بیومکانیک ورزشی در زمینه فوتبال است و حتی‌الامکان سعی شده تا به آموزش فنون پرداخته نشود.

تجهیزات فوتبال از دیدگاه علم بیومکانیک

تجهیزات ورزشی تأثیر مهمی در نحوه اجرای یک بازی دارند. ویژگی‌های توپ فوتبال، زمین، کفش و شرایط محیطی بر کیفیت انجام بازی موثر است. مشخصات توپ فوتبال نظیر اندازه، ساختار، وزن و فشار بر نحوه انجام بازی تأثیر می‌گذارد.

امروزه سطوح که بازی روی آن انجام می‌شود با هدف افزایش بهره‌وری و عملکرد بازیکنان بهبود یافته‌اند. افزایش بحث و مجادلات درباره سطوح مصنوعی فوتبال سبب شکل‌گیری مطالعات بیومکانیکی پیرامون انواع سطوح بازی شده است. کفش فوتبال نیز یکی از تجهیزات اساسی و مهم بازیکنان است که مورد توجه زیادی قرار گرفته است. یک کفش مناسب نه تنها موجب راحتی بازیکن است بلکه سبب برهم کش مثبت بین وی و سطح بازی هنگام توقف کردن، استارت زدن و چرخیدن می‌شود. کفش به برهم کش بین بازیکن و توپ هنگام شوت زدن و پاس دادن کمک می‌کند. همچنین کفش باید از بازیکن هنگام بازی حفاظت کرده و در مقابل استرس بزرگ و فشار بازی نیز مقاوم باشد. سابقیند¹ در فوتبال امروزی جهت حفاظت در برابر ضربات خریف وسیله‌ای ضروری است و در بازیهای رسمی استفاده از آن اجباری است. این اواخر در تحقیقات بیومکانیکی نادیده گرفته شده بود. در این بخش از کتاب سعی شده تا تا امکان نتایج تحقیقات بعمل آمده در حوزه بیومکانیک ورزشی در خصوص عوامل مؤثر و مؤید اشاره قرار گیرند.

کفش فوتبال

کودکان در بسیاری از کشورهای فقیر با پای برهنه فوتبال بازی می‌کنند ولی در کشورهای پیشرفته‌تر از کفش فوتبال که از چرم یا مواد مصنوعی ساخته شده‌اند و در آمریکا به آن کلیت² (کفش ورزشی) می‌گویند استفاده می‌شود. انتخاب کفش مناسب بستگی به سطح و وضعیت زمین فوتبال و نیز علائق شخصی دارد. استحکام، سبکی و راحتی و نیز استوک یا میخ و همچنین رویه کفش فوتبال از ویژگیهای مهم کفش فوتبال است.

استوک برای جلوگیری از سر خوردن و رویه کفش جهت بازی با توپ اهمیت ویژه‌ای دارند. میخ‌های تخت کفش، نقش مهمی در جابجایی و حرکت بر روی سطوح مختلف دارند. میزان چسبندگی بین کفش و سطح زمین به میزان نفوذ میخ‌ها

1 Shin guard

2 Cleat

در سطح و سختی چمن بستگی دارد. وقتی چمن خیس است استفاده از میخ‌های کوتاه منجر به سر خوردن بازیکن می‌شود. از طرف دیگر زمین چمن سفت میزان نفوذ میخ‌ها را کاهش داده و منجر به افزایش فشار روی پاشنه و قسمت جلویی کفش می‌شود. میخ‌هایی با اندازه‌های مختلف به بازیکن برای مقابله با این شرایط کمک می‌کند. مطالعات نشان داده که مقاومت در برابر سر خوردن کمتر تحت تأثیر نوع آرایش میخ‌ها قرار می‌گیرد و ضریب اصطکاک لغزشی بیشتر با نوع میخ‌ها مرتبط است. مطالعات نشان داده که وجود میخ‌های کفش فوتبال تا ۲۶ درصد بر سرعت دویدن روی چمن طبیعی و تا ۲۰ درصد بر روی چمن مصنوعی تأثیر دارند (۱). پهنای میخ‌های کفش فوتبال به انعطاف‌پذیری مورد نیاز و میزان سختی میخ‌ها به میزان سفتی زمین بازی بستگی دارند. بیشترین تفاوت در استفاده از انواع مختلف میخ، در ضریب اصطکاک لغزشی مشاهده می‌شود (۲).

یکی از وظایف مهم کفش فوتبال توزیع نیروهای وارده به پا است بطوریکه نیروها بر نقطه‌ای خاص نظیر پاشنه یا حتی پنجه پا متمرکز نشود. با توجه به این مطلب موقعیت و نیز نحوه قرارگیری میخ‌ها برای تأمین این هدف بسیار مهم است. میخ‌های با پیچ عمیق نسبت به میخ‌های با پیچ باریک باعث راحتی بیشتر و کاهش احتمال ایجاد تاول در پا می‌شود. طراحان کفش فوتبال، انعطاف‌پذیری کافی کفش را مورد توجه قرار می‌دهند. این هدف با ایجاد شیار در ناحیه پنجه پا امکان‌پذیر است. این شیار در عین حالی که باعث می‌شود مفصل در ناحیه پنجه پا خم شود، سختی مناسب در قسمت رویه کفش برای وارد آوردن نیروی کف هنگام ضربه زدن را فراهم می‌آورد. این سختی در کفش‌های ارائه شده وجود دارد اما با ایجاد شیار در قسمت روی کفش و ناحیه پنجه، میزان خم شدن انگشتان را افزایش می‌دهد. سختی کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد جمع شدن این دو ویژگی در کفش (انعطاف‌پذیری در کف و رویه) امکان‌پذیر نباشد. تنها راه این است که مکانیسمی فراهم شود که در یک جهت خم شدن کفش انجام گیرد و در جهت دیگر کفش سفت و سخت باشد. چنین مکانیسمی در کفش‌ها تجاری سازی شده است.

نیروی عکس‌العمل زمین در هنگام دویدن معمولی در هر گام حدود ۲/۵ برابر

وزن فرد است و کفش فوتبال باید استحکام لازم و نیز قابلیت کاهش تأثیر این نیروها را به پا داشته باشد. نتایج نشان داده که میزان کاهش حداکثر شتاب ساق پا هنگام دویدن وقتی از کفش فوتبال استفاده شده $25/6 \text{ m/s}^2$ و وقتی از کفش دو میدانی روی زمین چمن استفاده شده $23/3 \text{ m/s}^2$ و بر روی سطح بتونی $26/5 \text{ m/s}^2$ است. استفاده از کفش‌های دارای ساختار نرم در بخش میانی تخت از شدت ضربات می‌کاهد. نتایج تحقیق کالیا (۲۰۰۷) نشان داد که نوع میخ کفش فوتبال تأثیری بر گشتاور نیروی وارده به پای بازیکنان فوتبال ندارد.



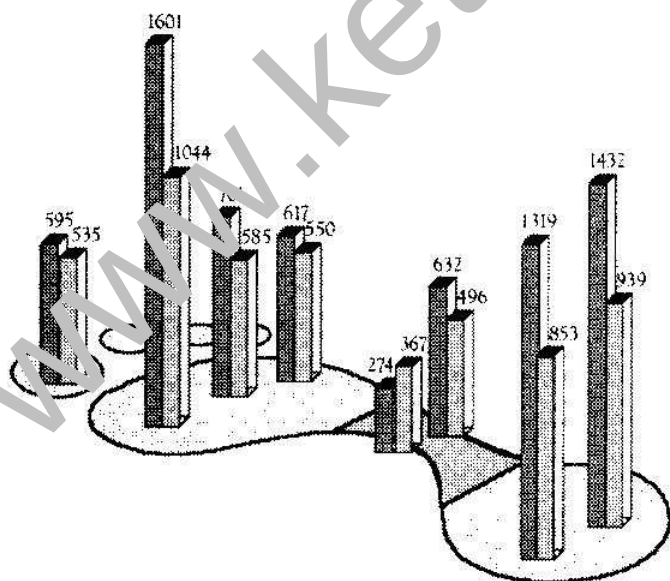
شکل ۱: نمودار گشتاور نیروی وارده به مفصل زانو با استفاده از کفش با دو نوع میخ گرد (round) و باریک (blade)

کفش‌های فوتبال بر خلاف کفش‌های مخصوص دویدن دارای پاشنه سفت و محکم هستند. برخی از کفش‌های فوتبال برای افزایش جذب ضربات در قسمت میانی تخت، پاشنه بلندتری دارند. بیشتر کفش‌ها دارای کفی است که برای جذب رطوبت مفید بوده و به راحتی و اندازه شدن کفش کمک می‌کند.

بر خلاف کفش فوتبال، کفش فوتسال دارای تخت آجدار است. در فوتسال با

توجه به افزایش فشار بر روی رباطها و غضروف مفاصل بویژه مچ پا، زانو و تاندون آشیل مطلوب است تا قابلیت ضربه‌گیری بیشتری در تخت کفش وجود داشته باشد و این کفش‌ها باید دارای بند باشند. استفاده از کفش‌هایی که دارای چسبک می‌باشند به هیچ عنوان در ورزش توصیه نمی‌شود زیرا چسبک‌ها نمی‌توانند نیروهای وارده را در هنگام تغییر جهت ورزشکار، برخوردها و اتفاقات، به درستی خنثی کنند و احتمال بروز صدمه به مچ پا را افزایش می‌دهند.

بطور کلی کفش اگر بزرگتر از پا نباشد می‌تواند از آسیب فرد محافظت کند. برخی از انواع نیم مانند چرم کانگورو قابلیت شکل‌پذیری زیادی داشته و در عین حال دارای استحکام زیادی است (۳). نیروی وارده به کفش در بازیکنان حرفه‌ای در حین ۹۰ دقیقه تمرین ۱۶۱ هزار نیوتن و در ۹۰ دقیقه مسابقه ۵۸ هزار نیوتن برآورد شده است. فشار وارده به کس در طی ۹۰ دقیقه مسابقه بازیکنان آماتور فوتبال مقداری کمتر و معادل ۵۰ هزار نیوتن بود. این موضوع تفاوت نیروی وارده به کفش در دو سطح و در شرایط تمرین - مسابقه را نشان می‌دهد (۳).



شکل ۲: حداکثر فشار وارده به کفش تعداد ۲۰ بازیکن فوتبال در سرعت ۳/۳ متر در ثانیه