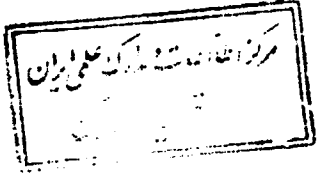


۳۲۲۲۷

۱۰ / ۱۲ / ۱۳۷۹



دانشکده مهندسی مکانیک

استخراج پارامترهای بیومکانیکی

در

حرکت یکضرب وزنه برداری

سید حامد اقدامی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته بیومکانیک

۹۷۰۹

استاد راهنما: دکتر محمد حق پناهی

مهر ۱۳۷۹ ۳۲۳۲۷

تقدیم بہ :

پدر و مادر عزیزم

استخراج پارامترهای بیومکانیکی در حرکت یکضرب وزنه‌برداری

جهت توانایی بیان کمی پارامترهای بیومکانیکی در حرکت یکضرب وزنه‌برداری از مدلسازی بیومکانیکی بدن، استفاده می‌گردد. در این مطالعه به منظور تحلیل حرکت اعضای بدن و بارهای اعمال شده بر مفاصل و همچنین عوامل عدم موفقیت و عوامل احتمالی، جهت بهبود حرکت، از یک مدل مفصل بندی دوبعدی در صفحه سهمی استفاده شده است. با استفاده از روش تصویربرداری و تعیین مکان مفاصل بدن، مسیر حرکت وزنه‌بردار ثبت می‌شود. سپس با داشتن ورودی سینماتیکی مکان مفاصل، بر حسب زمان و محاسبه جرم و لختی اعضاء، با استفاده از روش دینامیک معکوس، مقادیر نیرو و گشتاور مفاصل، محاسبه خواهند شد.

در این مطالعه، شش نفر از وزنه‌برداران قهرمانی کشور در دو دسته سنی انتخاب شده‌اند (چهار نفر در دسته سنی ۱۸ الی ۱۹ سال و عضو تیم ملی جوانان و دو نفر در دسته سنی ۱۱ الی ۱۴ سال). جهت انجام مراحل آزمایش از امکانات موجود در سالن سنجش قابلیت‌های جسمانی کمیته ملی المپیک ایران استفاده گردیده است. در این تحلیل، به منظور تعیین نیروی عکس‌العمل در کف پا از صفحه نیرو استفاده شده است. علاوه بر این جهت بررسی و نقش عضلات مؤثر در حرکت، روش الکترومایوگرافی سطحی به کار گرفته شده که برای تحلیل **EMG**، چهار عضله مؤثر در حرکت (**biceps**، **erector spinae**، **trapezius**)، **gastrocnemius**، **brachii**) فعالیت الکتریکی آنها ثبت گردیده‌اند و از نمودارهای بدست آمده، میزان فعالیت هر عضله در مراحل مختلف حرکت، بررسی شده است. در پایان با استفاده از مقادیر سینماتیک و دینامیک بدست آمده از مدل رباتیکی و مقایسه بین افراد مختلف، پیشنهادهای لازم جهت بهبود حرکت ارائه گردیده و عوامل مؤثر در حرکت و نقش عضلات در انجام حرکت بررسی شده‌اند.

اکنون که با یاری خداوند ، توفیق آن را یافته‌ام که تهیه و تدوین پایان‌نامه کارشناسی ارشد را به انجام برسانم ، بر خود لازم می‌دانم که از استاد محترم دکتر محمد مقین‌پناهی ، دکتر برجسته ، مهندس محمدمسین اسلامی‌نژاد ، مهندس سید امیر رضازاده و کلیه دوستان و آشنایانی که بنده را در این راه یاری نموده‌اند ، سپاس و قدردانی به عمل آورم .

« فهرست »

عنوان صفحه

مقدمه ۱

فصل اول : بیومکانیک وزنه‌برداری

۱-۱- مقدمه ۵

۱-۲- تاریخچه و پیدایش وزنه‌برداری ۶

۱-۲-۱- تاریخچه وزنه‌برداری جهان ۶

۱-۲-۲- پیدایش وزنه‌برداری در ایران ۹

۱-۳- اصطلاحات وزنه‌برداری ۱۰

۱-۴- حرکت یکضرب ۱۵

۱-۴-۱- طرز قرار گرفتن پشت میله ۱۶

۱-۴-۲- طرز قرار گرفتن پا بعد از انجام حرکت ۱۷

۱-۴-۳- طرز قرار گرفتن بدن از شروع تا باز شدن کامل ۱۹

۱-۴-۴- مراحل نشستن زیر وزنه ۲۰

۱-۵- تحقیقات بیومکانیکی وزنه‌برداری ۲۱

فصل دوم : بیومکانیک عضله و الکترومایوگرافی (EMG)

۲-۱- مقدمه ۳۰

۲-۲- آناتومی فیزیولوژیک عضله اسکلتی ۳۱

۲-۲-۱- فیبر عضله اسکلتی ۳۲

۲-۳- بیومکانیک انقباض عضله ۳۵

۲-۳-۱- میزان همپوشانی فیلامانهای اکتین و میوسین ۳۷

۲-۳-۲- تأثیر طول عضله بر نیروی انقباض عضله کامل ۳۸

« فهرست »

عنوان	صفحه
۲-۳-۳- رابطه سرعت انقباض با بار	۳۹
۲-۳-۴- مشخصات عضله اسکلتی	۴۰
۲-۳-۵- انواع انقباض عضله	۴۱
۲-۳-۶- پیدایش نیرو در عضله	۴۵
۲-۳-۷- واحد عضلانی - تاندونی	۴۷
۲-۳-۸- تنش انقباضی	۴۸
۲-۳-۹- خستگی عضلانی	۵۰
۲-۴- الکترومایوگرافی	۵۱
۲-۴-۱- پتانسیل واحد حرکتی	۵۲
۲-۴-۲- سیگنال مایوالتریک	۵۳
۲-۴-۳- ثبت الکترومایوگرافی سطحی	۵۶
۲-۴-۴- مشخصات سیگنال الکترومایوگرام سطحی	۵۸
فصل سوم : مدلسازی بدن و تحلیل ریاتیکی	
۳-۱- مقدمه	۶۳
۳-۲- فرضیات	۶۴
۳-۳- مدل بیومکانیکی بدن	۶۵
۳-۴- محاسبه اینرسی اعضاء	۶۸
۳-۵- تحلیل ریاتیکی مدل	۷۰
۳-۵-۱- سینماتیک مستقیم	۷۰
۳-۵-۲- دینامیک معکوس	۷۱

« فهرست »

صفحه

عنوان

فصل چهارم : روش و مراحل انجام آزمایش

۷۷	۴-۱- مشخصات وزنه برداران
۷۸	۴-۲- تجهیزات
۷۹	۴-۳- مراحل انجام آزمایش

فصل پنجم : استخراج پارامترهای بیومکانیکی

۹۱	۵-۱- مقدمه
۹۲	۵-۲- مسیر حرکت وزنه
۱۰۲	۵-۳- مسیر حرکت مرکز ثقل بدن به همراه وزنه
۱۱۰	۵-۴- زوایای مفصلی
۱۱۱	۵-۴-۱- زاویهٔ مچ پا
۱۱۳	۵-۴-۲- زاویهٔ مفصل زانو
۱۱۵	۵-۴-۳- زاویهٔ مفصل لگن
۱۱۶	۵-۴-۴- زاویهٔ مفصل L5-S1
۱۱۸	۵-۴-۵- زاویهٔ مفصل شانه
۱۱۹	۵-۴-۶- زاویهٔ مفصل آرنج
۱۲۷	۵-۵- نیروی واکنش مفصلی
۱۲۸	۵-۵-۱- نیروی واکنش مفصلی در آرنج
۱۲۹	۵-۵-۲- نیروی واکنش مفصلی در L5-S1
۱۳۱	۵-۵-۳- نیروی واکنش مفصلی در زانو
۱۳۹	۵-۶- گشتاور خالص مفصلی

« فهرست »

صفحه	عنوان
۱۴۹	۵-۷ نیروی عکس العمل در کف پا
۱۵۳	۵-۸ تحلیل الکترومایوگرافی
۱۶۶	نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۱۸۰	مراجع
۱۸۶	پیوست (برنامه کامپیوتری)

« فهرست شکلها »

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۳	شکل ۱-۱ طرز گرفتن میله به حالت ساده
۱۳	شکل ۱-۲ طرز گرفتن میله به شکل قلاب
۱۴	شکل ۱-۳ گرفتن میله بدون استفاده از شست
۱۶	شکل ۱-۴ اختلاف ارتفاع میله در هنگام شروع با پای باز و جمع با زمین
۱۷	شکل ۱-۵ طرز قرار گرفتن پا هنگام شروع به طریق موازی و طرفین
۱۸	شکل ۱-۶ حرکت صحیح پا قبل و بعد از حرکت
۱۹	شکل ۱-۷ موقعیت غلط پا پس از حرکت
۲۰	شکل ۱-۸ طرز قرار گرفتن بدن از شروع تا باز شدن کامل ، در حرکت یکضرب از روبرو و پهلو
۲۱	شکل ۱-۹ مراحل نشستن زیر وزنه در حرکت یکضرب (روش آلمانی) از روبرو و پهلو
۳۲	شکل ۲-۱ ساختمان عضله اسکلتی
۳۳	شکل ۲-۲ سازماندهی عضله اسکلتی از سطح ظاهری تا سطح مولکولی
۳۶	شکل ۲-۳ وضعیتهای منبسط و منقبض یک میوفیبریل
۳۸	شکل ۲-۴ نمودار طول-کشیدگی برای یک سارکومر واحد
۳۹	شکل ۲-۵ رابطه طول عضله با نیروی انقباض
۴۰	شکل ۲-۶ رابطه بار با سرعت انقباض یک عضله اسکلتی به طول ۸ سانتی متر
۴۶	شکل ۲-۷ منحنی تنش-طول عضله
۴۷	شکل ۲-۸ منحنی بار-سرعت عضله
۴۸	شکل ۲-۹ واحد عضلانی-تانندونی
۴۹	شکل ۲-۱۰ مایوگرام سیگنال تکانه عضلانی
۵۹	شکل ۲-۱۱ نمونه‌ای از سیگنال EMG سطحی

« فهرست شکلها »

صفحه

عنوان

- شکل ۳-۱ مدل بیومکانیکی بدن ۶۷
- شکل ۳-۲ رابطه پیش‌رو نیوتن-اولر ۷۲
- شکل ۳-۳ رابطه برگشتی نیوتن-اولر ۷۴
- شکل ۴-۱ روند مراحل انجام آزمایش و رسم نمودارها ۸۴
- شکل ۴-۲ تصویر وزنه‌بردار آزمایش ۶ در لحظه شروع حرکت ۸۵
- شکل ۴-۳ تصویر وزنه‌بردار آزمایش ۱ در لحظه اتمام زیر نشستن ۸۶
- شکل ۴-۴ تصویر وزنه‌بردار آزمایش ۳ در مرحله باز شدن بدن ۸۷
- شکل ۴-۵ تصویر وزنه‌بردار آزمایش ۵ در لحظه اتمام حرکت ۸۸
- شکل ۴-۶ تصویر وزنه‌بردار آزمایش ۲ در مرحله برگشت ۸۹
- شکل ۵-۱ مسیر حرکت ، مختصات ، سرعت و شتاب وزنه در راستاهای X و Y (آزمایش ۱) ۹۶
- شکل ۵-۲ مسیر حرکت ، مختصات ، سرعت و شتاب وزنه در راستاهای X و Y (آزمایش ۲) ۹۷
- شکل ۵-۳ مسیر حرکت ، مختصات ، سرعت و شتاب وزنه در راستاهای X و Y (آزمایش ۳) ۹۸
- شکل ۵-۴ مسیر حرکت ، مختصات ، سرعت و شتاب وزنه در راستاهای X و Y (آزمایش ۴) ۹۹
- شکل ۵-۵ مسیر حرکت ، مختصات ، سرعت و شتاب وزنه در راستاهای X و Y (آزمایش ۵) ۱۰۰
- شکل ۵-۶ مسیر حرکت ، مختصات ، سرعت و شتاب وزنه در راستاهای X و Y (آزمایش ۶) ۱۰۱
- شکل ۵-۷ مسیر حرکت ، مختصات و سرعت مرکز ثقل بدن در راستاهای X و Y (آزمایش ۱) .. ۱۰۴
- شکل ۵-۸ مسیر حرکت ، مختصات و سرعت مرکز ثقل بدن در راستاهای X و Y (آزمایش ۲) .. ۱۰۵
- شکل ۵-۹ مسیر حرکت ، مختصات و سرعت مرکز ثقل بدن در راستاهای X و Y (آزمایش ۳) .. ۱۰۶
- شکل ۵-۱۰ مسیر حرکت ، مختصات و سرعت مرکز ثقل بدن در راستاهای X و Y (آزمایش ۴) ۱۰۷
- شکل ۵-۱۱ مسیر حرکت ، مختصات و سرعت مرکز ثقل بدن در راستاهای X و Y (آزمایش ۵) ۱۰۸

« فهرست شکلها »

صفحه

عنوان

- شکل ۱۲-۵ مسیر حرکت ، مختصات و سرعت مرکز ثقل بدن در راستاهای X و Y (آزمایش ۶) ۱۰۹
- شکل ۱۳-۵ موقعیت زوایای مفصلی ۱۱۰
- شکل ۱۴-۵ نمودارهای زوایای مفصلی (بر حسب درجه) نسبت به زمان (آزمایش ۱) ۱۲۱
- شکل ۱۵-۵ نمودارهای زوایای مفصلی (بر حسب درجه) نسبت به زمان (آزمایش ۲) ۱۲۲
- شکل ۱۶-۵ نمودارهای زوایای مفصلی (بر حسب درجه) نسبت به زمان (آزمایش ۳) ۱۲۳
- شکل ۱۷-۵ نمودارهای زوایای مفصلی (بر حسب درجه) نسبت به زمان (آزمایش ۴) ۱۲۴
- شکل ۱۸-۵ نمودارهای زوایای مفصلی (بر حسب درجه) نسبت به زمان (آزمایش ۵) ۱۲۵
- شکل ۱۹-۵ نمودارهای زوایای مفصلی (بر حسب درجه) نسبت به زمان (آزمایش ۶) ۱۲۶
- شکل ۲۰-۵ نمودارهای نیروی واکنش مفصلی نسبت به زمان (آزمایش ۱) ۱۳۳
- شکل ۲۱-۵ نمودارهای نیروی واکنش مفصلی نسبت به زمان (آزمایش ۲) ۱۳۴
- شکل ۲۲-۵ نمودارهای نیروی واکنش مفصلی نسبت به زمان (آزمایش ۳) ۱۳۵
- شکل ۲۳-۵ نمودارهای نیروی واکنش مفصلی نسبت به زمان (آزمایش ۴) ۱۳۶
- شکل ۲۴-۵ نمودارهای نیروی واکنش مفصلی نسبت به زمان (آزمایش ۵) ۱۳۷
- شکل ۲۵-۵ نمودارهای نیروی واکنش مفصلی نسبت به زمان (آزمایش ۶) ۱۳۸
- شکل ۲۶-۵ نمودارهای گشتاور مفصلی نسبت به زمان (آزمایش ۱) ۱۴۳
- شکل ۲۷-۵ نمودارهای گشتاور مفصلی نسبت به زمان (آزمایش ۲) ۱۴۴
- شکل ۲۸-۵ نمودارهای گشتاور مفصلی نسبت به زمان (آزمایش ۳) ۱۴۵
- شکل ۲۹-۵ نمودارهای گشتاور مفصلی نسبت به زمان (آزمایش ۴) ۱۴۶
- شکل ۳۰-۵ نمودارهای گشتاور مفصلی نسبت به زمان (آزمایش ۵) ۱۴۷
- شکل ۳۱-۵ نمودارهای گشتاور مفصلی نسبت به زمان (آزمایش ۶) ۱۴۸

« فهرست شکلها »

صفحه	عنوان
۱۵۰	شکل ۳۲-۵ نیروی عکس‌العمل در کف پا (آزمایش ۱)
۱۵۱	شکل ۳۳-۵ نیروی عکس‌العمل در کف پا (آزمایش ۲)
۱۵۲	شکل ۳۴-۵ نیروی عکس‌العمل در کف پا (آزمایش ۴)
۱۵۶	شکل ۳۵-۵ میزان فعالیت عضلات در کل حرکت (آزمایش ۱)
۱۵۶	شکل ۳۶-۵ میزان فعالیت عضلات از مرحله شروع تا باز شدن کامل بدن (آزمایش ۱)
۱۵۷	شکل ۳۷-۵ میزان فعالیت عضلات از شروع زیر نشستن تا مهار وزنه (آزمایش ۱)
۱۵۷	شکل ۳۸-۵ میزان فعالیت عضلات در مرحله برگشت (آزمایش ۱)
۱۵۸	شکل ۳۹-۵ میزان فعالیت عضلات در کل حرکت (آزمایش ۲)
۱۵۸	شکل ۴۰-۵ میزان فعالیت عضلات از مرحله شروع تا باز شدن کامل بدن (آزمایش ۲)
۱۵۹	شکل ۴۱-۵ میزان فعالیت عضلات از شروع زیر نشستن تا مهار وزنه (آزمایش ۲)
۱۵۹	شکل ۴۲-۵ میزان فعالیت عضلات در مرحله برگشت (آزمایش ۲)
۱۶۰	شکل ۴۳-۵ میزان فعالیت عضلات در کل حرکت (آزمایش ۳)
۱۶۰	شکل ۴۴-۵ میزان فعالیت عضلات از مرحله شروع تا باز شدن کامل بدن (آزمایش ۳)
۱۶۱	شکل ۴۵-۵ میزان فعالیت عضلات از شروع زیر نشستن تا مهار وزنه (آزمایش ۳)
۱۶۱	شکل ۴۶-۵ میزان فعالیت عضلات در مرحله برگشت (آزمایش ۳)
۱۶۲	شکل ۴۷-۵ میزان فعالیت عضلات در کل حرکت (آزمایش ۵)
۱۶۲	شکل ۴۸-۵ میزان فعالیت عضلات از مرحله شروع تا باز شدن کامل بدن (آزمایش ۵)
۱۶۳	شکل ۴۹-۵ میزان فعالیت عضلات از شروع زیر نشستن تا مهار وزنه (آزمایش ۵)
۱۶۳	شکل ۵۰-۵ میزان فعالیت عضلات در مرحله برگشت (آزمایش ۵)
۱۶۴	شکل ۵۱-۵ میزان فعالیت عضلات در کل حرکت (آزمایش ۶)

« فهرست شکلها »

صفحه

عنوان

- شکل ۵-۵۲ میزان فعالیت عضلات از مرحله شروع تا باز شدن کامل بدن (آزمایش ۶) ۱۶۴
- شکل ۵-۵۳ میزان فعالیت عضلات از شروع زیر نشستن تا مهار وزنه (آزمایش ۶) ۱۶۵
- شکل ۵-۵۴ میزان فعالیت عضلات در مرحله برگشت (آزمایش ۶) ۱۶۵

« فهرست جداول »

صفحه

عنوان

۲۵	جدول ۱-۱ میانگین ابعاد عضوهای بدن ، به عنوان درصدی از قد برای سه گروه وزنه‌بردار ...
۲۶	جدول ۱-۲ زاویه بین دست و میله در حرکت یکضرب
۴۲	جدول ۲-۱ انواع کار و انقباض عضله
۶۶	جدول ۳-۱ اتصالات و مفاصل در نظر گرفته شده در مدل
۶۹	جدول ۳-۲ اطلاعات آنتروپومتریک ضریب جرم ، ضریب طول و شعاع چرخش
۷۱	جدول ۳-۳ اطلاعات الگوریتم Denavit-Hartenberg
۷۷	جدول ۴-۱ مشخصات افراد و وزنه برداشته شده
۱۱۲	جدول ۵-۱ زاویه مفصل مچ پا در مراحل مختلف حرکت یکضرب
۱۱۴	جدول ۵-۲ زاویه مفصل زانو در مراحل مختلف حرکت
۱۱۶	جدول ۵-۳ زاویه مفصل لگن در مراحل مختلف حرکت
۱۱۷	جدول ۵-۴ زاویه مفصل L5-S1 در مراحل مختلف حرکت
۱۱۹	جدول ۵-۵ زاویه مفصل شانه در مراحل مختلف حرکت
۱۲۰	جدول ۵-۶ زاویه مفصل آرنج در مراحل مختلف حرکت
۱۲۹	جدول ۵-۷ نیروی واکنش مفصلی در آرنج
۱۳۰	جدول ۵-۸ نیروی واکنش مفصلی در L5-S1
۱۳۲	جدول ۵-۹ نیروی واکنش مفصلی در زانو
۱۴۱	جدول ۵-۱۰ گشتاور خالص مفصلی در L5-S1
۱۴۲	جدول ۵-۱۱ گشتاور خالص مفصلی در زانو