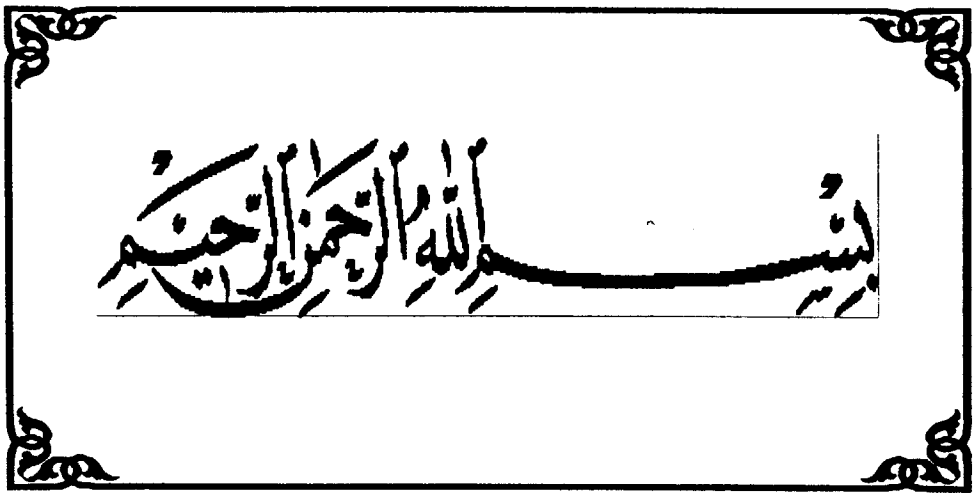

٣٤٩٨٣

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
نسخه دیجیتال

بنام خدا

۱۳۷۹/۱۳/ ۱

دانشکده مهندسی مکانیک

۱۳۷۹/۱۲/ ۱۰

تعیین نیروهای عضلات اندام فوقانی با روش بهینه سازی و مقایسه آن با نتایج الکترومایوگرافیEMG در رانش ویلچر

012000

عبدالله ریاضی

پایان نامه کارشناسی ارشد

در رشته

مهندسی مکانیک-بیومکانیک

استاد راهنما:دکتر محمد حق پناهی

مهر ماه ۱۳۷۹

۳۴۶۸۳

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

که در راه تحصیل همواره مشوق من بوده اند.

چکیده:
در این مقاله تعیین نیروهای ماهیچه های اندام فوقانی ، ناحیه شانه ، در رانش ویلچر مد نظر است . این کار در دو مقوله ، تعیین نیروهای عضلات با استفاده از مدلسازی رباتیکی ، دینامیک معکوس و استخراج نیروهای عضلات با روش اپتیمایزیشن و مقایسه فعالیتهای عضلات این ناحیه با استفاده از الکترومایوگرافی و بررسی آنها می باشد. به منظور کسب اطلاعات سینماتیکی شامل اندازه گیری مقادیر سرعت زاویه ای ، شتاب زاویه ای و موقعیت هندسی رابطهای مکانیزم اندام فوقانی افرادی که برای آزمایش انتخاب می شوند ، از سیستم BTS-504 استفاده شده است .این سیستم مجهز به دو دوربین تلوزیونی تصویربرداری تله متری با فرکانس تصویربرداری ۵۰ هرتز می باشد که پس از کالیبراسیون اطلاعات را به صورت سه بعدی دریافت کرده و برای پردازش به یک کامپیوتر منتقل می کند. این اطلاعات بعنوان ورودی یک برنامه کامپیوتری منظور می شوند ومقادیر واقعی سرعت و شتابهای رابطهای بازو در مختصات محلی بدست می آیند. نتایج این برنامه کامپیوتری، در برنامه دیگری مورد استفاده قرار می گیرد.در این برنامه با فرض مقادیر جرم بازو،ساعد و دست ، تقریب ممان جرمی آنها و محل آن با فرض شکل هندسی مشخص برای رابطها و در نظر گرفتن مقادیر نیرو و ممان وارده به دست از مقالات دیگر و ساده سازی حرکات دست بصورت سه درجه آزادی در مچ ، یک درجه آزادی در مفصل آرنج و دو درجه آزادی در مفصل گلنو هیومرال و با صرفنظر از حرکات جزئی این مفصل ، مقادیر نیروها و گشتاورهای مفصل گلنوهیومرال بدست می آید . نتایج این برنامه که شامل سه ترم نیرو و سه ترم گشتاور می باشد ، در برنامه دیگری به منظور استخراج سهم هر کدام از عضلات ناحیه شانه از نتایج برنامه های قبلی و تکنیک اپتیمایزیشن به روش مینیمم کردن تنش عضلات استفاده می شود.
نتایج فوق برای ۶ عدد از عضلات سطحی ناحیه شانه که امکان استخراج فعالیت الکتریکی آنها بصورت غیر تهاجمی وجود داشت بدست آمده است . راستای قرارگیری عضلات و مختصات محلی ابتدا و انتهای عضلات از نتایج مقالات دیگر بدست آمده است. مقایسه نتایج این قسمت با الکترومایوگرام متوسط عضلات و میزان خستگی آنها حین فعالیت و در نهایت مقایسه سهم هر کدام از عضلات سطحی با فرض ناچیز بودن سهم عضلات میانی صورت گرفته است .

استخراج فعالیتهای عضلات با کمک سیستم ثبت سیگنالهای ماهیچه ای MESPEC 4000 موجود در مجموعه ورزشی انقلاب برای عضلات سطحی صورت گرفته است. بدین منظور از الکترودهای PREGEL و سیستم جمع أوری اطلاعات چهار کاناله ، و سیستم ارسال اطلاعات بصورت تله متری با فرکانس دریافت ۱۰۰۰ هرتز در مدت نزدیک به یک دقیقه رانش صورت گرفته است. تعداد نفرات جهت انجام أزمایش ۳ نفر از قهرمانان رشته بسکتبال معلولین کشور در رده سنی ۲۰-۲۸ سال بودند . مقایسه نتایج روی متوسط EMG عضلات صورت پذیرفته است .

با تشکر از آقایان دکتربهروز برجسته که با زحمات گرانقدرشان در انجـام آزمایشات الکترومایوگرافی این پروژه ما را یاری نمودند ،دکتر محمد حق پناهی که استاد راهنمای اینجانب بودند ، و مهندس محمد رضا ملاک زاده که در انجام آزمایشات سینماتیکی در آزمایشگاه بیودینامیک دانشگاه علـم و صنعت ایران کمکهای بیدریغی نمودند .

فهرست.....صفحه

فصل اول : مقدمه.....۱

۱-۱)-مقدمه.....۲

۱-۲)- هدف.....۳

۱-۳)- تاریخچه تحقیقات پیشین.....۶

فصل دوم: مدلسازی رباتیکی اندام فوقانی و استخراج نیروها و گشتاورهای مفاصل با استفاده از مدلسازی.....۹

۲-۱)—مقدمه ای بر سینماتیک رباتها.....۱۰

۲-۲)-روابط سینماتیکی بین دو لینک مجاور.....۱۲

۲-۳)-انتشار سرعت از زابط به رابطی دیگر.....۱۲

۲-۴)-انتشار شتاب از رابطی به رابط دیگر.....۱۳

۲-۵)-پارامترهای مدل.....۱۴

۲-۶)-مقدمه ای بر دینامیک اجزای مفصلی اندام فوقانی در رانش ویلچر با شش درجه آزادی.....۱۷

۲-۷)-معادلات نیوتن- اویلر.....۱۷

۲-۸)-محاسبه نیروها و گشتاورها.....۱۷

۲-۹)-بدست آوردن تانسورهای اینرسی رابطهای مدل.....۱۸

۲-۱۰)-بدست آوردن مرکز جرم رابطها.....۱۸

فصل سوم :استخراج داده های سینماتیکی و مدلسازی بیومکانیکی اندام فوقانی..... ۱۹

۱-۳)-مقدمه..... ۲۰
۲-۳)-توصیف سیستم BTS-504 ..... ۲۰
۳-۳)-آماده سازی سیستم..... ۲۲
۴-۳)-آماده سازی فضا برای تحلیل سه بعدی..... ۲۳
۵-۳)-کالیبراسیون با استفاده از یک جفت دوربین تلوزیونی..... ۲۴
۶-۳)-مختصات مرجع سه بعدی..... ۲۵
۷-۳)-استخراج داده ها با کمک نرم افزار BTS-504 ..... ۲۶
۸-۳)-مدلسازی بیومکانیکی اندام فوقانی..... ۲۹
۹-۳)-انواع عضلات..... ۳۰
۱۰-۳)-ساختمان عضلات اسکلتی..... ۳۰
۱۱-۳)-تحریک شدن سارکولما..... ۳۱
۱۲-۳)-انقباض عضله..... ۳۲
۱۳-۳)-آناتومی عضلات در نظر گرفته شده برای مدل..... ۳۳
۱۴-۳)-تعیین مختصات عضلات نسبت به یک دستگاه مرجع..... ۳۵
۱۵-۳)-فرضیات در نظر گرفته شده برای تحلیل مدل..... ۳۷
۱۶-۳)-برنامه نویسی و محاسبه نیروها و گشتاورهای مفصل گلنوهیومرال..... ۳۸
۱۷-۳)-الگوریتم برنامه ۱ جهت تعیین زوایای رابطهای اندام فوقانی..... ۳۹
۱۸-۳)-الگوریتم برنامه های ۲و۳ جهت تعیین سرعت و
شتاب زاویه ای رابطهای اندام فوقانی..... ۳۹
۱۹-۳)-الگوریتم برنامه ۴ جهت تعیین نیروها و
گشتاورهای مفصل گلنوهیومرال..... ۴۰

فصل چهارم :بهینه سازی..... ۴۱

۱-۴)-مقدمه..... ۴۲
۲-۴)-برنامه ریزی خطی استاندارد..... ۴۲
۳-۴)-روش بهینه سازی در حل مدل ارائه شده..... ۴۴
۴-۴)-تابع هدف ارائه شده در مدل..... ۴۴
۵-۴)-قیود منظور شده برای مسئله..... ۴۴

۶-۴)-استخراج نیروهای عضلات ٤٥

فصل پنجم :الکترومایوگرافی و ثبت
سیگنالهای ماهیچه ای..... ۵۲
۵-۱)-مقدمه ای بر چگونگی ایجاد سیگنالهای مایوالکتریک..... ۵۳
۵-۲)-عوامل موثر در سیگنال EMG حاصل از یک واحد حرکتی..... ۵۶
۵-۳)-دریافت سیگنالهای مایوالکتریک..... ۶۲
۵-۴)-انواع الکترودها..... ۶۲
۵-۵)-ثبت الکترومایوگرام سطحی..... ۶۳
۵-۶)-مشخصات سیگنال الکترومایوگرام سطحی..... ۶۳

فصل ششم :نتایج..... ۶۷
ضمیمه ۱..... ۹۲
ضمیمه ۲..... ۹۳
ضمیمه ۳..... ۹۴
ضمیمه ۴..... ۹۵
فهرست مراجع..... ۹۹

پارامترهای استفاده شده در متن

طول عمود مشترک $a_i =$

فاصله بین مبدا و نقطه پای عمود $d_i =$

زاویه بین محور مفصل رابط دوم و محور مفصل اول در جهت ساعتگرد $\alpha_i =$

زاویه بین راستای رابط دوم و عمود مشترک حول محور مفصل رابط اول $\theta_i =$

ماتریس انتقال ${}^{i-1}_{i}T =$

تندی زاویه ای رابط حول محور مفصل ${}^{i}\omega_{i+1} =$

راستای محور مفصل دوم نسبت به مبدا ${}^{i+1}Z_{i+1} =$

ماتریس دوران رابط دوم نسبت به اول ${}^{i}R_{i+1} =$

تندی خطی مبدا مختصات رابط دوم نسبت به مبدا رابط اول ${}^{i}V_{i+1} =$

بردار فاصله مبدا رابط دوم نسبت به رابط اول ${}^{i}P_{i+1} =$

تندی زاویه ای مطلق رابط ${}^{i+1}\omega_{i+1} =$

شتاب خطی رابط حول مرکز جرم رابط ${}^{i}V^{0}_{ci} =$

بردار رابط مرکز جرم جسم نسبت به مفصل ${}^{i}P_{ci} =$

شتاب خطی رابط ${}^{i}V^{0}_{i} =$

طول رابط بازو	$l_a =$
طول رابط ساعد	$l_e =$
طول رابط دست	$l_h =$
کسینوس زاویه θ_i	$C_i =$
سینوس زاویه θ_i	$S_i =$
تندی زاویه ای رابط در معادلات اویلر	$q_k^{0} =$
شتای زاویه ای رابط در معادلات اویلر	$q_k^{00} =$
فاصله مفصل دوم از مفصل اول در معادلات اویلر	$\Delta r^k =$
نیروی مفصل	$f^k =$
فاصله مفصل از مرکز مختصات	$\Delta S^k =$
گشتاور مفصل k	$n^k =$
ماتریس ممان جرمی نسبت به مختصات مفصل	$D_k =$
گشتاور مطلق در مفاصل	$\tau_k =$
جرم رابط	$m_k =$
single fiber electrod	SFE=
Move unit Amolitude Potential	MUAP=
Electromyogram	EMG=

فهرست شکلها

۱-۱)-نمونه ای از ترکیب ویلچر – ارگومتر
۲-۱)- نمونه ای از ارگومتر مورد استفاده در استخراج نیروهای وارد شده به کف پا
شکل ۱-۲)- نامگذاری دناویت - هارتنبرگ
شکل ۲-۲:ساده سازی حرکت دست و مدلسازی رباتیکی آن
شکل (۲-۳):دوربین و صفحه تلوزیونی سیستم Elite-5
شکل (۳-۳)ویلچر همراه با شخص هنگام انجام تست
شکل ۴-۳:فضا سازی و کالیبراسیون
شکل۵-۳ شخص همراه محورهای سبستم
شکل۶-۳)- تعریف زوایای چرخش لینک مطابق تنظیم A
شکل ۷-۳)-تعریف زوایای لینکها مطابق تنظیم B
شکل ۸-۳)-تعریف زوایای لینکها مطابق تنظیم C
شکل ۹-۳)- عضله اسکلتی ورشته های عضلانی
شکلهای ۱۰-۳ و ۱۱-۳
شکل ۱۲-۳
شکل ۱۳-۳)-محل مختصات مرجع
شکل ۱۴-۳)-راستای عضلات مدل
شکل۱-۴)- فضای بین توابع ثابت و خطی
شکل ۲-۴)-راستای عملکرد عضلات

شکل ۳-۴ سمت راست راستای عضله پشتی بزرگ و سمت چپ سینه ای بزرگ
شکل ۴-۴)-سمت راست راستای عضله تحت خاری و سمت چپ دلتوئید قدامی و خلفی
شکل۱-۵)-اثر تعداد رشته های عضلانی بر پتانسیل عمل
شکل ۲-۵)تاثیر نوع عضله روی رابطه EMG-Force ، N تعداد انقباضات متوسط برای هر عضله است. مقادیر برای ۱۳سوژه مختلف می باشد.
شکل ۳-۵)تاثیر تمرینات مداوم روی رابطه سیگنال EMG -نیرو در سه عضله مختلف میزان انحراف استاندارد از مقادیر عددی خام با سطح هاشور خورده در نمودارها مشخص شده است.
شکل ۴-۵)- اثر دما در کاهش مدت MUAP
شکل ۵-۵)رابطه بین خستگی ناشی از انقباض و خستگی متابولیسمی. در این شکل نیرو در حین انقباض ایزومتریک روی عضله first dorsal interossaus استخراج می شود. نمودار شامل میزان ۵۰٪ نیروی ماکزیمم برای مدت طولانی و همه نیرو برای مدت کوتاه می باشد. Median frequency از دامنه طیف سیگنالهای EMG محاسبه می شود. مدت زمان انقباض ۱۵۰ ثانیه می باشد.
شکل۶-۵)A وB وC انواع الکترودهای سطحی وD الکترود سوزنی
شکل(۷-۵)-الکترودهای سطحی و محل قرارگیری آنها روی عضله سینه ای بزرگ
شکل۸-۵)- الکترودهای سطحی و محل قرارگیری آنها روی عضله دلتوئید قدامی
شکل ۹-۳)محل قرارگیری الکترودهای اندام فوقانی

شکل ۱-۶ : مکان هندسی نقاطی که مفصل گلنوهیومرال نسبت به مختصات محلی آزمایشگاه در رانش ویلچر دارا می باشد ،شاخصهای مثلث راستای ،شاخصهای ضربدر راستای،شاخصهای بعلاوه راستای می باشد.
شکل ۲-۶ : مکان هندسی نقاطی که مفصل آرنج نسبت به مختصات محلی آزمایشگاه در رانش ویلچر دارا می باشد ،شاخصهای مثلث راستای ،شاخصهای دایره راستای،شاخصهای بعلاوه راستای می باشد.
شکل ۳-۶ : زوایای رابط بازو نسبت به محورهای مختصات محلی در رانش ویلچر. شاخصهای بعلاوه راستای ،شاخصهای مربع راستای می باشد.
شکل ۴-۶ : سرعت زاویه ای رابط بازو نسبت محورهای مختصات محلی در رانش ویلچر. شاخصهای ضربدر راستای ،شاخصهای بعلاوه راستای می باشد.
شکل ۵-۶ : نیروهای وارد شده به دست هنگام رانش،شاخصهای مربع نیرو در راستایZ ، شاخصهای دایره نیرو در راستایY،شاخصهای ضربدر نیرو در راستایX می باشد
شکل ۶-۶: مولفه گشتاور در راستایY در نقطه تماس دست و حلقه رانش(handrim)
شکل ۷-۶: نیروهای حاصل از رانش ویلچر در مفصل شانه، شاخصهای مربع مربوط به نفر اول، شاخصهای مثلث مربوط به نفر دوم و شاخصهای ضربدر نفر سوم می باشد.
شکل ۸-۶: گشتاورهای حاصل از رانش ویلچر در مفصل شانه، شاخصهای مربع مربوط به نفر اول، شاخصهای مثلث مربوط به نفر دوم و شاخصهای ضربدر نفر سوم می باشد.
شکل ۹-۶ نمودار نیرو-زمان دلتوئید خلفی (سوژه شماره ۱)
شکل ۱۰-۶ نمودار نیرو-زمان دلتوئید قدامی (سوژه شماره ۱)
شکل ۱۱-۶ نمودار نیرو-زمان تحت خاری (سوژه شماره ۱)
شکل ۱۲-۶ نمودار نیرو-زمان پشتی بزرگ (سوژه شماره ۱)
شکل ۱۳-۶ نمودار نیرو-زمان فوق خاری (سوژه شماره ۱)
شکل ۱۴-۶ نمودار نیرو-زمان سینه ای بزرگ (سوژه شماره ۱)
شکل ۱۵-۶ نمودار نیرو-زمان دلتوئید خلفی (سوژه شماره ۲)
شکل ۱۶-۶ نمودار نیرو-زمان دلتوئید قدامی (سوژه شماره ۲)
شکل ۱۷-۶ نمودار نیرو-زمان تحت خاری (سوژه شماره ۲)
شکل ۱۸-۶ نمودار نیرو-زمان پشتی بزرگ (سوژه شماره۲)
شکل ۱۹-۶ نمودار نیرو-زمان فوق خاری (سوژه شماره ۲)
شکل ۲۰-۶ نمودار نیرو-زمان سینه ای بزرگ (سوژه شماره ۲)
شکل ۲۱-۶ نمودار نیرو-زمان دلتوئید خلفی (سوژه شماره ۳)
شکل ۲۲-۶ نمودار نیرو-زمان دلتوئید قدامی (سوژه شماره ۳)
شکل ۲۳-۶ نمودار نیرو-زمان تحت خاری (سوژه شماره ۳)
شکل ۲۴-۶ نمودار نیرو-زمان پشتی بزرگ (سوژه شماره۳)
شکل ۲۵-۶ نمودار نیرو-زمان فوق خاری (سوژه شماره ۳)
شکل ۲۶-۶ نمودار نیرو-زمان سینه ای بزرگ (سوژه شماره ۳)
شکل ۲۷-۶:سیگنالهای ماهیچه ای خام عضلات بترتیب از بالا به پایین سینه ای بزرگ،فوق خاری،تحت خاری و پشتی بزرگ (سوژه شماره ۱)
شکل ۲۸-۶:سیگنالهای ماهیچه ای خام عضلات بترتیب از بالا به پایین دلتوئید خلفی و دلتوئید قدامی(سوژه شماره ۱)

شکل ۲۹-۶:سیگنالهای ماهیچه ای خام عضلات بترتیب از بالا به پایین سینه ای بزرگ،فوق خاری،تحت خاری و پشتی بزرگ (سوژه شماره ۲)
شکل ۳۰-۶:سیگنالهای ماهیچه ای خام عضلات بترتیب از بالا به پایین دلتوئید خلفی و دلتوئید قدامی(سوژه شماره ۲)
شکل ۳۱-۶:سیگنالهای ماهیچه ای خام عضلات بترتیب از بالا به پایین سینه ای بزرگ،فوق خاری،تحت خاری و پشتی بشکل ۳۲-۶:سیگنالهای ماهیچه ای خام عضلات بترتیب از بالا به پایین دلتوئید خلفی و دلتوئید قدامی(سوژه شماره ۳)
شکل ۳۳-۶:سیگنالهای متوسط ماهیچه ای عضلات بترتیب از بالا به پایین دلتوئید خلفی و دلتوئید قدامی(سوژه شماره ۱)
شکل ۳۴-۶:سیگنالهای متوسط ماهیچه ای عضلات بترتیب از بالا به پایین سینه ای بزرگ،فوق خاری،تحت خاری و پشتی بزرگ(سوژه شماره ۱)
شکل ۳۵-۶:سیگنالهای متوسط ماهیچه ای عضلات بترتیب از بالا به پایین سینه ای بزرگ،فوق خاری،تحت خاری و پشتی بزرگ(سوژه شماره۲)
شکل ۳۶-۶:سیگنالهای متوسط ماهیچه ای عضلات بترتیب از بالا به پایین دلتوئید خلفی و دلتوئید قدامی(سوژه شماره ۲)
شکل ۳۷-۶:سیگنالهای متوسط ماهیچه ای عضلات بترتیب از بالا به پایین سینه ای بزرگ،فوق خاری،تحت خاری و پشتی بزرگ(سوژه شماره ۳)
شکل ۳۸-۶:سیگنالهای متوسط ماهیچه ای عضلات بترتیب از بالا به پایین دلتوئید خلفی و دلتوئید قدامی(سوژه شماره ۳)
شکل ۳۹-۶:سینه ای بزرگ، فوق خاری، تحت خاری، پشتی بزرگ، دلتوئید خلفی، دلتوئید قدامی(سوژه شماره ۱)
شکل ۴۰-۶:سینه ای بزرگ، فوق خاری، تحت خاری، پشتی بزرگ، دلتوئید خلفی، دلتوئید قدامی(سوژه شماره ۲)
شکل ۴۱-۶:سینه ای بزرگ، فوق خاری، تحت خاری، پشتی بزرگ، دلتوئید خلفی، دلتوئید قدامی(سوژه شماره ۳)
شکل ۴۲-۶:خستگی ماهیچه ای حاصل از رانش ویلچر مطابق نتایج خام الکترومایوگرافی به تفکیک عضلات (سوژه شماره ۱)
شکل ۴۳-۶:خستگی ماهیچه ای حاصل از رانش ویلچر مطابق نتایج خام الکترومایوگرافی، رنگ سبز دلتوئید خلفی، رنگ آبی دلتوئید قدامی(سوژه شماره ۱)
شکل ۴۴-۶:خستگی ماهیچه ای حاصل از رانش ویلچر مطابق نتایج خام الکترومایوگرافی به تفکیک عضلات (سوژه شماره ۲)
شکل ۴۵-۶:خستگی ماهیچه ای حاصل از رانش ویلچر مطابق نتایج خام الکترومایوگرافی، رنگ سبز دلتوئید خلفی، رنگ آبی دلتوئید قدامی(سوژه شماره ۲)
شکل ۴۶-۶:خستگی ماهیچه ای حاصل از رانش ویلچر مطابق نتایج خام الکترومایوگرافی به تفکیک عضلات (سوژه شماره ۳)
شکل ۴۷-۶:خستگی ماهیچه ای حاصل از رانش ویلچر مطابق نتایج خام الکترومایوگرافی، رنگ سبز دلتوئید خلفی، رنگ آبی دلتوئید قدامی(سوژه شماره ۳)

فصل اول

مقدمه