دوازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran
senaconf.ir

الگوی فعال سازی عضلات اندام تحتانی در پله نوردی با ارتفاع های مختلف

بابک رضایی افشار[1]

[1]دکترای تخصصی مهندسی پزشکی، گروه مهندسی پزشکی ، مرکز پژوهش های صنعتی سازگار،تهران babak.rezaee@srbiau.ac.ir

چکیده

درک الگوهای فعال سازی عضلات می تواند باعث شناخت عوامل مرتبط با آسیب های مفاصل و روش های درمان آن شود. علاوه بر این شناخت و تحلیل این الگوها در سیستم های هوشمند می تواند ما را در طراحی و ساخت اسکلت های خارجی یاری کند .

هدف از این مطالعه بررسی عملکرد عضلات اندام تحتانی در طول پله نوردی در پله هایی با ارتفاع مختلف به منظور یافتن الگوهای فعال سازی عضلات و ارتباط این الگوها با ارتفاع پله است. هشت فرد داوطلب عمل پله نوردی را در پله هایی با پنج ارتفاع مختلف و با سایر مشخصات مشابه انجام دادند. سیگنال الکترومایوگرافی از چهار عضله در اندام تحتانی (gastrocnemius, tibialis anterior, hamstring, rectus femoris)ثبت گردید RMS .سیگنال ها محاسبه و بیشینه RMS در هر یک از موارد بدست آمد.

بیشینه RMS سیگنال عضله در ارتفاع پله ۵ سانتی در عضلات tibialis anterior ، gastrocnemiusو hamstring از بیشینه RMSسیگنال در ارتفاع پله ۱۰ سانتی متری بیشتر است . همچنین بیشینه RMS سیگنال در عضله hamstring در ارتفاع پله ۵ سانتی متری از ارتفاع پله ۱۵ سانتی متری نیز بالاتر است.

نتایج نشان می دهد که فعالیت عضلات در پله هایی با ارتفاع کمتر از میزان استاندارد میتواند بیشتر از پله هایی در محدوده استانداردهای بین المللی ارتفاع پله باشد. همچنین الگوی افزایش فعالیت عضلانی با افزایش ارتفاع پله مشاهده گردید. این مطالعه می تواند در دوین استانداردهای ملی و بین المللی برای ارتفاع پله مورد استفاده قرار گیرد..

واژه‌های کلیدی

پله نوردی، الکترومایوگرافی، RMS، ارتفاع پله، استاندارد پله

۱. مقدمه

پله نوردی علاوه بر اینکه به عنوان یک فعالیت روزمره در جوامع امروزی مطرح می شود می تواند برای مقاصد دیگری نیز مورد استفاده قرار گیرد. این کار به عنوان یک ورزش پرفشار به منظور افزایش سوخت و ساز بدن و همچنین چربی سوزی و کنترل کلسترول بدن مورد توجه بوده است (۱). علاوه بر بحث ورزشی در حوزه درمانی نیز پله نوردی در تشخیص و تکمیل روند درمان بیماران از جمله در بیماران پس از جراحی های قلبی عروقی (۲) یا به منظور پیش بینی وضعیت بیماران دچار اختلالات ریوی (۳) مورد توجه پزشکان بوده است . اما ماهیت پرفشار و انرژی بر پله نوردی یکی از بحث هایی است که پزشکان در تجویز آن برای بیماران دچار تردید کرده است (۴).

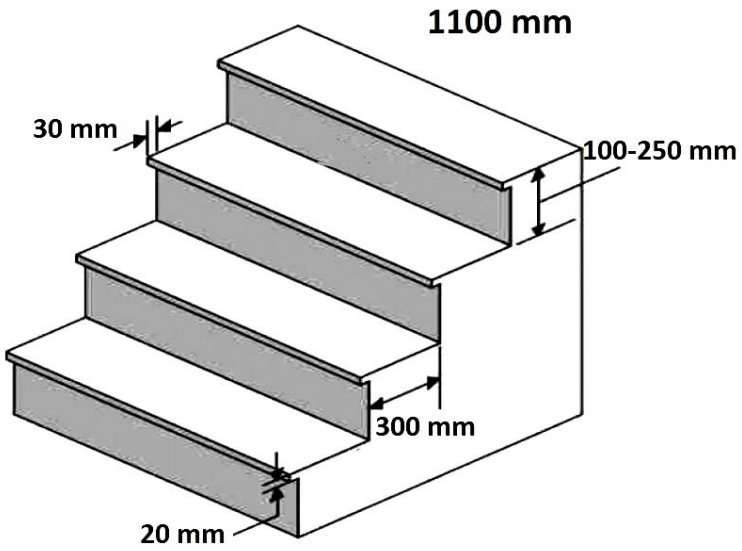
استاندارد سازی پله ها یکی از مواردی است که بایستی با روش های علمی مورد بررسی قرار گیرد. مطالعات مختلفی به منظور بررسی تاثیرات سرعت پله نوردی، سن افراد و بار همراه فرد انجام شده است (۵, ۶) (۷). اما آنچه تاکنون کمتر به آن پرداخته شده بررسی تاثیر ارتفاع پله بر فعال سازی عضلات است . یک شورای بین المللی به نام international code council در سال ۲۰۰۰ ارتفاع استاندارد پله را حداکثر ۷ اینچ (۱۷۸ میلی متر) و حداقل ۴ اینچ (۱۰۲ میلی متر) اعلام کرد(۸).

الگوی الکترومایوگرافی عضلات می تواند برای ارائه استراتژی کنترل عصبی در انجام فعالیت های گوناگون در حرکت انسان استفاده شود. سیگنال های الکترومایوگرافی در زمینه پله نوردی به صورت محدود و نه در زمینه بررسی ارتفاع پله مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به اینکه عضلات اندام تحتانی و تا حدودی عضلات کمری بیشتر از سایر عضلات در انجام پله نوردی نقش دارند در این پژوهش نیز اثرات پله نوردی بر روی عضلات اندام تحتانی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۲. مواد و روش ها

هشت دانشجوی مرد با قد ۱,۸±۰,۰۶ متر و وزن ۶±۸۰ و سن ۳±۲۳ در این بررسی مورد آزمایش قرار گرفتند . تمامی این افراد به صورت داوطلبانه و پس از آگاهی از روند آزمایش و با رضایت کامل در این مطالعه شرکت داشتند. این افراد فاقد هرگونه سابقه بیماری قلبی عروقی و اختلالات اسکلتی عضلانی بوده و بدون هیچ گونه اختلالی قادر به راه رفتن بودند.

پنج نوع پله در عملیات اخذ داده مورد استفاده قرار گرفته است. این پنج نوع صرفاً از جهت ارتفاع پله ها با هم متفاوت بودند و سایر مشخصات از جمله عرض پله و کف پله دارای اندازه های مشابه بودند. مشخصات فنی پله های مورد استفاده در این پژوهش در شکل ۱ آورده شده است. مطابق این شکل پله ها دارای کف (محل قرار گرفتن پا) به اندازه ۳۰۰ میلی متر هستند که دماغه ای در حدود ۳۰ میلی متر دارند. کف این پله ها از جنس سنگی و به ضخامت ۲۰ میلی متر می باشد. همچنین عرض پله ها ۱۱۰۰ میلی متر در نظر گرفته شده است و افراد به راحتی و بدون هیچ مشکلی می توانند بر روی آن تردد کنند. با توجه به امکان عبور و مرور بدون هیچ مشکلی در پله ها از هیچ گونه نرده یا محافظی استفاده نشد.



شکل ۱ : پله های طراحی شده برای انجام عملیات ثبت سیگنال

الکترومایوگرافی عضلات پای چپ و راست با فرض وجود انقباض عضلانی در ران و ساق در چهار عضله gastrocnemius, tibialis anterior, hamstring, rectus femoris اخذ شد. قبل از قرار گیری الکترودها موهای زائد تراشیده و پوست توسط سنباده نرم و پد الکلی سابیده شد. محل قرارگیری الکترودها مطابق با استانداردهای موجود (SENIAM) انتخاب شد.

الکترودهای مورد استفاده برای این کار از الکترودهای نقره/نقره کلرید یکبار مصرف دایره ای با قطر ۱۰ میلی متر و با فاصله ۲۰ میلی متر از هم مورد استفاده قرار گرفت . ثبت به صورت دو قطبی و سطحی انجام شد. دستگاه الکترومایوگرافی بی سیم سبکی که توسط چسب به بدن متصل شده بود اخذ سیگنال را با سیم های کوتاهی- به منظور به حداقل رساندن آرتیفکت حرکتی –با بهره ۱۰۰۰ ، نرخ نمونه برداری ۱۲۰۰ هرتز و باند عبور ۲۰ تا ۵۰۰ هرتز انجام می داد.

داده های اخذ شده مجدداً به صورت نرم افزاری نیز توسط یک فیلتر باتروورث مرتبه ۴ در محدوده ۲۰ تا ۵۰۰ هرتز فیلتر شدند. با توجه به ماهیت غیر ایستای سیگنال الکترومایوگرافی برای تحلیل سیگنال نیاز به ویژگی یا ویژگی هایی از سیگنال داریم. ویژگی مورد استفاده برای تحلیل فعالیت الکترومایوگرافی در این مقاله ریشه میانگین مربعات یا RMS است که یکی از ویژگی های مناسب سیگنال الکترومایوگرافی در حوزه دامنه بوده و از فرمول ۱ محایسبه می شود:

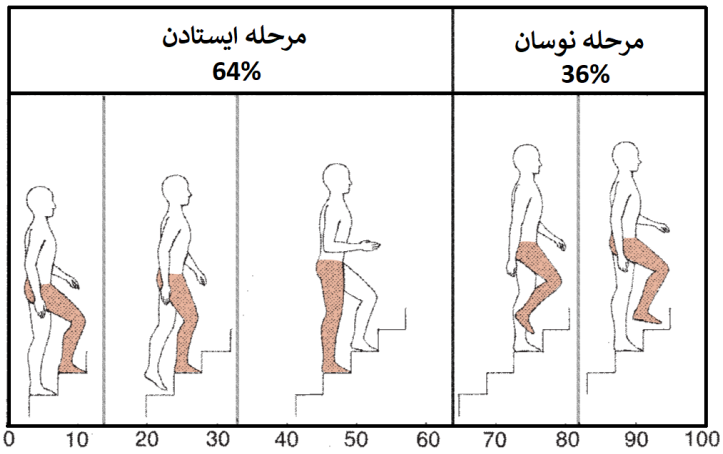
$$\mathrm{RMS}\{x[n]\} = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{n} x^2[n]} \qquad (۱)$$

این فرمول یک تخمین از سیگنال روی پنجره N نمونه ای را به ما خواهد داد. در این پژوهش ما از RMS با پنجره ۱۰ میلی ثانیه ای استفاده کردیم.

روند انجام آزمایش به صورتی تنظیم شدکه همه افراد به صورت پابرهنه با سرعت متوسطی پله پیمایی را انجام دهند. هر فرد در ابتدا پای راست خود را بر روی پله اول و در ادامه پای چپ خود را بر روی پله دوم و مجدداً پای راست خود را بر روی پله سوم قرار می داد. آزمایش به گونه ای طراحی شد که فقط یک پا بر روی هر پله قرار گیرد. مراحل انجام پله نوردی توسط دوربین به صورت سنکرون با سیگنال الکترومایوگرافی ثبت می شد. از افراد خواسته شده بود که مسیر مستقیم را بپیمایند و برای جلوگیری از بروز اشتباه افراد قبل از انجام آزمایش چندین بار عمل پله نوردی بر روی این پله ها را انجام داده بودند. در صورت بروز خطاهایی همچون لغزش پا یا عدم تعادل

عملیات اخذ دیتا متوقف و روند از ابتدا از سرگرفته می شد. به منظور جلوگیری از بروز خطاهای مربوط به خستگی، فرد پیش از هر آزمایش به مدت ۵ دقیقه به استراحت می پرداخت.

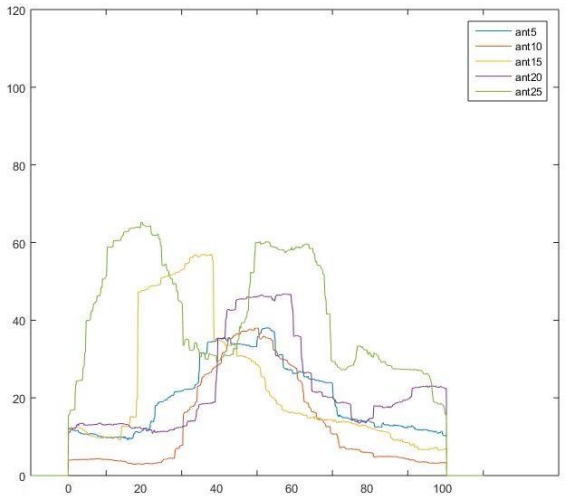
در ثبت سیگنال های هر فرد چرخه پله نوردی بین اولین لحظه برخورد پای راست با پله (در پله اول) و دومین لحظه برخورد پای راست با پله (در پله سوم) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. قدرت عضلانی بر مبنای MVC و به صورت درصدی نرمالیزه شد. به جهت نیل به این هدف پیش از انجام آزمایش از فرد خواسته می شد تا طی یک انقباض ایزومتریک داوطلبانه حداکثر انقباض ممکن را در هر یک از چهار عضله مذکور ایجاد کند. مدت زمان انجام پله نوردی نیز برای افراد مختلف بود که با توجه به زمان رخدادهای موجود به صورت شکل ۲ بین صفر تا صد تقسیم بندی شد.



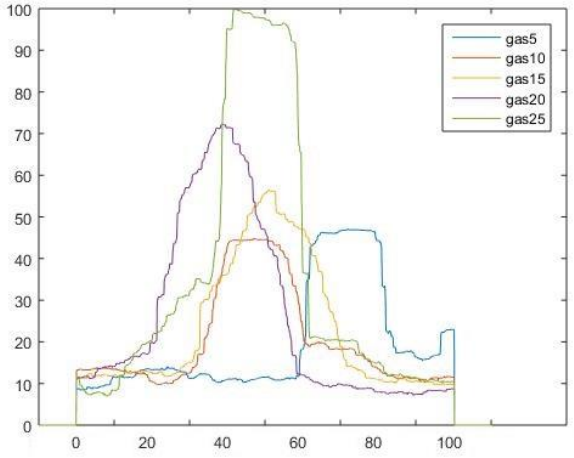
شکل ۲ : یک چرخه کامل از پله نوردی (۹)

۳. نتایج

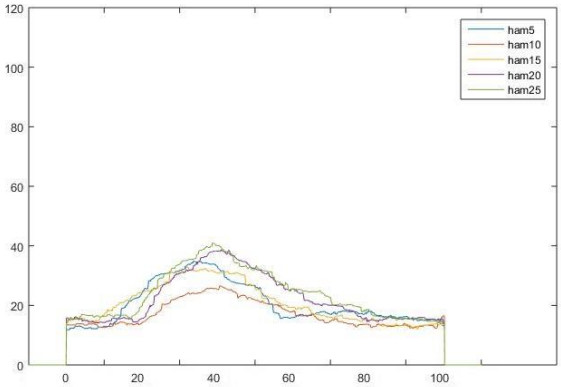
الگوهای فعال سازی عضلات مختلف در طول پله نوردی در پله هایی با ارتفاع های مختلف در شکل ۳ تا ۶ آمده است.



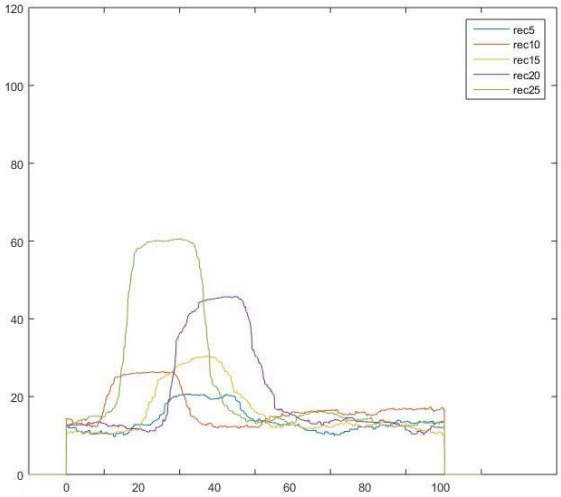
شکل ۳: الگوی فعال سازی عضله tibialis anterior



شکل ۴: الگوی فعال سازی عضله gastrocnemius



شکل ۵: الگوی فعال سازی عضله hamstring



شکل ۶: الگوی فعال سازی عضله rectus femoris

با توجه به اینکه سرعت حرکت افراد در پله ها مختلف بوده است. محل فعال سازی به نظر می رسد در ارتفاع پله ۲۵ سانتی متری در عضله tibialis anterior این عضله در هر دو مرحله ایستایش و نوسان فعال شده است در حالی که در ارتفاعات کمتر این اتفاق رخ نداده است.

با توجه به اینکه سرعت حرکت روی پله در هر فرد و در هر حرکت با هم متفاوت است، رخداد ها بعضا بر روی هم قرار نگرفته است. اما آنچه که می توان در مورد آن قضاوت کرد بیشینه RMS سیگنال الکترومایوگرافی در نمودار های میانگین بدست آمده از افراد مختلف در پله نوردی است . جدول ۱ بیشینه RMS سیگنال الکترومایوگرافی را در ۵ ارتفاع مختلف از پله و همینطور ۴ عضله اندام تحتانی نشان می دهد.

جدول ۱: بیشینه RMS سیگنال الکترومایوگرافی در پله نوردی با ارتفاعات مختلف

ارتفاع پله / عضله	tibialis anterior	Gastrocnemius	Hamstring	rectus femoris
۵ سانتی متر	38.062	46.994	34.818	20.641
۱۰ سانتی متر	37.994	44.779	26.532	26.505
۱۵ سانتی متر	56.944	56.480	32.853	30.395
۲۰ سانتی متر	46.754	72.129	38.698	45.734
۲۵ سانتی متر	65.219	99.816	40.966	60.583

بر اساس اطلاعات بدست آمده از این جدول بالاترین میزان فعال سازی در عضله gastrocnemius در ارتفاع پله ۲۵ سانتی متری و کمترین فعال سازی در عضله rectus femoris و در ارتفاع پله ۵ سانتی متری رخ داده است.

بیشینه RMS سیگنال عضله در ارتفاع پله ۵ سانتی در عضلات tibialis anterior ، gastrocnemius و hamstring از بیشینه RMS سیگنال در ارتفاع پله ۱۰ سانتی متری بیشتر است . همچنین بیشینه RMS سیگنال در عضله hamstring در ارتفاع پله ۵ سانتی متری از ارتفاع پله ۱۵ سانتی متری نیز بالاتر است.

بیشینه RMS سیگنال جز در یک مورد با افزایش ارتفاع پله افزایش می یابد. بررسی مجموع بیشینه های RMS سیگنال در چهار عضله نشان می دهد این مقدار در پله ۱۰ سانتی متری نسبت به پله ۵ سانتی متری ۳,۳۳۴ درصد کاهش داشته داشته است و فعالیت مجموع عضلات در پله ۱۰ سانتی کمتر از مجموع فعالیت در پله ۵ سانتی متری کمتر بوده است. همچنین مجموع بیشینه RMS عضلات در پله ۲۰ سانتی متری ۱۵,۰۸ درصد بیشتر از پله ۱۵ سانتی متری و در پله ۲۵ سانتی متری ۳۱,۱۱۱ درصد بیشتر از پله ۲۰ سانتی متری بوده است که بیشترین حد تغییر این کمیت در بین ارتفاع های مختلف می باشد.

این بررسی نشان می دهد مجموع بیشینه RMS سیگنال در پله هایی با ارتفاع ۲۵ سانتی متر می تواند ۹۶,۲۹ درصد بیشتر از پله هایی با ارتفاع ۱۰ سانتی متر باشد. همچنین مشخص گردید بیشترین تغییرات بیشینه RMS بین پله ۲۵ و ۱۰ متری در عضله rectus femoris با ۱۲۸,۵۷ درصد تغییر و کمترین تغییر مربوط به عضله hamstring به میزان ۵۴,۴۱ است .

۴. بحث و نتیجه گیری

این مطالعه نشان داد که میزان فعال سازی عضلات tibialis anterior ، gastrocnemius و hamstring در پله هایی با ارتفاع ۵ سانتی متر بیشتر از پله هایی با ارتفاع ۱۰ سانتی متر است و حتی در یک عضله میزان فعال سازی عضله در پله ۵ سانتی متری از پله ۱۵ سانتی متری نیز بالاتر گزارش شده است. این موضوع کاملاً منطبق بر استاندارد جهایی موجود در بحث ساخت پله ها است که ارتفاع استاندارد پله را بین ۱۰۲ تا ۱۷۸ میلی متر اعلام کرده است. همچنین با توجه به اینکه درصد افزایش فعال سازی در تغییر از ارتفاع پله ۲۰ سانتی متر به ۲۵ سانتی متر تقریباً ۲ برابر افزایش فعال سازی در تغییر از پله ۱۵ به ۲۰ سانتی متری است نشان می دهد استاندارد موجود در موضوع حداکثر ارتفاع نیز به درستی انتخاب شده است. این مطالعه همچنین بیان می کند که عموماً در پله هایی با ارتفاع ۱۰ تا ۲۵ سانتی متر فعال سازی عضلات با افزایش ارتفاع، افزایش می

یابد. به همین دلیل می توان نتیجه گرفت پله هایی با ارتفاع ۱۰ سانتی متر برای مکان هایی که مورد استفاده افراد کم توان و سالمند است مناسب تر می باشد.

این بررسی می تواند در تدوین استانداردهای ملی و بین المللی ارتفاع پله مورد استفاده قرار گیرد. بررسی های آینده در این حوزه می تواند علاوه بر بحث الکترومایوگرافی مولفه های قابل استناد از الکتروکاردیوگرافی را نیز برای بررسی وضعیت قلبی فرد در حین پله نوردی شامل شود.

در بخش نتیجه گیری، نکات مهم انجام شده در کار، به صورت خلاصه توضیح داده شوند. در پاراگراف اول این بخش (قسمت بحث)، پژوهشگر یافته های خود را با یافته های دیگر پژوهشگران مورد مقایسه قرار داده و مشخص می نماید که تا چه حد یافته های او در راستای یافته های دیگران و یا با آنها مغایر است. در پاراگراف دوم این بخش باید پیشنهادات ارائه شود.

۵. منابع

1.Boreham CA, Wallace WF, Nevill A. Training effects of accumulated daily stair-climbing exercise in previously sedentary young women. Preventive medicine. 2000;30(4):277-81.
2.Girish M, Trayner Jr E, Dammann O, Pinto-Plata V, Celli B. Symptom-limited stair climbing as a predictor of postoperative cardiopulmonary complications after high-risk surgery. Chest. 2001;120(4):1147-51.
3.Brunelli A, Al Refai M, Monteverde M, Borri A, Salati M, Fianchini A. Stair climbing test predicts cardiopulmonary complications after lung resection. Chest. 2002;121(4):1106-10.
4.Polese JC, Ribeiro-Samora GA, Lana RC, Rodrigues-De-Paula FV, Teixeira-Salmela LF. Energy expenditure and cost of walking and stair climbing in individuals with chronic stroke. Brazilian journal of physical therapy. 2017;21(3):192-8.
5.Yali H, Aiguo S, Haitao G, Songqing Z. The muscle activation patterns of lower limb during stair climbing at different backpack load. Acta of bioengineering and biomechanics. 2015;17(4).
6.Spanjaard M, Reeves ND, Van Dieën J, Baltzopoulos V, Maganaris CN. Influence of gait velocity on gastrocnemius muscle fascicle behaviour during stair negotiation. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2009;19(2):304-13.
7.Nadeau S, McFadyen BJ, Malouin F. Frontal and sagittal plane analyses of the stair climbing task in healthy adults aged over 40 years: what are the challenges compared to level walking? Clinical biomechanics. 2003;18(10):950-9.
8.Pauls JL, editor Stairways and ergonomics. ASSE Professional Development Conference and Exposition; 2006: American Society of Safety Engineers.
9.Levangie PK, Norkin CC. Joint Structure and Function: A Comprehensive Analysis: F.A. Davis Company; 2011.

دوازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran
senaconf.ir

Pattern of lower limb muscle activation during stair climbing with different height

Babak rezaee afshar [1]

[1]Ph.D in Medical Engineering, Department of Medical Engineering, Sazgar Industrial Research Center, Tehran
babak.rezaee@srbiau.ac.ir

Abstract

Objective: Understanding muscle activation patterns is necessary to identify the factors associated with joint damage and its treatment methods. In addition, recognizing and analyzing these patterns in intelligent systems help us to design and construct external skeletons.

Methods: aim of this study is evaluation the performance of lower extremity muscles during stair-climbing with different heights in order to find patterns of activation of muscles and the relation between these patterns and the height of the step. Eight volunteers climbed up the same stairs with five different heights. The electromyography signal were recorded from four lower limb muscles (gastrocnemius, tibialis anterior, hamstring, rectus femoris).

Results: The maximum RMS of muscle signal at a height of 5 cm was more than the maximum RMS signal at height of 10 cm at tibialis anterior, gastrocnemius and hamstring muscles. Also, the maximum RMS signal of hamstring muscle while climbing 5 cm stair was even so more than the maximum RMS of 15 cm.

Conclusion: The results showed that muscle activity at stairs with height less than standard level is higher than stairs within the International Standards. Also, increasing stairs height increased muscle activity. This study can be used to develop national and international standards for stairs height.

Key words: stair-climbing, electromyography, RMS, stairs height, stairs standard