



2024 (Spring), 2 (1): 13-19

DOR:

Research article

Journal of Physiology of Training and Sports Injuries

([PTSIJournal@gmail.com](mailto:PTSIJournal@gmail.com))

([zanjan.ptsjournal@iau.ir](mailto:zanjan.ptsjournal@iau.ir))

<https://sanad.iau.ir/journal/eps>

Received: 2024/5/4

Accepted: 2024/6/9

(ISSN: 3060 - 6306)

## Evaluation of different methods of lifting heavy objects by means of amplitude and frequency characteristics of electromyography signals

Bahar Kheradmand<sup>1</sup>, Arshia Mohammadkhani<sup>1</sup>, Sara Seyf<sup>1</sup>, Mahsa khalili<sup>1</sup>, Babak Rezaee Afshar<sup>2</sup>

1. B.Sc. Student of Biomedical Engineering (Bioelectric), Sciences and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2. Assistant Professor of Biomedical Engineering, School of rehabilitation, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. Corresponding Author, Email: [babak.rezaee@srbiau.ac.ir](mailto:babak.rezaee@srbiau.ac.ir)

### Abstract:

Lifting heavy objects without skill, carries a very high risk and causes injury to the back muscles. Electromyography can provide the best method of lifting heavy objects. In this study, four healthy females (1 female, 40 years old and 3 females, 20±3 years old) and six healthy men (2 men, 50±5 years old and 4 men, 20±5 years old) voluntarily participated, by obtaining four different electromyography signals. The obtained data were windowed every 15.5 seconds and the 4th order Butterworth filter was applied to the data. Then the variance, RMS and average of the data were calculated. The most muscle activation happened in performing ergonomic movement, which shows that in this case, the least pressure is applied to other muscles. Future studies can be defined on the impact of using the exoskeleton in identifying and assisting in load carrying movement.

**Keywords:** Electromyography, Lifting Heavy Objects, Ergonomics, RMS, Signal amplitude, Signal frequency.

**How to Cite:** Kheradmand, B., Mohammadkhani, A., Seyf, S., khalili, M., Rezaee Afshar, B. (2024). Evaluation of different methods of lifting heavy objects by means of amplitude and frequency characteristics of electromyography signals. Journal of Physiology of Training and Sports Injuries, 2(1):13-19. [Persian].

دوره ۲ - شماره ۱  
بهار ۱۴۰۳ - صص: ۱۳-۱۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۲/۱۵  
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۳/۲۰  
مقاله پژوهشی

## ارزیابی روش های مختلف بلند کردن اجسام سنگین به وسیله ویژگی های دامنه و فرکانس سیگنال های الکترومایوگرافی

بهار خردمند<sup>۱</sup>، ارشیا محمدخانی<sup>۱</sup>، سارا سیف<sup>۱</sup>، مهسا خلیلی<sup>۱</sup>، بابک رضایی افشار<sup>۲</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی مهندسی پزشکی، گرایش بیوالکتریک، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.  
۲. استادیار، گروه مهندسی پزشکی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)

[babak.rezaee@srbiau.ac.ir](mailto:babak.rezaee@srbiau.ac.ir)

### چکیده:

برداشتن بدون مهارت اجسام سنگین، خطر بسیار بالایی را به همراه دارد و موجب آسیب دیدگی عضلات کمر می شود. الکترومایوگرافی می تواند بهترین روش بلند کردن اجسام سنگین را ارائه کند. در این مطالعه، چهار خانم (۱ نفر، ۴۰ سال و ۳ نفر،  $20 \pm 3$  سال) و شش آقای سالم (۲ نفر،  $50 \pm 5$  سال و ۴ نفر،  $20 \pm 5$  سال) به صورت داوطلبانه با اخذ چهار سیگنال الکترومایوگرافی مختلف از برداشتن اجسام سنگین شرکت کردند. داده های به دست آمده در فاصله هر ۱۵/۵ ثانیه پنجره گذاری شدند و فیلتر باترورت مرتبه ۴ روی داده ها اعمال شد. سپس واریانس، RMS و میانگین داده ها محاسبه گردید. بیشترین فعال سازی عضله در انجام حرکت ارگونومیک اتفاق افتاد که نشان می دهد در این حالت کمترین فشار به سایر عضلات وارد می شود. مطالعات آینده می تواند روی تاثیر استفاده از اگزواسکلتون در شناسایی و کمک به حرکت حمل بار تعریف شود.

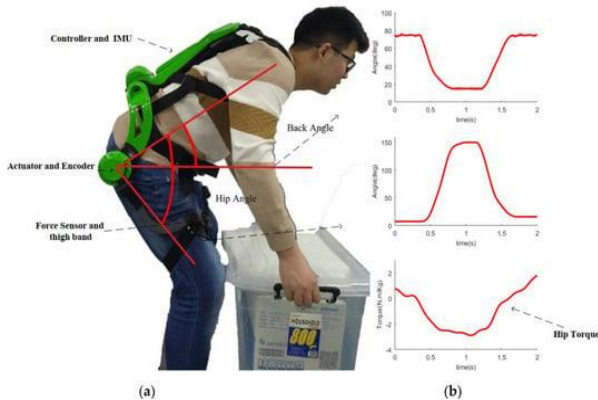
**واژگان کلیدی:** الکترومایوگرافی، برداشتن اجسام، ارگونومی، RMS، دامنه سیگنال، فرکانس سیگنال.

شیوه استناددهی: خردمند، بهار؛ محمدخانی، ارشیا؛ سیف، سارا؛ خلیلی، مهسا و رضایی افشار، بابک. ارزیابی روش های مختلف بلند کردن اجسام سنگین به وسیله ویژگی های دامنه و فرکانس سیگنال های الکترومایوگرافی. فصلنامه فیزیولوژی تمرین و آسیب های ورزشی، بهار ۱۴۰۳، ۱۳(۱): ۱۳-۱۹.

فصلنامه فیزیولوژی تمرین و آسیب های ورزشی؛ بهار ۱۴۰۳، ۱۳(۱).

## ۱. مقدمه

نیمه اسکوات به صورت متداول و توصیه شده حتی برای استفاده در سیستم های اگزواسکلتون بدن مطابق با شکل ۱ مورد استفاده است [۲].



شکل ۱. (a) نمونه اولیه اسکلت بیرونی. (b) زاویه و گشتاور خروجی لگن در طول نیمه اسکوات [۲].

در سیستم های مراقبت بهداشتی، استاندارد سازی داده ها و ضبط با کیفیت بالا برای معاینه ضروری است و با بهبود فناوری های جدید امکان استاندارد سازی بیشتری فراهم شده است. امروزه الکترومایوگرافی ابزار های دقیق دیجیتال و مبتنی بر کامپیوتر هستند و اطلاعات به دست آمده از الکترومایوگرافی امکان بهبود مطالعات تحقیقاتی را فراهم می سازد. الکترومایوگرافی شامل افزارها و نرم افزار های مختلفی است که نرم افزار آن شامل تقویت کننده، فیلتر، تجزیه و تحلیل سیگنال و تنظیمات ابزار دقیق است. بخش های دیگر آن، ذخیره سازی موقت، خط ماشه و تاخیر، میانگین گیری، الکترودهای مختلف، تکنیک های تحریک برای معاینه بهینه و استاندارد و قوانین ایمنی است که باید رعایت شوند [۷]. افزایش مقدار داده ها در تحقیقات الکترومایوگرافی تا حد زیادی اهمیت توسعه تجزیه و تحلیل داده های پیشرفته و تکنیک های یادگیری ماشین را افزایش داده است که بهتر قادر به پردازش داده های بزرگ هستند [۶]. به همین منظور، مطالعاتی با هدف مقایسه بارهای فشاری-خمشی قدامی و خلفی و بارهای کلی ستون فقرات کمری در حرکت های بلند کردن آزاد، اسکوات و خم شدن با استفاده از یک رویکرد جدید مدل سازی اسکلتی-عضلانی ستون فقرات انجام شده است. در این مطالعات شرکت کنندگان با ۵۸ نشانگر بازتابنده یکپارچه ساز با سیستم عامل مجهز شدند (شکل ۲). داده ها توسط یک سیستم ضبط حرکت نوری ۱۶ دوربینی ثبت شد. نتایج نشان داد که بلند کردن خمشی، بارهای کل و فشار کمتری را در مقایسه با بلند کردن اسکوات

الکترومایوگرافی (ای ام جی) سیگنال های زیست پزشکی هستند که تحت تاثیر قوانین فیزیولوژیکی و آناتومیکی عضلات بوده و جریان های الکتریکی تولید شده در حین انقباض عضلات را اندازه گیری و فعالیت های عصبی-عضلانی بدن انسان را نمایان می سازند. تکنولوژی الکترومایوگرافی باعث می شود که برنامه های مهندسی تولید، قابل اعتمادتر باشد [۵]. دو نوع الکترومایوگرافی سوزنی و سطحی وجود دارد. در الکترومایوگرافی سوزنی، به طور مستقیم، پتانسیل عمل یک فیبر عضلانی سنجیده می شود؛ اما در الکترومایوگرافی سطحی، طیفی از پتانسیل عمل عضله اندازه گیری می شود. محققان در تلاش هستند تا کیفیت سیگنال های به دست آمده از الکترومایوگرافی سطحی را به الکترومایوگرافی سوزنی برسانند. الکترومایوگرافی سطحی (اس ای ام جی) یک ابزار تحقیق رایج برای بررسی طیف گسترده ای از سوالات درباره چگونگی رفتار سیستم عصبی - عضلانی است. در ساده ترین حالت اس ای ام جی یک ولت متر بسیار حساس است که دیپلریزاسیون و هایپرپلریزاسیون غشای فیبر عضلانی را تشخیص می دهد. اس ای ام جی در حوزه ورزش و توانبخشی بسیار محبوب است. در این روش متغیر های مکانیکی جمع آوری شده و تجزیه و تحلیل می شوند [۸]. الکترومایوگرافی کاربرد های زیادی از جمله تجزیه و تحلیل بیماری های عصبی - عضلانی، اسکلتی، کنترل آرتروز و ارزیابی های ارگونومیک<sup>۱</sup> دارد. تکامل تکنیک های الکترومایوگرافی دارای پتانسیل های زیادی در مهندسی تولید از جمله نظارت بر خستگی ورزشکاران بر اساس ارزیابی خطر اسکلتی عضلانی حین انجام یک فعالیت، کنترل از راه دور بازوهای رباتیک و پیش بینی حرکات کارگران است [۵]. الکترومایوگرافی نقش حیاتی را به عنوان یک مولفه اساسی سیگنالینگ در بسیاری از پروتوهای مدرن ایفا می کند تا حرکات پروتوهای را کنترل کرده و همچنین حرکات دست یا انگشتان فرد را شناسایی کنند. با وجود کاربردهای زیاد سیگنال الکترومایوگرافی در مطالعات مختلف، پیچیدگی های سیگنال های غیر ثابت، چالش برانگیز است [۴].

برداشتن سریع و بلند کردن اجسام سنگین منجر به تولید یک سیگنال مایوالکترونیک بسیار فعال تر در کمر نسبت به حالت ثابت ایستاده می شود، که اگر بدون مهارت انجام شود، خطر بالایی به همراه دارد و موجب آسیب دیدگی عضلات کمر می شود. در بلند کردن این اجسام، می توان تکنیک های مختلفی را به کار برد که باعث تغییر در فرکانس خستگی عضلانی کمر می شود. تکنیک هایی نظیر خم شدن، اسکوات و

<sup>۲</sup> Myoelectric

<sup>۱</sup> Electromyography(EMG)  
<sup>۲</sup> Ergonomic

می گیرند و جلوگیری از آسیب بیشتر به بیمارانی است که دارای مشکلات عضلانی هستند.

## ۲. روش پژوهش

چهار خانم (۱ نفر، ۴۰ سال و ۳ نفر، ۲۰±۳ سال) و شش آقای سالم (۲ نفر، ۵۰±۵ سال و ۴ نفر، ۲۰±۵ سال) به صورت داوطلبانه در این آزمایش شرکت کردند. یک نفر از خانم ها، سابقه کمر درد داشت. کلیه افراد، ورزش خاصی را به صورت حرفه ای دنبال نمی کردند. همچنین ۳ نفر از آقایان و یک نفر از خانم ها دارای شاخص توده بدنی در محدوده ۳۰ کیلوگرم بر متر مربع بوده و اضافه وزن داشتند. باقی افراد دارای شاخص توده بدنی در محدوده ۲۰ کیلوگرم بر متر مربع بوده و در دامنه وزن سالم قرار داشتند.

در این مطالعه از الکترومایوگرافی سطحی با الکترودهایی از جنس نقره / نقره کلرید دارای ژل به صورت مثبت و منفی با فاصله دو سانتی متر از یکدیگر روی پوست عضله دندانهای خلفی تحتانی سمت چپ افراد استفاده شد. یکی از الکترودها به عنوان الکتروود مرجع روی استخوان ستون فقرات افراد با فاصله ۱۰ سانتی متر از دو الکتروود دیگر متصل شد.

از تمام افراد مورد مطالعه خواسته شد تا جسمی با وزن ۱۰ کیلوگرم را به ۴ روش بلند کنند. یک روش ارگونومیک، یک روش مایل به سمت چپ، یک روش مایل به راست و یک روش غیر ارگونومیک مطابق تصویر شماره ۳ اجرا شد. در تمامی روش ها، بلند کردن وزنه با ۱۰ تکرار و با فاصله ۱۰ ثانیه انجام شد. از تمام افراد خواسته شد تا پای خود را به اندازه عرض شانه باز کرده و در طول اجرای حرکت، موقعیت خود را تغییر ندهند و نفس عمیق نکشند. سرعت انجام تکرارها، در تمام روش ها، یکسان بوده و هر بار بلند کردن وزنه ۱۰ ثانیه طول کشیده است. افراد تا ۲ ساعت پیش از انجام آزمایش از خوردن و آشامیدن منع شدند. در پایان انجام هر روش به افراد ۲ دقیقه استراحت داده شده است.

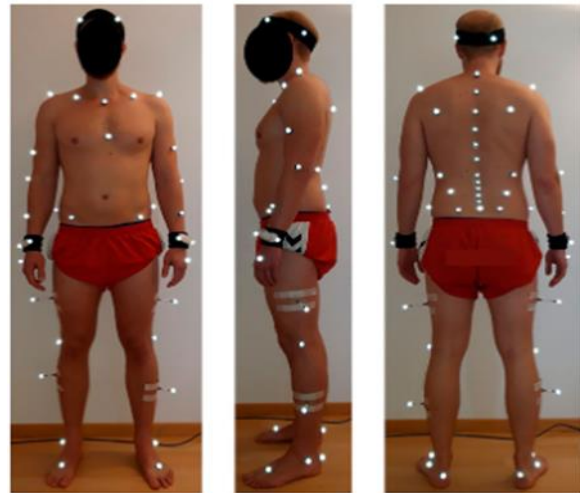


الف، ب، ج، د

شکل ۳. نحوه برداشتن اجسام در زمان داده گیری به صورت:

الف، ارگونومیک؛ ب، مایل به چپ؛ ج، غیر ارگونومیک؛ د، مایل به راست.

ایجاد می کند. علاوه بر این، بلند کردن به روش خم شدن به طور کلی منجر به بارهای برشی بالاتر می شود [۸].



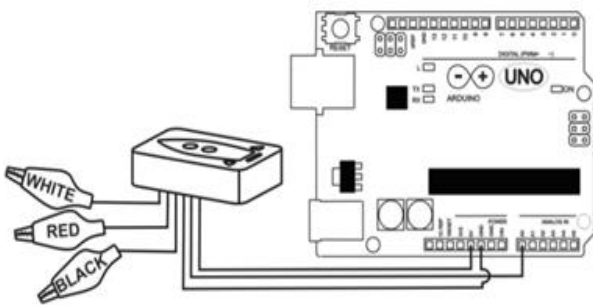
شکل ۲. قرار دادن نشانگرهای پوستی (تگ های ای ار) [۸]

اندازه گیری بیومپدانس عضلات، اطلاعات مفیدی در مورد انقباضات ارائه داد. استفاده از یک جریان تحریک فرکانس بالا، تمایز قابل اعتمادی بین اطلاعات واقعی و اختلالات را ممکن ساخت. با ترکیب الکترومایوگرافی و اندازه گیری های بیومپدانس، انقباض عضلانی را می توان با اطمینان بیشتری تشخیص داد. این تنظیمات را می توان برای پروتوزها و بسیاری دیگر از عملکردهای انسان و رایانه به کار برد [۳].

کار ارائه شده در این مقاله، ارزشیابی روش های مختلف برداشتن اجسام سنگین از روی زمین با استفاده از سیگنال های الکترومایوگرافی به منظور تشخیص نیروی انقباض عضله هنگام قرار گرفتن در وضعیت تحت فشار و عکس العمل عضله در حین انجام فعالیت است. همچنین اطلاعاتی برای جلوگیری از آسیب های احتمالی عضلات کمر هنگام برداشتن اجسام ارائه شده است. هدف این تحقیق، ثبت سیگنال الکترومایوگرافی در زمان بلند کردن یک جسم به منظور کشف بهترین حالت ممکن بلند کردن جسم مبتنی بر ویژگی های زمان فرکانسی سیگنال و همین طور کشف بهترین ویژگی سیگنال که می تواند بهتر از دیگر ویژگی ها اقدام به نمایش تفاوت های روش های مختلف انجام کار نماید، است. نتایج این کار در نهایت به آموزش مهارت های صحیح جابجایی اجسام سنگین به افرادی که به وفور در این موقعیت ها قرار



شکل ۵- محل الکترودها برگرفته از وبسایت seniam



شکل ۴- نحوه اتصال چیپست به آردوینو

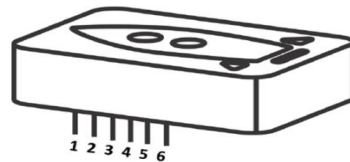
سپس با استفاده از نرم افزار ثبت داده (سریال اوسیلوسکوپ) فرایند داده گیری آغاز و باند ریت روی نرخ ۱۱۵۲۰۰ تنظیم شد. این داده ها به صورت شماتیکی در نرم افزار نمایش داده شده و در عین حال به صورت مقادیر عددی باینری در نرم افزار اکسل و در رایانه به صورت فایل استاندارد CSV ثبت می شوند. پس از فرایند داده گیری و ثبت سیگنال، پردازش، حذف نویز و طبقه بندی داده های اندازه گیری شده توسط برنامه متلب نسخه ی R2023b انجام شد. برای حذف حداکثری نویزها و اصلاح طیف فرکانسی سیگنال ورودی، استفاده از فیلترها مطلوب خواهد بود. در این مطالعه، از یک نوع فیلتر میان گذر دیجیتال به نام فیلتر باترورت مرتبه چهار بهره برده ایم. برای سیگنال الکترومایوگرافی، حداقل فرکانس ۲۰ هرتز و حداکثر فرکانس ۴۵۰ هرتز انتخاب شد و نرخ نمونه برداری مناسب جهت نمونه برداری ۱۰۰۰ هرتز مناسب می باشد. عملکرد محاسباتی انجام شده روی سیگنال، توسط فیلتر باترورت مطابق با فرمول شماره ۱ است.

$$(1) \quad H(j\omega) = \frac{1}{\sqrt{1+e^{2\left(\frac{\omega}{\omega_p}\right)^{2n}}}}$$

در رابطه شماره ۱، n نشان دهنده مرتبه فیلتر،  $\omega$  برابر  $\pi f$  و  $\omega_p$  برابر با بیشینه بهره باند عبور می باشد.

برای داده گیری، از سه ابزار میکروپروسسور آردوینو، سابل مدل S-EMG، لپتاپ، سیم های بردبردی، الکترودهای چسبی نقره، گیره های سوسماری کوچک سیم دار با سوکت اتصال به ماژول استفاده شد.

ماژول سابل S-EMG دارای محدوده فرکانسی ۱۰ تا ۵۰۰ هرتز با حداقل نویز ممکن است. از این ابزار برای سیگنال ها از جمله سیگنال الکترومایوگرام استفاده می شود. بهره این ماژول ۸۸۰ است و با ۵ ولت جریان مستقیم تغذیه می شود. ماژول سابل دارای ۶ پایه است که ۳ پایه اول آن برای اتصال ماژول به بدن و ۳ پایه انتهایی آن برای اتصال ماژول به میکروپروسسور آردوینو می باشد. این سابل امکان دریافت، تقویت و ارسال سیگنال نوار عصب و عضله را فراهم می کند. پایه های سابل به ترتیب (از بالای نماد موشک به سمت پایین) مطابق شکل ۴ شامل الکتروده مرجع (۱)، الکتروده شماره یک (۲)، الکتروده شماره دو (۳)، اتصال زمین (GND) (۴)، سیگنال خروجی (۵) و منبع تغذیه (۶) است.



شکل ۴. نمای سابل و شماره گذاری پایه های آن

برای شروع داده گیری، جهت پیشگیری از تاثیر گذاری نویز برق شهر بر سیگنال، تلاش شد تا ماژول حداکثر فاصله را از کابل های برق شهر داشته باشد. سپس با استفاده از دستمال مرطوب ناحیه عضله جمع کننده ستون فقرات<sup>۱</sup> را کمی ساینده و تمیز کردیم تا مقاومت پوست را به حداقل برسانیم. این عضله در دو طرف فزونه های خاردار مهره ها قرار دارند و در سراسر نواحی کمری، سینه ای و گردنی گسترش یافته اند. الکترودهای چسبی نقره کلرید را با فاصله ۲ سانتی متر به صورت عمودی و زیر هم روی عضله کمر مطابق با استاندارد seniam طبق شکل ۵ چسباند و یک الکتروده چسبی هم به عنوان الکتروده مرجع روی ستون فقرات با فاصله ۱۰ سانتی متر از دو الکتروده دیگر متصل شد.

پایه ابتدایی ماژول از سمت بالای نماد موشک، به ترتیب، به الکتروده مرجع روی ستون فقرات (سیم سفید) و پایه های دوم و سوم به دو الکتروده روی عضله دندانان ای خلفی (سیم سوسماری قرمز به الکتروده بالایی و سیم سوسماری مشکی به الکتروده پایینی) متصل شدند. سه پایه انتهایی سابل به میکروپروسسور آردوینو با استفاده از سیم های برد بردی نری - مادگی متصل شدند. پایه شماره ۴ از سمت بالای نماد موشک به زمین، پایه شماره ۵ ماژول به سیگنال خروجی و پایه شماره ۶ ماژول به قسمت تغذیه ۵ ولت آردوینو مطابق شکل ۴ متصل شدند. آردوینو داده های آنالوگ بین ۰ تا ۵ ولت را به داده های دیجیتال باینری تبدیل می کند.

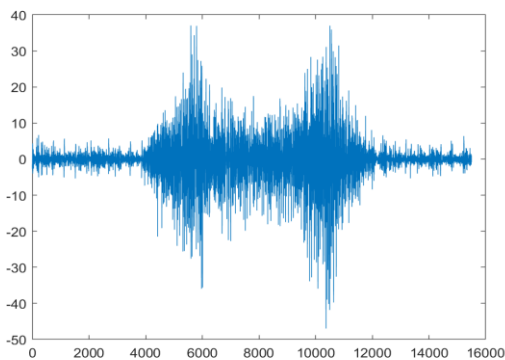
<sup>۱</sup> Erector spine



است زیرا نشان دهنده میزان درگیری عضلات حین بلند کردن وزنه است. هرچقدر این مقدار بیشتر باشد، نشان می دهد که عضلات کمر تحت فشار بیشتری بوده اند. بر اساس این جدول RMS ارگونومیک برای تمام افراد ۴/۲۷۸ و واریانس ارگونومیک برای تمام افراد ۱/۹۰۸ به دست آمد. مقدار RMS چپ، ۱/۵۶۶ است و کمترین مقدار را در میان RMS های روش های دیگر به خود اختصاص داده است. تقریباً در تمامی افراد RMS چپ از سایرین کمتر بود. RMS ارگونومیک در تمام افراد بیشترین میزان بوده و میانگین مقدار آن در ده نفر، برابر با ۴/۲۷۸ است، در حالی که RMS راست و جلو به ترتیب برابر با ۳/۲۲۳ و ۳/۶۸۲ بود. این داده ها بر اساس داده های الکترومایوگرافی مربوط به چهار حرکت بدست آمده است. نمونه ای از داده های الکترومایوگرافی خام مربوط به حرکت ارگونومیک در شکل ۵ ارائه شده است.

جدول ۱. نتایج حاصل از داده ها برای تمامی افراد شرکت کننده در مطالعه

RMS چپ	RMS جلو	RMS راست	RMS ارگونومیک	فرد
1.49±0.01	4.11±0.03	4.51±0.03	5.34±0.1	اول
1.17±0.005	3.48±0.03	3.04±0.02	4.43±7.87	دوم
1.26±0.03	2.9±0.03	2.34±0.09	4.01±8.35	سوم
1.58±0.76	3.82±0.04	3.9±3.01	3.9±0.03	چهارم
1.06±0.23	4.05±0.07	3.2±0.06	3.98±2.36	پنجم
2.72±0.06	4.93±0.05	4.46±0.01	5.61±0.03	ششم
2.25±0.02	5.21±5.66	4.36±0.07	5.28±0.08	هفتم
1.76±0.2	2.99±0.02	2.44±0.14	4.07±0.23	هشتم
1.58±0.05	3.29±0.01	2.55±0.04	3.84±0.01	نهم
0.79±0.004	2.04±0.04	1.53±0.04	2.32±0.02	دهم
1.566±0.13	3.682±0.59	3.233±0.34	4.278±1.90	میانگین



شکل ۵. نمونه ای از داده های الکترومایوگرافی مربوط به حرکت ارگونومیک

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده مشخص می شود که دامنه متوسط سیگنال الکترومایوگرافی که از بررسی میانگین RMS و واریانس بدست آمده بود

پس از مراحل مرتب سازی و فیلتر گذاری داده ها، به پنجره گذاری داده ها می پردازیم. هر یک بار عمل برداشتن جسم و گذاشتن آن روی زمین شامل ۱۵۵۰۰ داده است و انجام این حرکت ۱۵/۵ ثانیه به طول می انجامد. بنابراین سیگنال اندازه گیری شده با حد فاصل ۱۵۵۰۰ داده پنجره گذاری می شوند. این فرایند پنجره گذاری را برای تمام روش های مختلف بلند کردن جسم شامل روش ارگونومیک، روش مایل به سمت چپ، روش مایل به راست و روش غیر ارگونومیک پیاده سازی می کنیم که با توجه به طول داده، هر روش با ۱۰ پنجره تقسیم بندی می شود.

پس از انجام فرایند داده گیری و فیلتر کردن سیگنال ها، برای تفکیک الگوی سیگنال، به استخراج ویژگی می پردازیم. در این قسمت ما از ۳ ویژگی متداول آماری استفاده کرده ایم. ابتدا، RMS، که نشان دهنده قدرت سیگنال های الکترومایوگرافی مربوط به انقباض بدون خستگی و سایر نیروهای مؤثر بر عضلات است و برابر با جذر میانگین مربع ها می باشد، استخراج می شود. به RMS مقدار مؤثر نیز گفته می شود و فرمول آن به صورت زیر است.

$$(۲) \quad RMS = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n}}$$

میانگین، در واقع تعداد داده های مورد نظر را باهم جمع کرده و سپس بر تعداد آن تقسیم می کند تا محدوده ای از داده ها مشخص شود که در فرمول شماره ۳ نمایش داده شده است.

$$(۳) \quad MEAN = \frac{\sum x_i}{n}$$

واریانس، میزان انحراف معیار را نشان داده و نوعی شاخص پراکندگی است. این ویژگی میزان فاصله داده ها با میانگین را به نمایش می گذارد و نحوه محاسبه آن به صورت رابطه ۴ خواهد بود.

$$(۴) \quad \sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

مراحل فوق برای تمامی حرکات هر نفر تکرار شد. برای تمامی روش های بلند کردن اجسام، میانگین و واریانس RMS همان روش بلند کردن به صورت اختصاصی برای هر فرد محاسبه شد. میانگین مقدار RMS بدست آمده از هر پنجره را برای محاسبه مقدار RMS کل داده ها، بدست می آوریم. علاوه بر میانگین RMS، میانگین واریانس را نیز برای داده های یک فرد در تمام پنجره ها محاسبه می کنیم. روند مذکور برای داده گیری و پردازش داده ها برای تمامی افراد شرکت کننده در آزمون تکرار می شود. بدین ترتیب تمامی حرکات توسط هر یک از افراد اجرا شد. داده های بدست آمده از محاسبات فوق الذکر توسط نرم افزار اکسل مرتب و در یک جدول جامع ارائه شد.

#### ۳. یافته ها

بر اساس روند ذکر شده در بخش مواد و روش ها، نتایج این مطالعه مطابق با جدول ۱ خواهد بود. مقدار RMS حرکات برای ما حائز اهمیت

[6] Phinyomark, A., & Scheme, E. (2018). EMG pattern recognition in the era of big data and deep learning. *Big Data and Cognitive Computing*, 2(3), 21.

[7] Tankisi, H., Burke, D., Cui, L., de Carvalho, M., Kuwabara, S., Nandedkar, S. D., Rutkove, S., Stålberg, E., van Putten, M. J., & Fuglsang-Frederiksen, A. (2020). Standards of instrumentation of EMG. *Clinical neurophysiology*, 131(1), 243-258.

[8] Vigotsky, A. D., Halperin, I., Lehman, G. J., Trajano, G. S., & Vieira, T. M. (2018). Interpreting signal amplitudes in surface electromyography studies in sport and rehabilitation sciences. *Frontiers in physiology*, 9, 85.

[9] von Arx, M., Liechti, M., Connolly, L., Bangerter, C., Meier, M. L., & Schmid, S. (2021). From stoop to squat: A comprehensive analysis of lumbar loading among different lifting styles. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 9, 1070.

به وضعیت برداشتن جسم بسیار حساس است. همچنین مشخص گردید که پراکندگی داده های بدست آمده برای افراد مختلف ناچیز بوده و داده ها از قابلیت اطمینان و دقت بالایی برخوردارند. در انجام حرکت ارگونومیک، بیشترین میزان فشار روی عضلات کمر را شاهد هستیم. همچنین این فشار برای فرد ششم نسبت به سایرین بیشتر بوده است. زیرا این فرد بیشترین سن را در میان سایر افراد داشته و دارای سابقه طولانی مدت مصرف دخانیات است. با توجه به نتایج، عضلات سمت مخالف دست باربر فعالیت بیشتری از خود نشان دادند که نشانگر فعالیت بیشتر آن عضله است. همچنین مشخص گردید که در زمان حرکت ارگونومیک برداشتن وسیله، عضلات کمری بیشتر فعال می شوند که نشان می دهد عضلات با فعالیت خود درصدد کاهش فشار وارده بر بقیه نسوج بوده و به نظر می رسد در این حالت بافت های دیگر بدن نیروی کمتری را تحمل خواهند کرد. در حالی که حرکت غیر ارگونومیک با کاهش ۱۵ درصدی فعالیت عضله کمری و به تبع آن، افزایش فشار بر روی ارگان های مختلف از جمله ستون فقرات همراه است. علیرغم این که در برخی از مطالعات و به طور مثال در مطالعه نیکولاس بی و همکاران [۱] در سال ۲۰۲۲ که روی حرکت اسکوات و انواع آن بررسی شده بود، روند مشخص و واضحی برای کشف بهترین حالت برداشتن اجسام ارائه نشده است، در این مطالعه، مشخص گردید که تفاوت معنی داری بین فعالسازی عضلات در حرکت های مختلف وجود دارد. همچنین این نتایج قابلیت استفاده در ابزارهای کمکی مانند اگزواسکتون ها را بیش از پیش آشکار می کند و مطالعات آینده می تواند روی تاثیر استفاده از اگزواسکتون در شناسایی و کمک به حرکت حمل بار تعریف شود.

## تضاد منافع

نویسندگان اعلام می دارند که هیچ گونه تضاد منافی در پژوهش وجود ندارد.

## منابع

[1] Washmuth, N. B., McAfee, A. D., & Bickel, C. S. (2022). Lifting techniques: why are we not using evidence to optimize movement? *International Journal of Sports Physical Therapy*, 17(1), 104.

[2] Wei, W., Zha, S., Xia, Y., Gu, J., & Lin, X. (2020). A hip active assisted exoskeleton that assists the semi-squat lifting. *Applied Sciences*, 10(7), 2424.

[3] Kusche, R., & Ryschka, M. (2019). Combining bioimpedance and EMG measurements for reliable muscle contraction detection. *IEEE Sensors Journal*, 19(23), 11687-11696.

[4] Marinelli, A., Boccardo, N., Semprini, M., Succi, A., Canepa, M., Stedman, S., Lombardi, L., Bellingegni, A. D., Chiappalone, M., & Gruppioni, E. (2021). Miniature EMG sensors for prosthetic applications. 2021 10th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering (NER).

[5] Olmo, M. d., & Domingo, R. (2020). EMG characterization and processing in production engineering. *Materials*, 13(24), 5815.