

Research Paper:

Comparison of Electromyography Activity of Abdominal Muscles and Hamstrings in Women With Low Back Pain During Different Lifting Positions

*Faezeh Zandi¹, Hamideh Khodaveisi²

1. Department of Sports Biomechanics, Faculty of Humanities, Hamadan Branch, Islamic Azad University, Hamadan, Iran.

2. Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Humanities, Hamadan Branch, Islamic Azad University, Hamadan, Iran.



Citation: Zandi F, Khodaveisi H. [Comparison of Electromyography Activity of Abdominal Muscles and Hamstrings in Women With Low Back Pain During Different Lifting Positions (Persian)]. Journal of Sport Biomechanics. 2021; 7(3):226-237. <http://dx.doi.org/10.32598/biomechanics.7.3.328.1>

doi <http://dx.doi.org/10.32598/biomechanics.7.3.328.1>



ABSTRACT

Article Info:

Received: 30 Sep 2021

Accepted: 20 Oct 2021

Available Online: 01 Dec 2021

Keywords:

Electromyography,
Abdominal muscles,
Hamstring muscles,
Lifting load

Objective back pain is one of the most common health problems in different societies, especially in industrialized countries. This study aimed to compare the electromyography activity of abdominal muscles and hamstrings in women with low back pain in different lifting positions.

Methods The present study was a quasi-experimental and laboratory study. The statistical sample consisted of 10 women with back pain and 10 healthy women for whom using 16-channel EMG system and surface electrode, electromyography activity of the right muscles (Rectus Abdominis, Internal Abdominis, External Abdominis, and Biceps Femoris muscle and semitendinosus) while lifting with three Squat, Stoop and freestyle methods were recorded. Data analysis was performed using SPSS software. Analysis of variance was performed by repeated measures and independent t-test at a significant level ($P \leq 0.05$).

Results In the stage of lifting weight, the Internal Abdominalis muscle, healthy individuals were more active in the squat technique than in Frees and Stoops, and the patients, Semitendinosus muscle was less involved in the freestyle technique than in the squat technique, but in lowering, weight Semitendinosus muscle of back-pain patients showed more activity in freestyle technique.

Conclusion In the present study, the freestyle method in patients with back pain is safer for lifting the load than the other two methods. Also, for sports rehabilitation in people with back pain, special attention should be paid to the role and strengthening of the hamstring muscles so that the patient has better performance for lifting activities.

Extended Abstract

1. Introduction

B

ack pain is one of the most common musculoskeletal lesions with a relatively high prevalence in different communities.

About 70 to 80 percent of people develop back pain at least once in their lifetime [1]. Back pain is a pathological condition that causes a sense of movement

and seems to interfere with a person's functioning [2]. Most musculoskeletal disorders, such as back pain, result from manual load-bearing activities (especially lifting) [3].

Lifting the load is a complex dynamic task that involves the upper and lower limbs in addition to the spine. Because weightlifting is associated with back pain, many studies have been performed to prevent back pain in the spine [4-6]. Splitocher et al. studied the loading of the spine while lifting objects in a kneeling posture. The results of this study showed

* Corresponding Author:

Faezeh Zandi

Address: Department of Sports Biomechanics, Faculty of Humanities, Hamadan Branch, Islamic Azad University, Hamadan, Iran.

Tel: +98 (935) 2501030

E-mail: faezehzandi176@yahoo.com

the weight and the weight and the final height of the load influence the vertical, anterior-posterior, and lateral shear forces on the spine [7].

There are several ways to lift a load. Previous studies have not identified which method is best for patients with back pain [8]. Therefore, it is necessary to study the activity of abdominal muscles and hamstrings in healthy women and women with back pain in three situations by focusing on electromyography.

2. Materials and Method

This study was a quasi-experimental and laboratory study. The statistical sample included 10 women with back pain and 10 healthy women. These subjects had no history of injuries and skeletal abnormalities, which the New York test evaluated. Healthy and sick individuals were selected homogeneously in height, weight, and Body Mass Index (BMI) [9].

The technique of maximum voluntary contraction was used to normalize the data. In this study, subjects performed lifting in two positions of lifting and lowering the load in front of the body (5% of body weight per person) using Squat, stoop, and freestyle techniques [10].

The speed of movement was adjusted using a metronome. Lifting the load, holding the load, the lowering and pause time was performed for 2 seconds. This cycle continued until 5 repetitions of lifting and 5 repetitions of lowering. The rest time between techniques was 1 minute [11-14].

A 16-channel ME6000 electromyograph with a sampling frequency of 2000Hz was used to record muscle activity. And 5 muscles were selected for sampling. After the skin

was prepared, the electrode operation was performed using disposable adhesive surface electrodes of Ag-AgCl according to the European protocol [15]. Data analysis was performed using SPSS software, and statistical tests of analysis of variance were performed by repeated measures and independent t-test at a significant level ($P \leq 0.05$).

3. Results

According to the results of the t-test, the muscle electromyographic activity (MVIC) during lifting in the freestyle technique of biceps and hamstrings was more intense in back pain people than healthy people. The intensity of activity of the hamstrings was higher in people with back pain than in healthy people in squats, and the intensity of internal oblique and hamstring muscles in people with back pain was higher than in healthy people in the stoop.

In the three postures, the external oblique muscles of people with back pain were more active in the lifting phase than the healthy individuals in squats than the freestyle and stoop. In healthy people, the intensity of biceps and semitendinosus activity was less active in freestyle than in squats and stoops. In contrast, the intensity of semitendinosus activity in patients with freestyle showed a less significant difference than the other two techniques.

In healthy people and people with low back pain in the load lifting stage in three positions: RAB: Rectus Abdominis, EAB: External Abdominis, IAB: Internal Abdominis, BF: Biceps Femoris muscle, ST: Semitendinosus

The intensity of electrical activity of MVIC muscles in healthy people and people with back pain in the load lowering stage was such that the activity of internal abdominal muscle of healthy people in freestyle was less than squat. In

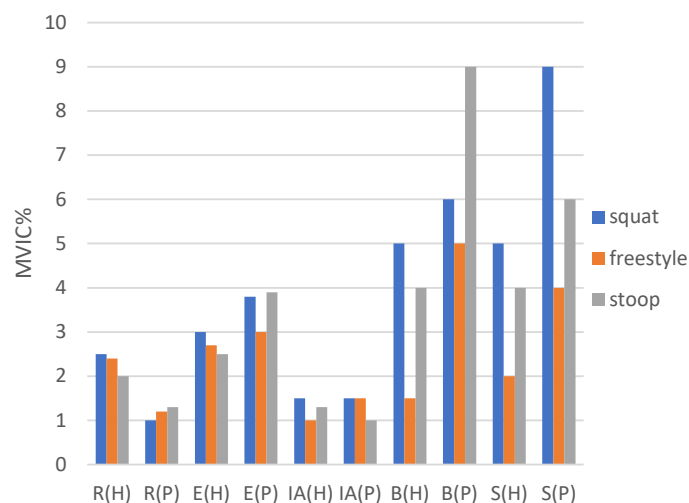


Figure 1. Intensity of muscle activity

people with back pain, the activity of the internal abdominal muscle in stoop was less than in freestyle and squat, and the activity of biceps in healthy people and people with back pain in freestyle was less than in squat and stoop.

4. Conclusion

The results showed the intensity of muscle activity in healthy people and people with back pain during load lifting in freestyle, biceps, and semitendinosus in people with back pain showed more activity than healthy people (Figure 1).

This study obtained favorable results from the intensity of muscle activity in healthy people and people with back pain in the stage of lifting and lowering the load in three positions. In comparing these techniques, the difference in their movement pattern should not be ignored. In the squat technique, the reason for the increase in lumbar flexion in inactive tissues is the participation in creating extensor torque to affect the intensity of muscle activity.

The squat technique puts the most pressure on the lumbar vertebrae, and in sick people, the muscles may work differently to reduce the pain [16, 17]. In the squat technique, the person tries to minimize the flexion of the lumbar vertebrae by bending the knees and lowering the center of gravity, which reduces the loads on the spine more than the other two methods [18].

It is recommended that patients with back pain use the freestyle method that causes the slightest pressure and pain in the lumbar region. In sports rehabilitation of people with back pain, special attention should be paid to the role and strengthening of the hamstring muscles so that the patient has a better performance for lifting activities.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All ethical principles are considered in this article. The participants were informed about the purpose of the research and its implementation stages. They were also assured about the confidentiality of their information and were free to leave the study whenever they wished, and if desired, the research results would be available to them.

Funding

This research did not receive any grant from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

Authors' contributions

All authors equally contributed to preparing this article.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

مقاله پژوهشی:

مقایسه فعالیت الکترومایوگرافی عضلات شکمی و همسترینگ در زنان دچار کمردرد طی وضعیت‌های مختلف بلند کردن بار

*فائزه زندی^۱، حمیده خداویسی^۲

۱. گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.
 ۲. گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.

حکیده

هدف: کمردرد یکی از شایع‌ترین معضلات بهداشتی جوامع مختلف دنیا، به‌ویژه در کشورهای صنعتی است. هدف از این تحقیق، مقایسه فعالیت الکترومایوگرافی عضلات شکمی و همسترینگ در زنان دچار کمردرد طی وضعیت‌های مختلف بلند کردن بار بود.

روش‌ها: مطالعه حاضر از نوع نیمه‌تجربی و آزمایشگاهی انجام شد. نمونه آماری شامل ده زن دچار کمردرد و ده زن سالم بودند با استفاده از سیستم EMG شانزده کاناله و الکتروود سطحی فعالیت الکترومایوگرافی عضلات سمت راست (راست شکمی، مورب داخلی، مورب خارجی، دو سر رانی و نیم وتر) در طی بلند کردن بار با سه روش اسکات و استوپ و فری استایل ثبت شد. تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SPSS آزمون‌های آنالیز واریانس با اندازه‌گیری تکراری و تی مستقل در سطح معناداری ($P \leq 0.05$) انجام شد.

یافته‌ها: در مرحله بالا بردن بار عضله مورب داخلی افراد سالم در تکنیک اسکات فعالیت بیشتری نسبت به فری و استوپ داشت و عضله نیم وتر افراد بیمار در تکنیک فری فعالیت کمتری نسبت به اسکات داشت، اما در مرحله پایین آوردن بار عضلات نیم وتر افراد بیمار دچار درد کم در تکنیک فری استایل فعالیت بیشتری نشان داد.

نتیجه‌گیری: در پژوهش حاضر، روش فری استایل در بیماران مبتلا به درد کم روش ایمن‌تری جهت برداشتن بار نسبت به دو روش دیگر است. همچنین باید برای بازتوانی ورزشی در افراد دچار درد کم به نقش و تقویت عضلات همسترینگ توجه خاصی شود تا فرد بیمار عملکرد بهتری برای فعالیت‌های برداشتن بار داشته باشد.

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۰۸ مهر ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۲۸ مهر ۱۴۰۰

تاریخ انتشار: ۱۰ آذر ۱۴۰۰

کلیدواژه‌ها:

الکترومایوگرافی،
 عضلات شکمی، عضلات
 همسترینگ، بلند
 کردن بار

حرکتی می‌شود، بلکه به نظر می‌رسد در عملکرد فرد اختلال ایجاد می‌کند [۴].

در فرایند بلند کردن بار و خم شدن به سمت جلو، تنه در جلوی ستون فقرات کمری قرار می‌گیرد که سبب تولید نیروهای فشاری و برشی روی دیسک می‌شود. به علاوه، تحمل هر شخص برای بار دریافتی روی ستون فقرات به مواردی، مانند وضعیت اندامی جنسیت، سن و سال میزان بار اعمالی و تغییرات آناتومیکی فرد بستگی دارد [۵].

بلند کردن بار، تکلیف دینامیکی پیچیده‌ای است که علاوه بر ستون فقرات، اندام فوقانی و تحتانی را نیز درگیر می‌سازد. از آنجا که بلند کردن بار مرتبط با بروز کمردرد است؛ بنابراین مطالعات بسیاری با هدف جلوگیری از کمردرد روی ستون فقرات انجام شده است [۶-۸]. چوبو در سال ۱۹۹۹، فعالیت عضلات تنه را

کمردرد یکی از شایع‌ترین ضایعات اسکلتی عضلانی شناخته شده است که در جوامع مختلف از شیوع نسبتاً بالایی برخوردار است. مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد مردم حداقل یک‌بار در طول زندگی خویش به کمردرد مبتلا می‌شوند [۱]. مطالعات نشان می‌دهد که عمده اختلالات اسکلتی عضلانی مانند کمردرد، از فعالیت‌های حمل دستی بار (مخصوصاً بلند کردن بار) ناشی می‌شود [۲].

برخی محققان نشان دادند که تغییر و افزایش در الگوی فعالیت عضلات مختلف ناحیه تنه و در نتیجه افزایش بارهای وارده بر مفاصل این ناحیه می‌تواند باعث تغییر در وضعیت تعادلی شود [۳]. کمردرد وضعیتی پاتولوژیکی است که نه تنها باعث حس

* نویسنده مسئول:

فائزه زندی

نشانی: همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، دانشکده علوم انسانی، گروه بیومکانیک ورزشی.

تلفن: ۲۵۰۱۰۳۰ (۹۳۵) +۹۸

رایانامه: faezehzandi176@yahoo.com

بود. این در حالی بود که در وضعیت نشسته روی صندلی میزان فعالیت عضله عرضی شکمی در گروه تفاوت معناداری نداشت. این مطالعه نشان داد هر چه سطح بی ثباتی بیشتر می شد، عملکرد عضله عرضی شکمی چه در افراد سالم و چه در افراد مبتلا به کمردرد افزایش می یافت [۱۴].

برداشتن بار برای افراد دچار کمردرد یک چالش بزرگ است. روش های مختلفی برای بلند کردن بار وجود دارد. در مطالعات قبلی مشخص نشده که کدام روش بهترین روش ممکن برای بیماران دچار کمردرد است [۱۵] و اینکه چه عضلاتی در بیماران دچار کمردرد می توانند به عنوان کمک کننده وارد فرایند حمل دستی بار (مخصوصاً بلند کردن بار) شوند تا بیماران دچار کمردرد عملکرد بهتر یا درد کمتری را تحمل کنند. بدین سبب ضروری به نظر رسید مطالعه با تمرکز بر الکترومایوگرافی به بررسی مقایسه فعالیت عضلات شکمی و همسترینگ در زنان سالم و کمردردی در وضعیت های سه گانه پرداخته شود.

روش شناسی

این پژوهش ماهیت نیمه تجربی و آزمایشگاهی داشته و جامعه آماری این پژوهش همه زنان دچار کمردرد مزمن غیر ترومایی بودند. نمونه آماری شامل ده زن دچار کمردرد و ده زن سالم بود. این آزمودنی ها فاقد سابقه آسیب دیدگی و ناهنجاری های اسکلتی عضلانی بودند که توسط آزمون نیویورک ارزیابی شدند. همه افراد شرکت کننده در دامنه سنی ۵۵-۲۵ سال بودند. افراد سالم هنگام پژوهش هیچ گونه کمردردی نداشته و در طول یک سال گذشته هیچ گونه واقعه ای از کمردرد که بیش از سه ماه طول کشیده باشد یا کمردردهایی که حالت رفت و برگشت مکرر داشته باشند، گزارش نکردند و همچنین افراد سالم و دچار کمردرد از نظر قد، وزن، جنس و شاخص توده بدنی و... به صورت همگن انتخاب شدند [۱۶].

معیارهای انتخاب افراد مبتلا به کمردرد به این صورت بود که طبق دامنه سنی مذکور انتخاب شدند، دوره کمردرد دوازده هفته ای در بیماران بدون انتشار علائم به زیر ناحیه گلو تئال بود و Vsa کمتر از چهار در روز شرکت در پژوهش حاضر [۱۷] به جز این موارد افراد از پژوهش حذف می شدند.

قبل از انجام آزمون، تمام اهداف و روش پژوهش به آزمودنی ها، اعم از افراد سالم و بیماران مبتلا به کمردرد به طور شفاف توضیح داده شد و در نهایت رضایت نامه آگاهانه مکتوب از آزمودنی ها اخذ شد و به آنها اطمینان داده شد که اطلاعات شخصی پرونده پزشکی بیماران کاملاً محرمانه باقی خواهد ماند و در هر مرحله پژوهش می توانند از ادامه همکاری خودداری کنند و از نظر اقتصادی برای داوطلبین هزینه ای نداشت و همگی اطلاعات اولیه و ارزیابی اولیه را تکمیل نکردند.

به صورت دو طرفه با استفاده از الکترومایوگرافی در افراد سالم و مبتلا به کمردرد مقایسه کردند. در این تحقیق، فعالیت عضلات هنگام حفظ بارهای کم و متوسط و سنگین در وضعیت های صاف و خمیده تنه و زانو ثبت شد. آنان افزایش معناداری در میزان فعالیت عضله ارتکوزاسپاین و مایل خارجی شکمی و لیتموس دورسی در گروه مبتلا به کمردرد نسبت به افراد سالم یافتند [۹].

بایراموقلو و همکاران، با مطالعه روی ۲۵ زن بیمار مبتلا به کمردرد مزمن و بیست زن سالم نشان دادند که قدرت عضلات فلکسور تنه در بیماران مبتلا به کمردرد مزمن نسبت به افراد سالم به طور معناداری کاهش یافته، در حالی که اختلاف معناداری بین نسبت قدرت عضلات فلکسور به اکستانسور در گروه سالم و کمردرد یافت نشد [۱۰].

مایتی و همکاران، به مطالعه تغییرات اوج قدرت ایزومتریک و فعالیت الکترومایوگرافی در شبیه سازی میدانی وضعیت های بلند کردن بار پرداختند و نتایج حاصل از بررسی آن ها این بود که پوسچرهای نامتقارن، به کارگیری بسیار بالایی از فعالیت عضلات را منجر شده و خطر آسیب به همراه دارند [۱۱].

جاکوبس و همکارانش، با هدف بررسی الگوی فعالیت و هماهنگی عضلانی، واکنش زمانی و سطح عضلات تنه و اندام تحتانی ۴۲ فرد مبتلا به کمردرد مزمن و دوازده فرد سالم را روی صفحه متحرک به هنگام اغتشاش بررسی کردند. نتایج نشان داد که عضلات مایل داخلی هر دو طرف و گاسترو کنمیوس داخلی سمت چپ در افراد مبتلا به کمردرد به طور معناداری در فاز اولیه اغتشاش با درصد کمتری در مقایسه با افراد سالم وارد عمل می شدند. در فاز انتهایی نیز درصد فعالیت همه عضلات به جز عضله مایل خارجی شکمی، راست شکمی و گاسترو کنمیوس داخلی چپ در افراد مبتلا به کمردرد کمتر از افراد سالم بود [۱۲].

اسپلیتوتور و همکارانش، بارگیری ستون مهره هنگام بلند کردن اجسام در پوسچر زانو زده را مطالعه کردند و نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از این بود که سنگینی وزنه و ارتفاع نهایی قرار دادن بار بر نیروهای عمودی، برشی قدامی خلفی و جانبی وارد بر ستون مهره تأثیر دارد [۱۳]. در مطالعه احسانی و همکاران، عملکرد عضلات عرض شکمی و مایل داخلی افراد سالم و مبتلا به کمردرد مزمن (دو گروه بیست نفره) در سه وضعیت نشسته روی صندلی، نشسته روی توپ و نشسته روی توپ به همراه بلند کردن پای چپ با استفاده از اولتراسونوگرافی بررسی شد.

نتایج این مطالعه نشان داد که در هر دو گروه تغییرات ضخامت عضلات عرضی شکمی و مایل داخلی در هر دو وضعیت نشسته روی توپ بیشتر از وضعیت نشسته روی صندلی بود. همچنین در افراد سالم میزان فعالیت عضله عرضی شکمی در دو وضعیت نشسته روی توپ به طور معناداری بیشتر از افراد مبتلا به کمردرد

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها

| گروه آزمودنی | وزن (کیلوگرم) | قد (سانتی‌متر) | سن (سال) | BMI (kg/m ²) |
|--------------|---------------|----------------|----------|--------------------------|
| گروه سالم | ۶۳/۴۱±۴/۹ | ۱۶۵/۴±۰/۰۲ | ۳۷/۱±۲/۷ | ۲۲/۹±۱/۰۱ |
| گروه کم‌ردد | ۶۸/۶۹±۳/۸ | ۱۶۲/۸±۰/۰۳ | ۳۸/۳±۳/۱ | ۲۵/۷۷±۱/۳۱ |
| P | ۰/۶۱ | ۰/۱۱ | ۰/۵۰ | ۰/۸۱ |

مجله بیومکانیک ورزشی

تکنیک اسکات: در این تکنیک هنگامی که فرد برای برداشتن بار، زانوهای خود را به صورت خم‌شدگی حدود ۴۵ درجه و تنه را تقریباً صاف (زاویه کمتر از سی درجه) نگاه می‌دارد، از تکنیک اسکات استفاده می‌کند. در این تکنیک فرد با خم کردن زانوهای خود مانع فلکشن بیشتر تنه شده و مرکز ثقل بدن به مرکز زمین نزدیک می‌شود [۱۹، ۲۰].

تکنیک استوپ: در این تکنیک فرد با صاف نگه داشتن زانوها (با زاویه حدود ۱۳۵ درجه) و خم کردن تنه (با زاویه حدود نود درجه) اقدام به برداشتن بار می‌کند. در این تکنیک فرد با صاف نگه داشتن زانوی خود مرکز ثقل را بالا نگه داشته و دامنه فلکشن تنه را افزایش می‌دهد [۱۹، ۲۰].

تکنیک فری استایل: تکنیکی را که بین دو وضعیت بدنی تکنیک‌های اسکاتی و استوپی اجرا شود، تکنیک فری استایل یا نیمه‌اسکاتی گویند. در این وضعیت تنه و زانوها به صورت متعادلی خم می‌شود. این تکنیک برای بسیاری از افراد مطلوب است و معمولاً هنگامی که به فرد دستورالعملی در مورد چگونگی برداشتن بار داده نشود، از این تکنیک استفاده می‌شود [۱۹، ۲۰].

آزمودنی‌ها بلند کردن بار را در سه موقعیت بلند کردن یک‌بار از مقابل بدن (۵ درصد وزن بدن هر فرد) با استفاده از تکنیک‌های ذکر شده انجام دادند. ترتیب اجرای این تکنیک‌ها به صورت تصادفی تعیین شد. تصادفی بودن اجرای تکنیک‌ها جهت جلوگیری از خستگی سیستماتیک در داده‌ها است. بلند کردن بار از مقابل بدن، با استفاده از یک جعبه مکعبی شکل با ابعاد سی سانتی‌متر انجام شد. در هر سه موقعیت، فاصله محل اتصال دست روی بار تا زمین، به میزان ۲۸ سانتی‌متر و فاصله بین پاها نیز به اندازه عرض شانه‌ها بود که عرض شانه‌ها با اندازه‌گیری فاصله بین دو زائده آخرومی تعیین شد. به آزمودنی آموزش داده شد که تا حد امکان جعبه را نزدیک بدن خود قرار داده و از برخورد به بدن جلوگیری به عمل آورد [۱۱].

حفظ آهنگ حرکت طی ثبت فعالیت عضلانی، نیازمند هماهنگی و تمرین بود. از این رو، سرعت انجام حرکت با استفاده از مترونوم تنظیم می‌شد و همچنین پیش از ثبت اطلاعات، آزمودنی‌ها با نحوه اجرای تکنیک‌ها آشنا شدند و به هریک از آنها فرصت داده می‌شد تا بتوانند خود را با ضرب‌آهنگ مترونوم

مشخصات قد و وزن آزمودنی‌ها با استفاده از ترازو و قدسنج دیجیتال مدل BS۱۰۰ ساخت شرکت سهند اندازه‌گیری شد. هنگام اندازه‌گیری قد و وزن آزمودنی‌ها بدون کفش بوده و لباس ورزشی به تن داشتند و قد آن‌ها کامل اندازه‌گیری شد. مشخصات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

برای ثبت فعالیت الکتریکی عضلات از دستگاه الکترومایوگرافی (EMG) مدل ME6000 ساخت کشور فنلاند استفاده شد. این دستگاه شانزده کانال دارد و قادر به نمایش داده‌ها به صورت هم‌زمان است. الکترودهای مورد استفاده از نوع الکترودهای چسبنده یک بار مصرف Ag-AgCl بودند. برای تجزیه و تحلیل داده‌های EMG از نرم‌افزار Mega Winpc استفاده شد.

جمع‌آوری اطلاعات MVIC به این صورت بود که جهت نرمال‌سازی داده‌ها از تکنیک بیشترین انقباض ارادی استفاده شد. بدین منظور، برای عضلات راست شکمی و مورب داخلی از فرد خواسته شد به پشت روی زمین دراز بکشد و زانوهای خود را خم کرده و کف پاها با زمین در تماس باشد. با اعمال مقاومت از فرد خواسته می‌شود که تنه خود را از زمین بلند کند. برای عضلات مورب خارجی سمت راست از فرد خواسته می‌شود به پهلو روی یک میز شیب‌دار دراز بکشد، زانو و ران صاف باشد یا به میز بسته شود. با اعمال مقاومت از فرد خواسته می‌شود که تنه خود را فلکشن جانبی دهد.

برای عضلات همسترینگ، آزمودنی به حالت دمر روی تخت دراز کشیده و زانوی خود را در فلکشن هفتاد درجه قرار می‌داد. سپس با ثابت شدن ساق پای آزمودنی، از او خواسته می‌شد تا حرکت فلکشن زانو را با حداکثر تلاش و به صورت پنج ثانیه انجام دهد [۱۸]. در تمام حرکات، مقاومت توسط آزمونگر اعمال می‌شد و به منظور ایجاد برانگیختگی در آزمودنی جهت اعمال حداکثر تلاش، فرد کمکی با تشویق کلامی او را همراهی می‌کرد. هر حرکت دو بار انجام شد و بین هر انقباض، آزمودنی به مدت یک دقیقه فرصت استراحت داشت. پس از حضور نمونه‌ها در محل آزمایشگاه از داوطلبین خواسته شد تا با پوشیدن لباس مناسب به مدت پنج دقیقه بدن خود را گرم کنند و تکنیک‌های بلند کردن بار را که به این شرح بود، انجام دادند (تصویر شماره ۱).



تصویر ۱. روش‌های مختلف بلند کردن بار (به ترتیب از چپ به راست: روش اسکات، روش فری استایل و روش استوپ)

تشکیل شده از رباط مغبنی در سمت راست، نیام عضله راست شکمی و خط فرضی بین ناف و خار خاصره‌ای قدامی فوقانی) الکتروود سطحی نصب شد [۲۴].

فاصله مرکز تا مرکز الکتروودها، دو سانتی‌متر بود و الکتروود زمین روی استخوان درشت‌نی قرار گرفت. به منظور کاهش آرتیفکت‌های حرکتی، سیم‌های متصل به الکتروودها با استفاده از چسب ضدحساسیت روی پوست ثابت شد. برای ثبت فعالیت عضلانی از دستگاه الکترومایوگرافی شانزده کاناله ME6000 با فرکانس نمونه‌برداری ۲۰۰۰ Hz، پهنای باند (۳db/۵۰HZ-۸) حساسیت سیگنال ۱۰۰ μ v استفاده شد و ماکزیمم نویز دستگاه ۱/۶RMS و CMRR استفاده شد، (۱۱۰ db) بود.

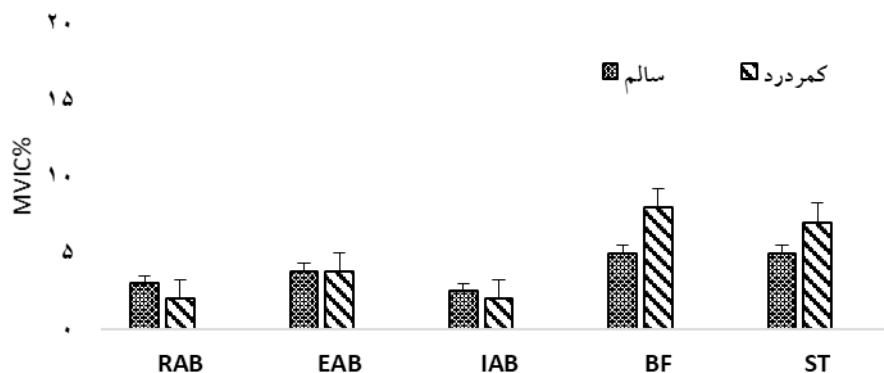
برای نرمال‌سازی داده‌های سیگنال‌های خام الکترومایوگرافی، انقباض‌های پنج ثانیه‌ای MVIC هر عضله با استفاده از یک فیلتر میان‌گذار ده تا پانصد هرتز فیلتر شدند. سپس RMS داده‌های فیلترشده، گرفته شد. یک ثانیه از هر داده (بالاترین فلات منحنی) جداسازی شده و داده‌های آن استخراج شد. با تقسیم مقدار فعالیت به دست‌آمده برای عضله بر مقدار MVIC و ضرب عدد به دست‌آمده در ۱۰۰ درصد فعالیت هر عضله به دست آمد [۱۸].

برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو

همانگ کنند. آهنگ اجرای تکنیک‌ها به گونه‌ای بود که بالا بردن بار، نگه داشتن بار، پایین آوردن و زمان مکث، هر یک در مدت دو ثانیه انجام شد. (دو بیت بر ثانیه) این سیکل تا کامل شدن پنج تکرار بلند کردن یک و پنج تکرار پایین آوردن یک ادامه می‌یابد. مدت زمان استراحت بین تکنیک‌ها یک دقیقه بود [۲۳-۲۰].

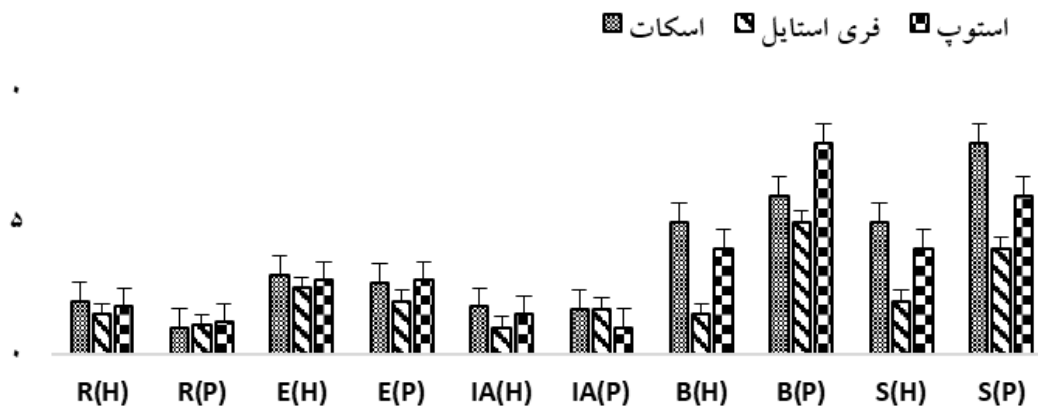
برای اندازه‌گیری فعالیت الکترومایوگرافی عضلات شکمی و اندام تحتانی، تعداد پنج عضله برای نمونه‌برداری انتخاب شدند. به منظور کاهش آمپدانس پوست الکتروود، موهای زائد عضلات در نقاط مورد نظر کاملاً تراشیده شده و با پنبه آغشته به الکل طبی پوست کاملاً تمیز شد. پس از آماده شدن پوست، عمل الکتروودگذاری با استفاده از الکتروودهای سطحی صورت گرفت [۲۴].

الکتروودهای مورد نظر مطابق پروتکل اروپایی SENIAM روی عضلات سمت راست فرد نصب شد، عضلات مورد نظر شامل عضله دو سر رانی (۵۰ درصد فاصله بین برجستگی ورکی و اپی کندیل خارجی درشت‌نی) نیم وتری (۵۰ درصد فاصله بین برجستگی ورکی و اپی کندیل خارجی درشت‌نی)، عضله راست شکمی (دو سانتی‌متر فاصله عرضی از ناف) عضله مورب خارجی شکمی (الکتروود به صورت مایل با زاویه ۴۵ درجه در میانه حد فاصل خار قدامی فوقانی ایلیاک) عضله مورب داخلی شکمی (در مرکز هندسی مثلث فرضی



تصویر ۲. شدت فعالیت عضلانی افراد سالم و دچار کمردرد طی برداشتن بار در تکنیک فری استایل

BAR=راست شکمی، BAE=مورب خارجی، BAI=مورب داخلی، FB=دو سر رانی، TS=نیم وتری



تصویر ۳. شدت فعالیت عضلات افراد سالم و دچار کمردرد در مرحله بالا بردن بار در وضعیت‌های سه گانه

مجله بیومکانیک ورزشی

BAR=راست شکمی، BAE=مورب خارجی، BAI=مورب داخلی، FB=دو سر رانی، TS=نیم وتری

وضعیت استوپ به این ترتیب بود که شدت فعالیت عضلات مورب داخلی، دو سر رانی و نیم وتری افراد دچار کمردرد نسبت به افراد سالم فعالیت بیشتری نشان داد.

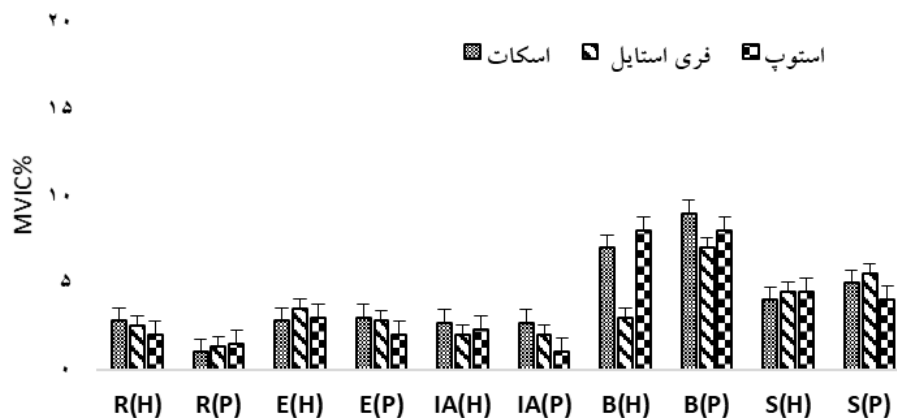
نتایج به دست آمده در تکنیک فری استایل طبق تصویر شماره ۲ به این شرح بود که شدت فعالیت عضلات افراد سالم و دچار کمردرد طی برداشتن بار در وضعیت فری استایل در دو عضله دو سر رانی و نیم وتری در افراد دچار کمردرد نسبت به افراد سالم فعالیت معنادار بیشتری نشان دادند.

طبق نتایج آزمون تی تست، شدت فعالیت الکتریکی (MVIC) عضلات افراد سالم و دچار کمردرد در مرحله بالا بردن بار در وضعیت‌های سه گانه طبق تصویر شماره ۳ به این ترتیب بود که عضلات مورب داخلی افراد سالم در وضعیت اسکات فعالیت بیشتری نسبت به فری استایل و استوپ داشت و همچنین شدت فعالیت عضله نیم وتری و دو سر رانی در افراد سالم در وضعیت فری استایل فعالیت کمتری نسبت به اسکات و استوپ داشتند. در مقابل شدت

ویلک استفاده شد. برای مقایسه اثر روش‌های مختلف بلند کردن بار از روش آماری آنالیز واریانس با اندازه‌گیری تکراری و آزمون F از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. برای مقایسه داده‌های گروه سالم و دچار کمردرد نیز از آزمون تی مستقل استفاده شد. سطح معناداری $P=0/05$ در نظر گرفته شد. همه تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.

نتایج

طبق نتایج آزمون تی تست، فعالیت الکتریکی (MVIC) عضلات افراد سالم و دچار کمردرد طی برداشتن بار در وضعیت اسکات در پنج عضله (راست شکمی، مورب خارجی شکمی، مورب داخلی شکمی، دو سر رانی و نیم وتری) بدین گونه بود که فعالیت عضله نیم وتری در افراد دچار کمردرد نسبت به افراد سالم فعالیت بیشتری داشت و همچنین نتیجه به دست آمده همین عضلات در افراد سالم و دچار کمردرد طی برداشتن بار در



تصویر ۴. شدت فعالیت عضلات افراد سالم و دچار کمردرد در مرحله پایین آوردن بار در وضعیت‌های سه گانه

مجله بیومکانیک ورزشی

BAR=راست شکمی، BAE=مورب خارجی، BAI=مورب داخلی، FB=دو سر رانی، TS=نیم وتری

فعالیت عضله نیم وتری در افراد بیمار در وضعیت فری استایل تفاوت معناداری کمتری نسبت به تکنیک اسکات و استوپ نشان داد.

شدت فعالیت الکتریکی MVIC عضلات افراد سالم و دچار کمردرد در مرحله پایین آوردن بار با توجه به تصویر شماره ۴ به این صورت بود که شدت فعالیت عضله مورب داخلی افراد سالم در وضعیت فری استایل کمتر از وضعیت اسکات بود. شدت فعالیت عضله مورب داخلی در افراد بیمار دچار کمردرد در وضعیت استوپ کمتر از وضعیت فری استایل و اسکات بود و شدت فعالیت دو سر رانی در افراد سالم و دچار کمردرد در وضعیت فری استایل کمتر از اسکات و استوپ نشان داده شد.

بحث

نتایج نشان داد شدت فعالیت عضلات افراد سالم و دچار کمردرد طی برداشتن بار در وضعیت فری استایل، در افراد دچار کمردرد عضلات دو سر رانی و نیم وتری نسبت به افراد سالم فعالیت بیشتری نشان داد و این نشان دهنده آن بود که عضلات همسترینگ در افراد بیمار کننده‌های مناسبی هستند تا به عضلات تنه آسیب و درد کمتری وارد شود و همچنین در این پژوهش، نتایج مطلوبی از شدت فعالیت عضلات افراد سالم و کمردردی در مرحله بالا بردن و پایین آوردن بار در وضعیت‌های سه گانه به دست آمد.

همان‌طور که می‌دانیم هنگام بالا بردن جعبه عضلات در حال انجام کار مثبت بوده و نوع انقباض کانسنتریک است. در مرحله پایین آوردن کار منفی صورت گرفته و انقباض اکسنتریک مورد نیاز است. به طور کلی عضلات در انقباض اکسنتریک شدت فعالیت کمتری بسبب به انقباض کانسنتریک دارند. در انقباض اکسنتریک هدف کنترل گشتاور ایجاد شده توسط نیروی عضلات و جاذبه یا سایر بارهای خارجی است، در حالی که در انقباض کانسنتریک گشتاور توسط خود عضله ایجاد می‌شود.

از طرفی، عوامل دیگری، چون مکانیسم آزادسازی انرژی در درون تارهای عضلانی در انقباض اکسنتریک بهینه‌تر بوده و اجزای کشسان بافت‌های نرم بدن و خاصیت الاستیسیته خود عضلات در این نوع انقباض باعث تفاوت شدت فعالیت عضلات درد دو نوع انقباض اکسنتریک و کانسنتریک می‌شوند [۲۵، ۲۶].

بنابراین توضیحات ارائه شده ممکن است تغییرات مشاهده شده مربوط به قدرت عضلات و سازگاری‌های انجام شده در افراد بیمار به کمردرد و تفاوت آنها با افراد سالم باشد. استفاده از تکنیک‌های مختلف در حمل بار همواره مورد توجه پژوهشگران بوده است. در این پژوهش بین شدت فعالیت عضلات در تکنیک‌های مختلف تفاوت‌هایی مشاهده شد که از این میان تکنیک فری استایل در بیشتر فعالیت‌ها انجام شده، نسبت به دو روش دیگر شدت فعالیت عضلانی کمتری در بین دو گروه برای برداشتن بار داشتند و در

برخی از عضلات نیم وتری و دو سر رانی تفاوت معنادار بود، اما در مقایسه این تکنیک‌ها نباید تفاوت الگوی حرکتی آنها نادیده گرفته شود.

در تکنیک استوپ، به علت افزایش فلکشن کمر بافت‌های غیرفعال مشارکت بیشتری در ایجاد گشتاور اکسنسوری داشته و همین امر می‌تواند شدت فعالیت عضلات را تحت تأثیر قرار دهد. از طرفی، تکنیک استوپ بیشترین فشار را به مهره‌های کمری وارد می‌کند و در افراد بیمار ممکن است عضلات به شکل دیگری فعالیت کنند تا درد ایجاد شده را کاهش دهند [۲۷، ۲۸].

در تکنیک اسکات، فرد با خم کردن زانوها و پایین بردن مرکز ثقل سعی در کاهش میزان فلکشن مهره‌های کمری دارد. این امر باعث کاهش بارهای وارده به ستون فقرات به دو روش دیگر بیشتر است [۲۹]. افراد در تکنیک فری که روش راحت و همیشگی جهت برداشتن بار در افراد نسبت به سایر روش‌ها باعث فعالیت کمتر عضلانی می‌شود، چون شخص با آن سازگاری پیدا کرده است، ولی در مقایسه با سایر روش‌ها که برای افراد در شرایط آزمایشگاهی با آن آزمون را انجام می‌دهند و برای آن‌ها تکلیفی جدید محسوب می‌شود، سازگاری نداشته و فعالیت عضلات را دچار تغییر می‌کند [۳۰-۳۶، ۲۱].

فعالیت عضله نیم وتری افراد بیمار در تکنیک اسکات بیشتر از افراد سالم بود. این عضله با توجه به محل چسبندگی به استخوان نشیمن‌گاهی باعث چرخش خلفی لگن جهت اکستنشن تنه در طی حرکات نیز می‌شود. احتمالاً افزایش فعالیت این عضله در افراد بیمار باعث کمک به چرخش خلفی لگن طی مرحله بالا بردن بار و به صورت انقباض اکسنتریکی جهت کنترل حرکت چرخشی قدامی طی مرحله پایین آوردن بار باشد [۳۷].

عضلات مورب داخل شکمی و همسترینگ افراد بیمار دچار کمردرد در تکنیک فری بیشتر از افراد سالم فعالیت کرده بود، می‌توان نتیجه گرفت افراد بیمار جهت کاهش درد با انقباض عضلات شکمی باعث افزایش فشار درون شکمی شده و در نتیجه بار وارده به ستون فقرات و رویه‌های مفصلی را کاهش می‌دهند و عضلات همسترینگ در چرخش قدامی و خلفی لگن همکاری کرده تا برداشتن بار توسط بیماران راحت‌تر شود و این الگوی فعالیت می‌تواند ناشی از سازگاری‌های عصبی عضلانی باشد که در بیماران مبتلا به کمردرد ایجاد شده است تا بتواند از فشار بیشتر به عضلات راست کننده ستون فقرات بکاهد و درد آنها را کاهش دهد.

برخی از تحلیل‌های بیومکانیکی در زمینه برداشتن بار پیشنهاد داده بودند که روش اسکات، روشی ایمن جهت برداشتن بار است تا کمترین فشار در مهره‌های کمری ایجاد شود و از برداشتن بار به روش استوپ که بیشترین فشار به مهره‌های کمری وارد می‌شود، جلوگیری شود. یکی دیگر از دلایل آن‌ها برای تکنیک اسکات این بود که افراد جهت برداشتن بار از عضلات عمل کننده

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در طراحی، اجرا و نگارش همه بخش‌های پژوهش حاضر مشارکت داشته‌اند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

بر زانوی خود استفاده می‌کنند و دامنه حرکتی تنه نسبت به سایر روش‌ها کمتر است [۱۴، ۱۵، ۲۳، ۳۷-۳۹].

نتایج این پژوهش نشان داد افرادی که دچار کمردرد هستند با روش فری استایل که خود بیماران به صورت تجربی اتخاذ می‌کنند تا کمترین درد را داشته باشند، فعالیت‌های برداشتن بار را انجام دهند. در این پژوهش، عدم بررسی متغیرهای کینماتیکی یکی از محدودیت‌های پیش روی ما بوده است. اما با توجه به استفاده از مترونوم و کنترل سرعت آزمودنی‌ها و جعبه با ابعاد ثابت حرکات دارای یکنواختی و ثبات از لحاظ سیگنال‌های الکترومایوگرافی بود.

نتیجه‌گیری نهایی

عملکرد عضلات تنه علاوه بر ایجاد حرکت ستون مهره‌ای در حفظ وضعیت مطلوب و نیز در حمایت و برقراری ثبات ستون فقرات در فعالیت‌هایی نظیر بلند کردن بار نقش مهمی ایفا می‌کنند. بیماران مبتلا به کمردرد همواره برای برداشتن بار با چالش روش برداشتن بار مواجه هستند تا کمترین نیروی مکانیکی به ستون فقرات کمری وارد آمده و از درد مجدد جلوگیری یا کمترین درد در آن ناحیه ایجاد شود.

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان پیشنهاد کرد بیماران مبتلا به کمردرد از روش فری استایل که همان روشی است که فرد اتخاذ می‌کند تا کمترین فشار و درد در ناحیه کمری ایجاد شود، استفاده کنند. همچنین در این پژوهش مشخص شده که عضلات همسترینگ کمک‌کننده‌های بهتری برای افراد دچار کمردرد هستند؛ بنابراین باید بازتوانی ورزشی در افراد دچار کمردرد به نقش و تقویت عضلات همسترینگ توجه خاصی شود تا فرد بیمار عملکرد بهتری برای فعالیت‌های برداشتن بار داشته باشد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

اصول اخلاق تماماً در این مقاله رعایت شده است. شرکت کنندگان اجازه داشتند هر زمان که مایل بودند از پژوهش خارج شوند. همچنین همه شرکت کنندگان در جریان روند پژوهش بودند. اطلاعات آن‌ها محرمانه نگه داشته شد.

حامی مالی

این تحقیق هیچ‌گونه کمک مالی از سازمان‌های تأمین مالی در بخش‌های عمومی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرد.

References

- [1] Manchikanti L. Epidemiology of low back pain. *Pain Physician*. 2000; 3(2):167-92. [DOI:10.36076/ppj.2000/3/167]
- [2] McGill SM, Sharratt MT, Seguin JP. Loads on spinal tissues during simultaneous lifting and ventilatory challenge. *Ergonomics*. 1995; 38(9):1772-92. [PMID]
- [3] Blache Y, Begon M, Michaud B, Desmoulin L, Allard P, Dal Maso F. Muscle function in glenohumeral joint stability during lifting task. *Plos One*. 2017; 12(12):e0189406. [DOI:10.1371/journal.pone.0189406] [PMID] [PMCID]
- [4] Maduri A, Pearson BL, Wilson SE. Lumbar-pelvic range and coordination during lifting tasks. *J Electromyogr Kinesiol*. 2008; 18(5):807-14. [DOI:10.1016/j.jelekin.2007.02.012] [PMID] [PMCID]
- [5] Hu B, Ning X. The changes of trunk motion rhythm and spinal loading during trunk flexion and extension motions caused by lumbar muscle fatigue. *Ann Biomed Eng*. 2015; 43(9):2112-9. [DOI:10.1007/s10439-015-1248-0] [PMID]
- [6] Seminowicz DA, Wideman TH, Naso L, Hatami-Khoroushahi Z, Fallatah S, Ware MA, et al. Effective treatment of chronic low back pain in humans reverses abnormal brain anatomy and function. *J Neurosci*. 2011; 31(20):7540-50. [DOI:10.1523/JNEUROSCI.5280-10.2011] [PMID] [PMCID]
- [7] Foster NE, Anema JR, Cherkin D, Chou R, Cohen SP, Gross DP, et al. Prevention and treatment of low back pain: Evidence, challenges, and promising directions. *Lancet*. 2018; 391(10137):2368-83. [DOI:10.1016/S0140-6736(18)30489-6]
- [8] Cox JM. Low back pain: Mechanism, diagnosis and treatment. Philadelphia: Wolters Kluwer Health; 2012. https://www.google.com/books/edition/Low_Back_Pain/imVBoQriMfOC?hl=en&gbpv=0
- [9] Chiou WK, Lee YH, Chen WJ. Use of the surface EMG coactivational pattern for functional evaluation of trunk muscles in subjects with and without low-back pain. *Int J Ind Ergon*. 1999; 23(1-2):51-60. [DOI:10.1016/S0169-8141(97)00100-5]
- [10] Bayramoglu M, Akman MN, Klnç S, Çetin N, Yavuz N, Özker R. Isokinetic measurement of trunk muscle strength in women with chronic low-back pain. *Am J Phys Med Rehabil*. 2001; 80(9):650-5. [DOI:10.1097/00002060-200109000-00004] [PMID]
- [11] Maiti R, Ray GG. Study on the variation of peak isometric strength and EMG activity in static field-simulated lifting postures. *Int J Ind Ergon*. 2004; 33(2):109-22. [DOI:10.1016/j.ergon.2003.07.002]
- [12] Jacobs JV, Henry SM, Jones SL, Hitt JR, Bunn JY. A history of low back pain associates with altered electromyographic activation patterns in response to perturbations of standing balance. *J Neurophysiol*. 2011; 106(5):2506-14. [DOI:10.1152/jn.00296.2011] [PMID] [PMCID]
- [13] Splittstoesser RE. Inflammatory responses to combinations of: Mental load, repetitive lifting and subject personality [PhD dissertation]. Ohio: Ohio State University; 2016. https://etd.ohiolink.edu/apexprod/rws_olink/r/1501/10?clear=10&p10_accession_num=osu1479763594134482
- [14] Ehsani F, Hajihassani A, Hedayati R. [Relationship between abdominal muscle activity and postural control during standing tasks in females with chronic nonspecific low back pain (Persian)]. *J Mazandaran Univ Med Sci*. 2017; 27(148):68-78. <http://jmums.mazums.ac.ir/article-1-9956-en.html>
- [15] Coenen P, Gouttebauge V, van der Burght AS, van Dieën JH, Frings-Dresen MH, van der Beek AJ, et al. The effect of lifting during work on low back pain: A health impact assessment based on a meta-analysis. *Occup Environ Med*. 2014; 71(12):871-7. [DOI:10.1136/oemed-2014-102346] [PMID]
- [16] Newcomer KL, Jacobson TD, Gabriel DA, Larson DR, Brey RH, An KN. Muscle activation patterns in subjects with and without low back pain. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002; 83(6):816-21. [DOI:10.1053/apmr.2002.32826] [PMID]
- [17] D'hooge R, Hodges P, Tsao H, Hall L, Macdonald D, Danneels L. Altered trunk muscle coordination during rapid trunk flexion in people in remission of recurrent low back pain. *J Electromyogr Kinesiol*. 2013; 23(1):173-81. [DOI:10.1016/j.jelekin.2012.09.003] [PMID]
- [18] Konrad P. The abc of emg. A practical introduction to kinesiological electromyography. 2005; 1(2005):30-5.
- [19] Straker L. Evidence to support using squat, semi-squat and stoop techniques to lift low-lying objects. *Int J Ind Ergon*. 2003; 31(3):149-60. [DOI:10.1016/S0169-8141(02)00191-9]
- [20] Faber GS, Kingma I, Bakker AJ, van Dieën JH. Low-back loading in lifting two loads beside the body compared to lifting one load in front of the body. *J Biomech*. 2009; 42(1):35-41. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2008.10.013] [PMID]
- [21] Marras WS, Davis KG, Jorgensen M. Gender influences on spine loads during complex lifting. *Spine J*. 2003; 3(2):93-9. [DOI:10.1016/S1529-9430(02)00570-3]
- [22] Meyers BM, Keir PJ. Trunk muscle response to lifting unbalanced loads with and without knowledge of center of mass. *Clin Biomech*. 2003; 18(8):712-20. [DOI:10.1016/S0268-0033(03)00121-9]
- [23] van Dieën JH, Selen LPJ, Cholewicki J. Trunk muscle activation in low-back pain patients, an analysis of the literature. *J Electromyogr Kinesiol*. 2003; 13(4):333-51. [DOI:10.1016/S1050-6411(03)00041-5]
- [24] Hermens HJ, Freriks B, Merletti R, Stegeman D, Blok J, Rau G, et al. European recommendations for surface electromyography. *Roessingh Research and Development*. 1999; 8(2):13-54.
- [25] Lotz CA, Agnew MJ, Godwin AA, Stevenson JM. The effect of an on-body personal lift assist device (PLAD) on fatigue during a repetitive lifting task. *J Electromyogr Kinesiol*. 2009; 19(2):331-40. [DOI:10.1016/j.jelekin.2007.08.006] [PMID]
- [26] Marras WS, Parakkat J, Chany AM, Yang G, Burr D, Lavender SA. Spine loading as a function of lift frequency, exposure duration, and work experience. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2006; 21(4):345-52. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2005.10.004] [PMID]
- [27] Hart DL, Stobbe TJ, Jaraiedi M. Effect of lumbar posture on lifting. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1987; 12(2):138-45. [DOI:10.1097/00007632-198703000-00009] [PMID]
- [28] Potvin JR, McGill SM, Norman RW. Trunk muscle and lumbar ligament contributions to dynamic lifts with varying degrees of trunk flexion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1991; 16(9):1099-1107. [DOI:10.1097/00007632-199109000-00015] [PMID]
- [29] Trafimow JH, Schipplein OD, Novak GJ, Andersson GB. The effects of quadriceps fatigue on the technique of lifting. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1993; 18(3):364-7. [DOI:10.1097/00007632-199303000-00011] [PMID]
- [30] Marras WS, Ferguson SA, Burr D, Davis KG, Gupta P. Spine loading in patients with low back pain during asymmetric lifting exertions. *Spine J*. 2004; 4(1):64-75. [DOI:10.1016/S1529-9430(03)00424-8]

- [31] Hagins M, Lamberg EM. Individuals with low back pain breathe differently than healthy individuals during a lifting task. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2011; 41(3):141-8. [DOI:10.2519/jospt.2011.3437] [PMID]
- [32] Huysamen K, de Looze M, Bosch T, Ortiz J, Toxiri S, O'Sullivan LW. Assessment of an active industrial exoskeleton to aid dynamic lifting and lowering manual handling tasks. *Appl Ergon.* 2018; 68:125-31. [DOI:10.1016/j.apergo.2017.11.004] [PMID]
- [33] Khoddam-Khorasani P, Arjmand N, Shirazi-Adl A. Effect of changes in the lumbar posture in lifting on trunk muscle and spinal loads: A combined in vivo, musculoskeletal, and finite element model study. *J Biomech.* 2020; 104:109728. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2020.109728] [PMID]
- [34] Marras WS, Parakkat J, Chany AM, Yang G, Burr D, Lavender SA. Spine loading as a function of lift frequency, exposure duration, and work experience. *Clinical Biomechanics.* 2006; 21(4): 345-352. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2005.10.004] [PMID]
- [35] Wai EK, Roffey DM, Bishop P, Kwon BK, Dagenais S. Causal assessment of occupational lifting and low back pain: Results of a systematic review. *Spine J.* 2010; 10(6):554-66. [DOI:10.1016/j.spinee.2010.03.033] [PMID]
- [36] Wrigley AT, Albert WJ, Deluzio KJ, Stevenson JM. Differentiating lifting technique between those who develop low back pain and those who do not. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2005; 20(3):254-63. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2004.11.008] [PMID]
- [37] Stutchfield BM, Coleman S. The relationships between hamstring flexibility, lumbar flexion, and low back pain in rowers. *Eur J Sport Sci.* 2006; 6(4):255-60. [DOI:10.1080/17461390601012678]
- [38] Hamberg-van Reenen HH, Ariëns GA, Blatter BM, van Mechelen W, Bongers PM. A systematic review of the relation between physical capacity and future low back and neck/shoulder pain. *Pain.* 2007; 130(1-2):93-107. [DOI:10.1016/j.pain.2006.11.004] [PMID]
- [39] Silfies SP, Squillante D, Maurer P, Westcott S, Karduna AR. Trunk muscle recruitment patterns in specific chronic low back pain populations. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2005; 20(5):465-73. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2005.01.007] [PMID]