

Review Paper

Evaluation of the Effect of Flexi-Bar In Patients With Low Back Pain: Narrative Review Article



Fatemeh Amiri¹ , *Mohammad Mohsen Roostayi²

1. Department of Physiotherapy, Student Research Committee, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

2. Department of Physiotherapy, Faculty of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.



Citation Amiri F & Roostayi MM. [Evaluation of the Effect of Flexi Bar in Patients With Low Back Pain (Narrative Review Article) (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2022; 11(4):474-487. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.4.10>

<https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.4.10>



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

ABSTRACT

Background and Aims Low back pain is one of the most common and costly musculoskeletal problems that affects more than 80% of people in the community at some point in their lives. Control of pain and functional disability of patients with low back pain is the most important part of physiotherapy and rehabilitation, and recently, the use of vibrating tools to achieve this goal has been considered. A flexi-bar is a vibrating instrument that causes low-frequency vibration in the body through active movements in the upper extremities. According to the articles, these vibrational stimulations, in addition to the stimulation of vibratory receptors and pain relief, can activate muscle spindles, increase the activity of alpha neurons, and improve neuromuscular control in the trunk muscles. The aim of this review study was to evaluate the effectiveness of flexi-bar as a vibrational exercise therapy tool in the rehabilitation of patients with low back pain.

Methods In this study, an electronic search was performed in PubMed, Scopus, and Google Scholar search engines from 2000 to 2020, and studies that examined the effectiveness of flexi-bar on pain, functional disability, or trunk muscle activity in patients with low back pain or healthy individuals were selected. The keywords of low back pain, flexi-bar, body blade, vibrating rod, and trunk muscle activity were used for the search.

Results Using keywords and considering the inclusion and exclusion criteria, 17 articles that were most relevant to the subject of this article were reviewed.

Conclusion The results of these studies showed that flexi-bar is useful in reducing pain and improving functional disability in patients with low back pain, but more studies are needed in the future to more accurately evaluate the effectiveness of flexi-bar in trunk muscle activity in patients with low back pain.

Keywords Vibration training, Flexi-bar, Low back pain, Trunk muscle activity

Received: 14 Nov 2021

Accepted: 04 Dec 2021

Available Online: 23 Sep 2022

* Corresponding Author:

Mohammad Mohsen Roustaei, PhD.

Address: Department of Physiotherapy, Faculty of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Tel: +98 (21) 77561723

E-Mail: roosta@sbmu.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Low back pain is one of the most common and costly musculoskeletal problems that affects more than 80% of people in the community at some point in their lives. Low back pain reduces performance and induces functional limitations in daily activities, recreational activities, and social participation. There is ample evidence indicating that the timing and muscular recruitment patterns have been changed in patients with low back pain. Control of pain and functional disability of patients with low back pain is the most important part of physiotherapy and rehabilitation. Routine physiotherapy treatments for patients with low back pain include various thermal modalities, electrical stimulants, manual therapies, and exercise therapy. Recently, the use of vibrating tools to achieve this goal has been considered. A flexi-bar is a vibrating instrument that causes low-frequency vibration in the body through active movements in the upper extremities. When the bar moves with minimal effort on one of the transverse, sagittal, or frontal plans, the two ends of the bar oscillate at a neutral frequency of 4.5 Hz. These vibrations create a challenge in the muscles to stabilize the joints. According to the articles, these vibrational stimulations, in addition to the stimulation of vibratory receptors and pain relief, can activate muscle spindles, increase the activity of alpha neurons, and improve neuromuscular control in the trunk muscles. This review study aimed to evaluate the effectiveness of flexi-bar as a vibrational exercise therapy tool in the rehabilitation of patients with low back pain.

Materials and Methods

In this study, an electronic search was performed in PubMed, Scopus, and Google Scholar search engines from 2000 to 2020, and studies that examined the effectiveness of flexi-bar on pain, functional disability, or trunk muscle activity in patients with low back pain or healthy individuals were selected. The keywords of low back pain, flexi-bar, body blade, vibrating rod, and trunk muscle activity were used for the search. The inclusion criterion included articles that examined the effect of flexi-bar on trunk muscle activity in healthy or sick individuals from 2000 to 2020 in English. Abstracts and articles published in non-English languages and articles found twice in databases were not included.

Results

Using keywords and considering inclusion and exclusion criteria, 17 articles that were most relevant to the subject of this article were reviewed. Among them, three articles examined the effect of flexi-bar exercises on pain and functional disability in patients with low back pain, 12 articles examined the effect of flexi-bar on trunk muscle activity in healthy individuals, one article examined the effect of flexi-bar exercises on trunk muscle activity in patients with low back pain, and one article investigated the effect of flexi-bar on trunk muscle activity in patients with chronic stroke.

Discussion

To our knowledge, this is the first recent review to examine the effect of flexi-bar on pain, functional disability, and trunk muscle activity in patients with low back pain. Vibrational stimulation stimulates receptors that sense vibrations and the sense of vibration travels through the large myelinated nerve fibers and A β to the posterior horn of the spinal cord and suppresses the pain (pain gate control theory). Vibrational stimulation can also reduce the level of P substance in the CSF and have a neurophysiological placebo effect that reduces pain transmission from peripheral receptors to the brain. Impaired neuromuscular control and reduced use of the dorsal and abdominal muscles lead to instability in the spine and subsequent injury. The use of vibrating tools can be effective in neuromuscular control in addition to strengthening the muscles. Vibrational stimulations activate muscle spindles and increase the activity of alpha motor neurons, and as a result, the muscles responsible for postural stability (central trunk muscles) are activated, which strengthens neuromuscular control and improves proprioception. Also, vibrational stimulations affect the alpha motor neurons by stimulating the tonic vibration reflex (TVR) and cause the muscle to stay in contraction during vibration, which results in the involvement of motor units and increases muscle strength. This process enables the muscle to withstand a larger external load.

The number of studies that have examined the effect of this tool on trunk muscle activity in patients with low back pain is limited. Most studies have examined the effect of flexi-bar on trunk muscle activity in healthy individuals and some studies have reported no difference in muscle activity in healthy individuals between the flexi-bar and rigid groups. Although the flexi-bar alone may not be able to make changes in healthy people, most studies have shown that by creating an unstable base of support or creating a challenging situation for people,

changes in muscle activity can be achieved. For example, in the standing position compared to the sitting position or the posterior pelvic tilt compared to the normal tilt of the pelvis, the level of muscle activity increases during the use of the flexi-bar because the muscles face external resistance. On the other hand, the flexi-bar oscillation plane also plays an important role in muscle activation. Some studies have found the transverse plane to be the best plane for muscle activation, but others have found that vibrations in the vertical plane are more effective than in the horizontal plane. These contradictions are probably due to training in different positions, different intensities of training, and the physical properties of the bar. Therefore, it is not yet possible to say exactly which vibrating plane is more effective than others, and more studies are needed in the future. But it can be concluded that if the flexi-bar is used in a position, oscillating plane, and with the right amplitude, it can be useful in the rehabilitation treatment of patients with low back pain. The results of these studies showed that flexi-bar is useful in reducing pain and improving functional disability in patients with low back pain, but more studies are needed in the future to more accurately evaluate the effectiveness of flexi-bar in trunk muscle activity in patients with low back pain.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This article is a review with no human or animal samples. There were no ethical considerations to be considered in this research.

Funding

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

Authors' contributions

All authors contributed equally in preparing all parts of the research.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

Thanks to everyone who contributed to the writing and publication of this article.

مقاله مروری

بررسی اثربخشی بار در بیماران مبتلایه کمردرد: مقاله مروری

فاطمه امیری^۱، *محمد محسن روستایی^۲

۱. گروه فیزیوتراپی، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

۲. گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.



Citation Amiri F & Roostayi MM. [Evaluation of the Effect of Flexi Bar in Patients With Low Back Pain (Narrative Review Article) (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2022; 11(4):474-487. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.4.10>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.4.10>

چکیده



مقدمه و اهداف کمردرد یکی از شایع‌ترین و پرهزینه‌ترین مشکلات اسکلتی-عضلانی است که بیش از ۸۰ درصد از افراد جامعه را در مراحل اولیه از زندگی‌شان تحت تأثیر قرار می‌دهد. کنترل درد و ناتوانی عملکردی بیماران مبتلایه کمردرد از جمله مهم‌ترین اقدامات فیزیوتراپی و توانبخشی است و اخیراً به استفاده از ابزار ارتعاشی جهت نیل به این مقصود توجه شده است. فلکسی‌بار یک ابزار ارتعاشی است که با حرکات آکتیو در اندام فوقانی باعث لرزشی با فرکانس پایین در بدن می‌شود. براساس نتایج مقالات، این تحریکات ارتعاشی علاوه بر تحریک رسپتورهای ارتعاشی و کاهش درد می‌تواند باعث فعال شدن دوک‌های عضلانی، افزایش فعالیت آلفا موتور نورون‌ها و تقویت کنترل عصبی-عضلانی در عضلات تنه شود. هدف از این مطالعه، مروری بر بررسی اثربخشی فلکسی‌بار به‌عنوان یک ابزار تمرین درمانی ارتعاشی در توانبخشی بیماران مبتلایه کمردرد بود.

مواد و روش‌ها در این مطالعه پایگاه‌های اطلاعاتی پابمد، اسکوپوس و موتور جستجوی گوگل اسکالر در محدوده سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ جستجو شد و مطالعاتی که اثربخشی فلکسی‌بار را بر درد، ناتوانی عملکردی یا فعالیت عضلات تنه بیماران مبتلایه کمردرد یا افراد سالم بررسی کرده بودند، انتخاب شدند. در این مطالعه از کلمات کلیدی کمردرد، فلکسی‌بار، بادی‌بیلد، میله ارتعاشی و فعالیت عضلات تنه برای جستجو استفاده شد.

یافته‌ها با استفاده از کلمات کلیدی و با در نظر گرفتن معیارهای ورود و خروج، ۱۷ مقاله که بیش‌ترین ارتباط را با موضوع مقاله داشتند، بررسی شدند.

نتیجه‌گیری نتایج این مطالعات نشان داد فلکسی‌بار در کاهش درد و بهبود ناتوانی عملکردی بیماران مبتلایه کمردرد مفید است، اما برای بررسی اثربخشی دقیق‌تر فلکسی‌بار در فعالیت عضلات تنه بیماران مبتلایه کمردرد، مطالعات بیشتری در آینده نیاز است.

کلیدواژه‌ها تمرینات ارتعاشی، فلکسی‌بار، کمردرد، فعالیت عضلات تنه

تاریخ دریافت: ۲۳ آبان ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۱۳ آذر ۱۴۰۰

تاریخ انتشار: ۰۱ مهر ۱۴۰۱

* نویسنده مسئول:

دکتر محمد محسن روستایی

نشانی: تهران، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکده علوم توانبخشی، گروه فیزیوتراپی.

تلفن: ۷۷۵۶۱۷۲۳ (۲۱) ۹۸+

رایانامه: roosta@smbu.ac.ir

مقدمه

با توجه به مطالعات انجام شده فلکسی بار به دلیل ایجاد تحریکات ارتعاشی با آمپلی تود پایین ایمن است و می توان آن را به عنوان ابزاری که هم از نظر قیمت و هم از نظر زمان به صرفه است در توان بخشی بیماران معرفی کرد. تاکنون هیچ مطالعه مروری به بررسی اثرات فلکسی بار در بیماران مبتلا به کمردرد نپرداخته است؛ بنابراین هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر این وسیله بر فعالیت عضلانی، درد و ناتوانی عملکردی بیماران مبتلا به کمردرد در مطالعات گوناگون است.

مواد و روش ها

برای انجام این مطالعه از پایگاه های اطلاعاتی گوگل اسکالر^۳، اسکوپوس^۴ و پابمد^۵ استفاده شد. کلیدواژه های فلکسی بار، بادی بلید، کمردرد و فعالیت عضلات تنه به عنوان واژه های کلیدی انتخاب شدند. معیار ورود به مطالعه شامل مقالاتی بود که از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ به صورت متن کامل انگلیسی اثر فلکسی بار را بر فعالیت عضلات تنه در افراد سالم یا بیمار بررسی کرده بودند. خلاصه مقالات، مقالات چاپ شده به زبان های غیر انگلیسی و مقالاتی که در پایگاه های اطلاعاتی ۲ بار یافت می شدند، به عنوان معیار خروج از مطالعه در نظر گرفته شدند.

یافته ها

بر اساس معیارهای ورود و خروج، ۱۷ مقاله انتخاب شدند که ۳ مقاله به بررسی تأثیر تمرینات فلکسی بار بر درد و ناتوانی عملکردی بیماران مبتلا به کمردرد، ۱۲ مقاله به بررسی تأثیر فلکسی بار بر فعالیت عضلات تنه در افراد سالم، ۱ مقاله به بررسی اثر فلکسی بار بر فعالیت عضلات تنه در بیماران مبتلا به کمردرد و ۱ مقاله به بررسی اثر فلکسی بار بر فعالیت عضلات تنه در بیماران مبتلا به سکت مزمن پرداخته بودند (جدول شماره ۱).

بحث

بررسی مقیاس درد و مقیاس ناتوانی عملکردی

درد و ناتوانی عملکردی از مهم ترین علائمی هستند که بیماران مبتلا به کمردرد آن را گزارش می کنند؛ بنابراین کاهش درد و بهبود عملکرد بیمار از اهداف درمانی در درمان توان بخشی بیماران مبتلا به کمردرد است. ۳ مقاله به بررسی اثر فلکسی بار بر درد بیماران مبتلا به کمردرد پرداخته بودند. آن ها برای بررسی درد از مقیاس درد^۶ استفاده کرده بودند. ۲ مقاله نیز به بررسی اثر فلکسی بار بر ناتوانی عملکردی بیماران مبتلا به کمردرد با استفاده از مقیاس ناتوانی عملکردی اوسوستری^۷ پرداخته بودند.

کمردرد یکی از شایع ترین و پرهزینه ترین سندروم های درد اسکلتی عضلانی [۱] است که بیش از ۸۰ درصد از افراد جامعه را در مراحل از زندگی شان تحت تأثیر قرار می دهد [۲]، به گونه ای که افراد در طول عمرشان حداقل برای یک بار به کمردرد مبتلا می شوند [۴]. علت های کمردرد، پاسچر بدنی نادرست طی انجام کارهایی نظیر نشستن و ایستادن، بلند کردن اجسام سنگین [۵]، وزن بالا [۶]، سبک زندگی ساکن، اعتیاد به سیگار و الکل [۷]، تغییرات فعالیت عضلانی، هماهنگی پاسچرال و عوامل سایکولوژیکال است [۸].

کمردرد باعث کاهش عملکرد و محدودیت در فعالیت ها شامل کارهای روزمره، فعالیت های تفریحی و همچنین مشارکت های اجتماعی می شود [۹، ۱۰]. شواهد زیادی نیز وجود دارد که نشان می دهد زمان بندی و الگوهای فراخوانی عضلانی در بیماران مبتلا به کمردرد تغییر می کند [۱۱، ۱۲]. درمان های فیزیوتراپی روتینی که برای بیماران مبتلا به کمردرد وجود دارد شامل استفاده از مدالیته های مختلف حرارتی، تحریک کننده های الکتریکی، درمان های دستی و ورزش درمانی است [۱۳].

یکی از روش هایی که اخیراً بیشتر به آن توجه شده به کارگیری ابزارهای تمرینات ارتعاشی یا نوسانی به عنوان روشی برای آموزش عصبی عضلانی است. یکی از این ابزارها بادی بلید یا فلکسی بار است که برای اولین بار در سال ۱۹۹۱ توسط بروس هیمانسون اختراع شد [۱۴]. فلکسی بار یک میله منعطف با طول ۷۶/۲ تا ۱۵۲/۴ سانتی متر و وزن ۰/۶۸ کیلوگرم است که محل گریپ آن در مرکز قرار دارد. این میله منعطف درواقع، ترکیبی از مواد سنتتیک تقویت شده با فایبرگلاس بوده و در ۲ انتهای این میله وزنه های سیلندری شکل ساخته شده از پلی اورتان وجود دارد. زمانی که این میله با کم ترین میزان تلاش در یکی از صفحات ترنسورس، میانی یا سائیتال^۱ یا پیشانی یا فرونتال^۲ به حرکت درمی آید، ۲ انتهای میله با فرکانس نوترال ۴/۵ هرتز به نوسان درمی آیند، این ارتعاشات عضلات را وارد چالشی می کند که باعث ثبات مفاصل اطراف می شود [۱۵].

ازجمله مزایای فلکسی بار بهبود قدرت تحمل و آموزش هماهنگی عصبی عضلانی، بهبود تعادل و حس عمقی و ثبات مفصل را می توان نام برد [۱۴، ۱۶، ۱۷]. آندرس و همکاران در مطالعه ای از میله های انعطاف پذیر مختلف با فرکانس های مختلف ۳، ۴/۵، ۵/۵ هرتز استفاده کردند و نشان دادند تمرینات عملکردی در فرکانس ۴/۶ هرتز بهترین نتایج را دربردارد و ضمناً فعالیت عضلات شکمی (آمپلی تود عضلات راست شکمی و مورب خارجی) با فرکانس نوسانات نسبت مستقیم دارد [۱۸].

3. Google Scholar

4. PubMed

5. Scopus

6. Visual Analogue Scale (VAS)

7. Oswestry Disability Index (ODI)

1. Sagittal plane

2. Frontal plane

جدول ۱. مقالات مرتبط

نویسنده/سال	شرکت کنندگان	روش	پارامترهای اندازه گیری شده	نتایج
لی و همکاران (۲۰۱۸) [۱۹]	۳۰ بیمار مبتلا به کمردرد (۱۴ مرد و ۱۶ زن) در ۲ گروه کنترل و آزمایش	آزمایشی/تمام بیماران ۳۰ دقیقه حرارت درمانی، ۲۰ دقیقه الکتروتراپی و ۵ دقیقه اولتراسوند را هر جلسه دریافت کردند، اما گروه آزمایش علاوه بر درمان رایج فیزیوتراپی ۵ مرتبه در هفته و به مدت ۶ هفته فلکسی بار را در ۲ جهت عمودی و افقی به مدت ۱۰ ثانیه و با ۱۰ بار تکرار در ۱۰ ست انجام دادند.	مقیاس دیداری سنجش درد مقیاس ناتوانی اوسوستری	تمرینات فلکسی بار در کاهش درد و اختلال عملکرد بیماران مبتلا به کمردرد مفید است.
چانگ و همکاران (۲۰۱۸) [۲۰]	۲۷ بیمار مبتلا به کمردرد به طور تصادفی به ۲ گروه تمرینات ثبات دهنده با فلکسی بار و تمرینات ثبات دهنده بدون فلکسی بار	آزمایشی/تمام بیماران ۳۰ دقیقه در روز در ۳ ست با ۱۰ تکرار ۱۰ ثانیه، ۳ بار در هفته و به مدت ۶ هفته تمرینات را انجام دادند.	مقیاس دیداری سنجش درد مقیاس ناتوانی اوسوستری ظرفیت و ضخامت فعال شدن عضلات عرضی شکم	هر دو نوع تمرین موجب بهبود درد، ناتوانی عملکردی و ظرفیت عملکردی عضله ترنسورس ایلومینیس شدند، اما ضخامت این عضله در هیچ گروهی تغییر معناداری نکرده بود.
مورساید و همکاران (۲۰۰۷) [۲۱]	۱۴ مرد سالم	نوسان بادی به مدت ۱۵ ثانیه در یکی از راستاهای عمودی، افقی یا اریب و در جهات داخل خارج یا بالا پایین	فعالیت الکترومیوگرافیک به صورت دوطرفه از عضلات راست کننده ستون فقرات، مایل خارجی، مایل داخلی و راست شکمی	نوسانات بادی بیلد با آمپلی تود بالا و در راستای عمودی آن موجب فعالیت بیشتر در عضلات مایل داخلی و مایل خارجی می شود.
کیم و همکاران (۲۰۱۳) [۲۲]	۲۰ شرکت کننده سالم (۱۲ مرد و ۸ زن) به طور تصادفی در ۲ گروه	آزمایشی/شرکت کنندگان می بایست هریک از تمرینات پل زدن، دراز و نشست و چهار دست و پا را ۳۰ ثانیه ورزش و ۹۰ ثانیه استراحت با یا بدون استفاده از فلکسی بار انجام دهند.	فعالیت الکترومیوگرافیک عضلات راست کننده ستون فقرات، مایل خارجی، مایل داخلی و راست شکمی	در گروهی که فلکسی بار داشتند فعالیت عضلانی به طور معناداری بیشتر از گروه دیگر بود.
چانگ و همکاران (۲۰۱۵) [۲۳]	۲۰ فرد سالم (۱۰ زن و ۱۰ مرد)	نوسان فلکسی بار و میله غیر منعطف در جهت داخل خارج در ۳ وضعیت ایستاده، ۴ دست و پا و پل زدن از پهلوی	فعالیت الکترومیوگرافیک عضلات راست کننده ستون فقرات، مایل خارجی، مایل داخلی و راست شکمی	تمرینات فلکسی بار نسبت به تمرینات میله غیر منعطف در فعال سازی عضلات تنه مؤثرترند.
درویدیان و همکاران (۲۰۱۹) [۲۴]	۱۲ مرد سالم	نوسان فلکسی بار به مدت ۱۰ ثانیه با یک دست در راستای افقی و در جهت بالا پایین در ۲ موقعیت یک پا و دو پا	فعالیت الکترومیوگرافی عضلات راست کننده ستون فقرات گردن، توراسیک و کمر چپ و راست	هنگام تکان دادن فلکسی بار با دست راست عضلات راست کننده ستون فقرات گردن در سمت راست فعالیت بیشتری نسبت به چپ دارند و عضلات راست کننده ستون فقرات کمر و توراسیک در سمت چپ فعالیت بیشتری دارند. همچنین سطح فعالیت عضلات راست کننده ستون فقرات در ۳ وضعیت وزن اندازی متفاوت، وزن اندازی روی پای راست و چپ و دو پا، تفاوت معناداری با یکدیگر نداشت.
لی و همکاران (۲۰۱۶) [۲۵]	۲۶ دانشجو (۱۳ مرد و ۱۳ زن) سالم به طور تصادفی در ۲ گروه کنترل و آزمایش	هر ۲ گروه کنترل و آزمایش از یک میله معمولی استفاده کردند، اما گروه آزمایش علاوه بر آن از تمرینات فلکسی بار نیز استفاده کردند (به مدت ۳۰ دقیقه و ۳ بار در هفته و به مدت ۶ ماه).	ضخامت عضلات مایل خارجی، مایل داخلی، عرضی شکمی و مولتی فیدوس با سونوگرافی	ضخامت عضلات عرضی شکمی و مولتی فیدوس در گروه آزمایش افزایش یافته بود. در نهایت به این نتیجه رسیدند که فلکسی بار در افزایش ضخامت عضلات تنه و بهبود تعادل مؤثر است.
آندرس و همکاران (۲۰۰۸) [۲۶]	۳۰ فرد سالم (۱۵ مرد و ۱۵ زن) در ۲ گروه زن و مرد	شرکت کنندگان می بایست میله ارتعاشی را در راستای افقی نگه دارند و آن را در صفحات عمودی و افقی ۳ مرتبه به مدت ۱۰ ثانیه و با فاصله استراحت ۶۰ ثانیه به نوسان درآورند.	فعالیت الکترومیوگرافیک عضلات راست کننده ستون فقرات، مایل خارجی، مایل داخلی، عرضی شکمی و مولتی فیدوس	الگوی فعالیت عضلات پشتی به صفحه نوسان وابسته است، فعالیت عضلات مولتی فیدوس در صفحه عمودی افزایش می یابد، اما فعالیت عضلات شکمی به صفحه نوسان وابسته نیست.
لی و همکاران (۲۰۱۸) [۲۷]	۲۴ بیمار سکت مزمن به طور تصادفی در ۲ گروه کنترل و آزمایش	آزمایشی/هر ۲ گروه کنترل و آزمایش بوبت را دریافت کردند، اما افراد گروه آزمایش علاوه بر آن می بایست ۲۰ دقیقه ۵ روز در هفته و به مدت ۴ هفته فلکسی بار را در جهات بالا پایین و داخل خارج به نوسان درآورند.	فعالیت الکترومیوگرافیک عضلات مایل داخلی، راست شکمی و مایل خارجی	تمرینات فلکسی بار به طور مؤثری فعالیت عضلات تنه را بهبود می بخشد.
برویس و همکاران (۲۰۲۰) [۱۴]	۳۶ داوطلب مرد (۱۸ نفر سالم و ۱۸ نفر مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی)	ایستاده روی سطح صاف بدون استفاده از فلکسی بار، ایستاده روی فوم بدون استفاده از فلکسی بار، ایستاده روی سطح صاف با استفاده از فلکسی بار و ایستاده روی فوم با استفاده از فلکسی بار	فعالیت الکترومیوگرافیک عضلات راست کننده ستون فقرات، مایل داخلی، مایل خارجی و راست شکمی، رکتوس فموریس، بایسپس فموریس، تیپالیس آنتریور و گاستروکنمیوس	نتایج این مطالعه نشان داد نیروهای ارتعاشی حاصل از فلکسی بار علاوه بر عضلات تنه موجب افزایش فعالیت عضلات هیپ و مچ پا می شود.

نویسنده/سال	شرکت کنندگان	روش	پارامترهای اندازه گیری شده	نتایج
لیم و همکاران (۲۰۱۸) [۲۸]	۲۵ فرد سالم به طور تصادفی در ۲ گروه کنترل و آزمایش	گروه می بایست ۳ روز در هفته و به مدت ۳۰ دقیقه برای ۶ هفته تمرینات ثبات دهنده چهار دست و پا و دراز و نشست را با فلکسی بار ترکیب کنند، اما گروه کنترل می بایست این تمرینات را با یک میله سفت و ساده ترکیب کنند.	فعالیت الکترومیوگرافیک عضلات راست کننده ستون فقرات، مایل داخلی، مایل خارجی و راست شکمی	فعالیت تمام عضلات در هر ۲ گروه بعد از آزمایش نسبت به قبل از آزمایش به طور معناداری بالاتر بود. فلکسی بار در ترکیب با تمرینات دراز و نشست و چهار دست و پا موجب بهبود در فعالیت عضلات تنه شد.
سانچز زاریاگا و همکاران (۲۰۰۹) [۲۹]	۱۳ مرد سالم	شرکت کنندگان می بایست در ۲ وضعیت ایستاده و نشسته ۱۵ ثانیه بادی بیلد را با ۲ دست در جهات افقی و عمودی به نوسان درآورند.	فعالیت الکترومیوگرافیک عضلات راست کننده ستون فقرات، مایل داخلی، مایل خارجی و راست شکمی	فعالیت عضلات تحت تأثیر وضعیت ایستاده یا نشسته نبود و فقط به جهت بادی بیلد هنگام ورزش وابسته بود.
آندرس و همکاران (۲۰۰۷) [۳۰]	۳۰ فرد سالم (۱۵ مرد و ۱۵ زن)	شرکت کنندگان می بایست میله منعطف را با هر ۲ دست در راستای افقی نگه دارند و در صفحات افقی و عمودی و در فرکانس های ۳، ۳/۵ و ۴/۵ هرتز به ارتعاش درآورند.	فعالیت الکترومیوگرافیک عضلات راست کننده ستون فقرات، مایل خارجی، مایل داخلی، عرضی شکمی و مولتی فیدوس	الگوی فعالیت عضلات تنه بسته به فرکانس و صفحه ارتعاشات از ثبات دهنده اولیه تا حرکت دهنده متفاوت است.
مارتینز و همکاران (۲۰۱۴) [۳۱]	۲۰ زن سالم	شرکت کنندگان می بایست ۱۵ ثانیه فلکسی بار را در ۲ وضعیت تیلت نرمال پلوپس و پوسترپور پلوپس تیلت در صفحه سائیتال به نوسان درآورند.	فعالیت الکترومیوگرافیک عضلات مولتی فیدوس، مایل داخلی، راست شکمی و ایلیو کوستالیس لومباروم	عضله مایل داخلی در وضعیت پوسترپور پلوپس تیلت نسبت به وضعیت تیلت نرمال پلوپس از خود نشان می داد. از طرف دیگر، فعالیت عضله ایلیو کوستالیس لومباروم در وضعیت نوترال پلوپس نسبت به وضعیت پوسترپور پلوپس تیلت بیشتر است.
گونسالوز و همکاران (۲۰۱۱) [۳۲]	۱۲ زن سالم	شرکت کنندگان می بایست ۲ میله ثابت و منعطف را در ۲ وضعیت نشسته و ایستاده به مدت ۱۵ ثانیه و با فاصله استراحت ۶۰ ثانیه به نوسان درآورند. ورزش ها شامل: ۱. شانه ها در ۹۰ درجه فلکشن و نگهداشتن میله با ۲ دست و در موازات زمین، ۲. شانه ها در ۱۸۰ درجه فلکشن و نگهداشتن میله با ۲ دست و در موازات زمین و ۳. شانه راست در ۹۰ درجه فلکشن و نگهداشتن میله با دست راست و عمود بر زمین	فعالیت الکترومیوگرافیک عضلات مایل خارجی، مایل داخلی، راست شکمی و مولتی فیدوس و ایلیو کوستالیس لومباروم	تنها فعالیت عضله مایل داخلی در ورزش های میله منعطف ۷۲ درصد نسبت به ورزش های میله ثابت بیشتر بود. همچنین فعالیت عضله مایل داخلی در وضعیت ایستاده نسبت به وضعیت نشسته به طور معناداری بالاتر بود.
پارک و همکاران (۲۰۱۶) [۳۳]	۳۰ بیمار مبتلا به کمردرد مزمن در ۳ گروه (تمرینات اسلینگ، فلکسی بار و تویی)	شرکت کنندگان هر ۳ گروه می بایست تمرینات مربوط به همان گروه را به مدت ۱۲ هفته، ۲ بار در هفته و به مدت ۶۰ دقیقه انجام دهند.	سنجش دیداری درد، تعادل دینامیک و انعطاف پذیری فلکشن کمر	در هر ۳ گروه تغییرات قابل توجهی در مقیاس درد، انعطاف پذیری و تعادل بیماران مبتلا به کمردرد مزمن دیده شد، اما به طور خاص تمرینات فلکسی بار در بهبود تعادل و انعطاف پذیری بیماران مؤثرتر بودند.
ونگ و همکاران (۲۰۱۵) [۳۴]	۱۱ نوجوان فوتبالیست	شرکت کنندگان می بایست نیم ساعت در روز، ۳ مرتبه در هفته و به مدت ۸ هفته در ۳ ست ۳۰ ثانیه تمرینات مربوط به فلکسی بار را انجام دهند.	قدرت عضلات چرخاننده چپ و راست، راست کننده تنه و عضله راست شکمی با تست دستی عضلات	قدرت عضلات تنه بعد از تمرینات فلکسی بار به طور معناداری بهبود یافته بود.

طب توانبخشی

یافته است. در همین راستا، چانگ و همکاران نیز گزارش کردند درد و ناتوانی عملکردی بیماران مبتلا به کمردرد بعد از تمرینات ثبات دهنده با فلکسی بار به طور معناداری بهبود یافته است [۲۰]. همچنین پارک و همکاران طی مطالعه ای نشان دادند تمرینات فلکسی بار موجب بهبود تعادل و کاهش درد در بیماران مبتلا به کمردرد مزمن شده است. آن ها بیان می کنند تمرینات با بهبود قدرت عضلات یک تأثیر سینرژیک بر کاهش درد دارند [۳۳].

بررسی فعالیت عضلانی با استفاده از فلکسی بار

در بیماران مبتلا به کمردرد ۲ اختلال متفاوت شناخته شده است:

۱. کاهش تحمل عضلات اکستانسور پشتی،

لی و همکاران طی مطالعه ای، درد و ناتوانی عملکردی در بیماران مبتلا به کمردرد را بعد از تمرین با فلکسی بار مطالعه کرده و بیان کردند که تحریکات ارتعاشی، گیرنده هایی را تحریک می کند که ارتعاشات را حس می کنند و حس ارتعاش توسط فیبرهای بزرگ میلین دار عصبی و $A\beta$ به شاخ خلفی نخاع می رود و در نتیجه تحریکات ارتعاشی می توانند دردی که توسط A دلتا و الیاف C به شاخ خلفی نخاع می رود را سرکوب کنند (تئوری کنترل دروازه ای درد). تحریکات ارتعاشی همچنین می تواند سطح ماده P در CSF را کاهش دهند و از طرفی یک اثر پلاسبو نوروفیزیولوژیکال داشته باشند که انتقال درد را از گیرنده های محیطی به مغز کاهش می دهد [۱۹].

نتایج این مطالعه نشان داد درد و ناتوانی عملکردی در بیماران مبتلا به کمردرد بعد از تمرین با فلکسی بار به طور معناداری کاهش

۲. تأخیر پاسخ‌های پاسچرال فیدفوروارد عضلات عمقی شکم.

کاهش تحمل عضلات اکستانسور پشتی به دلیل استفاده نکردن طولانی مدت از عضلات به دلیل کاهش فعالیت فیزیکی فرد است و تأخیر پاسخ‌های پاسچرال عضلات عمقی شکم موجب اختلال هماهنگی عضلات تنه در بیماران مبتلا به کمردرد می‌شود [۳۰].

اختلال در کنترل عصبی عضلانی و کاهش استفاده از عضلات پشتی و شکمی موجب بی‌ثباتی در ستون فقرات و متعاقباً صدمه می‌شود [۳۵]. تحقیقات نشان داد استفاده از ابزار ارتعاشی می‌تواند علاوه بر تقویت عضلات بر کنترل عصبی عضلانی تأثیرگذار باشد. بوگارتس و دیگران گزارش می‌کنند تحریکات ارتعاشی باعث فعال شدن دوک‌های عضلانی و افزایش فعالیت آلفا موتور نورون‌ها می‌شود و در نتیجه عضلاتی که مسئول ثبات پاسچر هستند (عضلات مرکزی تنه) فعال می‌شوند و این مسئله باعث تقویت کنترل عصبی عضلانی و بهبود حس عمقی می‌شود [۳۶].

همچنین تحریکات ارتعاشی از طریق برانگیختن یا همان رفلکس ارتعاشی میوتونیک^۸ و تأثیر بر آلفا موتور نورون‌ها موجب در انقباض ماندن عضله در حین ارتعاش می‌شود [۳۷] که نتیجه آن از دیدگاه نورولوژی درگیری بیشتر واحدهای حرکتی به طور همزمان و افزایش توان عضلانی است [۳۵]. این فرایند، عضله را برای تحمل بار خارجی بزرگ‌تر توانمند می‌سازد [۲۳].

تأثیر صفحه نوسان فلکسی بار بر فعالیت عضلات

آندرس و همکاران طی مطالعه‌ای فعالیت الکترومیوگرافیک عضلات خارجی مایل^۹، داخلی مایل^{۱۰}، شکمی راست^{۱۱}، راست‌کننده ستون فقرات^{۱۲} و مولتی فیدوس^{۱۳} را هنگام نگه‌داشتن میله ارتعاشی در راستای افقی و نوسان آن در صفحات عمودی و عرضی در افراد سالم بررسی کردند. آن‌ها گزارش کردند که فعالیت عضلات شکمی به صفحه نوسان وابسته نیست، به طوری که عضلات شکمی در هر ۲ صفحه به طور مداوم فعال بودند، اما فعالیت عضلات پشتی تحت تأثیر صفحه نوسان بود. این عضلات در صفحه عمودی الگوی فعالیت فازیک و در صفحه عرضی فعالیت مداوم داشتند [۳۰].

آندرس و همکاران در سال ۲۰۰۷ طی مطالعه دیگری به بررسی تأثیر فرکانس ۳، ۴/۵ و ۵/۴ هرتز و صفحه ارتعاش بر هماهنگی عضلات تنه پرداختند. در این مطالعه، فعالیت الکترومیوگرافیک عضلات راست‌کننده ستون فقرات، خارجی مایل، داخلی مایل، مولتی فیدوس و شکمی راست را هنگام نگه‌داشتن میله ارتعاشی در راستای افقی و نوسان آن در صفحات عمودی و عرضی در افراد

سالم بررسی کردند. آن‌ها گزارش کردند الگوی فعالیت عضلات تنه بسته به فرکانس و صفحه ارتعاش از ثبات‌دهنده تا حرکت‌دهنده متفاوت است، به این صورت با افزایش فرکانس الگوی فعالیت عضلات تنه از ثبات‌دهنده به سمت حرکت‌دهنده تغییر پیدا می‌کند، یعنی نرخ فعالیت عضلات قدامی به خلفی افزایش و نرخ فعالیت عضله مایل داخلی به مایل خارجی کاهش می‌یابد.

همچنین بیان می‌کنند مؤثرترین فرکانس حدود ۵ هرتز است. بیش‌ترین تغییرات در میانگین آمپلیتود فعالیت عضلات در صفحه ارتعاشی عمودی رخ می‌دهد، به این صورت که در صفحه ارتعاشی عمودی نرخ فعالیت عضلات قدامی به خلفی و نرخ فعالیت عضلات مولتی فیدوس به راست‌کننده ستون فقرات افزایش می‌یابد، اما در صفحه ارتعاشی افقی نرخ فعالیت عضلات قدامی به خلفی و نرخ فعالیت عضلات مولتی فیدوس به راست‌کننده ستون فقرات تونیک باقی می‌ماند [۲۶]. در این خصوص، سانچز زاریاگا و همکاران طی مطالعه‌ای گزارش کردند که فعالیت عضلات تنه تحت تأثیر جهت ارتعاشات بادی‌بلید است. ارتعاشات در راستای عمودی و صفحه افقی موجب ایجاد فعالیت بالا در عضلات چرخاننده مثل مایل داخلی و مایل خارجی می‌شود و ارتعاشات در راستای افقی موجب فعالیت بالا در عضلات راست‌کننده ستون فقرات و راست شکمی می‌شود [۲۹] و این نتایج با نتایج مطالعه مورساید و همکاران در یک راستاست. آن‌ها گزارش می‌کنند راستای عمودی بادی‌بلید یک گشتاور پیچشی و راستای افقی آن یک گشتاور سائیتال ایجاد می‌کند [۲۱].

لیم و دیگران گزارش می‌کنند نوسان فلکسی بار در راستای عمودی و در صفحه عرضی موجب فعالیت بالای عضلات مایل داخلی و مایل خارجی می‌شود، از طرفی این عضلات، عضلات چرخاننده تنه هستند که به ثبات ستون فقرات کمک می‌کنند [۲۸]. همچنین آرورا و همکاران دریافتند ارتعاش فلکسی بار در صفحه ترنسورس نسبت به صفحات سائیتال یا فرونتال فعالیت بیشتری در عضلات عرضی شکم^{۱۴}، مایل داخلی و راست‌کننده ستون فقرات ایجاد می‌کند [۱۵].

مورساید و همکاران در سال ۲۰۰۷ الگوی فعالیت عضلات تنه را هنگام استفاده از بادی‌بلید بررسی کردند. آن‌ها دریافتند صفحه فرونتال مؤثرترین صفحه برای فعالیت عضلات راست‌کننده ستون فقرات و مایل داخلی است. همچنین گزارش کردند هنگامی که بلیید در راستای عمودی و در جهت داخلی خارجی به نوسان درمی‌آید، سطح فعالیت عضلات تنه قابل مقایسه و حتی بیشتر از سایر تمرینات ثبات‌دهنده ستون فقرات بدون استفاده از بادی‌بلید است. برای مثال، سطح فعالیت عضله مایل داخلی هنگام استفاده از بادی‌بلید ۵۲ درصد از حداکثر انقباض ارادی^{۱۵} است، اما در

8. Tonic Vibration Reflex (TVR)
9. Oblique External (OE)
10. Oblique Internal (OI)
11. Rectus Abdominis (RA)
12. Erector Spine (ES)
13. Multifidus (MU)

14. Transverse Abdominis (TA)
15. Maximal Voluntary Contraction (MVC)

بیشتر عضلات راست کننده ستون فقرات در مقایسه با تمرین پل زدن شد [۲۲] و این به این معناست که در تمرین با فلکسی بار نه تنها عضلات سطحی، بلکه عضلات عمقی وارد عمل می شوند. در وضعیت ۴ دست و پا هنگامی که فلکسی بار با دست راست استفاده می شود، نسبت به وضعیت ۴ دست و پا بدون فلکسی بار فعالیت عضلات مایل خارجی چپ و مایل داخلی راست به طور معناداری بیشتر است، زیرا عضلات اوبلیک شکمی برای حفظ ثبات و جلوگیری از چرخش ستون فقرات وارد عمل می شوند. چانگ و همکاران نیز تأثیر تمرینات با و بدون فلکسی بار را روی فعالیت عضلات راست کننده ستون فقرات، مایل خارجی، مایل داخلی و شکمی عرضی در افراد سالم در وضعیت های ۴ دست و پا، ایستاده و پل زدن از پهلوی بررسی کردند [۲۳].

نتایج این مطالعه نشان داد تمرینات فلکسی بار نسبت به تمرینات بدون فلکسی بار موجب بیشتر فعال شدن عضلات تنه می شوند. در وضعیت ۴ دست و پا تفاوت معناداری در فعالیت عضله مایل داخلی دیده شد، اما مابقی عضلات تفاوت معناداری نداشتند. در وضعیت پل زدن از پهلوی به دلیل ناتوانی افراد در کنترل لوردوز کمری تفاوت معناداری در فعالیت عضلات مایل داخلی و راست کننده ستون فقرات دیده شد، اما مابقی عضلات تفاوت معناداری نداشتند. در وضعیت ایستاده سطح اتکا نسبت به ۲ وضعیت دیگر کوچک تر است و فرد باید تنه را در سطح اتکا کوچک تری حفظ کند؛ بنابراین تفاوت معناداری در فعالیت عضلات مایل داخلی و مایل خارجی دیده شد، اما مابقی عضلات تفاوت معناداری نداشتند. نکته قابل توجه این مطالعه این است که در هیچ وضعیتی تفاوت معناداری در فعالیت عضله راست شکمی دیده نشد.

در همین راستا، جوزف و همکاران و دیگران گزارش کردند در تمرین چرخش ایزومتریک تنه به چپ و راست تفاوت معناداری در فعالیت عضله راست شکمی دیده نمی شود [۳۹]. هال و دیگران نیز براساس نتایج مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که چرخش به چپ و راست و ایمبالانس تنه توسط عضلاتی که فیبرهای افقی یا اریب مثل مایل داخلی، مایل خارجی و عرضی شکمی دارند، کنترل می شود نه توسط عضلاتی مثل راست شکمی که فیبرها به صورت عمودی قرار گرفته اند [۴۰].

برویس و همکاران در سال ۲۰۲۰ طی مطالعه ای به بررسی فعالیت الکترومیوگرافیک عضلات تنه و اندام تحتانی هنگام حرکت دادن فلکسی بار روی سطوح بی ثبات و باثبات در افراد سالم و بیماران مبتلا به کمردرد پرداختند. فعالیت الکترومیوگرافیک عضلات راست شکمی، مولتی فیدوس، مایل داخلی، مایل خارجی، راست کننده ستون فقرات، راست رانی، دوسر ران^{۲۱}، عرضی شکمی و عضله گاستروکنمیوس در ۴ وضعیت ایستاده

تمرین دراز و نشست و پرس آپ^{۱۶} روی توپ سوئیسی^{۱۷} سطح فعالیت این عضله به ترتیب ۳۷ درصد و ۳۳ درصد از حداکثر انقباض ارادی است یا سطح فعالیت عضلات راست کننده ستون فقرات در تمرین پرند-سگ^{۱۸}، ۱۳ درصد تا ۳۴ درصد از حداکثر انقباض ارادی متغیر است، اما استفاده از بادی بلید در جهت عمودی موجب سطح بالای فعالیت عضلات مایل داخلی و راست کننده ستون فقرات به طور هم زمان می شود [۲۱].

به منظور بررسی ارتعاشات دوطرفه، آرورا و همکاران طی مطالعه ای تأثیر ارتعاشات یک طرفه^{۱۹} و دوطرفه^{۲۰} بلید را بر فعالیت عضلات تنه بررسی کردند. آن ها گزارش کردند ارتعاش در صفحه ترنسورس موجب فعالیت بیشتر عضلات مایل داخلی و عرضی شکمی نسبت به صفحات پیشانی و میانی می شود [۱۵]. این نتایج با نتایج مطالعه مورساید هم خوانی نداشت. آن ها گزارش کردند مؤثرترین صفحه برای فعال سازی عضلات مایل داخلی و عرضی شکمی صفحه فرونتال است [۲۱]. آرورا علت این تناقض را اختلاف در نوع گرفتن بلید (با یک دست یا دو دست گرفتن) پیشنهاد کرد.

تأثیر وضعیت بدنی فرد هنگام کار با فلکسی بار بر فعالیت عضلات

کیم و همکاران در سال ۲۰۱۴ به بررسی مقایسه تأثیر فلکسی بار و تمرینات ثبات دهنده در وضعیت های مختلف بر فعالیت عضلات راست کننده ستون فقرات، مایل خارجی، مایل داخلی، مولتی فیدوس و راست شکمی در افراد سالم پرداختند. آن ها گزارش کردند که در وضعیت دراز و نشست با فلکسی بار فعالیت عضلات راست شکمی و راست کننده ستون فقرات نسبت به وضعیت دراز و نشست بدون فلکسی بار بیشتر است، اما تفاوت معناداری بین ۲ گروه دیده نشد؛ در حالی که فعالیت عضلات مایل داخلی و مایل خارجی در گروه فلکسی بار نسبت به گروه بدون فلکسی بار به طور معناداری بیشتر بود. در وضعیت پل زدن با فلکسی بار ارتعاشات مداوم، سطح اتکا را بی ثبات می سازد؛ بنابراین نه تنها فعالیت عضلات اطراف ستون فقرات، بلکه عضلات شکمی برای حفظ پاسچر افزایش می یابد [۲۲].

استونز در تمرین پل زدن روی یک سطح ناپایدار به این نتیجه رسید که انقباض عضلات خارجی تنه برای حفظ ثبات تنه و جلوگیری از جابه جایی ستون فقرات و لگن رخ می دهد، در نتیجه از افزایش چشمگیر فعالیت عضلات عمقی تر مثل مولتی فیدوس و راست کننده ستون فقرات جلوگیری می کند [۳۸]، اما در مطالعه کیم، ترکیب فلکسی بار با تمرین پل زدن موجب فعالیت

16. Press Up
17. Swiss Ball
18. Bird-Dog
19. Single Oscillatory Device (SOD)
20. Double Oscillatory Device (DOD)

21. Biceps femoris

روی فوم بدون فلکسی بار، ایستاده روی سطح باثبات بدون فلکسی بار، ایستاده روی فوم با فلکسی بار و ایستاده روی سطح باثبات با فلکسی بار و حرکت دادن آن در راستای عمودی و در صفحه سائیتال بررسی شد.

نتایج این مطالعه نشان داد سطح فعالیت تمام عضلات هنگام استفاده از فلکسی بار بیشتر می شود، زیرا عضلات با یک مقاومت و نیروی خارجی مواجه می شوند. ارتعاشات فلکسی بار نه تنها موجب افزایش فعالیت عضلات در سطح تنه، بلکه در سایر مفاصل موجود در زنجیره کینتیک می شود، به گونه ای که فلکسی بار فعالیت عضلات پروگزیمال را بیشتر از عضلات میچ پا افزایش می دهد.

برویس بیان می کند بیماران مبتلا به کمردرد به جای استفاده از راهبردهای چند سگمانه منعطف کنترل پاسچر از راهبردهای کنترل پاسچر سخت و غیرمنعطف استفاده می کنند و ارتعاشات مداوم فلکسی بار موجب تبدیل استراتژی کنترل پاسچر میچ پا به استراتژی کنترل پاسچر چند سگمانه می شود. فعالیت اکترومیوگرافیک عضلات نشان داد سطوح بی ثبات بدون فلکسی بار تنها موجب افزایش فعالیت در عضلات میچ پا می شوند، اما استفاده از فلکسی بار موجب ایجاد دامنه وسیع تری از پاسخها در عضلات تنه، هیپ و میچ پا برای کنترل پاسچر می شود.

در نتیجه استفاده از فلکسی بار روی سطح بی ثبات به افزایش فعالیت عضلات هیپ و برطرف سازی نقص استراتژی هیپ در بیماران مبتلا به کمردرد کمک می کند. در مقایسه ایستادن روی سطح بی ثبات بدون استفاده از فلکسی بار و سطح با ثبات بیان می کند که فعالیت عضلات عرضی شکمی، راست رانی و گاستروکنمیوس هنگام ایستادن روی سطح بی ثبات نسبت به سطح باثبات بالاتر می شود و هیچ تغییری در فعالیت عضلات پشته و شکمی دیده نمی شود، اما استفاده از فلکسی بار روی سطح بی ثبات و باثبات فعالیت این عضلات را به یک اندازه افزایش می دهد و علاوه بر آن عضلات پشته و شکمی هم برای کنترل پاسچر وارد عمل می شوند. نکته قابل توجه این مطالعه این است که هیچ تفاوت معناداری بین افراد سالم و بیماران مبتلا به کمردرد مشاهده نشد و نتایج نشان می دهد فلکسی بار همان راهبردهایی را در بیماران مبتلا به کمردرد تحریک می کند که در افراد سالم هم تحریک می کنند، در نتیجه می توان از فلکسی بار در توان بخشی بیماران مبتلا به کمردرد استفاده کرد [۱۴].

مارتینز و همکاران در سال ۲۰۱۵ تأثیر میله ارتعاشی را در ۲ وضعیت تیلت نرمال پلوپس و پوسترپور تیلت پلوپس روی فعالیت عضلات بررسی کردند. نتایج مطالعه آن ها نشان داد در پوسترپور تیلت پلوپس فعالیت عضله مایل داخلی نسبت به تیلت نرمال پلوپس بیشتر است و در تیلت نرمال نسبت به پوسترپور تیلت پلوپس فعالیت عضله ایلوکوستالیس لومباروم بیشتر است. عضله ایلوکوستالیس لومباروم به عنوان یک عضله گلوبال به

سطح خلفی ساکروم اتصال دارد و عضله مایل داخلی به عنوان یک عضله لوکال به خار خاصره قدامی فوقانی کرست ایلپاک اتصال دارد؛ بنابراین وضعیت پلوپس در تغییر طول این عضلات مؤثر است.

فعالیت بالای عضله ایلوکوستالیس لومباروم در وضعیت نوترال پلوپس دیده شد، شاید به این دلیل باشد که در این وضعیت عضله در مطلوب ترین رابطه طول/تنش خود برای تولید گشتاور باشد، اما بیشترین فعالیت عضله مایل داخلی در وضعیت پوسترپور پلوپیک تیلت دیده شد، شاید به این دلیل که در این وضعیت بعضی از عضلات ثبات دهنده مثل ایلوکوستالیس لومباروم و ایلوسواس در حالت کشیده ای قرار می گیرند و کارایی آن ها برای تولید نیرو کاهش می یابد و فعالیت بالای مایل داخلی برای جبران کاهش این کارایی است. در وضعیت پوسترپور پلوپیک تیلت مرکز ثقل جابه جا شده که چالش بیشتری برای عضلات ثبات دهنده ایجاد می کند [۳۱].

این نتایج تأیید کننده گزارش های پیتیر نیست، زیرا آن ها گزارش می کنند که در وضعیت نوترال پلوپس نسبت به تیلت قدامی و خلفی پلوپس فعالیت عضلات مایل داخلی و مولتی فیدوس برای ایجاد ثبات بیشتر می شود، چون در وضعیت نوترال فعالیت بافت های پسو کاهش می یابد [۴۱]. از طرفی گونسالوز [۳۲] و آندرس [۲۶] و مارکز [۴۲] مشاهده کردند فعالیت عضله مایل داخلی در وضعیت ایستاده نسبت به نشسته بیشتر است، زیرا در وضعیت ایستاده نسبت به وضعیت نشسته پلوپس بی ثبات تر است و این نتایج نتیجه مطالعه مارتین [۳۱] را تأیید می کند. مطالعات دیگر نیز تأیید کننده این موضوع است که تکان دادن فلکسی بار در حالت ایستاده نسبت به حالت نشسته عضلات مولتی فیدوس و مایل داخلی را بیشتر وارد عمل می کند [۳۲، ۳۳، ۴۲].

گونسالوز و همکاران در سال ۲۰۱۱ طی مطالعه ای فعالیت عضلات تنه را با فلکسی بار و میله غیرمنعطف در ۲ وضعیت ایستاده و نشسته بررسی کردند. نتایج نشان داد فعالیت عضله مایل داخلی هنگام تمرینات فلکسی بار نسبت به تمرینات بدون فلکسی بار ۷۲ درصد بیشتر است. همچنین در تمرینات فلکسی بار فعالیت عضله مایل داخلی در وضعیت ایستاده به طور معناداری نسبت به وضعیت نشسته بیشتر است [۳۲].

مطالعه سانچز زاریاگا نیز نشان داد در تمرینات فلکسی بار فعالیت عضله مایل داخلی در وضعیت ایستاده نسبت به وضعیت نشسته بیشتر است، اما هیچ تفاوت معناداری در فعالیت عضلات تنه بین موقعیت های نشستن و ایستادن وجود نداشته است و فعالیت عضلات تحت تأثیر راستای بادی بلند است [۲۹]. در سال ۲۰۱۹ درودیان به بررسی تأثیر فلکسی بار بر فعالیت عضلات راست کننده ستون فقرات در موقعیت های متفاوت وزن اندازی در افراد سالم پرداختند. آن ها گزارش کردند در موقعیت های

نتیجه‌گیری

براساس جست‌وجوی منابع این اولین مطالعه مروری اخیر است که سعی کرده تأثیر فلکسی‌بار بر درد، ناتوانی عملکردی و فعالیت عضلات تنه در بیماران مبتلا به کمردرد را بررسی کند؛ البته قبل از آن باید در نظر بگیریم که یک مطالعه مروری اجازه ندارد مطالعات را از نظر آماری بسنجد. با این حال، از نظر بالینی نتایج این مطالعه می‌تواند در درمان توان‌بخشی بیماران مبتلا به کمردرد مفید باشد. طبق این مطالعات تحریکات ارتعاشی فلکسی‌بار می‌توانند در کاهش درد و بهبود ناتوانی عملکردی بیماران مبتلا به کمردرد مؤثر باشند.

از دیدگاه نوروفیزیولوژی، تحریکات ارتعاشی، گیرنده‌هایی را تحریک می‌کنند که انتقال حس درد به مراکز بالاتر را سرکوب می‌کنند. همچنین کاهش درد در بیماران مبتلا به کمردرد می‌تواند مرتبط با بهبود قدرت عضلات باشد، زیرا پاسخ بدن انسان در مواجهه با تحریکات ارتعاشی به صورت انقباض رفلکسی و افزایش فعالیت عضلات است که می‌تواند با درگیری واحدهای حرکتی و بهبود کنترل عصبی عضلانی باعث افزایش توان، گشتاور نیرو و بهبود حس عمقی بعد از تمرین شود.

تعداد مطالعاتی که اثر این ابزار را بر فعالیت عضلات تنه در بیماران مبتلا به کمردرد بررسی کرده‌اند، محدود است. بیشتر مطالعات به بررسی اثر فلکسی‌بار روی فعالیت عضلات تنه در افراد سالم پرداخته‌اند و برخی از مطالعات هیچ تفاوتی را در فعالیت عضلات افراد سالم بین ۲ گروه فلکسی‌بار و میله سخت گزارش نکرده‌اند. اگرچه ممکن است که فلکسی‌بار به تنهایی توانایی ایجاد تغییرات را در افراد سالم نداشته باشد، اما طبق بیشتر مطالعات می‌توان به این نتیجه رسید که با ایجاد یک سطح اتکا بی‌ثبات یا ایجاد یک وضعیت چالش‌برانگیز برای افراد، بتوان تغییراتی را در فعالیت عضلات ایجاد کرد.

برای مثال، در وضعیت ایستاده نسبت به نشسته یا وضعیت پوسترپور پلویک تیلت نسبت به تیلت نرمال پلویس سطح فعالیت عضلات هنگام استفاده از فلکسی‌بار بیشتر می‌شود، زیرا عضلات با یک مقاومت و نیروی خارجی مواجه می‌شوند. از طرفی، صفحه نوسانات فلکسی‌بار نیز نقش مهمی در فعال‌سازی عضلات دارد.

برخی از مطالعات صفحه ترنسورس را بهترین صفحه برای فعال‌سازی عضلات معرفی کردند، اما برخی دیگر از مطالعات ارتعاشات در صفحه عمودی را نسبت به افقی مؤثرتر می‌دانند. علت این ضد و نقیض‌ها احتمالاً در نتیجه انجام تمرینات در وضعیت‌های متفاوت، شدت متفاوت تمرینات و خصوصیات فیزیکی میله است.

وزن‌اندازی متفاوت مثل ایستادن روی پای راست، چپ و هر ۲ پا تفاوت معناداری در فعالیت عضلات سمت چپ و راست وجود نداشته‌است. نکته قابل توجه دیگر در این مقاله این بود که ارتعاش فلکسی‌بار با دست راست نه تنها موجب افزایش فعالیت عضلات راست‌کننده ستون فقرات در سمت راست، بلکه در سمت چپ نیز می‌شود [۲۴].

به منظور بررسی تأثیر فلکسی‌بار در ترکیب با تمرینات ثبات‌دهنده، لیم و همکاران در سال ۲۰۱۸ به بررسی فعالیت عضلات تنه در افراد سالم پرداختند. براساس نتایج این مطالعه در هر ۲ گروه، تمرینات ثبات‌دهنده با فلکسی‌بار و تمرینات ثبات‌دهنده با میله سخت فعالیت عضلات به طور معناداری نسبت به قبل از درمان افزایش یافته بود، اما تفاوت معناداری بین ۲ گروه در فعالیت عضلات افراد سالم دیده نشد و این به معنای آنست که فلکسی‌بار به تنهایی توانایی ایجاد تغییرات در فعالیت عضلات افراد سالم را ندارد. شاید علت نبود تفاوت بین ۲ گروه را بتوان به وجود سطح اتکا با ثبات نسبت داد [۲۸].

اگرچه در مطالعه لیم، تفاوت معناداری بین ۲ گروه ملاحظه نشد، اما در مقایسه اندازه اثر^{۲۳} بین ۲ گروه، فلکسی‌بار موجب فعالیت بالاتر در عضلات مایل داخلی، راست شکمی و راست‌کننده ستون فقرات شده بود. این مطالعه همچنین نشان داد تمرینات فلکسی‌بار در ترکیب با پوزیشن‌های ۴ دست و پا و دراز و نشست موجب فعالیت بیشتر عضله مایل داخلی نسبت به تمرینات میله سخت در ترکیب با پوزیشن‌های ۴ دست و پا و دراز و نشست می‌شود، زیرا عضله مایل داخلی با فاسیای تورا کولومبار ترکیب می‌شود؛ بنابراین عضله‌ای کلیدی در ثبات پاسچر ستون فقرات است. ضمن اینکه این عضله نسبت به عضله راست‌کننده ستون فقرات عمقی‌تر قرار گرفته است. این نتایج با مطالعه چانگ همخوانی داشت. او گزارش کرده است که نوسانات فلکسی‌بار در ترکیب با پوزیشن‌های ایستاده، ۴ دست و پا و پل زدن از پهلوی موجب فعالیت بالای عضله مایل داخلی می‌شوند [۲۳].

همچنین گونسالوز گزارش کرد در تمرینات فلکسی‌بار نسبت به تمرینات بدون استفاده از فلکسی‌بار عضله مایل داخلی ۷۲ درصد فعال‌تر است [۳۲]. نتایج مطالعه رولاتنس و همکاران در سال ۲۰۰۶ نیز نشان دادند ارتعاشات فلکسی‌بار هنگام اسکات روی سطح ناپایدار تفاوت معناداری در فعالیت عضلات نسبت به اسکات روی سطح پایدار ایجاد می‌کنند [۴۳]. همچنین ورا گارسیا و همکاران در مطالعه انجام‌شده در سال ۲۰۰۰ گزارش کردند فعالیت عضلات راست شکمی و راست‌کننده ستون فقرات در تمرین دراز و نشست روی سطح ناپایدار نسبت به سطح پایدار بیشتر است [۴۴].

بنابراین هنوز نمی‌توان به‌طور دقیق بیان کرد کدام صفحه ارتعاشی نسبت به دیگری مؤثرتر است و به مطالعات بیشتری در آینده نیاز است، اما درنهایت می‌توان نتیجه‌گیری کرد که اگر فلکسی‌بار در وضعیت صفحه نوسانی و با آمپلی‌تود مناسب استفاده شود، می‌تواند در درمان توان‌بخشی بیماران مبتلا به کمردرد مفید باشد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مقاله یک مقاله مروری است و هیچ نمونه انسانی و حیوانی ندارد؛ بنابراین هیچ ملاحظات اخلاقی در نظر گرفته نشده است.

حامی مالی

این پژوهش هیچ‌گونه کمک مالی از سازمان‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت‌نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت یکسان داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

از همه کسانی که در مراحل نوشتن و چاپ این مقاله همکاری داشتند، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

- [1] Dankaerts W, O'Sullivan PB, Burnett AF, Straker LM. The use of a mechanism-based classification system to evaluate and direct management of a patient with non-specific chronic low back pain and motor control impairment—a case report. *Manual Therapy*. 2007; 12(2):181-91. [DOI:10.1016/j.math.2006.05.004] [PMID]
- [2] Shahbazi Moheb Seraj M, Sarrafzadeh J, Maroufi N, Ebrahimi Takamjani I, Ahmadi A, Negahban H. Comparison of postural balance between subgroups of nonspecific low-back pain patients based on O'Sullivan classification system and normal subjects during lifting. *Archives of Bone and Joint Surgery*. 2019; 7(1):52-60. [PMID] [PMCID]
- [3] Suh JH, Kim H, Jung GP, Ko JY, Ryu JS. The effect of lumbar stabilization and walking exercises on chronic low back pain: A randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)*. 2019; 98(26):e16173. [DOI:10.1097/MD.00000000000016173] [PMID] [PMCID]
- [4] Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. *Journal of Spinal Disorders*. 1992; 5:390-6. [DOI:10.1097/00002517-199212000-00002] [PMID]
- [5] Narain A, Singh J, Bhowmik S. To compare the effect of core stability exercises and muscle energy techniques on low back pain patients. *Journal of Sports and Physical Education*. 2013; 1(2):9-15. [DOI:10.9790/6737-0120915]
- [6] Bhadauria EA, Gurudut P. Comparative effectiveness of lumbar stabilization, dynamic strengthening, and pilates on chronic low back pain: Randomized clinical trial. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 2017; 13(4):477-85. [DOI:10.12965/jer.1734972.486] [PMID] [PMCID]
- [7] Alves MC, de Souza Neto RJ, Barbosa RI, Marcolino AM, Kuriki HU. Effects of a pilates protocol in individuals with non-specific low back pain compared with healthy individuals: Clinical and electromyographic analysis. *Clinical Biomechanics*. 2020; 72:172-8. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2019.12.009] [PMID]
- [8] Jacobs JV, Roy CL, Hitt JR, Popov RE, Henry SM. Neural mechanisms and functional correlates of altered postural responses to perturbed standing balance with chronic low back pain. *Neuroscience*. 2016; 339:511-24. [DOI:10.1016/j.neuroscience.2016.10.032] [PMID] [PMCID]
- [9] Shanbehzadeh S, Salavati M, Talebian S, Khademi-Kalantari K, Tavahomi M. Attention demands of postural control in non-specific chronic low back pain subjects with low and high pain-related anxiety. *Experimental Brain Research*. 2018; 236:1927-38. [DOI:10.1007/s00221-018-5267-6] [PMID]
- [10] Alhakami AM, Davis S, Qasheesh M, Shaphe A, Chahal A. Effects of McKenzie and stabilization exercises in reducing pain intensity and functional disability in individuals with non-specific chronic low back pain: A systematic review. *Journal of Physical Therapy Science*. 2019; 31(7):590-7. [DOI:10.1589/jpts.31.590] [PMID] [PMCID]
- [11] Dubois JD, Piché M, Cantin V, Descarreaux M. Effect of experimental low back pain on neuromuscular control of the trunk in healthy volunteers and patients with chronic low back pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2011; 21(5):774-81. [DOI:10.1016/j.jelekin.2011.05.004] [PMID]
- [12] 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. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2013; 23(1):173-81. [DOI:10.1016/j.jelekin.2012.09.003] [PMID]
- [13] Fritz JM, Whitman JM, Flynn TW, Wainner RS, Childs JD. Factors related to the inability of individuals with low back pain to improve with a spinal manipulation. *Physical Therapy*. 2004; 84(2):173-90. [DOI:10.1093/ptj/84.2.173] [PMID]
- [14] Bervis S, Kahrizi S, Parnianpour M, Amirmoezzi Y, Shokouhyan S, Motealleh A. Amplitude of electromyographic activity of trunk and lower extremity muscles during oscillatory forces of flexi-bar on stable and unstable surfaces in people with non-specific low back pain. *Journal of Biomedical Physics and Engineering*. 2020. [DOI:10.31661/JBPE.V010.1912-1022]
- [15] Arora S, Button DC, Basset FA, Behm DG. The effect of double versus single oscillating exercise devices on trunk and limb muscle activation. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2013; 8(4):370-80. [PMID] [PMCID]
- [16] Choi DY, Chung SH, Shim JH. Comparisons of shoulder stabilization muscle activities according to postural changes during flexi-bar exercise. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015; 27(6):1889-91. [DOI:10.1589/jpts.27.1889] [PMID] [PMCID]
- [17] Park C, Kim B. Effects of active vibration exercise using a flexi-bar on the activity of scapular stabilizing muscles: A randomized controlled trial. *Journal of International Academy of Physical Therapy Research*. 2020; 11(1):1975-80. [DOI:10.20540/JIAPTR.2020.11.1.1975]
- [18] Hurley L. Strengthening transversus abdominis in subjects with a history of lower back pain and asymptomatic individuals: The flexi-bar vs stabilization training [MSc thesis]. Birmingham: University of Birmingham; 2007. [Link]
- [19] Lee DK, Kim YN, Park CB, Park MS. The effect of actively induced vibration using shoulder joint on pain and dysfunction in patients with low back pain. *Journal of Physical Therapy Science*. 2018; 30(1):23-6. [DOI:10.1589/jpts.30.23] [PMID] [PMCID]
- [20] Chung SH, You YY, Lee HJ, Sim SH. Effects of stabilization exercise using flexi-bar on functional disability and transverse abdominis thickness in patients with chronic low back pain. *Journal of Physical Therapy Science*. 2018; 30(3):400-4. [DOI:10.1589/jpts.30.400] [PMID] [PMCID]
- [21] Moreside JM, Vera-Garcia FJ, McGill SM. Trunk muscle activation patterns, lumbar compressive forces, and spine stability when using the body blade. *Physical Therapy*. 2007; 87(2):153-63. [DOI:10.2522/ptj.20060019] [PMID]
- [22] Kim J-H, So K-H, Bae Y-R, Lee B-H. A comparison of flexi-bar and general lumbar stabilizing exercise effects on muscle activity and fatigue. *Journal of Physical Therapy Science*. 2014; 26(2):229-33. [DOI:10.1589/jpts.26.229] [PMID] [PMCID]

- [23] Chung JS, Park S, Kim J, Park JW. Effects of flexi-bar and non-flexi-bar exercises on trunk muscles activity in different postures in healthy adults. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015; 27(7):2275-8. [DOI:10.1589/jpts.27.2275] [PMID] [PMCID]
- [24] Doroudian A, Roostayi MM, Naimi SS, Rahimi A, Baghban AA. Effect of using the flexi-bar tool on erector spinae muscle activation under different standing weight-bearing conditions. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2019; 32(3):505-9. [DOI:10.3233/BMR-171011] [PMID]
- [25] Lee SJ, Kim YN, Lee DK. The effect of flexi-bar exercise with vibration on trunk muscle thickness and balance in university students in their twenties. *Journal of Physical Therapy Science*. 2016; 28(4):1298-302. [DOI:10.1589/jpts.28.1298] [PMID] [PMCID]
- [26] Anders C, Wenzel B, Scholle H-C. Cyclic upper body perturbations caused by a flexible pole: Influence of oscillation frequency and direction on trunk muscle co-ordination. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2007; 20(4):167-75. [DOI:10.3233/BMR-2007-20405]
- [27] Lee D-K, Kim E-K. Effects of active vibration exercise on trunk muscle activity, balance, and activities of daily living in patients with chronic stroke. *The Journal of Korean Physical Therapy*. 2018; 30(4):146-50. [DOI:10.18857/jkpt.2018.30.4.146]
- [28] Lim J-H. Effects of flexible pole training combined with lumbar stabilization on trunk muscles activation in healthy adults. *The Journal of Korean Physical Therapy*. 2018; 30(1):1-7. [DOI:10.18857/jkpt.2018.30.1.1]
- [29] Sánchez-Zuriaga D, Vera-García FJ, Moreside JM, McGill SM. Trunk muscle activation patterns and spine kinematics when using an oscillating blade: Influence of different postures and blade orientations. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2009; 90(6):1055-60. [DOI:10.1016/j.apmr.2008.12.015] [PMID]
- [30] Anders C, Wenzel B, Scholle HC. Activation characteristics of trunk muscles during cyclic upper-body perturbations caused by an oscillating pole. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2008; 89(7):1314-22. [DOI:10.1016/j.apmr.2007.11.047] [PMID]
- [31] Martins LR, Marques NR, Ruzene JR, Morita ÂK, Navega MT. Electromyographic activity and cocontraction of trunk muscles during exercises performed with an oscillatory pole: An analysis of the effect of different postures. *Fisioterapia e Pesquisa*. 2015; 22:119-25. [DOI:10.590/1809-2950/1297642202015]
- [32] Gonçalves M, Marques NR, Hallal CZ, van Dieën JH. Electromyographic activity of trunk muscles during exercises with flexible and non-flexible poles. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2011; 24(4):209-14. [DOI:10.3233/BMR-2011-0297] [PMID]
- [33] Park H, Jeong T, Lee J. Effects of sling exercise on flexibility, balance ability, body form, and pain in patients with chronic low back pain. *Rehabilitation Nursing Journal*. 2017; 42(6):E1-8. [DOI:10.1002/rnj.287] [PMID]
- [34] Wang JS, Park SE, Shin HJ, Choi WS, Kim HR, Kim BK, et al. The correlation between flexi-bar exercise and trunk muscles strength and body composition in juvenile soccer players. *Journal of International Academy of Physical Therapy Research*. 2015; 6(1):781-7. [DOI:10.5854/JIAPTR.2015.03.31.781]
- [35] Živković M, Herodek K, Bubanj S, Živković D, Došić A. Effects of vibration and isometric training on the lower limbs explosive strength. *Facta Universitatis, Series: Physical Education and Sport*. 2014; 12(3):217-26. [Link]
- [36] Bogaerts A, Verschueren S, Delecluse C, Claessens AL, Boonen S. Effects of whole-body vibration training on postural control in older individuals: A 1 year randomized controlled trial. *Gait & Posture*. 2007; 26(2):309-16. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2006.09.078] [PMID]
- [37] Bosco C, Colli R, Intorini E, Cardinale M, Tsarpela O, Madella A, et al. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clinical Physiology*. 1999; 19(2):183-7. [DOI:10.1046/j.1365-2281.1999.00155.x] [PMID]
- [38] Stevens VK, Bouche KG, Mahieu NN, Coorevits PL, Vanderstraeten GG, Danneels LA. Trunk muscle activity in healthy subjects during bridging stabilization exercises. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2006; 7:75. [DOI:10.1186/1471-2474-7-75] [PMID] [PMCID]
- [39] Ng JK, Parnianpour M, Richardson CA, Kippers V. Functional roles of abdominal and back muscles during isometric axial rotation of the trunk. *Journal of Orthopaedic Research*. 2001; 19(3):463-71. [DOI:10.1016/S0736-0266(00)90027-5]
- [40] Brody LT, Hall CM. Therapeutic exercise moving toward function. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins Health; 2011. [Link]
- [41] O'Sullivan PB, Dankaerts W, Burnett AF, Farrell GT, Jefford E, Naylor CS, et al. Effect of different upright sitting postures on spinal-pelvic curvature and trunk muscle activation in a pain-free population. *Spine*. 2006; 31(19):E707-12. [DOI:10.1097/01.brs.0000234735.98075.50] [PMID]
- [42] Marques NR, Hallal CZ, Gonçalves M. [Trunk muscles co-activation patterns during exercises with oscillatory pole (Portuguese)]. *Motriz: Revista de Educação Física*. 2012; 18(2):245-52. [DOI:10.1590/S1980-65742012000200004]
- [43] Roelants M, Verschueren SM, Delecluse C, Levin O, Stijnen V. Whole-body-vibration-induced increase in leg muscle activity during different squat exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2006; 20(1):124-9. [DOI:10.1519/R-16674.1] [PMID]
- [44] Vera-García FJ, Grenier SG, McGill SM. Abdominal muscle response during curl-ups on both stable and labile surfaces. *Physical Therapy*. 2000; 80(6):564-9. [DOI:10.1093/ptj/80.6.564] [PMID]