



Comparison of the Effect of Eight-Week Core Stabilization Exercises and General Physiotherapy Exercise on Core Endurance, Balance, and Pain in Women with Chronic Low Back Pain due to Disc Herniation: A pilot study

Fatemeh Mikhtari^{1a}; Morteza Sadeghi^{1b*}

1. MSc^a and Assistant Professor^b in Corrective Exercise and Sport Injuries, Faculty of Sports Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

Received: January 2025; Accepted: August 2025

Keywords

Chronic low back pain,
Disc herniation,
Core Stabilization Exercise,
Balance,
Pain.

Abstract

Background and Aim: Low back pain is a pervasive and debilitating musculoskeletal disorder that requires rehabilitation programs. This study compared the effects of core stabilization and general physiotherapy exercises on core endurance, balance, and pain in women with chronic low back pain related to disc herniation.

Methods: In this semi-experimental study, 64 female patients with chronic back pain were randomly selected and assigned to two equal groups, matched deliberately and in a systematic way according to their VAS questionnaire scores. Individuals in both the core stability exercises group and the general exercise protocol group performed the assigned exercises for eight weeks. Evaluations were conducted prior to and following training using the Quebec questionnaire, the McGill endurance test, and the Y balance test to evaluate pain, core endurance, and balance. The ANOVA repeated measure test was used to investigate the within and between groups. The SPSS software version 27 was used for data analysis at the $P = 0.05$ level.

Results: In the core stabilization exercise group, compared with the general physical therapy exercises, there was a more significant reduction in pain ($p \leq 0.05$), improvement in muscle endurance, and improvement in dynamic balance ($p \leq 0.05$).

Conclusion: Core stability exercises can be recommended as a complementary treatment method for patients with chronic back pain induced by disc herniation.

* Corresponding Author: Tel: 09358244743

✉ Email: M.sadeghi@spr.ui.ac.ir.

Orcid Code:0000-0002-5402-0571

Extended Abstract

Introduction

Chronic low back pain (CLBP) is a widespread and debilitating musculoskeletal condition that affects millions globally, particularly women. Among its many etiologies, lumbar disc herniation is a common cause, often leading to persistent pain, reduced mobility, and diminished quality of life (1,2). Rehabilitation programs are essential in managing CLBP, with physiotherapy playing a central role in restoring function and alleviating discomfort. Core stabilization exercises have emerged as a targeted intervention aimed at enhancing neuromuscular control, spinal alignment, and postural stability. These exercises focus on strengthening the deep muscles of the trunk, which are critical for maintaining spinal integrity and reducing mechanical stress (2). In contrast, general physiotherapy exercises typically involve broader movement patterns and muscle groups, offering more generalized benefits. Despite the popularity of both approaches, comparative evidence regarding their effectiveness in improving core endurance, dynamic balance, and pain relief remains limited (3). This study was designed to evaluate and contrast the outcomes of core stabilization versus general physiotherapy exercises in women suffering from CLBP related to disc herniation, to identify the more effective modality for clinical application.

Methods

This semi-experimental study recruited 64 female participants diagnosed with chronic low back pain attributed to lumbar disc herniation. Subjects were randomly assigned to two equal groups (n=32 each): one group received a core stabilization exercise program, and the other followed a general physiotherapy exercise protocol. Group matching was performed systematically based on baseline pain intensity using the Visual Analog Scale (VAS) to ensure comparability. Both groups engaged in

supervised exercise sessions three times per week over eight weeks. The core stabilization group performed exercises targeting deep trunk muscles, including the transversus abdominis and multifidus, with progressive intensity and complexity. The general physiotherapy group engaged in conventional exercises such as stretching, aerobic movements, and general strengthening routines. Pre- and post-intervention assessments were conducted using three validated tools: the Quebec Back Pain Disability Scale to measure pain and functional limitation, the McGill core endurance test to evaluate muscular endurance, and the Y Balance Test to assess dynamic postural control. Data were analyzed using repeated measures ANOVA to determine within-group and between-group differences across the three outcome domains. Statistical significance was set at $p \leq 0.05$, and all analyses were performed using SPSS software version 27.

Results

The results demonstrated that participants in the core stabilization group experienced significantly greater improvements across all measured outcomes compared to those in the general physiotherapy group. Pain scores, as measured by the Quebec questionnaire, showed a more pronounced reduction in the core group ($p \leq 0.05$), indicating superior pain relief. Core endurance, assessed via the McGill test, improved markedly in the core stabilization group, reflecting enhanced muscular support and spinal stability. Additionally, dynamic balance, evaluated through the Y Balance Test, showed significant gains in the core group, suggesting better neuromuscular coordination and postural control. The general physiotherapy group also exhibited improvements, but these were less substantial and statistically inferior to the core stabilization group. These findings underscore the targeted benefits of core-focused training in addressing the specific deficits associated with discogenic CLBP.

Table 1. Descriptive statistics of variables and results of repeated-measures analysis of variance

Criteria	Group	Pre test Mean±SD	Post test Mean±SD	Interaction
Pain	Core stability	62.38±3.7	38.07±3.8	F=230.5
	Physiotherapy	62.04±3.6	49.2±3.6	P=0.006

Y Balance	Anterior	Core stability	73.28±3.4	84.28±3.3	F=159.5
		Physiotherapy	75.56±4.3	79.24±4.4	P=0.002
	Medial	Core stability	69.1±3.1	79.24±3.3	F=369.1
		Physiotherapy	66.08±5.7	69.8±5.6	P=0.01
	Lateral	Core stability	66.21±3.5	75.24±4.4	F=705.1
		Physiotherapy	63.3±6.1	67±6.2	P=0.003
McGill test (second)	Flexor	Core stability	18.19±0.87	30.72±1.96	F=422.1
		Physiotherapy	18.06±0.84	21.9±0.88	P=0.002
	Extensor	Core stability	21.5±0.63	32.9±0.65	F=602.6
		Physiotherapy	21.2±0.69	25.03±0.75	P=0.001
	Lateral flexor	Core stability	11.38±0.48	22.84±0.54	F=422.2
		Physiotherapy	11.27±0.56	14.47±2.45	P=0.013

Conclusion

This study provides compelling evidence that core stabilization exercises are more effective than general physiotherapy exercises in improving pain, core endurance, and dynamic balance in women with chronic low back pain due to disc herniation. By specifically engaging the deep stabilizing muscles of the trunk, core exercises offer enhanced spinal support, reduced mechanical stress, and improved functional outcomes. These benefits translate into better pain management and increased physical performance, which are critical for long-term recovery and quality of life (4,5). While general physiotherapy remains a valuable component of rehabilitation, its broader focus may not adequately address the neuromuscular deficits inherent in discogenic CLBP. Therefore, incorporating core stabilization protocols into standard rehabilitation regimens may yield superior clinical results(6). Future research should explore long-term adherence, psychological outcomes, and cost-effectiveness of core-based interventions to validate their role in chronic pain management.

Clinical Application

Core stabilization exercises could be considered as a primary or complementary intervention in rehabilitation programs for women with CLBP related to disc herniation.

Compliance with Ethical Guidelines

This study has been reviewed by the Ethics Committee of the University of Isfahan, Isfahan, and approved with the ID IR.UI.REC.1403.017.

Funding

The present study did not receive any financial support from any organization or institution.

Conflict of interest

There is no conflict of interest in this study.

Acknowledgments

This article is an excerpt from Ms. Fatemeh Mokhtari's master's thesis from the University of Isfahan. We would like to express our gratitude to all participants for their commitment and cooperation throughout the study.



مقایسه تأثیر هشت هفته تمرینات ثبات دهنده مرکزی و تمرینات عمومی فیزیوتراپی بر استقامت ناحیه مرکزی، تعادل و درد زنان دارای کمردرد مزمن به علت فتق دیسک: یک مطالعه مقدماتی

فاطمه مختاری^۱، مرتضی صادقی^{۱،۲*}

۱- کارشناسی ارشد^۱، استادیار^۲ حرکات اصلاحی و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزش، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

مقاله پژوهشی

دریافت: بهمن ۱۴۰۳؛ پذیرش: مرداد ۱۴۰۴

چکیده

زمینه و هدف: کمردرد یک اختلال اسکلتی عضلانی فراگیر و ناتوان کننده است که نیازمند برنامه ها توانبخشی می باشد. پژوهش حاضر با هدف مقایسه تأثیر تمرینات ثبات مرکزی و تمرینات عمومی فیزیوتراپی ویژه بر بر استقامت ناحیه مرکزی، تعادل پویا و درد در زنان دارای کمردرد مزمن به علت فتق دیسک انجام شد.

روش بررسی: در این مطالعه نیمه تجربی ۶۴ بیمار زن مبتلا به کمردرد مزمن به صورت هدفمند و در دسترس انتخاب و به طور تصادفی جفت شده (بر اساس نمره پرسشنامه VAS) به دو گروه مساوی تقسیم شدند. آزمودنی های دو گروه، پروتکل تمرینی مربوط به خود را (تمرینات ثبات مرکزی و تمرینات فیزیوتراپی) در طول ۸ هفته (هر هفته سه جلسه) انجام دادند. قبل و بعد از دوره تمرینی، متغیرهای درد، استقامت ناحیه مرکزی و تعادل پویا به ترتیب با استفاده از پرسشنامه های کیوبک، تست های تحملی مک گیل و تست تعادل Y سنجیده شدند. از آزمون آماری آنووا برای اندازه گیری های مکرر در نرم افزار SPSS 27 برای تحلیل داده ها در سطح $P=0.05$ استفاده گردید.

نتایج: نتایج نشان داد در گروه تمرینات ثبات دهنده مرکزی، نسبت به گروه تمرینات عمومی فیزیوتراپی، در میزان کاهش درد ($p \leq 0.05$)، بهبودی استقامت عضلانی و بهبودی تعادل پویا ($p \leq 0.05$) کاهش معنادارتر بود.

نتیجه گیری: با توجه به نتایج می توان به افراد دارای کمردرد مزمن به علت دیسک هرنیشن، تمرینات ثبات مرکزی (CSE) را به عنوان یک روش پیشنهادی و مکمل در درمان بیماری توصیه نمود.

واژگان کلیدی

کمردرد،

فتق دیسک،

تمرینات ثبات دهنده مرکزی،

تعادل،

درد.

مقدمه

روش های درمانی محافظتی معمولاً اولین درمان برای کمردرد است. اکثر بیماران مبتلا به پارگی دیسک کمر^۱ (LDH) به احتمال زیاد به صورت محافظه کارانه درمان می شوند (۱). درمان های محافظه کارانه مختلفی برای درمان LDH توصیه شده است و فیزیوتراپی و ورزش درمانی نقش عمده ای در تسکین درد و بهبود عملکرد در افراد مبتلا به LDH علامت دار دارد. در حالی که به نظر می رسد جراحی تسکین سریع تری را ارائه می کند و علایم را سریعتر برطرف می کند (۲)، اما با خطر آسیب عصبی و مهره های مجاور و عود آن مواجه است. در حال حاضر، درمان های محافظه کارانه و غیر جراحی برای فتق دیسک کمر متنوع است. درمان دستی، کشش، ماساژ و ورزش از مهمترین این روش ها می باشند که می توانند باعث بهبود خودترمیمی دیسک های بین مهره ای در بیماران مبتلا به فتق دیسک کمر شود (۳). درمان غیرجراحی عمدتاً شامل یک برنامه توانبخشی است که هدف آن بازگرداندن بیماران به فعالیت عملکردی منظم (به عنوان مثال، بهبود دامنه حرکت) و جلوگیری از آسیب بیشتر است. این هدف را می توان با بهینه سازی قدرت عضلات مرکزی، استقامت و هماهنگی به دست آورد (۴).

در میان روش های درمانی مختلف کمردرد، معمولاً درمان های فعال برای جلوگیری از آتروفی و ضعف مطرح است (۵). نخستین گام در هر دستورالعمل درمانی معتبر مربوط به کمردرد، ورزش و فعالیت بدنی کنترل شده به منظور کاهش درد و محدودیت حرکتی است (۶)، ورزش های مختلف که برای کمردرد استفاده شده شامل تمرینات تقویتی، هوازی در خشکی یا تمرین در آب (۷، ۸)، تمرینات کنترل حرکتی یا ثباتی مرکزی، تمرینات اسلینگ یا تعلیقی، یوگا، تمرینات تای چی، تمرینات اکستانسوری، یا روش مکنزی می باشد (۹). تمرینات درمانی درمان مرسوم سنتی در فیزیوتراپی برای فتق دیسک تمرینات فلکسوری (ویلیامز) یا اکستانسوری (مکنزی) هستند (۱۰). در سال های اخیر در حرکت درمانی، تمرکز بر روی طراحی و اجرای نوعی از تمرینات بوده است، که هدف آن حفظ و افزایش ثبات موضعی کمری از طریق بازآموزی حس عمقی ناحیه کمری لگنی می باشد. در این تمرینات با

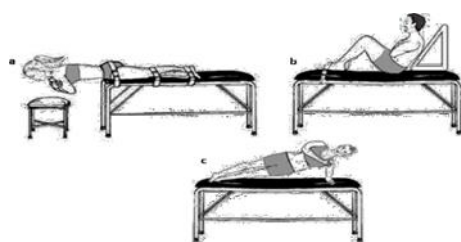
استفاده از تأثیر بر روی عضلاتی همانند عرضی شکم، مولتی فیدوس، دیافراگم لگنی، عضلات کف لگن و مایل که نقش مهمی در افزایش ثبات بین مهره ای دارند، بهبودی در ثبات موضعی کمر ایجاد می شود (۱۱). مزیت تمرینات ثباتی مرکزی نسبت به تمرینات تقویتی این است که این گروه از تمرین ها علاوه بر کاهش درد، باعث بهبود حس عمقی، تعادل و افزایش ضخامت عضله عرضی شکم و عضله مولتی فیدوس و کاهش ناتوانی فانکشنال و ترس از حرکت در بیماران مبتلا به کمردرد می شوند (۱۲).

اکثر مطالعات، اثر تمرینات ثبات مرکزی در کمردردهای مزمن غیراختصاصی مورد بررسی قرار گرفته است و اطلاعات در مورد اثربخشی این روش در بیماران مبتلا به کمردرد مزمن اختصاصی ناشی از فتق دیسک محدود است. اگرچه در این بیماران هر دو عامل پایداری و ثبات عضلات و دیسک بین مهره دستخوش اختلال گردیده اند از طرف دیگر در بیشتر مطالعات تمرینات اکستانسوری در بیماران فتق دیسک بررسی شده است و تأثیر تمرینات ثبات دهنده این بیماران کمتر بررسی شده است.

به نظر می رسد تمرین ثبات دهنده نسبت به برنامه تمرینات عمومی برای کاهش درد و ناتوانی در بیماران کمردرد مزمن به علت دیسک هرنیشن برتری دارد (۱۳). تمرینات ثبات دهنده مرکزی کاملاً ایمن و راحت هستند و یادگیری آن برای همه بیماران آسان است. ایمنی و کارایی تمرینات ثبات دهنده مرکزی در بیمار مبتلا به کمردرد از جمله کسانی که تحت فشار ریشه عصبی هستند ثابت شده است این تمرینات می توانند به راحتی انجام شوند و در هر برنامه ورزشی درمانی گنجانده شود (۱۴). با بهبود استاندارد زندگی و سطح اجتماعی-اقتصادی و افزایش سرعت زندگی، بروز فتق دیسک کمر سال به سال در حال افزایش است. بر این اساس با توجه به عوارض جراحی فتق دیسک کمر، مردم شروع به توجه بیشتر به پیشگیری و توانبخشی فتق دیسک کمر کرده اند با توجه به اینکه کمردرد مزمن منجر به کاهش سطح عملکرد افراد در زندگی روزمره و شغلی، کیفیت زندگی و افزایش هزینه های درمانی میشود و از طرفی بر اساس مطالعات محقق، تاکنون تحقیقی در ارتباط با مقایسه اثر تمرینات ثبات مرکزی بر ثبات عصبی عضلانی پویا و فاکتورهای کمردرد مزمن ناشی از فتق دیسک انجام نگرفته است. بنابراین مطالعه حاضر با هدف مقایسه تأثیر

¹ Lumbar Disk Herniation

برای اندازه گیری ارزیابی میزان درد کمر از پرسشنامه استاندارد درد کیوبک استفاده شد. مقیاس کمردرد کیوبک (QBPDS)^۱ یکی از پرکاربردترین سیستم های امتیاز دهی برای ارزیابی بالینی در بیماران کمردرد مزمن می باشد. QBPDS شامل ۲۰ فعالیت روزانه است که می توان آنها را در شش حوزه طبقه بندی کرد، بر اساس درجه سختی انجام این فعالیت ها، نتیجه نهایی مجموع نمرات است. نمرات نتیجه در محدوده ۰ تا ۱۰۰ قرار دارد. اعداد بالاتر نشان دهنده سطوح بیشتر درد است. در مجموع عدد صفر در پرسشنامه به منزله ی سلامت کامل و بدون درد، عدد ۲۵ نشان دهنده ی درد متوسط و عدد ۵۰ بیانگر درد زیاد و عدد ۷۵ بیشتر نشانگر درد خیلی زیاد و کاملاً حاد است و روایی و اعتبار این پرسشنامه ۰/۷ گزارش شده است (۱۵).



شکل ۱. آزمون مک گیل

همچنین از آزمون مک گیل جهت اندازه گیری استقامت استاتیک عضلات تنه (عضلات خم کننده و بازکننده) استفاده شد (۱۶). تست مک گیل شامل رکورد بر اساس زمان سه آزمون می باشد: (A) آزمون استقامت اکستانسورهای تنه (آزمون سورنسون)، (B) تست استقامت خم کننده های تنه (تست فلکشن ۶۰ درجه) و (C) تست ساید پلانک یا پل جانبی (شکل ۱). هر آزمودنی می توانست سه مرتبه تست را انجام دهد و بهترین رکورد وی ثبت می شد.

از آزمون Y جهت اندازه گیری تعادل پویا استفاده شد. این آزمون برگرفته از آزمون تعادل ستاره است که یک آزمون معتبر برای ارزیابی تعادل پویا می باشد (۷۲). ضریب پایایی درون آزمونگر و بین آزمونگر برای جهات مختلف به ترتیب بین ۰/۸۵ تا ۰/۹۱ و ۰/۹۹ تا ۱/۰۰ و همچنین ضریب پایایی درون آزمونگر و بین آزمونگر برای نمره کل به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۹۹ گزارش شده است. در این آزمون سه

تمرینات ثبات مرکزی و تمرینات عمومی فیزیوتراپی ویژه بر براستقامت ناحیه مرکزی، تعادل پویا و درد در زنان دارای کمردرد مزمن به علت فتق دیسک انجام شد.

روش تحقیق

این پژوهش از نوع نیمه تجربی، با طرح پیش آزمون- پس آزمون با دو گروه (تمرینات ثبات مرکزی و تمرینات عمومی فیزیوتراپی) بود. هدف این مطالعه مقایسه تمرینات ثبات دهنده مرکزی و تمرینات عمومی فیزیوتراپی بر ثبات عصبی عضلانی پویا، استقامت ناحیه مرکزی، تعادل و درد در زنان دارای کمردرد مزمن به علت فتق دیسک بود. ۶۴ نفر از زنان با (تشخیص دیسک هر نیشن توسط پزشک متخصص) مراجعه کننده به کلینیک فیزیوتراپی تامین اجتماعی در شهرستان خمینی شهر به صورت هدفمند و در دسترس انتخاب و به صورت تصادفی جفت شده بر اساس نمره درد در دو گروه تمرینات (ثبات دهنده (۳۲ نفر) و تمرینات عمومی فیزیوتراپی (۳۲ نفر)) تقسیم شدند. مطالعه مورد تایید کمیته اخلاق دانشگاه اصفهان با کد IR.UI.REC.1403.017 قرار گرفت و از کلیه بیماران رضایت نامه کتبی جهت ورود به طرح اخذ شد.

معیارهای ورود به تحقیق شامل زنان مبتلا به کمردرد مزمن اختصاصی به علت فتق دیسک باتشخیص پزشک با سابقه درد (تا عدد ۷ در پرسشنامه VAS) بیش از سه ماه، دامنه سنی ۳۰ تا ۵۰ سال، تمایل به شرکت در مطالعه و قرار گرفتن در گروه های مورد مطالعه، عدم شرکت قبلی در جلسات تمرین مشابه، مبتلا نبودن به اختلالات حاد یا مزمن جسمی مانند بیماری های ناتوان کننده پوستی، قلبی، تنفسی، کبدی و اسکلتی عضلانی که با انجام تمرینات مدنظر منافات داشته باشد، عدم اعتیاد به مواد مخدر و روان گردان، عدم شرکت در برنامه های توانبخشی ورزشی و کار درمانی موازی در طول دوره ی انجام تحقیق بود. همچنین معیارهای خروج از مطالعه شامل عدم تمایل به ادامه همکاری در پژوهش، شرکت نامنظم در جلسات تمرین (داشتن غیبت بیش از یک سوم در جلسات تمرین)، بروز هر گونه علائم مربوط به بیماری کرونا، عدم شرکت در هر یک از مراحل تست گیری (پیش یا پس آزمون) بود. با توجه به معیارهای مذکور تعداد ۵ نفر در دو گروه (۲ نفر تمرینات ثباتی و ۳ نفر فیزیوتراپی) ریزش داشتند. عدم تمایل و غیبت بیش از حد علت حذف این افراد بود.

¹ Quebec back pain disability scale

جدول ۱. تمرینات ثبات دهنده

هفته	تمرینات
۱	تمرینات فاز اول: هم انقباضی عضلات شکم، هم انقباضی عضله مولتی فیدوس، انقباض ایستای شکم، حرکت زانو به طرفین، دراز نشست اصلاح شده
۲	هم انقباضی عضله مولتی فیدوس، انقباض ایستای شکم، حرکت زانو به طرفین، دراز نشست اصلاح شده، زانو جمع، بلند کردن پا از پشت.
۳	انقباض ایستای شکم، حرکت زانو به طرفین، دراز نشست اصلاح شده، زانو جمع، بلند کردن پا از پشت، تمرینات فاز دوم: بالا و پایین بردن لگن در وضعیت سوپاین، بالا بردن پا و لگن در وضعیت سوپاین
۴	دراز نشست اصلاح شده، زانو جمع، بلند کردن پا از پشت، بالا و پایین بردن لگن در وضعیت سوپاین، بالا بردن پا و لگن در وضعیت سوپاین، بلند کردن دست در حالت چهار دست و پا، بلند کردن دست و پا در حالت چهار دست و پا، اسکات
۵	بلند کردن پا از پشت، بالا و پایین بردن لگن در وضعیت سوپاین، بالا بردن پا و لگن در وضعیت سوپاین، بلند کردن دست در حالت چهار دست و پا، بلند کردن دست و پا در حالت چهار دست و پا، اسکات، لانج، لانجز تک پا
۶	بلند کردن دست در حالت چهار دست و پا، بلند کردن دست و پا در حالت چهار دست و پا، اسکات، لانج، لانجز تک پا، بر روی توپ، انقباض ایستای عضلات عرضی شکم و مولتی فیدوس در حالت نشسته بر روی توپ، کاهش و افزایش قوس کمر در حالت نشسته بر روی توپ.
۷	لانج، لانجز تک پا، تمرینات فاز سوم: بر روی توپ، انقباض ایستای عضلات عرضی شکم و مولتی فیدوس در حالت نشسته بر روی توپ، کاهش و افزایش قوس کمر در حالت نشسته بر روی توپ، حرکت به طرفین در حالت نشسته روی توپ، بالا آوردن سر در وضعیت سوپاین روی توپ، بالا آوردن سر و شانه در وضعیت پرون روی توپ، بالا آوردن پا در وضعیت پرون روی توپ
۸	کاهش و افزایش قوس کمر در حالت نشسته بر روی توپ، حرکت به طرفین در حالت نشسته روی توپ، بالا آوردن سر و شانه در وضعیت سوپاین روی توپ، بالا آوردن سر و شانه در وضعیت پرون روی توپ، بالا آوردن پا در وضعیت پرون روی توپ، جمع کردن پاها داخل شکم در حالی که توپ بین دو زانو است، حرکت پا به طرفین با توپ بین زانوها، کشش دستها روی توپ و به همراه کشش عضلات پشت و تمرینات با استفاده از تخته تعادل و بوسوبال

نتایج مطالعه

چنانچه اطلاعات جدول ۲ نشان می دهد تفاوت دو گروه تجربی از نظر اطلاعات جمعیت شناختی و سابقه بیماری به لحاظ آماری معنی دار نیست ($P > 0.05$) بنابراین دو گروه همگن بودند.

جهت (قدامی، میانی و کناری) به صورت Y و با زوایای ۱۳۵، ۱۳۵ و ۹۰ درجه نسبت به هم قرار می گیرند. در هر جهت از فرد سه رکورد با پای دلخواه و به صورت تک پا گرفته شد. بیشتری رکوردی که فرد در هر جهت به دست آورد به عنوان رکورد وی در نظر گرفته شد (۱۷).

گروه آزمایشی اول تحت یک رژیم ورزش درمانی تمرینات ثبات دهنده ۸ هفته ای متشکل از برنامه ورزشی از ابتدایی تا پیشرفته قرار گرفت. گروه آزمایشی دوم تمرینات عمومی را طی ۸ هفته انجام دادند. آموزش لازم برای هر دو گروه درمان در خصوص رعایت موارد استرس زا انجام داده شد و جزوه آموزشی کمردرد، (School Back) به هر دو گروه داده شد (۱۸).

پس از گروه بندی بیماران کمردرد فتق دیسک، برنامه هفتگی و ساعات پیشنهادی انجام تمرینات، مشخص شد. و بر این اساس برای هر نفر برنامه هفتگی تعیین شد بر اساس برنامه هر بیمار کمردرد باید سه روز در هفته در ساعت مقرر در مرکز فیزیوتراپی حضور داشته باشد و تحت نظارت مستقیم تمرینات را انجام دهد. همچنین به بیماران اطلاع داده شد که دو جلسه غیبت پشت سر هم یا در مجموع سه غیبت باعث حذف آنها از برنامه تمرینی می شود. در برنامه تمرینی هر دو گروه اصل FITT^۱ کامل رعایت شد. تمرینات در جلسات اولیه شدت، مدت و تکرار کمتری داشتند. در در جلسات بعدی تمرینات بر اساس توانایی شرکت کنندگان و رعایت اصول تمرین با توجه به تحمل بیمار دشوارتر شد مشروط بر اینکه درد بیمار افزایش نیابد. تمام تمرینات با در نظر گرفتن اصل اضافه بار فزاینده، از مبتدی تا پیشرفته تحت نظارت به طور مستقیم انجام شد تا اطمینان حاصل شود که تمرینات به درستی انجام شده است.

داده ها با استفاده از روش تحلیل واریانس برای داده های تکراری در نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. ($P < 0.05$) به عنوان سطح معنی داری داده ها در نظر گرفته شد. در این آزمون آماری همگنی ماتریس های کوواریانس و خطای کوواریانس توسط آزمون- های باکس ام انجام شد.

¹ frequency, intensity, time, and type

جدول ۲. اطلاعات دموگرافیک شرکت کنندگان

متغیر	گروه تمرینات ثبات مرکزی (میانگین و انحراف معیار)	گروه تمرینات عمومی (میانگین و انحراف معیار)
سن (سال)	۳۰.۳ ± ۴.۴	۳۸.۸ ± ۳.۵
وزن (کیلوگرم)	۷۵.۹ ± ۴.۴	۷۴.۰ ± ۴.۷
قد (سانتی متر)	۱۶۰.۲ ± ۴.۷۵	۱۵۹.۶ ± ۲.۴
BMI	۲۲.۶ ± ۱.۵	۲۳.۱ ± ۱.۴

در جدول ۳ داده های مربوط به اطلاعات توصیفی متغیرها و آزمون تحلیل واریانس ارائه شده است. مهم ترین قسمت در آزمون تحلیل واریانس برای داده های تکراری، تعامل می باشد. این بخش از آزمون نشان دهنده تغییرات در گروه ها نسبت به یکدیگر است. به بیان دیگر، روند تغییرات (شیب خط) در دو گروه را نسبت به هم نشان می دهد و بیان کننده برتری و تاثیر گذاری احتمالی مداخلات گروه ها نسبت به یکدیگر می باشد. همان گونه که در جدول ۳ مشاهده می شود، هر سه متغیر (درد، تعادل و استقامت) دارای تعامل معنی دار در سطح ($P < 0.05$)

جدول ۳. اطلاعات توصیفی و نتایج مربوط به آزمون تحلیل واریانس

متغیر	گروه	پیش آزمون Mean±SD	پس آزمون Mean±SD	تعامل
درد	ثبات مرکزی	۶۲.۳۸ ± ۳.۷	۳۸.۰۷ ± ۳.۸	F= ۲۳۰/۵ P= ۰/۰۰۶
	تمرینات عمومی	۶۲.۰۴ ± ۳.۶	۴۹.۲ ± ۳.۶	
	ثبات مرکزی	۷۳.۲۸ ± ۳.۴	۸۴.۲۸ ± ۳.۳	F= ۱۵۹/۵ P= ۰/۰۰۲
	تمرینات عمومی	۷۵.۵۶ ± ۴.۳	۷۹.۲۴ ± ۴.۴	
	ثبات مرکزی	۶۹.۱ ± ۳.۱	۷۹.۲۴ ± ۴.۴	F= ۳۶۹/۱ P= ۰/۰۱
	تمرینات عمومی	۶۶.۰۸ ± ۵.۷	۶۹.۸ ± ۵.۶	
تعادل	ثبات مرکزی	۳۰.۵ ± ۶.۲	۷۵.۲۴ ± ۴.۴	F= ۷۰۵/۱ P= ۰/۰۰۳
	تمرینات عمومی	۶۳.۳ ± ۶.۱	۶۷ ± ۶.۲	
	ثبات مرکزی	۱۸.۱۹ ± ۰.۸۷	۳۰.۷۲ ± ۱.۹۶	F= ۴۲۲/۱ p= ۰/۰۰۲
	تمرینات عمومی	۱۸.۰۶ ± ۰.۸۴	۲۱.۹ ± ۰.۸۸	
	ثبات مرکزی	۲۱.۵ ± ۰.۶۳	۳۲.۹ ± ۰.۶۵	F= ۶۰۲/۶ P= ۰/۰۰۱
	تمرینات عمومی	۲۱.۲ ± ۰.۶۹	۲۵.۰۳ ± ۷.۵	
آزمون مک گیل (ثابته)	عضلات فلکسور	۱۱.۳۸ ± ۰.۴۸	۲۲.۸۴ ± ۰.۵۴	F= ۴۲۲/۲ P= ۰/۰۱۳
	عضلات اکستنسور (سورنسور)	۱۱.۲۷ ± ۰.۵۶	۱۴.۴۷ ± ۲.۴۵	

تمرین ثباتی، تمرین هدفمند برای کنترل بهتر حرکت از طریق درگیر کردن عضلات عمقی تنه می باشد. تمرینات ثبات مرکزی موجب انقباض همزمان عضلات ترانسورس آبدومینوس و مولتی فیدوس، تقویت این عضلات و بهبود فراخوانی و تایمینگ عضلات عمقی شده است. قابل توجه

بود؛ بهتر بودن میانگین در گروه تمرینات ثبات مرکزی نشان دهنده برتری این روش تمرینی نسبت به روش تمرینات عمومی می باشد.

بحث

کمردرد (LBP) یک بیماری شایع است که از نظر درد و ناتوانی تأثیر قابل توجهی بر روی بیمار دارد. هزینه های مرتبط با LBP به طور تصاعدی در حال افزایش است (19). به طور کلی، به نظر می رسد که ورزش برای LBP ممکن است منجر شود به افزایش خفیف در کمردرد و درد عضلانی، اما اساساً بی خطر است. مطالعه حاضر با هدف مقایسه تأثیر هشت هفته تمرینات ثبات دهنده مرکزی و تمرینات عمومی فیزیوتراپی بر درد، استقامت ناحیه مرکزی و تعادل پویا در زنان دارای کمردرد مزمن به علت فتق دیسک انجام شد. چنانچه نتایج نشان داد در گروه تمرینات ثبات دهنده کاهش قابل توجهی در درد نسبت به گروه تمرینات عمومی مشاهده گردید.

ترین علت کاهش درد می تواند با این واقعیت توضیح داده شود که این دو عضله در درجه اول در حضور cLBP تحت تأثیر قرار می گیرد. آتروفی انتخابی مولتی فیدوس پس از اولین اپیزود از cLBP دیده شده است (۲۰) تمرینات اختصاصی برای مولتی فیدوس، ممکن است توده عضلانی

پاسچرال جلوگیری میکند و در سازماندهی تعادل همکاری دارد. بنابراین برنامه تمرینی ثبات مرکزی منجر به بهبودی پیش بینی فعالیت و در نتیجه کاهش اختلال در جابجایی و نوسان مرکز ثقل می‌شود. تمرینات ثبات مرکزی موجب حرکت مطلوب مفاصل کمر، لگن و ران در طول زنجیره حرکتی عملکردی، شتاب گیری یا کاهش شتاب مناسب، بالانس عضلانی مناسب، تقویت ثبات پروگزیمال و قدرت عملکردی میشود؛ این اثرات منجر به عملکرد مطلوب و افزایش قدرت عضلات اندام تحتانی میشود که میتواند عملکرد تثبیتی عضلانی را بهتر انجام دهند و در نتیجه گشتاورهای تولید شده در حین عمل دستیابی را بهتر خنثی کند (۲۴).

علت بهبودی بیشتر شاخص تعادل در گروه تمرینات ثباتی میتواند به این علت باشد که تمرینات ثبات دهنده درد را کاهش می دهد و کنترل وضعیتی را افزایش می دهد. بدیهی است که این نوع ورزش با ارتقاء کنترل عصبی عضلانی ستون فقرات، ثبات بین بخشی را بهبود بخشد، و ممکن است به بیماران کمردرد با عضلات ضعیف تنه کمک کند. علاوه بر این، تمرینات تثبیت کننده برای کارایی بیشتر در کاهش درد و ناتوانی در بیماران کمردرد مزمن نسبت به موارد حاد پیشنهاد شده است (۲۵). فعالسازی عضلات ناحیه مرکزی در الگوهای حرکتی اندامهای انتهایی باعث بهبود ثبات پوسچرال و کنترل قامت شود. بدن از فعالسازی عضلات مرکزی برای ایجاد گشتاور نیروی چرخشی حول بدن و تولید حرکت در اندامها استفاده میکند. بر اساس این فرضیه میتوان استنباط کرد در اجرای آزمون تعادلی وای زمانی که فرد بر روی یک پای تحمل وزن میکند و با پای دیگر خود عمل دستیابی را انجام میدهد، فعالسازی عضلات شکمی و مورب باید پیش از ایجاد حرکت اتفاق بیفتد تا تعادل فرد حفظ شود.

همچنین عضلات مولتی‌فیدوس و عرضی شکمی با حمایت از ستون فقرات به حفظ تعادل در ایجاد حرکت اندام تحتانی کمک میکنند (۲۶).

در این مطالعه، از تست‌های استقامتی مک گیل برای ارزیابی عملکرد عضلات مرکزی استفاده شد و نشان داده شد که بازتوانی بیماران دیسک هرنیشن با تمرین عضلات مرکزی برای بهبود پارامترهای عملکرد عضلات مرکزی، یعنی استقامت، نسبت به بازتوانی با تمرینات عمومی برتری

تنه را در شرکت کنندگان cLBP افزایش دهد، در نتیجه آتروفی و قسمت های دردناک را کاهش می دهد (۲۱).

در پژوهش حاضر اکثر بیماران در پیش آزمون در هر دو گروه، امتیاز درد در پرسش نامه کیوبک با شدت زیاد داشتند (62.38 ± 3.7) داشتند، نتایج نشان داد هر دو پروتکل تمرینی (تمرینات عمومی و تمرینات ثباتی) موجب کاهش درد به صورت معنا دار شده است؛ ولی تأثیر تمرینات ثبات مرکزی بیشتر بود. تمرینات عمومی (GE^۱) رایج ترین ورزش درمانی است، تمرینات عمومی می‌تواند دامنه حرکت ستون فقرات با تمرینات کششی را بهبود بخشد، قدرت عضلات را با تمرینات تقویتی افزایش دهد و اختلالات پوسچرال را با تمرینات کنترلی اصلاح کند این ورزش های فعال می‌توانند با بهبود دامنه حرکت، قدرت عضلانی و پوسچر به میزان قابل توجهی درد را کاهش دهند و توانایی های عملکردی را بهبود ببخشند (۲۲). تمرینات ثبات مرکزی یک برنامه توانبخشی جامع است که شامل تمرین وضعیتی فعال سازی مجدد عضلات عمقی، کشش و تقویت حرکت دهنده های اصلی ستون فقرات، و پیشرفت بعدی به تمرینات عملکردی است. تمرینات ثبات دهنده نیز دامنه حرکت، قدرت عضلانی و وضعیت بدن، را با کشش و تقویت حرکت دهنده های اصلی ستون فقرات و تمرینات وضعیتی بهبود میبخشد (۲۳). بنابراین مکانیسم عمومی و ثباتی برای تسکین کمردرد و پا درد و بهبود ظرفیت عملکردی در بیماران پارگی دیسک کمر (LDH) احتمالاً با بهبود دامنه حرکتی ستون فقرات، قدرت عضلانی و وضعیت بدن مرتبط است.

تمرینات ثبات دهنده با بهبود ثبات پویای ستون فقرات با تقویت عضلات عمقی تنه، مانند ترانسورس و مولتی‌فیدوس و تصحیح کنترل حرکتی، مشخص می‌شود. بر این اساس، پروتکل تمرینی ثبات مرکزی به طور قابل توجهی، میانگین امتیاز کیوبک را برای کمر درد کاهش داد نتایج این تحقیق نشان داد که یک دوره تمرینات ثبات دهنده مرکزی منجر به افزایش تعادل بیشتر در مقایسه با تمرینات عمومی در زنان مبتلا به کمردرد به علت دیسک هرنیشن میشود. انقباض عضلات ناحیه مرکزی قبل از حرکت عضو، واکنش پیش بین پاسچری از سوی سیستم اعصاب مرکزی می‌باشد که از اختلالات ثبات

^۱ General taining

مبتلا به فتق دیسک کمر نسبت به افراد سالم زمان استقامت کوتاه‌تری دارند که با توانبخشی بهبود می‌یابد (۲۹).

تمرینات ثبات دهنده به دلیل تأثیری که بر روی عضلات ثبات دهنده عمقی می‌گذارند می‌توانند با افزایش فعالیت در آنها، و با تامین ویژگی‌های عضلات لوکال عمقی از جمله با افزایش تعداد فیبرهای نوع I خستگی‌پذیری این عضلات را کم کرده و در نهایت سطح تحمل عضلانی را افزایش دهند (۳۰). مطالعات نشان می‌دهد که تمرینات ثبات مرکزی در کنترل حرکت سگمنتال و ثبات مهره‌ها و سفتی ستون مهره‌ای و جهت‌دهی و یا ترکیبی از این خصوصیات نقش دارند که می‌توانند با اصلاح الگوهای حرکتی و تامین ویژگی‌های عضلات عمقی ثبات دهنده، خستگی عضلات را کم کرده و موجب افزایش تحمل‌پذیری عضلات شوند (۴).

مطالعه حاضر دارای محدودیت‌هایی بود. مطالعه و بررسی پارامترهای کینماتیکی و کینتیکی می‌توانست دید جامع‌تری روی متغیرهای مورد مطالعه فراهم کند. استفاده از الکترومیوگرافی می‌توانست در مورد نحوه کنترل سیستم عصبی در کمردرد اطلاعات کاربردی فراهم نماید. تمام شرکت‌کنندگان در این مطالعه زن‌ها بودند که تعمیم دادن این نتایج به کل جامعه را با چالش همراه می‌سازد. بنابراین پیشنهاد می‌شود مطالعات مشابه با ابزارهای مذکور و روی هر دو جنس انجام گردد.

نتیجه‌گیری

یافته‌های مطالعه حاضر ما نشان داد که تمرینات ثبات مرکزی و تمرینات عمومی باعث بهبود درد، استقامت، تعادل، درد در بیماران مبتلا به کمردرد مزمن به علت دیسک‌هرنیشن می‌گردد. که این تأثیرات در گروه تمرینات ثبات مرکزی مشهودتر و در همه متغیرها تفاوت معنی‌دار مشاهده گردید. با توجه به این که بسیاری از بیماران کمردرد مزمن به علت فتق دیسک دارای اختلالات ذکر شده می‌باشند، به نظر می‌رسد تمرینات ثبات مرکزی می‌تواند به عنوان یک مداخله تمرینی ایمن و مناسب برای مبتلایان به دیسک‌هرنیشن باشد.

کاربرد بالینی

با توجه به نتایج به دست آمده از تمرینات ثبات مرکزی

دارد؛ مطالعات نشان داده‌اند که بیماران مبتلا به کمردرد نسبت به افراد بدون کمردرد راحت‌تر در عضلات پشت خود خسته می‌شوند، در نتیجه خستگی، زمان استقامت تا خستگی عضلانی پشت در طول تست نگه داشتن ایزومتریک زیر حداکثر کوتاه‌تر می‌شود که ممکن است یک عامل خطر برای کمردرد باشد (۲۷). کمردرد با کاهش قدرت/استقامت، آتروفی و خستگی عضلات بازکننده کمر، در بیماران مبتلا به کمردرد مزمن در ارتباط است (۲۷).

کمردرد مزمن باعث محدودیت تحرک و در نتیجه تغییرات مورفولوژیکی در عضلات کمر می‌شود. کاهش قدرت و استقامت عضله تأثیر منفی بر ثبات کمر دارد و می‌تواند منجر به محدودیت‌های عملکردی شود. در بیماران با پارگی دیسک کمر LDH همبستگی متوسط تا زیاد بین زمان استقامت و ناتوانی وجود دارد (۲۷). کمردرد مزمن با کاهش قدرت و استقامت عضلات تنه مرتبط است، هم چنین عدم تعادل در عضلات کمر و لگن می‌تواند به بروز ناتوانی در بیماران مبتلا به کمردرد شود. برخی از مطالعات نشان داده‌اند که بیماران مبتلا به کمردرد نسبت به افراد بدون کمردرد راحت‌تر در عضلات پشت خود خسته می‌شوند؛ در نتیجه خستگی، زمان استقامت تا خستگی عضلانی پشت در طول تست نگه داشتن ایزومتریک زیر حداکثر کوتاه‌تر می‌شود که ممکن است یک عامل خطر برای مزمن شدن کمردرد باشد (۲۸).

خستگی عضله مولتی‌فیدوس در افراد با فتق دیسک کمر به طور قابل توجهی شدیدتر می‌باشد و فعالیت عضله عرضی شکم کمتر است؛ به عبارتی افراد مبتلا به دیسکوپاتی درمقایسه با افراد سالم افزایش خستگی عضله مولتی‌فیدوس و کاهش فعالیت عضله عرضی شکم را دارند (۲۰). با توجه به مطالب بیان شده، میتوان این گونه استنباط کرد که تمرینات ثبات مرکزی استفاده شده در تحقیق حاضر با افزایش ثبات ناحیه مرکزی بدن، احتمال استراژی فراخوانی عضلات این ناحیه را بهبود داده که موجب به کارگیری استراژی بهتر جذب نیرو از طریق افزایش زمان تست‌های تحملی اکستنشن (سورنسون)، فلکشن ۶۰ درجه و ساید پلانک می‌شود. تمرینات ثبات دهنده ممکن است منجر به افزایش قابل توجهی در اندازه عضله مولتی‌فیدوس L5 شود، بنابراین می‌تواند برای پیشگیری از کمردرد مزمن مکرر مؤثرتر باشد. بیماران

مطالعه سهم یکسانی داشتند.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم فاطمه مختاری از دانشگاه اصفهان میباشد. بدین وسیله از تمامی بیمارانی که در مطالعه حاضر همکاری داشتند تشکر و قدردانی به عمل می آید.

تضاد منافع

نویسندگان مقاله اعلام میدارند که هیچ گونه تضاد منافی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

می توان به عنوان یک روش مکمل در بازتوانی افراد دارای کمرد استفاده نمود.

ملاحظات اخلاقی

مطالعه دارای تاییدیه کمیته اخلاق دانشگاه اصفهان با کد IR.UI.REC.1403.017 بود

حمایت مالی

در این تحقیق هیچ حامی مالی وجود ندارد.

نقش نویسندگان

در تحقیق حاضر تمامی نویسندگان در طراحی و تدوین

References

1. Wang W, Long F, Wu X, Li S, Lin J. Clinical Efficacy of Mechanical Traction as Physical Therapy for Lumbar Disc Herniation: A Meta-Analysis. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*. 2022;2022(1):5670303.
2. Van Der Windt DA, Simons E, Riphagen II, Ammendolia C, Verhagen AP, Laslett M, Devillé W, Deyo RA, Bouter LM, de Vet HC, Aertgeerts B. Physical examination for lumbar radiculopathy due to disc herniation in patients with low-back pain. *Cochrane database of systematic reviews*. 2010(2).
3. Li W, Gong Y, Liu J, Guo Y, Tang H, Qin S, Zhao Y, Wang S, Xu Z, Chen B. Peripheral and central pathological mechanisms of chronic low back pain: a narrative review. *Journal of pain research*. 2021 May 27:1483-94.
4. Mohd Isa IL, Teoh SL, Mohd Nor NH, Mokhtar SA. Discogenic low back pain: anatomy, pathophysiology and treatments of intervertebral disc degeneration. *International journal of molecular sciences*. 2022 Dec 22;24(1):208.
5. Arokoski, J.P., T. Valta, M. Kankaanpää, and O. Airaksinen, Activation of lumbar paraspinal and abdominal muscles during therapeutic exercises in chronic low back pain patients. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 2004. 85(5): p. 823-832.
6. Grooten, W.J.A., et al., Summarizing the effects of different exercise types in chronic low back pain—a systematic review of systematic reviews. *BMC musculoskeletal disorders*, 2022. 23(1): p. 801.
7. Shi Z, Zhou H, Lu L, Pan B, Wei Z, Yao X, Kang Y, Liu L, Feng S. Aquatic exercises in the treatment of low back pain: a systematic review of the literature and meta-analysis of eight studies. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2018 Feb 1;97(2):116-22.
8. sadeghi, m., G. Ghasemi, and m. sadeghi, Comparison of the effect of core stability exercises in stable and unstable surface on postural control, pain & quality of life of women with chronic low back pain. *Journal for Research in Sport Rehabilitation*, 2023. 10(20): p. 1-10.
9. Bogaert L, Thys T, Depreitere B, Dankaerts W, Amerijckx C, Van Wambeke P, Jacobs K, Boonen H, Brumagne S, Moke L, Schelfaut S. Rehabilitation to improve outcomes of lumbar fusion surgery: a systematic review with meta-analysis. *European Spine Journal*. 2022 Jun;31(6):1525-45.
10. Elmahdy, H.H., N.A. Zaky, A.T. Elalfy, and M.G. Aly, Mckenzie versus William's Exercise for Non-Specific Low Back Pain in Adolescents: A Comparative Study. *The Egyptian Journal of Hospital Medicine*, 2022. 89(1): p. 4747-4753.
11. Bakhtiary, A.H., Z. Safavi-Farokhi, and A. Rezasoltani, Lumbar stabilizing exercises improve activities of daily living in patients with lumbar disc herniation. *Journal of Back and musculoskeletal Rehabilitation*, 2005. 18(3-4): p. 55-60.
12. Luomajoki, H.A., M.B.B. Beltran, S. Careddu, and C.M. Bauer, Effectiveness of movement control exercise on patients with non-specific low back pain and movement control impairment: a systematic review and meta-analysis. *Musculoskeletal Science and Practice*, 2018. 36: p. 1-11.
13. Ye C, Ren J, Zhang J, Wang C, Liu Z, Li F,

- Sun T. Comparison of lumbar spine stabilization exercise versus general exercise in young male patients with lumbar disc herniation after 1 year of follow-up. *International journal of clinical and experimental medicine*. 2015 Jun 15;8(6):9869.
14. Hlaing, S.S., R. Puntumetakul, E.E. Khine, and R. Boucaut, Effects of core stabilization exercise and strengthening exercise on proprioception, balance, muscle thickness and pain related outcomes in patients with subacute nonspecific low back pain: a randomized controlled trial. *BMC musculoskeletal disorders*, 2021. 22: p. 1-13.
 15. Kopeck JA, Esdaile JM, Abrahamowicz M, Abenhaim L, Wood-Dauphinee S, Lamping DL, Williams JJ. The Quebec back pain disability scale: measurement properties. *Spine*. 1995 Feb 1;20(3):341-52.
 16. Esfahani, N.H., Z.S. Rezaeian, and J. Dommerholt, The number of repetitions of the McGill tests to reliably determine core muscle endurance in subjects with and without chronic nonspecific low back pain: A cross sectional study. *Medical Science*, 2019. 23(98): p. 452-461.
 17. Alshehre Y, Alkhatami K, Brizzolara K, Weber M, Wang-Price S. Reliability and validity of the Y-balance test in young adults with chronic low back pain. *International journal of sports physical therapy*. 2021 Jun 1;16(3):628.
 18. Olson, K.A., *Manual Physical Therapy of the Spine-E-Book*. 2021: Elsevier Health Sciences.
 19. Plaza-Manzano G, Cancela-Celleruelo I, Fernández-De-Las-Penãs C, Cleland JA, Arias-Burúa JL, Thoomes-de-Graaf M, Ortega-Santiago R. Effects of adding a neurodynamic mobilization to motor control training in patients with lumbar radiculopathy due to disc herniation: a randomized clinical trial. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2020 Feb 1;99(2):124-32.
 20. Ramos LA, França FJ, Callegari B, Burke TN, Magalhães MO, Marques AP. Are lumbar multifidus fatigue and transversus abdominis activation similar in patients with lumbar disc herniation and healthy controls? A case control study. *European Spine Journal*. 2016 May;25(5):1435-42.
 21. Hides, J.A., G.A. Jull, and C.A. Richardson, Long-term effects of specific stabilizing exercises for first-episode low back pain. *Spine*, 2001. 26(11): p. e243-e248.
 22. Kachanathu SJ, Alenazi AM, Seif HE, Hafez AR, Alroumim AM. Comparison between Kinesio taping and a traditional physical therapy program in treatment of nonspecific low back pain. *Journal of physical therapy science*. 2014;26(8):1185-8.
 23. Byström, M.G., E. Rasmussen-Barr, and W.J.A. Grooten, Motor control exercises reduces pain and disability in chronic and recurrent low back pain: a meta-analysis. *Spine*, 2013. 38(6): p. E350-E358.
 24. Yalfani, A., L. Ahmadnezhad, B. Gholami Borujeni, and Z. Khoshnamvand, The Effect of Six Weeks Core Stability Exercise Training on Balance, Pain and Function in Women with Chronic Low Back Pain. *Journal of Health and Care*, 2017. 18(4): p. 336-346.
 25. Ferreira ML, Ferreira PH, Latimer J, Herbert RD, Hodges PW, Jennings MD, Maher CG, Refshauge KM. Comparison of general exercise, motor control exercise and spinal manipulative therapy for chronic low back pain: a randomized trial. *Pain*. 2007 Sep 1;131(1-2):31-7.
 26. Rivera, C.E., Core and lumbopelvic stabilization in runners. *Phys Med Rehabil Clin N Am*, 2016. 27(1): p. 319-37.
 27. França, F.J.R., et al., Motor control training compared with transcutaneous electrical nerve stimulation in patients with disc herniation with associated radiculopathy: a randomized controlled trial. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 2019. 98(3): p. 207-214.
 28. Zuo C, Zheng Z, Ma X, Wei F, Wang Y, Yin Y, Liu S, Cui X, Ye C. Efficacy of core muscle exercise combined with interferential therapy in alleviating chronic low back pain in high-performance fighter pilots: a randomized controlled trial. *BMC Public Health*. 2024 Mar 5;24(1):700.
 29. Dederig, Å., K. Harms-Ringdahl, and G. Nèmeth, Back extensor muscle fatigue in patients with lumbar disc herniation: pre-operative and post-operative analysis of electromyography, endurance time and subjective factors. *European Spine Journal*, 2006. 15: p. 559-569.
 30. Trudelle, P., The lumbar multifidus: Does the evidence support clinical beliefs? *Kinésithérapie, la revue*, 2008. 79(8): p. 61-62.