



Original Article

The Effectiveness of Core Stability Exercises on Reducing Pain and Increasing Trunk Muscle Endurance in Children and Adolescents with Non-Specific Low Back Pain

Fahimeh Nourian¹, Mehdi Sohrabi², Alireza Saberi Kakhki³, Ezzat Khodashenas⁴

1. Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2. Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
3. Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
4. Department of Pediatrics, Faculty of Medicine, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.

Received: 30/05/2024, **Revised:** 10/09/2024, **Accepted:** 12/10/2024

* Corresponding Author: Mehdi Sohrabi, E-mail: sohrabi@um.ac.ir

How to Cite: Nourian, F; Sohrabi, M; Saberi Kakhki, A & Khodashenas, E. (2025). The Effectiveness of Core Stability Exercises on reducing Pain and increasing Trunk Muscle Endurance in Children and Adolescents with Non-Specific Low Back Pain. Sport Medicine Studies, 16(42), 63-78. In Persian.

Extended Abstract

Background and Purpose

Low back pain (LBP) is a significant public health concern affecting children and adolescents worldwide, with a notably high prevalence during school years. Epidemiological studies have reported that approximately 26.6% of elementary school students in Iran experience back pain, underscoring the widespread nature of this condition in young populations. Importantly, LBP during childhood and adolescence is a strong predictor of chronic low back pain in adulthood, suggesting that early onset pain may set the stage for long-term musculoskeletal dysfunction and disability.

LBP in young individuals can profoundly impact quality of life, limiting participation in daily activities, school attendance, and physical exercise. Moreover, research indicates that girls report back pain more frequently than boys during these formative years, potentially due to differences in physical development, hormonal changes, or psychosocial factors. Most pediatric LBP cases are classified as non-specific, meaning they lack a clearly identifiable pathological cause, which complicates diagnosis and treatment.

Given the high prevalence and potential long-term consequences of LBP in youth, there is an urgent need for effective interventions aimed at promoting spinal health and reducing pain intensity. Exercise programs have demonstrated promise in addressing physical risk factors associated with LBP, including poor posture, muscle weakness, and reduced endurance. Among these, core stability exercises have gained particular attention due to their role in strengthening deep trunk muscles that provide essential support and stabilization to the spine. This is especially critical during the adolescent growth spurt, a period characterized by rapid musculoskeletal changes that may predispose individuals to spinal instability and injury.



The present study aimed to investigate the effects of an eight-week core stability exercise program on pain intensity and trunk muscle endurance in children and adolescents with non-specific LBP. By examining these outcomes, the study sought to provide evidence for the incorporation of targeted core training in preventive and therapeutic strategies for young populations experiencing back pain.

Materials and Methods

A total of sixty female participants were recruited and divided equally into two age groups: children ($n = 30$, aged 9–10 years) and adolescents ($n = 30$, aged 14–15 years). Participants were randomly assigned to either an experimental group, which received the core stability intervention, or a control group, which did not engage in additional exercise beyond their usual activities. Maturity status was assessed using Tanner's scale to account for developmental differences that could influence outcomes.

Pain intensity was measured using a 10-cm Visual Analogue Scale (VAS), a validated and widely used tool for quantifying subjective pain experience. Trunk muscle endurance was evaluated using the McGill functional tests, which include isometric holds such as the side plank, prone plank, back bridge, single-leg bridge, and bird dog exercises. These tests assess the endurance capacity of the core musculature, which is integral to spinal stability.

The experimental group participated in a structured core stability exercise program conducted three times per week over eight weeks. Each session involved performing 10 repetitions of each exercise, with an isometric contraction held for eight seconds followed by a short rest of three seconds between repetitions. After completing 10 repetitions of one exercise, participants rested for 60 seconds before proceeding to the next exercise. The intensity of the exercises was progressively increased by adding more sets, contingent upon the participant's ability to maintain correct form and spinal stability.

Pre- and post-intervention assessments of pain intensity and trunk muscle endurance were conducted. Statistical analyses were performed using ANCOVA to control for baseline differences, with Bonferroni post-hoc tests applied to identify specific group differences. All analyses were conducted using SPSS version 27, with significance set at $p < 0.05$.

Findings

The experimental group demonstrated a statistically significant reduction in pain intensity compared to the control group ($p < 0.001$), indicating that core stability exercises effectively alleviate pain in children and adolescents with non-specific LBP. Additionally, trunk muscle endurance significantly increased in the experimental group ($p < 0.001$), highlighting enhanced muscular capacity to support spinal structures.

Comparing age groups, adolescents exhibited greater improvements in trunk muscle endurance than children ($p < 0.001$), with an average increase of 24.94 seconds more endurance time. However, no significant difference in pain relief was observed between children and adolescents, suggesting that the exercise program effectively reduces pain across developmental stages.

These findings align with previous research in adult populations, where core stability exercises have consistently shown benefits in reducing LBP and improving functional outcomes. The increase in trunk endurance likely contributes to improved spinal alignment and stability, which are critical for mitigating pain and preventing further injury.

Table 1- The results of the covariance test to examine the effects of the exercise program and age group on pain intensity and trunk endurance

Variable	Source	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared (η^2)
Pain	Pretest	7.29	4.60	0.03	0.07
	Age Group	5.11	3.22	0.07	0.05
	Exercise	26.89	16.98	<0.001	0.23
	Age Group * Exercise	4.93	3.11	0.08	0.05
Trunk Endurance	Pretest	150.38	0.99	0.32	0.01
	Age Group	3399.70	22.39	<0.001	0.28
	Exercise	14789.73	97.42	<0.001	0.63
	Age Group * Exercise	2187.58	14.41	<0.001	0.20

Discussion

The results of this study underscore the importance of core stability exercises as both a preventive and therapeutic intervention for LBP in youth. The adolescent growth spurt presents unique challenges to spinal health due to rapid skeletal and muscular changes. Strengthening the deep stabilizing muscles during this period may counteract the increased risk of spinal dysfunction and pain.

The greater improvements observed in adolescents may be attributed to their more advanced neuromuscular development and greater capacity for muscular adaptation compared to younger children. Nonetheless, the significant benefits observed in both age groups support the inclusion of core stability training in physical education curricula and clinical rehabilitation programs.

Pain reduction following the intervention may be mediated by improved muscular support of the spine, enhanced proprioceptive feedback, and increased neuromuscular control. These mechanisms collectively contribute to decreased mechanical stress on spinal tissues and reduced nociceptive input. Given the relatively short duration of the intervention (eight weeks), the observed changes are encouraging and suggest that even brief, consistent exercise programs can yield meaningful clinical benefits. Long-term adherence to core stability exercises may further enhance these outcomes and contribute to sustained spinal health.

Conclusion

Core stability exercises effectively reduce pain intensity and enhance trunk muscle endurance in children and adolescents with non-specific low back pain. The intervention is particularly beneficial during adolescence, a critical period for musculoskeletal development. Incorporating core stability exercises into school-based physical education and rehabilitation programs is recommended to promote spinal health, reduce injury risk, and improve quality of life.

Given the rapid improvements observed, regular engagement in such exercise programs could serve as a practical and accessible strategy for managing LBP in youth. Future research should explore the long-term effects of core stability training, its impact on other functional outcomes, and its applicability to diverse populations, including males and individuals with specific spinal pathologies.

Keywords: Core Stability Exercises, Pain Intensity, Trunk Muscle Endurance, Non-Specific Low Back Pain, Children, Adolescents

Article Message

Core stability exercises should be integrated into daily exercise programs for students to prevent low back pain and enhance performance. For individuals experiencing low back pain, these exercises may provide significant pain relief and functional improvement.



اثربخشی تمرینات ثبات مرکزی بر کاهش درد و افزایش استقامت عضلات تنه در کودکان و نوجوانان دارای کمردرد غیراختصاصی

فهیمة نوریان^۱، مهدی سهرابی^{۲*}، علیرضا صابری کاخکی^۳، عزت خداشناس^۴

۱. گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۲. گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۳. گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۴. گروه اطفال، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۱۰، تاریخ اصلاح: ۱۴۰۳/۰۶/۲۰، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۲۱

* Corresponding Author: Mehdi Sohrabi, E-mail: sohrabi@um.ac.ir

How to Cite: Nourian, F; Sohrabi, M; Saberi Kakhki, A & Khodashenas, E. (2025). The Effectiveness of Core Stability Exercises on reducing Pain and increasing Trunk Muscle Endurance in Children and Adolescents with Non-Specific Low Back Pain. Sport Medicine Studies, 16(42), 63-78. In Persian.

چکیده

هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر هشت هفته برنامه تمرینی ثبات مرکزی بر شدت درد و استقامت تنه در کودکان و نوجوانان دارای کمردرد بود. ۳۰ دختر (۹-۱۰ سال) و ۳۰ دختر (۱۴-۱۵ سال) دارای کمردرد غیراختصاصی که شرایط ورود به تحقیق را داشتند، به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و آزمودنی‌های هر رده سنی به طور تصادفی در دو گروه کنترل و تجربی قرار گرفتند. ابتدا شدت درد و استقامت عضلات تنه به ترتیب توسط مقیاس آنالوگ دیداری و تست‌های عملکردی مگکیل در تمامی گروه‌ها ثبت شد. سپس گروه‌های تجربی تمرینات ثبات مرکزی را طی هشت هفته و سه جلسه در هفته به طور منظم انجام دادند و در پس‌آزمون مجدداً متغیرهای ذکر شده در تمامی گروه‌ها اندازه‌گیری شد. جهت تحلیل داده‌ها از آزمون آنالیز کوواریانس استفاده شد. نتایج پژوهش کاهش معنی‌داری در شدت درد ($P < 0.001$) و همچنین افزایش معنی‌دار در میزان استقامت عضلات تنه ($P < 0.001$) را در آزمودنی‌های گروه تجربی نشان داد. در تأثیر برنامه تمرینی بر شدت درد بین گروه‌های سنی کودک و نوجوان تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، اما در متغیر استقامت تنه بین دو گروه سنی تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($P < 0.001$) که در گروه نوجوان نسبت به کودک با افزایش بیشتری همراه بود. با توجه به نتایج بدست آمده، انجام تمرینات ثبات مرکزی می‌تواند در کاهش درد و افزایش استقامت عضلات تنه در کودکان و نوجوانان دارای کمردرد مفید باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود از مزایای بالقوه این تمرینات در گروه‌های سنی مورد نظر استفاده شود.

واژگان کلیدی: تمرینات ثبات مرکزی، شدت درد، استقامت عضلات تنه، کمردرد غیراختصاصی، کودکان و نوجوانان.



مقدمه

کمردرد یکی از مهم‌ترین شکایات در دانش‌آموزان است که زندگی آن‌ها را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. میزان شیوع آن با افزایش سن رو به افزایش است و در حدود ۱۸ سالگی شیوع این عارضه مشابه بزرگسالان تلقی می‌شود. کمردرد می‌تواند زمینه‌ساز مشکلات عاطفی، اجتماعی، کاهش کیفیت زندگی و اثرات روانی پایدار شود (۱). این عارضه به عنوان سومین علت شایع اختلالات درد در کودکان و نوجوانان شناخته شده است (۲) و کمردرد غیراختصاصی شایع‌ترین نوع آن می‌باشد (۳). براساس آمار سازمان جهانی بهداشت، کمردرد در کودکان و نوجوانان ۱۰ تا ۱۴ سال رتبه نهم و در افراد ۱۵ تا ۱۹ سال رتبه چهارم سال‌های زندگی با ناتوانی را به خود اختصاص داده است. میزان شیوع در دختران نوجوان نسبت به پسران بیشتر می‌باشد (۴). همچنین شیوع ۲۶.۶ درصدی در میان دانش‌آموزان ایرانی گزارش شده است (۵). نتایج مطالعات نشان می‌دهد که در سنین رشد، به‌ویژه در دوران جهش رشد قد، فرد مستعد ابتلا به کمردرد می‌باشد (۶) و نقش بلوغ نیز به عنوان یک دوره بحرانی برای بروز کمردرد برجسته شده است (۷-۱۰).

کمردرد اثرات قابل ملاحظه‌ای بر سیستم اسکلتی-عضلانی کودکان و نوجوانان دارد که ممکن است باعث بروز ناهنجاری‌های ستون فقرات و ایجاد درد و ناتوانی شود (۱۱).

طبق یافته‌های تحقیقات، افزایش استقامت عضلات تنه نقش محافظتی در مقابل کمردرد دارد (۱۲-۱۴). شواهد محکمی بر تأثیر مثبت تمرینات ثبات مرکزی (CSE^2) بر افراد دارای کمردرد وجود دارد (۱۵). این تمرینات با افزایش سطح فعالیت عضلات اثرات مثبت و معنی‌داری بر میزان درد، استقامت و قدرت عضلات مرکزی بدن دارند (۱۶).

محققان نشان داده‌اند که اجرای یک برنامه تمرینی مدون می‌تواند شدت و شیوع کمردرد در کودکان و نوجوانان را کاهش دهد (۱۷، ۱۸). انجام تمرینات خاص در طی جهش رشد می‌تواند باعث رشد بهتر مکانیسم‌های تثبیت‌کننده عضلات عمقی و ستون فقرات شود (۱۸). اثرات مثبت تمرینات بر بهبود کمردرد و عملکرد در کودکان و نوجوانان در تحقیقات گوناگون نشان داده شده است (۱۷، ۱۹-۲۱).

با توجه به نتایج مطالعات، می‌توان نتیجه گرفت که با مداخله به‌موقع و مناسب می‌توان از پیامدهایی مانند هزینه‌های مالی، مشکلات عاطفی و روانی-اجتماعی کمردرد جلوگیری کرد. هر چه مداخلات برای ارتقاء سلامت سیستم اسکلتی-عضلانی در سنین پایین‌تری انجام شود، مفیدتر خواهد بود (۲۲)؛ بنابراین، پژوهشگران بر لزوم تحقیقات بیشتر درباره کمردرد در کودکی و نوجوانی تأکید داشته‌اند تا عدم تعادل بین بار بالای این عارضه در این سنین و فعالیت تحقیقاتی کم در این زمینه کاهش یابد (۲۱).

از آنجا که کمردرد یکی از مشکلات جدی مرتبط با سلامت در دانش‌آموزان می‌باشد و به نظر می‌رسد تمرین ورزشی می‌تواند به بهبود کمردرد در کودکان و نوجوانان کمک کند و از کمردرد مزمن در بزرگسالی جلوگیری نماید، اما همچنان کمبود اطلاعات مرتبط با این جمعیت وجود دارد (۱۷، ۱۸).

طبق نتایج مطالعات پیشین و با در نظر گرفتن خلأ موجود، نیاز به انجام پژوهش در زمینه تأثیر برنامه‌های تمرینی بر کمردرد در گروه‌های سنی و جوامع مختلف ضروری به نظر می‌رسد. تفاوت تحقیق حاضر با پژوهش‌های قبلی در بررسی اثر تمرینات ثبات مرکزی با در نظر گرفتن سطح بلوغ افراد می‌باشد. بنابراین، هدف از این پژوهش بررسی اثربخشی تمرینات ثبات مرکزی

1. Nonspecific Low Back Pain

2. Core Stability Exercises

بر شدت درد و استقامت عضلات تنه در کودکان و نوجوان دارای کمردرد غیراختصاصی بود. فرض پژوهش حاضر بر این است که انجام تمرینات ثبات مرکزی باعث کاهش درد و افزایش استقامت عضلات تنه در کودکان (قبل بلوغ) و نوجوانان (بعد از بلوغ) می شود. به نظر می رسد نتایج این مطالعه می تواند در طراحی تمرینات برای دانش آموزان استفاده شود.

روش شناسی پژوهش

مطالعه حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش آزمون پس آزمون با گروه کنترل اجرا شد. جامعه آماری شامل کودکان و نوجوانان دختر دارای کمردرد غیراختصاصی بودند که بر اساس پیشینه تحقیقات انجام شده در زمان تحقیق دارای کمردرد بودند و درد آن ها هیچ دلیل خاصی نداشت که به صورت مکرر و حداقل در سه ماه گذشته ادامه داشت (۱۷، ۱۸). از بین آن ها، ۳۰ کودک (۹-۱۰ ساله) و ۳۰ نوجوان (۱۴-۱۵ ساله) به روش نمونه گیری در دسترس و با توجه به معیارهای ورود به طور هدفمند انتخاب شدند. از مقیاس خودارزیابی تانر^۱ برای تعیین وضعیت بلوغ آزمودنی ها استفاده شد (۲۳). افراد حائز شرایط، بعد از تأیید پزشک متخصص و ارائه توضیحات مربوط به اهداف، نحوه و مدت زمان اجرای پژوهش و تکمیل فرم رضایت نامه آگاهانه توسط والدین و ثبت اطلاعات فردی، به صورت تصادفی در دو گروه مساوی تجربی و کنترل قرار گرفتند. برای تعیین حداقل تعداد نمونه پژوهش از نرم افزار تعیین اندازه حجم نمونه G*Power 3.1.9.4 با در نظر گرفتن توان آزمون = ۰/۸۰، $\alpha = ۰/۰۵$ و اندازه اثر بالا = ۰/۴۰ استفاده شد (۲۴). حداقل ۱۳ نفر در هر گروه انتخاب شد که با توجه به احتمال ریزش، ۱۵ نفر برای هر گروه به عنوان آزمودنی در نظر گرفته شد.

معیارهای ورود این پژوهش عبارت بودند از: ۱- شاخص توده بدنی طبیعی مطابق با نورم سازمان بهداشت جهانی WHO^۲ ۲- داشتن کمردرد غیراختصاصی با تأیید پزشک ۳- همگن بودن گروه های سنی با استفاده از مقیاس خودارزیابی تانر ۴- کسب امتیاز بین ۳ تا ۷ مقیاس دیداری درد VAS^۳ (۲۵) ۵- شرکت نکردن در تمرینات منظم ورزشی (دو روز و بیشتر در هفته) در شش ماه گذشته ۶- نداشتن هرگونه ناهنجاری اسکلتی-عضلانی، سابقه جراحی یا هرگونه بیماری نورولوژیک.

در مرحله پیش آزمون، شدت درد و استقامت عضلات تنه به ترتیب توسط مقیاس دیداری شدت درد و آزمون های عملکردی مگیل^۴ ارزیابی شد (۲۶). پس از پایان پیش آزمون، گروه کنترل هیچ گونه فعالیت ورزشی در طی دوره مداخله نداشت و گروه تجربی به انجام تمرینات ثبات مرکزی تحت نظارت محققین و طبق پروتکلی که در ادامه توضیح داده خواهد شد، پرداختند.

-
1. Tanner scale
 2. World Health Organization
 3. Visual Analog Scale
 4. McGill functional tests



شکل ۱- تمرینات ثبات‌دهنده مرکزی

Figure 1- Core stability exercises

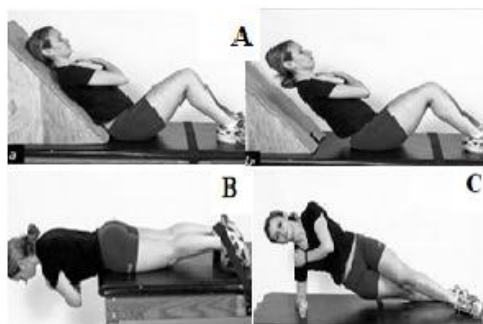
برنامه تمرینی به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته و ۴۰-۳۰ دقیقه در هر جلسه بود. هر جلسه شامل: مرحله گرم کردن ۱۰ دقیقه‌ای (شامل راه رفتن سریع، نرم دویدن و حرکات کششی)، مرحله تمرینات اصلی و مرحله سرد کردن به مدت پنج دقیقه بود.

از تمرینات ثبات مرکزی رایج و پرکاربرد شامل پلانک جانبی (Side plank)- پلانک کامل (Prone plank)- پل به پشت (Back bridge)- پل با بلند کردن پا (Bridge single leg) - چهار دست و پا (Bird dog) استفاده شد. این تمرینات در تحقیقات مختلف استفاده شده و موجب بهبود سطح فعالیت عضلات قدامی، خلفی و جانبی کمر می‌شوند و پیشرفت به صورت فردی تعیین می‌شود (۲۶-۲۸).

این تمرینات قابلیت اجرا برای گروه‌های سنی مطالعه حاضر را دارا می‌باشند و در تحقیقات قبلی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۲۷). از آنجا که در سطح دارای ثبات اجرا می‌شود، با کمترین احتمال آسیب همراه هستند.

هر حرکت مستلزم حفظ انقباض ایزومتریک به مدت هشت ثانیه بود، با ۱۰ تکرار و سه ثانیه استراحت کوتاه بین تکرارها. در بین تمرینات و پس از کامل شدن ۱۰ تکرار، به آزمودنی‌ها یک دقیقه استراحت داده شد. شدت تمرینات به صورت تدریجی (با افزایش تعداد ست‌ها) افزایش یافت. اصل اضافه‌بار و افزایش تدریجی شدت هر تمرین با توجه به اجرای صحیح هر فرد در تمرین قبلی کنترل و با تأکید بر ایجاد ثبات در ستون فقرات تعیین شد (۲۶-۲۸).

تمامی متغیرها مورد مطالعه به صورت قبل و بعد از مداخله تمرینی ثبت و در گروه‌های مختلف مقایسه شد. ابزار مورد استفاده برای اندازه‌گیری شدت درد در ناحیه کمر، مقیاس آنالوگ دیداری بود. این مقیاس برای اندازه‌گیری شدت درد ادراک شده استفاده می‌شود که یک نوار افقی به طول ۱۰ سانتی‌متر است که یک انتهای آن صفر یعنی بدون درد و انتهای دیگر آن ۱۰ یعنی شدیدترین درد ممکن می‌باشد. این معیار به طور گسترده در تحقیقات جهت سنجش میزان درد مورد استفاده قرار گرفته است. اعتبار و روایی پرسشنامه درد عالی و پایایی درونی آن ۹۱ درصد گزارش شده است (۲۹)، مقیاس دیداری درد پرکاربردترین ابزار برای اندازه‌گیری ویژگی‌های ذهنی یا نگرش‌هایی است که نمی‌توانند مستقیماً اندازه‌گیری شوند (۲۵).



شکل ۲- تست‌های استقامت مکگیل

Figure 2- Core Endurance Tests. McGill protocol

برای ارزیابی استقامت عضلات تنه از آزمون‌های مکگیل که شامل موارد زیر است، استفاده شد (۳۰): ۱- آزمون عضلات خم‌کننده تنه با پایایی ۹۸ درصد ۲- آزمون عضلات بازکننده تنه با پایایی ۹۳ درصد ۳- آزمون عضلات خم‌کننده جانبی عضلات تنه (راست و چپ) با پایایی ۹۵ درصد.

۱- بررسی استقامت عضلات خم‌کننده تنه: فرد نیمه نشسته با تکیه‌گاه ۶۰ درجه نسبت به خط افق، در حالی که دستانش بر روی شانه به صورت متقاطع قرار دارند و پاها ثابت است، باید وضعیت تنه را با عقب کشیدن تکیه‌گاه حفظ کند. زمان حفظ این وضعیت به ثانیه با زمان سنج اندازه‌گیری و ثبت می‌شود (شکل ۲ قسمت A).

۲- بررسی استقامت عضلات بازکننده تنه با استفاده از آزمون اصلاح شده بیرینگ-سورنسن^۱: فرد به شکم روی تخت به صورتی قرار می‌گیرد که لگن بر روی لبه و بالاتنه بیرون از تخت باشد. برای حفظ وضعیت ثابت در طول اجرای آزمون، لگن و ساق با نوار غیرارتجاعی بسته می‌شود. سپس، در حالی که دست‌ها به صورت ضربدری روی سینه قرار می‌گیرد، از فرد خواسته می‌شود تنه خود را در وضعیت موازی با زمین حفظ کند. مدت زمانی که آزمودنی قادر به حفظ وضعیت افقی خود بود، ثبت می‌شود (شکل ۲ قسمت B).

۳- ارزیابی استقامت عضلات خم‌کننده جانبی تنه (پلانک جانبی): فرد به پهلو قرار می‌گیرد در حالی که پای فوقانی بر روی پای تحتانی قرار دارد. آزمونگر از وی می‌خواهد بدنش را در وضعیت عمودی حفظ کرده و وزن را روی آرنج‌ها و پاها تحمل کند (شکل ۲ قسمت C). زمان حفظ این وضعیت در هر دو طرف راست و چپ بدن ثبت می‌شود (۳۰).

در نهایت، برای امتیاز کل استقامت تنه، مجموع چهار آزمون در نظر گرفته شد.

برای بررسی اثر برنامه تمرینی بر شدت درد و استقامت تنه و مقایسه گروه‌های سنی، از آنالیز کوواریانس دوراهه استفاده شد. از آزمون آماری شاپیرو-ویلک^۲ برای بررسی طبیعی بودن داده‌ها استفاده شد. پس از بررسی شروط آنالیز کوواریانس شامل نرمال بودن داده‌ها، همگنی واریانس‌ها و همگنی شیب‌های خطوط رگرسیون، در این آنالیز برنامه تمرینی، گروه سنی و اثر متقابل آن‌ها به عنوان متغیرهای مستقل، نمره پیش‌آزمون به عنوان متغیر کووریت و نمره پس‌آزمون به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد.

1. Beiring Sorensen Test

2. Shapiro-Wilk Test

مقادیر معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ مقایسه و برای مقایسه تفاوت‌ها نیز از آزمون تعقیبی بن‌فرونی استفاده شد. در تحلیل نتایج، اندازه اثر (η^2) مقادیر ۰/۰۱ به عنوان اثر کم، ۰/۰۶ به عنوان اثر متوسط و ۰/۱۴ به عنوان اثر زیاد در نظر گرفته شد (۳۱). تمامی تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 27 انجام شد.

ملاحظات اخلاقی

در پژوهش حاضر، کلیه ضوابط کمیته اخلاق زیستی دانشگاه فردوسی مشهد رعایت شد و این تحقیق با کد اخلاق IR.UM.REC.1402.067 انجام گردید.

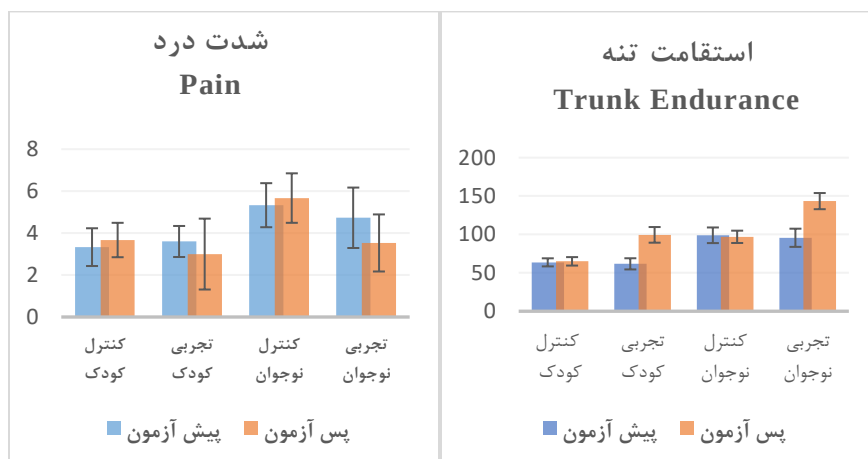
یافته‌های پژوهش

مشخصات دموگرافیک گروه‌های تحقیق در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌های تحقیق
Table 1- Demographic characteristics of the subjects

گروه‌ها (میانگین $\pm$ انحراف معیار) Groups (M $\pm$ SD)						
نوجوانان (Adolescents)			کودکان (Children)			
متغیر	کنترل (15 نفر)	تجربی (15 نفر)	مقدار P sig	کنترل (15 نفر)	تجربی (15 نفر)	مقدار P sig
سن (سال) Age	9.84 $\pm$ 0.12	9.82 $\pm$ 0.14	0.57	14.62 $\pm$ 0.19	14.64 $\pm$ 0.24	0.83
وزن (kg) Weight	32.53 $\pm$ 1.30	33.27 $\pm$ 1.33	0.58	51.67 $\pm$ 2.97	52.20 $\pm$ 3.38	0.65
قد (۱) Height	137.8 $\pm$ 2.46	136.93 $\pm$ 2.69	0.36	158.33 $\pm$ 2.41	157.40 $\pm$ 2.67	0.32
شاخص توده بدن BMI (kg/m)	17.65 $\pm$ 0.35	17.74 $\pm$ 0.47	0.58	20.59 $\pm$ 0.72	21.06 $\pm$ 1.05	0.17

نمودار میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای استقامت تنه و شدت درد در شکل ۳ به نمایش درآمده است. در این نمودار، میانگین متغیرها در حالت‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه‌های مختلف قابل مشاهده است.



شکل ۳- آماره‌های توصیفی متغیرهای استقامت تنه و شدت درد

Figure 3- Descriptive statistics of Trunk Endurance and Pain intensity

مطابق نتایج جدول ۲، اثر برنامه تمرینی بر متغیر شدت درد معنی‌دار می‌باشد ($F=16/980$ ، $P<0/001$ و $\eta^2=0/236$). در متغیر استقامت تنه، اثر گروه سنی ($F=22/395$ ، $P<0/001$ و $\eta^2=0/289$)، اثر برنامه تمرینی ($F=97/425$ ، $P<0/001$ و $\eta^2=0/639$) و اثر متقابل گروه سنی و برنامه تمرینی ($F=14/410$ ، $P<0/001$ و $\eta^2=0/208$) معنی‌دار هستند.

جدول ۲- نتایج آزمون کوواریانس برای بررسی تأثیر برنامه تمرینی و گروه سنی بر شدت درد و استقامت تنه

Table 2- The results of the covariance test to examine the effect of exercise program and age group on pain intensity and trunk endurance

متغیر Variable	منبع Source	میانگین مربعات Mean Squares	آماره F F-value	مقدار P P-value	اندازه اثر (η^2)
شدت درد Pain	پیش‌آزمون Pre-test	7.29	4.60	0.03	0.07
	گروه سنی Age Group	5.11	3.22	0.07	0.05
	برنامه تمرینی Training Program	26.89	16.98	<0.001	0.23
	سن*تمرین Age*Training	4.93	3.11	0.08	0.05
استقامت تنه Trunk Endurance	پیش‌آزمون Pre-test	150.38	0.99	0.32	0.01
	گروه سنی Age Group	3399.70	22.39	<0.001	0.28
	برنامه تمرینی Training Program	14789.73	97.42	<0.001	0.63
	سن*تمرین Age*Training	2187.58	14.41	<0.001	0.20

در جدول ۳، نتایج آزمون تعقیبی بن‌فرونی برای مقایسه اثر برنامه تمرینی منتخب بر شدت درد و نمره کل استقامت تنه ارائه شده است. در متغیر شدت درد، تفاوت میانگین گروه تجربی و گروه کنترل معنی‌دار بوده ($P < 0.001$) و شدت درد در گروه تجربی نسبت به کنترل مقدار $1/343$ سانتی‌متر کاهش یافته است. همچنین، تفاوت میانگین گروه تجربی و گروه کنترل در متغیر استقامت تنه در گروه‌های سنی مورد بررسی افزایش معنی‌داری داشته است ($P < 0.001$).

جدول ۳- نتایج آزمون تعقیبی بن‌فرونی برای مقایسه گروه‌ها در تأثیر برنامه تمرینی بر شدت درد

Table 3- The results of Bonferroni's post hoc test to compare groups in the effect of exercise program on pain intensity

متغیر Variable	میانگین گروه تجربی - کنترل Mean of Experimental Group - Mean of Control Group	خطای استاندارد Standard Error	مقدار P P-value
شدت درد Pain	-1.34	0.32	<0.001
استقامت تنه Trunk Endurance	32.25	3.29	<0.001

علاوه بر این، چون در متغیر استقامت تنه، اثر گروه سنی نیز معنی‌دار شده است، آزمون تعقیبی بن‌فرونی برای مقایسه گروه سنی اجرا شد. نتایج نشان داد که میانگین استقامت عضلات تنه در نوجوانان بعد از دوره تمرینی به طور معنی‌داری مقدار $24/94$ ثانیه بیشتر از کودکان افزایش داشته است ($P < 0.001$).

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر ۸ هفته تمرینات ثبات مرکزی بر کاهش درد و افزایش استقامت عضلات تنه در دختران کودک و نوجوان دارای کمردرد غیراختصاصی بود. نتایج تحقیق حاضر حاکی از آن است که پس از انجام یک دوره برنامه تمرینی منتخب، میزان درد به طور معنی‌داری در آزمودنی‌های گروه تجربی کاهش یافته است که بین گروه‌های سنی تفاوت معناداری مشاهده نشد. از طرف دیگر، میزان استقامت عضلات تنه نیز در آزمودنی‌های گروه تجربی افزایش یافت و این افزایش در نوجوانان به طور معنی‌داری بیشتر از کودکان بود.

مطالعات گوناگون به بررسی تأثیر تمرینات ثبات مرکزی بر درد و عملکرد افراد دارای کمردرد در جمعیت بزرگسال پرداختند (۳۲-۳۵). نتایج یک مطالعه مروری جدید نشان می‌دهد که تمرینات ثبات مرکزی باعث کاهش درد و بهبود عملکرد در افراد دارای کمردرد می‌شود (۳۶). در جمعیت کودک و نوجوان نیز، اثر برنامه تمرینی بر کمردرد در برخی تحقیقات بررسی شده است (۱۷، ۱۸، ۲۰، ۳۷).

جونز و همکاران اثربخشی یک برنامه ورزشی هشت هفته‌ای به‌عنوان مداخله‌ای برای درمان کمردرد غیراختصاصی و کاهش شیوع کمردرد در ۵۴ دختر و پسر نوجوان ($14/6 \pm 0/6$ ساله) را بررسی کردند. مداخله شامل ترکیبی از تمرینات قدرتی، انعطاف‌پذیری و هوازی مطابق با توصیه‌های مکگیل بود و نتایج نشان داد برنامه ورزشی مزایای مثبتی چون کاهش شدت درد و عوامل خطرزا جسمی در پیشگیری از کمردرد ایجاد می‌کند (۱۷).

در پژوهشی دیگر، محققین هفتاد و دو دختر و پسر ۱۳-۱۲ سال که در سه ماه گذشته از کمردرد شکایت داشتند را در دو گروه کنترل و آزمایشی مورد بررسی قرار دادند. گروه آزمایشی هشت جلسه تمرین با مدت زمان ۴۵-۴۰ دقیقه انجام دادند، در حالی که گروه کنترل هیچ مداخله‌ای دریافت نکردند. بررسی‌ها در ابتدا (ماه صفر)، پس از مداخله (ماه سوم) و سه ماه بعد (ماه ششم) انجام و شدت درد در مقیاس آنالوگ بصری اندازه‌گیری شد. نتایج حاکی از تأثیر ورزش در کاهش شدت کمردرد و همچنین تفاوت معنی‌دار در تحریکات عصبی و یکپارچگی عضلات تثبیت‌کننده کمر و حس عمقی افراد بود (۱۸).

در یک مطالعه، مایکلف و همکاران نیز اثربخشی رویکردهای درمانی محافظه‌کارانه در مدیریت و جلوگیری از ابتلا کودکان و نوجوانان به کمردرد را ارزیابی کردند. شواهد نشان داد که مداخله ورزشی تحت نظارت تأثیر زیادی بر میانگین نمرات درد ماهیانه در کودکان و نوجوانان دارد (۲۰). بررسی علائم درد اسکلتی-عضلانی در ۴۵ نوجوان ۱۰ تا ۱۹ ساله دارای کمردرد و انجام ۱۲ هفته فیزیوتراپی، ورزش فردی و آموزش نشان داد بعد از اتمام دوره ۹۵٪ از کودکان درد کمتری داشتند (۱۹). نتایج پژوهش حاضر همسو با تحقیقات ذکر شده است.

تمرین با افزایش سوخت و ساز در عضلات می‌تواند حساسیت گیرنده‌های درد مرکزی، پیرامونی و نخاع را کاهش داده و موجب کاهش درد شود (۳۷).

آلن و همکاران به بررسی اثر تمرینات ثبات مرکزی بر تست‌های استقامت عضلانی تنه در دانش‌آموزان پرداختند. شرکت‌کنندگان ۱۶۴ نفر شامل ۸۶ دختر و ۷۸ پسر با میانگین سنی ۱۱/۵ سال ($\pm 2/5$) بودند. تجزیه تحلیل داده‌ها افزایش قابل توجهی در عملکرد هر یک از پنج تست آمادگی عضلانی پس از اجرای برنامه تمرینی نشان داد. نتایج حاکی از آن بود که انجام تمرینات ثبات مرکزی با شدت متوسط تا بالا در کودکان و نوجوانان برای بهبود استقامت عضلانی تنه مطلوب است. هر دو گروه سنی از این تمرینات بهره بردند، اما در نوجوانان در مقایسه با کودکان تأثیر بیشتری مشاهده شد. تمرین‌پذیری بیشتر عضلات مرکزی نوجوانان نسبت به کودکان به دلیل رشد جسمانی بالغ‌تر است که ممکن است پاسخ سازگاری تمرین را افزایش داده باشد. همچنین تفاوت معنی‌داری بین پسران و دختران مشاهده شد (۳۸). البته لازم به ذکر است پژوهش آلن و همکاران در افراد سالم انجام شده بود، اما نتایج به‌دست‌آمده و تفاوت در گروه‌های سنی کودک و نوجوان مشابه با پژوهش حاضر بود. تحقیقات گوناگون نشان داده‌اند که استقامت عضلانی بیشتر با احتمال کمتر کمردرد همراه است و استقامت عضلات بازکننده تنه در نوجوانان نقش محافظت‌کننده در مقابل کمردرد دارد (۱۴، ۳۹-۱۲). عملکرد حرکتی در دوران کودکی و نوجوانی یک عامل تعیین‌کننده سلامت در حال و آینده شناخته می‌شود. ورزش مناسب در طول جهش رشد می‌تواند به ارتقای پویایی ستون فقرات و بارگذاری آن کمک کند (۴۰)، همچنین، می‌تواند به کودکان کمک کند تا یاد بگیرند در قبال سلامتی خود مسئولیت‌پذیر باشند و با ایجاد عادات سالم به جلوگیری از کمردرد کمک کند (۴).

تمرینات ثبات‌دهنده مرکزی می‌توانند اثرات مثبت و معنی‌داری بر میزان درد، استقامت و قدرت عضلات مرکزی بدن داشته باشد. بنابراین، می‌تواند به‌عنوان یک روش مفید و تأثیرگذار جهت پیشگیری و کاهش میزان کمردرد در کودکان و نوجوانان مورد استفاده قرار گیرند.

پاسخ‌های متفاوت در بین سنین مختلف مورد توجه محققین بوده است. در بعضی از مطالعات نشان داده شده که تأثیر تمرین بر ساختار فیزیولوژیک به عوامل مختلف دیگری از جمله جنس، سطح آمادگی و دامنه سنی نیز بستگی دارد. با توجه به اینکه الگوی رشد و بلوغ در جوامع مختلف متفاوت است، تغییرات ناشی از افزایش سن که بر بروز سازگاری‌های تمرینی تأثیرگذار هستند، نیز می‌تواند متفاوت باشد.

مطالعه حاضر جزء اولین مطالعاتی است که اثر تمرینات منتخب ثبات مرکزی را در دو گروه سنی کودک و نوجوان با در نظر گرفتن سطح بلوغ بررسی نموده است. با در نظر گرفتن اینکه هر دو گروه سنی از مداخله موجود بهره بردند، شواهدی مبنی بر مزایای بالقوه تمرینات ثبات مرکزی در گروه‌های سنی ارائه شد.

بر همین اساس، استقامت عضلانی را می‌توان در طول سال‌های کودکی (قبل از بلوغ) و نوجوانی (بعد بلوغ) با استفاده از تمرینات ثبات مرکزی با کمترین امکانات، بدون نیاز به تجهیزات و با احتمال خطر و آسیب پایین بهبود بخشید. از آنجا که عضلات تنه در دانش‌آموزان و حتی بزرگسالان در طول تمرینات بدنی و عملکردی روزانه از نظر فاکتورهای آمادگی توسعه نمی‌یابند، به متخصصان علوم ورزشی و حرکتی، به‌خصوص معلمان تربیت بدنی، پیشنهاد می‌شود به تدوین و اجرای برنامه تمرینات تخصصی تنه بپردازند.

کلاس‌های تربیت بدنی محیطی در دسترس برای دانش‌آموزان فراهم می‌کند تا به‌صورت منظم درگیر رشد عضلات باشند. مدت زمان کوتاه و اجرای راحت تمرینات منتخب ممکن است به افزایش پایبندی به برنامه کمک کند، بنابراین پیشنهاد می‌شود این تمرینات در برنامه ساعات تربیت بدنی گنجانده شوند.

بهبود استقامت عضلانی مرکزی در کودکان نه تنها ممکن است عملکرد را بهبود بخشد، بلکه با افزایش ثبات ستون فقرات، بروز آسیب دیدگی کمر را در حین فعالیت بدنی پویا کاهش دهد. اگر حرکات و بار غیرطبیعی ستون فقرات و عدم تعادل اسکلتی عضلانی مرتبط با آن در دوران کودکی مورد توجه قرار گیرد، ممکن است بتوان از شروع کمردرد مزمن و مکرر جلوگیری کرد که نیازمند مطالعات با پیگیری طولانی مدت می‌باشد.

با این وجود، از محدودیت‌های پژوهش حاضر این بود که تنها در دختران بررسی شده است و پیشنهاد می‌شود مطالعات بیشتر برای مقایسه دختران و پسران در جهت تأیید یافته‌های پژوهش حاضر و گروه‌های سنی مختلف (مراحل مختلف بلوغ) انجام شود. همچنین، عدم آگاهی از عوامل ذهنی و روانی مثل انگیزش از دیگر محدودیت‌های پژوهش حاضر بود.

پیام مقاله

پیشنهاد می‌شود از تمرینات ثبات مرکزی به‌عنوان یک روش مفید و تأثیرگذار در برنامه روزانه دانش‌آموزان استفاده شود. این تمرینات می‌توانند به پیشگیری، همچنین بهبود عملکرد و کاهش درد در افراد دارای کمردرد کمک کنند. نتایج این پژوهش می‌توانند در طراحی تمرینات برای دانش‌آموزان مورد استفاده قرار گیرند.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از رساله دکتری در رشته رفتار حرکتی گرایش رشد حرکتی دانشکده علوم ورزشی دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد. محققین پژوهش از تمامی آزمودنی‌ها و خانواده ایشان که در این تحقیق همکاری و همراهی داشتند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

1. Lamb M, Brenner JS. Back Pain in Children and Adolescents. *Pediatr Rev.* 2020;41(11):557-69.
2. Kent PM, Keating JL. The epidemiology of low back pain in primary care. *Chiropr Osteopat.* 2005;13:13.
3. Minghelli B. Low back pain in childhood and adolescence phase: consequences, prevalence and risk factors - a revision. *J Spine.* 2017;06.
4. Kamper SJ, Henschke N, Hestbaek L, Dunn KM, Williams CM. Musculoskeletal pain in children and adolescents. *Braz J Phys Ther.* 2016;20(3):275-84.

5. Rezapur-Shahkolai F, Gheysvandi E, Tapak L, Dianat I, Karimi-Shahanjarini A, Heidarimoghadam R. Risk factors for low back pain among the elementary school students, using penalized logistic regression, Iran. *Epidemiol Health*. 2020:e2020039.
6. O'Sullivan P, Smith A, Beales D, Straker L. Understanding Adolescent Low Back Pain From a Multidimensional Perspective: Implications for Management. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2017;47(10):741-51.
7. Lardon A, Leboeuf-Yde C, Le Scanff C, Wedderkopp N. Is puberty a risk factor for back pain in the young? a systematic critical literature review. *Chiropr Man Therap*. 2014;22(1):27.
8. Hasler CC. Back pain during growth. *Swiss Med Wkly*. 2013;143:w13714.
9. Hebert JJ, Leboeuf-Yde C, Franz C, Lardon A, Hestbæk L, Manson N, et al. Pubertal development and growth are prospectively associated with spinal pain in young people (CHAMPS study-DK). *Eur Spine J*. 2019;28(7):1565-71.
10. Wedderkopp N, Andersen LB, Froberg K, Leboeuf-Yde C. Back pain reporting in young girls appears to be puberty-related. *BMC Musculoskelet Disord*. 2005;6:52.
11. Ferreira PH FM, Maher CG, Herbert RD, Refshauge, Karimi-Shahanjarini A. Specific stabilisation exercise for spinal and pelvic pain: A systematic review. *Phys Ther*. 2006;52(2):79-88.
12. Sjölie AN. Psychosocial correlates of low-back pain in adolescents. *Eur Spine J*. 2002;11(6):582-8.
13. Bo Andersen L, Wedderkopp N, Leboeuf-Yde C. Association between back pain and physical fitness in adolescents. *Spine*. 2006;31(15):1740-4.
14. Galmés-Panadés AM, Vidal-Conti J. Association between Physical Fitness and Low Back Pain: The Pepe Cross-Sectional Study. *Children (Basel)*. 2022;9.
15. Smrcina Z, Woelfel S, Burcal C. A Systematic Review of the Effectiveness of Core Stability Exercises in Patients with Non-Specific Low Back Pain. *Int J Sports Phys Ther*. 2022;17(5):766-74.
16. McGill S. Core training: Evidence translating to better performance and injury prevention. *Strength Cond J*. 2010;32(3):33-46.
17. Jones GT, Macfarlane GJ. Epidemiology of low back pain in children and adolescents. *Arch Dis Child*. 2005;90(3):312-6.
18. Fanucchi GL, Stewart A, Jordaan R, Becker P. Exercise reduces the intensity and prevalence of low back pain in 12–13 year old children: a randomised trial. *Aust J Physiother*. 2009;55(2):97-104.
19. Keeratisiroj O, Siritatiwat W. Prevalence of self-reported musculoskeletal pain symptoms among school-age adolescents: age and sex differences. *Scand J Pain*. 2018;18(2):273-80.
20. Michaleff ZA, Kamper SJ, Maher CG, Evans R, Broderick C, Henschke N. Low back pain in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis evaluating the effectiveness of conservative interventions. *Eur Spine J*. 2014;23(10):2046-58.
21. Frosch M, Leinwather S, Bielack S, Blodt S, Dirksen U, Dobe M, et al. Treatment of Unspecific Back Pain in Children and Adolescents: Results of an Evidence-Based Interdisciplinary Guideline. *Children (Basel)*. 2022;9(3).
22. Armstrong N, Van Mechelen W. Oxford textbook of children's sport and exercise medicine: Oxford University Press; 2023.
23. Tanner JM, Whitehouse RH, Marubini E, Resele LF. The adolescent growth spurt of boys and girls of the Harpenden growth study. *Ann Hum Biol*. 1976;3(2):109-26.
24. Kang H. Sample size determination and power analysis using the G*Power software. *J Educ Eval Health Prof*. 2021;18:17.
25. Boonstra AM, Preuper HRS, Reneman MF, Posthumus JB, Stewart RE. Reliability and validity of the visual analogue scale for disability in patients with chronic musculoskeletal pain. *Int J Rehabil Res*. 2008;31(2):165-9.
26. McGill S. Low back disorders: evidence-based prevention and rehabilitation: Human Kinetics; 2015.
27. Wang H, Fan Z, Liu X, Zheng J, Zhang S, Zhang S, et al. Effect of Progressive Postural Control Exercise Versus Core Stability Exercise in Young Adults with Chronic Low Back Pain: A Randomized Controlled Trial. *Pain Ther*. 2023;12(1):293-308.

28. Vera-Garcia FJ, Irlles-Vidal B, Prat-Luri A, García-Vaquero MP, Barbado D, Juan-Recio C. Progressions of core stabilization exercises based on postural control challenge assessment. *Eur J Appl Physiol*. 2020;120(3):567-77.
29. Folstein MF, Luria R. Reliability, validity, and clinical application of the visual analogue mood scale1. *Psychol Med*. 1973;3(4):479-86.
30. McGill S. Low back disorders: evidence-based prevention and rehabilitation: Human Kinetics; 2015.
31. Huck SW. Reading Statistics and Research. 6th ed. Boston: Pearson; 2012.
32. 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.
33. Hlaing SS, Puntumetakul R, Khine EE, Boucaut R. 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 Musculoskelet Disord*. 2021;22(1):998.
34. Wang XQ, Zheng JJ, Yu ZW, Bi X, Lou SJ, Liu J, et al. A meta-analysis of core stability exercise versus general exercise for chronic low back pain. *PLoS One*. 2012;7(12):e52082.
35. Minobes-Molina E, Nogués MR, Giralt M, Casajuana C, de Souza DLB, Jerez-Roig J, et al. Effectiveness of specific stabilization exercise compared with traditional trunk exercise in women with non-specific low back pain: a pilot randomized controlled trial. *PeerJ*. 2020;8:e10304.
36. Li Y, Yan L, Hou L, Zhang X, Zhao H, Yan C, et al. Exercise intervention for patients with chronic low back pain: a systematic review and network meta-analysis. *Front Public Health*. 2023;11:1155225.
37. Steffens D, Maher CG, Pereira LS, Stevens ML, Oliveira VC, Chapple M, et al. Prevention of Low Back Pain: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Intern Med*. 2016;176(2):199-208.
38. Allen BA, Hannon JC, Burns RD, Williams SM. Effect of a core conditioning intervention on tests of trunk muscular endurance in school-aged children. *J Strength Cond Res*. 2014;28(7):2063-70.
39. Noll M, Kjaer P, Mendonca CR, Wedderkopp N. Motor performance and back pain in children and adolescents: A systematic review. *Eur J Pain*. 2022;26(1):77-102.
40. Mikkelsen LO, Nupponen H, Kaprio J, Kautiainen H, Mikkelsen M, Kujala UM. Adolescent flexibility, endurance strength, and physical activity as predictors of adult tension neck, low back pain, and knee injury: a 25 year follow up study. *Br J Sports Med*. 2006;40(2):107-13.