Research in Sport Medicine and Technology, Volume 22 - Issue 28 / 2024

Kharazmi University

Research in Sport Medicine and Technology

Print ISSN: 2252 - 0708 Online ISSN: 2588 - 3925

Homepage: https://jsmt.khu.ac.ir

The Effect Of Pilates Exercises On Postural Control And Proprioception Of Lower Limb Joints In Girls 18-25 Year-Old

Maryam Ghorbani [1] | Rasoul Yaali [2*]

1. Ph.D of Sport Injuries and Corrective Exercise, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University of Tehran, Tehran, Iran.
2. Department of Motor Behavior, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University of Tehran, Tehran, Iran.

corresponding author: **Rasoul Yaali, r.yaali@khu.ac.ir**

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 2023/07/24
Revised: 2024/02/12
Accepted: 2024/02/12

Keywords:
Pilates, Postural Control, Proprioception

How to Cite:
Maryam Ghorbani, Rasoul Yaali. **The Effect Of Pilates Exercises On Postural Control And Proprioception Of Lower Limb Joints In Girls 18-25 Year-Old**. *Research In Sport Medicine and Technology*, 2024: 22(28): 89-108.

The purpose of this research was the effect of Pilates exercises on balance and proprioception in female students. 98 female students voluntarily participated in this study. Of these, 91 healthy students were placed in the experimental group and 7 students with sports exemption were placed in the control group. The position senses of ankle and knee joints was measured using the active reconstruction test of the ankle and knee angles and static balance was measured using the Sharpened Romberg test before and after 16 intervention sessions. The results of Wilcoxon test showed that in the experimental group, static balance increased significantly in the post-test compared to the pre-test. The position sense of dorsiflexion, plantarflexion of ankle joint and knee flexion position sense in the experimental group increased significantly in the post-test. Also, the results of the covariance test showed that there is a significant difference between the two groups in the post-test in the variables of static balance and position sense of dorsiflexion and plantarflexion of ankle and position sense of knee flexion that according to the adjusted average, the experimental group performed better than the control group. The results showed that Pilates exercises are suitable for improving ankle and knee proprioception and improving postural control in teenagers and young adults.

Published by Kharazmi University, Tehran, Iran. Copyright(c) The author(s) This is an open access article under e:
CC BY-NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.28.6.3]

پژوهش در طب ورزشی و فناوری

شاپا چاپی: ۰۷۰۸-۲۲۵۲ شاپا الکترونیکی: ۳۹۲۵-۲۵۸۸

Homepage: https://jsmt.khu.ac.ir

تأثیر تمرینات پیلاتس بر کنترل پاسچر و حس عمقی مفاصل اندام تحتانی دختران ۱۸-۲۵ سال

مریم قربانی[۱] | رسول یاعلی[۲*]

۱.دکتری آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۲.دانشیار گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

نویسنده مسئول: **رسول یاعلی r.yaali@khu.ac.ir**

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: علمی-پژوهشی

دریافت: ۱۴۰۲/۵/۲

ویرایش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۳

پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۳

واژه‌های کلیدی:

پیلاتس، کنترل وضعیت، حس عمقی

ارجاع:

مریم قربانی، رسول یاعلی. **تأثیر تمرینات پیلاتس بر کنترل پاسچر و حس عمقی مفاصل اندام تحتانی دختران ۱۸-۲۵ سال.** *پژوهش در طب ورزشی و فناوری.* ۱۴۰۳: ۲۲(۲۸):۱۰۸-۸۹

چکیده

هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر تمرینات پیلاتس بر تعادل و حس عمقی در دانشجویان دختر بود. ۹۸ نفر از دانشجویان دختر به صورت داوطلبانه در این مطالعه شرکت کردند. از این تعداد ۹۱ نفر دانشجو سالم در گروه آزمایش و ۷ نفر دانشجو دارای معافیت ورزشی در گروه کنترل قرار گرفتند. حس وضعیت مفصل مچ پا و زانو با استفاده از آزمون بازسازی فعال زاویه مچ پا و زانو؛ تعادل ایستا با استفاده از آزمون شارپند رومبرگ در قبل و بعد از ۱۶ جلسه مداخله اندازه‌گیری شد. نتایج آزمون ویلکاکسون نشان داد در گروه آزمایش، تعادل ایستا در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون افزایش معنادار یافت. حس وضعیت دورسی‌فلکشن، پلانتارفلکشن مچ پا و فلکشن زانو در گروه آزمایش در پس‌آزمون افزایش معنادار یافت. همچنین نتایج آزمون کوواریانس نشان داد که در متغیرهای تعادل ایستا و حس وضعیت دورسی‌فلکشن و پلانتارفلکشن مچ پا و حس وضعیت فلکشن زانو بین دو گروه در مرحله پس‌آزمون تفاوت معنادار وجود دارد که با توجه به میانگین تعدیل شده، گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل عملکرد بهتری داشت. نتایج نشان داد که تمرینات پیلاتس به منظور بهبود حس عمقی مچ پا و زانو و در نتیجه ارتقاء کنترل پاسچر در نوجوانان و جوانان مناسب است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.28.6.3]

Extended Abstract:

Postural stability, the body's ability to maintain equilibrium and center of gravity over a base of support, is a critical function dependent on complex interactions between the central and peripheral nervous systems (1, 2). Proprioception, a key component of the sensory system, plays a pivotal role in maintaining postural stability. It enables individuals to perceive the position of their limbs and body in space, facilitating precise and coordinated movements (3, 4). Reduced physical activity due to the COVID-19 pandemic and prolonged lockdowns can adversely affect proprioception and, consequently, postural stability (5). This underscores the importance of regular exercise for enhancing and preserving proprioception and postural control.

Pilates exercises, emphasizing core strength, flexibility, and body awareness, are recognized as an effective method for improving proprioception and postural stability (6). Previous studies have demonstrated that Pilates can enhance balance, reduce pain, and improve functional performance in individuals with musculoskeletal conditions (6, 7). However, the results of studies on the impact of Pilates on proprioception have been inconsistent, necessitating further research (8).

The aim of this study was to investigate the effects of Pilates exercises on improving balance and proprioception in 18-25-year-old university students who may have experienced a decline in proprioception due to reduced physical activity during the COVID-19 pandemic.

Materials and Methods:

Study Design and Participants:

This study is a semi-experimental research conducted to investigate the effects of Pilates exercises on improving balance and proprioception in 18-25-year-old female university students. This study was conducted in accordance with ethical principles and after obtaining ethical approval number IR/SSRI.REC.2022.13123.1743 from the Research Institute of Physical Education.

Sample: Initially, 98 female students who had chosen the Physical Education 1 course were included in the study. After examining the inclusion and exclusion criteria, 91 healthy students were assigned to the experimental group, and 7 students with sports

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.28.6.3]

exemptions were assigned to the control group. The difference in the number of samples in the two groups was due to the university's educational policies and the inability to prevent healthy students from physical activity. To control for this difference, covariance analysis was used.

Inclusion and Exclusion Criteria:

- **Inclusion:** Female students aged 18-25, physically and mentally healthy, with no history of serious lower limb injuries, and not engaged in professional sports.
- **Exclusion:** Professional athletes, individuals with a history of neurological, rheumatic, or metabolic diseases (9), and individuals who missed more than two sessions during the study.

Testing Procedure:

- **Proprioception:** To assess ankle and knee proprioception, the active joint position sense test was used. In this test, participants, with their eyes closed, tried to move their joints to a specific angle determined by the researcher (10, 11).
- **Balance:** The Sharpened Romberg test was used to assess static balance. In this test, participants stood with their eyes closed and one foot in front of the other, and the time they could maintain balance was recorded (12).

Exercise Protocol:

- **Experimental Group:** Participants in the experimental group performed Pilates exercises for 16 weeks, one session per week, focusing on core strengthening, improving balance, and increasing body awareness. The exercises included various movements using Pilates equipment.
- **Control Group:** Participants in the control group did not perform any specific exercise program.

Statistical Analysis:

SPSS version 24 was used to analyze the data. Due to the non-normal distribution of the data, the Wilcoxon test was used for within-group comparisons, and covariance analysis was used for between-group comparisons. Before performing the covariance analysis, data normalization and checking its assumptions were performed.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.28.6.3]

Results:

Table 1 presents the general characteristics of the participants, divided by group. As observed, there were no significant differences between the participants in the two groups in terms of demographic variables.

After the intervention, static balance in the post-test significantly increased compared to the pre-test in the experimental group ($p < 0.001$). Proprioception of dorsiflexion ($p < 0.001$), plantarflexion of the ankle ($p < 0.05$), and knee flexion ($p < 0.001$) also significantly increased in the experimental group in the post-test compared to the pre-test.

To eliminate the pre-existing differences between the experimental and control groups, a covariance analysis was used to compare the post-test scores of the assessed variables in the two groups. The results showed that there were significant differences between the two groups in the post-test for the variables of static balance ($f = 6.68$, $p < 0.05$), proprioception of dorsiflexion ($f = 6.10$, $p < 0.05$), plantarflexion of the ankle ($f = 21.33$, $p < 0.05$), and knee flexion ($f = 14.15$, $p < 0.05$). Based on the adjusted means in the post-test, the experimental group performed better than the control group.

Table 1: Demographic characteristics of subjects.

Variables	Experimental group n=91	Control group n=7	P-value
Age (years)	19.71±0.11	19.86±1.26	0.74
Weight (kg)	58.18±8.05	57.55±7.29	0.23
Height (cm)	161.60±4.74	163.71±5.93	0.26
Body Mass Index (kg/m^2)	22.28±2.98	20.37±3.11	0.10

Multivariate analysis of variance (MANOVA) was conducted to examine group differences in age, height, weight, and BMI.

The results indicated no significant differences between groups ($p \geq 0.05$).

Conclusion:

This study aimed to investigate the effects of Pilates exercises on static balance and proprioception of the ankle and knee in university students. Results indicated that Pilates significantly improved static balance and proprioception in the lower extremities. These improvements are likely attributed to Pilates' emphasis on muscle strengthening, body awareness, and neuromuscular coordination (13). The findings of this study align with previous research demonstrating the benefits of Pilates for enhancing balance and

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.28.6.3]

proprioception. Potential mechanisms underlying these improvements include increased muscle strength, stimulation of sensory receptors, and alterations in the central nervous system (14).

Based on the study findings, Pilates is recommended as an effective intervention for improving balance and proprioception in sedentary individuals, particularly university students. However, limitations such as a small sample size in the control group and the absence of a follow-up assessment should be considered in future studies.

Overall, this research confirms that Pilates can be an effective intervention for improving balance and proprioception, contributing to enhanced functional performance and quality of life.

Keywords: Exercises, Pilates-Based, Postural balance, Kinesthesis, Core Stability, Position Sense

Research Highlight:

The results indicated that Pilates exercises are suitable for improving ankle and knee proprioception, thereby enhancing postural control in adolescents and young adults.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.28.6.3]

مقدمه

ثبات وضعیتی به عنوان توانایی بدن در حفظ مرکز ثقل در سطح اتکاء در محدوده‌های پایداری تعریف می‌شود (۱). هنگامی که مرکز ثقل با سطح اتکاء در یک راستا باشد، بدن دارای ثبات است؛ هنگامی که مرکز ثقل و سطح اتکاء در یک راستا نباشند، ثبات وضیعتی کاهش می‌یابد (۱, ۱۵). ثبات وضعیتی نتیجه درونداد، پردازش و برونداد اطلاعات از دستگاه عصبی محیطی و مرکزی است (۲). به طور ویژه اطلاعات درگیر در ثبات وضعیتی شامل اطلاعات بینایی، دهلیزی و حس پیکری است (۲). حس‌های پیکری تمام درونداد از پیرامون شامل: حس عمقی، گیرنده‌های حرارتی و درد را در بر می‌گیرد (۸, ۱۶). شرینگتون اولین بار حس عمقی را به عنوان حس وضعیت، پاسچر و حس حرکت تعریف نمود (۱۶). اگرچه گیرنده‌های آوران تخصص یافته در آن زمان شناسایی نشده بودند؛ اما شرینگتون می‌دانست که بدن دارای دستگاه‌های اطلاعاتی است که حرکت را به وسیله گیرنده‌های حس عمقی کنترل می‌کند (۲, ۱۶).

حس عمقی؛ یکی از اجزای مهم تعادل و کنترل پاسچر مناسب، درک موقعیت یا حرکت اندام‌ها و بخش‌های بدن در فضا است (۳). حس وضعیت یک مفصل به سیگنال‌های آوران از گیرنده‌های مفصلی، عضلانی و پوست بستگی دارد (۳, ۱۷). گیرنده‌های مکانیکی مفصلی توانایی تشخیص وضعیت واقعی مفصل و حرکت مفصل را دارند. حس عمقی به فرد این امکان را می‌دهد که ثبات مفصل را در طول پاسچر ایستا و پویا حفظ کند (٤).

از نظر تئوری، حس عمقی مفصل زانو و مچ پا برای تعدیل و فعال‌سازی دقیق عضلات ضروری است، بنابراین حس عمقی، کنترل عصبی‌عضلانی کافی مفاصل، حرکت مفاصل و در نهایت اجرای تکالیف جسمانی را فراهم می‌کند (۱۸). حس عمقی کافی برای حرکت ایمن بدن مورد نیاز است (٤). به ویژه اختلال در احساس وضعیت در اندام‌های تحتانی ممکن است منجر به اختلال در فعالیت‌های روزانه مانند راه‌رفتن، دویدن و غیره شود (۳). هنگامی که دقت حس عمقی کاهش می‌یابد، توانایی کارکردی تنها در صورتی می‌تواند حفظ شود که قدرت عضلانی کافی برای جبران کاهش دقت تعدیل و فعال‌سازی عضلات وجود داشته باشد (۱۹). این نشان می‌دهد که در حضور هر دو عدم دقت حس عمقی و ضعف عضلانی، توانایی کارکردی ممکن است بیشتر تحت تأثیر قرار گیرد.

اصطلاح حس عمقی هر دو حس حرکت مفصل (حسی‌حرکتی[1]) و حس وضعیت مفصل (JPS)[2] را در بر می‌گیرد (۲۰, ۲۱). JPS (یکی از مؤلفه‌های حس عمقی) از نظر بالینی به عنوان توانایی بازتولید زوایای مفصلی تعریف می‌شود و می‌توان آن را با استفاده از پروتکل‌های تطبیق وضعیت از طریق حرکات فعال یا غیرفعال ارزیابی کرد (۲۱). هر دو مؤلفه حس عمقی اندام تحتانی برای تنظیم تعادل و کنترل پاسچر ضروری به نظر می‌رسند (۲۱, ۲۲). کاهش حس عمقی اندام تحتانی ممکن است به پاسخ‌های تعادلی غیرطبیعی و افزایش افتادن یا سایر آسیب‌های مشابه منجر گردد (۲۱). پیشنهاد شده است که کاهش حس عمقی می‌تواند منجر به بیومکانیک غیرطبیعی مفصل در حین فعالیت‌های کارکردی مانند راه‌رفتن شود (٤). این شرایط ممکن است منجر به افزایش آسیب‌های اسکلتی–عضلانی شود که ممکن است در طی

1. kinesthesia
2. the joint position sense (JPS)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.28.6.3]

فعالیت‌های روزمره رخ دهد. در چندین پژوهش به ارتباط بین کاهش اطلاعات حس عمقی و آسیب‌دیدگی مفاصل اندام تحتانی اشاره شده است (۲۳-۲۵).

لذا بر طبق مطالعات پیشین کمبود اطلاعات حسی (بخصوص حس عمقی)، ضعف عضلانی، عدم هماهنگی و حس موقعیت مفصل از عوامل پیش‌بینی‌کننده اختلالات اسکلتی عضلانی هستند (۲۶, ۲۷). از سوی دیگر به دنبال همه‌گیری بیماری کروناویروس (COVID-19) تقریبا به مدت دو سال بسیاری از فعالیت‌های عادی روزانه مختل شده و بیشتر فعالیت‌ها از راه دور انجام می‌شد. در این دوران به دلیل شرایط فاصله اجتماعی و قرنطینه مورد نیاز، میزان سطح فعالیت حرکتی کاهش یافته که بر سیستم حس عمقی و کنترل پاسچر اثرگذار است (۲۸, ۲۹). بنابراین ارزیابی حس عمقی مفاصل و کنترل پاسچر و تعیین تأثیر روش‌های تمرینی بر روی آنها حائز اهمیت است.

روش تمرینی پیلاتس، روش تمرینی رایجی است که از دهه ۱۹۰۰ در توان‌بخشی و برنامه ورزشی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳۰). تمرینات پیلاتس به اندازه کافی ساده هستند تا یک فرد مبتدی در یک دوره نسبتا کوتاه بر آنها تسلط یابد؛ همچنین به خوبی با دستورالعمل‌های ارائه شده توسط کالج پزشکی ورزشی آمریکا مطابقت دارد و می‌تواند برای توان‌بخشی یا تمرینی برای ورزشکاران ماهر یا افراد مبتدی تطبیق داده شود تا عملکرد را ارتقاء دهد و از آسیب‌ها پیشگیری نماید (۳۱, ۳۲). تمرینات پیلاتس به دلیل اینکه مبتنی بر سه اصل قدرت، تعادل و انعطاف‌پذیری است به منظور مدیریت و توان‌بخشی در آسیب‌های اسکلتی-عضلانی از آن بهره گرفته می‌شود (۳۳). بریان و همکاران (۲۰۰۳) از روش پیلاتس به عنوان روشی خاص برای بهبود قدرت، دامنه حرکتی، هماهنگی، تعادل، تقارن عضلانی، انعطاف‌پذیری و حس عمقی نام می‌برند که توصیه می‌شود در جلسات مداخله درمانی بیماران ارتوپدی گنجانده شود (۷). جیانگ و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی به اثرات مثبت تمرینات پیلاتس بر بهبود کنترل پاسچر و تعادل در بازیکنان فوتبال کالج مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا اشاره می‌نمایند (۶).

اثرات تمرینات پیلاتس بر بهبود ظرفیت کارکردی، استقلال فردی، پارامترهای ذهنی و کیفیت زندگی در مقالات مورد بررسی قرار گرفته است (۳۴-۳۶). پیلاتس یک روش تمرینی برای افزایش استقامت عضلانی و حس عمقی (۱۴, ۳۱, ۳۷)، انعطاف‌پذیری شکم، کمر، لگن و بهبود کنترل پاسچر پویا (۳۱)، تعادل (۳۸) و جنبش‌پذیری مفصلی در کمربند کمری‌لگنی‌رانی (۳۱)؛ کاهش خستگی و بهبود شناخت (۱۴) نیز است.

اگرچه در پژوهش‌های ذکر شده به تأثیر مثبت تمرینات پیلاتس بر افزایش حس عمقی مچ پا و زانو در مرحله توانبخشی آسیب‌ها و تمرین‌درمانی سالمندان اشاره شده است، اما کایا و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی که به بررسی اثر تمرینات پیلاتس و کالیستیک را بر حس عمقی و هماهنگی در زنان بزرگسال سالم پرداختند؛ نتایج نشان داد که تمرینات پیلاتس بر بهبود حس عمقی و هماهنگی اثرگذار نبوده است (۸). از سوی دیگر شواهد قوی برای فواید برنامه تمرینی پیلاتس با تکرار کم (یک بار در هفته) بر سلامت جسمانی و روانی وجود دارد (۳۹, ۴۰). مالین و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که یک جلسه تمرین پیلاتس در هفته به مدت شش هفته منجر به کاهش درد گردن در مبتلایان به گردن درد مزمن شد (۳۹). نیوئل و همکاران (۲۰۱۲) نیز اظهار کردند که برنامه کوتاه مدت پیلاتس ممکن است

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.28.6.3]

پتانسیل بهبود پارامترهای راه‌رفتن و نوسان را به منظور کاهش خطر سقوط در سالمندان داشته باشد (٤٠). با این حال، بیشتر پژوهش‌های نشان‌دهنده نتایج مثبت مبتنی بر تکرار کم تمرینات پیلاتس، با نمونه‌های سالمند یا علامت‌دار انجام شده است. بنابراین، یافته‌های آن مطالعات را نمی‌توان با اطمینان به جمعیت کم‌تحرک بدون علامت تعمیم داد. لذا با توجه به اینکه اثرات پیلاتس بر بهبود حس عمقی اندام تحتانی ضد و نقیض است و اثر تمرینات پیلاتس به دنبال یک دوره کاهش فعالیت حرکتی بر کنترل پاسچر و حس عمقی مفاصل اندام تحتانی مورد بررسی قرار نگرفته است؛ هدف از این پژوهش، تاثیر تمرینات پیلاتس بر تعادل و حس عمقی در دانشجویان ۱۸-۲۵ سال بود.

روش‌شناسی

طراحی و شرکت‌کنندگان

این مطالعه دارای کد اخلاق به شماره IR/SSRI.REC.2022.13123.1743 از پژوهشکده تربیت‌بدنی است و با رعایت اصول اخلاقی انجام شده. همچنین مطالعه حاضر از نوع نیمه تجربی است (٤١).

بدین منظور از بین دانشجویانی که برای واحد درسی ورزش ۱، ورزش پیلاتس را انتخاب کردند؛ ۹۸ نفر از دانشجویان دختر در محدوده سنی ۱۸ تا ۲۵ سال به صورت داوطلبانه پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه کتبی در این مطالعه شرکت کردند که از این تعداد ۹۱ نفر دانشجو سالم در گروه آزمایش و ۷ نفر دانشجو دارای معافیت ورزشی (دارای مشکلات پزشکی مانند: جراحی اخیر عیوب انکساری چشم، کیست و غیره) در گروه کنترل قرار گرفتند (به دلیل اینکه در کلاس ورزش ۱ امکان‌پذیر نیست که دانشجویان سالم از فعالیت بدنی منع شوند، پژوهشگران تصمیم گرفتند که دانشجویان دارای معافیت ورزشی را به عنوان گروه کنترل در نظر بگیرند. بنابراین این تفاوت زیاد در تعداد آزمودنی‌ها ایجاد شد که سعی شد با بهره‌گیری از روش آماری مناسب این تفاوت تعدیل گردد. همچنین ما به این امر واقف هستیم که اختلالات در گروه کنترل بر کنترل پاسچر اثرگذار است، لذا برای اینکه در مقایسه بین‌گروهی اثر پیش‌آزمون را تعدیل کنیم از آزمون کوواریانس استفاده کردیم).

معیارهای ورود به مطالعه: دانشجویان دختری که در محدوده سنی ۱۸-۲٤ سال قرار داشتند در صورتی وارد مطالعه می‌شدند که شرایط زیر را دارا بودند:

- از نظر سیستم عصبی، اسکلتی و عضلانی سالم بودند.
- از نظر سیستم قلبی-عروقی، دستگاه تنفسی کاملاً سالم بودند و بیماری زمینه‌ای نداشتند که بر عملکردشان اثر بگذارد.
- ۱۲ ماه قبل از انجام مطالعه ضربه یا درد در هیچ یک از پاها، اندام تحتانی و ناحیه کمری-خاجی را تجربه نکرده بودند.

معیارهای خروج از مطالعه: آزمودنی‌ها در صورتی از مطالعه خارج می‌شدند که شرایط زیر را دارا بودند:

- ورزشکار حرفه‌ای بودند و یا دارای فعالیت منظم ورزشی بودند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.28.6.3]

- دانشجویانی که علائم ناهنجاری مشهود در اندام تحتانی و پا بودند.
- افرادی که سابقه بیماری نورولوژیکی، روماتیسمی، متابولیکی، اختلالات روانی، اختلال در سیستم وستیبولار، سابقه اختلال در تعادل و سرگیجه وضعیتی مکرر داشتند.
- در صورتی که به ناهنجاری شدید تنه مانند اسکولیوز شدید، کیفوز و لوردوز شدید مبتلا بودند.
- اگر فرد پاتولوژی همراه (جراحی در سه ماه اخیر، سابقه پیچ‌خوردگی، دررفتگی، نیمه‌درفتگی مچ پا و آسیب قابل‌توجهی که اخیراً مفاصل اندام تحتانی را درگیر کرده باشد) داشتند (۹).
- اگر بیش از دو جلسه در تمرینات غیبت داشتند.

پروتکل تست‌گیری

جهت اندازه‌گیری حس وضعیت مفصل مچ پا و زانو از آزمون بازسازی فعال زاویه مچ پا و زانو استفاده شد. در این آزمون، آزمودنی به‌گونه‌ای روی صندلی نشسته که زاویه تنه با ران و ران با ساق پا در حالت ۹۰ درجه قرار بگیرد. ارتفاع صندلی طوری انتخاب شد که کف پاهای فرد به سطح زمین نرسد. جهت حذف بینایی، چشم‌های آزمودنی با چشم‌بند بسته شد. سپس آزمون‌گر مچ پا و زانوی آمودنی را به طور غیرفعال تا دامنه میانی حرکت برد (این زوایا با توجه به منابع: برای پلانتار فلکشن ۲۰ درجه و دورسی فلکشن ۱۰ درجه و برای فلکشن زانو ٤٥ درجه است). آنگاه از آزمودنی خواسته شد که پای خود را فعال تا زاویه منظور شده، ببرد. آزمودنی این بازسازی فعال را برای دورسی فلکشن و پلانتار فلکشن مچ پا و فلکشن زانو، سه بار به طور متوالی انجام داد و اختلاف بین زاویه هدف و زوایه بازسازی شده بدون در نظر گرفتن علامت آن (خطای مطلق) به عنوان حس وضعیت مفاصل مچ پا و زانو در نظر گرفته شد (۱۰, ۲۷, ٤٢-٤٤). برای بررسی عملکرد فرد در طی بازسازی زوایای مورد نظر از گونیامتر استفاده گردید (جهت تسهیل اندازه‌گیری از شش عدد مارکر بهره گرفته شد که به اپی‌کندیل خارجی استخوان تیبیا، قوزک خارجی، سر استخوان متاتارسال چهارم، برجستگی بزرگ استخوان فمور و خط میانی استخوان فمور و خط میانی استخوان فیبولا متصل شد) (۱۰, ۱۱, ۲۷, ٤٤).

جهت ارزیابی تعادل ایستا از آزمون شارپند رومبرگ استفاده شد که بدین منظور آزمودنی بدون کفش روی سطح صاف ایستاده، پای برتر را به حالت تاندم در جلوی پای غیر برتر گذاشته؛ دست‌ها به حالت ضربدری روی سینه قرار گرفت. این آزمون با چشمان بسته اجرا شد. مدت زمانی که فرد تا قبل از بهم خوردن تعادل قادر به حفظ وضعیت بود به‌عنوان امتیاز فرد در نظر گرفته شد (در صورت وقوع خطاهایی از جمله: جداشدن دست‌ها از قفسه سینه، باز کردن چشم‌ها، تکان‌خوردن و تاب‌خوردن زیاد؛ تست متوقف می‌شد). پائولا و همکاران (۲۰۰۰)، اعتبار این آزمون را با چشم‌بسته ۰/۷۷ – ۰/۷٦ گزارش کرده‌اند (۱۲). آن گاه دانشجویان به مدت شانزده جلسه برنامه تمرینی پیلاتس را دریافت نمودند. سپس پس‌آزمون اجرا شد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.28.6.3]

پروتکل تمرینی برای گروه آزمایش

در برنامه تمرینی مبتنی بر ورزش پیلاتس هر جلسه تمرینات مناسب پیش‌نیاز و سطح ٤ و ٣ پیلاتس که برای افراد مبتدی است به مدت ٨٠ دقیقه اجرا شد.

- ✓ دوره آموزشی: شانزده هفته
- ✓ تعداد جلسات تمرین در هفته: هفته‌ای یک جلسه
- ✓ مدت زمان هر جلسه تمرین: به مدت زمان ٩٠ دقیقه (٥ دقیقه گرم‌کردن، ٨٠ دقیقه بدنه اصلی کلاس که شامل تمرینات پیش‌نیاز و سطح ٤ و ٣ پیلاتس است (٤٥)، ٥ دقیقه سرد کردن) در هر جلسه اجرا شد.

جدول ١. تمرینات گروه آزمایش

جلسات	تمرینات	اهداف
جلسه ١-٢	نکات مربوط به طرز صحیح ایستادن و تنفس صحیح پیلاتس، رفتن روی پنجه پا در حالت پای ١١ و ٧، پای پوینت و فلکس در حالت ایستاده و نشسته	حفظ تعادل، افزایش انعطاف‌پذیری در اندام تحتانی، پایه‌ریزی حفظ تعادل در حالت ایستاده و نشسته
جلسه ٣-٤	صحیح ایستادن، رفتن روی پنجه در حالت پای ٧ و ١١، پای پوینت و فلکس در حالت ایستاده، نشسته و سوپاین، حرکت Curl up، گربه در حالت ایستاده و مهره به مهره پایین رفتن و بالا آمدن	حفظ تعادل، افزایش انعطاف‌پذیری در اندام تحتانی و ستون فقرات کمری
جلسه ٥-٦	حرکات جلسات گذشته به انضمام میز اجرای ثابت، حرکت Roll up، حرکت c در حالت نشسته، بالا آوردن تک پا در حالت ایستاده و خوابیده، دایره کوچک تک پا با چرخش پنجه پا در حالت ایستاده و سوپاین	افزایش قدرت مرکز بدن، انعطاف‌پذیری و تعادل
جلسه ٧-٨	حرکات جلسات ٥-٦ به انضمام رساندن کف هر دو دست به زمین، چهار دست و پا تعادل با ضربه دست و پا، پل سرشانه	افزایش قدرت مرکز بدن، انعطاف‌پذیری و تعادل
جلسه ٩-١٠	حرکات جلسات ٧-٨ به انضمام پل سرشانه با حرکت یک پا، بالا آوردن تک پا از پهلو در حالت ایستاده و لترال، حرکت دایره کوچک پا در حالت ایستاده و لترال، فشار لوزی	تقویت عضلات کمر، باسن و اندام تحتانی، افزایش تعادل
جلسه ١١-١٢	حرکات جلسات ٩-١٠ به انضمام کبری ساده و کبری با چرخش گردن، شنا کردن، ستاره مرحله یک، پلانک از پهلو	تقسیم وزن و حفظ کنترل و هماهنگی اندام‌ها، تقویت عضلات باسن و پهلوها
جلسه ١٣-١٤	حرکات جلسات گذشته به انضمام ستاره کامل، سوپرمن، پلانک کامل از پهلو، کشش دو پا به‌صورت فلکس	تأکید بر سه اصل قدرت، انعطاف‌پذیری و تعادل
جلسه ١٥-١٦	مرور تمامی حرکات از جلسه ١ الی ١٤	تأکید بر سه اصل قدرت، انعطاف‌پذیری و تعادل

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.28.6.3]

گروه کنترل

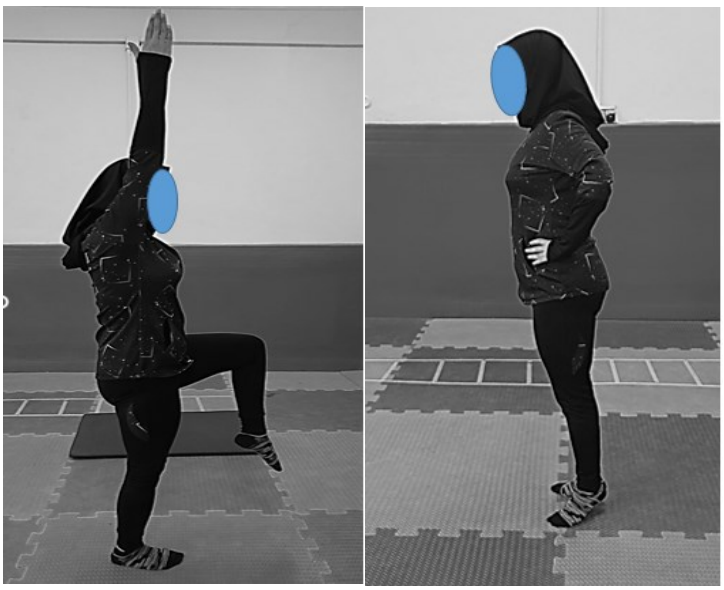
گروه کنترل در مدت شانزده هفته، آموزشی دریافت نکردند. فقط در پیش‌آزمون و پس‌آزمون شرکت نمودند.

دوره آموزشی به مدت شانزده هفته، هفته‌ای یک جلسه و به مدت‌زمان ۹۰ دقیقه (۵ دقیقه گرم کردن، ۸۰ دقیقه بدنه اصلی کلاس که شامل تمرینات پیش‌نیاز و سطح ٤ و ۳ پیلاتس است، ۵ دقیقه سرد کردن) در هر جلسه اجرا شد.



[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.28.6.3]





تجزیه‌وتحلیل آماری

تمام اطلاعات بر اساس میانگین و انحراف استاندارد ارائه شده است. طبیعی بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شد و به دلیل این که نتایج به‌دست‌آمده در متغیرهای تعادل و حس عمقی در پیش‌آزمون و پس‌آزمون پایین‌تر از آلفا بود ($p \leq$ ۰/۰۵) در نتیجه توزیع داده‌ها نرمال نیست. به‌منظور مقایسه بین گروه‌ها در مشخصات دموگرافیک از آزمون تحلیل واریانس چندمتغیره استفاده شد. برای تعیین تفاوت در پیش‌آزمون و پس‌آزمون (تفاوت درون‌گروهی) از آزمون ویلکاکسون استفاده شد (جدول ۲) و جهت مقایسه بین گروه‌ها از آزمون کوواریانس استفاده شد (جدول ۳)؛ البته ابتدا با استفاده از روش معکوس تابع چگالی، داده‌ها نرمال گشته و سپس پیش‌فرض‌های همگنی شیب رگرسیون و همگنی واریانس‌ها (که دو پیش‌فرض ضروری برای انجام آنالیز کوواریانس هست) بررسی شد که نتایج به‌دست‌آمده بالاتر از آلفا بود ($p \geq$ ۰/۰۵)، در نتیجه همگنی شیب رگرسیون و همگنی واریانس‌ها برقرار بود. سطح معناداری برای تمام محاسبات ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. تمام محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS$_{24}$ انجام شد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.28.6.3]

یافته‌ها

مشخصات عمومی آزمودنی‌ها به تفکیک گروه در جدول ۲ ارائه شده است. همان طور که مشاهده می‌شود بین آزمودنی‌های دو گروه از لحاظ متغیرهای دموگرافیک تفاوت معناداری وجود ندارد.

جدول ۲. مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها به تفکیک دو گروه

متغیرها	گروه آزمایش (n=91)	گروه کنترل (n=7)	P value
سن (سال)	۱۹/۷۱ ± ۰/۱۱	۱۹/۸۶ ± ۱/۲۶	۰/۷۴
وزن (کیلوگرم)	۵۸/۱۸ ± ۸/۰۵	۵۷/۵۵ ± ۷/۲۹	۰/۲۳
قد (سانتی‌متر)	۱۶۱/۶۰ ± ۴/۷۴	۱۶۳/۷۱ ± ۵/۹۳	۰/۲۶
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/ متر^2)	۲۲/۲۸ ± ۲/۹۸	۲۰/۳۷ ± ۳/۱۱	۰/۱۰

آزمون آنالیز واریانس چند متغیره جهت بررسی اختلاف بین گروهی در متغیرهای سن، قد و وزن.

$p\geq 0/05$: تفاوت معنادار بین گروه‌ها مشاهده نشد.

بعد از مداخله، در گروه آزمایش، تعادل ایستا در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون افزایش معنادار یافت ($p<0.001$). حس وضعیت دورسی‌فلکشن ($p<0.001$)، پلانتارفلکشن مچ پا ($p<0.05$) و فلکشن زانو ($p<0.001$) در گروه آزمایش در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون افزایش معنادار یافت (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج مربوط به تعادل ایستا و خطای بازسازی دورسی‌فلکشن مچ‌پا، پلانتارفلکشن مچ‌پا و فلکشن زانو و تغییرات آن در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون (تغییرات درون‌گروهی).

متغیرها	گروه آزمایش (n=91)		P value	گروه کنترل (n=7)	P value
تعادل ایستا (ثانیه)	پیش‌آزمون	۳۱/۹۷ ± ۱۷/۴۴	۰/۰۰۱	۱۹/۲۲ ± ۱۲/۹۳	۰/۵۹
	پس‌آزمون	۴۶/۵۳ ± ۱۶/۵۵		۱۸/۵۸ ± ۱۱/۴۱	
خطای بازسازی دورسی‌فلکشن مچ پا (درجه)	پیش‌آزمون	۷/۱۳ ± ۲/۳۵	۰/۰۰۱	۷/۱۴ ± ۱/۸۶	۰/۲۵
	پس‌آزمون	۴/۸۶ ± ۲/۰۵		۶/۷۱ ± ۱/۹۷	
خطای بازسازی پلانتارفلکشن مچ پا (درجه)	پیش‌آزمون	۱۱/۱۱ ± ۳/۶۸	۰/۰۳	۱۲/۱۴ ± ۳/۴۳	۰/۵
	پس‌آزمون	۷/۴۲ ± ۲/۳۶		۱۱/۴۳ ± ۲/۶۹	
خطای بازسازی فلکشن زانو (درجه)	پیش‌آزمون	۱۸/۵۸ ± ۴/۵۵	۰/۰۰۱	۱۹/۴۴ ± ۴/۲۹	۰/۵
	پس‌آزمون	۱۳/۶۶ ± ۳/۹۹		۱۸/۱۴ ± ۳/۴۸	

آزمون ویلکاکسون جهت بررسی اختلاف درون‌گروهی در متغیرهای تعادل و حس وضعیت مچ پا و زانو.

$p\leq 0/05$: تفاوت معنادار بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون مشاهده شد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.28.6.3]

به‌منظور حذف تفاوت بین دو گروه آزمایش و گروه کنترل در مرحله پیش‌آزمون، برای مقایسه پس‌آزمون متغیرهای ارزیابی‌شده در دو گروه از تحلیل کوواریانس استفاده شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که در متغیرهای تعادل ایستا (f=6.68 , p<0.05)، حس وضعیت دورسی‌فلکشن (f=6.10 , p<0.05) و پلانتارفلکشن مچ پا (, f=21.33 p<0.05) و حس وضعیت فلکشن زانو (f=14.15 , p<0.05) بین دو گروه در مرحله پس‌آزمون تفاوت معنادار وجود دارد. با توجه به میانگین تعدیل شده در مرحله پس‌آزمون، گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل عملکرد بهتری داشت.

جدول ۴.نتایج مربوط به آزمون تحلیل کوواریانس (تغییرات بین‌گروهی)

متغیر	منبع	f	P value	D	Power
تعادل ایستا (ثانیه)	گروه	۷/٤۱	۰/۰۰۸	۰/۰۷۳	۰/۷٦۹
	پیش‌آزمون	۱٤/۹۹	۰/۰۰۱	۰/۱۳۸	۰/۹٦۹
	گروه*پیش‌آزمون	٤/٦۷	۰/۰٤	۰/۰٤	۰/۰۹۷
مقایسه زوجی در پس‌آزمون		٦/٦۸۹	۰/۰۱۱* 95%CI: -30.01 , -3.94	۰/۰٦٦	۰/۷۲٦
خطای بازسازی دورسی‌فلکشن مچ پا (دامنه)	گروه	۰/۱۲	۰/۹۹۱	۰/۰۰	۰/۰۵۲
	پیش‌آزمون	۱۵/۸۰	۰/۰۰۱	۰/۱٤٤	۰/۹۷٦
	گروه*پیش‌آزمون	۰/۳۸	۰/۰۵	۰/۰۰٤	۰/۰۹٤
مقایسه زوجی در پس‌آزمون		٦/۱۰	۰/۰۱۵* 95%CI: -3.31 , -0.36	۰/۰٦۱	۰/٦۸٦
خطای بازسازی پلانتارفلکشن مچ پا (دامنه)	گروه	۰/۱۸	۰/۹۳	۰/۰۰۱	۰/۰۵۱
	پیش‌آزمون	۳۰/۷۲	۰/۰۰۱	۰/۲٤	۱/۰۰
	گروه*پیش‌آزمون	۲/۱۵	۰/۱٤	۰/۰۲	۰/۳۰٦
مقایسه زوجی در پس‌آزمون		۲۱/۳۳	۰/۰۰۱* 95%CI: -4.67 , -1.86	۰/۱۸۵	۰/۹۹۵
خطای بازسازی فلکشن زانو (دامنه)	گروه	۱/٦۹	۰/۰٤	۰/۰۱	۰/۰۵۸
	پیش‌آزمون	۲۷/۷۷	۰/۰۰۱	۰/۲۲۸	۰/۹۹۹
	گروه*پیش‌آزمون	۱/۲۹	۰/۰٤	۰/۰۰۳	۰/۰۸٤
مقایسه زوجی در پس‌آزمون		۱٤/۱۵٦	۰/۰۰۱* 95%CI: -6.19 , -1.91	۰/۱۳۱	۰/۹٦۱

آزمون تحلیل کوواریانس جهت بررسی اختلاف بین‌گروهی در متغیرهای تعادل و حس وضعیت مچ پا و زانو.

p≤۰/۰۵: تفاوت معنادار بین گروه‌ها مشاهده شد (*).

D=Partial Eta Square
95%CI=95% Confidence Interval of the Difference (Lower-Upper)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.28.6.3]

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از این مطالعه بررسی تمرینات پیلاتس بر تعادل ایستا، حس عمقی مچ پا و زانو در دانشجویان ۱۸–۲۵ سال بود. نتایج حاکی از آن بود که بعد از مداخله، در گروه آزمایش، تعادل ایستا، حس وضعیت فلکشن زانو، دورسی‌فلکشن و پلانتارفلکشن مچ پا در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون افزایش معنادار یافت. همچنین بین دو گروه کنترل و آزمایش در پس‌آزمون در متغیرهای تعادل ایستا، حس وضعیت فلکشن زانو، دورسی‌فلکشن و پلانتارفلکشن مچ پا تفاوت معنادار یافت شد. البته در پیش‌آزمون نیز بین دو گروه کنترل و آزمایش در متغیر تعادل ایستا تفاوت معنادار وجود داشت. احتمالاً وجود اختلالات و مشکلات جسمانی در گروه کنترل منجر به کاهش تعادل ایستا در این گروه گردیده است. نتیجه اصلی پژوهش حاضر این بود که روش تمرینی پیلاتس بر تعادل ایستا و حس عمقی مچ پا و زانو در دانشجویان اثرات مثبت داشت.

نتایج به دست آمده نشان داد که تمرینات پیلاتس بر ارتقاء تعادل ایستا در دانشجویان ۱۸–۲۵ سال اثر معنادار دارد (جدول ۳ و ٤). نتایج پژوهش با مطالعه سیلوا و همکاران (۲۰۲۲)، کاسناتو و یاماسیت (۲۰۲۲)، اورتورک و انور (۲۰۲۲)، ابوز و توپک (۲۰۲۲) و سیلوا و همکاران (۲۰۲۲) هم‌خوانی داشت (٤٦–٥٠)، احتمالاً به این علت که تمرینات پیلاتس بر اصل قدرت عضلانی تاکید می‌کند، بنابراین بر طبق دیدگاه گانداز باعث افزایش قدرت در اندام فوقانی و تحتانی می‌شود و این افزایش قدرت عضلات اندام‌ها موجب بهبود تعادل می‌شود (۱۳). تمرینات پیلاتس در زنجیره حرکتی باز و بسته اجرا می‌گردد و هنگامی که در زنجیره حرکتی بسته تمرینات اجرا می‌گردد؛ علاوه بر اینکه گیرنده‌های دوک عضلانی و گیرنده‌های مکانیکی مفاصل را تحریک کرده، موجب تحریک گیرنده‌های خارجی پوستی می‌گردد. با افزایش دروندادهای حس عمقی (یعنی ارتقاء و بهبود عملکرد سیستم عصبی و هماهنگی عصبی–عضلانی)، کنترل پاسچر از طریق بهبود ارتباط بیومکانیکی قسمت‌های مختلف بدن، بهبود می‌یابد (۱۵).

نتایج پژوهش نشان داد که تمرینات پیلاتس بر بهبود حس وضعیت مچ پا و زانو در دانشجویان ۱۸–۲۵ سال اثر معنادار دارد (جدول ۳ و ٤). این نتایج با یافته‌های مطالعه سنیم و همکاران (۲۰۲۲) و سانتوش و واسینگ (۲۰۲۱) همخوانی داشت (۵, ١٤). احتمالاً به این علت که در سطح مرکزی با افزایش آوران‌های دوک عضلانی و تغییرات شکل‌پذیری در سیستم عصبی مرکزی حس عمقی بهبود می‌یابد. در طول تمرینات انعطاف‌پذیری و قدرتی، برونداد دوک عضلانی از طریق مسیر گاما افزایش می‌یابد که تجسم قشری حس عمقی را تسهیل می‌کند. از طریق بهبود در برونداد دوک عضلانی، تغییرات شکل‌پذیری در سیستم عصبی مرکزی شامل افزایش قدرت اتصالات سیناپسی و تغییرات ساختاری در سازمان و تعداد اتصالات بین نورون‌ها رخ می‌دهد. بنابراین دروندادهای آوران تکرارشونده از گیرنده‌های مکانیکی، نقشه‌های قشری بدن را تغییر می‌دهند که منجر به افزایش بازنمایی قشری مفاصل و در نتیجه افزایش حس عمقی مفاصل می‌گردد (۵, ١٤). البته نتایج این پژوهش با نتایج کایا و همکاران (۲۰۱۲) که اثر تمرینات کالیسنتیک و پیلاتس را بر هماهنگی و حس عمقی در زنان بزرگسال بررسی کردند (۸) و نتایج معناداری را گزارش نکردند هم‌خوانی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.28.6.3]

نداشت. به نظر می‌رسد در پژوهش کایا و همکاران از بازسازی زاویه زانو در حرکت اسکات برای بررسی حس عمقی استفاده نمودند و این حس عمقی تنها مرتبط به مفصل زانو نیست بلکه یک رویکرد چند مفصلی است که در وضعیت تحمل وزن، حس عمقی مفاصل اندام تحتانی را در ارتباط با هم بررسی می‌کند؛ در حالی که در این پژوهش بازسازی زاویه هدف در هرکدام از مفاصل به طور مجزا و بدون تحمل وزن انجام شده است.

بر اساس نتایج حاصل از پژوهش توصیه می‌شود در مدارس، دانشگاه‌ها و مراکز ورزشی از تمرینات پیلاتس به‌منظور بهبود تعادل ایستا و حس عمقی مفاصل اندام تحتانی در افراد کم‌تحرک بهره گرفته شود. از محدودیت‌های مطالعه می‌توان به تعداد اندک نمونه‌های گروه کنترل (علت این بود که پژوهشگران مجاز نبودند که دانشجویان سالم را از مشارکت در فعالیت ورزشی در کلاس ورزش ۱ منع کنند) و همچنین انجام نشدن آزمون پیگیری بعد از پس‌آزمون برای ارزیابی میزان ماندگاری نتایج، اشاره کرد.

پیام مقاله

نتایج نشان داد که تمرینات پیلاتس به‌منظور بهبود حس عمقی مچ پا و زانو و در نتیجه ارتقای کنترل پاسچر در نوجوانان و جوانان مناسب است.

تشکر و قدردانی

محققان بر خود لازم می‌دانند از دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی تهران که از این پژوهش حمایت کردند و همچنین از تمامی شرکت‌کنندگان در این پژوهش تشکر نمایند.

References

1. Izraelski J. Assessment and treatment of muscle imbalance: The Janda approach. The Journal of the Canadian Chiropractic Association. 2012;56(2):158.
2. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor control: translating research into clinical practice: Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
3. Paschalis V, Nikolaidis MG, Giakas G, Jamurtas AZ, Pappas A, Koutedakis Y. The effect of eccentric exercise on position sense and joint reaction angle of the lower limbs. Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine. 2007;35(4):496-503. https://doi.org/10.1002/mus.20723
4. Subasi SS, Gelecek N, Aksakoglu G. Effects of different warm-up periods on knee proprioception and balance in healthy young individuals. Journal of sport rehabilitation. 2008;17(2):186-205. https://doi.org/10.1123/jsr.17.2.186
5. Suner-Keklik S, Numanoglu-Akbas A, Cobanoglu G, Kafa N, Guzel NA. An online pilates exercise program is effective on proprioception and core muscle endurance in a randomized controlled trial. Irish Journal of Medical Science (1971-). 2021:1-7.
6. Jiang Q ,Kim Y, Choi M. Kinetic Effects of 6 Weeks' Pilates or Balance Training in College Soccer Players with Chronic Ankle Instability. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022;19(19):12903. https://doi.org/10.3390/ijerph191912903
7. Bryan M, Hawson S. The Benefits of Pilates Exercise in Orthopaedic Rehabilitation. Techniques in Orthopaedics. 2003;18(1):126-9.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.28.6.3]

8. Kaya DO, Duzgun I, Baltaci G, Karacan S, Colakoglu F. Effects of calisthenics and pilates exercises on coordination and proprioception in adult women: a randomized controlled trial. Journal of sport rehabilitation. 2012;21(3):235-43. https://doi.org/10.1123/jsr.21.3.235
9. Hedayati R, Fatemi E, Hajihasani A, Ehsani F, Ramezanpour S. The attention needed for balance controlling in young patients with flatfoot. Koomesh. 2016:25-34.
10. Tian F, Zhao Y, Li J, Wang W, Wu D, Li Q, et al. Test–Retest Reliability of a New Device Versus a Long-Arm Goniometer to Evaluate Knee Proprioception. Journal of Sport Rehabilitation. 2021;1(aop):1-6. https://doi.org/10.1123/jsr.2021-0146
11. Kaur B, Kaushal K, Kaur S. Effect of cryokinetics on talofibular ligament of improving proprioception of the ankle joint among sports person having ankle sprain. Indian J Physiother Occup Ther. 2019;13(13):180-5.
12. Yim-Chiplis PK, Talbot LA. Defining and measuring balance in adults. Biological research for nursing. 2000; 1(4); 321-331. https://doi.org/10.1177/109980040000100408
13. Guclu-Gunduz A, Citaker S, Irkec C, Nazliel B, Batur-Caglayan HZ. The effects of pilates on balance, mobility and strength in patients with multiple sclerosis. NeuroRehabilitation. 2014;34(2):337-42.
14. Shah SS, Wasnik S. Effect of Pilates exercise on the level of fatigue, cognition and knee proprioception in the elderly population of 60-80 years. Int J Physiother Res. 2021;9(2):3774-79.
15. Maffetone P. The assessment and treatment of muscular imbalance – The Janda Approach. Journal of Bodywork and Movement Therapies. 2010;14(3):287-8. https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2009.11.003
16. Ferlinc A, Fabiani E, Velnar T, Gradisnik L. The importance and role of proprioception in the elderly: a short review. Materia socio-medica. 2019;31(3):219. https://doi.org/10.5455%2Fmsm.2019.31.219-221
17. Tsang W, Hui-Chan C. Effects of exercise on joint sense and balance in elderly men: Tai Chi versus golf. Medicine and science in sports and exercise. 2004;36(4):658-67. https://doi.org/10.1249/01.mss.0000122077.87090.2e
18. Miura K, Ishibashi Y, Tsuda E, Okamura Y, Otsuka H, Toh S. The effect of local and general fatigue on knee proprioception. Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery. 2004;20(4):414-8. https://doi.org/10.1016/j.arthro.2004.01.007
19. Bennell KL, Hinman RS, Metcalf BR, Crossley KM, Buchbinder R, Smith M, et al. Relationship of knee joint proprioception to pain and disability in individuals with knee osteoarthritis. Journal of orthopaedic research. 2003;21(5):792-7. https://doi.org/10.1016/S0736-0266(03)00054-8
20. Pap G, Meyer M, Weiler H-T, MacHner A, Awiszus F. Proprioception after total knee arthroplasty: a comparison with clinical outcome. Acta Orthopaedica Scandinavica. 2000;71(2):153-9. https://doi.org/10.1080/000164700317413120
21. Pickard CM, Sullivan PE, Allison GT, Singer KP. Is there a difference in hip joint position sense between young and older groups? The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences. 2003;58(7):M631-M5. https://doi.org/10.1093/gerona/58.7.M631
22. Hassan BS, Mockett S, Doherty M. Static postural sway, proprioception, and maximal voluntary quadriceps contraction in patients with knee osteoarthritis and normal control subjects. Annals of the rheumatic diseases. 2001;60(6):612-8. https://doi.org/10.1136/ard.60.6.612
23. Payne KA, Berg K, Latin RW. Ankle injuries and ankle strength, flexibility, and proprioception in college basketball players. Journal of athletic training. 1997;32(3):221.
24. Fu SN, Hui-Chan CWY. Are there any relationships among ankle proprioception acuity, pre-landing ankle muscle responses, and landing impact in man? Neuroscience letters. 2007;417(2):123-7. https://doi.org/10.1016/j.neulet.2007.01.068
25. Han J, Anson J, Waddington G, Adams R, Liu Y. The role of ankle proprioception for balance control in relation to sports performance and injury. BioMed research international, 2015. https://doi.org/10.1155/2015/842804
26. Ashton-Miller JA, Wojtys EM, Huston LJ, Fry-Welch D. Can proprioception really be improved by exercises? Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy. 2001;9(3):128.
27. Lephart SM, Pincivero DM, Giraido JL, Fu FH. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. The American journal of sports medicine. 1997;25(1):130-7.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.28.6.3]

28. Suner-Keklik S, Numanoglu-Akbas A, Cobanoglu G, Kafa N, Guzel NA. An online pilates exercise program is effective on proprioception and core muscle endurance in a randomized controlled trial. Irish Journal of Medical Science (1971-). 2022;191(5):2133-9. https://doi.org/10.1007/s11845-021-02840-8
29. BULGUROGLU HI, BULGUROGLU M. The Effects of Online Pilates and Face-To-Face Pilates in Healthy Individuals During the COVID-19 Pandemic: A Randomized Controlled Study. 2022. https://doi.org/10.1186/s13102-023-00625-3
30. Wells C, Kolt GS, Bialocerkowski A. Defining Pilates exercise: a systematic review. Complementary therapies in medicine. 2012;20(4):253-62. https://doi.org/10.1016/j.ctim.2012.02.005
31. Kloubec JA. Pilates for improvement of muscle endurance, flexibility, balance, and posture. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2010;24(3):661-7.
32. Liguori G, Medicine ACoS. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription: Lippincott Williams & Wilkins; 2020.
33. Wood S. Pilates for rehabilitation: Human Kinetics; 2018.
34. de Siqueira Rodrigues BG, Cader SA, Torres NVOB, de Oliveira EM, Dantas EHM. Pilates method in personal autonomy, static balance and quality of life of elderly females. Journal of bodywork and movement therapies. 2010;14 (2): 195-202. https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2009.12.005
35. Caldwell K, Harrison M, Adams M, Triplett NT. Effect of Pilates and taiji quan training on self-efficacy, sleep quality, mood, and physical performance of college students. Journal of bodywork and movement therapies. 2009;13(2):155-63 . https://doi. rg/10.1016/j.jbmt.2007.12.001
36. Eyigor S, Karapolat H, Yesil H, Uslu R, Durmaz B. Effects of pilates exercises on functional capacity, flexibility, fatigue, depression and quality of life in female breast cancer patients: a randomized controlled study. Eur J Phys Rehabil Med. 2010;46(4): 481-7.
37. Suner-Keklik S, Numanoglu-Akbas A, Cobanoglu G, Kafa N, Guzel NA. An online pilates exercise program is effective on proprioception and core muscle endurance in a randomized controlled trial. Irish Journal of Medical Science 2021. https://doi.org/10.1007/s11845-021-02840-8
38. Cruz-Ferreira A, Fernandes J, Laranjo L, Bernardo LM, Silva A. A systematic review of the effects of pilates method of exercise in healthy people. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2011;92(12):2071-81. https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.06.018
39. Mallin G, Murphy S. The effectiveness of a-۶ week Pilates programme on outcome measures in a population of chronic neck pain patients: a pilot study. Journal of bodywork and movement therapies. 2013;17(3):376-84. https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2013.03.003
40. Newell D, Shead V, Sloane L. Changes in gait and balance parameters in elderly subjects attending an 8-week supervised Pilates programme. Journal of bodywork and movement therapies. 2012;16(4):549-54. https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2012.02.002
41. Gravetter FJ, Forzano L-AB. Research methods for the behavioral sciences: Cengage learning; 2018.
42. Carpenter JE, Blasier RB, Pellizzon GG. The effects of muscle fatigue on shoulder joint position sense. The American journal of sports medicine. 1998;26(2):262-5.
43. Houten D, Cooper D. How does cryotherapy effect ankle proprioception in healthy individuals? Somatosensory & Motor Research. 2017;34(3):158-71. https://doi.org/10.1080/08990220.2017.1372739
44. Whitehead PN. Comparing Measures of Ankle Proprioception, Strength, and Postural Stability in Male Soccer Players with and Without Chronic Ankle Instability as a Result of Non-Contact Lateral Ankle Sprains: University of Pittsburgh; 2017.
45. Tolnai N, Szabó Z, Köteles F, Szabo A. Physical and psychological benefits of once-a-week Pilates exercises in young sedentary women: A 10-week longitudinal study. Physiology & behavior. 2016;163:211-8. https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.05.025
46. Casonatto J, Yamacita CM. Pilates exercise and postural balance in older adults: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Complementary Therapies in Medicine. 2020;48:102232. https://doi.org/10.1016/j.ctim.2019.102232
47. Donatoni da Silva L, Shiel A, Sheahan J, McIntosh C. Six weeks of Pilates improved functional mobility, postural balance and spatiotemporal parameters of gait to decrease the risk of falls in

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.28.6.3]

healthy older adults. Journal of Bodywork and Movement Therapies. 2022;29:1-9. https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2021.06.014
48. Obuz T, Topcu ZG. The effects of exercises with a Pilates ball on balance, reaction time and dual-task performance of kindergarten children. Journal of Comparative Effectiveness Research. 2022;11(8):583-93. https://doi.org/10.2217/cer-2021-0293
49. Ozturk N, Unver F. The effects of pilates on posture and physical fitness parameters in 5–6 years old children: A non-randomized controlled study. Journal of Bodywork and Movement Therapies. 2022;31:153-8. https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2022.03.009
50. Donatoni da Silva L, Shiel A, McIntosh C. Effects of Pilates on the risk of falls, gait, balance and functional mobility in healthy older adults :A randomised controlled trial. Journal of Bodywork and Movement Therapies. 2022;30:30-41. https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2022.02.020

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1403.22.28.6.3]