Journal of Gorgan University of Medical Sciences

e-ISSN: 2008-4080 p-ISSN: 1562-4765

2023 / Vol 24 / No 4

OPEN ACCESS

Original Paper

Comparison of Balance and Core Stability between Female Students with Genu Recurvatum and Their Healthy Counterparts

Narmin Ghani Zadeh Hesar (Ph.D)*[1], Behnam Moradi [2], Sevinj Azarpur [3]

1 Assistant Professor of Corrective Exercises and Sport Pathology, Department of Exercise Physiology and Corrective Exercises, Faculty of Sport Sciences, Urmia University, Urmia, Iran. 2 Ph.D Candidate in Corrective Exercise and Sport Injury, Faculty of Physical Education, Kharazmi University, Tehran, Iran. 3 M.Sc Student in Corrective Exercises and Sport Pathology, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran.

Abstract

Background and Objective: Genu recurvatum deformity shifts the mechanical axis of the lower extremity posteriorly, which may disturb balance and stability. The goal of this study was to compare the balance and core stability of female students with and without genu recurvatum.

Methods: This case-control study was conducted on 25 female students with genu recurvatum (mean age: 14.88±0.6 years) and 25 healthy counterparts (mean age: 15±0 years) in city of Salmas (Iran). The criterion for genu recurvatum was a 5-degree knee hyperextension. To measure static and dynamic balance, we used the stork balance stand test and Y test, and to measure core stability, we used the Sorensen, plank, side plank, and 60-degree sitting tests.

Results: The mean values of static balance of dominant (19.86±3.64) and non-dominant (17.16±4.67) leg of healthy students were significantly higher than that of students with genu recurvatum (14.44±2.03 and 10.53±1.66, respectively) (P<0.05). The median values of the dynamic balance of the dominant (32.04) and non-dominant (31.84) leg of healthy students were significantly higher than that of students with genu recurvatum (18.96 and 19.16, respectively) (P<0.05). The median values of central stability for the Sorensen (30.40), plank (30.58), lateral plank (31.04), and sitting (34.12) tests in healthy students were significantly better than the median values of central stability for the Sorensen (42.60), plank (20.20), lateral plank (19.96), and sitting (16.88) tests in students with genorcorvatum (P<0.05).

Conclusion: The balance and core stability of female students with genu recurvatum deformity is poor compared to their healthy counterparts.

Keywords: Knee, Genu Recurvatum, Core Stability

***Corresponding Author:** Narmin Ghani Zadeh Hesar (Ph.D), E-mail: n_hesar@yahoo.com

Received 16 Apr 2022
Final Revised 16 Oct 2022
Accepted 17 Oct 2022
Published Online 5 Apr 2023

Cite this article as: Ghani Zadeh Hesar N, Moradi B, Azarpur S. [Comparison of Balance and Core Stability between Female Students with Genu Recurvatum and Their Healthy Counterparts]. J Gorgan Univ Med Sci. 2023; 24(4): 76-84. [Article in Persian]

© The author(s)
Owned: Golestan University of Medical Sciences **Publisher:** Deputy of Research and Technology

مجله دانشگاه علوم پزشکی گرگان

زمستان ۱۴۰۱ / دوره ۲۴ / شماره ۴ (پی در پی ۸۴)

دارای رتبه علمی -پژوهشی از کمیسیون نشریات علوم پزشکی کشور

e-ISSN: ۲۰۰۸-۴۰۸۰ p-ISSN: ۱۵۶۲-۴۷۶۵

با دسترسی آزاد

تحقیقی

مقایسه تعادل و ثبات مرکزی دانش‌آموزان دختر دارای ژنورکورواتوم با گروه سالم

دکتر نرمین غنی زاده حصار*[۱]، بهنام مرادی[۲]، سوینچ آذرپور[۳]

[۱] استادیار آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، گروه فیزیولوژی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. [۲] دانشجوی دکتری آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. [۳] کارشناس ارشد آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: *ناهنجاری ژنورکورواتوم (Genu Recurvatum) می‌تواند با تغییر مکانیک اندام تحتانی، بر تعادل و ثبات اثرگذار باشد. این مطالعه به منظور مقایسه تعادل و ثبات مرکزی دانش‌آموزان دختر دارای ژنورکورواتوم با گروه سالم انجام شد.*

روش بررسی: *این مطالعه مورد - شاهدی روی دانش‌آموزان دختر دارای ژنورکورواتوم (۲۵ نفر با میانگین سنی ۰/۶±۱۴/۸۸ سال) و بدون ژنورکورواتوم (۲۵ نفر با میانگین سنی ۰±۱۵ سال) مدارس دخترانه دوره متوسطه شهرستان سلماس در استان آذربایجان شرقی طی سال ۱۳۹۷ انجام شد. معیار ناهنجاری ژنورکورواتوم داشتن ۵ درجه هایپراکستنشن در زانو بود. اندازه‌گیری تعادل ایستا با تست لک لک و تعادل پویا با تست Y و همچنین ثبات مرکزی با تست‌های سورنسن، پلانک، پلانک جانبی و نشستن در وضعیت ۶۰ درجه به عمل آمد.*

یافته‌ها: *میانگین مقادیر تعادل ایستا پای برتر (۳/۶۴±۱۹/۸۶) و غیربرتر (۴/۶۷±۱۷/۱۶) دانش آموزان گروه شاهد به طور معنی‌داری از دانش‌آموزان دارای ژنورکورواتوم (به ترتیب ۲/۰۳±۱۴/۴۴ و ۱/۶۶±۱۰/۵۳) بیشتر بود (P<۰/۰۵). مقادیر میانه تعادل پویا پای برتر (۳۲/۰۴) و غیربرتر (۳۱/۸۴) دانش آموزان گروه شاهد به طور معنی‌داری از دانش آموزان دارای ژنورکورواتوم (به ترتیب ۱۸/۹۶ و ۱۹/۱۶) بیشتر بود (P<۰/۰۵). مقادیر میانه ثبات مرکزی برای آزمون‌های سورنسن، پلانک، پلانک جانبی و نشستن در دانش آموزان گروه شاهد (به ترتیب ۳۰/۴۰، ۳۰/۵۸، ۳۱/۰۴ و ۳۴/۱۲) به طور معنی‌داری از دانش آموزان دارای ژنورکورواتوم (به ترتیب ۴۲/۶۰، ۲۰/۲۰، ۱۹/۹۶ و ۱۶/۸۸) بیشتر بود (P<۰/۰۵).*

نتیجه‌گیری: *تعادل و ثبات مرکزی دختران دانش‌آموز دارای ژنورکورواتوم در مقایسه با همتایان بدون این ناهنجاری، ضعیف ارزیابی شد.*

واژه‌های کلیدی: *زانو ، ژنورکورواتوم ، ثبات مرکزی*

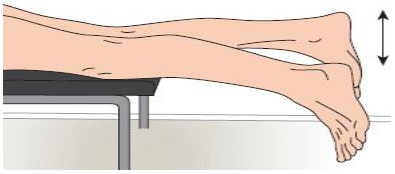
* نویسنده مسؤول: دکتر نرمین غنی زاده حصار ، پست الکترونیکی n_hesar@yahoo.com

نشانی: ارومیه، بلوار دانشگاه، کیلومتر ۱۱ جاده سرو، دانشگاه ارومیه، دانشکده علوم ورزشی، کد پستی ۵۷۵۶۱۵۱۸۱۸، تلفن ۰۴۴-۳۲۷۵۳۱۷۴

وصول ۱۴۰۱/۱/۲۷ اصلاح نهایی ۱۴۰۱/۷/۲۴ پذیرش ۱۴۰۱/۷/۲۵ انتشار ۱۴۰۲/۱/۱۶

مقدمه

(Genu Recurvatum) که معمولاً با اصطلاح زانوی عقب رفته شناخته می‌شود؛ وضعیتی است که در آن اکستنشن در مفصل زانو (تیبیوفمورال) بیش از صفر درجه است (شکل یک).[۱و۲]



شکل ۱: تصویر ژنورکورواتوم (زانوی عقب رفته)[۲]

در این ناهنجاری ساختارهای خلفی زانو (مانند عضله رکبی) تحت کشش واقع شده و ساختارهای قدامی (مانند مفصل پاتلوفمورال) تحت فشار قرار می‌گیرند. به همین دلیل افرادی که دارای ژنورکورواتوم هستند ممکن است در قسمت خلفی زانو و نیز مفصل پاتلو فمورال درد داشته باشند.[۳] عواملی که باعث این ناهنجاری می‌شوند شامل ضعف، فلج و کوتاهی عضله چهار سر، ضعف عضلات همسترینگ، ضعف همزمان عضلات چهارسر و همسترینگ، ضعف عضله دوقلو، عادات پاسچرال، افزایش شلی مفصلی و ضربه به زانو است.[۳] علاوه بر این موارد کینماتیک طبیعی زانو به دلیل تغییر در مکانیک زانو تحت تاثیر قرار می‌گیرد.[۴] در حین تحمل وزن (یعنی در زمان ثابت بودن درشت نی) استخوان ران بر روی درشت نی به جلو غلتیده و به عقب سُر می‌خورد. در حالی که در ژنورکورواتوم استخوان ران به جلو تیلت پیدا می‌کند که در نتیجه آن فشار (کمپرسیون) قدامی در بین استخوان ران و درشت‌نی

افزایش پیدا می‌کند.[۴] در حین تحمل وزن، ساختارهای لیگامانی و کپسولی قسمت خلفی زانو در خطر آسیب هستند که می‌تواند منجر به اختلال در راه رفتن فرد گردد. همچنین افراد دارای ناهنجاری ژنورکوروواتوم نسبت افراد دیگر به آرامی راه رفته و ممکن است گشتاور اکستانسوری بیشتری در زانو داشته باشند.[۵] در ناهنجاری ژنورکوروواتوم، عضلات همسترینگ و چهار سر که هم در حفظ تعادل نقش داشته و هم جزء عضلات مرکزی بدن هستند؛ دچار افزایش و یا کاهش طول و قدرت می‌شوند. خط ثقل که تعیین کننده الگوی فعالیت عضلانی و بیومکانیک در پاسچرهای مختلف است؛[۶] در این افراد از جلوی زانو عبور می‌کند؛ لذا ممکن است وضعیت ثبات مرکزی بدن و تعادل و ارتباط بین آنها در بین این افراد تحت تاثیر قرار گیرد. در حقیقت ثبات مرکزی بدن در واقع همان جایی است که مرکز ثقل بدن در آن واقع شده و حرکات بدن از آنجا آغاز می‌شود.[۶] مرکز بدن به عنوان جعبه‌ای در نظر گرفته شده که عضلات شکمی در جلو، مولتی فیدوس در عقب، عضله دیافراگم به عنوان سقف و عضلات لگن در کف آن قرار گرفته‌اند.[۷] اگر مرکز بدن دارای کارایی بالایی باشد؛ باعث حفظ رابطه طول - تنش طبیعی در آگونیست‌ها و آنتاگونیست‌ها شده که این به نوبه خود باعث حفظ روابط جفت نیرو در کمربند کمری – لگنی - رانی می‌شود.[۶] حفظ روابط طول - تنش و جفت نیرو باعث حفظ آرتروکینماتیک مطلوب در کمربند کمری – لگنی - رانی حین حرکات زنجیره حرکتی عملکردی می‌شود.[۷] این امر کارایی عصبی عضلانی مطلوبی در کل زنجیره حرکتی فراهم کرده و اجازه می‌دهد که افزایش سرعت، کاهش سرعت و ایجاد ثبات پویای مطلوبی در کل زنجیره حرکتی در حین حرکات کاربردی به دست آید. همچنین یک ثبات پروگزیمال برای حرکات کارآمد اندام فوقانی و تحتانی فراهم می‌شود.[۷] همچنین اگر عضلات اندام تحتانی و فوقانی قوی باشند و مرکز بدن ضعیف باشد؛ در نتیجه ثبات کافی تنه برای تولید حرکات کارآمد اندام فوقانی و تحتانی وجود نخواهد داشت و ضعف این ناحیه، مشکل اساسی بیشتر حرکات ناکارآمد هستند که منجر به آسیب می‌شود.[۸] به عنوان مثال تعدادی از مطالعات ارتباطاتی بین ضعف ثبات مرکزی و آسیب رباط صلیبی را نشان داده‌اند.[۹]

از طرفی تعادل به عنوان فرایند حفظ مرکز ثقل بدن در محدوده سطح اتکا تعریف می‌شود که به دو نوع پویا و ایستا تقسیم می‌شود.[۱۰] سیستم کنترل تعادل به عنوان یک مدار کنترل فیدبکی بین مغز و سیستم عضلانی - اسکلتی عمل می‌نماید. منابع اطلاعات آوران برای این سیستم مجموعاً از ورودی‌های بینایی، دهلیزی و حسی پیکری تأمین می‌شود.[۶] تعادل یکی از اساسی‌ترین عملکردهای سیستم عصبی عضلانی در انجام تمامی فعالیت‌های ساده و پیچیده روزمره است که از عوامل آمادگی جسمانی مرتبط با سلامتی است. ضعف عضلانی، نقایص حس عمقی و نقص دامنه حرکتی می‌توانند توانایی فرد را برای حفظ مرکز ثقل در داخل سطح اتکای بدن به مخاطره انداخته و به عبارت دیگر سبب از دست رفتن تعادل شود.[۱۱] تحقیقات زیادی نشان داده‌اند که نقص در تعادل، یکی از عوامل خطر آسیب ورزشی و نیز افتادن‌ها بوده‌اند. از این رو محققان به دنبال شناسایی عوامل مؤثر در بهبود و یا اختلال این عامل مهم جسمانی- مهارتی هستند.[۱۰] به بیانی دیگر ممکن است تعادل و ثبات مرکزی به دلیل وجود ناهنجاری‌های وضعیتی تغییر یابند. برای نمونه یزدانی و همکاران در سال ۲۰۲۰ تغییرات نوسان پاسچر در ناهنجاری ژنورکوروواتوم حین ایستادن، با دستکاری سیستم‌های بینایی و حس عمقی را ارزیابی کردند. آزمودنی‌های دارای ژنورکوروواتوم دارای کمبود حس عمقی بودند و عمدتاً برای کنترل و حفظ تعادل خود به ورودی‌های سیستم بینایی تکیه می‌کردند.[۱۲] لذا این مطالعه به منظور مقایسه تعادل و ثبات مرکزی دانش‌آموزان دختر دارای ژنورکوروواتوم با گروه سالم انجام شد.

روش بررسی

این مطالعه مورد - شاهدی روی دانش‌آموزان دختر دارای ژنورکوروواتوم (۲۵ نفر با میانگین سنی ۰/۶±۱۴/۸۸ سال) و بدون ژنورکوروواتوم (۲۵ نفر با میانگین سنی ۰±۱۵ سال) مدارس دخترانه دوره متوسطه شهرستان سلماس طی سال ۱۳۹۷ انجام شد.

مطالعه مورد تایید کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه آزاداسلامی- واحد ارومیه (IR.IAU.URMIA.REC.1397.015) قرار گرفت. از اولیاء دانش آموزان رضایت نامه کتبی شرکت آگاهانه در مطالعه گرفته شد.

جامعه آماری شامل تمامی دانش آموزان با و بدون ژنورکوروواتوم مدارس دخترانه شهرستان سلماس بود که تعداد ۵۰ دانش آموز واجد شرایط به عنوان نمونه آماری با استناد به مطالعه یزدانی و همکاران[۱۲] انتخاب شدند. آزمودنی‌ها در سالن تختی شهر سلماس مورد ارزیابی قرار گرفتند. در ابتدا برای نمونه‌ها، اطلاعات جامعی از پژوهش حاضر ارایه گردید. سپس از نمونه‌های تحقیق خواسته شد تا پرسشنامه‌های اطلاعات فردی و سابقه ورزشی را به منظور بررسی‌های دقیق‌تر پر کنند.

معیارهای ورود به مطالعه شامل دختران در محدوده سنی ۱۶-۱۴ سال، وجود ژنورکوروواتوم در هر دو اندام (بیش از ۵ درجه) و شاخص توده بدنی نرمال بودند. علاوه بر این، همه نمونه‌ها بر اساس چرخه قاعدگی‌شان همگن شدند و آزمایش‌های تعادلی فقط در مرحله لوتئال چرخه انجام شد تا اثر تغییرات هورمونی بر کنترل تعادل حذف شود.[۱۳]

معیارهای عدم ورود به مطالعه شامل سابقه آسیب، شکستگی و یا جراحی اندام تحتانی و مشکلات ارتوپدی جدی، داشتن

هایپرموبیلیتی، دارای هرگونه بیماری یا آسیب اثرگذار بر روند مطالعه مانند آسیب‌های سیستم دهلیزی، عصبی، بینایی و آسیب‌های جدی سر و ناحیه اندام تحتانی بودند.

معیارهای خروج از مطالعه شامل شرکت نکردن در هر یک از تست‌های پژوهش، نداشتن تمایل به انجام تست‌ها، ناسازگاری تست‌ها با شرایط نمونه‌ها (امکان بروز آسیب دیدگی در حین انجام تست‌ها) بودند.[۱۳]

بعد از مشخص شدن نمونه‌های تحقیق، از طریق غربالگری سریع ناهنجاری ژنورکورواتوم با خط شاغولی و دارا بودن دیگر شرایط ورود به مطالعه، اندازه‌گیری‌های مربوط به متغیرهای تعادل ایستا، پویا، و ثبات مرکزی با تست‌های استاندارد که از روایی و پایایی قابل قبولی برخوردار بودند؛ توسط یک نفر با تخصص کارشناسی ارشد آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی انجام شد.

ارزیابی ناهنجاری ژنورکورواتوم: برای غربالگری سریع با خط شاغولی از نمونه خواسته شد تا در حین ایستادن زانوی خود را تا جایی که می‌تواند باز (هایپراکستنشن) نماید. نمونه تحقیق از نمای جانبی مورد مشاهده قرار گرفت. خط شاغولی از قسمت قدامی قوزک خارجی عبور داده شد و در صورتی که ساق پا و زانوها، پشت خط شاغولی قرار گرفت؛ نمونه دارای ناهنجاری ژنورکورواتوم شناسایی گردید.[۱۴] برای ارزیابی دقیق از گونیامتر استفاده شد. به صورتی که نمونه به شکل طاق باز قرار گرفت و زیر مچ پای وی یک بالش کوچک قرار داده شد تا زانو از سطح تخت جدا شده و در حداکثر باز شدگی (هایپراکستنشن) قرار گیرد. سپس لندمارک‌های تروکانتر بزرگ ران، مرکز مفصل زانو و مرکز قوزک خارجی پا مشخص شد. بعد از آن، محور گونیامتر در مرکز مفصل زانو قرار گرفت و بازوی ثابت در راستای تروکانتر بزرگ و بازوی متحرک در راستای قوزک خارجی قرار داده شد. با خواندن درجه نشان داده شده روی گونیامتر میزان کمی ناهنجاری مشخص شد.[۱۵] برای بالا بردن دقت، مارکرهای بازتابنده بر روی لندمارک‌های تروکانتر بزرگ، مرکز زانو و قوزک خارجی پا چسبانده و در حالت ذکر شده در اندازه‌گیری با گونیامتر از اندام تحتانی عکس گرفته و در نرم‌افزار کینوویا محل مارکرها به هم متصل شد. زاویه ایجاد شده بین خطوط متصل کننده، زاویه بین درشتنی و ران در صفحه ساجیتال بود. اگر زاویه مذکور بیشتر از ۵ درجه باشد؛ فرد دارای ژنورکورواتوم است.[۱۴]

ثبات مرکزی: به منظور ارزیابی میزان ثبات ناحیه مرکزی تنه از پروتکل میدانی مک گیل استفاده شد. این پروتکل شامل آزمون‌های سورنسن، پلانک، پلانک جانبی و آزمون نشستن در وضعیت ۶۰ درجه بود. هدف از پروتکل مک گیل سنجش استقامت عضلات خم کننده و باز کننده تنه از جمله عضلات راست شکمی، راست کننده ستون فقرات، مایل داخلی و خارجی، مالتی فیدوس و مربع کمری است.[۱۶] توانایی عضلات خلفی ناحیه مرکزی بدن، با استفاده از آزمون اصلاح شده بایرینگ- سورنسن سنجیده شد. نمونه مطالعه روی شکم دراز کشید؛ به طوری که لگن در لبه تخت درمانی قرار گرفت. استرپ‌هایی برای تثبیت نمونه با تخت در نواحی پا و لگن به کار گرفته شد. نمونه بالاتنه خود را با کمک قرار دادن دست‌هایش روی نیمکت در مقابل تخت حمایت کرد تا بتواند توانایی قرار دادن دست‌ها به صورت ضربدری و کسب موقعیت افقی را یاد بگیرد. نمونه سعی کرد تا زمانی که می‌تواند؛ وضعیت افقی بدن را حفظ کند. به طوری که نیمکت مقابل وی در قسمت پایینی توسط دست‌ها لمس نشود. مدت زمان حفظ وضعیت افقی، با استفاده از زمان‌سنج محاسبه و به عنوان رکورد وی ثبت شد.[۱۷] آزمون پلانک جانبی به عنوان مقیاسی برای ارزیابی قدرت عضلات جانبی قسمت مرکزی بدن، به ویژه مربع کمری به کارمی رود. آزمودنی در وضعیت جانبی درازکش به راست قرار گرفت. به طوری که پای بالایی جلو پای پایینی قرار گرفته و مفاصل ران آزمودنی هیچ فلکشنی نداشت. سپس از نمونه خواسته شد تا ران‌ها را از تخت بلند کند؛ در حالی که تنها از پاها و آرنج راست خود برای حمایت استفاده نماید. مدت زمانی که نمونه قادر به بالا نگه داشتن ران از تخت بود؛ به وسیله کرونومتر ثبت شد. برای ارزیابی استقامت عملکردی عضلات قدامی ناحیه مرکزی بدن، ابتدا از نمونه خواسته شد تا در وضعیت تکیه، در حالی که پشت او روی تخته ۶۰ درجه قرار دارد؛ هر دو مفصل ران را از زاویه ۹۰ درجه خم کند و دست‌ها را به حالت ضربدری روی سینه قرار دهد. با استفاده از نواربندی روی مچ پا یا با ثابت کردن مچ پا به وسیله دست فرد کمکی به ثبات بدن نمونه کمک شد.[۱۶] برای شروع آزمون در حالی که نمونه در وضعیت تکیه به تخته ۶۰ درجه قرار داشت؛ تخته ۱۲ سانتی‌متر از قسمت پشت وی دور و از وی خواسته شد تا حد امکان این وضعیت را حفظ کند و این مدت زمان با استفاده از کرونومتر ثبت شد. زمانی که پشت نمونه با تخته تماس یافت؛ آزمون متوقف می‌شد.[۱۶] برای انجام آزمون پلانک، نمونه در وضعیت خوابیده روی شکم، بدن را توسط بازوها و انگشتان پا حمایت نموده و سعی کرد این وضعیت را حفظ کند در حالتی که بالاتنه، ران‌ها و پاها هم راستا بودند. مدت زمانی که نمونه قادر بود این وضعیت را حفظ کند؛ با استفاده از کرونومتر ثبت شد. زمان خروج بدن از وضعیت خنثی، آزمون متوقف شد.[۱۷]

نحوه ارزیابی آزمون تعادل ایستا: برای اندازه‌گیری تعادل ایستا از آزمون لک لک استفاده شد. آزمون ایستادن لک لک به عنوان ابزاری رایج برای سنجش تعادل ایستا توسط جانسون سال ۱۹۷۹ طراحی شده است.[۱۸] در این آزمون نمونه در حالی که دست‌ها را روی کمر قرار داده؛ روی یک پا می‌ایستد. کف پای دیگر (پای

آزاد) در قسمت داخلی زانوی پای اتکا قرار دارد. در این حالت، نمونه روی پنجه پای تکیه‌گاه ایستاده و آزمونگر مدت زمان تحمل او را در این وضعیت برحسب ثانیه ثبت نمود. تماس پاشنه پای تکیه گاه با زمین، برداشتن دست‌ها از کمر، جداشدن پای آزاد از زانوی پای اتکا سبب پایان آزمون بود. این آزمون سه بار تکرار شد و زمان برتر ثبت گردید.[۱۸]

نحوه ارزیابی آزمون تعادل پویا: برای اندازه‌گیری تعادل پویا از تست Y استفاده شد. این آزمون تعدیل یافته آزمون ستاره است. آزمونY سه جهت خلفی- داخلی، خلفی- خارجی و قدامی دارد. زاویه بین دو خط خلفی - داخلی و خلفی - خارجی ۹۰ درجه و زاویه بین خلفی - داخلی و خلفی - خارجی با خط قدامی ۱۳۵ درجه است. نمونه در مرکز شبکه با یک پا می‌ایستد و پای دیگر را در جهات خط تا جایی که امکان دارد؛ حرکت می‌دهد. این آزمون دارای پایایی بالا (ICC=0.88-0.99) است. برای محاسبه امتیازات در هر جهت سه کوشش انجام گرفت و میانگین آن در هر جهت محاسبه شد. اگر پای ثابت بلند شده یا پای دست‌یابی با زمین برخورد کند؛ به طوری که برای خود، سطح اتکا ایجاد نماید و یا این که فرد تعادل خود را از دست دهد؛ آزمون متوقف و تکرار شد. هر حرکت از مرکز Y به سانتی‌متر اندازه‌گیری و میانگین هر جهت محاسبه و ثبت شد. میانگین هر سه جهت بر طول پا تقسیم و در ۱۰۰ ضرب شده تا تعادل پویای هر نمونه به دست آمد.[۱۹]

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS-23 تجزیه و تحلیل شدند. پس از ارایه آمار توصیفی داده‌ها، ابتدا برای بررسی چگونگی توزیع متغیرهای کمی از آزمون کلموگروف - اسمیرنوف استفاده شد. سپس از آزمون‌های من ویتنی و t مستقل برای مقایسه میانگین شاخص‌های تعادل ایستا، پویا و ثبات مرکزی بین دو گروه استفاده گردید. سطح معنی‌داری آزمون‌ها کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

میانگین و انحراف استاندارد سن، وزن، قد و شاخص توده بدنی گروه‌ها در جدول یک آمده است. بین نمونه‌های دو گروه از نظر قد تفاوت آماری معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۰۱).

میانگین و انحراف استاندارد وضعیت راستای زانوی گروه‌های مورد و شاهد در صفحه ساجیتال در هر دو پای برتر و غیربرتر، تفاوت آماری معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵) (جدول ۲).

بین میانگین نمرات به دست آمده از آزمون تعادل ایستا بر روی پای برتر (P<۰/۰۰۶) و غیر برتر (P<۰/۰۰۱) بین دو گروه مورد و شاهد تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۳).

بین میانه نمرات به دست آمده از آزمون تعادل پویا بر روی پای برتر (P<۰/۰۰۲) و غیربرتر (P<۰/۰۰۲) دو گروه مورد و شاهد تفاوت آماری معنی‌داری وجود داشت. میانه‌های پای برتر و غیربرتر در گروه شاهد بهتر بودن عملکرد را در مقایسه با گروه مورد نشان داد (جدول ۴).

بین ثبات مرکزی دانش‌آموزان گروه‌های مورد و شاهد تفاوت آماری معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵). به طوری که میانه

جدول ۱: میانگین و انحراف استاندارد سن، وزن، قد و شاخص توده بدنی دختران دانش آموز با و بدون ژنورکوواتوم

متغیرها	میانگین و انحراف استاندارد		سطح معنی‌داری
	دارای ژنورکوواتوم	بدون ژنورکوواتوم	
سن (سال)	۱۴/۸۸±۰/۶	۱۵±۰	۰/۳۲۲
وزن (کیلوگرم)	۵۳/۰۴±۸/۰۹	۵۴/۸±۸/۹۹	۰/۵۲۳
قد (سانتی‌متر)	۱۵۸/۸۶±۴/۵	۱۶۳/۹±۵/۵۳	۰/۰۰۱ *
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر	۲۱/۰۵±۲/۵	۲۰/۲۷±۲/۸	۰/۳۸۲

P<۰/۰۵ *

جدول ۲: میانگین و انحراف استاندارد راستای زانو در صفحه ساجیتال دختران دانش آموز با و بدون ژنورکوواتوم

ابزار	اندام	دارای ژنورکوواتوم	بدون ژنورکوواتوم	سطح معنی داری
گونیامتر (درجه)	پای برتر	۸/۳۴±۲/۴۳	۳/۱۲±۱/۰۸۲	۰/۰۰۱ *
	پای غیر برتر	۹/۰۸±۲/۹۹	۳/۶±۱/۰۳	۰/۰۰۱ *
نرم افزار کینووا	پای برتر	۷/۹۶±۱/۸۵	۳/۰۳۰±۰/۹۷	۰/۰۳۳ *
	پای غیر برتر	۸/۲۸±۲/۵۲	۲/۸۸±۱/۱۶	۰/۰۰۳ *

P<۰/۰۵ *

جدول ۳: مقایسه میانگین و انحراف استاندارد آزمون تعادل ایستا بر روی پای برتر و غیربرتر دختران دانش آموز با و بدون ژنورکوواتوم

متغیرها	میانگین و انحراف استاندارد		آماره متغیر	سطح معنی داری
	دارای ژنورکوواتوم	بدون ژنورکوواتوم		
تعادل ایستا پای برتر	۱۴/۴۴±۲/۰۳	۱۹/۸۶±۳/۶۴	-۴/۶۶۸	۰/۰۰۶ *
تعادل ایستا پای غیر برتر	۱۰/۵۳±۱/۶۶	۱۷/۱۶±۴/۶۷	-۶/۶۶۸	۰/۰۰۱ *

P<۰/۰۵ *

جدول ۴: مقایسه میانه آزمون تعادل پویا بر روی پای برتر و غیربرتر دختران دانش آموز با و بدون ژنورکوواتوم

متغیرها	میانه		آماره متغیر	سطح معنی داری
	دارای ژنورکورواتوم	بدون ژنورکورواتوم		
تعادل پویا پای برتر	۱۸/۹۶	۳۲/۰۴	-۳/۱۷۲	۰/۰۰۲ *
تعادل پویا پای غیربرتر	۱۹/۱۶	۳۱/۸۴	-۳/۰۷۵	۰/۰۰۲ *

P<۰/۰۵ *

جدول ۵: مقایسه میانه آزمون‌های ثبات مرکزی دختران دانش آموز با و بدون ژنورکوواتوم

آزمون‌ها	میانه		آماره متغیر	سطح معنی داری
	دارای ژنورکورواتوم	بدون ژنورکورواتوم		
سورنسن	۲۰/۶۰	۳۰/۴۰	-۲/۳۷۷	۰/۰۱۷ *
پلانک	۲۰/۴۲	۳۰/۵۸	-۲/۴۶۴	۰/۰۱۴ *
پلانک جانبی	۱۹/۹۶	۳۱/۰۴	-۲/۶۸۷	۰/۰۰۷ *
نشستن در وضعیت ۶۰ درجه	۱۶/۸۸	۳۴/۱۲	-۴/۱۸۱	۰/۰۰۱ *

P<۰/۰۵ *

آزمون‌های ثبات مرکزی گروه شاهد در مقایسه با گروه دارای ژنورکوروواتوم بهتر بود (جدول ۵).

بحث

با توجه به نتایج مطالعه حاضر، دانش‌آموزان دختر ۱۶-۱۴ ساله دارای ناهنجاری ژنورکوروواتوم ثبات مرکزی ضعیف‌تری نسبت به همتایان بدون ژنورکوروواتوم داشتند. این یافته با مطالعه یزدانی و همکاران[۱۲] همخوانی داشت. در مطالعه یزدانی و همکاران نمونه‌های دارای ژنورکوروواتوم در تست‌های تعادل و حس عمقی نسبت به افراد سالم ضعیف‌تر بودند.[۱۲] طبق تحقیقات موجود، ثبات لگن و تنه برای تمامی حرکات اندام تحتانی ضروری است و عضلات تنه قبل از عضلات اندام تحتانی فعال می‌شوند تا ستون مهره‌ها را به عنوان ساختاری برای حرکات عملکردی ثبات بخشند. ثبات مرکزی نقش محوری در عملکرد مؤثر بیومکانیکی داشته و جزء مهمی در حداکثر کارایی و عملکرد افراد و پیشگیری از آسیب محسوب می‌شود.[۸] محققان عقیده دارند که بی‌ثباتی در منطقه کمری - لگنی در طول دویدن منجر به تکنیک ضعیف و کاربرد غیرمؤثر نیرو می‌شود.[۹] اثر مکانیسم پا بر روی ساختار پروگزیمال، لگن و ران به طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته؛[۲۰] اما اثر پایداری پروگزیمال بر روی ساختار اندام تحتانی و پاتولوژی آن تا حدود زیادی ناشناخته باقی‌مانده است.[۲۱] ثبات لگن و تنه برای انجام کلیه حرکات اندام تحتانی مؤثر است.[۲۲] این یافته با نظریه زنجیره حرکتی بسته مطابقت دارد که بیان می‌دارد؛ قدرت و ثبات سگمان‌های فوقانی در کنترل سگمان‌های تحتانی و جلوگیری از آسیب ضروری است و چنانچه یکی از مفاصل فوقانی عملکرد مناسبی نداشته باشند؛ سایر مفاصل نیز درگیر خواهند شد.[۲۳] هماهنگی بین همه عضلات تنه و ران برای کنترل و موقعیت طبیعی ستون فقرات ضروری است و عضله منحصر به فردی در افزایش ثبات مرکزی نقش ندارد.[۲۲] تعادل بین عضلات در چهار طرف ستون فقرات مهم‌ترین عامل پایداری ستون فقرات است.[۸] بنابراین ضعف و کاهش استقامت عضلات ثبات دهنده خلفی، قدامی و جانبی تنه باعث کاهش قدرت و کارایی عضلات ران شامل عضلات چهار سر ران، همسترینگ، سرینی میانی، آبداکتورها و چرخش دهنده‌های خارجی ران می‌شوند. عضلات ران نقش مهمی در انتقال نیرو از اندام تحتانی به سمت بالا، ستون فقرات و در حین اجرای فعالیت‌هایی که به صورت عمودی یا ایستاده هستند؛ ایفا می‌کنند.[۲۳] عضلات ثبات دهنده ناحیه لگن و ران، مسؤول حفظ راستای صحیح اندام تحتانی حین انجام حرکات پویا هستند. مهم‌ترین عضلاتی که در این رابطه ایفای نقش می‌کنند؛ عضلات همسترینگ و خم کننده ران هستند.[۲۳] از آن جایی که در افراد دارای ژنورکوروواتوم، عدم تعادل عضلانی بین همسترینگ و خم کننده ران وجود دارد؛ لذا می‌توان این‌طور نتیجه گرفت که از جمله دلایل کاهش ثبات مرکزی در افراد مذکور شاید به عدم تعادل عضلانی بین همسترینگ و خم کننده ران و به دنبال آن بدراستایی مفصل زانو (ژنورکوروواتوم) مربوط باشد. کاهش توانایی در انجام تست‌های ثبات مرکزی توسط افراد مبتلا به ناهنجاری ژنورکوروواتوم می‌تواند با عدم تعادل عضلانی بین همسترینگ و خم کننده ران در ارتباط باشد. گرچه هریک از مکانیسم‌های احتمالی ذکر شده تا حدی می‌توانند؛ مسؤول ایجاد ناهنجاری‌های زانو باشند؛ اما نمی‌توان چنین استنتاج کرد که به طور اولیه ضعف ثبات مرکزی موجب ناهنجاری ژنورکوروواتوم شده است.[۱۸] از طرفی در مطالعاتی مشابه نشان داده شده است که ناحیه تنه قبل از حرکت اندام تحتانی فعال می‌شود و محوری برای عملکرد موثر اندام‌ها به‌ویژه اندام تحتانی است که از طریق افزایش تولید نیرو و کاهش بارهای مفصلی در تمامی فعالیت‌ها عمل می‌کند.[۱۹] همچنین اعتقاد بر این است که عضلات تنه از نظر فیزیولوژیکی با تقویت و پایدار کردن ناحیه مرکزی بدن باعث افزایش حداکثر قدرت و توان به منظور استفاده کارآمدتر از عضلات شانه، بازو، پاها شده و برای عملکرد

بیومکانیکی مؤثر، به منظور به حداکثر رساندن تولید نیرو در همه انواع فعالیت‌ها به عنوان یک اصل در نظر گرفته شده است.[۱۱] در همین رابطه از دیدگاه نظری فعالیت این ناحیه را قبل از حرکت دیگر اندام‌ها به منظور ایجاد پایداری و ثبات در جهت بهبود و حفظ راستای پاسچر مهم دانسته‌اند.[۱۱] در بیانی دیگر اعتقاد بر این است که حتی اگر اندام‌های فوقانی و تحتانی قوی ولی عضلات مرکزی ضعیف باشند؛ کاهش در جمع نیروهای عضلانی در عضلات مرکزی تنه باعث کاهش کلی تولید نیرو در اندام‌های فوقانی و تحتانی شده که این امر مانع از ایجاد حرکات مؤثر می‌شود. ضعف و یا کاهش هماهنگی عضلات مرکزی بدن می‌تواند منجر به ایجاد الگوهای حرکتی غیرطبیعی، الگوهای حرکتی جبرانی و یا انواع مختلفی از آسیب‌های ورزشی مانند استرین یا آسیب‌های پرکاری شوند.[۲۴] لذا با توجه به برهم خوردن راستای مفصلی و نقش عضلات موثر در ناحیه زانو در انتقال و جابجایی نیروی‌های تولید شده از ناحیه تنه و برعکس، احتمالاً هر دو (ضعف ناحیه مرکزی و ناهنجاری ژنورکوروواتوم) بتوانند به صورت ثانویه از دیگری تغییر یابند.

در مطالعه حاضر تعادل ایستا و پویا دختران نوجوان بدون ناهنجاری ژنورکوروواتوم در تمامی جهات، بهتر از دختران دارای ژنورکوروواتوم بود. دفرمیتی‌های زانو مانند ژنورکوروواتوم، ژنوواروم و ژنووالگوم می‌توانند باعث تغییر مکان خط ثقل شوند.[۲۵] در صورتی که خط ثقل از روی مفصل و یا نزدیکی مفصل عبور کند گشتاور خیلی کمی به مفصل وارد کرده و وارد کردن اغتشاشات به بدن تاثیر کمتری بر بی‌ثباتی پاسچرال خواهد داشت. در ناهنجاری ژنورکوروواتوم به دلیل عقب رفتن زانو خط ثقل به سمت جلوی مفصل زانو منتقل می‌شود و این امر ممکن است یکی از دلایل تعادل ضعیف در بین افراد دارای این ناهنجاری باشد. در مطالعه حاضر اکثر نمونه‌های دارای ژنورکوروواتوم در حین آزمون Y به سمت قدامی منحرف شده و تعادل خود را از دست دادند. در افراد دارای ژنورکوروواتوم به دلیل عقب رفتن زانو، مچ پا به وضعیت پلانتار فلکشن می‌رود.[۱] سر استخوان تالوس که در مورتیس مچ قرار گرفته است؛ در قسمت قدامی پهن‌تر از قسمت خلفی است که نتیجه آن ثبات بیشتر مفصل مچ پا در وضعیت دورسی فلکشن است.[۶] در حین انجام تست تعادل ایستا بعد از مدت کمی عضلات اطراف مچ پا خسته می‌شوند و این عناصر غیرفعال هستند که باید به حفظ وضعیت با ثبات کمک نمایند. در افراد با ژنورکوروواتوم به دلیل پلانتار فلکشن بیشتر و در نتیجه ثبات احتمالی کمتر مفصل مچ که نقش حیاتی در حفظ تعادل و ثبات دارد؛ حفظ تعادل برای مدت بیشتر ممکن نخواهد بود.[۲۵] ضعف حس عمقی ممکن است از دیگر دلایل احتمالی کاهش تعادل ایستا و پویا در بین افراد با ژنورکوروواتوم باشد. پژوهشگران با بررسی اندازه‌گیری احساس وضعیت مفصل زانو در زنان دارای ژنورکوروواتوم گزارش نمودند که افراد مبتلا به ژنوروکوروواتوم احتمالاً دچار نقص در حس عمقی در دامنه انتهایی اکستنشن هستند که می‌تواند باعث آسیب زانو شود. حس عمقی، نقش حیاتی در کنترل تعادل دارد. یک جنبه از نقش حس عمقی در کنترل حرکت و پاسچر عبارت از طراحی و اصلاح دستورات حرکتی درون‌زا، قبل و در طی اجرای یک دستور حرکتی است. سیستم کنترل حرکت باید وضعیت جاری و در حال تغییر مفاصل را در نظر بگیرد تا تعادل پیچیده مکانیکی حاصل از اجرای آن را تخمین بزند. در این قضیه حس عمقی بهترین شرایط را برای تامین اطلاعات و مخابره آنها به سیستم عصبی مرکزی داراست. زیرا این کار یک فرایند پیچیده است که تنها از عهده سیستم آوران حس عمقی برمی‌آید. اطلاعات حس عمقی هم در حفظ ثبات کل بدن و هم در حفظ ثبات نواحی موضعی (ثبات عملکردی مفصل) نقش اساسی ایفا می‌کنند.[۲۶] از طرفی ضعف در ثبات مرکزی نیز ممکن است از دلایل دیگر ضعف تعادل باشد. تحقیقات متعددی ارتباط بین تعادل و ثبات مرکزی را بررسی کرده‌اند. در مطالعه Saki و همکاران ارتباط بین استقامت عضلات ثبات دهنده مرکزی بدن با تعادل ایستا و پویا در مردان بررسی شد و ارتباط معنی‌داری بین استقامت عضلات ثبات دهنده مرکزی با تعادل پویا وجود داشت.[۲۷] در مطالعه رضوی و همکاران که ارتباط میان استقامت مرکزی و تعادل ایستا بررسی شد؛ ارتباط معنی‌داری بین استقامت مرکزی و تعادل ایستا وجود داشت. در حقیقت حفظ تعادل در زنجیره حرکتی بسته، متکی به استراتژی‌های حرکتی و بازخوردی هماهنگ بین ران، زانو و مچ پا است که کاهش بازخوردهای آوران یا کاهش قدرت و ثبات مکانیکی هر مفصل، می‌تواند تعادل را بر هم بزند.[۲۸] زمانی که بی‌ثباتی در ستون مهره‌ها وجود دارد؛ حرکت به صورت غیرصحیح اتفاق افتاده، هماهنگی عصب عضلانی کاهش یافته و خطر آسیب در ستون مهره‌ها افزایش می‌یابد.[۷] بنابراین تسهیل انقباض همزمان عضلات اطراف مهره‌های کمری از قبیل مایل شکمی، عرضی شکمی، مولتی فیدوس و راست کننده ستون مهره‌ها می‌تواند ثبات مهره‌ها را افزایش دهد.[۲۹] از این رو هدف تمرین‌های پایداری ناحیه مرکزی ایجاد ظرفیت فیزیکی برای حفظ وضعیت خنثی در ستون مهره‌ها در طول فعالیت‌های روزمره زندگی است که این کار با افزایش تحمل و هماهنگی عضلات ثبات دهنده ستون مهره‌ها انجام می‌شود.[۲۹] عضلات بزرگتر ناحیه مرکزی بدن با ایجاد یک طناب محکم و به دنبال آن، تولید اینرسی بیشتر در برابر آشفتگی بدن، یک سطح پایدار را برای حرکت بدن فراهم می‌کنند. عضلات شکمی شامل عرضی شکمی، راست شکمی، مورب داخلی و مورب خارجی همه به صورت یکپارچه جهت فراهم نمودن ثبات ستون

فقرات و در نتیجه یک سطح اتکا قوی‌تر برای حرکات اندام تحتانی منقبض می‌شوند.[۲۸] عضلات قوی ناحیه مرکزی بدن می‌تواند به بهبود الگوهای فعال‌سازی عضلانی ساختمان عضلات تنه کمک کند. در بعضی از موارد نیز اهمیت فعال‌سازی مناسب و پایداری تنه طی حفظ کنترل قامت ایستا بیان شده است. فعال‌سازی ساختمان عضلانی ناحیه مرکزی بدن، در الگوهایی همراه با حرکت اندام، به پیشرفت تعادل کمک می‌کند.[۳۰و۳۱]

در نهایت می‌توان بررسی و مقایسه دو عامل مهم تعادل و ثبات مرکزی را در دانش‌آموزان با و بدون ژنورکورواتوم را به سبب جدید بودن مطالعه، از نقاط قوت مطالعه حاضر دانست. در حالی که در دسترس نبودن ابزارهای اندازه‌گیری دقیق این متغیرها و همچنین ناهنجاری مذکور می‌تواند از محدودیت‌های مطالعه حاضر باشد. همچنین از جمله مخدوش کننده‌های قابل کنترل در مطالعه حاضر درد و خستگی در نمونه‌ها بود که شرکت کنندگان در زمان انجام تست‌ها نبایستی شکایتی از درد و خستگی داشته و ۷۲ ساعت قبل از انجام تست‌ها نبایستی فعالیت شدید بدنی داشته باشند. عدم امکان کنترل میزان استراحت و کیفیت تغذیه، میزان فعالیت‌های روزمره تحصیلی، فعالیت‌های بدنی و تحرک روزانه نمونه‌ها و عدم امکان کنترل وضعیت روحی - روانی آزمودنی‌ها در هنگام اجرای آزمون‌ها از جمله مخدوش کننده‌های غیرقابل کنترل مطالعه محسوب می‌شوند. در همین رابطه پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی ضمن در نظر گرفتن موارد بیان شده و تقویت عضلات ناحیه تنه این مبتلایان به ژنورکورواتوم برای پیشگیری از بروز ناهنجاری‌ها و آسیب‌های احتمالی اندام تحتانی، مطالعه‌ای با این رویکرد، روی دانش‌آموزان پسر صورت گیرد.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان دهنده ضعیف بودن تعادل و ثبات مرکزی دختران دانش‌آموز دارای ژنورکورواتوم در مقایسه با همتایان بدون این ناهنجاری است. جابجایی خط ثقل به قسمت قدامی زانو، قرار گرفتن مفصل مچ پا در وضعیت پلانتار فلکشن، ضعف حس عمقی و ثبات مرکزی از مکانیسم‌های احتمالی در ضعف تعادل در بین این افراد است که می‌تواند فرد را مستعد آسیب نماید. ضرروی است که در کنار اقدامات اصلاحی دیگر در تلاش برای رفع این ناهنجاری، تمرینات ثبات مرکزی و تعادلی در نظر گرفته شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان نامه خانم سوینچ آذرپور برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته آسیب شناسی ورزشی از دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارومیه بود. (شماره ۱۰۳۲۱۴۰۸۹۶۲۰۳۴) بدین‌وسیله از آزمودنی‌های شرکت کننده در مطالعه تقدیر و تشکر به عمل می‌آید. بین نویسندگان تضاد منافع وجود ندارد.

References

1. Pilutti LA, Platta ME, Motl RW, Latimer-Cheung AE. The safety of exercise training in multiple sclerosis: a systematic review. J Neurol Sci. 2014 Aug; 343(1-2): 3-7. doi: 10.1016/j.jns.2014.05.016

2. Demey G, Lustig S, Servien E, Neyret P. Genu recurvatum. EMC - Aparato Locomotor. 2014 Feb; 17(1): 1-9. doi: 10.1016/S1286-935X(14)66936-7

3. Ebrahimian M, Samani M, Moslemi Haghighi F, Karami F, Naserian Z. A comparison of the effect of knee muscle taping versus core muscle taping on balance, pain and functional performance in patients with patellofemoral pain syndrome. Physiother Quart. 2022; 30(2): 38-45. doi: 10.5114/pq.2021.108670

4. Shi H, Ren S, Miao X, Zhang H, Yu Y, Hu X, et al. The effect of cognitive loading on the lower extremity movement coordination variability in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. Gait Posture. 2021 Feb; 84: 141-47. doi: 10.1016/j.gaitpost.2020.10.028

5. Ghalwash AM, El-Shennawy SAW, Abd-Elwahab MS. Efficacy of adhesive taping in controlling genu recurvatum in diplegic children: A pilot study. The Egyptian Journal of Medical Human Genetics. 2013; 14(2): 183-88. doi: 10.1016/j.ejmhg.2012.11.001

6. Hu Z, Kim Y, Zhang Y, Zhang Y, Li J, Tang X, et al. Correlation of Lower Limb Muscle Activity with Knee Joint Kinematics and Kinetics during Badminton Landing Tasks. Int J Environ Res Public Health. 2022 Dec; 19(24): 16587. doi: 10.3390/ijerph192416587

7. Gorji SM, Mohammadi Nia Samakosh H, Watt P, Henrique Marchetti P, Oliveira R. Pain Neuroscience Education and Motor Control Exercises versus Core Stability Exercises on Pain, Disability, and Balance in Women with Chronic Low Back Pain. Int J Environ Res Public Health. 2022 Feb; 19(5): 2694. doi: 10.3390/ijerph19052694

8. Cabrejas C, Solana-Tramunt M, Morales J, Campos-Rius J, Ortegón A, Nieto-Guisado A, et al. The Effect of Eight-Week Functional Core Training on Core Stability in Young Rhythmic Gymnasts: A Randomized Clinical Trial. Int J Environ Res Public Health. 2022 Mar; 19(6): 3509. doi: 10.3390/ijerph19063509

9. Mohammed A, Arulsingh W, Kandakurti PK. The Effectiveness of Core Stability Exercise Program on Lower Limb Performance in Athletes−A Scoping Review. Crit Rev Phys Rehabil Med. 2022; 34(1): 57-67. doi: 10.1615/CritRevPhysRehabilMed.2022043234

10. Thompson LA, Badache M, Cale S, Behera L, Zhang N. Balance Performance as Observed by Center-of-Pressure Parameter Characteristics in Male Soccer Athletes and Non-Athletes. Sports (Basel). 2017 Nov; 5(4): 86. doi: 10.3390/sports5040086

11. Sung ES, Kim JH. The influence of ovulation on postural stability (Biodex Balance System) in young female. J Exerc Rehabil. 2018 Aug; 14(4): 638-42. doi: 10.12965/jer.1836266.133

12. Yazdani S, Alizadeh F, Dizaji E, Mohammadi F. Postural sway changes in genu recurvatum deformity during standing with manipulation of visual and proprioceptive systems. J Bodyw Mov Ther. 2020 Oct; 24(4): 147-51. doi: 10.1016/j.jbmt.2020.06.018

13. Trajković N, Kozinc Ž, Smajla D, Šarabon N. Relationship between ankle strength and range of motion and postural stability during single-leg quiet stance in trained athletes. Sci

Rep. 2021 Jun; 11(1): 11749. doi: 10.1038/s41598-021-91337-6

14. Yu P, Mei Q, Xiang L, Fernandez J, Gu Y. Differences in the locomotion biomechanics and dynamic postural control between individuals with chronic ankle instability and copers: a systematic review. Sports Biomech. 2022 Apr; 21(4): 531-49. doi: 10.1080/14763141.2021.1954237

15. Samaei A, Bakhtiary AH, Elham F, Rezasoltani A. Effects of genu varum deformity on postural stability. Int J Sports Med. 2012 Jun; 33(6): 469-73. doi: 10.1055/s-0031-1301331

16. Yoo K, Lee KH. Core Self-Evaluation and Work Engagement: Moderated Mediation Model of Career Adaptability and Job Insecurity. Front Psychol. 2019 Sep; 10: 2093. doi: 10.3389/fpsyg.2019.02093

17. Park JM, Hyun GS, Jee YS. Effects of Pilates core stability exercises on the balance abilities of archers. J Exerc Rehabil. 2016 Dec; 12(6): 553-58. doi: 10.12965/jer.1632836.418

18. Pivotto LR, Schmit EFD, Candotti CT, Rodrigues AP, Neto ESW, Souza C, et al. Effect of 30 pilates sessions on body posture, perception and dynamic balance in healthy women. Brazilian Journal of Motor Behavior. 2020; 16(1): 36-46. doi: 10.20338/bjmb.v16i1.290

19. Sogut B, Harput G, Tunay VB. Star excursion balance test scores under different conditions: Effects of arms position and shoe-wear. J Bodyw Mov Ther. 2022 Apr; 30: 17-22. doi: 10.1016/j.jbmt.2021.10.011

20. Akhtar MW, Karimi H, Gilani SA. Effectiveness of core stabilization exercises and routine exercise therapy in management of pain in chronic non-specific low back pain: A randomized controlled clinical trial. Pak J Med Sci. 2017 Jul-Aug; 33(4): 1002-1006. doi: 10.12669/pjms.334.12664

21. Mohammadi-Rad S, Mohseni Bandpei MA, Salavati M, Talebian S, Keyhani S, Shanbehzadeh S. Reliability of Center of Pressure measures of Postural Stability in Anterior Cruciate Ligament Reconstructed Athletes: Effect of Vibration and Cognitive Load. Arch Bone Jt Surg. 2022 Feb; 10(2): 171-82. doi: 10.22038/ABJS.2021.54007.2700

22. Thomas DT, R Shruthi, Prabhakar AJ, Dineshbhai PV, Eapen C. Hip abductor strengthening in patients diagnosed with knee osteoarthritis - a systematic review and meta-analysis. BMC Musculoskelet Disord. 2022 Jun; 23(1): 622. doi: 10.1186/s12891-022-05557-6

23. Abt JP, Smoliga JM, Brick MJ, Jolly JT, Lephart SM, Fu FH. Relationship between cycling mechanics and core stability. J Strength Cond Res. 2007 Nov; 21(4): 1300-304. doi: 10.1519/R-21846.1

24. Mongashti Joni Y, Fatahi F, Ghanizadeh Hasar N, Hosseinpour E. [Effect of Genu Varum Deformity on Gluteus Medius Muscle Activity and Postural Control During Single-Leg Jump-Landing]. PTJ. 2017; 7(2): 79-88. doi: 10.32598/ptj.7.2.79

25. Madadi-Shad M, Jafarnezhadgero A, Zago M, Granacher U. Effects of varus knee alignment on gait biomechanics and lower limb muscle activity in boys: A cross sectional study. Gait Posture. 2019 Jul; 72: 69-75. doi: 10.1016/j.gaitpost.2019.05.030

26. Jung SH, Choi SA, Ha SM. The effects of the 4-weeks visual biofeedback training in individuals with hyperextended knee. Journal of the Korea Society of Computer and Information. 2021; 26(5): 55-60. doi: 10.9708/jksci.2021.26.05.055

27. Saki F, Sedaghati P, Baghban M. Correlation between the cardiorespiratory endurance, dynamic postural control and thoracic kyphosis angle among the students. Feyz. 2017; 21(2): 149-56. [Article in Persian]

28. Razavi SS, Norasteh AA, Banparvari M. The relationship between core strength with static and dynamic balance in snowboard skiing male athletes. Journal of Research in Rehabilitation Sciences. 2014; 10(3): 432-43. doi: 10.22122/jrrs.v10i3.1527

29. Kuniki M, Iwamoto Y, Kito N. Effects of core stability on shoulder and spine kinematics during upper limb elevation: A sex-specific analysis. Musculoskelet Sci Pract. 2022 Dec; 62: 102621. doi: 10.1016/j.msksp.2022.102621

30. Haruyama K, Kawakami M, Otsuka T. Effect of Core Stability Training on Trunk Function, Standing Balance, and Mobility in Stroke Patients. Neurorehabil Neural Repair. 2017 Mar; 31(3): 240-49. doi: 10.1177/1545968316675431

31. Cabanas-Valdés R, Boix-Sala L, Grau-Pellicer M, Guzmán-Bernal JA, Caballero-Gómez FM, Urrútia G. The Effectiveness of Additional Core Stability Exercises in Improving Dynamic Sitting Balance, Gait and Functional Rehabilitation for Subacute Stroke Patients (CORE-Trial): Study Protocol for a Randomized Controlled Trial. Int J Environ Res Public Health. 2021 Jun; 18(12): 6615. doi: 10.3390/ijerph18126615