Effects of backward gait training protocol on knee adduction moment and impulse during walking in patients with medial knee osteoarthritis

Ali Jalalvand [1], Mehrdad Anbarian [2]

1. Assistant Professor, Department of Sport Biomechanics, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran, (Corresponding Author), Tel: 081-34494005, Email: jalalvand_ali@yahoo.com. ORCID ID: 0000-0002-2574-823X
2. Professor, Department of Sport Biomechanics, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. ORCID ID: 0000-0002-1551-2573

ABSTRACT

Background and Aim: The aim of this study was to investigate the effects of backward gait training protocol on knee adduction moment and impulse in male patients with medial knee osteoarthritis.

Materials and Methods: This quasi-experimental study with a pretest-posttest design included two control groups (healthy and patient) and an experimental group (subjects with medial knee osteoarthritis). The subjects were 21 healthy men and 42 male patients with knee osteoarthritis who were divided into experimental and control groups according to the Kellgren and Lawrence radiologic scale and visual analogue scale. The experimental group performed backward gait training for six weeks. The dependent variables included 1st peak knee adduction moment, normalized 1st peak KAM, 2nd peak knee adduction moment and normalized 2nd peak KAM. A Vicon (130 Hz) motion analysis system with four T-Series cameras and two Kistler force plates (1000Hz) were used for data registration. Using Vicon Nexus 1.8.5 and polygon 4.1.2 softwares, data analysis was performed by paired sample t-test and one-way ANOVA ($p<0.05$).

Results: Before and after training, we found no significant differences between the patients with osteoarthritis and healthy subjects in regard to peak knee adduction moment ($P>0.05$). However, before training significant differences were observe in knee adduction moment impulse between the healthy subjects and patients ($P=0.014$, $P=0.004$). After exercise we found decreased mean value for normalized knee adduction moment impulse in the experimental group compared to that in the healthy control group ($p=0.067$).

Conclusion: Knee adduction moment impulse can be regarded as a predictive index with high sensitivity for evaluation of the severity of knee OA. Implementation of backward gait training protocol led to decreased knee adduction moment impulse in the experimental group.

Keywords: Knee osteoarthritis; Backward gait; Knee adduction moment; Impulse

Received: Jan 30,2019 Accepted:Oct 26,2019

How to cite the article: Ali Jalalvand, Mehrdad Anbarian. Effects of backward gait training on knee adduction moment and impulse during walking in patients with medial knee osteoarthritis. SJKU 2020; 24 (6): 106-119

Copyright © 2018 the Author (s). Published by Kurdistan University of Medical Sciences. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non Commercial License 4.0 (CCBY-NC), where it is permissible to download, share, remix, transform, and buildup the work provided it is properly cited. The work cannot be used commercially without permission from the journal

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.29252/sjku.24.6.106]

مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان / دوره بیست و چهارم / بهمن و اسفند ۱۳۹۸/۱۱۹-۱۰۶

تأثیر پروتکل تمرینی گیت به عقب بر گشتاور اداکشنی و ایمپالس راه رفتن در افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو

علی جلالوند[1]، مهرداد عنبریان[2]

۱. استادیار بیومکانیک ورزشی، گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، همدان، ایران. تلفن ثابت:۳۴۴۹۴۰۰۵-۰۸۱، پست الکترونیک: jalalvand_ali@yahoo.com، کد ارکید: ۰۰۰۰-۰۰۰۲-۲۵۷۴-۸۲۳X

۲. استاد بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. کد ارکید: ۰۰۰۰-۰۰۰۲-۱۵۵۱-۲۵۷۳

چکیده

زمینه و هدف: هدف مطالعه تعیین تأثیر پروتکل تمرینی گیت به عقب بر گشتاور اداکشنی و ایمپالس راه رفتن در افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو بود.

روش بررسی: تحقیق از نوع نیمه تجربی و با یک طرح پیش آزمون – پس آزمون در دو گروه کنترل (سالم و بیمار) و یک گروه تجربی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. آزمودنی‌ها ۲۱ نفر مرد سالم و ۴۲ نفر مرد بیمار مبتلا به استئوآرتریت داخلی زانو بودند که بر اساس شاخص کلگرن- لورنس و شاخص بصری درد به ۲ گروه تجربی و کنترل بیمار تقسیم شدند. گروه تجربی به مدت شش هفته پروتکل تمرینی گیت به عقب را انجام دادند. متغیرهای وابسته تحقیق عبارت‌اند از: حداکثر گشتاور اداکشنی اولیه زانو، حداکثر گشتاور اداکشنی ثانویه زانو، گشتاور اداکشنی، ایمپالس گشتاور اداکشنی زانو و پارامترهای نرمالایز شده هریک از این مؤلفه‌ها. اطلاعات کینماتیکی و کینتیکی راه رفتن به جلو با استفاده از دو صفحه نیروی kistler و ۴ دوربین پرسرعت Vicon ثبت و توسط نرم افزارهای Vicon Nexus 1.8.5، Polygon 4.1.2 تحلیل گردیدند. پس از جمع آوری داده‌ها از آزمون‌های آماری t همبسته و تحلیل واریانس یک‌طرفه جهت بررسی اختلاف‌ها استفاده گردید ($p<۰/۰۵$).

یافته‌ها: اختلاف معنی‌داری قبل و بعد از تمرین بین حداکثر گشتاور اداکشنی اولیه و ثانویه بیماران مبتلا به استئوآرتریت با افراد سالم مشاهده نشد ($P<۰/۰۵$). ولی اختلاف معنی‌داری قبل از تمرین بین ایمپالس گشتاور اداکشنی زانو بیماران مبتلا به استئوآرتریت با افراد سالم وجود داشت و تفاوت میانگین ها حاکی از مقدار بالاتر این مؤلفه در افراد مبتلا به استئوآرتریت است ($P=۰/۰۱۴$ و $P=۰/۰۰۴$). در مورد اثر تمرین بر ایمپالس گشتاور اداکشنی زانو نرمالایز شده نتایج حاکی از کاهش میانگین گروه تجربی بعد از تمرین در مقایسه با افراد سالم داشت ($P=۰/۰۶۷$).

نتیجه‌گیری: ایمپالس گشتاور اداکشنی زانو می‌توانند یکی از شاخص‌های پیشگویی‌کننده با حساسیت بالا به منظور برآورد شدت استئوآرتریت تلقی شود. پروتکل گیت به عقب باعث کاهش ایمپالس گشتاور اداکشنی زانو در گروه تجربی گردیده است.

کلمات کلیدی: استئوآرتریت زانو، گیت به عقب، گشتاور اداکشنی، ایمپالس

وصول مقاله: ۹۷/۱۱/۱۰ اصلاحیه نهایی: ۹۸/۷/۱۹ پذیرش: ۹۸/۸/۴

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.29252/sjku.24.6.106]

مقدمه

استئوآرتریت متداول‌ترین بیماری مفصلی در سرتاسر جهان است که سهم عمده‌ای در نقصان کیفیت زندگی و ناتوانی عملکردی ایفا می‌کند(۱). استئوآرتریت یکی از متداول‌ترین مسائل مرتبط با سلامتی است که تبعات بهره‌وری در کار و هزینه‌های اقتصادی تحمیلی بر اجتماع را در پی دارد(۲). از مشخصه‌های این عارضه می‌توان به از بین رفتن غضروف مفصلی، باریک و کم شدن فضای مفصلی، درد و کاهش عملکرد را نام برد(۳). مطالعات بیومکانیکی استئوآرتریت اندام تحتانی حاکی از آن است که تغییرات بیومکانیکی در یک مفصل می‌تواند مفاصل پیرامونی دیگر را تحت تأثیر قرار دهد(۱). متداول‌ترین علائم استئوآرتریت درد مفصلی، محدودیت حرکتی، التهاب، سفتی و خشکی مفصلی می‌باشند(۴). شواهد به صراحت نشان می‌دهد که گشتاور اداکشنی با شدت استئوآرتریت داخلی زانو ارتباط دارد، اگر چه یافتن یک ارتباط علت و معلولی مشکل است. نتایج تحقیقات گشتاور اداکشنی زانو بالاتری در خلال راه رفتن در بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو در مقایسه با افراد با زانوهای سالم نشان داده‌اند. فشار تماسی (بار تحمیلی) بر قسمت داخلی زانو با گشتاور اداکشنی زانو همبستگی و ارتباط بالایی دارد؛ بنابراین از گشتاور اداکشنی به‌عنوان یک شاخص فشار تماسی (بار تحمیلی) بر قسمت داخلی زانو استفاده می‌گردد(۵). با توجه به بررسی‌ها و مطالعات انجام‌شده نخستین اوج گشتاور زانو در خلال راه رفتن یک پیشگویی‌کننده قوی از شدت و میزان پیشرفت استئوآرتریت بخش داخلی زانو است(۶). افزایش گشتاور اداکشنی با باریک‌شدن فضای مفصلی زانو و افزایش درد زانو در ارتباط است(۵)، که چگونگی رخ دادن آن ناشناخته است. یک فرضیه احتمالی این است که گشتاورهای اداکشنی بالاتر در زانو از طریق تحمیل لود و بار بیش از حد به بخش داخلی زانو ممکن است میانجی درد زانو باشد. افزایش تحمیل بار بر کمپارتمان داخلی زانو به احتمال زیاد به ایجاد تروما و کوفتگی استخوان تحت کندیلی با دردهای پس از آن بر می‌گردد(۷). در مفصل زانو در حالت نرمال میزان بار وارد بر کمپارتمان داخلی زانو در حالت ایستادن روی یک پا ۴ برابر بیشتر از زمانی است که فرد روی هر دو پا می‌ایستد. در زانوهایی که انحراف واروس دارند، طی راه رفتن بزرگی گشتاور واروس نسبت به والگوس به ۳/۳ برابر می‌رسد(۸). در حال حاضر درمان قطعی برای استئوآرتریت زانو وجود ندارد(۹) به دلیل آنکه مکانیسم ایجاد بیماری و پیشرفت آن هنوز به طور کامل شناخته نشده است؛ بنابراین هدف اصلی درمان بر کاهش نشانه‌ها و علائم بیماری متمرکز شده است و در صورت امکان، کندکردن پیشرفت بیماری می‌تواند از اهداف درمانی باشد. درمان‌های موجود شامل درمان‌های کانسرواتیو مثل درمان‌های دارویی، اشکال مختلف فیزیوتراپی مثل گرما، ماساژ، الکتروتراپی و تمرین درمانی و درمان‌های جراحی است(۱۰). اثرات بالینی مفید تمرینات در افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو بسته به شدت استئوآرتریت از شدید تا خفیف متفاوت است؛ اما به هر حال تمرین درمانی به عنوان سنگ‌بنای درمان‌های کانسرواتیو در نظر گرفته می‌شود(۱۱). هدف اصلی تمرین درمانی در این بیماران بهبود آسیب‌های‌جسمی همراه با استئوآرتریت مثل قدرت عضلانی، درد، دامنه حرکتی، حس عمقی، تعادل، تناسب قلبی عروقی و عملکردهای فیزیکی و کمک به داشتن نقش بهینه در اجتماع، خانواده،کار و فعالیت‌های تفریحی است(۱۲). از دیگر مزایای تمرین درمانی در این بیماران کاهش خطر افتادن، بهبود موبیلیتی،کاهش وزن بدن، بهبود وضعیت روانی و ناهنجاری‌های متابولیک است. طیف گسترده‌ای از تمرین درمانی برای مبتلایان به استئوآرتریت در نظر گرفته می‌شود(۹). محتوای تمرینات داده شده به بیماران از ساده تا نسبتاً پیچیده متغیر است. مطالعات بسیاری سطح فواید تمرین درمانی را مشابه با مصرف داروهای ضد التهابی غیراستروئیدی اما با اثرات جانبی کمتر عنوان کرده‌اند(۱۳). نتایج برخی از تحقیقات حاکی از کاهش درد و بهبود عملکرد جسمانی پس از تمرینات روتین داشت، و لیکن

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.29252/sjku.24.6.106]

کاهش یا تغییری در گشتاور اداکشنی در افراد مبتلا به استئوآرتریت پس از این تمرینات گزارش نگردید(۱۴)، ولیکن به‌طورکلی انجام حرکات و تمرینات پویای روتین گیت به جلو برای افراد مبتلا به استئوآرتریت ناخوشایند و همراه با درد ادراکی است، لذا متخصصین بالینی بر تمرینات ایزومتریک و غوطه‌وری در آب متمرکز گردیده اند. و این در حالی است که این تمرینات داینامیک نمی‌باشند و به‌اندازه تمرینات داینامیک ممکن است باعث اثربخشی در ارتقاء کیفیت زندگی افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو نگردند؛ بنابراین تمرینات داینامیکی همانند گیت به عقب که در هنگام اجرای آن درد ادراکی بیمار کاهش می‌یابد(۱۵) که می‌تواند مقدم بر سایر روش‌های تمرینی باشد. الگوهای گام‌برداری در گیت به عقب معکوس می‌گردد، لذا کاهش درد ادراکی حین این نوع پروتکل تمرینی ممکن است به خاطر نوبت بار و گشتاور اداکشنی به سمت کمپارتمنت خارجی تیبا باشد؛ بنابراین با توجه مستندات علمی اندک در مورد تأثیر گیت به عقب بر پارامترهای کینتیکی افراد مبتلا به استئوآرتریت، در این مطالعه تأثیر پروتکل تمرینی گیت به عقب بر تعدیل و تغییر گشتاور اداکشنی و ایمپالس راه رفتن در افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو، مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی

این تحقیق از نوع نیمه تجربی و جامعه آماری این پژوهش را یک گروه تجربی (بیمار مبتلا به استئوآرتریت کمپارتمنت داخلی زانو) و دو گروه کنترل (سالم و بیمار مبتلا به استئوآرتریت کمپارتمنت داخلی زانو) تشکیل می‌دادند. بیماران مبتلا به استئوآرتریت کمپارتمنت داخلی زانو مراجعه‌کنندگان به کلینیک‌های درمانی - ارتوپدی شهر همدان بودند که شرایط ورود به مطالعه را دارا و داوطلبانه حاضر به شرکت در مطالعه بودند، گروه همتای سالم نیز از بین کارکنان دانشگاه انتخاب شدند.

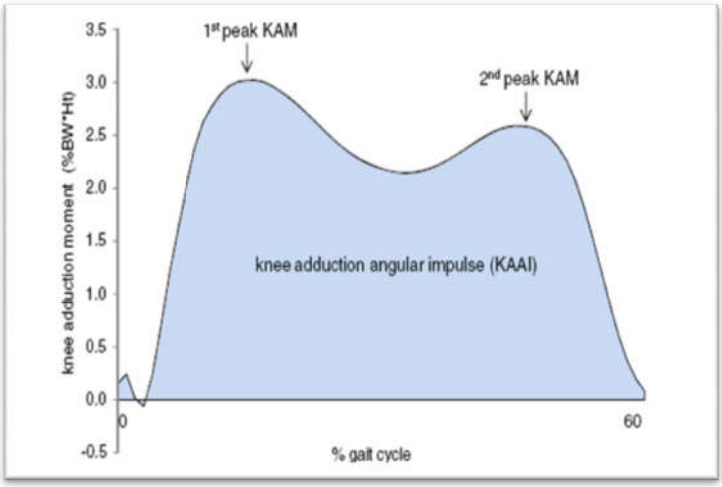
با استفاده از نرم افزار جی پاور نسخه {۳.۱.۲} برای آزمون آماری مربوطه با توان آماری ۰/۸۰، اندازه اثر ۰/۸۰ و سطح آلفا ۰/۰۵، حجم نمونه تحقیق ۲۱ نفر برای هر گروه محاسبه گردید(۱۹). پروتکل تمرینی گیت به عقب به‌عنوان متغیر مستقل در کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی همدان (شماره ۱۶/۳۵/۹/۱۱۹۶/پ) تصویب شد. معیارهای ورود بیماران به مطالعه شامل: نداشتن محدودیت برای ایستادن و راه رفتن، داشتن علائم رادیولوژیک استئوآرتریت در زانو، درد و تندرنس در سمت داخلی مفصل، مردان دارای درد زانو به مدت ۶ ماه یا بیشتر (داشتن درد مزمن)، نبودن در مرحله حاد بیماری، عدم مصرف داروی تزریقی داخل مفصلی از ۳ ماه قبل، عدم مصرف داروی خوراکی (ضد التهابی غیر استروئیدی) از یک هفته قبل از ورود به مطالعه، نداشتن سابقه ضربه، آسیب یا عمل جراحی و شکستگی در اندام تحتانی، عدم سابقه بیماری‌های تهدیدکننده مفصل (استئونکروز، دیابت، پوکی استخوان، آرتریت روماتوئید، بیماری عصبی عضلانی، سابقه هر گونه علائمی از بیماری کلاژن واسکولار، آرتریت پسوریازی، آرتریت‌های ناشی از نقرس و شبه نقرس)، عدم سابقه طولانی مصرف داروی مؤثر بر سیستم عضلانی-اسکلتی و عدم اعتیاد بود. تمامی این موارد توسط متخصص در افراد مورد مطالعه بررسی گردید. همچنین آزمودنی‌ها بر اساس شاخص کلگرن و لورنس مبتلا به استئوآرتریت کمپارتمنت داخلی زانو درجات ۲ و۳ بودند(۱۶). گروه همتای سالم از نظر سن، شاخص توده بدن و سطح فعالیت به صورت همسان‌سازی و متناسب با افراد مبتلا به استئوآرتریت انتخاب گردیدند .

ابزار و روش اجرا: برای اندازه گیری گشتاور اداکشنی و سطح زیر منحنی نیروهای عکس‌العمل (ایمپالس) از دو صفحه نیرو Kistler (۴۰۰*۶۰۰ میلی‌متر) با فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰۰ هرتز استفاده شد. اطلاعات با استفاده از فیلتر پایین گذر باترورث با برش فرکانس ۲۰ هرتز هموار گردیدند. همه مؤلفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین به وزن و

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.29252/sjku.24.6.106]

درصدی از وزن نرمال سازی گردیدند. مؤلفه‌های گشتاور اداکشنی، سطح زیر منحنی گشتاور اداکشنی (ایمپالس) هنگام راه رفتن با کمک نرم افزارهای Vicon Nexus 1.8.5، Polygon 4.1.2 و Visual3D v5 محاسبه شدند. نتایج حداکثر گشتاور اداکشنی در حین یک سیکل گام برداری به دو جزء تقسیم می‌گردد که با عناوین زیر در این بخش توضیح داده می‌شود: قله اول (Peak1 KAM)، قله دوم (Peak2 KAM) (شکل ۱).



شکل ۱. اجزاء مختلف هر یک از مؤلفه‌های گشتاور اداکشنی، سطح زیر منحنی سطح زیر منحنی گشتاور اداکشنی در صفحه حرکتی فرونتال هنگام راه رفتن.

پروتکل تمرینی گیت به عقب: پروتکل تمرینی گیت به عقب به مدت ۶ هفته (سه جلسه در هفته) اجرا گردید و قبل از شروع جلسات در یک جلسه توجیهی نحوه اجرای پروتکل تمرین درمانی گیت به عقب تشریح و از آزمودنی‌ها خواسته شد در صورت بروز احساس درد در جلسات مربی را مطلع سازند تا شدت و نوع تمرینات با توجه به وضعیت افراد کنترل گردد. بعد از ۵ دقیقه گرم کردن عمومی افراد سه ست گیت به عقب (یک دقیقه راه رفتن و متعاقباً ۱۰ ثانیه دویدن آرام به عقب) را انجام دادند. هدف از این بخش پیش آمادگی آزمودنی‌ها بود. نحوه اجرای کلی پروتکل تمرین درمانی گیت به عقب به این صورت بود که قبل از اجرای پروتکل، گرم کردن عمومی شامل دویدن آرام، تمرینات کششی چهار سر رانی، همسترینگ و دو قلو به مدت پنج دقیقه انجام می گرفت. سپس اجرای پروتکل و در خاتمه مرحله سرد کردن همراه با کشش عضلات مذکور انجام می‌شد. جزئیات اجرای پروتکل تمرینی گیت به عقب در سالن ورزشی به این صورت بود که افراد ابتدا ۳ ست اینتروالی رفت و برگشتی ۲، ۴ و ۶ عرض سالن را انجام دادند، سپس ۲ ست ۲ و ۳ دقیقه‌ای گیت به عقب را اجرا می‌کردند. بعد از ۳ دقیقه تمرینات کششی افراد دو نوبت تمرینات قدرتی گیت به عقب را در انتهای پروتکل انجام دادند. شدت تمرینات از هفته دوم افزایش می‌یافت. البته شدت این تمرینات با توجه به وضعیت هر کدام از بیماران تحت کنترل بود.

روش آماری: جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها و امکان استفاده از آزمون‌های پارمتریک، از آزمون Shapiro-Wilks استفاده شد. اعداد پرت، پس از شناسایی، از تحلیل آماری کنار گذاشته شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون‌های آماری t همبسته و تحلیل واریانس یک‌طرفه در نرم افزار SPSS Inc.,Chicago,

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.29252/sjku.24.6.106]

SPSS 20.0(IL,USA) وسطح معناداری (p< ۰/۰۵) صورت گرفت.

یافته‌ها

در خصوص متغیرهای دموگرافیک (سن، قد، وزن) آزمودنی‌ها، جدول۱ نشان می‌دهد؛ تفاوت معنی‌داری بین قد، وزن و سن سه گروه از آزمودنی‌ها وجود نداشت و گروه‌ها همگن بودند (p>۰/۰۵).

جدول۱. ویژگی‌های آزمودنی‌های شرکت کننده در مطالعه

متغیرها	گروه کنترل	گروه تجربی	گروه سالم	P
سن (سال)	۵۹/۱۶±۸/۲۸	۵۴/۳۳±۱۲/۰۶	۶۲/۶۰±۸/۵۳	۰/۲۵۶
قد (سانتی متر)	۱۷۰±۵/۶۰	۱۶۸±۷/۱۱	۱۶۷±۶/۴۶	۰/۹۶۹
جرم (کیلوگرم)	۷۶/۱۶±۸/۴۷	۷۲±۹/۵۰	۸۱/۸۰±۱۳	۰/۷۸۷

نتایج حداکثر گشتاور اداکشنی اولیه زانو (نیوتن متر بر وزن بدن)، حداکثر گشتاور اداکشنی اولیه نرمالایز شده، حداکثر گشتاور اداکشنی ثانویه زانو (نیوتن متر بر وزن بدن)، حداکثر گشتاور اداکشنی ثانویه نرمالایز شده، میانگین گشتاور اداکشنی (نیوتن متر بر وزن بدن)، ایمپالس گشتاور اداکشنی زانو (نیوتن متر در ثانیه بر وزن بدن)، ایمپالس گشتاور اداکشنی زانو نرمالایز شده (Nm.sec/BW*HT٪) قبل و بعد از تمرین در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود اختلاف معنی‌داری قبل و بعد از تمرین بین حداکثر گشتاور اداکشنی اولیه و ثانویه بیماران مبتلا به استئوآرتریت با افراد سالم وجود نداشت (P>۰/۰۵). نتایج نرمالایز شده حداکثر گشتاور اداکشنی اولیه و ثانویه نیز در گروه‌های تجربی و کنترل استئوآرتریتی در مقایسه با گروه سالم حین راه رفتن در قبل و بعد از تمرین درمانی اختلاف معنی داری را نشان نداد (P>۰/۰۵). همچنین مشاهده گردید؛ اختلاف معنی داری قبل و بعد از تمرین بین حداکثر گشتاور اداکشنی اولیه و ثانویه بیماران مبتلا به استئوآرتریت با افراد سالم وجود نداشت (P>۰/۰۵)، ولی تمایل به معنی داری مشاهده شد (P=۰/۰۵۳ و P=۰/۰۵۱).

جدول۲. میانگین و انحراف استاندارد گشتاورهای اداکشنی زانو (نیوتن متر بر وزن بدن) در گروه‌های تجربی و کنترل استئوآرتریتی در مقایسه با گروه سالم حین راه رفتن در قبل و بعد از تمرین درمانی

متغیر	مداخله	گروه سالم	گروه تجربی	گروه کنترل	P value pre t.	P value post t.
حداکثر گشتاور اداکشنی اولیه زانو(Nm /BW)	قبل	۰/۵۲±۰/۱۶	۰/۵۹±۰/۰۵	۰/۶۳±۰/۱۸	E&C=۰/۶۳۰	E&C=۰/۱۳۳
					N&E=۰/۳۹۹	N&E=۰/۸۷۹
	بعد		۰/۵۰±۰/۱۷	۰/۶۲±۰/۷۹	N&C=۰/۲۲۱	N&C=۰/۳۰۷
					Group E(Pre&post)=۰/۰۸۸	
حداکثر گشتاور اداکشنی اولیه زانو (Nm /BW*HT %)	قبل	۲/۸۷±۰/۸۰	۳/۶۲±۰/۵۲	۳/۵۰±۰/۹۸	E&C=۰/۷۳۹	E&C=۰/۳۲۴
					N&E=۰/۱۴۱	N&E=۰/۷۶۱
	بعد		۳/۲۵±۱/۰۲	۳/۴۹±۰/۹۴	N&C=۰/۲۰۳	N&C=۰/۲۸۶
					Group E(Pre&post)=۰/۲۲۳	
حداکثر گشتاور	قبل	۰/۳۷±۰/۰۶	۰/۳۶±۰/۰۶	۰/۴۴±۰/۱۲	E&C=۰/۰۹۰	E&C=۰/۲۷۰
					N&E=۰/۷۹۱	N&E=۰/۸۷۱

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.29252/sjku.24.6.106]

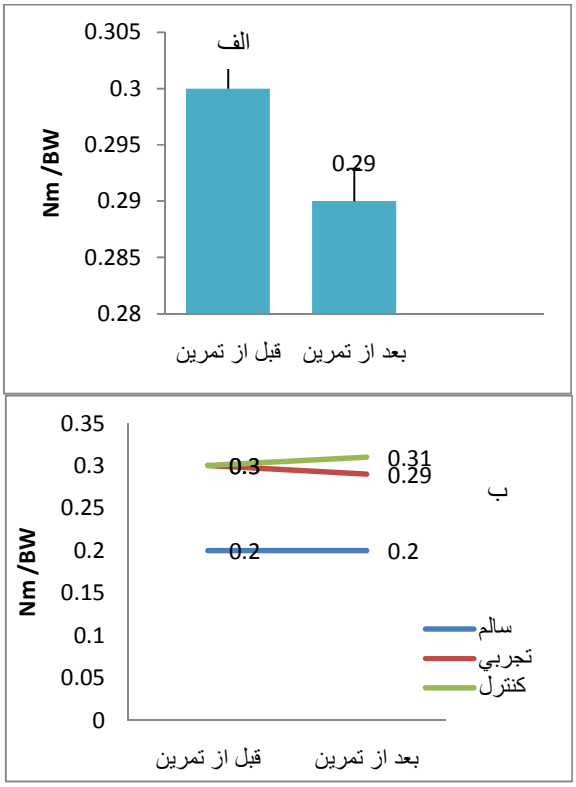
اداکشنی ثانویه زانو(Nm /BW)	بعد		۰/۳۶±۰/۲۰	۰/۴۳±۰/۱۴	N&C=۰/۲۸۷	N&C=۰/۴۹۰
					Group E(Pre&post)=۰/۹۹۰	
حداکثر گشتاور اداکشنی ثانویه زانو (Nm /BW*HT %)	قبل	۲/۳۴±۰/۴۷	۲/۷۸±۰/۳۶	۲/۶۶±۰/۶۳	E&C=۰/۶۲۰	E&C=۰/۲۵۹
					N&E=۰/۱۷۹	N&E=۰/۷۹۱
	بعد		۲/۲۲±۱/۲۱	۲/۷۱±۰/۷۶	N&C=۰/۳۰۸	N&C=۰/۵۴۴
					Group E(Pre&post)=۰/۱۶۷	
گشتاور اداکشنی (Nm /BW)	قبل	۰/۲۰±۰/۰۳	۰/۳۰±۰/۰۸	۰/۳۰±۰/۰۸	E&C=۰/۹۱۶	E&C=۰/۹۶۲
					N&E=۰/۰۵۱	N&E=۰/۱۳۳
	بعد		۰/۲۹±۰/۱۲	۰/۳۱±۰/۰۵	N&C=۰/۰۵۳	N&C=۰/۱۱۴
					Group E(Pre&post)=۰/۸۹۸	
ایمپالس گشتاور اداکشنی زانو (Nm sec /BW)	قبل	۰/۲۶±۰/۰۱۶	۰/۴۵±۰/۹۴	۰/۴۹±۰/۱۵	E&C=۰/۵۳۸	E&C=۰/۳۱۰
					N&E=۰/۰۱۴	N&E=۰/۰۴۷
	بعد		۰/۴۳±۰/۱۳	۰/۴۸±۰/۱۸	N&C=۰/۰۰۴	N&C=۰/۰۰۷
					Group E(Pre&post)=۰/۳۵۱	
ایمپالس گشتاور اداکشنی زانو (Nm.sec/BW* HT %)	قبل	۱/۷۷±۰/۲۵	۲/۹۵±۰/۴۹	۲/۹۵±۰/۷۹	E&C=۰/۹۵۶	E&C=۰/۳۱۵
					N&E=۰/۰۰۶	N&E=۰/۰۶۷
	بعد		۲/۶۱±۰/۷۵	۲/۹۴±۰/۵۷	N&C=۰/۰۰۵	N&C=۰/۰۱۱
					Group E(Pre&post)=۰/۰۴۶	

E: گروه تجربی، C: گروه کنترل، N: گروه سالم، P value pre t: تفاوت بین سه گروه قبل از تمرین، P value post t: تفاوت بین سه گروه بعد از تمرین، Group E(Pre&post): تفاوت قبل و بعد از تمرین در گروه تجربی.

نتایج حاصله می تواند مؤید حساسیت بیشتر این شاخص (گشتاور اداکشنی زانو) نسبت به شاخص‌های حداکثری در افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو باشد (نمودار۱).

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.29252/sjku.24.6.106]



نمودار۱. الف) تمایل به معنی‌داری میانگین گشتاور اداکشنی زانو بین گروه سالم با گروه‌های بیمار قبل از تمرین، ب) اثر غیر معنی‌دار درون گروهی تمرین بر میانگین گشتاور اداکشنی

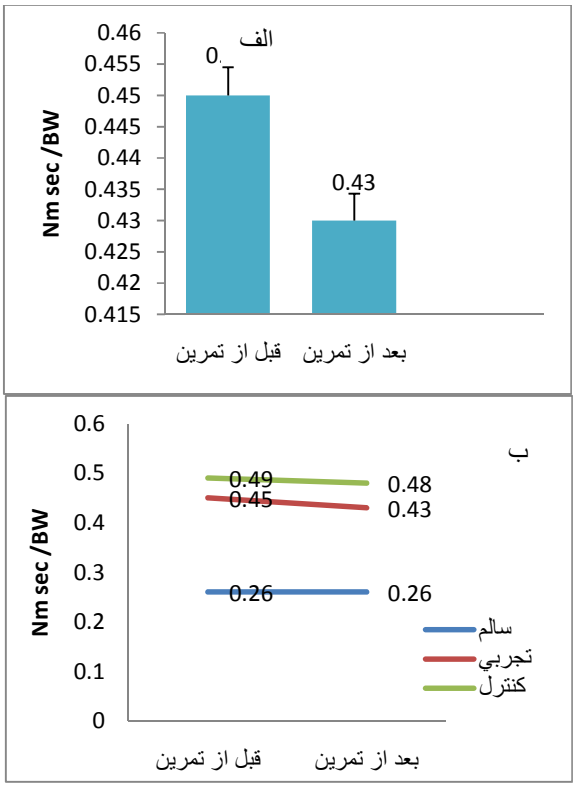
همان‌طوری که در جدول۲ مشاهده گردید؛ اختلاف معنی‌داری قبل از تمرین بین ایمپالس گشتاور اداکشنی زانو بیماران مبتلا به استئوآرتریت با افراد سالم وجود داشت و تفاوت میانگین‌ها حاکی از مقدار بالاتر این مؤلفه در افراد مبتلا به استئوآرتریت بود (P<۰/۰۵). لذا این مؤلفه‌ها می‌توانند یکی از شاخص‌های پیشگویی‌کننده با حساسیت بالا به منظور برآورد شدت استئوآرتریت تلقی گردد. در مورد اثر تمرین بر این مؤلفه نتایج حاکی کاهش میانگین گروه تجربی بعد از تمرین در مقایسه با افراد سالم داشت و لیکن نتایج همچنان معنی‌دار بود (نمودار۲).

نتایج به‌دست آمده در جدول ۲ همچنین حاکی از آن است که بعد از نرمال‌سازی ایمپالس گشتاور اداکشنی زانو حساسیت اختلاف معنی‌داری بین گروهای استئوآرتریتی و سالم بیشتر گردید و ایمپالس گشتاور اداکشنی زانو نرمالایز شده اختلاف معنی‌داری را بین بیماران مبتلا به استئوآرتریت با افراد سالم نشان داد و تفاوت میانگین‌ها حاکی از مقدار بالاتر این مؤلفه در افراد مبتلا به استئوآرتریت بود (P<۰/۰۵)؛ بنابراین نتایج ایمپالس گشتاور اداکشنی زانو نرمالایز شده می تواند یکی از شاخص‌های پیشگویی کننده با حساسیت بسیار بالا به منظور برآورد شدت استئوآرتریت تلقی گردد.

در مورد اثر تمرین بر این مولفه نتایج حاکی از کاهش میانگین گروه تجربی بعد از تمرین در مقایسه با افراد سالم داشت که منجر به عدم اختلاف معنی‌دار میانگین گروه تجربی در مقایسه با گروه سالم گردیده است (P>۰/۰۵) (نمودار۳).

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-14]

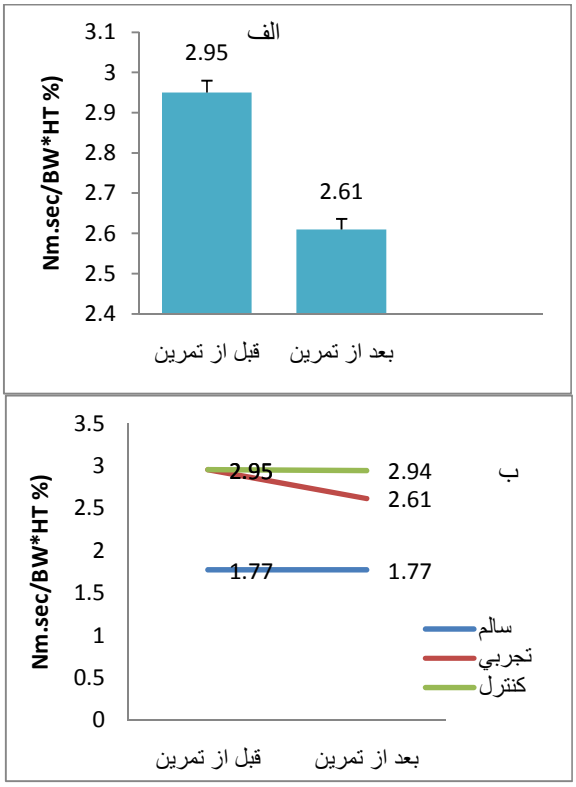
[DOI: 10.29252/sjku.24.6.106]



نمودار۲. الف) تفاوت معنی‌دار ایمپالس گشتاور اداکشنی زانو بین گروه سالم با گروه‌های بیمار قبل و بعد از تمرین (P<۰/۰۵)، ب) اثر غیر معنی‌دار درون‌گروهی تمرین بر ایمپالس گشتاور اداکشنی زانو.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.29252/sjku.24.6.106]



نمودار۳. الف) اثر معنی‌دار بین گروهی تمرین بر ایمپالس گشتاور اداکشنی نرمالایز شده زانو (P<۰/۰۵)، ب) اثر معنی‌دار درون گروهی تمرین بر ایمپالس گشتاور اداکشنی نرمالایز شده زانو (P<۰/۰۵).

بحث

نتایج حاصل از مطالعه توسط نرم‌افزارهای تحلیلی حاکی از آن است که اختلاف معنی‌داری قبل و بعد از تمرین بین حداکثر گشتاور اداکشنی اولیه و ثانویه بیماران مبتلا به استئوآرتریت با افراد سالم وجود ندارد (P>۰/۰۵). نتایج نرمالایز شده حداکثر گشتاور اداکشنی اولیه و ثانویه نیز در گروه‌های تجربی و کنترل استئوآرتریتی در مقایسه با گروه سالم حین راه رفتن در قبل و بعد از تمرین درمانی نیز اختلاف معنی داری را نشان نداد (P>۰/۰۵).

نتایج مطالعه Mundermann و همکاران (۲۰۰۴) مؤید آن است که نخستین اوج گشتاور زانو در خلال راه رفتن یک پیشگویی کننده قوی از شدت و میزان پیشرفت استئوآرتریت بخش داخلی زانو است(۱۷) و یکی از مهم‌ترین تغییرات کینتیکی مشهود در افراد استئوآرتریت افزایش اوج گشتاور اداکشنی زانو است. در تحقیقی گشتاور زانو بین دو گروه استئوآرتریتی با اختلال و بدون اختلال راه رفتن تفاوت معنی داری را نشان داد(۱۸)، لذا این پارامتر می‌تواند تبیین‌کننده شدت و میزان پیشرفت استئوآرتریت بخش داخلی زانو باشد. نتایج به دست آمده از این تحقیق عدم اختلاف بین افراد مبتلا به استئوآرتریت و سالم را که مبین حساسیت پایین این شاخص در ارزیابی گیت پاتولوژیک این بیماران است را نشان داد که مفروضات احتمالی نتایج حاصله به شرح زیر است. Uhlrich و همکاران (۲۰۱۸) نشان داده‌اند که تغییر زاویه پیشرفت پا یا به عبارتی چرخش پا به سمت بیرون (Toe out) و داخل (Toe in) هنگام راه رفتن باعث کاهش ۲۰-۱۰/۵ درصدی گشتاور اداکشنی می گردد. لذا یکی از دلایل احتمالی این

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.29252/sjku.24.6.106]

مغایرت ممکن است به‌خاطر عدم کنترل زاویه پیشرفت هنگام اخذ تریال های گیت می تواند باشد(۱۹).

نتایج مطالعه Hurwitz و همکاران (۲۰۰۰) نیز نشان داد درد زانو منجر به اخذ استراتژی‌های جبرانی مثل خم کردن تنه، چرخش پا به سمت بیرون (Toe out) و کاهش سرعت گیت به منظور کاهش گشتاور اداکشنی (اوج گشتاور اداکشنی) می گردد(۲۰). از پیامدهای این انطباق و تأثیر این عارضه بر مفاصل مجاور زانو می‌توان به ضعف عضلات دورکننده ران و کمر درد در افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو اشاره کرد که لزوم بررسی‌های بیشتر در این موارد را نمایان می‌سازد(۲۱). نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که اختلاف معنی‌داری قبل و بعد از تمرین بین حداکثر گشتاور اداکشنی اولیه و ثانویه بیماران مبتلا به استئوآرتریت با افراد سالم وجود ندارد (P>۰/۰۵)، ولی نتایج میانگین گشتاور اداکشنی قبل از تمرین حاکی از تمایل به معنی داری داشت (P=۰/۰۵۳ و P=۰/۰۵۱). لذا نتایج به دست آمده ممکن است مؤید حساسیت بیشتر این شاخص نسبت به شاخص‌های حداکثری در افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو باشد.

Iijima و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه خود عنوان کردند که با افزایش بیماری، گشتاور اداکشن زانو در برخی از قسمت های سیکل راه رفتن افزایش پیدا می کند که این افزایش گشتاور خود باعث پیشرفت بیماری می‌شود(۲۲). نتایج بسیاری از تحقیقات مؤید گشتاور غیرطبیعی در بیماران مبتلا به استئوآرتریت است که آن را با افزایش و پیشرفت استئوآرتریت، درد و تغییرات ساختاری مرتبط دانسته اند(۲۵-۲۳).

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که اختلاف معنی‌داری قبل از تمرین بین ایمپالس گشتاور اداکشنی زانو بیماران مبتلا به استئوآرتریت با افراد سالم وجود دارد و تفاوت میانگین‌ها حاکی از مقدار بالاتر این مؤلفه در افراد مبتلا به استئوآرتریت است (P<۰/۰۵)؛ و لذا این مؤلفه می‌تواند یکی از شاخص‌های پیشگویی کننده با حساسیت بالا به منظور برآورد شدت استئوآرتریت تلقی گردد. در مورد اثر تمرین بر این مؤلفه نتایج حاکی از کاهش میانگین گروه تجربی بعد از تمرین در مقایسه با افراد سالم داشت ولیکن نتایج همچنان معنی‌دار بود.

هم‌راستا با نتیجه به‌دست آمده محققین با اندازه گیری گشتاور اداکشنی زانو و ایمپالس گشتاور اداکشنی زانو، نیروی کمپرسشنی تحمیل شده به کمپارتمنت داخی زانو در خلال راه رفتن را برآورد نموده اند که نتایج حاکی از افزایش این مؤلفه‌ها در افراد مبتلا به استئوآرتریت داخلی زانو داشت(۱۴). نتایج حاکی از آن است که بعد از نرمال‌سازی ایمپالس گشتاور اداکشنی زانو حساسیت اختلاف معنی‌داری بین گروه‌های استئوآرتریتی و سالم بیشتر گردید و ایمپالس گشتاور اداکشنی زانو نرمالایز شده اختلاف معنی‌داری را بین بیماران مبتلا به استئوآرتریت با افراد سالم نشان داد و تفاوت میانگین‌ها حاکی از مقدار بالاتر این مؤلفه در افراد مبتلا به استئوآرتریت بود (P<۰/۰۵)؛ بنابراین نتایج ایمپالس گشتاور اداکشنی زانو نرمالایز شده می‌تواند یکی از شاخص‌های پیشگویی کننده با حساسیت بسیار بالا به منظور برآورد شدت استئوآرتریت تلقی گردد.

در مورد اثر تمرین بر این مؤلفه نتایج حاکی از کاهش میانگین گروه تجربی بعد از تمرین در مقایسه با افراد سالم داشت که منجر به عدم اختلاف معنی‌دار میانگین گروه تجربی در مقایسه با گروه سالم گردیده است. محققین در یک تحقیق به بررسی ارتباط بین ایمپالس گشتاور اداکشنی زانو و حداکثر گشتاور اداکشنی با میزان از دست دادن غضروف مفصلی در یک دوره یک‌ساله در ۱۴۴ بیمار مبتلا به استئوآرتریت اولیه زانو پرداختند. آن‌ها ارتباطی را بین میزان از دست دادن غضروف و حداکثر گشتاور اداکشنی به دست نیاوردند ولیکن یک ارتباط قوی بین ایمپالس گشتاور اداکشنی زانو و میزان از دست دادن غضروف مفصلی را نشان دادند(۲۶). در دیگر تحقیقات نیز ارتباط مثبت و قوی‌ای بین ایمپالس گشتاور اداکشنی و شدت

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.29252/sjku.24.6.106]

استئوآرتریت گزارش گردیده است(۲۷). لذا با توجه همخوانی و تطابق نتیجه به دست آمده از تحقیق صورت گرفته و تحقیق حاضر می‌توان گفت که این شاخص بیومکانیکی از حساسیت بالایی برای تفکیک پذیری افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو برخوردار است(۲۸) و نتیجه اثر تمرین از نظر کلینیکی مؤید اثربخشی پروتکل گیت به عقب بر این مؤلفه پاتولوژیک بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو بوده است.

نتیجه‌گیری

حداکثر گشتاور اداکشنی اول و دوم حساسیت تفکیک‌پذیری پایینی دارند. ایمپالس گشتاور اداکشنی زانو می‌تواند یکی از شاخص‌های پیشگویی کننده با حساسیت بالا به منظور برآورد شدت استئوآرتریت تلقی گردد که با نرمالایز کردن حساسیت آن افزایش می‌یابد. پروتکل گیت به عقب، باعث کاهش ایمپالس گشتاور اداکشنی زانو در گروه تجربی گردیده است. همچنین توصیه می‌شود؛ گرفتن تریال‌هایی با گیت چرخش پا به بیرون و داخل (Toe in-out) و تحقیق مشابهی بر روی هم انقباضی بین عضلات چهار سر و همسترینگ به‌عنوان علت بار بیش از حد مفصلی در بیماران یک‌طرفه و دو طرفه استئوآریتی زانو صورت گیرد و تأثیر شیوه و روش‌های درمان ترکیبی (همراه با کفی با گوه خارجی و ...) مورد بررسی قرار گیرد.

محدودیت ها: محدود کردن جامعه مورد تحقیق به بیماران مرد مبتلا به استئوآرتریت زانو، عدم کنترل سرعت گیت هنگام اخذ تریال ها (به دلیل تأثیر آن بر گشتاورهای اداکشنی زانو)، عدم کنترل زاویه پیشرفت پا هنگام اخذ تریال ها (به دلیل تأثیر آن بر گشتاورهای اداکشنی زانو).

تشکر و قدردانی

مؤلفین این مقاله تشکر صمیمانه خود را به خاطر همکاری بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو اظهار می‌نمایند .همچنین از دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان به خاطر در اختیار گذاردن آزمایشگاه بیومکانیک تقدیر به عمل می‌آید.

اخلاق در انتشار: پروتکل تمرینی گیت به عقب در کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی همدان (شماره۱۶/۳۵/۹/۱۱۹۶/پ) تصویب گردید.

References

1. Farkas GJ, Schlink BR, Fogg LF, Foucher KC, Wimmer MA, Shakoor N. Gait asymmetries in unilateral symptomatic hip osteoarthritis and their association with radiographic severity and pain. HIP INT. 2019;29(2):209-14.

2. Østerås N, Risberg MA, Kvien TK, Engebretsen L, Nordsletten L, Bruusgaard D, et al. Hand, hip and knee osteoarthritis in a Norwegian population-based study-The MUST protocol. BMC Musculoskeletal Disord. 2013;14(1):201.

3.Liikavainio T. Biomechanics of gait and physical function in patients with knee osteoarthritis. Diagnosis and treatment of knee osteoarthritis 2th ed Finland: Publication of the Universıty of Eastern: Finland. 2010:15-30.

4. Verlaan L, Boekesteijn R, Oomen P, Liu W, Peters M, Emans P, et al. Knee adduction moments are not increased in obese knee osteoarthritis patients during stair negotiation. Gait & posture. 2019;73:154-60.

5.Tsukagoshi R, Goto M, Senoo H, Honda R. Influence of foot progression angle on knee adduction and flexion moment during stair climbing in healthy individuals. Gait & posture. 2019;71:163.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.29252/sjku.24.6.106]

6.Mündermann A, Dyrby CO, Andriacchi TP. Secondary gait changes in patients with medial compartment knee osteoarthritis: increased load at the ankle, knee, and hip during walking. Arthritis Rheum. 2005;52(9):2835-44.

7.Abdallah AA, Radwan AY. Biomechanical changes accompanying unilateral and bilateral use of laterally wedged insoles with medial arch supports in patients with medial knee osteoarthritis. Clin Biomech. 2011;26(7):783-9.

8.hip Rftmmooot, update k. American College of Rheumatology Subcommittee on Osteoarthritis Guidelines. Arthritis Rheum. 2000;43:1905-15.

9.Bennell KL, Hinman RS. A review of the clinical evidence for exercise in osteoarthritis of the hip and knee. J Sci Med Sport. 2011;14(1):4-9.

10.Reid DA, McNair PJ. Effects of an acute hamstring stretch in people with and without osteoarthritis of the knee. J Physiother. 2010;96(1):14-21.

11. Farr JN, Going SB, Lohman TG, Rankin L, Kasle S, Cornett M, et al. Physical activity levels in patients with early knee osteoarthritis measured by accelerometry. Arthritis Care Res. 2008;59(9):1229-36.

12.Sekir U, Gur H. A multi-station proprioceptive exercise program in patients with bilateral knee osteoarthrosis: functional capacity, pain and sensoriomotor function. A randomized controlled trial. J Sports Sci Med. 2005;4(4):590-603.

13.Zhang Y, Jordan JM. Epidemiology of osteoarthritis. Clin. Geriatr. Med. 2010;26(3):355-69.

14. Selistre LFA, Gonçalves GH, Nakagawa TH, Petrella M, Jones RK, Mattiello SM. The role of hip abductor strength on the frontal plane of gait in subjects with medial knee osteoarthritis. Physiother Res Int. 2019:e1779.

15.Khyatee MK, Gupta S. Retrotreadmill walking as a rehabilitative tool in knee pain and quadriceps insufficiency. IJSTR. 2013;2(4).

16.Schiphof D, Boers M, Bierma-Zeinstra SM. Differences in descriptions of Kellgren and Lawrence grades of knee osteoarthritis. Ann Rheum Dis. 2008;67(7):1034-6.

17. Mündermann A, Dyrby CO, Hurwitz DE, Sharma L, Andriacchi TP. Potential strategies to reduce medial compartment loading in patients with knee osteoarthritis of varying severity: reduced walking speed. Arthritis Rheum. 2004;50(4):1172-8.

18.Na A, Piva SR ,Buchanan TS. Influences of knee osteoarthritis and walking difficulty on knee kinematics and kinetics. Gait & posture. 2018;61:439-44.

19. Uhlrich SD, Silder A, Beaupre GS, Shull PB, Delp SL. Subject-specific toe-in or toe-out gait modifications reduce the larger knee adduction moment peak more than a non-personalized approach. J Biomech. 2018;66:103-10.

20. Hurwitz D, Ryals A, Block J, Sharma L, Schnitzer T, Andriacchi T. Knee pain and joint loading in subjects with osteoarthritis of the knee. J Orthop Res. 2000;18(4):572-9.

21. Iijima H, Shimoura K, Ono T, Aoyama T, Takahashi M. Proximal gait adaptations in individuals with knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. J Biomech. 2019;87:127-41.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.29252/sjku.24.6.106]

22.Astephen JL, Deluzio KJ, Caldwell GE, Dunbar MJ. Biomechanical changes at the hip, knee, and ankle joints during gait are associated with knee osteoarthritis severity. J Orthop Res. 2008;26(3):332-41.

23. Kito N, Shinkoda K, Yamasaki T, Kanemura N, Anan M, Okanishi N, et al. Contribution of knee adduction moment impulse to pain and disability in Japanese women with medial knee osteoarthritis. Clin Biomech. 2010;25(9):914-9.

24. Bennell KL, Creaby MW, Wrigley TV, Bowles K-A, Hinman RS, Cicuttini F, et al. Bone marrow lesions are related to dynamic knee loading in medial knee osteoarthritis. Ann Rheum Dis. 2010;69(6):1151-4.

25.Hurwitz DE, Sumner DR, Block JA. Bone density, dynamic joint loading and joint degeneration. Cells Tissues Organs. 2001;169(3):201-9.

26. Bennell KL, Bowles K-A, Wang Y, Cicuttini F, Davies-Tuck M, Hinman RS. Higher dynamic medial knee load predicts greater cartilage loss over 12 months in medial knee osteoarthritis. Ann Rheum Dis. 2011;70(10):1770-4.

27. Kwon SB, Ro D, Song M, Han H-S, Lee M, Kim H. Identifying key gait features associated with the radiological grade of knee osteoarthritis. Osteoarthr. Cartil. 2019.

28. Wang S, Chan KH, Lam RH, Yuen DN, Fan CK, Chu TT, et al. Effects of foot progression angle adjustment on external knee adduction moment and knee adduction angular impulse during stair ascent and descent. Hum Mov Sci. 2019;64:213-20.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.29252/sjku.24.6.106]