مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان / دوره بیست و یکم / مرداد و شهریور ۱۳۹۵/۱۲۴-۱۱۳

مقایسه پارامترهای فضایی– زمانی– مکانی هنگام راه رفتن در بیماران مرد مبتلا به استئوآرتریت زانو با درجات مختلف

علی جلالوند[۱]، مهرداد عنبریان[۲]، شهرام آهنجان[۳]

۱. دانشجوی دکتری بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۲. دانشیار بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران(نویسنده مسئول)، تلفن ثابت:۰۸۱-۳۸۳۸۱۴۲۲
mehrdadanbarian36@gmail.com

۳. دانشیار طب ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: اثر استئوآرتریت زانو بر پارامترهای فضایی- زمانی- مکانی راه رفتن در تحقیقات پیشین مورد توجه بوده است. اما اثرات شدت استئوآرتریت بر این پارامترها به‌طور دقیق مستندسازی نشده است. هدف این مطالعه، مقایسه پارامترهای فضایی- زمانی-مکانی راه رفتن در بیماران استئوآرتریت مرد با درجات مختلف بود.

روش بررسی: برای ارزیابی سه بعدی پارامترها از سیستم تحلیل حرکتی (۱۳۰ هرتز) Vicon سری T استفاده گردید. آزمودنی‌ها ۱۵ نفر مرد سالم و ۳۰ نفر مرد بیمار مبتلا به استئوآرتریت زانو بودند که بر اساس طبقه بندی کلگرن و لورنس به ۳ گروه خفیف، متوسط، شدید تقسیم شدند. سپس پارامترهای فضایی-زمانی-مکانی شامل کادنس، حمایت دوگانه ، جدا شدن پای موافق، زمان قدم، عرض قدم، برخورد پای مخالف، جدا شدن پای مخالف، حمایت تک گانه، طول قدم، طول گام، زمان گام، سرعت راه رفتن، زمان استانس و زمان سیکل گام برداری با نرم افزار Vicon Nexus 1.8.5 اندازه گیری و سپس توسط نرم افزارهای Polygon 3.5.1 و Visual3D. v4 در یک سیکل گام برداری استخراج گردید. از روش آنالیز واریانس یکطرفه در نرم افزار SPSS 20. برای تجزیه و تحلیل داده ها استفاده شد ($P < ۰/۰۵$).

یافته‌ها: تفاوت معنی داری در کلیه پارامترهای مورد بررسی بین افراد سالم با بیماران مبتلا به استئوآرتریت با درجات مختلف مشاهده نشد($P>۰/۰۵$) . بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو به طور معنی داری از کادنس، طول قدم، طول گام، سرعت راه رفتن پایین تری برخوردار بودند در حالی‌که زمان قدم، زمان گام، زمان استانس، زمان حمایت دو گانه در آنان طولانی‌تر بود.

نتیجه گیری: تغییر در پارامترهای فضایی- زمانی- مکانی بیماران استئوآرتریت زانو بالاخص با درجه شدید، ممکن است باعث نقصان در پایداری راه رفتن و افزایش خطر سقوط گردد.

واژگان کلیدی: استئوآرتریت زانو، شدت استئوآرتریت ، پارامترهای فضایی-زمانی- مکانی .

وصول مقاله:۹۴/۸/۱۶ اصلاحیه نهایی:۹۵/۱/۲۹ پذیرش:۹۵/۲/۱۳

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-12]

مقدمه

استئوآرتریت (Osteoarthritis) شایع‌ترین بیماری مفصلی است که شرایط ناتوان کننده با بار اقتصادی و اجتماعی بالا به‌همراه دارد (۱). متداول‌ترین مشهودات بالینی آن شامل درد، خشکی مفصلی و کاهش ظرفیت جسمانی و ناتوانی و محدودیت در فعالیت‌ها است (۲). استئوآرتریت یک بیماری دژنرتیو است که ابتدا غضروف مفصلی را تحت تأثیر قرار داده و در مفاصل اندام تحتانی، جنبش پذیری و توانایی حرکت را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. با این وجود، دامنه‌ای از تغییرات پاتولوژیکی در مفاصل و طیفی از اختلالات حرکتی را همراه دارد.

استئوآرتریت یکی از علل شایع ناتوانی در میان بزرگسالان است که معمولاً بیشتر مفاصل خاصی نظیر زانو، ران و ستون فقرات را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳). در این میان استئوآرتریت زانو شایعترین محل درگیری در اندام تحتانی است و یک بیماری ناتوان کننده مزمن مفصلی به شمار می‌رود که بطور فزاینده ایی باعث ضعف شدید عملکردی در فعالیت‌های روزانه می‌شود. اعتقاد بر این است که در استئوآرتریت، بیشترین بار مکانیکی به کمپارتمان داخلی زانو تحمیل می‌شود و در نتیجه کمپارتمان داخلی بیشترین تاثیرپذیری و درگیری (ابتلا) را دارد (۴).

بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو، در پاسخ به دفورمیتی یا شلی در مفاصل اندام تحتانی و درد، تعدیل در الگوی بیومکانیک راه رفتن ایجاد می کنند. این بیماران، اغلب یک نوع راه رفتن انطباقی تسکین دهنده را با پیشرفت بیماری نشان می دهند (۵). در بررسی مستندات موجود، به طور دقیق مشخص نیست که اتخاذ استراتژی انطباقی و یا مکانیسم های جبرانی منجر به تغییر الگوی راه رفتن به‌طور عمده به کدامیک از عوامل نظیر شدت بیماری، درد، ضعف عضلانی و یا محدودیت در دامنه حرکتی پاسیو مربوط است (۶). علاوه بر این انطباق و تعدیل‌های حفاظتی، استئوآرتریت زانو ممکن است تحرک کمر و دیگر مفاصل اندام تحتانی را تحت تاثیر قرار دهد (۷). بنابراین، تجزیه و تحلیل بیومکانیکی راه رفتن در این دسته از بیماران می‌تواند به درک بهتر محدودیت‌ها و استراتژی‌های انطباقی اتخاذ شده از سوی بیماران حین راه رفتن کمک کند. نتایج مطالعات پیشین نشان می دهد که پارامترهای کینتیکی و کینماتیکی حین راه رفتن، بطور قابل ملاحظه در استئوآرتریت زانو تعدیل و تغییر می یابند (۸). برخی از تحقیقات انجام شده گزارشاتی مبنی بر سرعت و آهنگ حرکت پایین تر، طول قدم کوتاه تر، مرحله حمایت یگانه (۹) و مرحله حمایت دوگانه کوتاه‌تر (۱۱) در پای درگیر بیماران مبتلا به ناراحتی‌های التهابی مفصلی زانو را بیان داشته‌اند. با مروری بر تحقیقاتی که روی ویژگی‌های بیومکانیکی راه رفتن بیماران مبتلا به استئوآرتریت صورت گرفته، می‌توان دریافت که به پارامترهای فضایی- مکانی کمتر توجه شده است. از سوی دیگر، توافق و بحث جامعی روی تغییرات پارامترها فضایی-زمانی-مکانی حین راه رفتن در مبتلایان به اختلالات مفصلی زانو به خصوص استئوآرتریت وجود نداشته و گزارشات متناقضی وجود دارد (۱۲-۱۰). به‌علاوه، با رجوع به تحقیقات موجود، خلاء تاثیرات ناشی از افزایش شدت استئوآرتریت زانو بر تغییرات الگوی راه رفتن مرتبط با پارامترهای فضایی، مکانی و زمانی احساس می‌شود. همچنین، اطاعات در دسترس در مورد پایایی و اعتبار تحلیل‌های بیومکانیکی راه رفتن به منظور در نظر گرفتن پارامترهای کینماتیکی مناسب در بیماران استئوآرتریت ناکافیست که شاید ارزیابی‌های تعداد بیشتر بیماران در مطالعات آتی بتواند موثر باشد (۱۳).

با توجه به موارد اشاره شده، درک صحیح از ویژگی‌های پارامترهای فضایی-زمانی و مکانی در الگوی راه رفتن همگام با پیشرفت شدت استئوآرتریت زانو روی می دهد ممکن است در شناسایی کاهش پایداری حین راه رفتن موثر باشد. چرا که مطالعات متعددی که تغییرات الگوی گام‌برداری را با روند پیری و کاهش پایداری دینامیکی بررسی کرده‌اند، بر ایجاد تغییراتی نظیر کاهش طول قدم، سرعت، افزایش مرحله استانس و عرض قدم به‌عنوان نشانه-

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-12]

هایی از کاهش پایداری تاکید کرده‌اند (۱۴). از آنجاکه، کاهش پایداری هنگام گام‌برداری با افزایش خطر سقوط مرتبط است (۱۵)، درک تغییراتی که در پارامترهای فضایی، زمانی و مکانی که با پیشرفت استئوآرتریت روی می‌دهد ممکن است در تعیین نیازهای بیمار و تصمیم گیری در مورد روش‌های درمانی کمک کننده باشد. بنابراین،هدف اصلی این مطالعه این بود که کدامیک از پارامترهای فضایی- زمانی- مکانی راه رفتن تحت تأثیر شدت استئوآرتریت زانوها در افراد با درجات مختلف قرار می گیرد.

روش بررسی

جامعه آماری این پژوهش مشاهده ای پس رویدادی (Ex-post facto) را بیماران مرد مبتلا به استئوآرتریت دو طرفه زانو تشکیل دادند. تعداد ۳۰ نفر به صورت در دسترس از بین مراجعه کنندگان به کلینیک‌های درمانی و ارتوپدی شهر همدان که شرایط ورود به مطالعه را داشتند انتخاب و پس از پر کردن رضایت نامه در این تحقیق شرکت کردند. بیماران بر اساس شدت درگیری در سه گروه ۱۰ نفری استئوآرتریت خفیف، متوسط و شدید تقسیم شدند. همچنین ۱۵ مرد سالم به عنوان گروه کنترل انتخاب شدند. انتخاب حجم نمونه بر اساس تحقیقات مشابه پیشین صورت گرفت (۱۶). پروتکل تحقیق در کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی همدان(شماره۱۶/۳۵/۹/۱۱۹۶/پ) تصویب شد. معیارهای ورود به مطالعه بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو شامل: داشتن علایم رادیولوژیک استئوآرتریت در زانو، درد مزمن زانو به مدت ۶ ماه یا بیشتر، دامنه سنی ۴۵ تا ۷۵ سال، عدم مصرف داروی تزریقی داخل مفصلی از ۳ ماه قبل، عدم مصرف داروی ضد التهابی غیر استروئیدی از یک هفته قبل از ورود به مطالعه، نداشتن سابقه ضربه، آسیب یا عمل جراحی و شکستگی اندام تحتانی، عدم سابقه طولانی مصرف داروی مؤثر بر سیستم عضلانی- اسکلتی بود. معیارهای اشاره شده، توسط متخصص بررسی شد. شدت استئوآرتریت بیماران بر اساس طبقه بندی کلگرن و لورنس تعیین شد که به ۴ درجه تقسیم می‌شود: درجه صفر: بدون تغییر، درجه یک: مشکوک به کاهش فضای مفصلی و احتمال استئوفیت، درجه دو: کاهش فضای مفصلی همراه با پیدایش استئوفیت(mild)، درجه سه: کاهش فضای مفصلی همراه با پیدایش استئوفیت و احتمالاً دفورمیتی متوسط، درجه چهار: استئوفیت و کاهش فضای مفصلی زیاد، اسکلروز و تصلب شدید مفصل زانو همراه با دفورمیتی شدید مرئی استخوان (۱۷). برای ارزیابی سه بعدی متغیرهای فضایی، مکانی و زمانی راه رفتن از سیستم تحلیل حرکتی Vicon شامل ۴ دوربین پرسرعت مادون قرمز سری T، با فرکانس نمونه برداری ۱۳۰ هرتز استفاده شد. برای ثبت دقیق زیرمراحل استانس راه رفتن نظیر لحظه برخورد پاشنه از دو صفحه نیرو Kistler (۴۰۰ * ۶۰۰ میلی‌متر) با فرکانس نمونه برداری ۱۰۰۰ استفاده شد. مدل مورد استفاده شده در این تحقیق Plug-In-Gait lower body models بود که لازمه دست‌یابی و اجرای آن مشتمل بر مراحل زیر بود:

کالیبراسیون دوربین‌ها: با استفاده از Wand (وسیله‌ای T شکل با چند نشان‌گر منعکس کننده نور بر روی آن) فضای کپچری برای دوربین ها کالیبره شد. خطا برای هر دوربین بایستی کمتر از پانزده صدم باشد. فضای کپچری در ابعاد ۳۰۰ سانتی متر طول X ۳۰۰ سانتی متر عرض X ۱۵۰۰ سانتی متر عمق در نظر گرفته شد که دو صفحه نیرو در وسط مسیر آن قرار داشت. فاصله نقطه ورود به محیط کپچر ۵ متر و فاصله نقطه خروج نیز ۵ متر بود. به طوری که آزمودنی تا قبل از ورود و هنگام خروج از محیط کپچر حداقل ۶-۵ قدم برمی‌داشت.

آماده سازی آزمودنی:

ابتدا نشان‌گرهای کروی شکل ۲۵ میلی‌متری منعکس کننده نور طبق مدل Plug-In-Gait اندام تحتانی، روی لندمارک‌های خار خاصره قدامی فوقانی، خار خاصره خلفی فوقانی، ران، کندیل خارجی زانو، ساق، قوزک خارجی پا،

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-12]

پاشنه و انتهای استخوان کف پایی دوم در دو سمت چپ و راست اندام تحتانی نصب گردید. سپس اندازه گیری‌های آنتروپومتریکی نظیر جرم آزمودنی، قد، فاصله بین خار خاصره قدامی- فوقانی چپ و راست، طول پا، فاصله بین نشان‌گر ASIS و قوزک داخلی، عرض زانو، عرض مچ پا پای راست و چپ هر آزمودنی وارد گردید. پس از کالیبراسیون دوربین‌ها و نصب نشان‌گرها از هر آزمودنی ۵ تریال گرفته و میانگین ۵ بار تکرار برای محاسبات آماری در نظر گرفته شد. پس از طی مراحل فوق در نرم افزار Vicon Nexus 1.8.5 پارامترهای بیومکانیکی تریال‌های هر سیکل گام برداری برای آزمودنی‌ها توسط نرم افزارهای Polygon 3.5.1 و Visual3D v4 در سه صفحه ساجیتال؛ فرونتال و هوریزنتال در یک سیکل گام برداری استخراج گردید. پارامترهای بررسی شده عبارت بودند از: درصد حمایت دوگانه (Double support) و حمایت یک گانه(Single support)، شاخص لنگیدن (Limp Index)، درصدهای برخورد اولیه پای مخالف(Opposite foot contact)، جدا شدن پای مخالف(Opposite foot off)، جدا شدن پای موافق، عرض قدم(Step width) ، طول و زمان گام (Stride)، طول و زمان قدم (Step)، کادنس(Cadance)، سرعت راه رفتن و زمان استانس(Stance). جهت بررسی نرمال بودن توزیع داده‌های جمع آوری شده از آزمون Shapiro-Wilks استفاده شد. اعداد پرت، پس از شناسایی، از تحلیل آماری کنار گذاشته شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش آماری تحلیل واریانس یک‌طرفه در نرم افزار SPSS Inc.,Chicago, SPSS v.20 (IL,USA) و سطح معنی داری ۰/۰۵ صورت گرفت.

یافته‌ها

مقایسه متغیرهای دموگرافیکی آزمودنی‌ها در هر ۴ گروه تفاوت معنی داری را در قد، جرم ، سن و شاخص توده بدن نشان نداد (جدول۱).

جدول۱ . مقایسه میانگین±انحراف استاندارد متغیرهای دموگرافیکی آزمودنی‌های شرکت کننده در تحقیق

متغیرها	گروه خفیف	گروه متوسط	گروه شدید	گروه سالم	p
سن (سال)	۵۹/۱۶±۸/۲۸	۵۴/۳۳±۱۲/۰۶	۶۲/۶۰±۸/۵۳	۴۸/۸۰±۶/۶۱	۰/۱۲۹
قد (سانتی متر)	۱۷۰±۵/۶۰	۱۶۸±۷/۱۱	۱۶۷±۶/۴۶	۱۶۷±۶/۷۶	۰/۹۱۴
جرم (کیلوگرم)	۷۶/۱۶±۸/۴۷	۷۲±۹/۵۰	۸۱/۸۰±۱۳	۷۶/۶۰±۱۱/۸۰	۰/۵۲۶
شاخص توده بدنی	۲۶/۴۵±۳/۹۶	۲۵/۳۶±۲/۳۷	۲۹/۱۱±۴/۵۰	۲۷/۱۹±۳/۶۳	۰/۴۱۴

همانطور که در جدول ۲ آورده شده است، نتایج تحلیل پارامترهای فضایی-زمانی (Spatial-Temporal) سیکل راه رفتن گروه‌ها حاکی از عدم تفاوت معنی دار پارامترهای: درصد حمایت دوگانه، درصدهای برخورد اولیه پای مخالف، جدا شدن پای مخالف، جدا شدن پای موافق، حمایت تک گانه و عرض قدم بین گروه‌های سالم با خفیف، سالم با بیماران استئوآرتریت متوسط، سالم با استئوآرتریت شدید، خفیف با متوسط، خفیف با شدید، متوسط با شدید و در سمت غالب و غیر غالب بود (۰/۰۵<P). در حالیکه در سایر پارامترهای فضایی-زمانی، اختلاف معنی دار مشاهده شد مشتمل بر: کاهش کادنس بین گروه سالم با بیماران استئوآرتریت شدید در پای غالب؛ کاهش طول قدم بین گروه سالم با استئوآرتریت شدید در هر دو پای غالب و غیر غالب؛ افزایش زمان قدم بین گروه سالم با بیماران گروه استئوآرتریت شدید در پای غالب و غیر غالب؛ کاهش طول گام بین گروه سالم با استئوآرتریت شدید و گروه خفیف با استئوآرتریت شدید در پای غالب؛ افزایش زمان گام بین گروه سالم با استئوآرتریت شدید در

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-12]

هر دو پا؛ افزایش زمان گام بین گروه‌های خفیف با شدید و گروه متوسط با شدید در پای غالب؛ کاهش سرعت راه رفتن بین گروه سالم با متوسط در پای غالب، گروه سالم با شدید در هر دو پا، گروه خفیف با شدید در هر دو پا و گروه متوسط با شدید در هر دو پای غالب و غیرغالب.

جدول ۲. مقایسه پارامترهای فضایی-زمانی (Spatial and Temporal) سیکل راه رفتن گروه‌ها در نرم افزار Polygon

متغیر	سمت	گروه سالم - گروه خفیف	گروه سالم - گروه متوسط	گروه سالم - گروه شدید	گروه خفیف - گروه متوسط	گروه خفیف - گروه شدید	گروه متوسط - گروه شدید
کادنس(گام در دقیقه)	غالب	P=۰/۳۶۳	P=۰/۲۹۴	*P=۰/۰۱۰	P=۰/۸۷۸	P=۰/۰۵۳	P=۰/۰۷۱
	غیرغالب	P=۰/۵۲۱	P=۰/۳۴۹	P=۰/۰۶۸	P=۰/۷۵۲	P=۰/۱۸۵	P=۰/۲۹۸
طول قدم (متر)	غالب	P=۰/۶۵۷	P=۰/۴۵۹	*P=۰/۰۵	P=۰/۷۵۳	P=۰/۱۱۲	P=۰/۱۸۹
	غیرغالب	P=۰/۳۸۱	P=۰/۲۳۰	*P=۰/۰۲۱	P=۰/۷۲۲	P=۰/۰۹۶	P=۰/۱۷۶
زمان قدم(ثانیه)	غالب	P=۰/۴۲۷	P=۰/۲۸۸	*P=۰/۰۱۸	P=۰/۷۷۱	P=۰/۰۷۵	P=۰/۱۲۵
	غیرغالب	P=۰/۵۶۴	P=۰/۳۱۶	*P=۰/۰۴۱	P=۰/۶۴۶	P=۰/۱۰۵	P=۰/۲۲۳
طول گام (متر)	غالب	P=۰/۷۳۵	P=۰/۲۱۳	*P=۰/۰۲۰	P=۰/۳۳۳	*P=۰/۰۳۱	P=۰/۱۸۲
	غیرغالب	P=۰/۸۵۱	P=۰/۵۲۷	P=۰/۰۵۹	P=۰/۶۳۹	P=۰/۰۷۱	P=۰/۱۶۱
زمان گام (ثانیه)	غالب	P=۰/۳۴۸	P=۰/۲۵۷	*P=۰/۰۰۲	P=۰/۸۳۰	*P=۰/۰۰۹	*P=۰/۰۱۴
	غیرغالب	P=۰/۵۰۶	P=۰/۳۶۳	*P=۰/۰۴۸	P=۰/۷۹۳	P=۰/۱۴۲	P=۰/۲۱۷
سرعت راه رفتن (m/s)	غالب	P=۰/۲۶۶	*P=۰/۰۴۹	*P=۰/۰۰۰	P=۰/۳۲۷	*P=۰/۰۰۱	*P=۰/۰۱۲
	غیرغالب	P=۰/۲۴۴	P=۰/۰۸۹	*P=۰/۰۰۰	P=۰/۵۳۹	*P=۰/۰۰۲	*P=۰/۰۰۸

P: سطح معنی داری

*: اختلاف معنی دار

نتایج پارامترهای زمانی- مکانی سیکل راه رفتن گروه‌ها که در جدول ۳ ارائه شده اند حاکی از تفاوت‌های معنی دار متغیرها بین گروه‌ها به این شرح بود: کاهش گروه سالم با استئوآرتریت شدید و گروه بیمار خفیف با شدید در پای غالب و غیر غالب؛ افزایش زمان قدم بین گروه سالم با استئوآرتریت شدید در هر دو پا؛ افزایش زمان استانس بین گروه سالم با استئوآرتریت شدید در پای غالب و غیرغالب و گروه خفیف با استئوآرتریت شدید در پای غالب؛ افزایش زمان گام برداری بین گروه سالم با استئوآرتریت شدید در هر دو پا و همچنین بین گروه‌های خفیف با شدید در پای غالب و نیز بین گروه متوسط با شدید در پای غالب؛ کاهش کادنس بین گروه سالم با استئوآرتریت شدید در پای غیرغالب؛ کاهش کادنس بین گروه سالم با استئوآرتریت شدید در هر دو پای غالب و غیرغالب.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-12]

جدول۳. مقایسه اختلاف بین گروهی متغیرهای زمانی- مکانی راه رفتن در گروه های تحقیق توسط نرم افزار Visual3D

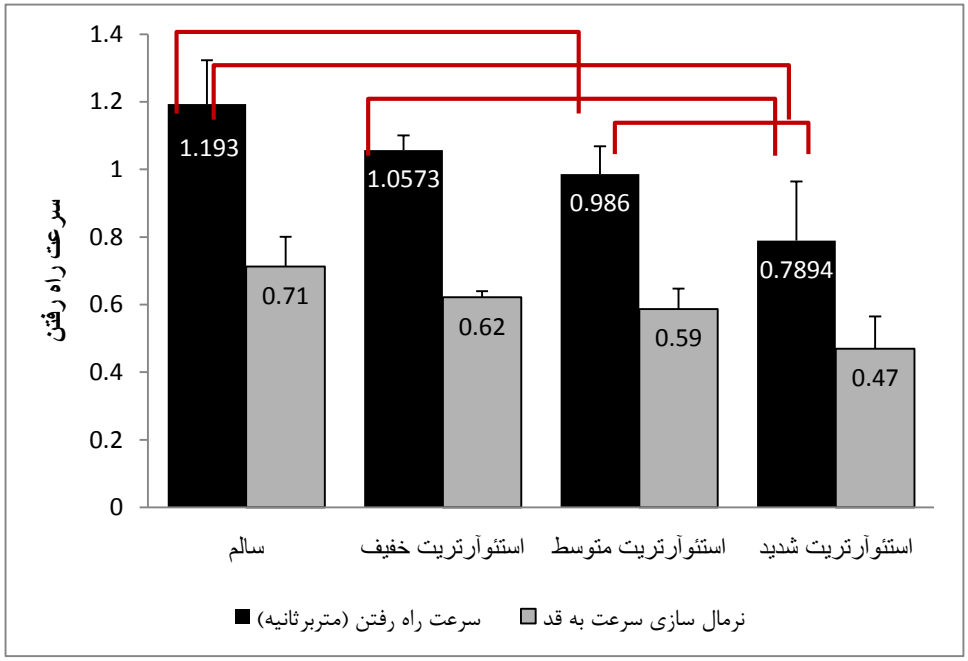
متغیر	سمت	گروه سالم- گروه خفیف	گروه سالم- گروه متوسط	گروه سالم- گروه شدید	گروه خفیف - گروه متوسط	گروه خفیف - گروه شدید	گروه متوسط - گروه شدید
طول قدم (متر)	غالب	P=۰/۵۳۵	P=۰/۲۵۴	*P=۰/۰۱۷	P=۰/۵۷۴	*P=۰/۰۴۹	P=۰/۱۳۵
	غیر غالب	P=۰/۷۴۹	P=۰/۲۵۷	*P=۰/۰۱۶	P=۰/۳۸۶	*P=۰/۰۲۵	P=۰/۱۲۸
زمان قدم (ثانیه)	غالب	P=۰/۳۱۳	P=۰/۲۳۸	*P=۰/۰۳۱	P=۰/۸۵۰	P=۰/۱۷۷	P=۰/۲۳۸
	غیر غالب	P=۰/۲۶۱	P=۰/۱۸۱	*P=۰/۰۱۴	P=۰/۸۱۲	P=۰/۱۱۲	P=۰/۱۶۷
زمان استانس (ثانیه)	غالب	P=۰/۲۳۵	P=۰/۱۲۹	*P=۰/۰۰۴	P=۰/۷۰۷	*P=۰/۰۴۱	P=۰/۰۸۲
	غیر غالب	P=۰/۲۶۲	P=۰/۱۴۸	*P=۰/۰۰۸	P=۰/۷۱۴	P=۰/۰۶۸	P=۰/۱۲۹
زمان سیکل گام	غالب	P=۰/۱۷۱	P=۰/۱۱۱	*P=۰/۰۰۰	P=۰/۷۹۸	*P=۰/۰۰۷	*P=۰/۰۱۱
برداری (ثانیه)	غیرغالب	P=۰/۲۵۱	P=۰/۱۷۴	*P=۰/۰۱۰	P=۰/۸۱۲	P=۰/۰۸۸	P=۰/۱۳۴
کادنس (قدم در	غالب	P=۰/۳۳۴	P=۰/۲۴۴	P=۰/۰۷۵	P=۰/۸۲۷	P=۰/۳۴۱	P=۰/۴۵۳
دقیقه)	غیرغالب	P=۰/۲۳۶	P=۰/۱۶۱	*P=۰/۰۱۵	P=۰/۸۰۷	P=۰/۱۳۳	P=۰/۱۹۹
کادنس (تعداد گام	غالب	P=۰/۲۲۲	P=۰/۱۵۷	*P=۰/۰۱۰	P=۰/۸۲۶	P=۰/۰۹۸	P=۰/۱۴۳
در دقیقه)	غیرغالب	P=۰/۲۷۵	P=۰/۱۹۶	*P=۰/۰۴۷	P=۰/۸۲۳	P=۰/۲۸۶	P=۰/۳۸۹

P: سطح معنی داری

*: اختلاف معنی دار

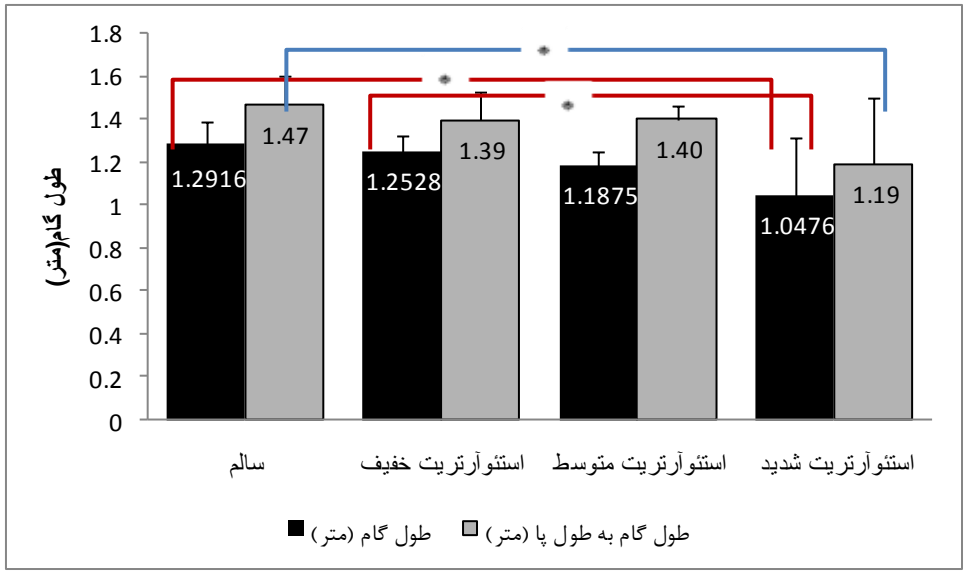
نتایج حاصل از تحقیق صرفنظر از پای غالب و غیر غالب در مقایسه اختلاف بین گروه‌های تحقیق نشان داد که سرعت راه رفتن بین گروه سالم با متوسط (P=۰/۰۰۸) ، گروه سالم با شدید (P=۰/۰۰۰)، گروه خفیف با شدید (P=۰/۰۰۱) و گروه متوسط با شدید (P=۰/۰۱۱) تفاوت معنی دار داشت. اما مقایسه نتایج نرمال سازی شده سرعت راه رفتن به قد توسط نرم افزار، حاکی از وجود اختلاف معنی دار بین گروهی گروه سالم با خفیف (P=۰/۰۵)، گروه سالم با متوسط (P=۰/۰۰۶)، گروه سالم با شدید (P=۰/۰۰۰)، گروه خفیف با شدید (P=۰/۰۰۱) و گروه متوسط با شدید (P=۰/۰۱۱) بود (نمودار ۱). نتایج اختلاف بین گروهی طول گام، تفاوت معنی دار بین گروه سالم با گروه شدید (P=۰/۰۱۶) و گروه خفیف با شدید (P=۰/۰۳۱) داشت. ولی نتایج نرمال سازی طول گام به طول پا حاکی از اختلاف معنی دار تنها بین گروه سالم با شدید (P=۰/۰۲۸) داشت (نمودار ۲). نتایج حاصل از بررسی اختلاف بین گروهی زمان حمایت دوگانه حاکی از تفاوت معنی دار بین گروه سالم با استئوآرتریت شدید (P=۰/۰۰۳)،گروه خفیف با شدید (P=۰/۰۱۵)، گروه متوسط با شدید (P=۰/۰۴۷) بود (نمودار ۳).

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-12]



نمودار ۱. سرعت راه رفتن و سرعت راه رفتن نرمال سازی شده در گروه‌های تحقیق

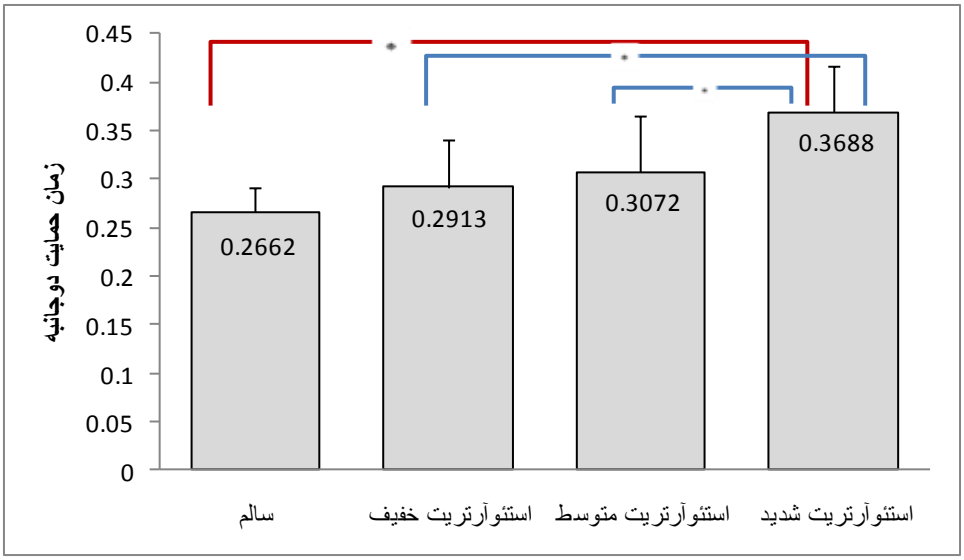
* تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۵



نمودار۲. طول گام و طول گام نرمال سازی شده برای گروه‌های تحقیق

* تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۵

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-12]



نمودار ۳. زمان حمایت دوجانبه در گروه‌های تحقیق

* تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۵

بحث

در این مطالعه پارامترهای فضایی- زمانی- مکانی در بیماران مرد مبتلا به استئوآرتریت زانو با درجات مختلف خفیف، متوسط و شدید در مقایسه با افراد سالم مورد بررسی قرار گرفت. و چگونگی تأثیرپذیری شدت استئوآرتریت زانو بر هر یک از این متغیرها مورد تحلیل قرار گرفت.

نتایج حاصل از هر دو نرم افزار Polygon و Visual3D حاکی از کاهش معنی دار در کادنس بین گروه سالم با استئوآرتریت شدید بود. در توجیه آهنگ گام برداری پایین تر در گروه مبتلا به استئوآرتریت شدید، می‌توان گفت این گروه به دلیل شدت و افزایش عارضه زمان بیشتری را برای برداشتن هر قدم سپری می‌کنند که نتایج حاصل از اندازه‌گیری زمان قدم (Step time) موید این ادعا است. یافته‌های این مطالعه نشان داد که کادنس تحت تأثیر شدت استئوآرتریت در درجات شدید قرار می‌گیرد که با تحقیقات پیشین که نشان داده‌اند افزایش شدت استئوآرتریت منجر به تفاوت‌های بیشتر بر پارامترهای فضایی و دیگر پارامترهای راه رفتن می‌گردد مطابقت داشت (۱۲و ۱۱). Kiss (۲۰۱۱) در تحقیق خود در مورد تأثیر شدت استئوآرتریت بر تغییرپذیری پارامترهای راه رفتن بیان کرد که با افزایش شدت استئوآرتریت، کادنس نیز کاهش می‌یابد. اما Huang و همکارانش (۲۰۰۸) تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین افراد سالم با بیماران استئوآرتریت زانو در متغیر کادنس بدست نیاوردند (۱۰). نتایج طول قدم توسط نرم افزارهای Polygon و Visual3D حاکی از کاهش معنی دار بین گروه سالم با استئوآرتریت شدید در هر دو پای غالب و غیرغالب داشت. اما نتایج حاصل از نرم افزار Visual3D نشان دهنده کاهش معنی دار بین گروه خفیف با استئوآرتریت شدید در پای غالب و غیر غالب بود. این تفکیک پذیری را می‌توان به حساسیت بالاتر نرم افزار Visual3D نسبت به Polygon نسبت داد. Huang و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه خود در مقایسه بیماران استئوآرتریت زانوی خفیف و شدید با افراد سالم کاهشی در طول قدم گزارش کردند اما این کاهش از نظر آماری معنی داری نبود. Kiliçoğlu و همکاران (۲۰۱۰)، تأثیرات بالن- تراپی روی پارامترهای فضایی-زمانی راه رفتن را بررسی و تشابه طول قدم بیماران استئوآرتریت و افراد سالم را گزارش کردند (۱۸) . علت این تفاوت در تحقیقات، ممکن است به

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-12]

دلیل تعداد پایین آزمودنی‌ها (۱۰) و فقدان گروه کنترل سالم در مطالعه باشد که بجای استفاده از یک گروه کنترل سالم، استانداردهای آزمایشگاهی استفاده گردیده است (۱۸). نتایج حاصل از زمان قدم توسط نرم افزارهای پلیگان و Visual3D مبین افزایش معنی دار بین گروه سالم با استئوآرتریت شدید در پای غالب و غیر غالب بود. نتایج حاصل از نرم افزار Visual3D در مورد زمان مرحله استانس حاکی از افزایش آن بین گروه سالم با استئوآرتریت شدید در پای غالب و غیر غالب و افزایش آن بین گروه خفیف با استئوآرتریت شدید در پای غالب بود. این نتایج همسو با نتایج سایر محققین در مقایسه زمان مرحله استانس بیماران استئوآرتریت زانو با افراد سالم است (۲۰و۱۹و۹) . کاهش طول قدم و سرعت و افزایش مرحله استانس ممکن است به عنوان نشانه افزایش خطر سقوط در بیماران مبتلا به استئوآرتریت شدید زانو باشد. McAndrew و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که کاهش در عرض قدم منجر به کاهش پایداری قدامی-خلفی و داخلی-خارجی می‌گردد و کاهش در طول قدم باعث کاهش پایداری در جهت قدامی- خلفی می‌شود. بنابراین کاهش در طول قدم ممکن است یکی از عواملی باشد که به دلیل کاهش پایداری قدامی-خلفی باعث افزایش گرایش به سقوط به سمت جلو می‌گردد (۲۱). نتایج حاصل از طول گام توسط نرم افزار Polygon حاکی از کاهش معنی دار بین گروه سالم با استئوآرتریت شدید در پای غالب و کاهش معنی دار بین گروه خفیف با استئوآرتریت شدید در پای غالب بود. تحقیقات نشان می‌دهند که در بیماران استئوآرتریت زانو طول گام کوتاه‌تر است (۱۳) و این تأثیرات با افزایش شدت استئوآرتریت مشهودتر است (۱۹). بنابراین شاید بتوان از طول گام به عنوان یک پیش بینی کننده کلینیکی- آزمایشگاهی پیشرفت بیماری استئوآرتریت استفاده کرد. از طرفی محققین ارتباط بین کاهش پارامترهای سرعت، کادنس و طول گام با ناتوانی (۲۲) را به عنوان بخشی از مکانیسم جبرانی به منظور کاهش درد و در نتیجه کاهش گشتاورهای زانو بیان کرده‌اند (۲۳).

نتایج حاصل از زمان گام توسط نرم افزارهای Polygon و Visual3D حاکی از افزایش معنی دار بین گروه سالم با استئوآرتریت شدید در پای غالب و غیر غالب و افزایش معنی دار بین گروه‌های خفیف با شدید، گروه متوسط با شدید در پای غالب داشت. در مقایسه نتایج حاصل از زمان-های قدم و گام بین گروه‌ها، می‌توان گفت زمان گام انعکاس دهنده برتری از شدت استئوآرتریت زانو نسبت به زمان قدم است. Astephen و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه خود دریافتند که زمان گام برداری در بیماران مبتلا به استئوآرتریت شدید و متوسط در مقایسه با افراد سالم افزایش می‌یابد (۱۹). Harding و همکاران (۲۰۰۸) نیز به نتایج مشابهی رسیدند (۲۴). طبق بررسی‌های محققین، افزایش زمان گام با شیوع سقوط ارتباط نزدیکی دارد. بنابراین حصول اطلاعات بیشتر راجع به فرآیندهای مرتبط با افزایش زمان گام ممکن است درک ما را از مکانیسم سقوط سالمندان تقویت نماید. متغیر زمان گام با عوامل مختلفی نظیر افزایش سن، تعادل، راه رفتن، عملکرد اندام تحتانی و سطح فعالیت بدنی مرتبط است (۲۵).

خروجی نرم افزار Polygon نشان داد که سرعت راه رفتن از کاهش معنی داری بین گروه سالم با متوسط در پای غالب، گروه سالم با شدید در پای غالب و غیر غالب دارد. تحقیقات پیشین حاکی از این است که بیماران استئوآرتریت زانو از سرعت راه رفتن آهسته‌تری برخوردارند (۱۳) و این تأثیرات با افزایش شدت استئوآرتریت مشهودتر می‌شود (۱۹). یکی از مهم‌ترین تغییرات کینتیکی مشهود در افراد استئوآرتریت افزایش اوج گشتاور اداکشنی زانو است (۱۹) که بر کاهش سرعت موثر است (۲۶). به احتمال زیاد، کاهش سرعت و طول گام مکانیسم‌های جبرانی به منظور کاهش اوج گشتاور اداکشنی هستند (۲۸).

نتایج بدست آمده از بررسی اختلاف بین گروهی متغیرهای زمانی- مکانی راه رفتن صرفنظر از پای غالب و غیر غالب

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-12]

توسط نرم افزار Visual3D حکایت از کاهش معنی دار سرعت راه رفتن بین گروه سالم با متوسط، گروه سالم با شدید، گروه خفیف با شدید و گروه متوسط با شدید داشت. ولی نتایج نرمال سازی سرعت به قد، علاوه بر معنی داری بین جفت گروه‌های بالا حاکی از کاهش معنی دار بین گروهی گروه سالم با خفیف نیز داشت. نرمال سازی سرعت به قد علاوه بر مشخص نمودن اختلافات معنی دار بین گروه‌های ذکر شده تفاوت معنی دار این پارامتر را در افراد استئوآرتریت خفیف با سالم را نشان داد. این مطلب موید این نکته است که با نرمال سازی سرعت به طول قد حساسیت این پارامتر بالاتر رفته و اثربخشی ویژگی‌های آنتروپومتریک افراد بر نتایج به حداقل می‌رسد. تحقیقات حاکی از ارتباط سرعت راه رفتن با وقوع استئوآرتریت دارند. راه رفتن سریع‌تر با علایم رادیولوژیک پایین‌تر و نشانه‌های استئوآرتریت زانو در ارتباط بود و بالعکس راه رفتن آهسته‌تر با علایم رادیولوژیک بیشتر و نشانه‌های استئوآرتریت زانو مرتبط بود. بنابراین سرعت راه رفتن آهسته ممکن است شاخصی برای وقوع استئوآرتریت زانو باشد (۲۷). نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر و مطالعات پیشین می‌تواند مناسب بودن سرعت راه رفتن را به عنوان یک ویژگی در شناسایی و تخمین شدت استئوآرتریت را تقویت می‌کند که البته نیازمند تحقیقات بیشتری است.

نتایج حاصل از بررسی اختلاف بین گروهی طول گام توسط نرم افزار Visual3D از کاهش معنی دار بین گروه سالم با گروه شدید و گروه خفیف با شدید حکایت داشت. ولی نتایج نرمال سازی طول گام به طول پا، کاهش معنی دار تنها بین گروه سالم با شدید داشت. نرمال سازی طول گام به طول پا عدم تفاوت معنی دار این پارامتر را در افراد استئوآرتریت خفیف با استئوآرتریت شدید را نشان داد. این مطلب موید این نکته است که ویژگی‌های آنتروپومتریک نتایج آنالیز پارامترهای فضایی- زمانی- مکانی را تغییر می‌دهند. بنابراین به منظور حصول نتایج دقیق‌تر نرمال سازی بر اساس مشخصات آنتروپومتری افراد هنگام تحلیل داده‌های کینماتیکی مثل طول گام بایستی مد نظر قرار گیرد. نتایج حاصل از بررسی اختلاف بین گروهی زمان حمایت دوجانبه مبین افزایش معنی دار بین گروه سالم با استئوآرتریت شدید، گروه خفیف با شدید، گروه متوسط با شدید بود. Kiss (۲۰۱۱) نشان داد که همگام با افزایش شدت استئوآرتریت، زمان حمایت دوگانه نیز افزایش می‌یابد. Kiliçoğlu و همکاران(۲۰۱۰) نیز افزایش زمان حمایت دوجانبه و استانس در بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو را گزارش کردند (۱۸). افزایش زمان حمایت دوگانه ممکن است یک دلیل مهم برای کاهش سرعت و افزایش زمان گام و طول فاز استانس باشد. این نتایج، می‌تواند ما را به این باور برساند که افزایش زمان حمایت دوگانه یک مکانیسم جبرانی است که باعث کاهش بار مفصلی از طریق انتقال پویای بار مفصلی به هر دو اندام تحتانی حین راه رفتن گردد.

نتیجه گیری

بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو با کادنس، طول قدم، طول گام، سرعت راه رفتن پایین‌تر و زمان قدم، زمان گام، زمان مرحله استانس، زمان حمایت دو جانبه و زمان سیکل طولانی‌تر همراهند. تغییر در این پارامترهای فضایی- زمانی- مکانی بیماران و به خصوص در گروه استئوآرتریت با درجه شدید، ممکن است باعث نقصان در پایداری راه رفتن و افزایش خطر سقوط گردد.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از پایان نامه دوره دکتری بیومکانیک ورزشی دانشگاه بوعلی سینا است. محققین مراتب تقدیر و تشکر خود را از مسئولین دانشگاه بوعلی سینا، از مسئولین آزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان و کلیه آزمودنی‌های شرکت کننده در این تحقیق اعلام می‌دارند.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-12]

References

1.Neogi T, Felson D, Niu J, Nevitt M, Lewis CE, Aliabadi P, et al. Association between radiographic features of knee osteoarthritis and pain: results from two cohort studies. BMJ 2009;339:b2844.

2.Juhl C, Christensen R, Roos EM, Zhang W, Lund H. Impact of exercise type and dose on pain and disability in knee osteoarthritis: a systematic review and meta-regression analysis of randomized controlled trials. Arthritis & Rheumatology 2014;66:622-36.

3.Zhang Y, Jordan JM. Epidemiology of osteoarthritis. Clinics in Geriatric Medicine 2010;26:355-69.

4.Waller C, Hayes D, Block JE, London NJ. The key to the treatment of knee osteoarthritis. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy 2011;19:1823-9.

5.Murray R. Degenerative joint disease :Comparative aspects of osteoarthritis of the hip in man. Journal of Small Animal Practice 1971;12:99-103.

6.McGibbon CA, Krebs DE. Compensatory gait mechanics in patients with unilateral knee arthritis. The Journal of Rheumatology 2002;29:241- ۹,

7.Gök H, Ergin S, Yavuzer G. Kinetic and kinematic characteristics of gait in patients with medial knee arthrosis. Acta Orthopaedica 2002;73:647-52.

8.Bejek Z, Paróczai R, Szendrői M, Kiss RM. Gait analysis following TKA: comparison of conventional technique, computer-assisted navigation and minimally invasive technique combined with computer-assisted navigation. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy 2011;19:285-91.

9.Al-Zahrani K, Bakheit A. A study of the gait characteristics of patients with chronic osteoarthritis of the knee. Disability & Rehabilitation 2002;24:275-80.

10.Huang S-C, Wei I-P, Chien H-L, Wang T-M, Liu Y-H, Chen H-L, et al. Effects of severity of degeneration on gait patterns in patients with medial knee osteoarthritis. Medical Engineering & Physics 2008;30:997-1003.

11.Kiss RM. Effect of severity of knee osteoarthritis on the variability of gait parameters. Journal of Electromyography and Kinesiology 2011;21:695-703.

12.Henriksen M, Graven-Nielsen T, Aaboe J, Andriacchi TP, Bliddal H. Gait changes in patients with knee osteoarthritis are replicated by experimental knee pain. Arthritis Care & Research 2010;62:501-9.

13.Ornetti P, Maillefert J-F, Laroche D, Morisset C, Dougados M, Gossec L. Gait analysis as a quantifiable outcome measure in hip or knee osteoarthritis: a systematic review. Joint Bone Spine 2010;77:421-5.

14.Hamacher D, Singh N, Van Dieen J, Heller M, Taylor W. Kinematic measures for assessing gait stability in elderly individuals: a systematic review. Journal of The Royal Society Interface 2011;8:1682-98.

15.Huang M-H, Brown SH. Age differences in the control of postural stability during reaching tasks. Gait & Posture 2013;38:837-42.

16.TAKI S, Arshi A, Navvab MF ,Yazdi H. Lower extremity kinematic analysis of medial tibiofemoral osteoarthritis patients in frontal plane using principal components analysis (PCA). Modares Mechanical Engineering 2014; 14: 159-166. [In persian]

17.Schiphof D, Boers M, Bierma-Zeinstra SM. Differences in descriptions of Kellgren and Lawrence grades of knee osteoarthritis. Annals of the Rheumatic Diseases 2008;67:1034-6.

18.Kılıçoğlu Ö, Dönmez A, Karagülle Z, Erdoğan N, Akalan E, Temelli Y. Effect of balneotherapy on temporospatial gait characteristics of patients with osteoarthritis of the knee. Rheumatology International 2010;30:739-47.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-12]

19.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. Journal of Orthopaedic Research 2008;26:332-41.
20.Bejek Z, Paróczai R, Illyés Á, Kiss RM. The influence of walking speed on gait parameters in healthy people and in patients with osteoarthritis. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy 2006;14:612-22.
21.Young PMM, Dingwell JB. Voluntary changes in step width and step length during human walking affect dynamic margins of stability. Gait & Posture 2012;36:219-24.
22.György AN, Chao E, Stauffer RN. Functional evaluation of normal and pathologic knees during gait. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 1976;57:571-7.
23.Andriacchi T, Galante J, Fermier R. The influence of total knee-replacement design on walking and stair-climbing. The Journal of Bone & Joint Surgery 1982;64:1328-35.
24.Harding GT, Hubley-Kozey CL, Dunbar MJ, Stanish WD, Wilson JLA. Body mass index affects knee joint mechanics during gait differently with and without moderate knee osteoarthritis. Osteoarthritis and Cartilage 2012;20:1234-42.
25.Hausdorff JM, Rios DA, Edelberg HK. Gait variability and fall risk in community-living older adults: a 1-year prospective study. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 2001;82:1050-6.
26.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 & Rheumatism 2004;50:1172-8.
27.Purser JL, Golightly YM, Feng Q, Helmick CG, Renner JB, Jordan JM. Association of slower walking speed with incident knee osteoarthritis–related outcomes. Arthritis Care & Research 2012;64:1028-35.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-12]