

# محاسبه پایداری دینامیک راه رفتن در افراد با ضایعه لیگامان صلیبی قدامی برای ارزیابی تأثیر تمرینات اغتشاشی

محمدعلی سنجری<sup>۱</sup>، \*علی اشرف جمشیدی<sup>۲</sup>، لیلا عباسی<sup>۳</sup>، سعیده سیدمحسنی<sup>۴</sup>، محمد کمالی<sup>۵</sup>

## چکیده

**هدف:** در این تحقیق با استفاده از روش دینامیک غیرخطی، از شاخص ثبات دینامیک برای بررسی تأثیر اغتشاش درمانی در افراد مبتلا به ضایعه لیگامان صلیبی قدامی استفاده شده است.

**روش بررسی:** نمونه‌گیری به صورت غیراحتمالی قضاوتی از بین مردان ورزشکاری که حداقل ۶ ماه از ضایعه لیگامان صلیبی قدامی آنها گذشته بود صورت گرفت. با استفاده از تخته‌های تعادل، ۱۰ جلسه اغتشاش درمانی انجام گرفت. داده برداری سینماتیک مفاصل اندام تحتانی با استفاده از الکتروگوئیومتر قبل و بعد از درمان انجام شد. داده‌های سینماتیک مربوط به مفصل زانو در ۶۰ سیکل راه رفتن برای محاسبه شاخص ثبات دینامیک مورد استفاده قرار گرفت. سری‌های زمانی در پنج بعد بازسازی شدند و نمای لیاپانوف زمان محدود برای ۷ نفر قبل و بعد از دریافت تمرینات اغتشاشی محاسبه شد. از آزمون ناپارامتری ویلکاکسون برای بررسی تأثیر تمرینات استفاده شد.

**یافته‌ها:** مقدار شاخص ثبات دینامیک قبل و بعد از تمرینات به ترتیب  $0.7 \pm 0.2$  و  $0.5 \pm 0.2$  بود. تحلیل آماری نشان داد شاخص ثبات دینامیک راه رفتن افراد مبتلا به آسیب لیگامان صلیبی قدامی بعد از تمرینات اغتشاشی بهبود معناداری داشته است ( $P=0.016$ ).

**نتیجه‌گیری:** تمرینات اغتشاشی در بهبود تعادل دینامیک افراد مبتلا به آسیب لیگامان صلیبی قدامی حین راه رفتن مؤثر بوده است. بنابراین با استفاده از محاسبات دینامیک غیرخطی می‌توان بستر نظری استواری برای طراحی و ارزیابی درمان‌های توانبخشی اختصاصی ضایعه لیگامان صلیبی قدامی ایجاد نمود. این روش‌های محاسباتی می‌تواند برای ارزیابی عملکردی دیگر مداخلاتی که در حرکاتی مثل راه رفتن تأثیر می‌گذارند نیز استفاده شود.

**کلیدواژه‌ها:** ضایعه لیگامان صلیبی قدامی، ثبات دینامیک، آنالیز راه رفتن

- ۱- دکترای بیومکانیک، استادیار، مرکز تحقیقات توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۲- دکترای فیزیوتراپی، استادیار، مرکز تحقیقات توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۳- دانشجوی دکترای فیزیوتراپی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز
- ۴- کارشناس ارشد ارتز و پروتز، مرکز تحقیقات توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۵- دکترای تخصصی آموزش بهداشت، دانشیار، مرکز تحقیقات، دانشگاه علوم پزشکی تهران

دریافت مقاله: ۸/۱۲/۸۸

پذیرش مقاله: ۲۷/۱۰/۹۰

## \* آدرس نویسنده مسئول:

تهران، میرداماد، میدان مادر، خیابان شهید شاه نظری، خیابان نظام، دانشکده توانبخشی، گروه آموزشی فیزیوتراپی

\* تلفن: ۰۲۲۲۲۸۰۵۱ داخلی ۲۱۱

\* رایانامه:

aa-jamshidi@tums.ac.ir



## مقدمه

لیگامان صلیبی قدامی یکی از لیگامان‌های اصلی زانو است که علاوه بر اهمیت بیومکانیکی آن در ساختار مفصل پیچیده زانو، نقش حسی مهمی را نیز ایفا می‌کند؛ لذا در اثر ضایعه ممکن است بعد از بازسازی بتوان عملکرد مکانیکی آن را جبران نمود اما عملکرد حسی آن را نمی‌توان به سادگی بازیافت.

از آنجا که مشکل عمده افراد مبتلا به ضایعه لیگامان صلیبی قدامی در راه رفتن است (۱) و از طرفی با توجه به مقالات گزارش شده درباره تأثیر درمان‌های اغتشاشی بر بهبود کنترل عصبی عضلانی (۲،۳) و با توجه به نقش مهم حسی این لیگامان در تأمین ثبات دینامیک حین راه رفتن، در این مطالعه با استفاده از روش‌های غیرخطی که کارایی مؤثر خود را در تحلیل راه رفتن‌های نرمال و پاتولوژی نشان داده‌اند (۴)، پایداری دینامیک به عنوان یک روش کمی برای ارزیابی تأثیر درمان بر روی داده‌های سینماتیک این افراد بکار گرفته شد.

کورز و همکارانش در سال ۲۰۰۵ تحقیقی را در مورد اثر بازسازی لیگامان صلیبی قدامی بر دوییدن و راه رفتن به روش فاز نسبی<sup>۱</sup> انجام دادند که از روش‌های اولیه دینامیکی است (۵). با استفاده از این روش آنها توانستند استراتژی‌های سگمان‌های اندام تحتانی را توصیف کنند. تغییرات فاز نسبی را می‌توان به دلیل از دست دادن اطلاعات حسی، متعاقب از دست دادن لیگامان صلیبی قدامی دانست. استفاده از روش‌های غیرخطی محققین را قادر ساخت تا اثر سرعت راه رفتن را بر ثبات افراد مبتلا به ضایعه لیگامان صلیبی قدامی بررسی کنند (۶). این ابزار می‌تواند تغییرات کند مانند اثر پیری را نیز بر تغییرپذیری راه رفتن آشکار سازد و به صورت کمی بیان کند (۷). مانور و همکاران با استفاده از محاسبات غیرخطی اثر سرعت راه رفتن را بر بی‌ثباتی دینامیک افراد نوروپاتی بررسی کردند (۸). کانگ و همکاران در سال ۲۰۰۶ نتایج خوبی را در مورد اعتبار روش غیرخطی ارزیابی ثبات راه رفتن عنوان کردند (۹). بدین ترتیب می‌توان به اهمیت استفاده از روش‌های غیرخطی در ارزیابی ثبات دینامیک پی برد، زیرا در این روش‌ها، اطلاعات پنهان بیشتری از داده‌ها استخراج می‌شود. البته روش‌های خطی همچنان کاربرد خود را در حیطه عملکردی خود دارند و الزاماً توسط روش‌های غیرخطی جایگزین نمی‌شوند، اما روش‌های غیرخطی از دیدگاه سیستمی، قابلیت‌های بیشتری برای آشکار کردن دینامیک پنهان در سری زمانی اخذ شده از سیستم را دارد (۱۰). در این تحقیق از روش دینامیک غیرخطی به عنوان یک ابزار برای ارزیابی اثر تمرینات اغتشاشی استفاده می‌شود.

## روش بررسی

نمونه‌گیری از بین بیماران در دسترس و به صورت غیراحتمالی قضاوتی بود. ۱۰ مرد در دامنه سنی ۲۰-۴۴ سال (میانگین و انحراف معیار:  $31/43 \pm 7/41$ ) که ضایعه لیگامان صلیبی قدامی در آنها توسط پزشک ارتوپد تعیین شده بود و حداقل ۶ ماه از آسیب آنها گذشته بود پس از معاینات بالینی توسط آزمون‌گر و دارا بودن شرایط تحقیق، با اخذ رضایت‌نامه کتبی مصوب کمیته اخلاق دانشکده وارد مطالعه شدند. نحوه رعایت نکات اخلاقی شامل موارد زیر بود: ۱- ابتدا روش کار و مراحل انجام تست برای بیماران توضیح داده می‌شد، ۲- در صورت عدم تمایل بیماران به همکاری، از مطالعه خارج می‌شدند، ۳- پیش از آغاز درمان از بیماران رضایت‌نامه گرفته می‌شد، ۴- هزینه‌ای بابت درمان از بیماران گرفته نمی‌شد و ۵- در صورت آسیب احتمالی در حین تحقیق هزینه درمان به طور کامل پرداخت می‌شد.

معیارهای ورود شامل مردان ورزشکار در دامنه سنی ۱۸-۴۵ سال، با شاخص توده بدنی کمتر از ۲۵، گذشت حداقل ۶ ماه از آسیب، داشتن درجه ۴ از قدرت عضلانی گلوئوس ماگزیموس، کوادریسپس، همسترینگ و مدیال گاستروکنمیوس در پای مبتلا، دامنه حرکتی کامل اکستانسیون در پای مبتلا، عدم وجود ادم در زانوی مبتلا، عدم وجود درد در زانو، توانایی حفظ وضعیت یا اتخاذ وضعیت متعادل در هنگام انجام حرکات اغتشاشی روی سطح صاف به نحوی که بیمار در انجام حرکات روی یک پا، در تمام صفحات حرکتی و با چشم باز موفق باشد، توانایی پریدن روی پای مبتلا و توانایی دوییدن بود و در صورت وجود ضایعه منیسک همراه با قفل شدن زانو، پارگی درجه ۲ و ۳ لیگامان جانبی داخلی، دریافت درمان فیزیوتراپی مشابه تمرینات اغتشاشی در گذشته، وجود آسیب ماندگار در اندام تحتانی (مانند شکستگی، تغییرات دژنراتیو مفصل زانو، مچ پای بی‌ثبات و...)، ضایعه عصبی اندام تحتانی، اختلالات آناتومیک بارز (همچون ژنواروم و یا ژنوالگوم شدید...) و سابقه بیماری‌های خاص (همچون ناراحتی قلبی، ریوی و اختلالات نورولوژیکی...)، بیمار از مطالعه خارج می‌شد.

قبل از شروع جلسات درمان، به منظور ثبت داده‌های سینماتیکی مفاصل اندام تحتانی، از سه الکتروگونیا متر بر روی مفاصل هیپ، زانو و مچ پا استفاده می‌شد که از محور X-X آنها، جهت ثبت حرکات در صفحه سائیتال با نرخ نمونه‌برداری ۱۰۰ هرتز استفاده می‌شد و قبل از آنکه بیمار شروع به حرکت کند در وضعیت نوترال، زاویه تمام مفاصل با تنظیم دستگاه صفر می‌شد. جهت تعیین مراحل مختلف سیکل حرکت، از «فوت سوئیچ‌هایی» در



زیر انگشت شست پا و پاشنه پا استفاده می‌شد. الکترودها و فوت سوئیچ‌های مورد استفاده، مربوط به شرکت بیومتریکس (Biometrics Data Acquisition, Goiniometer and Movement Analysis, Biometrics Ltd) بودند. به منظور حذف شرایط آزمایشگاهی و محدود شدن تعداد سیکل‌های راه رفتن، راه رفتن در فضای باز با سرعت دلخواه انجام می‌گرفت و جهت امکان انجام محاسبات ثبات دینامیک، زمان طولانی (در حدود ۱۰ دقیقه) برای راه رفتن در نظر گرفته شده بود. درمان اغتشاشی در ۱۰ جلسه ۹۰ دقیقه‌ای انجام می‌شد، به این صورت که پس از گرم کردن بیمار، در جلسات اول، درمان روی تخته‌های تعادلی در «پارالل بار» انجام می‌شد. با پیشرفت درمان به تدریج سرعت و شدت اغتشاش با توجه به وضعیت بیمار افزایش می‌یافت. در جلسات انتهایی درمان حفظ تعادل با حرکات خاصی همانند پرتاب توپ با دست و پا همراه می‌شد. بعد از اتمام ۱۰ جلسه درمان، سینماتیک راه رفتن بیمار همانند جلسه اول ارزیابی می‌شد.

برای بدست آوردن معیار غیرخطی ثبات دینامیک، ابتدا داده‌های سینماتیک مورد نظر از سری‌های زمانی اخذ شده از افراد بدست می‌آمد. برای این منظور، سری‌های زمانی سینماتیک مفصل زانو برای سیکل‌های متوالی راه رفتن به صورت سیکل‌بندی شده مرتب شد. البته این داده‌ها به صورت پیوسته برای محاسبات بکار گرفته شد و هدف از سیکل‌بندی تنها بدست آوردن زمان میانگین هر سیکل بود که برای نرمال کردن زمان استفاده می‌گردید. سپس

فضای حالت با در نظر گرفتن ۵ بُعد بازسازی شد. در اصل نرخ واگرایی نمایی، مسیرهای این فضا است که شاخص ثبات دینامیک را که با نشان داده می‌شود بدست می‌دهد (۱۱). هرچه این شاخص بیشتر باشد، ثبات دینامیک کمتر است. نرخ واگرایی مسیرهای مجاور از لگاریتم فاصله نقاط متوالی / مجاور روی مسیرها از رابطه زیر محاسبه می‌شود (۱۱):

$$\ln [d_j(i)] \approx \lambda^* (i\Delta t) + \ln [d_j(0)]$$

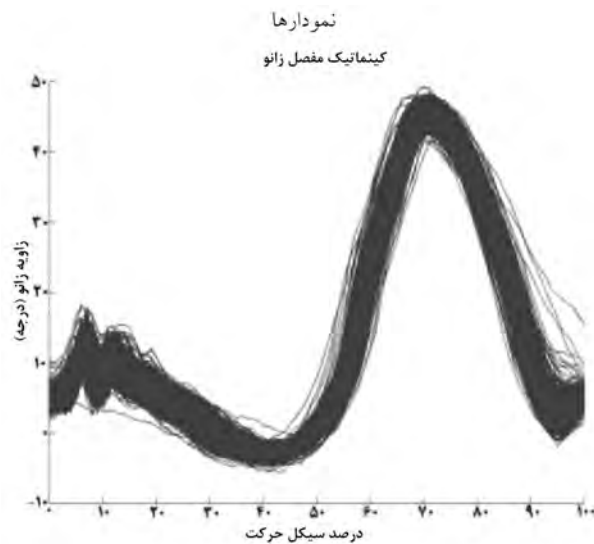
که در آن  $\lambda^*$  نمای لیاپانوف زمان محدود (۱۲) است که با معکوس مفهوم ثبات دینامیک متناسب است. مقدار  $\lambda^*$  از میانگین شیب خطوطی با معادله زیر بدست می‌آید:

$$y(i) = \frac{\langle \ln [d_j(i)] \rangle}{\Delta t}$$

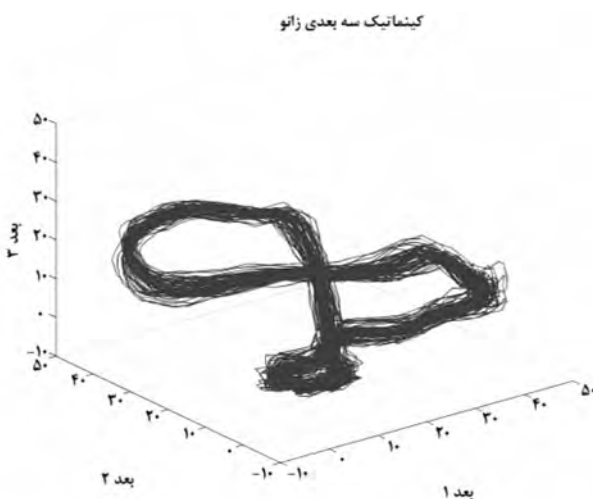
برای تحلیل آماری تأثیر تمرینات بر مقادیر ثبات دینامیک از آزمون ناپارامتری ویلکاکسون<sup>۱</sup> استفاده شد.

### یافته‌ها

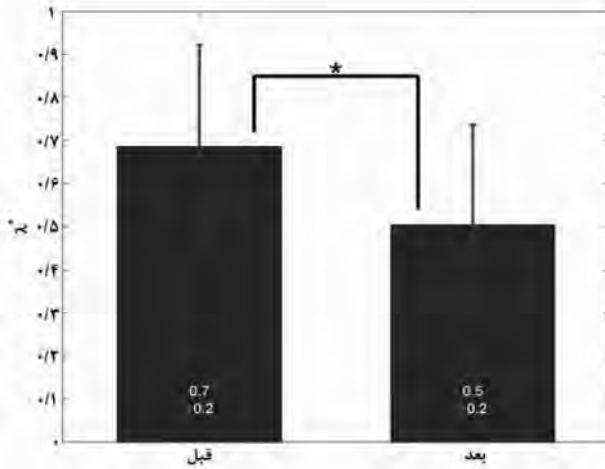
به عنوان داده‌های سینماتیک ثبت شده، سری‌های زمانی زاویه مفصل زانو برای سیکل‌های متوالی راه رفتن به صورت سیکل‌بندی شده در شکل ۱ آمده است. این شکل به صورت کیفی مورد بررسی قرار گرفت تا سیکل‌هایی که به هر دلیل مشکل ثبت داشته‌اند، در محاسبات وارد نشود. بعد از تأیید سیکل‌ها، فضای



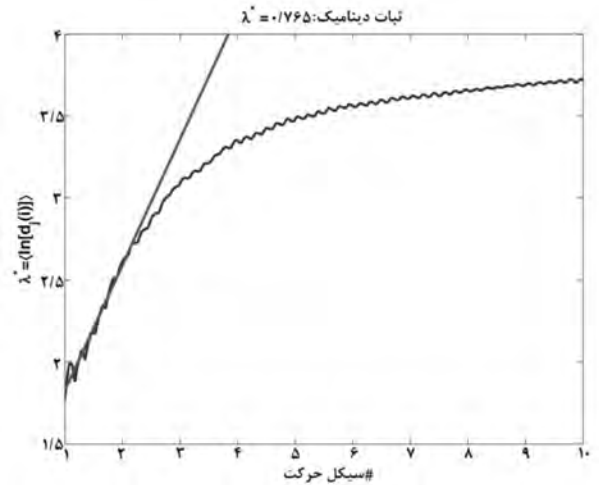
شکل ۱- نمایش صد سیکل اول از زاویه مفصل زانو در حین راه رفتن



شکل ۲- نمایش سه بعدی فضای بازسازی شده سینماتیک مفصل زانو



شکل ۴- تفاوت معنادار ( $P=0/160$ ) ثبات دینامیک قبل و بعد از تمرینات اغتشاش درمانی برای افراد مبتلا به آسیب لیگامان صلیبی قدامی برای ۷ نفر.



شکل ۳- محاسبه مقدار ثبات دینامیک از روی نرخ واگرایی مسیرهای دینامیکی سیستم. در این تحقیق شیب منحنی کوتاه مدت در فاصله گام‌های ۱ و ۲ پیشرو در زمان محاسبه شده است.

تمرینات اغتشاش درمانی استفاده شد. مقایسات آماری روی شاخص‌های قبل و بعد از درمان، نشان داد که ثبات دینامیک بعد از درمان، بهبود معناداری داشته است ( $P=0/016$ ). برای اجتناب از تأثیر خستگی، برای هر فرد در این تحقیق از ۶۰ سیکل اولیه راه رفتن آنها استفاده شد. بررسی اولیه نشان دهنده اثر خستگی در دقایق بیشتر راه رفتن است که نیاز به اندازه‌گیری‌های بیشتری برای اظهار نظر آماری دارد. اما هدف اصلی از این تحقیق ارزیابی اثر تمرینات روی ثبات دینامیک راه رفتن افراد مبتلا بود که نتایج قابل توجهی داشت.

کاربرد این تحقیق در دو حوزه مهندسی و بالینی قابل بررسی است. در حوزه مهندسی بدینوسیله کاربرد محاسبات نظری به صورت عملی آشکار می‌شود که دستاورد مهمی است و می‌تواند گروه‌های مهندسی و پزشکی را بیش از پیش در کنار هم جمع کند. در حوزه بالینی (توانبخشی ورزشی) می‌توان با پایه محکم‌تری، درمان‌های اختصاصی آسیب لیگامان صلیبی قدامی را تدوین کرد. بدیهی است این پایه نظری مبتنی بر محاسبات، بستر مناسبی برای تحقیقات در این زمینه را هموار می‌سازد.

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق، سینماتیک بیماران دچار آسیب لیگامان صلیبی قدامی قبل و بعد از تمرینات اغتشاش درمانی اندازه‌گیری شد. تحلیل آماری روی نتایج شاخص ثبات دینامیک راه رفتن، بهبود معناداری را نشان داد ( $P=0/016$ ).

حالت آن رسم شد. نمایش سه‌بعدی فضای بازسازی شده این داده‌ها که با در نظر گرفتن ۵ بُعد، محاسبه شده و برای نمایش در سه بعد رسم شده است در شکل ۲ آمده است. نمونه‌ای از محاسبه  $\lambda^*$  نیز در شکل ۳ نشان داده شده است. در این تحقیق قبل از محاسبات، نمونه‌برداری مجدد صورت نگرفت (۱۴، ۱۳). مقادیر  $\lambda^*$  برای ۱۰ نفر به دقت محاسبه شد که در آن از ۶۰ سیکل اولیه راه رفتن آنها استفاده شده است. به دلیل برخی مشکلات محاسباتی و ثبت داده‌ها، سه نفر از محاسبات خارج شدند و تحلیل آماری با ۷ نفر انجام شد. بنابراین برای تحلیل آماری از آزمون ناپارامتری ویلکاکسون استفاده شد. طبق شکل ۴، تفاوت معناداری بین ثبات دینامیک، قبل و بعد از تمرینات اغتشاشی مشاهده شد ( $P=0/0156$ ).

### بحث

آسیب لیگامان صلیبی قدامی و توانبخشی اختصاصی آن از موضوعات مهم توانبخشی ورزشی و بیومکانیک است. تاکنون مطالعات بسیاری در خصوص بررسی تغییرات سینماتیکی افراد مبتلا به این آسیب صورت گرفته که در آن تفاوت‌های زوایای مفصلی ارزیابی شده و اثر درمان‌های نوینی مثل اغتشاش درمانی مطالعه شده است (۲، ۳). از طرفی شاخص ثبات دینامیک مدتی است مطرح شده (۶، ۷) و توانسته خصوصیات پنهانی از راه رفتن پاتولوژیک را ظاهر نماید (۴). در این تحقیق برای اولین بار از روش دینامیک غیرخطی و ثبات دینامیک برای ارزیابی راه رفتن بیماران مبتلا به ضایعه لیگامان صلیبی قدامی قبل و بعد از



## تشکر و قدردانی

تحقیقات توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی ایران انجام شد که بدینوسیله از تمام دانشجویان و مسئولین مربوط کمال تشکر را داریم. این تحقیق با پژوهانه طرح مستقل تحقیقاتی دانشگاه علوم پزشکی ایران (کد ۲۶۴/م ت) میسر گردید.

انجام این تحقیق مرهون زحمات مسئولین دانشکده توانبخشی و دانشگاه علوم پزشکی ایران<sup>۱</sup> است که فضایی بین‌رشته‌ای را ایجاد نموده‌اند. تمام آزمایشات در آزمایشگاه بیومکانیک مرکز

## منابع

1. Berchuck M, Andriacchi TP, Bach BR, Reider B. Gait adaptations by patients who have a deficient anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am.* 1990; 72(6): 871-7.
2. Abbasi L. [Effect of perturbation training on gait kinematics of ACL deficient patients (Persian)]. Thesis for Master of Science in Physical therapy. Faculty of Rehabilitation. Tehran University of Medical Sciences (TUMS); 2008, pp: 53-70.
3. Abbasi L, Jamshidi AA, Sanjari MA, Seyed Mohseni S, Sayadi S, Jafari H, et al. Gait kinematics of ACL deficient patients can be modified following 10 sessions of perturbation training. 18th Annual General Meeting of European Society of Movement Analysis in Adults and Children. 2009.
4. Dingwell JB, Cusumano JP. Nonlinear time series analysis of normal and pathological human walking. *Chaos.* 2000; 10(4): 848-63.
5. Kurz MJ, Stergiou N, Buzzi UH, Georgoulis AD. The effect of anterior cruciate ligament reconstruction on lower extremity relative phase dynamics during walking and running. *Knee Surg Sports TraumatolArthrosc.* 2005; 13(2): 107-15.
6. Stergiou N, Moraiti C, Giakas G, Ristanis S, Georgoulis AD. The effect of the walking speed on the stability of the anterior cruciate ligament deficient knee. *ClinBiomech.* 2004; 19(9): 957-63.
7. Buzzi UH, Stergiou N, Kurz MJ, Hageman PA, Heidel J. Nonlinear dynamics indicates aging affects variability during gait. *ClinBiomech.* 2003; 18(5): 435-43.
8. Manor B, Wolenski P, Li L. Faster walking speeds increase local instability among people with peripheral neuropathy. *J Biomech.* 2008; 41(13): 2787-92.
9. Kang HG, Dingwell JB. Intra-session reliability of local dynamic stability of walking. *Gait Posture.* 2006; 24(3): 386-90.
10. Stergiou N. Innovative analyses of human movement research. USA: Human Kinetics; 2004.
11. Dingwell, J.B. Lyapunov Exponents. In: *The Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering.* Metin Akay, Ed. New York, NY: John Wiley & Sons Inc; 2006.
12. Rosenstein MT, Collins JJ, Luca CJ. A practical method for calculating largest Lyapunov exponents from small data sets. *Physica D.* 1993; 65(1-2): 117-34.
13. Bruijn SM, van Dieën JH, Meijer OG, Beek PJ. Statistical precision and sensitivity of measures of dynamic gait stability. *J Neurosci Methods.* 2009; 178(2): 327-33.
14. Granata KP, England SA. Stability of dynamic trunk movement. *Spine.* 2006; 31(10): E271-6.

# Computing Dynamic Stability of Gait for the Assessment of the Effect of Perturbation Training of Anterior Cruciate Ligament Deficient Patients

Sanjari M.A.(Ph.D.)<sup>1</sup>, \*Jamshidi A.A.(Ph.D.)<sup>2</sup>, Abbasi L.(M.Sc.)<sup>3</sup>, Seyed Mohseni S.(M.Sc.)<sup>4</sup>, Kamali M.(Ph.D.)<sup>5</sup>

Received: 27/02/2010  
Accepted: 17/03/2012

- 1- Ph.D. of Biomechanics, Assistant Professor, Rehabilitation Research Center, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
- 2- Ph.D. of Physiotherapy, Assistant Professor, Rehabilitation Research Center, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
- 3- Ph.D. Student of Physiotherapy, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran
- 4- M.Sc. of Prosthetics and Orthotics, Rehabilitation Research Center, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
- 5- Ph.D. of Health Education, Associate Professor, Rehabilitation Research Center, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

\*Correspondent Author Address:  
Faculty of Rehabilitation, Tehran University of Medical Sciences, Shahid Shahnazari St., Madar Sq., Mirdamad Blvd., Tehran, Iran  
\*Tel: +98 21 22228051  
\*E-mail: aa-jamshidi@tums.ac.ir

## Abstract

**Objective:** In this study, using nonlinear dynamics methods, dynamic stability index was used to assess the effect of perturbation training on anterior cruciate ligament (ACL) deficient patients.

**Materials & Methods:** Non-randomized sampling was employed to recruit male athletes with at least 6 months elapsed after their ACL lesion. Using tilt boards, 10 sessions of perturbation training were done. Lower limb kinematics were recorded using electrogoniometers during walking before and after the training. Knee kinematic data of 60 gait cycles was used to calculate dynamic stability index. Time series were reconstructed in five dimensions then finite-time lyapunov exponent was calculated for seven subjects before and after training. Wilcoxon nonparametric test was used to assess the impact of training.

**Results:** The value of the dynamic stability index before and after training was computed as  $\lambda$  and  $\lambda'$ , respectively. Statistical analysis showed that dynamic stability index of gait improved significantly in ACL deficient patients after perturbation training ( $P=0.016$ ).

**Conclusion:** Perturbation training improved the dynamic stability of ACL deficient patients. Therefore using nonlinear dynamics methods one can establish an effective theoretical basis for designing and assessment of specific ACL rehabilitation. Such methods could be used in functional assessment of other interventions that affects body movement such as gait.

**Key words:** Anterior cruciate ligament lesion, Dynamic stability, Gait analysis.