مجله جراحی استخوان و مفاصل ایران
دوره نهم، شماره ٤ (شماره مسلسل ٣٧)، پاییز ١٣٩٠، صفحه‌های ١٥٧-١٥٢

Iranian Journal of Orthopaedic Surgery
Vol 9, No 4 (Serial No 37), Autumn 2011:152-7

ارایه روش نوین در اندازه‌گیری میزان چرخش تی‌بیا در بالغین

*دکتر آرش ملکی، **دکتر فیروزه مددی، ***دکتر رامین ارژنگ، ****دکتر فیروز مددی
«دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی»

خلاصه

پیش‌زمینه: چرخش تی‌بیا عبارت از چرخش طبیعی محور مفصل دیستال تی‌بیا نسبت به محور مفصل پروگزیمال تی‌بیا حول محور طولی آن می‌باشد. هدف از انجام این مطالعه ارائه روشی برای اندازه‌گیری چرخش تی‌بیا با کمک سی‌تی‌اسکن بود.

مواد و روش‌ها: یک مطالعه تشخیصی بر روی ٦٤ داوطلب بالای ١٦ سال با میانگین سنی ٣٢/٧ سال در یک مرکز تصویربرداری انجام گردید. به منظور تعیین چرخش تی‌بیا، سی‌تی‌اسکن ساق در آزمودنی‌ها انجام شد. برش‌های مناسب پروگزیمال و دیستال جهت تعیین چرخش تی‌بیا انتخاب شدند. پس از تعیین خط مرجع پروگزیمال تی‌بیا توسط یک پزشک برش‌های مربوطه به تعداد لازم بر روی کاغذ چاپ و در اختیار چهار پزشک قرار گرفت. پزشکان با ٢ روش مختلف، در دو نوبت با فاصله یک ماه خط مرجع دیستال تی‌بیا را رسم نمودند، آنگاه زاویه ایجاد شده بین این دو خط توسط یک پزشک اندازه‌گیری شد. ضریب همبستگی بین مقادیر به‌دست آمده تعیین و میزان تکرارپذیری هر یک از این روش‌ها محاسبه گردید.

یافته‌ها: در روش اول ضریب همبستگی بین مقادیر به‌دست آمده توسط پزشکان مختلف ٠/٨٦١ و در روش دوم ٠/٨٦٣؛ و ضریب تکرارپذیری هر دو روش ٠/٨٦٨ بود.

نتیجه‌گیری: با توجه به همبستگی بالا در روش دوم می‌توان از این روش در بدشکلی فیبولا جهت تعیین میزان چرخش تی‌بیا استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تی‌بیا، چرخش، سی‌تی توموگرافی

دریافت مقاله: ٤ ماه قبل از چاپ ؛ **مراحل اصلاح و بازنگری:** ٣ بار ؛ **پذیرش مقاله:** ١ ماه قبل از چاپ

Measurement of Tibial Torsion in Adult by Computerized Tomography

*Arash Maleki, MD; **Firoozeh Madadi, MD; ***Ramin Arjang, MD; ****Firooz Madadi, MD

Abstract

Background: Tibial torsion is a term used to describe the physiologic twist of the distal relative to the proximal articular axis of the tibial bone in the transverse plane around its longitudinal axis. This study focuses on a method of tibial torsion measurement with computerized tomography cuts.

Methods: Sixty four volunteers aged over 16 years old had CT imaging of proximal and distal tibia in a teaching hospital in Tehran-Iran. The images were evaluated for leg rotation by four physicians using two different techniques in two different occasions, one month apart. In the first technique the middle of tibia and middle of fibula were used as reference points and in the second method the perpendicular axis to the line connecting the distal fibular notches on CT scans was used. The values were analyzed, and the intra and inter observer agreements for tibia torsions were assessed.

Results: The inter-observer agreement in tibial torsion was .861 and .863 in the first and second methods respectively. The intra-observer reliability in both measurements techniques were .868. The two techniques also had excellent agreement in tibial torsion measurements.

Conclusion: The second technique has high reliability and reproductivity in assessing tibial rotation in fibula deformity.

Keywords: Tibia; Rotation; Tomography, computed

Received: 4 months before printing ; Accepted: 1 month before printing

*Resident of Orthopaedic Surgery, Orthopaedic Department, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, IRAN.
**General Practitioner, Tehran, IRAN.
***Orthopaedic Surgeon, Tehran, IRAN.
***** Orthopaedic Surgeon, Orthopaedic Department, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, IRAN.

Corresponding author: Firooz Madadi, MD
Akhtar Orthopaedic Hospital, Shariati Avenue, Poleroomi Street, Tehran, Iran
E-mail: firooz.madadi@gmail.com

مقدمه

چرخش تی‌بیا واژه‌ای است که چرخش فیزیولوژیک محور مفصلی دیستال تی‌بیا به پروگزیمال را نسبت به محور طولی آن تعریف می‌کند[۱,۲]. به‌عبارت دیگر می‌توان چرخش تی‌بیا را به‌صورت ارتباط بین محور چرخش زانو در خم و راست کردن با محور بین مالئول‌ها تعریف کرد[۳]. همچنین چرخش تی‌بیا عبارت از چرخش پروگزیمال در مقابل محور مفصلی دیستال در نمای عرضی آن است[٤,٥,٦].

اولین توصیف از چرخش تی‌بیا در اوایل قرن بیستم صورت گرفت[۷,۸]. به‌دنبال آن افراد زیادی به توصیف و تعریف چرخش تی‌بیا براساس معیارهای پرتونگاری و بالینی شامل اندازه‌گیری مستقیم جسد[۹,۱۰]، ارزیابی بالینی اندام، روش‌های مختلف تصویربرداری شامل پرتونگاری ساده[۹,۱۰]، فلوروسکوپی[۱]، سی‌تی‌اسکن[٤,۷,۱۲,۱۳,۱٤]، ام‌آرآی[۱۵] و سونوگرافی[۱٦] پرداختند.

شایع‌ترین شکایت بیمار مبتلا به چرخش غیرطبیعی تی‌بیا ظاهر غیرطبیعی اندام تحتانی می‌باشد. گرچه بدشکلی‌های چرخشی که در معاینات روزمره مشاهده می‌گردد، اندک می‌باشد و حداقل شواهد بالینی را دارد، در مقابل چرخش‌های غیرطبیعی شدید که سبب اختلال عملکرد و یا زیبایی فرد می‌شود نیاز به درمان جراحی دارند[۳,۱۷,۱۸,۱۹]. انجام جراحی اصلاحی نیازمند تعیین مقدار چرخش غیرطبیعی تی‌بیا و تعیین میزان چرخش لازم جهت اصلاح بدشکلی می‌باشد. سی‌تی‌اسکن دقیق‌ترین وسیله تشخیصی جهت تحلیل و تعیین میزان چرخش فمور و تی‌بیا می‌باشد[۱٤,۲۰,۲۱,۲۲]. ارزیابی چرخش تی‌بیا به کمک سی‌تی‌اسکن اولین‌بار توسط «جاکوب»[1] و همکاران در سال ۱۹۸۰ گزارش شد[۲۰]. در سال ۱۹۸۱ «جند»[2] و همکاران روشی مشابه را جهت تعیین میزان چرخش تی‌بیا ارائه نمودند[٤]. در حال حاضر سی‌تی‌اسکن استاندارد طلایی جهت ارزیابی چرخش اندام می‌باشد[٤,۲۰,۲۳,۲٤,۲۵] و این تست دارای دقت، اعتمادبخشی[3] و تکرارپذیری خوبی می‌باشد[۲٦]. روش متداولی که هم‌اکنون جهت تعیین خط مرجع دیستال تی‌بیا به‌کار می‌رود خطی است که وسط فیبولا را به وسط تی‌بیا متصل می‌کند[۲۰].

قرارگیری اندام تحتانی در وضعیت غیرمعمول می‌تواند به علت چرخش غیرطبیعی تی‌بیا باشد. از این رو شناخت و آشنایی با روش اندازه‌گیری میزان چرخش تی‌بیا اهمیت پیدا می‌کند. در روشی که در حال حاضر کاربرد دارد، از تی‌بیا و فیبولا و ارتباط بین آن دو استفاده می‌شود. شایان ذکر است در گروهی از بیماران قسمت دیستال فیبولا به هر دلیل جهت تعیین چرخش تی‌بیا در دسترس نیست مانند مواردی که شکستگی، تومور یا بدشکلی در دیستال فیبولا وجود دارد و یا مواردی که ارتباط طبیعی بین تی‌بیا و فیبولا به‌هم خورده است (مانند پارگی سین دسموز). هدف از انجام این مطالعه ارزیابی دو روش در بررسی میزان چرخش تی‌بیا و ارائه روشی بود که در آن فیبولا در تعیین میزان چرخش تی‌بیا نقش نداشته باشد.

مواد و روش‌ها

در این بررسی ٦۰ آزمودنی داوطلب (۳۰ مرد، ۳۰ زن) با میانگین سنی ۳۲/۷ سال در یک مرکز درمانی شرکت نمودند. نمونه‌های تحقیق افرادی بودند که به هر دلیلی نیاز به ارزیابی چرخش تی‌بیا داشتند و بالای ۱٦ سال سن (سن پس از بلوغ) داشتند. مواردی که بدشکلی شدید یا سابقه تروما یا شکستگی داشتند از مطالعه خارج شدند. چرخش تی‌بیا در هر دو اندام تحتانی آزمودنی‌ها به‌وسیله سی‌تی‌اسکن مورد ارزیابی قرار گرفت.

از آنجا که در این مطالعه هدف ارزیابی دو روش در بررسی چرخش تی‌بیا بود، بنابراین نیاز به نمونه‌گیری از جامعه نبود. این مطالعه از نوع تشخیصی، براساس مشاهده و از طریق رسم خطوط لازم بر روی نماهای سی‌تی‌اسکن و اندازه‌گیری زاویه بین این دو استوار بود. تمامی تصاویر در یک مرکز تصویربرداری صورت گرفت. بیمار در هنگام تصویربرداری در وضعیت خوابیده[4] قرار داشت و برای به حداقل رساندن حرکت اندام‌ها، با یک بند بسته شدند. در هر آزمودنی (در هر اندام تحتانی)

1. Jakob
2. Jend
3. Intra & inter observer
4. Supine

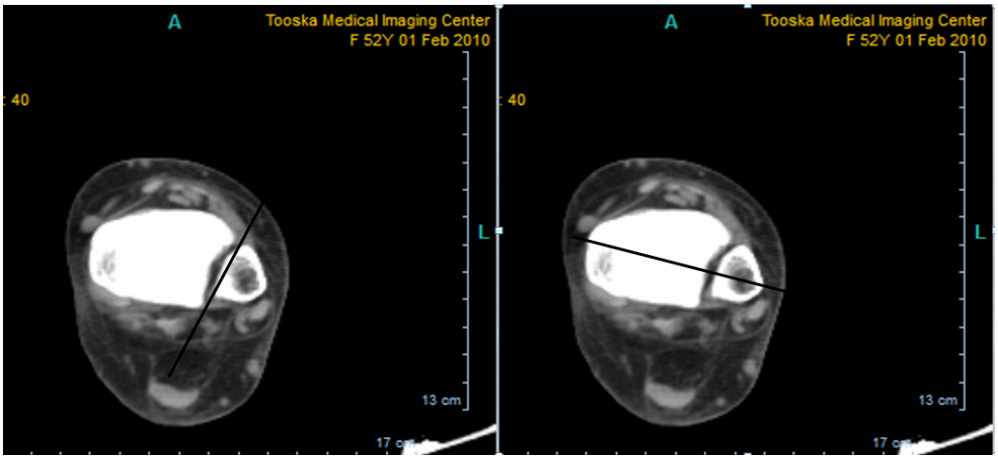
چند برش سی‌تی‌اسکن با فاصله ۲ میلی‌متر از دیستال و پروگزیمال ساق انجام شد. برش مربوط به پروگزیمال ساق، دیستال به مفصل زانو و پروگزیمال به محل قرارگیری فیبولا، دقیقاً قبل از ظاهرشدن سر فیبولا در برش‌های سی‌تی‌اسکن در نظر گرفته شدند. در حالی‌که برش مربوط به دیستال ساق، دقیقاً پروگزیمال به مفصل تیبیوتالار انتخاب گردید. نماهای ذکر شده بر روی کاغذ چاپ شدند. در این مطالعه محورهای عرضی (مرجع) دیستال و پروگزیمال تی‌بیا در برش‌های سی‌تی‌اسکن ترسیم گردید و زاویه بین محور عرضی دیستال و پروگزیمال تی‌بیا به‌عنوان میزان چرخش تی‌بیا تعریف شد. جهت تعیین خط مرجع پروگزیمال در برش سی‌تی‌اسکن پروگزیمال انتخاب شده، پشت کندیل‌های پروگزیمال تی‌بیا (پلاتو تی‌بیا) به هم رسم شد. به منظور کاهش خطا، خط مرجع پروگزیمال توسط یک پزشک ترسیم گردید، سپس نماهای مربوطه تکثیر شد و چهار پزشک خطوط مرجع دیستال را جهت تعیین میزان چرخش تی‌بیا در ۱۲۰ تی‌بیا بر اساس دو روش مختلف رسم کردند. در روش اول بر اساس روش قدیمی از وسط فیبولا و وسط تی‌بیا جهت تعیین خط مرجع دیستال تی‌بیا استفاده شد[۲۰] و در روش دوم که توسط ما معرفی شد خطی عمود بر خطی که دو لبه فرورفتگی فیبولا در دیستال تی‌بیا را به هم وصل می‌کند به‌عنوان محور دیستال تی‌بیا معرفی گردید (شکل۱) و یک ماه بعد این خطوط مجدداً توسط همان افراد ترسیم شدند. سپس جهت کاهش خطای اندازه‌گیری، ارتباط بین خطوط مرجع رسم شده توسط یک پزشک اندازه‌گیری شد.

در مرحله دوم ترسیم خطوط، پزشکان به خطوط ترسیم کرده خود در نوبت اول دسترسی نداشتند و بین دو نوبت یک ماه فاصله وجود داشت. در ضمن اندازه‌گیری زاویه بین دو خط مرجع نیز توسط یک پزشک و در پایان رسم خطوط توسط تمام پزشکان انجام شد. بدین ترتیب اطلاعات مربوط به میزان چرخش تی‌بیا در بیماران با استفاده از دو روش توسط چهار پزشک و در ۲ نوبت با فاصله یک ماه تعیین شد. میزان چرخش تی‌بیا در هر تی‌بیا (هر مورد) که توسط یک پزشک اندازه‌گیری شده بود با مقدار اندازه‌گیری شده توسط پزشک دیگر مقایسه گردید. همچنین اندازه چرخش هر تی‌بیا با اندازه تعیین شده آن یک ماه بعد توسط همان پزشک مقایسه و میزان تکرارپذیری هر روش سنجیده شد.

یافته‌ها

در این مطالعه جهت بررسی میزان چرخش تی‌بیا در ٦۰ آزمودنی از سی‌تی‌اسکن استفاده شد. جهت بررسی و تعیین میزان چرخش تی‌بیا بر روی برش‌های سی‌تی‌اسکن از دو روش استفاده شد. خط مرجع پروگزیمال در هر دو روش یکسان و تفاوت دو روش در خط مرجع دیستال بود.

در روش اول میزان چرخش تی‌بیا ۸/٦±۳۰/٤ (دامنه ۹ تا٦۲/۵)



شکل ۱. شیوه ترسیم خط مرجع دیستال تی‌بیا در دو روش. الف) روش اول با استفاده از مرکز فیبولا و تی‌بیا، ب) روش دوم با استفاده از بریدگی فیبولادر تی‌بیا

و به کمک همین روش با فاصله یک ماهه (تکرار روش) ۸/۷±۳۰/۰ (در دامنه ۹/۵ تا ۵۹) به‌دست آمد. در روش دوم میزان چرخش تی‌بیا در مرتبه اول ۸/٦±۳۵/۸ (در دامنه ۱٦ تا ۷۰) و در مرتبه دوم ۹/۱±۳۵/۲ (در دامنه ٦ تا ۷۱/۵) تعیین گردید (جدول ۱).

جدول۱. میزان چرخش تی‌بیا در آزمودنی‌ها با دو روش و توسط ٤ پزشک

	روش اول مرتبه اول	روش دوم مرتبه اول	روش اول مرتبه دوم	روش دوم مرتبه دوم
پزشک اول	۸/٤±۳۰/۳	۸/۱±۳٦/٤	۸/۵±۲۸/۸	۸/۹±۳٦/۱
پزشک دوم	۸/۹±۲۹/۸	۹/۰±۳۵/۵	۸/٦±۳۱/۳	۹/۸±۳٤/٤
پزشک سوم	۸/۳±۳۰/۹	۸/٤±۳۵/۱	۸/۸±۳۱/۲	۸/٤±۳۵/۱
پزشک چهارم	۸/۷±۳۰/۷	۹/۰±۳٦/۵	۸/٦±۲۸/٦	۹/۲±۳۵/۳
کل	۸/٦±۳۰/٤	۸/٦±۳۵/۸	۸/۷±۳۰/۰	۹/۱±۳۵/۲

ارتباط اندازه‌گیری پا با کمک ضریب همبستگی بین گروه‌ها[1] بررسی شد. ضریب محاسبه شده در روش اول ۰/۸٦۱ (مرتبه اول ۰/۹۱۱ و مرتبه دوم با فاصله یک ماه ۰/۸۲۸)؛ و در روش دوم ۰/۸٦۳ (مرتبه اول ۰/۸۸٤ و مرتبه دوم ۰/۸۵٤) محاسبه گردید. تکرارپذیری در هر دو روش ۰/۸٦۸ بود.

بحث

در داخل رحم جوانه اندام تحتانی در هفته چهارم بارداری شکل می‌گیرد[۲۷,۲۸]. در طی هفته هفتم بارداری چرخش داخلی در اندام تحتانی شکل گرفته و انگشت شصت در خط وسط قرار می‌گیرد. چرخش خارجی به‌تدریج در طی رشد تا رسیدن به سن بلوغ صورت می‌گیرد[۳,۷,۱۸,۲۹]. هر گونه اختلال در سیر تکامل، به دلیل قرار گرفتن پا به سمت داخل، می‌تواند سبب اختلال در نحوه راه رفتن گردد؛ اگرچه علل دیگری نیز در ایجاد این عارضه نقش دارند.

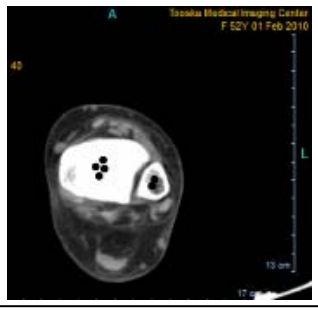
«گاون»[2] و همکاران در یک بررسی برروی ۲۵ داوطلب میانگین چرخش تی‌بیا را ۱۰/۰۵±۳/۰٦ (دامنه ۲ تا ۱۷) محاسبه نمودند[۳۰].

«جند» و همکاران با استفاده از سی‌تی‌اسکن، چرخش تی‌بیا را در ۷۰ اندام تحتانی سالم ۹±٤۰ درجه تعیین نمودند. در یک بررسی تکرار محاسبه چرخش تی‌بیا خطا در حد ۱ درجه در پروگزیمال و ۱/۵ درجه در دیستال تی‌بیا بود[۲۷]. «اشنایدر»[3] و همکاران چرخش تی‌بیا در ۹۸ اندام تحتانی در بالغین سالم با میانگین سنی ٤۲ سال را بررسی کردند. میزان چرخش تی‌بیا را با روش «جند» ۸/۹±٤۱/۷ درجه محاسبه نمودند. در بررسی آنان اختلاف تکرار اندازه‌گیری ۲/۷±۳/۰ بود[۳۱].

در مطالعه حاضر میزان چرخش تی‌بیا در آزمودنی‌ها توسط ٤ پزشک و با دو روش مختلف در دو نوبت اندازه‌گیری شد و میزان چرخش تی‌بیا با روش اول در دو نوبت با فاصله یک ماه ۸/٦±۳۰/٤ و ۸/۷±۳۰ و در روش دوم در همان افراد ۸/٦±۳۵/۸ و ۹/۱±۳۵/۲ بدست آمد. از آنجا که هدف این مطالعه ارزیابی یک روش جدید در تعیین میزان چرخش تی‌بیا بود، نمونه‌گیری از جمعیت نرمال جامعه به صورت تصادفی انجام نشد و نمی‌توان مقادیر بدست آمده را به جامعه ایرانی تعمیم داد.

یافته‌ها نشان دادند درصورتی‌که این دو روش توسط پزشکان مختلف استفاده شود، نتایج اندازه‌گیری با یکدیگر همخوانی دارند. اندازه‌گیری با روش اول در دو نوبت دارای همبستگی ۰/۹۱۱ و ۰/۸۲۸ و در روش دوم همبستگی ۰/۸۸٤ و ۰/۸۵٤ بود. ضرایب بالای ۰/۸ نشان می‌دهد در صورت استفاده از این دو روش توسط افراد مختلف جهت تعیین میزان چرخش تی‌بیا، نتایج مشابه بدست خواهد آمد.

در روش متداول، که همان روش اول در این مطالعه می‌باشد، خط مرجع در دیستال از وسط تی‌بیا و فیبولا عبور می‌کند و نیاز به تعیین وسط فیبولا و تی‌بیا در برش سی‌تی‌اسکن می‌باشد. در حالی‌که با توجه به شکل نامنظم این دو استخوان امکان تعریف مشخص از وسط هر کدام وجود ندارد، بلکه این کار به‌صورت تقریبی انجام می‌شود و بر این اساس هر پزشک می‌تواند یک نقطه را به‌عنوان مرکز تی‌بیا یا فیبولا معرفی کند (شکل۲).



شکل۲. می‌توان چند نقطه را به‌عنوان وسط تی‌بیا یا فیبولا در نظر گرفت.

1. Interclass Correlation Coefficient (ICC)
2. Guven
3. Schneider

در روش دوم خط مرجع دیستال بر اساس لبه‌های جلویی و پشتی فرورفتگی فیبولا در دیستال تی‌بیا (که در برش سی‌تی‌اسکن حدود مشخصی دارد) و تعیین خط عمود بر آن تعیین می‌گردد. با این شرایط انتظار می‌رفت که در روش دوم میزان همبستگی بیشتر از روش اول باشد در حالی‌که پس از بررسی مشخص شد که هر دو روش همبستگی بالایی دارند. با وجود آنکه روش اول در مورد ویژگی وسط تی‌بیا و فیبولا صحبت نمی‌کند ولی این مطالعه نشان داد که پزشکان خط مرجع دیستال را تقریبا مشابه رسم کردند. باوجود آن که در روش اول تعریف مشخصی از وسط فیبولا و به خصوص تی‌بیا معرفی نشده است و درواقع به صورت تخمینی توسط پزشک در نظر گرفته می‌شود، در این مطالعه مشاهده شد که این روش ضریب همبستگی و تکرارپذیری بالایی دارد.

در روش ارائه شده در این بررسی دو خط باید ترسیم شود به‌طوری که خط دوم عمود بر خط اول باشد. در حالی‌که در روش اول این کار با ترسیم یک خط امکان‌پذیر است. با افزایش تعداد خطوط و پیچیدگی ترسیم آنها، میزان خطای انسانی افزایش می‌یابد، بنابراین احتمال خطای اندازه‌گیری در روش دوم می‌تواند بیشتر باشد. با این وجود روش دوم دارای ضریب همبستگی و تکرارپذیری بالای ۰/۸ می‌باشد که قابلیت بیشتر اعتماد به این روش را نشان می‌دهد.

در این مطالعه خطوط توسط پزشکان به‌صورت دستی رسم شد درحالی‌که چنانچه به‌صورت کامپیوتری انجام شود و فقط ترسیم خط اول لازم باشد، انجام کار آسان‌تر و دقیق‌تر خواهد بود.

اگرچه در روش دوم ا جهت ارزیابی میزان چرخش تی‌بیا از فیبولا استفاده نمی‌شود ولی نیاز است که فیبولا در دیستال تی‌بیا فرورفتگی ایجاد کرده باشد درغیراین‌صورت احتمال دارد این روش در این موارد خاص کاربرد نداشته باشد.

نتیجه‌گیری

بررسی دو روش جهت تعیین میزان چرخش تی‌بیا نشان داد با وجود آن که در روش مرسوم تعریف مشخصی جهت تعیین مرکز تی‌بیا و فیبولا وجود ندارد، این روش دارای ضریب همبستگی و میزان تکرارپذیری بالا می‌باشد. روش ارائه شده در این مطالعه نیز (روش دوم) معیارهای قابل‌قبولی داشت و این روش را مستقل از فیبولا نیز می‌توان انجام داد.

References

1. Clementz BG. Assessment of tibial torsion and rotational deformity with a new fluoroscopic technique. *Clin Orthop Relat Res.* 1989;(245):199-209.

2. Fabry G, Cheng LX, Molenaers G. Normal and abnormal torsional development in children. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;(302):22-6.

3. Staheli LT, Corbett M, Wyss C, King H. Lower-extremity rotational problems in children. Normal values to guide management. *J Bone Joint Surg Am.* 1985;67(1):39-47.

4. Jend HH, Heller M, Dallek M, Schoettle H. Measurement of tibial torsion by computer tomography. *Acta Radiol Diagn (Stockh).* 1981;22(3A):271-6.

5. Le Damany P. La torsion du tibia normale, pathologique, experimentale. *J Anat Physiol (Paris)* 1909;45:598-615

6. Mikulicz J. Ueber individuelle Formdifferenzen am Femur und an der. Tibia des Menschen. *Archiv f AuPh Anat Abthig.* 1878;351-404.

7. Staheli LT, Engel GM. Tibial torsion: a method of assessment and a survey of normal children. *Clin Orthop Relat Res.* 1972;86:183-6.

8. Milner CE, Soames RW. A comparison of four in vivo methods of measuring tibial torsion. *J Anat.* 1998;193 (Pt 1):139-44.

9. Hutter CG Jr, Scott W. Tibial torsion. *J Bone Joint Surg Am.* 1949;31A(3):511-8.

10. Yoshioka Y, Siu DW, Scudamore RA, Cooke TD. Tibial anatomy and functional axes. *J Orthop Res.* 1989;7(1):132-7.

11. Rosen H, Sandick H. The measurement of tibiofibular torsion. *J Bone Joint Surg Am.* 1955;37-A(4):847-55.

12. Eckhoff DG, Johnson KK. Three-dimensional computed tomography reconstruction of tibial torsion. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;(302):42-6.

13. Reikerås O, Høiseth A. Torsion of the leg determined by computed tomography. *Acta Orthop Scand.* 1989;60(3):330-3.

14. Stuberg W, Temme J, Kaplan P, Clarke A, Fuchs R. Measurement of tibial torsion and thigh-foot angle using goniometry and computed tomography. *Clin Orthop Relat Res.* 1991;(272):208-12.

15. Schneider B, Laubenberger J, Jemlich S, Groene K, Weber HM, Langer M. Measurement of femoral antetorsion and tibial torsion by magnetic resonance imaging. *Br J Radiol.* 1997;70(834):575-9.

16. Hudson D, Royer T, Richards J. Ultrasound measurements of torsions in the tibia and femur. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88(1):138-43.

17. Staheli TL. Rotational Problems in Children. *J Bone Joint Surg Am.* 1993;75(6):939-49.

18. Kling TF Jr, Hensinger RN. Angular and torsional deformities of the lower limbs in children. *Clin Orthop Relat Res.* 1983;(176):136-47.

19. Staheli LT. Torsion-treatment indications. *Clin Orthop Relat Res.* 1989;(247):61-6.

20. Jakob RP, Haertel M, Stüssi E. Tibial torsion calculated by computerised tomography and compared to other methods of measurement. *J Bone Joint Surg Br.* 1980;62-B(2):238-42.

21. Hernandez RJ, Tachdjian MO, Poznanski AK, Dias LS. CT determination of femoral torsion. *AJR Am J Roentgenol.* 1981;137(1):97-101.

22. Weiner DS, Cook AJ, Hoyt WA Jr, Oravec CE. Computed tomography in the measurement of femoral anteversion. *Orthopedics*. 1978;(4):299-306.

23. Murphy SB, Simon SR, Kijewski PK, Wilkinson RH, Griscom NT. Femoral anteversion. *J Bone Joint Surg Am.* 1987;69(8):1169-76.

24. Pfeifer T, Mahlo R, Franzreb M, Heiss U, Lutz P, Wöhrle A, Wikström M. Computed tomography in the determination of leg geometry. *In Vivo*. 1995;9(3):257-61.

25. Strecker W, Keppler P, Gebhard F, Kinzl L. Length and torsion of the lower limb. *J Bone Joint Surg Br.* 1997; 79(6):1019-23.

26. Puloski S, Romano C, Buckley R, Powell J. Rotational malalignment of the tibia following reamed intramedullary nail fixation. *J Orthop Trauma.* 2004;18(7):397-402.

27. Staheli LT. Torsional deformity. *Pediatr Clin North Am.* 1977;24(4):799-811.

28. Guidera KJ, Ganey TM, Keneally CR, Ogden JA. The embryology of lower-extremity torsion. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;(302):17-21.

29. Staheli LT. In-toeing and out-toeing in children. *J Fam Pract.* 1983;16(5):1005-11.

30. Güven M, Akman B, Unay K, Ozturan EK, Cakici H, Eren A. A new radiographic measurement method for evaluation of tibial torsion: a pilot study in adults. *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467(7):1807-12.

31. Schneider B, Laubenberger J, Wildner M, Exne V, Langer M. NMR tomographic measurement of femoral ante-torsion and tibial torsion. *Rofo.* 1995;162(3):229-31. German.