



بررسی زاویه چرخش دیستال فمور با سی تی اسکن سه بعدی

آرمین نیکزاد،* فرید عباس زاده،** زهرا سقایی،*** دکتر سهیل مهدی پور،**** دکتر فیروز مددی،* دکتر مراد کریم پور

«دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی»

خلاصه

پیش‌زمینه: تعویض مفصل زانو بک درمان استاندارد برای زانوهای مبتلا به ساییدگی است و اندازه‌گیری زاویه چرخش ناحیه دیستال فمور یکی از مهم‌ترین مباحث می‌باشد. در روش‌های متداول، این زاویه به صورت دوبعدی و با تصاویر سی تی اسکن اندازه‌گیری می‌شود که البته با خطا همراه است. هدف از این تحقیق، بررسی نحوه اندازه‌گیری این زاویه به صورت سه‌بعدی بود.

مواد و روش‌ها: با استفاده از تصاویر سی تی اسکن، مدل سه بعدی فمور ۴۰ بیمار با نرم‌افزارهای مهندسی استخراج گردید. با قرار دادن نشانه‌ها، زاویه چرخش ناحیه انتهایی، با استفاده از محورهای برآمدگی پشتی، آناتومیک بین اپی‌کوندیل‌ها، جراحی بین اپی‌کوندیل‌ها و خط وایت سایید در دو نمای عمود بر محور آناتومی و مکانیکی محاسبه شد.

یافته‌ها: در حالت نمای مشاهده عمود بر محور مکانیکی، میانگین زاویه بین خط برآمدگی پشتی با خط وایت سایید، محور جراحی بین اپی‌کوندیل‌ها و محور آناتومیک بین اپی‌کوندیل‌ها به ترتیب برابر با ۳/۴۱، ۱/۳۱- و ۵/۵۳؛ و در حالت نمای مشاهده عمود بر محور آناتومی، به ترتیب ۰/۷۴-، ۱/۲۶- و ۵/۶۷ درجه بود. نمودار بلند - آئمن نشان داد، جز در محورهای بین اپی‌کوندیل‌ها و جراحی بین اپی‌کوندیل‌ها، رابطه‌ای بین سایر زوایا وجود ندارد.

نتیجه‌گیری: محورهای برآمدگی پشتی، آناتومیک بین اپی‌کوندیل‌ها، جراحی بین اپی‌کوندیل‌ها، تحت تأثیر نمای اندازه‌گیری نمی‌باشند، اما اختلاف حدود ۴ درجه نشان می‌دهد اندازه‌گیری‌هایی که بر مبنای محور خط وایت سایید انجام می‌گیرد، تحت تأثیر نحوه قرارگیری اندام می‌باشد. عدم ارتباط این خطوط نشان می‌دهد که باید محورهای دیگر و بیشتری برای بهبود عمل جراحی استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: فمور، چرخش، توموگرافی کامپیوتری

دریافت مقاله: ۵ ماه قبل از چاپ؛ مراحل اصلاح و بازنگری: ۲ بار؛ پذیرش مقاله: ۱۰ روز قبل از چاپ

3D CT Evaluation of Distal Femoral Rotation Angle

*Armin Nikzad, BSc; **Farid Abbaszade, MSc; ***Zahra Saghaei, MSc; ****Soheil Mehdipoor, MD;
*****Firooz Madadi, MD; *Morad Karimpour, PhD

Abstract

Background: Total knee arthroplasty is an accepted method for treatment of osteoarthritis of the knee. Measuring the distal femoral rotation is one of the most important problems in such operations. In the conventional 2D method, measuring the angle is based on CT scan images but these methods usually contain errors. In this study, the three-dimensional measurement of the aforementioned angle was investigated.

Methods: In this research, using CT scans and 3D modeling, 3D lower extremity models of 40 patients were extracted. The rotation of distal femur was measured for plane perpendicular to the anatomical and the plane of mechanical axis of femur. Four axes were drawn on these planes using anatomical landmarks: posterior condylar line (PCL), anatomical and surgical transepicondylar line (ATEA+STEA), and the Whiteside line (WL).

Results: The mean difference of these measurements on the plane perpendicular to the mechanical axis of the femur, between PCL and WL, STEA, ATEA was 3.41, -1.31, 5.53; and angles on the plane perpendicular to the anatomical axis of femur were -0.74, -1.26, and 5.67, respectively. In addition, Bland-Altman diagram was plotted between every two measurements and no relationship found, except for STEA and ATEA.

Conclusions: The measurements between PCL, ATE, and STEA are not affected by the plane on which these measurements are carried out on, except for the 4 degrees difference present in WL axis. With a greater sample size and proper grouping, some relationship might be found between the aforementioned axes.

Keywords: Femur; Rotation; Spiral tomography

Received: 5 months before printing ; Accepted: 10 days before printing

*Mechanical Engineer, Department of Medical Engineering, University of Tehran, Tehran, IRAN.

**Biomechanical Engineer, Department of Biomedical Engineering, Science & Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, IRAN.

***Biomechanical Engineer, Department of Research and Development Jarahyar sharif, Tehran. IRAN.

****Orthopaedic Surgeon, Department of Research and Development Jarahyar sharif, Tehran. IRAN.

*****Orthopaedic Surgeon, Orthopaedic Department, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, IRAN.

Corresponding author: Morad Karimpour, PhD

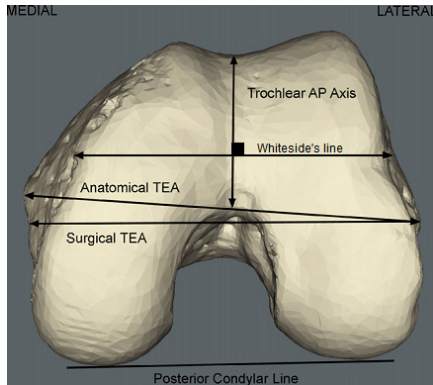
Department of Mechanical Engineer, University of Tehran, North Kargar Street, Tehran Iran

E-mail: m.karimpour@ut.ac.ir

مقدمه

تعویض مفصل زانو به عنوان درمان استاندارد در زانوهای مبتلا به ساییدگی مورد پذیرش قرار گرفته است، ولی این درمان عاری از عوارض نیست^(۱). عوارض این عمل شامل عدم جای گیری مناسب مفصل زانو، کشش نامناسب در تاندون ها و در نهایت ایجاد درد در زانوی بیمار است. یکی از شاخص های مهم در جای گذاری صحیح پروتز زانو، زاویه چرخش انتهایی استخوان فمور است. به منظور کاهش عوارض این گونه عمل ها نیاز است که جراح اندازه های دقیق تری از زاویه چرخش ناحیه انتهایی استخوان فمور در دست داشته باشد. هرگونه اندازه گیری نادرست این زاویه، باعث قرارگیری اشتباه مفصل زانو می شود و در نهایت تاندون زانوی بیمار تحت بارگذاری و تنش های بالا قرار می گیرد و دردهای مفصلی ایجاد خواهد کرد^(۲،۳،۴). این امر محققین را بر آن داشته تا مطالعات زیادی پیرامون نحوه دقیق اندازه گیری این زاویه انجام دهند. روش های گوناگونی برای اندازه گیری زاویه مذکور قبل و در حین عمل وجود دارد. متداول ترین محورهای مرتبط با این شاخص، خط برآمدگی پستی^۱ (PCL)، محور آناتومیک بین اپی کوندیل ها^۲ (ATEA)، محور جراحی بین اپی کوندیل ها^۳ (STE) و خط وایت ساید^۴ (WL) می باشد.

در این مطالعه PCL، خط لقمه ای پستی به صورت خطی مماس بر دو برآمدگی پستی کوندیل های فمور تعریف می شود. همچنین ATEA محور آناتومیک بین اپیکندیل ها می باشد که بیرونی ترین نقطه برآمدگی کوندیل های مدیال و لترال را به هم متصل می کند. محور STEA خطی است که سالکوس میانی را به بیرونی ترین نقطه برآمدگی لترال کندیل فمور متصل می کند، و خط وایت ساید، خطی عمود بر محور آناتومیک جلویی پستی^۵ زانو می باشد. محور آناتومیک جلویی پستی نیز خطی است که عمیق ترین قسمت شیار بین دو کندیل را به مرکز شکاف بین دو کندیل متصل می کند (شکل ۱).



شکل ۱. محورهای استفاده شده جهت اندازه گیری میزان چرخش ناحیه دیستال فمور^(۴)

بیشتر پژوهش ها با استفاده از سی تی اسکن و به صورت دو بعدی انجام شده است. در این اندازه گیری ها ممکن است نشانه مورد نظر به طور دقیق در برش انتخاب شده نباشد و اندازه گیری با خطا همراه باشد. همچنین مطالعات دوی بعدی به شدت تحت تأثیر نحوه قرارگیری اندام بیمار هنگام گرفتن تصاویر سی تی اسکن می باشد^(۵،۶). استخراج مدل سه بعدی و اندازه گیری بر روی مدل کامل استخوان با استفاده از محورهای مربوط به خود استخوان، می تواند خطاهای ناشی از نشانه گذاری و نمای محاسبه را کاهش دهد^(۷). اما همچنان استفاده از روش های مختلف برای تعریف این زاویه قابل بحث است و با توجه به اینکه ممکن است در حین جراحی برخی از نشانه ها قابل دستیابی نبوده و یافتن برخی دیگر راحت تر باشد، لزوم بررسی این روش ها و حتی پیدا کردن ارتباط منطقی بین آنها می تواند مدنظر قرار گیرد. با توجه به اهمیت این شاخص در تعویض مفصل و جلوگیری از ایجاد عوارض آن، در این پژوهش، با تعریف محورهای مربوط به ناحیه انتهایی فمور بر روی مدل سه بعدی استخوان و اندازه گیری زاویه بین آنها به عنوان زاویه چرخش ناحیه انتهایی استخوان فمور، روش های مختلف اندازه گیری بر روی جامعه آماری ایرانی بررسی گردید.

مواد و روش ها

این مطالعه گذشته نگر، بر روی ۴۰ بیمار (۷ مرد، ۳۳ زن) که به دلایل مختلف از جمله بدشکلی و یا درد، به پزشک مراجعه

1. Posterior condylar line
2. Anatomical transepicondylar axis
3. Surgical transepicondylar axis
4. Whiteside line
5. Anterior posterior anatomic

در این مطالعه، زاویه چرخش ناحیه انتهایی استخوان فمور به سه صورت زاویه بین PCL و ATEA، زاویه بین PCL و STEA و روش سوم استفاده از PCL و WL بود. این روش‌ها هرکدام یک بار با استفاده از تصویر کردن محورهای مذکور بر روی صفحه عمود بر محورهای مکانیکی، و یک بار عمود بر محور آناتومی فمور انجام شد.

در این مطالعه، اندازه‌گیری‌ها با نرم‌افزار کتیا^۲؛ و مقایسه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری «مدکالک»^۳ انجام گردید. با این نرم‌افزار، نمودار «بلند-آلتمن»^۴ جهت مقایسه داده‌های حاصل از دو روش متفاوت رسم شد.

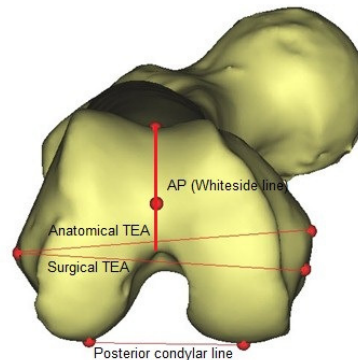
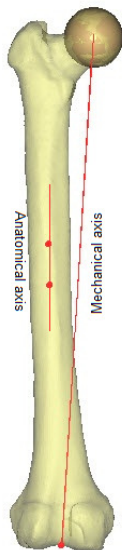
یافته‌ها

شاخص‌های مرکزی شش روش استفاده شده برای اندازه‌گیری زاویه چرخش ناحیه دیستال فمور در جدول ۱ نمایش داده شده است. در حالتی که نمای مشاهده عمود بر محور مکانیکی بود، میانگین زاویه بین PCL و WL برابر با ۳/۴۱، زاویه بین PCL و STEA برابر با ۱/۳۱- و زاویه بین PCL و ATEA به میزان ۵/۵۳ بود. همچنین در حالتی که نمای مشاهده عمود بر محور آناتومی بود این زوایا به ترتیب برابر با ۰/۷۴، ۱/۲۶- و ۵/۶۷ درجه بود.

کرده بودند، انجام شد. در این بررسی جفت زانوهای هریک از بیماران بررسی گردید. از بین بیماران مورد مطالعه، ۳ مورد (۷/۵٪) زانوهای واروس، ۳۱ بیمار (۷۵٪) زانوهای والگوس و ۵ بیمار (۱۵٪) دو اندام با حالت متفاوت داشتند، به طوری که یک اندام آنها والگوس و دیگری واروس بود. یکی از بیماران هیچ‌گونه انحنای در صفحه فرونتال اندام خود نداشت. میانگین سنی گروه مورد مطالعه ۵۲/۳±۱۵/۱۴ سال بود (دامنه: ۱۶ تا ۸۱ سال). هیچ یک از بیماران در اعضای مورد مطالعه، جراحی قبلی نداشتند و صفحه یا پروتز در اندام آنها قرار نداشت. همچنین ۲۲ بیمار دارای استئوفیت بودند. از اندام تحتانی این بیماران سی‌تی‌اسکن چند برشی با ضخامت برش‌های ۱ میلی‌متر تهیه و پس از استخراج مدل سه‌بعدی استخوان‌ها، نشانه‌های مورد نظر روی فمور مشخص گردید. به این ترتیب که مرکز سر فمور با تقریب کروی به‌عنوان ابتدا و مرکز شکاف بین دو کوندیل به‌عنوان انتها، محور مکانیکی فمور را تشکیل دادند. همچنین محور استوانه‌ای که تقریب خوبی از شفت فمور است، به‌عنوان محور آناتومی فمور تعریف شد. نشانه‌های پوستریورترین نقطه کوندیل‌ها، اپی‌کوندیل میدیال و لترال و سالکوس میدیال نیز برای تعریف محورهای پوستریور کوندیل‌ها، بین اپی‌کوندیل‌ها و جراحی اپی‌کوندیل‌ها در ناحیه انتهایی فمور مشخص شدند. محور جلویی پشتی نیز از مرکز شیار جلویی بین دو کوندیل^۱ فمور به عمیق‌ترین نقطه شکاف بین دو کوندیل متصل گردید. خط وایت‌ساید به این محور عمود بود. در شکل‌های ۲ و ۳ نحوه انتخاب این نشانه‌ها مشخص شده‌اند.

1. Groove
2. Catia
3. Medcalc
4. Bland-Altman diagram

شکل ۲ نمایش محورهای مکانیکی و آناتومی فمور



شکل ۳. نمایش نشانه‌های محورهای PCL STEA, ATEA, AP

جدول ۱. شاخص‌های مرکزی شش روش استفاده شده برای اندازه‌گیری زاویه چرخش ناحیه دیستال فمور

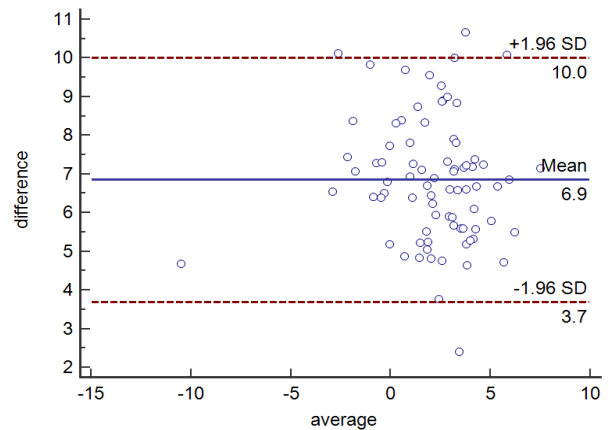
ATEA & PCL عمود بر محور آناتومی	STEA & PCL عمود بر محور آناتومی	WL & PCL عمود بر محور آناتومی	ATEA & PCL عمود بر محور مکانیکی	STEA & PCL عمود بر محور مکانیکی	WL & PCL عمود بر محور مکانیکی	شاخص‌های مرکزی میانگین (انحراف معیار)
۵/۶۷±۲/۶۲	-۱/۲۶±۲/۷۹	-۰/۷۴±۵/۱۴	۵/۵۳±۲/۶	-۱/۳۱±۲/۷	۳/۴۱±۵/۶۴	بیشینه
۱۱/۰۸	۹/۰۸	۱۱/۰۹	۱۱/۰۹	۳/۹۳	۱۵/۶۱	کمینه
-۸/۲۶	-۱۴/۸۴	-۱۵/۳۳	-۸/۱۴	-۱۲/۸۳	-۱۱/۰۹	p-value
<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۵	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	

منطقی میان دو خط ATEA و STEA است. در سایر نمودارها با توجه به مقادیر بالا و پایین نمودار که تفاوت زیادی با یکدیگر دارند می‌توان نتیجه گرفت که رابطه منطقی بین روش‌های متفاوت اندازه‌گیری وجود ندارد.

بحث

«الکات»^۱ و «اسکات»^۲ مطالعه‌ای در مورد اندازه‌گیری پارامترهای زانو با استفاده از محور اپی‌کندیل، بر روی بیماران پیش از عمل تعویض کامل مفصل زانو انجام دادند^(۸). «میلر»^۳ و همکاران نیز در سال ۲۰۰۱ یک بررسی در همین زمینه انجام دادند. هر دو محقق دریافتند که محور اپی‌کندیل، برای اندازه‌گیری‌های قبل و حین عمل، یک محور مطمئن می‌باشد^(۹). «برگر»^۴ و همکاران در سال ۱۹۹۸ مطالعه‌ای بر روی سی‌تی اسکن بیماران دارای مشکلات پاتلا فمور انجام دادند و دریافتند که چرخش داخلی اعضای ناحیه انتهایی فمور نسبت به محور اپی‌کندیل، به این معنی که محورهای اندازه‌گیری به سمت مدیال پا همگرا باشند، باعث ایجاد مشکلاتی از قبیل درد زانو، کشش بیش از حد در تاندون‌ها و عدم جاگیری مناسب زانو در جای خود می‌شود. در حالی که چرخش خارجی نسبت به این محور که به معنی واگرا بودن خطوط اندازه‌گیری به سمت مدیال پا می‌باشد، چنین مشکلاتی را به دنبال نخواهد داشت^(۶).

مطابق یافته‌های جدول ۱، داده‌های به دست آمده در همه موارد، از نظر آماری اختلاف معنی‌دار داشتند. نمودارهای بلند-آئمن برای هر سه روش اندازه‌گیری در دو دسته عمود بر محور مکانیکی و عمود بر محور آناتومی رسم گردید. در این نمودارها تفاضل اعداد حاصل از هر دو روش، بر حسب میانگین اعداد به دست آمده از دو روش رسم شد. شکل ۳ نمونه‌ای از نمودارهای رسم شده را نشان می‌دهد.



شکل ۳. نمودار بلند-آئمن برای مقایسه دو روش ATEA & PCL و STEA & PCL برای اندازه‌گیری مقادیر زاویه چرخش ناحیه انتهایی فمور در صفحه عمود بر محور مکانیکی فمور. میانگین اختلاف این دو روش ۶/۹ درجه است.

شکل ۳ نشان می‌دهد که مقادیر بالا و پایین نمودار به یکدیگر نزدیک می‌باشند و این موضوع بیانگر رابطه فاصله‌ای

1. Olcott
2. Scott
3. Miller
4. Berger

اپی‌کوندیل و محور پستی کوندیل انجام می‌پذیرد. اما در مورد بیمارانی که مبتلا به تخریب مفصل حاد در ناحیه انتهایی فمور هستند، این اندازه‌گیری می‌تواند با خطا همراه باشد. محاسبه این زاویه قبل از عمل می‌تواند تا حدودی از این‌گونه خطاها بکاهد. بیشتر محاسباتی که قبلاً بر روی این زاویه انجام شده، به صورت دوبعدی و با استفاده از تصاویر سی‌تی‌اسکن بوده است. استفاده از مدل سه‌بعدی دقت اندازه‌گیری را بالاتر می‌برد^(۷). نمایی که به استخوان نگاه می‌شود، مسئله قابل توجهی است که در این پژوهش سعی شده به آن پرداخته شود. میانگین‌های بدست آمده نشان می‌دهد در روشی که زاویه محور ترانس اپی‌کوندیل آناتومی نسبت به محور PCL اندازه‌گیری می‌شود، در صورتی که نمای محاسبه عمود بر محور آناتومی باشد، تفاوت زیادی با نمای محاسبه در حالت عمود بر محور مکانیکی ندارد. این موضوع در ارتباط با اندازه‌گیری زاویه محور جراحی ترانس اپی‌کوندیل نیز صدق می‌کند. اما هنگام استفاده از محور وایت ساید، میانگین محاسبه شده در حالت عمود بر محور مکانیکی در حدود ۴ درجه بیشتر از عمود به محور آناتومی می‌باشد. باتوجه به تعریف محور جلویی پستی براساس شکاف بین کوندیل و واقع شدن این نقطه در ترازهای مختلف از استخوان فمور، تصویر این محور بر صفحات آناتومی و مکانیکی تفاوت قابل توجهی خواهد داشت و به دلیل اینکه این صفحات در حین عمل مشخص نمی‌باشد، استفاده از این محور با خطای زیادی همراه خواهد بود.

در مطالعه حاضر، میانگین‌های بدست آمده از روش نمای عمود بر محور مکانیکی تقریباً شبیه به یافته‌های بررسی «جبل عاملی» و همکاران بر روی سی‌تی‌اسکن زانوی گروهی از ایرانیان بود که در مقایسه انحراف معیارها، اختلاف ۲۵۰ درصدی وجود داشت^(۱۳). این اختلاف می‌تواند ناشی از تفاوت در جامعه آماری به لحاظ سالم بودن گروه آنها و متنوع بودن گروه مطالعه حاضر باشد. از آنجا که برای پارامترهای ناحیه انتهایی فمور، استاندارد مطلوبی وجود ندارد، پس نمی‌توان بهترین روش را برای اندازه‌گیری زاویه چرخش ناحیه دیستال فمور مشخص نمود. از این رو توصیه می‌گردد با استفاده از مراجع آناتومیک بیشتر قبل

«مانتاس»^۱ اولین کسی بود که بر روی ۱۹ استخوان فموری که برای پژوهش اهدا شده بود، زاویه بین PCL و ATEA مطالعه‌ای را مورد بررسی قرار داد و میانگین ۴/۹ درجه بین این دو محور در استخوان فمور محاسبه نمود^(۱۰).

«گریفین»^۲ و همکاران با محاسبه زاویه بین PCL و STEA بر روی بیماران کاندید تعویض مفصل زانو، مقدار میانگین زاویه بین این دو محور را ۳/۷ گزارش کردند. آنها در این مطالعه از روش دو بعدی استفاده نمودند و اظهار کردند که این زاویه در اندام‌های والگوس بیشتر می‌باشد^(۱۱).

«میدلتون»^۳ و همکارش در سال ۲۰۰۷ مطالعه‌ای درخصوص میزان قابل اعتماد بودن خط وایت ساید انجام دادند و دریافتند که این خط عمود بر محور جلویی - پستی بوده و در صورتی که با سایر خطوط موجود در فمور مورد استفاده قرار گیرد، می‌تواند در اندازه‌گیری زاویه چرخش ناحیه انتهایی فمور نقش مهمی ایفا کند^(۵). همچنین مطالعات «مانیلی»^۴ و همکاران در سال ۲۰۰۷ اعتمادپذیری خط وایت ساید را تأیید و اظهار کردند که خط PCL نمی‌تواند برای اندازه‌گیری میزان چرخش ناحیه انتهایی فمور در زانوهای والگوس قابل اعتماد باشد، زیرا برآمدگی خارجی زانو به صورت غیرعادی کوچک می‌باشد و می‌تواند باعث چرخش داخلی شود^(۱۲).

در یکی از اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی خطوط ATEA، PCL و محور جلویی پستی در صفحه عمود بر محور مکانیکی محققین به این نتیجه رسیدند که استفاده از صفحه عمود بر محور مکانیکی می‌تواند قابل اعتماد باشد. همچنین در همین تحقیق خط ATEA اندازه‌گیری‌های دقیق‌تری را نسبت به جلویی - پستی می‌دهد^(۱۲).

هدف این پژوهش مقایسه اندازه‌گیری زاویه چرخش انتهایی استخوان فمور به روش‌های مختلف سه‌بعدی است. این زاویه هنگام تعویض مفصل زانو به صورت قابل توجهی موثر می‌باشد. اندازه‌گیری در حین عمل معمولاً با استفاده از محور ترانس

1. Mantas
2. Griffin
3. Middleton
4. Manili

بیمار دارای کشش‌های متفاوت می‌شوند که با حالت اولیه تفاوت دارند. این موضوع باعث افزایش درد پس از جراحی و همچنین جای‌گیری نامناسب پروتز در اندام بیمار می‌گردد.

باتوجه به این که جامعه آماری مورد مطالعه محدود بود و اعضای جامعه در گروه‌های خاصی دسته‌بندی نشده بودند، این احتمال وجود دارد که با بزرگ شدن جامعه آماری و دسته‌بندی آن از لحاظ بدشکلی‌های مختلف از قبیل واروس و والگوس یا بازه‌های سنی متفاوت بتوان جامعه آماری را یک دست کرد، و بدین ترتیب ارتباط بین مقادیر اندازه‌گیری شده را محاسبه نمود و به مقدار میانگین قابل اعتمادتری دست یافت. از دیگر محدودیت‌های این مطالعه، عدم بررسی نتایج سی‌تی‌اسکن دوبعدی بود. با مقایسه نتایج روش دوبعدی و سه‌بعدی و ارائه یک مدل پارامتری که بتواند تغییرات را به لحاظ انواع دفورمیتی بر روی آن پیاده کند، می‌توان برای محاسبه این زاویه، یک روش استاندارد ارائه کرد.

از عمل، مقدار زاویه چرخش ناحیه انتهایی استخوان فمور اندازه‌گیری شود تا در حین عمل، در صورت عدم وجود یکی از مراجع، بتوان از سایر خطوط استفاده نمود.

همچنین با توجه به اینکه مرجع کینماتیکی در زانوهای سالم محور TEA می‌باشد، توصیه می‌شود برای تعویض مفصل زانو، تعیین چرخش با استفاده از این محور انجام پذیرد. در این صورت مشکلاتی از قبیل جاگذاری نامناسب پروتز، کشش در تاندون‌ها و سایر عوارض ایجاد نمی‌شود و در نتیجه میزان درد بیمار پس از عمل جراحی کاهش می‌یابد^(۱۴).

باتوجه به تک شعاعی بودن پروتزهای مورد استفاده در عمل تعویض مفصل زانو، استفاده از محور PCL برای اصلاح چرخش ناحیه انتهایی استخوان فمور توصیه نمی‌گردد. زیرا این محور در خمیدگی کامل، به دلیل متفاوت بودن شعاع کندیل‌ها در برخی بیماران، میزان کشش متفاوتی در تاندون‌ها ایجاد می‌کند. به همین دلیل در صورت تصحیح زانو با استفاده از خط PCL، تاندون‌های

References

1. **Stoeckl B, Nogler M, Krismer M, Beimel C, de la Barrera JL, Kessler O.** Reliability of the transepicondylar axis as an anatomical landmark in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2006;21(6):878-82.
2. **Sun T, Lv H, Hong N.** Rotational landmarks and total knee arthroplasty in osteoarthritic knees. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2007;21(3):226-30. Chinese.
3. **Uehara K, Kadoya Y, Kobayashi A, Ohashi H, Yamano Y.** Bone anatomy and rotational alignment in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2002;(402):196-201.
4. **Victor J.** Rotational alignment of the distal femur: a literature review. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2009;95(5):365-72. doi: 10.1016/j.otsr.2009.04.011.
5. **Middleton FR, Palmer SH.** How accurate is Whiteside's line as a reference axis in total knee arthroplasty? *Knee*. 2007;14(3):204-7.
6. **Berger RA, Crossett LS, Jacobs JJ, Rubash HE.** Malrotation causing patellofemoral complications after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 1998;356: 144-53.
7. **Mehdipour S, Abbaszadeh F, Karimpour M, Farahmand F, Saghaie Z.** Computer-Assisted Planning and Patient-Specific Instrument Guide for Osteotomies around the Knee. *Iran J Orthop Surg*. 2014;12(3):89-94.
8. **Olcott CW, Scott RD.** A comparison of 4 intraoperative methods to determine femoral component rotation during total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2000;15(1):22-6.
9. **Miller MC, Berger RA, Petrella AJ, Karmas A, Rubash HE.** Optimizing femoral component rotation in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2001;(392):38-45.
10. **Mantas JP, Bloebaum RD, Skedros JG, Hofmann AA.** Implications of reference axes used for rotational alignment of the femoral component in primary and revision knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 1992;7(4):531-5.
11. **Griffin FM, Insall JN, Scuderi GR.** The posterior condylar angle in osteoarthritic knees. *J Arthroplasty*. 1998;13(7):812-5.
12. **Manili M, Muratori F, Fredella N.** Whiteside line as the reliable surgical landmark for femoral rotation in total knee arthroplasty. Radiological validation. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2007;17(6):599-602.
13. **Jabalamei M, Rahbar M, Bagherifard A, Hadi H, Moradi A, Radi M, Mokhtari T.** Evaluation of distal femoral rotational alignment according to transepicondylar axis and Whiteside's line a study in Iranian population. *Shafa Orthop J*. 2013;1(3):22-8.
14. **Martelli S, Visani A.** Computer investigation into the anatomical location of the axes of rotation in the normal knee. *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention - MICCAI 2002*. Vol 2489. Dohi T, Kikinis R, Eds. Springer Berlin Heidelberg, 2002. pp 276-83.