

استئوتومی پرگزیمال تیبیا و تغییرات آناتومیک زانو

*دکتر محمود کریمی مobarakeh، *دکتر محسن مردانی کیوی

«دانشگاه علوم پزشکی کرمان»

خلاصه

استئوتومی پرگزیمال تیبیا با نتایج موفق تعویض مفصل جایگاه خود را حفظ کرده است. انجام استئوتومی بر اجزاء مختلف زانو و عملکرد آنها اثر می‌گذارد. تغییرات ایجاد شده در بیومکانیک زانو همراه با اثراتی در کشکک، رباط طرفی داخلی، راستای ماهیچه چهارسر و شیب سطح تیبیا خواهد بود. هدف از انجام استئوتومی پرگزیمال تیبیا در افراد جوان و بدون آرتروز در نیمه داخلی زانو، توزیع مناسب وزن بدن برسطوح مفصلی و در افراد بزرگسال با تغییرات دژنراتیو، کند کردن سیر پیشرفت آرتروز است. تمامی استئوتومی‌های پرگزیمال تیبیا یا با جابه‌جایی توپروزیته تیبیا و یا با فیروز و کلسیفیکاسیون محل چسبندگی تاندون پاتالار موجب تغییر در بیومکانیک مفصل پاتلوفمورال می‌شوند. در استئوتومی‌های پرگزیمال تیبیا اگر استئوتومی پرگزیمال به توپروزیته تیبیا باشد، با جابه‌جایی لاترال توپروزیته تیبیا موجب افزایش زاویه کوادری‌سپس می‌شود. در استئوتومی پرگزیمال تیبیا از نوع باز آزادسازی رباط طرفی داخلی از مدیال تیبیا لازم است. اگر به هر دلیل حفظ این رباط لازم باشد باید استئوتومی از دیستال این رباط شروع شود. از آنجا که پرگزیمال تیبیا تقریباً به شکل مثلث قائم‌الزاویه است به طوری که توپروزیته تیبیا در محاذات کورتکس لاترال است، در استئوتومی پرگزیمال از نوع وح باز، دهانه وح در گوشه پوسترودیال باید سه برابر دهانه وح در ستیغ جلویی باشد. عدم رعایت این نکته موجب تغییر شیب سطح مفصلی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: استئوتومی، تیبیا، آناتومی، مفصل زانو

دریافت مقاله: ۸ ماه قبل از چاپ؛ مراحل اصلاح و بازنگری: ۱ بار؛ پذیرش مقاله: ۲ ماه قبل از چاپ

High Tibia Osteotomy and Knee Anatomic Changes

*Mahmood Karimi Mobarakeh, MD; *Mohsen Mardani-Kivi, MD

Abstract

High tibia osteotomy has its own position even with successful total knee replacement. A high tibial osteotomy affects not only the joint function as a whole, but also the different sections of the knee joint. The biomechanical changes affect the patella medial collateral ligament, quadriceps alignment and Q-angle and tibial plateau slope. The goal of high tibia osteotomy is more normal load distribution in nonarthritic knee in young persons, and slowing degeneration in arthritic knee in adults. All the high tibia osteotomies cause patellofemoral biomechanical changes, through tubercle displacement, or patellar tendon fibrosis or calcification. Q angle also increase with lateral displacement of tibial tuberosity when osteotomy is done proximal to the tibial tuberosity. The medial collateral ligament needs to be released in open wedge high tibia osteotomy. If intact medial ligament is necessary, osteotomy should be done distal to medial collateral attachment. The proximal tibia configuration is roughly similar to a rectangle. Lateral cortex is in right angle to the posterior one. The posteromedial corner opens three times the anterior one in open wedge osteotomy otherwise there would be tibial slope change.

Key words: Osteotomy; Tibia; Anatomy; Knee joint

Received: 8 months before printing ; Accepted: 2 months before printing

*Orthopaedic Surgeon, Department of Orthopaedics, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, IRAN.

Corresponding author: Mahmood Karimi Mobarakeh, MD
Shahid Bahonar Hospital, Orthopaedic Ward, Kerman, Iran.
e-mail: drkarimi_m@yahoo.com

مقدمه

برای اولین بار «جکسون»^(۱) در سال ۱۹۵۸ استئوتومی پرگزیمال تیبیا را گزارش کرد و سپس «کاونتری»^(۲) آن را گسترش داد. این روش برای درمان آرتروز کمپارتمان داخلی زانو در بیماران میانسال مورد قبول همگان است. اثر مثبت استئوتومی، اصلاح بدشکلی و توزیع مناسب وزن بدن بر نیمه سالم تر مفصل در شرایط گوناگون و نتیجتاً کاهش درد و افزایش طول عمر مفصل است.^(۳) نتایج خوب تعویض مفصل زانو، درمان آرتروز زانو را تغییر داد اما استئوتومی جایگاه خود را حفظ کرد و در ۱۰ سال اخیر با مشخص شدن اثرات تغییر در شیب پرگزیمال تیبیا در ناپایداری های جلویی-پشتی^(۴) و کمپلکس پشتی خارجی^(۵) بر اهمیت آن افزوده شده است. هدف از این مقاله مرور نکات مهم در آناتومی نرمال پاتلا و پرگزیمال تیبیا و اثرات استئوتومی پرگزیمال تیبیا بر این آناتومی بود.

بیومکانیک

فلسفه استئوتومی اطراف زانو بر این اصل استوار است که راستای صحیح محور مکانیکی اندام فشار تماسی بر کمپارتمان مبتلا را تا حد طبیعی کاهش می دهد یا در موارد اصلاح بیش از حد، فشار وارد بر کمپارتمان مبتلا را از حد معمول کمتر می کند و به این ترتیب باعث افزایش طول عمر مفصل و تاخیر در انجام تعویض مفصل می شود.^(۶) پس هدف از انجام استئوتومی بالای تیبیا در بیماران جوان پیشگیری از آرتروز زودرس و در افراد میانسال به تاخیر انداختن تعویض مفصل است.^(۸) بیشترین فشار در هنگام ایستادن بر روی یک اندام در سیکل راه رفتن، حدود ۶ برابر وزن بدن است. در زانوی طبیعی ۶۰٪ وزن بدن بر نیمه داخلی وارد می شود. در افراد مبتلا به ژنوواروس فشار این نیمه بیشتر و احتمال آرتروز زودرس بیشتر است.^(۷)

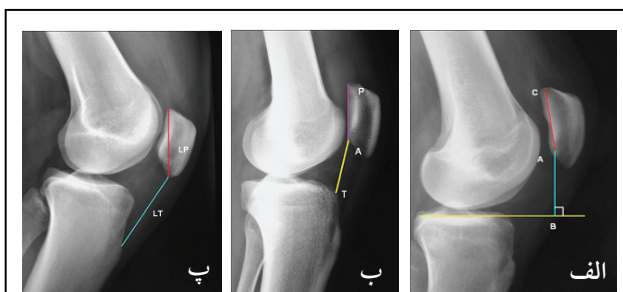
سن بیمار

سیر طبیعی آرتروز مدیال زانو پیشرفت تدریجی و مداوم با پیش آگهی بد است.^(۹،۱۰،۱۱) بیماران بزرگسال مبتلا به تدریج بدتر می شوند و در فعالیت های روزمره مشکل دارند و یا تحت عمل جراحی اصلاحی قرار می گیرند.^(۱۰،۱۱) بسیاری از محققین موفقیت

طولانی مدت استئوتومی را منوط به اصلاح انحراف راستا در سن مناسب قبل از بروز استئوآرتروز می دانند.^(۱۲،۱۳) استئوتومی اصلاحی در بیماران جوان در موارد محدود گزارش شده است^(۱۴،۱۵) اما نتیجه آن را خوب می دانند. نتیجه خوب در این گروه سنی به دلیل فعال تر بودن بیمار و عدم وجود تغییرات استئوآرتروز است که برگشت به عملکرد قبل از جراحی و احتمالاً پیشگیری از آرتروز بعدی را تسهیل می کند.^(۲۱)

پاتلا

به طور معمول اگر در زاویه ۳۰ درجه خم شدگی زانو در نمای لاترال، خطی از سقف ناچ بین کوندیلی رسم شود از پل دیستال پاتلا عبور می کند که به معیار «بلومنسات»^۳ معروف است.^(۱۶) معیار دیگر تقسیم ارتفاع کشکک به طول تاندون پاتلار است که برابر با 1 ± 0.7 می باشد و به معیار «اینسال سالواتی»^۴ معروف است.^(۱۷) در بیماران مبتلا به اسگوت شلاتر می توان از معیار «بلاک برن پیل»^۵ استفاده نمود^(۱۸) که طول سطح مفصلی پاتلا به فاصله عمودی بین سطح مفصلی پاتلا تا خطی در محاذات پلاتو تیبیا است. معیار «کاتوم دشام»^۶ طول سطح مفصلی پاتلا به فاصله از سطح مفصلی پاتلا تا سطح مفصلی تیبیا را اندازه می گیرد^(۱۹) (شکل ۱).



شکل ۱. اندازه گیری ارتفاع پاتلا. الف) «بلاک برن پیل»، ب) «کاتوم دشام»، پ) «اینسال سالواتی».

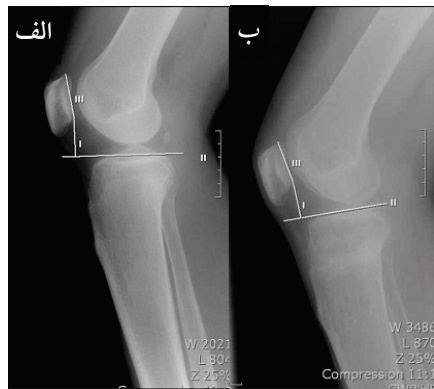
تمام استئوتومی های پرگزیمال تیبیا اگر بالاتر از چسبندگی تاندون پاتلار انجام شوند می توانند منجر به تغییر محل پاتلا نسبت به کوندیل فمور (یا به اصطلاح تغییر طول تاندون پاتلار) شوند. وج باز مدیال با دیستالیزاسیون توپروزیته تیبیا^(۲۰) و یا با فیبروز تاندون پاتلار^(۲۱) و وج بسته لاترال با اسکار تاندون

3. Blumensaat
4. Insall- Salvati
5. Blackburne-Peel
6. Caton-Deschamps

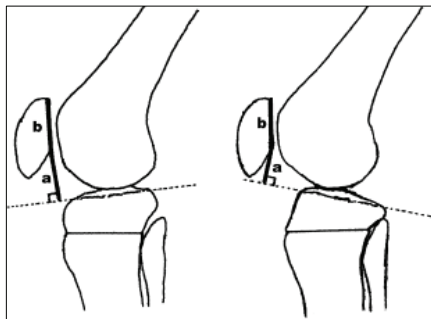
1. Jackson
2. Coventry

درجه یا در مواردی که پاتلا باها قبل از عمل وجود دارد، استئوتومی از زیر توبروزیته توصیه می‌شود^(۲۶) (شکل‌های ۲ و ۳). در استئوتومی پرگزیمال تیبیا با برداشتن وج در وج بسته و یا با باز شدن دهانه استئوتومی در وج باز به‌طور تئوریک تغییر وضعیت پاتلا رخ می‌دهد. معیار «اینسال سالواتی» رابطه طول پاتلا به طول تاندون است و رابطه پاتلا با کوندیل فمور را نشان نمی‌دهد همچنین در استئوتومی هیچ‌گاه افزایش طول تاندون رخ نمی‌دهد^(۲۸) لذا استفاده از معیار «اینسال سالواتی» برای تعیین رابطه پاتلا با کوندیل فمور دقیق نیست. معیار «بلاک برن پیل» و «کاتوم دشام» هر نوع تغییر در وضعیت پاتلا را، چه در افزایش (در وج بسته) و چه در جهت کاهش (در وج باز) نشان می‌دهد به‌شرطی که شیب سطح مفصلی پرگزیمال تیبیا ثابت بماند. در حالی که در استئوتومی پرگزیمال تیبیا در هر دو نوع بسته (کاهش)^(۲۹) و باز (افزایش)^(۳۰) تغییر شیب به درجاتی دیده می‌شود. به همین دلیل بعضی از محققین معیار «بلاک برن» را صحیح نمی‌دانند و معیار «اینسال سالواتی» را ترجیح می‌دهند^(۳۱) (شکل‌های ۴ و ۵).

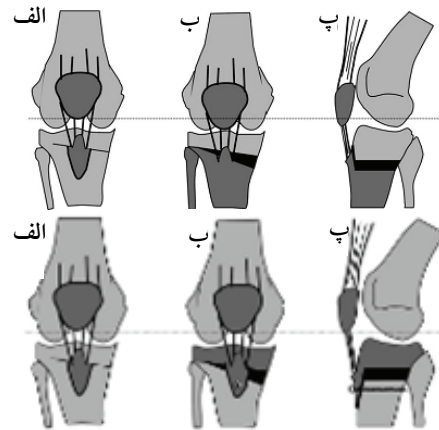
پاتلار موجب پاتلا باها می‌شوند. اما استئوتومی زیر توبروزیته تیبیا اثری بر طول تاندون پاتلار چه از نظر دیستالیزاسیون توبروزیته و چه از نظر کنتراکچر تاندون پاتلار ندارد^(۲۲). استئوتومی وج بسته با جابه‌جایی توبروزیته تیبیا به سمت پرگزیمال می‌تواند منجر به پاتلا آلتا شود^(۲۳). علل تغییر در طول تاندون پاتلار شامل کلسیفیکاسیون یا استخوان‌سازی جدید در محل چسبیدن تاندون، فیروز و کوتاهی تاندون به دلیل بی‌حرکتی در گچ است^(۲۴) و می‌توان با ثابت‌کردن محکم محل شکستگی و دامنه حرکتی زودرس، از این عارضه پیشگیری کرد^(۲۵). در وج باز علت اصلی پاتلا باها دیستالیزاسیون توبروزیته تیبیا می‌باشد^(۲۶). در موارد استئوتومی پرگزیمال به توبروزیته تیبیا به ازای ۱۰ میلی‌متر وج باز ۳ میلی‌متر جابه‌جایی دیستال توبروزیته دیده می‌شود. در موارد استئوتومی در دو پلان، اگر پلان دوم به سمت دیستال یا به عبارت دیگر توبروزیته متصل به قطعه پرگزیمال باشد پاتلا باها رخ نمی‌دهد^(۲۶،۲۷). در مواردی که ارتفاع پاتلا طبیعی و بدشکلی خفیف است اصلاح و اروس احتمالاً منجر به پاتلا باها علامت‌دار نخواهد شد؛ اما در موارد بدشکلی شدید یا اصلاح بیشتر یا مساوی ۱۰



شکل ۴. ارتفاع تاندون پاتلار و وضعیت پاتلا به روش «بلاک برن پیل». الف) قبل از عمل، ب) ۳ سال بعد از عمل با کوتاهی تاندون

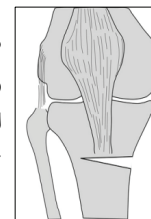


شکل ۵. تغییر شیب پرگزیمال تیبیا منجر به تغییر در اندازه‌گیری ارتفاع پاتلار به روش «بلاک برن-پیل» می‌شود^(۳۵).



شکل ۲. بالا: الف) قبل از استئوتومی وج باز، توبروزیته به قطعه دیستال متصل است؛ ب) نمای رخ بعد از استئوتومی؛ پ) نمای نیم‌رخ: با باز شدن دهانه استئوتومی، توبروزیته و نتیجتاً پاتلا به دیستال جابه‌جا می‌شود. پایین: الف) قبل از استئوتومی وج باز، توبروزیته به قطعه پرگزیمال متصل است؛ ب) نمای رخ بعد از استئوتومی؛ پ) نمای نیم‌رخ^(۳۶): با باز شدن دهانه استئوتومی جابه‌جایی در توبروزیته و نتیجتاً در پاتلا رخ نمی‌دهد.

شکل ۳. تصویر استئوتومی زیر توبروزیته تیبیا. در این نوع استئوتومی ارتفاع پاتلا بدون تغییر است.



تغییر مسیر تاندون پاتلار، اهرم نیرو بر روی پاتلا افزایش می‌یابد و آرتروز پاتلوفمورال تسریع می‌شود^(۳۷،۴۰). همچنین موجب مشکلات تکنیکی در تعویض مفصل زانو^(۳۸)، مشکلات جراحی و چرخاندن پاتلا به سمت خارج می‌شود و ممکن است منجر به کنده شدن تاندون پاتلار از توبروزیته تیبیا شود^(۳۹،۴۰). نتایج تعویض مفصل زانو بعد از استئوتومی در بعضی مقالات نزدیک به نتایج بعد از رویژن تعویض مفصل زانو^(۴۱) و در بعضی مقالات ضعیف‌تر از تعویض مفصل اولیه^(۴۱) و در موارد متعدد دیگر مشابه با نوع اولیه است، اگرچه از نظر تکنیکی مشکل‌تر است^(۳۸،۴۲). در مواردی دامنه حرکتی بعد از تعویض مفصل به دنبال استئوتومی کمتر بوده است^(۴۳).

در مجموع تغییر وضعیت پاتلا به صورت پاتلا باها منجر به درد جلوی زانو و آرتروز مفصل پاتلوفمورال در طولانی مدت می‌شود و تاثیری در عدم بهبود علائم بالینی کوتاه مدت ندارد. مشکلات جراحی و به خارج چرخاندن پاتلا در هنگام تعویض مفصل زانو مشکل است، اما نتایج تعویض مفصل با موارد اولیه بدون استئوتومی فرقی نمی‌کند.

زاویه عضله چهارسر^۴

این زاویه همان زاویه Q است که بین محور آناتومیک ران از خار بالای جلویی ایلیاک تا مرکز پاتلا با محور تاندون پاتلار از مرکز پاتلا به توبروزیته تیبیا رسم می‌شود^(۱۶) در زنان 15 ± 5 و در مردان 10 ± 5 است^(۴۴). رابطه مشخصی بین راستای اندام و این زاویه وجود ندارد. در بیماران با ژنوواروس ممکن است این زاویه طبیعی، بیش از طبیعی یا کمتر از طبیعی باشد. جابه‌جایی توبروزیته تیبیا در استئوتومی پرگزیمال به توبروزیته اجتناب‌ناپذیر است؛ یعنی همراه با دیستالیزاسیون توبروزیته لاترالیزاسیون هم روی می‌دهد^(۳۶) و هر چه اصلاح بیشتری لازم باشد میزان این جابه‌جایی نیز بیشتر است^(۴۵). اگر محل استئوتومی بر مرکز تقاطع محورهای مکانیکی فمور و تیبیا منطبق نباشد، متناسب با فاصله این دو مرکز مقدار جابه‌جایی توبروزیته تیبیا نیز بیشتر است^(۴۶). این زاویه در این‌گونه از استئوتومی‌ها به‌خصوص وقتی در حد ماکزیمم طبیعی باشد می‌تواند منجر به افزایش سمت لاترال کشکک و به مرور کندرومالاشی کشکک و درد جلوی زانو شود.

به نظر می‌رسد برای تعیین محل پاتلا در استئوتومی‌های پرگزیمال تیبیا بهتر است نقطه استاندارد بر روی فمور تعریف شود تا روی تیبیا^(۳۲). «برناگو»^۱ و همکاران پیشنهاد می‌کنند از کناره تحتانی غضروف پاتلا تا قله تروکله‌آ در باز شدن کامل زانو اندازه‌گیری شود. این معیار نیاز به انقباض عضله چهار سر قبل و بعد از عمل دارد^(۳۳). «میورا»^۲ وقتی فمور را به‌عنوان مرجع اندازه‌گیری انتخاب کرد تغییری در ارتفاع پاتلا مشاهده نکرد^(۳۴).

در واقع با دیستالیزاسیون توبروزیته تیبیا سطح مفصلی تیبیو فمورال به نسبت پاتلا به سمت بالا رفته است. در بعضی مقالات کاهش ارتفاع پاتلا در ۱۰۰ درصد بیماران دیده شده است^(۲۰).

در مجموع استئوتومی زیر توبروزیته علاوه بر آن که موجب بهبود بالینی و پرتونگاری می‌شود عارضه تغییر طول تاندون پاتلار را ندارد^(۸). اگر به هر دلیل پرگزیمال به توبروزیته استئوتومی شد، ثابت کردن محکم و دامنه حرکتی زودرس برای پیشگیری از کوتاهی تاندون پاتلار لازم است^(۲۵).

برای اندازه‌گیری ارتفاع پاتلا و ارزیابی مفصل پاتلوفمورال، باید نقطه رفرانس را بر روی فمور تعریف نمود چون هیچ‌کدام از سه معیار فوق دقت لازم را ندارند.

اهمیت تغییر محل پاتلا

هرگونه تغییر در طول تاندون پاتلار منجر به پاتلا آلتا یا باها می‌شود که موجب اثرات سوء در بیومکانیک پاتلوفمورال خواهد شد. بعضی از محققین رابطه‌ای بین پاتلا باها و علائم بالینی ذکر نکرده‌اند^(۲۴،۲۵) علاوه بر آن در بعضی از مقالات رابطه‌ای بین مقدار وج باز و پاتلا باها وجود نداشته اما بدترین نتیجه در مواردی بوده است که پاتلا باها ایجاد شده است^(۳۲). پاتلا باها در مجموع به سه دلیل روی می‌دهد: ۱) بالا رفتن کاذب سطح مفصلی، ۲) مهاجرت دیستال توبروزیته تیبیا، ۳) کتراکچر یا فیروز اینترستیسیل تاندون پاتلار. این عارضه منجر به تغییر تناسب مفصلی^۳، درد جلوی زانو، کریپیتوس، قفل کردن پاتلا و محدودیت حرکتی و نهایتاً استئوآرتریت پاتلوفمورال می‌شود^(۳۳). استرس تماسی پاتلوفمورال افزایش و با پایین رفتن و

1. Bernageau
2. Miura
3. Congruency

4. Quadriceps (Q-angle)

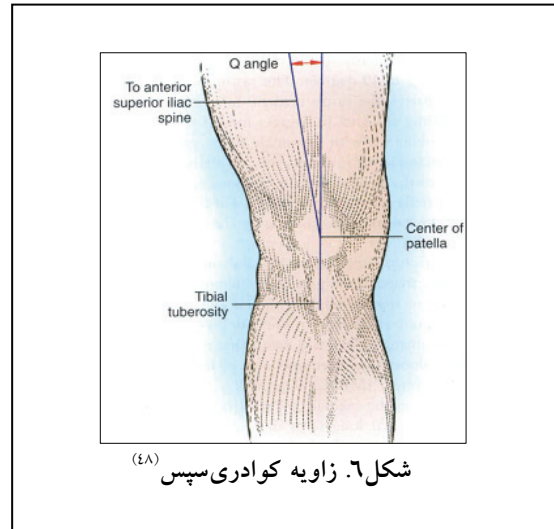
شلی رباط طرفی داخلی شایع است. این مورد یا به‌طور واقعی به دلیل کشیدگی رباط و یا به‌صورت کاذب به دلیل کاهش ارتفاع غضروف و استخوان و یا هر دو در سمت داخل زانو است^(۴۴). در این بیماران وج باز بدون آزادسازی می‌تواند موجب کشش مجدد رباط طرفی شود^(۴۵) و در صورت آزادسازی نیز علایم ناپایداری سمت داخل مشاهده نمی‌شود چون عناصر دیگر شامل رباط طرفی عمقی، کمپلکس پوسترودیال، و عضلات اطراف زانو کارآیی دارند^(۴۶). در بیماران بزرگسال جوان که هنوز علایم استئوآرتریت ندارند آزادسازی جزء سطحی رباط طرفی برای باز شدن دهانه استئوتومی ضروری است در غیر این صورت دهانه وج یا به حد دلخواه باز نمی‌شود و یا در موارد وج کم موجب افزایش فشار کمپارتمان داخلی می‌گردد. سوال مهم این است که آیا بیماران با آزادسازی رباط طرفی زانو، به فعالیت‌های ورزشی قبل از عمل برمی‌گردند، در حالی که مهم‌ترین عنصر پایدار کننده سمت داخل زانو آزاد شده است؟ در یک مطالعه در بیماران زیر ۲۵ سال با استئوتومی وج باز، بعد از ۳۶ ماه همه بیماران به فعالیت قبل از عمل برگشتند و محققان علت آن را ظرفیت ترمیم رباط می‌دانند^(۴۷). در یک مطالعه دیگر در بیماران کمتر از ۶۰ سال ۵۶ درصد به فعالیت قبل از عمل برگشتند^(۴۸).

در مجموع اگر بخواهیم به هر دلیلی از آزادسازی رباط طرفی داخلی پرهیز نماییم باید استئوتومی از دیستال به چسبندگی رباط طرفی انجام شود. از طرف دیگر هرچه محل استئوتومی از متافیز پرگزیمال به سمت دیستال جابه‌جا شود، احتمال تاخیر یا جوش‌نخوردن استخوان بیشتر است.

وج آسیمتریکی

سطح مقطع پرگزیمال تیبیا تقریباً به شکل مثلث قائم‌الزاویه است. هرگاه کورتکس آنترومدیال پرگزیمال تیبیا از سطح مقطع دیده شود، به شکل مایل با زاویه 6 ± 45 درجه با حاشیه پشتی تیبیا است؛ در حالی که کورتکس لاترال تیبیا تقریباً عمود بر این سطح است. به دلیل این نکته آناتومیک اگر دهانه استئوتومی در آنترومدیال مساوی پوسترودیال باز شود، استئوتومی وج باز مدیال منجر به افزایش شیب تیبیا می‌شود؛ اما اگر دهانه

در استئوتومی یونی پلانار اگر خط استئوتومی پرگزیمال به توبروزیته تیبیا، و در استئوتومی بای پلانار اگر توبروزیته تیبیا به قطعه دیستال وصل باشد، در هر دو نوع استئوتومی وج باز و بسته این زاویه افزایش می‌یابد^(۴۷).



معاینه فیزیکی بیمار قبل از عمل و تعیین زاویه عضله چهارسر وجود علایم بالینی کندرومالاشی پاتلا یا افزایش فشار فاست لاترال در تصمیم‌گیری مهم هستند. لذا اگر جراح بخواهد تغییری در این زاویه ایجاد نکند باید یا استئوتومی بای پلانار با اتصال توبروزیته تیبیا به قطعه پرگزیمال یا استئوتومی دیستال به توبروزیته تیبیا انجام دهد.

رباط طرفی داخلی

پایداری سمت داخل زانو از سه جزء آناتومیک شامل یک جزء کپسولی کمپلکس پشتی داخلی^(۴۹) و دو جزء غیر کپسولی شامل رباط طرفی داخلی سطحی و عمقی تشکیل شده است^(۵۰). جزء عمقی به یک سانتی متری و جزء سطحی به ۷ سانتی متری سطح مفصلی پلاتو مدیال تیبیا می‌چسبند. مهم‌ترین عامل پایداری در برابر نیروی والگوس در وضعیت خم و صاف زانو رباط طرفی داخلی است^(۵۱). در استئوتومی وج باز مدیال اگر استئوتومی پرگزیمال به محل چسبندگی دیستال رباط طرفی داخلی باشد (روش معمول)، آزادسازی رباط طرفی از زیر پریوست یا آزادسازی رشته‌های جلویی رباط طرفی داخلی توصیه شده است^(۵۲،۵۳). همراه با استئوآرتریت کمپارتمان داخلی

پس با افزایش شیب پستی تیبیا استرس وارد بر عناصر پستی کاهش می‌یابد^(۶۱,۶۲). در مقاله «مارتینو»^۳ و همکاران افزایش شیب پستی موجب افزایش فشار بر رباط متقاطع پستی نشده است^(۶۳).

نتیجه‌گیری

استئوتومی وج باز یا بسته پرگزیمال تیبیا می‌تواند با تغییر در محل پاتلا، تغییر در شیب سطح مفصلی تیبیا، تغییر فشار رباط متقاطع پستی و جلویی، تغییر در ناپایداری سمت داخل زانو، و تغییر زاویه Q موجب مشکلات زودرس یا مزمن زانو شود. توجه به معاینه فیزیکی و آناتومی زانوی بیمار قبل از عمل و تغییر محل یا نوع استئوتومی می‌تواند از بروز این مشکلات پیشگیری نماید.

1. Marti
2. Giffin
3. Martineau

آترودمدیال نصف تا یک سوم دهانه پوسترومدیال شود، شیب تیبیا تغییر نخواهد کرد^(۳۰). تغییر شیب تیبیا در افراد سالم موجب عدم رضایت بیمار نمی‌شود^(۵۹) اما در ناپایداری‌های جلویی و پستی زانو به کار می‌رود. افزایش ۱ میلی‌متر در فاصله جلویی منجر به افزایش ۲ درجه در شیب پستی می‌شود. «مارتی»^۱ و همکاران گزارش نمودند که برای هر ۱۰ درجه اصلاح واروس با استئوتومی بالای تیبیا افزایش متوسط ۲/۷ درجه شیب تیبیا و جابجایی ۶ میلی‌متر جلویی رخ می‌دهد^(۶۰). «گیفین»^۲ و همکاران نشان دادند که بعد از وج باز جلویی، شیب تیبیا از $8/8 \pm 2/1$ به $13/2 \pm 1/4$ افزایش می‌یابد و منجر به جابجایی تیبیا $3/6 \pm 1/4$ در مقایسه با نقطه شروع می‌شود و نیروی وارد بر رباط متقاطع پستی از 34 ± 14 نیوتن به 19 ± 15 نیوتن در خم‌شدگی ۳۰ درجه زانو و از 36 ± 29 نیوتن به 22 ± 11 نیوتن در خم‌شدگی ۹۰ درجه می‌شود.

References

1. Jackson JP. Osteotomy for osteoarthritis of the knee. Proceedings of the Sheffield Regional Orthopaedic Club. *J Bone Joint Surg Br.* 1958;40:826.
2. Coventry MB, Ilstrup DM, Wallrichs SL. Proximal tibial osteotomy. A critical long-term study of eighty-seven cases. *J Bone Joint Surg Am.* 1993;75(2):196-201.
3. Insall JN, Joseph DM, Msika C. High tibial osteotomy for varus gonarthrosis. A long-term follow-up study. *J Bone Joint Surg Am.* 1984;66(7):1040-8.
4. Christel P. Basic principles for surgical reconstruction of the PCL in chronic posterior knee instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2003;11(5):289-96.
5. Goradia VK, Van Allen J. Chronic lateral knee instability treated with a high tibial osteotomy. *Arthroscopy.* 2002;18(7):807-11.
6. Strecker W. Planning analysis of knee-adjacent deformities. I. Frontal plane deformities. *Oper Orthop Traumatol.* 2006;18(3):259-72. English, German.
7. Berman AT, Bosacco SJ, Kirshner S, Avolio A Jr. Factors influencing long-term results in high tibial osteotomy. *Clin Orthop Relat Res.* 1991;(272):192-8.
8. Masrouha KZ, Sraj S, Lakkis S, Saghieh S. High tibial osteotomy in young adults with constitutional tibia vara. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(1):89-93.
9. Wolfe F, Lane NE. The longterm outcome of osteoarthritis: rates and predictors of joint space narrowing in symptomatic patients with knee osteoarthritis. *J Rheumatol.* 2002;29(1):139-46.
10. Odenbring S, Lindstrand A, Egund N, Larsson J, Heddson B. Prognosis for patients with medial gonarthrosis. A 16-year follow-up study of 189 knees. *Clin Orthop Relat Res.* 1991;(266):152-5.
11. Hernborg JS, Nilsson BE. The natural course of untreated osteoarthritis of the knee. *Clin Orthop Relat Res.* 1977;(123):130-7.
12. Hernigou P, Medevielle D, Debeyre J, Goutallier D. Proximal tibial osteotomy for osteoarthritis with varus deformity. A ten to thirteen-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am.* 1987;69(3):332-54.
13. Billings A, Scott DF, Camargo MP, Hofmann AA. High tibial osteotomy with a calibrated osteotomy guide, rigid internal fixation, and early motion. Long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82(1):70-9.
14. Odenbring S, Tjörnstrand B, Egund N, Hagstedt B, Hovelius L, Lindstrand A, Luxhøj T, Svanström A. Function after tibial osteotomy for medial gonarthrosis below aged 50 years. *Acta Orthop Scand.* 1989;60(5):527-31.
15. Holden DL, James SL, Larson RL, Slocum DB. Proximal tibial osteotomy in patients who are fifty years old or less. A long-term follow-up study. *J Bone Joint Surg Am.* 1988;70(7):977-82.
16. Brattström H. Patella alta in non-dislocating knee joints. *Acta Orthop Scand.* 1970;41(5):578-88.
17. Insall J, Salvati E. Patella position in the normal knee joint. *Radiology.* 1971;101(1):101-4.
18. Blackburne JS, Peel TE. A new method of measuring patellar height. *J Bone Joint Surg Br.* 1977;59(2):241-2.
19. Caton J. Method of measuring the height of the patella. *Acta Orthop Belg.* 1989;55(3):385-6. French.

20. Wright JM, Heavrin B, Begg M, Sakyrd G, Sterett W. Observations on patellar height following opening wedge proximal tibial osteotomy. *Am J Knee Surg*. 2001;14(3):163-73.
21. Brouwer RW, Bierma-Zeinstra SM, van Koeveeringe AJ, Verhaar JA. Patellar height and the inclination of the tibial plateau after high tibial osteotomy. The open versus the closed-wedge technique. *J Bone Joint Surg Br*. 2005;87(9):1227-32.
22. Shim JS, Lee SH, Jung HJ, Lee HI. High tibial open wedge osteotomy below the tibial tubercle: clinical and radiographic results. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21(1):57-63.
23. Tigani D, Ferrari D, Trentani P, Barbanti-Brodano G, Trentani F. Patellar height after high tibial osteotomy. *Int Orthop*. 2001;24(6):331-4.
24. Scuderi GR, Windsor RE, Insall JN. Observations on patellar height after proximal tibial osteotomy. *J Bone Joint Surg Am*. 1989;71(2):245-8.
25. Westrich GH, Peters LE, Haas SB, Buly RL, Windsor RE. Patella height after high tibial osteotomy with internal fixation and early motion. *Clin Orthop Relat Res*. 1998;(354):169-74.
26. Gaasbeek RD, Sonneveld H, van Heerwaarden RJ, Jacobs WC, Wymenga AB. Distal tuberosity osteotomy in open wedge high tibial osteotomy can prevent patella infera: a new technique. *Knee*. 2004;11(6):457-61.
27. Keyhani S, Abbasian MR, Kazemi SM, Esmailiejah AA, Seyed Hosseinzadeh HR, Shahi AS, Firouzi F. Modified retro-tubercle opening-wedge versus conventional high tibial osteotomy. *Orthopedics*. 2011;34(2):90.
28. Chae DJ, Shetty GM, Lee DB, Choi HW, Han SB, Nha KW. Tibial slope and patellar height after opening wedge high tibia osteotomy using autologous tricortical iliac bone graft. *Knee*. 2008;15(2):128-33.
29. Hoell S, Suttmoeller J, Stoll V, Fuchs S, Gosheger G. The high tibial osteotomy, open versus closed wedge, a comparison of methods in 108 patients. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2005;125(9):638-43.
30. Noyes FR, Goebel SX, West J. Opening wedge tibial osteotomy: the 3-triangle method to correct axial alignment and tibial slope. *Am J Sports Med*. 2005;33(3):378-87.
31. Kaper BP, Bourne RB, Rorabeck CH, Macdonald SJ. Patellar infera after high tibial osteotomy. *J Arthroplasty*. 2001;16(2):168-73.
32. El Amrani MH, Lévy B, Scharycki S, Asselineau A. Patellar height relevance in opening-wedge high tibial osteotomy. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2010;96(1):37-43.
33. Bernageau J, Goutallier D. Examen radiologique de l'articulation fémoro-patellaire. In: Actualités rhumatologiques, expansion scientifique française. 1984. p 105.
34. Miura H, Kawamura H, Nagamine R, Urabe K, Iwamoto Y. Is patellar height really lower after high tibial osteotomy? *Fukuoka Igaku Zasshi*. 1997;88(6):261-6.
35. Kesmezacar H, Erginer R, Ogut T, Seyahi A, Babacan M, Tenekecioglu Y. Evaluation of patellar height and measurement methods after valgus high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2005;13(7): 539-44.
36. Goutallier D, Delépine G, Debeyre J. The patello-femoral joint in osteoarthritis of the knee with genu varum (author's transl). *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 1979;65(1):25-31. French.
37. Noyes FR, Wojtys EM, Marshall MT. The early diagnosis and treatment of developmental patella infera syndrome. *Clin Orthop Relat Res*. 1991;(265):241-52.
38. Meding JB, Keating EM, Ritter MA, Faris PM. Total knee arthroplasty after high tibial osteotomy. A comparison study in patients who had bilateral total knee replacement. *J Bone Joint Surg Am*. 2000;82(9):1252-9.
39. Gill T, Schemitsch EH, Brick GW, Thornhill TS. Revision total knee arthroplasty after failed unicompartmental knee arthroplasty or high tibial osteotomy. *Clin Orthop Relat Res*. 1995;(321):10-8.
40. Windsor RE, Insall JN, Vince KG. Technical considerations of total knee arthroplasty after proximal tibial osteotomy. *J Bone Joint Surg Am*. 1988;70(4):547-55.
41. Mont MA, Alexander N, Krackow KA, Hungerford DS. Total knee arthroplasty after failed high tibial osteotomy. *Orthop Clin North Am*. 1994;25(3):515-25.
42. Katz MM, Hungerford DS, Krackow KA, Lennox DW. Results of total knee arthroplasty after failed proximal tibial osteotomy for osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Am*. 1987;69(2):225-33.
43. Amendola A, Rorabeck CH, Bourne RB, Apyan PM. Total knee arthroplasty following high tibial osteotomy for osteoarthritis. *J Arthroplasty*. 1989;4 Suppl:S11-7.
44. Phillips BB. Recurrent dislocation. In: Canale ST and Beaty JH editors, Campbell's Operative Orthopedics. 12th ed. Philadelphia, PA: Mosby, 2012. p 2256-54.
45. Nakamura E, Mizuta H, Kudo S, Takagi K, Sakamoto K. Open-wedge osteotomy of the proximal tibia with hemicallotasis. *J Bone Joint Surg Br*. 2001;83(8):1111-5.
46. Hankemeier S, Paley D, Pape HC, Zeichen J, Gosling T, Krettek C. Knee para-articular focal dome osteotomy. *Orthopade*. 2004;33(2):170-7. German.
47. Murphy SB. Tibial osteotomy for genu varum. Indications, preoperative planning, and technique. *Orthop Clin North Am*. 1994;25(3):477-82.
48. Insall J, Falvo KA, Wise DW. Chondromalacia Patellae. A prospective study. *J Bone Joint Surg Am*. 1976;58(1):1-8.
49. Hughston JC, Eilers AF. The role of the posterior oblique ligament in repairs of acute medial (collateral) ligament tears of the knee. *J Bone Joint Surg Am*. 1973; 55(5):923-40.
50. Grood ES, Noyes FR, Butler DL, Suntay WJ. Ligamentous and capsular restraints preventing straight medial and lateral laxity in intact human cadaver knees. *J Bone Joint Surg Am*. 1981;63(8):1257-69.

- 51. Warren LA, Marshall JL, Girgis F.** The prime static stabilizer of the medial side of the knee. *J Bone Joint Surg Am.* 1974;56(4):665-74.
- 52. Lobenhoffer P, Agneskirchner JD.** Improvements in surgical technique of valgus high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2003;11(3):132-8.
- 53. Lobenhoffer P, Simoni C, Staubli AE.** Open-wedge high tibial osteotomy with rigid plate fixation. *Tech Knee Surg.* 2002;1:93-105.
- 54. Coventry MB.** Upper tibial osteotomy for osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Am.* 1985;67(7):1136-40.
- 55. Paley D, Bhatnagar J, Herzenberg JE, Bhave A.** New procedures for tightening knee collateral ligaments in conjunction with knee realignment osteotomy. *Orthop Clin North Am.* 1994;25(3):533-55.
- 56. Pape D, Duchow J, Rupp S, Seil R, Kohn D.** Partial release of the superficial medial collateral ligament for open-wedge high tibial osteotomy. A human cadaver study evaluating medial joint opening by stress radiography. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(2):141-8.
- 57. Salzmann GM, Ahrens P, Naal FD, El-Azab H, Spang JT, Imhoff AB, Lorenz S.** Sporting activity after high tibial osteotomy for the treatment of medial compartment knee osteoarthritis. *Am J Sports Med.* 2009;37(2):312-8.

- 58. Bonnin MP, Laurent JR, Zadegan F, Badet R, Pooler Archbold HA, Servien E.** Can patients really participate in sport after high tibial osteotomy? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21(1):64-73.
- 59. Ozkaya U, Kabukcuoğlu Y, Parmaksizoğlu AS, Yeniocak S, Ozkazanli G.** Changes in patellar height and tibia inclination angle following open-wedge high tibial osteotomy. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2008;42(4):265-71. Turkish.
- 60. Marti CB, Gautier E, Wachtl SW, Jakob RP.** Accuracy of frontal and sagittal plane correction in open-wedge high tibial osteotomy. *Arthroscopy.* 2004;20(4):366-72.
- 61. Giffin JR, Stabile KJ, Zantop T, Vogrin TM, Woo SL, Harner CD.** Importance of tibial slope for stability of the posterior cruciate ligament deficient knee. *Am J Sports Med.* 2007;35(9):1443-9.
- 62. Giffin JR, Vogrin TM, Zantop T, Woo SL, Harner CD.** Effects of increasing tibial slope on the biomechanics of the knee. *Am J Sports Med.* 2004;32(2):376-82.
- 63. Martineau PA, Fening SD, Miniaci A.** Anterior opening wedge high tibial osteotomy: the effect of increasing posterior tibial slope on ligament strain. *Can J Surg.* 2010;53(4):261-7.