

تعیین محل تونل فمور در عمل بازسازی رباط متقاطع جلویی

(مقایسه دو روش)

*دکتر فردین میرزاتولوعی، *دکتر حسین علیزاده

«دانشگاه علوم پزشکی ارومیه»

خلاصه

پیش زمینه: قرارگیری پیوند رباط متقاطع در محل غلط در سمت فمور می‌تواند باعث پارگی پیوند شود. با کارگذاری پیوند از طریق پورتال آنترومدیال در محل آنتونیک، می‌توان کینماتیک زانو را به حال اولیه برگرداند. اپروچ آنترومدیال با هر دو روش استفاده از «هدف‌یاب» و «دستی» میسر است. در این مطالعه، دقت در محل کارگذاری پین راهنما در پورتال آنترومدیال، با دو روش مقایسه گردید.

مواد و روش‌ها: در یک مطالعه آینده‌نگر، ۲۲ بیمار در دو گروه ۱۱ تایی، با استفاده از دو روش «هدف‌یاب» و «دستی» جراحی شدند. برای بررسی وضعیت قرارگیری پین راهنما، فلوروسکوپی انجام شد. مختصات عمودی و افقی محل پین راهنما مشخص و با مختصات نقطه آناٹومیک استاندارد پین راهنما مقایسه گردید.

یافته‌ها: در گروه استفاده از هدف‌یاب، مختصات محل پین راهنما از محور عمودی و افقی به ترتیب $41/33\%$ و $33/49\%$ و در مقایسه با نقطه آناٹومیک در هر دو محور عمودی ($p=0/03$) و افقی ($p=0/02$) تفاوت معنی‌دار بود. در گروه «دستی»، این مختصات به ترتیب $35/33\%$ و $33/07\%$ ، تفاوت محور پهنا با محل آناٹومیک معنی‌دار ($p=0/04$)، و در این گروه، ارتفاع به محل آناٹومیک بسیار نزدیک بود. مجموع خطاهای موجود در محور عمودی در گروه استفاده از ابزار $13/82$ و در گروه دست آزاد $7/4$ درصد بود.

نتیجه‌گیری: کارگذاری محل آناٹومیک از طریق پورتال آنترومدیال با دو روش استفاده از «هدف‌یاب» و «دستی» امکان‌پذیر است، ولیکن در محور عمودی، خطا در روش استفاده از ابزار بیشتر است.

واژه‌های کلیدی: رباط متقاطع جلویی، زانو، بازسازی

دریافت مقاله: ۳ ماه قبل از چاپ؛ مراحل اصلاح و بازنگری: ۱ بار؛ پذیرش مقاله: ۱ ماه قبل از چاپ

Localization of Femoral Guide Entrance in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction (Comparison of Two Techniques)

*Fardin Mirzatolouei, MD; *Hossein Alizadeh, MD

Abstract

Background: Wrong placement of the ACL transplant especially in femoral site can result in early graft failure. Anatomical placement of the femoral tunnel results in restoration of knee kinematics closer to those of the intact knee. This placement could be performed by either using “aimer device” or with “free hand” methods. We compare the geometric position of femoral canal created by these two techniques.

Methods: In a prospective study, 22 patients were divided into two groups (11 patients) and operated by using femoral aimer instrument and “Free hand” techniques. Intra-operative fluoroscopy for femoral guide pin position was performed to determine the guide pin position. Vertical and horizontal coordinates of guide pins in both groups were outlined and compared with standard anatomical point of guide pins.

Results: in “aimer” group the coordinates of the guide pin location was 41.33% vertically and 33.49% horizontally and the difference with anatomic location in both vertical ($p=0.03$) and horizontal ($p=0.02$) vectors was significant. The coordinates for the location of the guide pin in the “free hand” group were 35.33% and 33.07% respectively and the difference between anatomical location and guide pin width was significant ($p=0.04$), and in this group, difference in the height was observed. The sum errors in width and height plane in “aimer” and “free hand” groups were 13.82 and 7.4 respectively.

Conclusions: Anatomic positioning of guide pin is possible through both free hand and instrument techniques. The percentage of error in instrument technique is more than free hand method.

Keywords: Anterior cruciate ligament; Knee; Reconstruction

Received: 3 months before printing ; Accepted: 1 month before printing

*Orthopaedic Surgeon, Orthopaedic Department, Urmia University of Medical Sciences, Urmiah, IRAN.

Corresponding author: Fardin Mirzatolouei, MD
Orthopaedic Department, Emam Khomeini hospital, Ershad Avenue, Urmia, Iran
E-mail: fardin_tolouei@yahoo.com

مقدمه

قرارگیری تونل‌های فمور و تیبیا از شایع‌ترین علل ناکامی در عمل بازسازی رباط متقاطع جلویی است. در بازسازی این رباط محل قرارگیری کانال فمور مهم‌تر از محل کانال تیبیا می‌باشد^(۱). مطلوب است که کانال فمور در محل آناتومیک آن باشد^(۲) به دلیل آن که موجب پایداری بیشتر زانو می‌شود^(۳).

برای تعیین محل اتصال گرفت در کانال فمور حین عمل جراحی، معمولاً از دو روش استفاده می‌شود. در روش اول که کاربرد بیشتری دارد از ابزاری به نام «هدف‌یاب»^۱ استفاده می‌شود که از پورتال جلویی داخلی وارد شده و بعد از قرارگیری نوک ابزار در پشت کوندیل فمور و تثبیت موقعیت آن، بین راهنما از طریق سوراخ داخل «هدف‌یاب» در کوندیل فمور کارگذاری می‌شود^(۴). در این روش، موقعیت قرارگیری «هدف‌یاب»، تعیین‌کننده موقعیت قرارگیری بین راهنما خواهد بود. در روش دوم نیز با استفاده از علائم موجود بر روی استخوان، اقدام به کارگذاری بین راهنما می‌شود. در هر دو روش پس از کارگذاری بین راهنما، تونل فمور با هدایت بین راهنما حفر می‌گردد. هیچ‌یک از این دو روش از دقت صددرصد برای تعیین نقطه آناتومیک تونل فمور برخوردار نیستند. عمدتاً جراحان بر تجربه از روش دستی^۲ و جراحان کم سابقه‌تر از «هدف‌یاب» استفاده می‌کنند. تاکنون میزان خطای کارگذاری با روش «دستی» و این که کدام روش از دقت بالاتری برخوردار است، مشخص نشده است. در این مطالعه، دقت تعیین محل آناتومیک تونل فمور با استفاده از دو روش «دستی» و بکارگیری «هدف‌یاب» مقایسه گردید.

مواد و روش‌ها

در یک مطالعه آینده‌نگر، ۲۲ بیمار که طی سال ۱۳۹۳ کاندید عمل جراحی بازسازی رباط متقاطع جلویی بودند، به دو گروه تقسیم شدند. در گروه اول ۱۱ بیمار با روش تعیین محل آناتومیک تونل فمور با استفاده از «هدف‌یاب» و ۱۱ بیمار در گروه دوم با روش تعیین محل آناتومیک تونل فمور با روش «دستی» تحت

عمل جراحی بازسازی تک رشته‌ای رباط متقاطع جلویی قرار گرفتند. تمامی بیماران دو گروه مرد بودند. میانگین سنی بیماران در گروه «هدف‌یاب» ۲۷ سال و در گروه «دستی» ۲۹ سال بود. انتخاب بیماران جهت نوع عمل جراحی براساس توالی مراجعه جهت درمان پارگی رباط متقاطع بود. تمامی بیماران توسط یک نفر جراح زانو با ۱۵ سال سابقه در جراحی لیگامان‌های زانو انجام گرفت و هیچ‌یک از بیماران در طی انجام مطالعه حذف نشدند. معیارهای ورود بیماران به مطالعه، پارگی رباط متقاطع جلویی با گذشت بیش از ۶ هفته از زمان پارگی و با اندیکاسیون بازسازی آن بود. معیارهای خروج از مطالعه عبارت بود از عمل جراحی قبلی رباط متقاطع جلویی، وجود شکستگی در کندیل فمور، اوولسیون‌های رباط متقاطع جلویی با قطعه استخوانی و پارگی همزمان رباط متقاطع جلویی و پشتی.

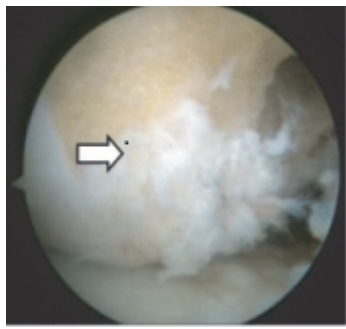
روش عمل

هر دو گروه با روش آرتروسکوپی عمل شدند. پیدا کردن محل آناتومیک تونل تیبیا در هر دو گروه یکسان و با استفاده از علائم شاخ جلویی مینیسک خارجی بود. در گروه اول، بعد از تراشیدن باقی‌مانده رباط‌های متقاطع جلویی و پشتی و تیبیا چسبیده و بعد از خم کردن زانو به میزان ۱۲۰ درجه «هدف‌یاب» از طریق پورتال آنترواینفرامدیال وارد شد و نوک آن در پشت کندیل فمور قرار گرفت. «هدف‌یاب» مورد استفاده، مربوط به کمپانی آرتکس برای روش ترانس پورتال با سایز ۷ میلی‌متر بود. بعد از نشستن «هدف‌یاب» روی کندیل فمور، بین راهنما از طریق سوراخ «هدف‌یاب» وارد و کارگذاری شد. سپس با استفاده از دریل بین راهنما، از سمت خارجی فمور تا حدی به بیرون کشیده شد که در آرتروسکوپی لبه انتهایی بین هم سطح کندیل فمور قرار گیرد. در این وضعیت، زانو از حالت خمیدگی ۱۲۰ درجه خارج و در وضعیت ۹۰ درجه بین راهنمای تیبیا با استفاده از راهنمای مخصوص خود، کار گذاشته شد و با فلوروسکوپ تصویربرداری انجام گرفت. تصویربرداری می‌بایستی در وضعیتی باشد که تصویر دو کندیل خارجی و داخلی فمور کاملاً بر روی هم قرار گرفته باشد تا تصویر واقعی از محل بین در کندیل خارجی فمور بدست آید (شکل ۱). تصویر مربوطه ضبط شد و بدون اطلاع جراح از کیفیت آن، در فایل مخصوصی که مشخصات بیمار و روش عمل در آن ذکر شده بود، ذخیره گردید. سپس بین راهنما خارج شد و از محل سوراخ ایجاد شده در کندیل فمور، با کمک بین راهنمای اول، بین دیگری کارگذاری شد و مابقی عمل جراحی طبق روند معمول انجام گرفت.

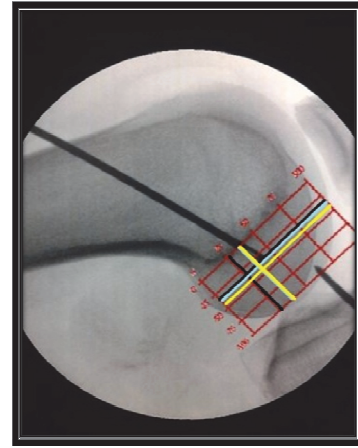
1. Aimer
2. Free hand



شکل ۳. علائم تونل فمور

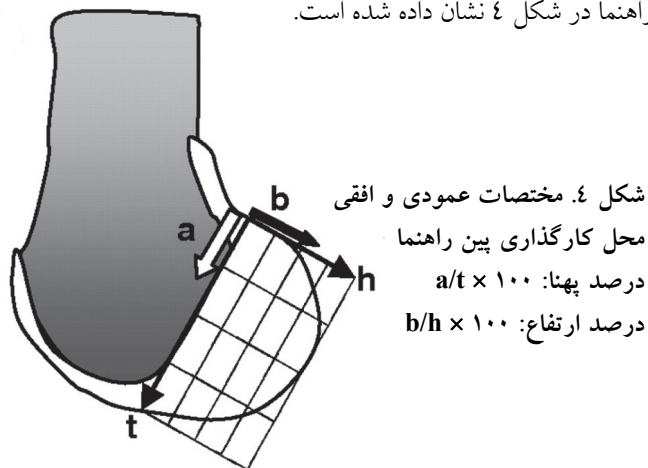


شکل ۲. باقیمانده رباط متقاطع قبلی



شکل ۱. پرتونگاری سمت خارجی فمور حین عمل

و خطی دیگر از جلوی گره ایترکوندیلار و عمود بر خط بلومنسات کشیده می‌شود. تقاطع این دو خط نیز به‌عنوان نقطه صددرصد در نظر گرفته می‌شود. در مجموع، خطوط مذکور، مستطیلی را تشکیل می‌دهند که اساس روش کوادرانت می‌باشد. با تقسیم اضلاع این مستطیل به قسمت‌های ۰ و ۲۵ و ۵۰ و ۷۵ و ۱۰۰ درصد؛ مساحت مستطیل فوق درجه‌بندی می‌شود. سیستم کوادرانت قادر به تعیین دقیق محل نقطه آناتومیک پین راهنما بوده و محقق را قادر می‌کند نقاط آناتومیک ایجاد شده در حین عمل جراحی را ارزیابی نماید. به این ترتیب مشخصات جغرافیایی نقاط در هر دو گروه با یکدیگر مقایسه گردید و دقت تعیین نقطه آناتومیک در هر دو گروه برآورد شد. در این مطالعه محور عمودی (جلویی-پشتی) h و محور پهنا t نام‌گذاری شد. نسبت b/h و a/t مختصات عمودی و افقی محل کارگذاری پین راهنما در شکل ۴ نشان داده شده است.



در گروه دوم «دستی» نیز روش عمل مشابه گروه اول انجام گرفت. به استثنای اینکه به جای استفاده از ابزار راهنما، جراح با روش دستی، پین راهنما را روی کندیل خارجی فمور قرار داد. در این روش، علائم موجود برای پیدا کردن نقطه آناتومیک تونل عبارت بودند از: ۱) باقی‌مانده رباط متقاطع جلویی قبلی (شکل ۲) و ۲) تیغه و برجستگی بین کندیل (شکل ۳). محل قرارگیری باندل پشتی و خارجی و همچنین جلوی داخلی انتخاب، و پین راهنما در حد فاصل این دو گذاشته شد. در صورتی که محل قرارگیری باندل‌ها مشخص نبود، محل پین در روش «دستی» با استفاده از علائم ایترکوندیلار ریچ و کرست به نحوی که پین در ۲ میلی‌متر پشت به کرست و در فاصله ۵۰٪ قطر پشتی جلویی کرست کار گذاشته شد. تصویربرداری پس از کارگذاری پین راهنما، به صورت گروه قبلی انجام گرفت و مابقی عمل جراحی ادامه یافت. مهارت جراح در پیدا کردن محل آناتومیک تونل فمور می‌توانست موثر باشد.

پس از تکمیل تعداد بیماران در هر دو گروه، محل‌های مشخص شده بر روی تصویر ضبط شده، با روش کوادرانت^۱، که به روش جدول برنارد هرتل^۲ نیز معروف است، ارزیابی گردید. در این روش، در نمای خارجی حاصل از فلوروسکوپی زانو؛ خط بلومنسات و یک خط عمود بر آن، از قسمت پشت گره ایترکوندیلار کشیده می‌شود و محل تقاطع این دو خط، به‌عنوان محل صفر درصد در نظر گرفته می‌شود. سپس خط دیگری در ناحیه دیستال کوندیل فمور به موازات خط بلومنسات کشیده شده

1. Quadrant
2. Bernard-Hertel

آمده با نقطه آناتومیک در روش «هدف‌یاب» $7/33\%$ و در روش «دستی» $1/33\%$ بود و اختلاف فاصله در روش «هدف‌یاب» قابل توجه و از نظر آماری معنی‌دار بود ($p=0/03$) (جدول ۱).

جدول ۱. مقایسه دو روش کارگذاری پین راهنما در روش دستی و با استفاده از هدف‌یاب				
متغیر	میانگین روش عمل جراحی	موقعیت استاندارد قرارگیری پین راهنما	تفاوت مشاهده شده	نسبت مشاهده شده در مقایسه با استاندارد
روش «هدف‌یاب»				
- ارتفاع	۴۱/۳۳	۳۴	۷/۳۳	۱/۲۱
- پهنا	۳۳/۴۹	۲۷	۶/۴۹	۱/۲۴
مجموع خطای مشاهده شده ارتفاع و پهنا موقعیت قرارگیری پین راهنما در روش «هدف‌یاب»				
				۱۳/۸۲
روش «دستی»				
- ارتفاع	۳۵/۳۳	۳۴	۱/۳۳	۱/۰۴
- پهنا	۳۳/۰۷	۲۷	۶/۰۷	۱/۲۲
مجموع خطای مشاهده شده ارتفاع و پهنا موقعیت قرارگیری پین راهنما در روش «دستی»				
				۷/۴

بحث

در این مطالعه تمایل به عقب‌تر گذاشتن نقطه شروع تونل فمور در روش «هدف‌یاب» بود و مشخص شد که در محور پهنا تفاوت زیادی بین دو گروه وجود ندارد و استفاده از «هدف‌یاب»، فقط موجب کارگذاری پین راهنما در ارتفاع پایین‌تری نسبت به محل آناتومیک می‌گردد. براساس اطلاعات محقق، این اولین مطالعه در خصوص مقایسه محل کارگذاری پین راهنما با استفاده از «هدف‌یاب» و به‌طور «دستی» با استفاده از روش کوادرنات بود.

کارگذاری صحیح تونل فمور برای کسب نتایج موفق در جراحی بازسازی رباط متقاطع جلویی ضروری است. حتی خطای کم در کارگذاری پین راهنما موجب شکست در پیوند و از بین رفتن کشیده و خم شدن زانو و در نهایت ناپایداری آن می‌گردد^(۴).

«سین»^۱ و همکاران ارزش پرتونگاری حین عمل جهت کارگذاری پین راهنما در موقعیت آناتومیک را نشان دادند و از ۵۵ بیمار عمل شده، هیچ موردی از پارگی مجدد رخ نداد^(۵). «سِلِتانو»^۲ و همکاران در یک مطالعه بر روی جسد نشان دادند استفاده از «هدف‌یاب» نمی‌تواند دسترسی به نقطه آناتومیک در روش

در واقع در محور پهنا، هر چه نسبت بدست آمده بیشتر بود، پین راهنما در قسمت دیستال‌تر، و در محور عمودی (جلویی-پشتی) هر چه درصد بدست آمده بیشتر بود، پین راهنما در قسمت پشتی‌تر قرار گرفت. طبق روش کوادرنات و جدول برنارد هرتل، نقطه ایده‌آل ۲۷ درصد از نظر پهنا و ۳۴ درصد از نظر ارتفاع محل مناسب کارگذاری پین راهنما می‌باشد. در این مطالعه، جهت تسهیل در تفسیر نتایج، یافته‌ها در وضعیت ۹۰ درجه خمیدگی زانو نام‌گذاری گردید؛ به این صورت که در وضعیت ۹۰ درجه، هر چه نقطه کارگذاری پین به سطح مفصلی تیبیا نزدیک‌تر بود، در موقعیت پشتی‌تر، و هر چه در این وضعیت به سطح مفصلی تحمل‌کننده وزن فمور نزدیک‌تر بود، دیستال‌تر خطاب شد.

اطلاعات حاصل از جدول برنارد هرتل نیز در فایل مخصوص هر بیمار ذخیره شد. در نهایت موقعیت قرارگیری پین راهنما از نظر پهنا و ارتفاع در دو روش جراحی مقایسه گردید. برای مقایسه موقعیت قرارگیری پین راهنما در دو گروه، از آزمون پارامتری t برای گروه‌های مستقل استفاده شد. تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS انجام، و سطح آماری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در تمامی موارد، پرتونگاری مطلوب انجام گردید. میانگین زمان حادثه تا عمل در گروه «هدف‌یاب» ۱۰ ماه و در گروه «دستی» ۱۳ ماه بود.

میانگین ارتفاع موقعیت پین راهنما در دو گروه جراحی با روش «هدف‌یاب» و «دستی» به ترتیب $41/33 \pm 2/99$ و $35/33 \pm 3/25$ درصد بود و بین دو گروه، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($p=0/18$). میانگین پهنا محاسبه شده در دو گروه «هدف‌یاب» و «دستی» به ترتیب $33/07 \pm 2/33$ و $33/07 \pm 2/66$ درصد بود و اختلاف آماری بین دو گروه معنی‌دار نبود ($p=0/9$).

مجموع خطاهای موجود در محور عمودی در گروه «هدف‌یاب» $13/82$ و در گروه «دستی» $7/4$ درصد بود. میانگین فاصله نقاط بدست آمده در دو روش در محور پهنا در گروه «هدف‌یاب» $6/49\%$ و در روش «دستی» حدود $6/07\%$ محاسبه و با نقطه استاندارد آناتومیک مقایسه گردید که به‌طور معناداری از موقعیت استاندارد فاصله داشتند ($p=0/02$). در محور ارتفاع، اختلاف میانگین بدست

1. Singh
2. Celentano

کارگذاری خود را افزایش دهد. اما در روش «هدف‌یاب»، برای قرار دادن پین راهنما در محل استاندارد، باید محل پین راهنما پروگزیمال‌تر و جلوترتر قرار گیرد تا به محل استاندارد نزدیک شود. شاید چرخاندن «هدف‌یاب» به سمت جلوتر بتواند منجر به کارگذاری پین راهنما در محل نزدیک‌تر به نقطه آناتومیک گردد. البته نباید این مطلب را از نظر دور داشت که چرخاندن «هدف‌یاب»، منجر به پروگزیمال‌تر قرارگرفتن پین راهنما نیز می‌گردد. با توجه به اینکه در روش «دستی»، پین راهنما نزدیک‌تر به نقطه آناتومیک قرار می‌گیرد، لیکن پیشنهاد می‌گردد در صورتی که جای پای رباط متقاطع جلویی بر روی کنذیل فمور مشخص بوده و جراح برای مشخص نمودن جای پای رباط متقاطع تجربه کافی داشته باشد، از این روش برای ایجاد تونل فمور استفاده شود؛ و در صورتی که جای پای مشخص نباشد و جراح از «هدف‌یاب» استفاده نماید، با چرخاندن «هدف‌یاب»، در جلوتر قرار گرفتن پین راهنما تلاش ورزد.

در این مطالعه محدودیت‌هایی وجود داشت. اول آنکه انجام پرتونگاری سمت خارج فمور درحین عمل مشکل بود و نمی‌توان ادعا کرد که روش فلوروسکوپی تمام بیماران کاملاً یکسان بود. درنتیجه درصدی از خطا در برآورد محل پین راهنما متصور می‌باشد. دوم آنکه محاسبات جدول برنارد هرتل به صورت دستی، و نه با استفاده از نرم افزار انجام شد، و احتمال دارد با خطا همراه باشد.

1. Nha

ترانس تیبیال را تضمین کند^(۱). مطالعات مختلفی در این زمینه انجام شده است، ولیکن مطالعه حاضر برای اولین بار نشان داد که حتی در روش ترانس پورتال، نقطه آناتولیک الزاماً نقطه تعیین شونده توسط «هدف‌یاب» نمی‌باشد.

«نها»^۱ و همکاران روشی را تحت عنوان تکنیک «دستی ترانس تیبیال» معرفی نمودند که با استفاده از تغییر زاویه پین کارگذاری شده از طریق تونل تیبیا، تا حد زیادی به نقطه آناتومیک نزدیک شدند؛ لیکن این عمل مستلزم ایجاد تونل تیبیا با زاویه بسیار زیاد از محور عمودی بود که خود باعث بیضی شکل شدن ورودی‌های تونل تیبیا به داخل مفصل و ایجاد عارضه «پهن شدن کانال» می‌شد. آنها عمل جراحی را از طریق پورتال جلویی داخلی و به روش «دستی» انجام دادند و مختصات کانال فمور از نظر پهنا ۲۶۷٪ و از نظر ارتفاع ۳۰٪ با استفاده از روش کوادرنانت بدست آمد^(۷).

مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از «هدف‌یاب» در روش ترانس پورتال، پین را در قسمت پشتی‌تری نسبت به نقطه آناتومیک قرار می‌دهد. همچنین این بررسی نشان داد که در محور پهنا، که نشان دهنده پروگزیمال یا دیستال قرارگرفتن پین راهنما است، تفاوتی بین دو روش «دستی» «هدف‌یاب» وجود ندارد و در هر دو روش با درصد خطای یکسان، پین راهنما در ناحیه دیستال‌تر از محل استاندارد قرار می‌گیرد. براساس این مطالعه در روش «دستی» خطای کارگذاری پین راهنما، فقط در صفحه افقی (پهنا) بود و جراح با قرار دادن پین راهنما به سمت پروگزیمال‌تر، توانست دقت

References

1. Mohtadi N, Chan D, Barber R, Paolucci EO. Reruptures, reinjuries, and revisions at a minimum 2-year follow-up: a randomized clinical trial comparing 3 graft types for ACL reconstruction. *Clin J Sport Med*. 2015 Jun 29. [Epub ahead of print]
2. Robin BN, Jani SS, Marvil SC, Reid JB, Schillhammer CK, Lubowitz JH. Advantages and disadvantages of transtibial, anteromedial portal, and outside-in femoral tunnel drilling in single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *Arthroscopy*. 2015;31(7):1412-7. doi: 10.1016/j.arthro.2015.01.018.
3. Shin YS, Han SB, Hwang YK, Suh DW, Lee DH. Tibial tunnel aperture location during single-bundle posterior cruciate ligament reconstruction: comparison of tibial guide positions. *Arthroscopy*. 2015;31(5):874-81. doi: 10.1016/j.arthro.2014.12.004.
4. Tudisco C, Bisicchia S, Cosentino A, Chiozzi F, Piva M. Knee stability, athletic performance and sport-specific tasks in non-professional soccer players after ACL reconstruction: comparing trans-tibial and antero-medial portal techniques. *Muscles Ligaments Tendons J*. 2015; 5(3):175-180.
5. Singh AP, Singh BK. The use of intra-operative image intensifier control for the ACL surgeon. *Knee*. 2011;18(6):379-81. doi: 10.1016/j.knee.2010.10.008.
6. Celentano U, Cardoso MP, Martins CA, Ramirez CP, van Eck CF, Smolinski P, Fu FH. Use of transtibial aimer via the accessory anteromedial portal to identify the center of the ACL footprint. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012;20(1):69-74. doi: 10.1007/s00167-011-1574-1.
7. Nha KW, Han JH, Kwon JH, Kang KW, Park HJ, Song JG. Anatomical single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using a freehand transtibial technique. *Knee Surg Relat Res*. 2015;27(2):117-22. doi: 10.5792/ksrr.2015.27.2.117.