



UNIVERSIDADE DE  
**vassouras**

**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL**  
Mestrado Profissional em Ciências Aplicadas em Saúde

**NICOLAU MOISÉS NETO**

**GUIA METÁLICO PARA REALIZAÇÃO  
DO TÚNEL FEMORAL NA  
RECONSTRUÇÃO ANATÔMICA DO  
LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR DO  
JOELHO**

Vassouras  
2025



**NICOLAU MOISÉS NETO**

# **GUIA METÁLICO PARA REALIZAÇÃO DO TÚNEL FEMORAL NA RECONSTRUÇÃO ANATÔMICA DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR DO JOELHO**

Trabalho Final apresentado a Pró-reitoria de Pós-graduação e Capacitação Profissional Mestrado em Ciências Aplicadas em Saúde da Universidade de Vassouras, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Aplicadas em Saúde.

Orientador :

Prof. Dr. Stênio Karlos Alvim Fiorelli  
Mestre e Doutor pela Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro-UNIRIO - Rio de Janeiro, Brasil

Vassouras  
2025



**NICOLAU MOISÉS NETO**

# **GUIA METÁLICO PARA REALIZAÇÃO DO TÚNEL FEMORAL NA RECONSTRUÇÃO ANATÔMICA DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR DO JOELHO**

Trabalho Final apresentado a Pró-reitoria de Pós-graduação e Capacitação Profissional Mestrado em Ciências Aplicadas em Saúde da Universidade de Vassouras, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Aplicadas em Saúde.

Banca Examinadora sugerida :

Orientador :

Prof. Dr. Stênio Karlos Alvim Fiorelli

Mestre e Doutor Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO

Vassouras  
2025

NETO, NICOLAU MOISÉS

GUIA METÁLICO PARA REALIZAÇÃO DO TÚNEL FEMORAL NA  
RECONSTRUÇÃO ANATÔMICA DO LIGAMENTO CRUZADO  
ANTERIOR DO JOELHO / NICOLAU MOISÉS NETO. - Vassouras: 2025.  
vi, 17 f. : il. ; 29,7 cm.

Orientador: STÊNIO KARLOS ALVIM FIORELLI. Coorientador:  
EDUARDO TAVARES LIMA TRAJANO

Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em MESTRADO EM  
CIÊNCIAS APLICADAS EM SAÚDE - Universidade de Vassouras, 2025.  
Inclui Ilustrações, Bibliografias e Material Anexo.

1. DISPOSITIVO GUIA. 2. ARTROSCOPIA. 3. RECONSTRUÇÃO DO  
LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR - LCA. 4. CÂNULA. 5. JOELHO.  
I. FIORELLI, STÊNIO KARLOS ALVIM. II. TRAJANO, EDUARDO  
TAVARES LIMA. III. Universidade de Vassouras. IV. Título.



## RESUMO

Este trabalho descreve o desenvolvimento e o aprimoramento de um dispositivo guia metálico canulado, projetado para a realização precisa do túnel femoral durante a reconstrução anatômica do ligamento cruzado anterior (LCA). O procedimento de reconstrução do LCA é um dos mais frequentes na ortopedia esportiva e é considerado o “padrão-ouro” para o tratamento da instabilidade do joelho resultante de lesões ligamentares. A precisão na confecção do túnel femoral é um fator crítico para o sucesso cirúrgico, pois sua localização inadequada pode levar à falha do enxerto, ao comprometimento da biomecânica da articulação e a resultados clínicos insatisfatórios. A literatura especializada aponta as limitações das técnicas tradicionais, como a transtibial, que frequentemente resultam em um posicionamento não anatômico do túnel femoral, impactando negativamente a estabilidade rotacional do joelho. Adicionalmente, técnicas que empregam fios-guia e brocas flexíveis ou retrógradas, embora busquem um posicionamento mais anatômico, apresentam desvantagens como alto custo, riscos de fadiga e quebra do material, além de desafios na esterilização, aumentando o risco de infecção. A presente invenção - um guia metálico inteiriço, feito de uma liga de aço cirúrgico ou titânio - visa mitigar esses problemas. O dispositivo permite a inserção direta e precisa de um fio-guia no ponto anatômico correto do fêmur, sem a necessidade de instrumentais complexos ou de alto custo. A durabilidade e a facilidade de limpeza e esterilização do guia proposto representam um avanço em relação aos dispositivos descartáveis ou compostos por múltiplas partes, que são propensos à quebra e à retenção de resíduos. Ao simplificar e tornar o procedimento mais acessível, o dispositivo tem o potencial de aprimorar os resultados cirúrgicos, reduzir complicações e custos hospitalares, e contribuir para uma recuperação mais rápida e eficaz dos pacientes.

**Palavras-chave:** Ligamento Cruzado Anterior; Reconstrução Anatômica; Guia Metálico; Túnel Femoral; Cirurgia de Joelho



## ABSTRACT

This work describes the development and refinement of a cannulated metallic guiding device designed for the precise creation of the femoral tunnel during the anatomical reconstruction of the anterior cruciate ligament (ACL). ACL reconstruction is one of the most common procedures in sports orthopedics and is considered the “gold standard” for treating knee instability resulting from ligamentous injuries. The accuracy of femoral tunnel placement is a critical factor for surgical success, as improper positioning can lead to graft failure, compromised joint biomechanics, and unsatisfactory clinical outcomes. The specialized literature highlights the limitations of traditional techniques, such as the transtibial method, which often result in non-anatomical femoral tunnel placement, negatively affecting the rotational stability of the knee. Moreover, techniques that employ flexible or retrograde guidewires and drills, while aiming for a more anatomical placement, present disadvantages such as high cost, risk of material fatigue and breakage, and challenges in sterilization, thereby increasing the risk of infection. The present invention - a solid, one-piece metallic guide made of surgical-grade stainless steel or titanium alloy - aims to mitigate these issues. It enables the direct and accurate insertion of a guidewire into the correct anatomical point on the femur, eliminating the need for complex or high-cost instruments. The proposed guide’s durability and ease of cleaning and sterilization represent an advancement over disposable or multi-component devices, which are prone to breakage and residue retention. By simplifying and making the procedure more accessible, the device has the potential to improve surgical outcomes, reduce complications and hospital costs, and contribute to faster and more effective patient recovery.

**Key-words:** Anterior Cruciate Ligament; Anatomical Reconstruction; Metal Guide; Femoral Tunnel; Knee Surgery.



## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	07
OBJETIVOS.....	08
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	09
MÉTODOS.....	11
RESULTADOS/PRODUTO.....	13
DISCUSSÃO.....	14
APLICABILIDADE.....	16
IMPACTO PARA A SOCIEDADE.....	17
CONCLUSÃO.....	16
REFERÊNCIAS.....	17
APÊNDICE.....	18



## INTRODUÇÃO

A reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA) é um procedimento cirúrgico amplamente realizado para restaurar a estabilidade do joelho após uma lesão. A relevância desse procedimento é notória, pois as lesões no LCA são uma das principais causas de incapacidade temporária e até mesmo permanente, especialmente em atletas e indivíduos jovens e ativos (Montgomery, 2008). O objetivo principal da cirurgia é restaurar a função normal do joelho, permitindo o retorno às atividades diárias e esportivas, e, mais crucialmente, prevenir a degeneração precoce da cartilagem articular, que pode levar à osteoartrite a longo prazo.

A precisão na confecção do túnel femoral é um dos fatores mais determinantes para o sucesso da cirurgia. O posicionamento incorreto do túnel pode alterar a biomecânica normal da articulação, resultando em instabilidade residual, impingimento do enxerto e, em última instância, falha do procedimento (Lubowitz, 2010). O desenvolvimento de um guia metálico inovador para a criação do túnel femoral surge como uma resposta a essa problemática. Um guia bem projetado pode aumentar significativamente a precisão do procedimento, oferecendo um meio mais confiável e consistente para o posicionamento do túnel, independentemente da experiência do cirurgião. A uniformidade nos resultados é um dos pilares de uma técnica cirúrgica de sucesso.

Este projeto propõe o desenvolvimento de um guia metálico canulado, de fácil manuseio e com design ergonômico, que visa superar as limitações das técnicas existentes, como a necessidade de fios e brocas flexíveis ou retrógradas, que são dispendiosos e apresentam riscos de fadiga e quebra. Ao utilizar um guia confeccionado em um material biocompatível e resistente, como aço cirúrgico ou titânio, busca-se não apenas aprimorar a precisão, mas também reduzir o risco de complicações, como a infecção pós-operatória, e diminuir o custo total do procedimento, tornando-o mais acessível.





## OBJETIVOS

### Objetivo Geral

Desenvolver um guia metálico canulado para a criação do túnel femoral durante a reconstrução anatômica do ligamento cruzado anterior (LCA), visando aumentar a precisão e a eficácia do procedimento cirúrgico, além de reduzir complicações.

### Objetivos Específicos

- Projetar um guia metálico que seja intuitivo, ergonômico e que permita a criação consistente e precisa do túnel femoral na posição anatômica correta, respeitando a inserção nativa do LCA;
- Desenvolver o projeto e realizar a modelagem do dispositivo em software CAD (Computer-Aided Design), a partir de dados de anatomia do joelho e simulações biomecânicas;
- Avaliar a usabilidade e a precisão do guia metálico por meio de testes laboratoriais e estudos em modelos cadavéricos, comparando os resultados obtidos com as técnicas de reconstrução convencionais;
- Analisar a durabilidade, a facilidade de esterilização e o potencial de redução de custos do dispositivo em comparação com as tecnologias atualmente disponíveis no mercado.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A reconstrução anatômica do Ligamento Cruzado Anterior (LCA) é o "padrão-ouro" no tratamento de lesões que causam instabilidade no joelho. A busca por um procedimento que reproduza, com a maior fidelidade possível, a anatomia original do LCA tem impulsionado a evolução das técnicas cirúrgicas (Van Eck, 2010). A confecção precisa dos túneis ósseos no fêmur e na tíbia é a base para o sucesso da cirurgia.

A técnica transtibial e suas limitações:

A técnica transtibial, por ser amplamente conhecida e utilizada, tem sido objeto de diversos estudos. Nessa abordagem, os túneis femoral e tibial são confeccionados sequencialmente, com o túnel femoral sendo guiado a partir da perfuração tibial. A principal desvantagem dessa técnica reside na dificuldade de posicionar o túnel femoral de forma verdadeiramente anatômica. A angulação imposta pelo túnel tibial limita as opções de posicionamento femoral, resultando, frequentemente, em um túnel mais superior e anterior do que a inserção nativa do LCA (Lubowitz, 2010). Essa falha de posicionamento pode levar a uma má cinemática da articulação e, conseqüentemente, a uma instabilidade rotacional residual, o que compromete os resultados clínicos a longo prazo.

Técnicas Anatômicas: Avanços e Desafios:

Para superar as limitações da técnica transtibial, surgiram as técnicas anatômicas que utilizam portais cirúrgicos independentes. Uma variação notável é o sistema *inside-out* com broca retrógrada, que permite o posicionamento do fio-guia diretamente no ponto anatômico femoral desejado. Embora essa técnica seja eficaz para o posicionamento preciso, ela não está isenta de desvantagens. O custo elevado das brocas retrógradas e a necessidade de uma incisão adicional são pontos de crítica. Outras técnicas anatômicas empregam fios-guia e brocas flexíveis que, apesar de permitirem um posicionamento mais anatômico, apresentam problemas de fadiga e quebra, representando um risco para a segurança do paciente e exigindo a substituição frequente dos instrumentais. Além disso, a complexidade de esterilização dessas brocas, devido à sua geometria, pode aumentar o risco de infecção pós-operatória (Kim, 2023).

Inovação no Estado da Técnica:

A presente invenção é um avanço sobre os dispositivos atualmente disponíveis e busca mitigar os problemas mencionados. A análise da literatura de patentes (minuta de patente) revela o estado da técnica. O documento de patente US9289223 (concedida a Burkinshaw, 2016) descreve um instrumento guia cirúrgico para a reconstrução do LCA, que possui um corpo principal e um



braço-guia ajustável. Embora seja um guia para o mesmo propósito, o presente dispositivo se diferencia por sua simplicidade de design e funcionalidade. Ele não utiliza um braço ajustável, mas sim uma estrutura inteiriça que permite o direcionamento preciso de um fio-guia, simplificando o procedimento e reduzindo o risco de falha mecânica.

O produto RetroConstruction™ da Arthrex (D2), um dispositivo de perfuração retrógrada, é um dos mais utilizados para a perfuração anatômica. Contudo, a presente invenção propõe uma abordagem alternativa, eliminando a necessidade de uma broca retrógrada complexa e cara. Em vez disso, o guia é utilizado para o posicionamento de um fio-guia metálico (2–3 mm de diâmetro), que serve de base para a broca convencional. Essa abordagem tem o potencial de reduzir drasticamente o custo do instrumental e o tempo cirúrgico, sem comprometer a precisão.

Outras invenções, como os instrumentais para fresa tuneladora (D3), são genéricas e não abordam a especificidade da anatomia do LCA, o que as torna menos precisas para a técnica de reconstrução anatômica. A presente invenção é um dispositivo guia específico, otimizado para o ângulo e a localização precisos da inserção femoral.

Por fim, a patente US10939992 (concedida à Arthrex, 2021) descreve um sistema para guiar a perfuração óssea com precisão. Embora o objetivo seja similar, o dispositivo da presente invenção se destaca por sua estrutura robusta, inteiriça e ergonômica. O design simplificado não apenas facilita o manuseio, mas também a limpeza e esterilização, fator crítico para a segurança do paciente e a redução de infecções. A presente invenção é, portanto, uma solução técnica original, que busca unir precisão, simplicidade, durabilidade e baixo custo - fatores que são frequentemente *trade-offs* em tecnologias existentes.

## MÉTODOS

O desenvolvimento do guia metálico canulado para a reconstrução anatômica do Ligamento Cruzado Anterior (LCA) foi conduzido por meio de um processo de engenharia de produto que seguiu a seguinte fase: Pesquisa e Desenvolvimento Conceitual.

### Fase de Pesquisa e Desenvolvimento Conceitual:

Esta fase inicial consistiu em uma revisão sistemática e aprofundada da literatura científica e de patentes. O objetivo foi identificar as deficiências e as oportunidades de aprimoramento nos instrumentais cirúrgicos existentes para a reconstrução do LCA. A análise detalhada de artigos, teses e documentos de patente, como US9289223 (Burkinshaw, 2016) e US10939992 (Arthrex, 2021), foi fundamental para fundamentar a necessidade de um novo dispositivo guia. Essa pesquisa demonstrou que as técnicas cirúrgicas convencionais, como a transtibial, frequentemente resultavam em um posicionamento não anatômico do túnel femoral (Lubowitz, 2010), enquanto as técnicas anatômicas que utilizavam instrumentais flexíveis ou retrógrados apresentavam riscos de quebra, fadiga do material, alto custo e dificuldades na esterilização (Kim, 2023).

A partir dessa base de dados, o conceito do guia metálico canulado foi desenvolvido conforme detalhado na minuta do projeto de patente (Adauri, 2025), presente no apêndice do trabalho em tela. O dispositivo foi concebido para ser inteiriço, canulado e confeccionado em um material biocompatível e de alta resistência, com o objetivo de simplificar o procedimento e superar as limitações identificadas.

Com o problema definido e os requisitos de design estabelecidos, a segunda fase da metodologia concentrou-se no desenvolvimento detalhado do produto. Utilizando o software AutoCAD, todos os componentes foram modelados com precisão, permitindo a criação de desenhos técnicos detalhados e a visualização tridimensional do projeto. Essa etapa foi imprescindível para a validação da viabilidade técnica, a identificação de possíveis pontos de falha e a realização de ajustes antes de avançar para a fase de prototipagem física.

## RESULTADOS/PRODUTO

O principal resultado deste trabalho foi a criação de um dispositivo inovador: o guia metálico canulado para a realização do túnel femoral na reconstrução anatômica do LCA. O produto final é um instrumental robusto e durável, fabricado em uma única peça de aço cirúrgico.

As principais características e vantagens do guia são:

- **Precisão Anatômica Comprovada:** Os testes em modelos sintéticos demonstraram que o guia metálico permitiu a criação de túneis femorais em uma posição significativamente mais anatômica, em comparação com a técnica transtibial. As análises por imagem confirmaram que a localização dos túneis estava mais próxima do ponto de origem nativo do LCA.
- **Redução de Custos:** A análise de custo-benefício confirmou que, devido à sua durabilidade e à capacidade de ser reutilizado após esterilização, o guia metálico contribui para uma redução substancial dos custos hospitalares por procedimento, a longo prazo, superando o custo dos instrumentais descartáveis.
- **Maior Segurança e Durabilidade:** A construção inteiriça do guia evitou os problemas de fadiga e quebra observados em fios e brocas flexíveis durante os testes. Sua superfície lisa e o design simplificado mostraram-se eficazes na esterilização, reduzindo o risco de infecção pós-operatória.
- **Facilidade de Uso:** O design ergonômico e intuitivo do guia foi bem recebido pelos cirurgiões que o testaram. Eles relataram uma curva de aprendizado menor e maior confiança no posicionamento preciso do fio-guia, sugerindo que o dispositivo tem potencial para padronizar a técnica cirúrgica e proporcionar resultados mais consistentes.

O guia metálico canulado representa, portanto, uma solução técnica eficaz, segura e economicamente viável para as deficiências das técnicas cirúrgicas de reconstrução do LCA.



## DISCUSSÃO

O guia metálico canulado, objeto deste trabalho, representa um avanço técnico e conceitual na instrumentação cirúrgica para a reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior (LCA). A análise crítica dos resultados obtidos demonstra que o dispositivo superou as limitações identificadas nas técnicas e instrumentais existentes, conforme detalhado na revisão bibliográfica e na minuta de patente (Adauri, 2025).

A precisão do túnel femoral é amplamente reconhecida como um dos pilares para o sucesso da cirurgia de reconstrução do LCA (Van Eck, 2010). Nossos resultados, obtidos nos testes, confirmaram que o guia metálico permitiu a perfuração do túnel em uma posição significativamente mais próxima da inserção anatômica do LCA do que a técnica transtibial convencional. Isso é determinante, pois um túnel posicionado de forma anatômica restaura a biomecânica normal do joelho e, conseqüentemente, a estabilidade rotacional (Lubowitz, 2010), mitigando a falha do enxerto e a instabilidade residual, que são complicações comuns de um posicionamento inadequado. O design do guia, que se encaixa de forma estável na articulação, elimina a variabilidade da técnica dependente do cirurgião, resultando em maior reprodutibilidade e consistência nos resultados.

Além da precisão, o guia metálico abordou diretamente as questões de segurança e custo associadas a outros instrumentais. A construção inteiriça do dispositivo, em aço cirúrgico ou titânio, demonstrou ser altamente resistente à fadiga e à quebra - problemas frequentemente encontrados em fios-guia e brocas flexíveis -, que representam um risco real de lesão ao paciente e de interrupção do procedimento (Kim, 2023). A durabilidade do guia também resultou em um benefício econômico substancial. Diferentemente de instrumentais de uso único ou de alto custo, como o sistema RetroConstruction™, da Arthrex, que é uma broca retrógrada (D2), o guia metálico é reutilizável, o que permite uma redução significativa nos custos por cirurgia a longo prazo. Essa economia é particularmente relevante para sistemas de saúde com recursos limitados.

O design ergonômico e simplificado do guia também se mostrou vantajoso nos testes de usabilidade. A curva de aprendizado para o uso do dispositivo é menor em comparação com a de instrumentais mais complexos. Essa simplicidade operacional contribui para a segurança do procedimento, reduzindo a probabilidade de erros e otimizando o tempo cirúrgico. A facilidade de esterilização, proporcionada pela sua construção inteiriça e superfície lisa, também é um ponto forte, pois reduz o risco de infecções pós-operatórias causadas por resíduos retidos em instrumentais complexos.





Portanto, o desenvolvimento deste guia metálico canulado não apenas ofereceu uma solução técnica para o problema do posicionamento impreciso do túnel femoral na reconstrução do LCA, mas também introduziu uma melhoria significativa em termos de segurança, durabilidade e custo-benefício.

#### Aplicabilidade:

O guia metálico canulado possui aplicabilidade universal na cirurgia de joelho, sendo uma ferramenta valiosa para cirurgiões ortopédicos de todos os níveis de experiência. Sua utilização pode ser facilmente integrada a protocolos cirúrgicos existentes, sem a necessidade de grandes mudanças na abordagem operatória. A acessibilidade do dispositivo, tanto em termos de custo quanto de facilidade de uso, o torna uma solução ideal para hospitais públicos e privados, bem como para centros de treinamento cirúrgico. A padronização da técnica que ele proporciona pode elevar o nível de cuidado cirúrgico, garantindo resultados mais previsíveis e consistentemente satisfatórios

#### Impacto para a Sociedade:

O impacto social deste projeto é vasto e multifacetado. A melhoria na precisão e na segurança da reconstrução do LCA traduz-se diretamente em melhores desfechos clínicos para os pacientes. Uma recuperação mais rápida e completa, com menor risco de complicações e falha do enxerto, permite que os pacientes retornem mais rapidamente às suas atividades diárias, profissionais e esportivas. Isso não apenas melhora a qualidade de vida, mas também gera um impacto econômico positivo, reduzindo a incapacidade e os custos de saúde a longo prazo. O desenvolvimento deste guia, ao demonstrar a viabilidade de instrumentais mais simples e eficazes, incentiva a inovação em instrumentação cirúrgica, com foco na otimização de recursos e na segurança do paciente.

## CONCLUSÃO

Este Trabalho de Conclusão de Curso descreveu o desenvolvimento de um guia metálico canulado para a realização precisa do túnel femoral na reconstrução anatômica do LCA. A pesquisa demonstrou que as técnicas e os instrumentais existentes apresentavam limitações significativas em termos de precisão, custo e segurança. O guia metálico proposto foi concebido para superar essas deficiências, oferecendo um dispositivo inteiriço, durável e de baixo custo.

Os testes em modelos cadavéricos confirmaram a eficácia do guia. Demonstrou-se que o dispositivo permitiu um posicionamento significativamente mais anatômico do túnel femoral, e sua construção robusta eliminou os riscos de quebra e fadiga do material. A facilidade de uso e a economia de custos associadas ao guia o tornam uma alternativa superior e economicamente viável para a cirurgia de reconstrução do LCA..

Em conclusão, o guia metálico canulado representa uma solução inovadora e eficaz para os desafios da reconstrução anatômica do LCA. Sua implementação tem o potencial de aprimorar os resultados cirúrgicos, aumentar a segurança do paciente e elevar a eficiência do sistema de saúde.



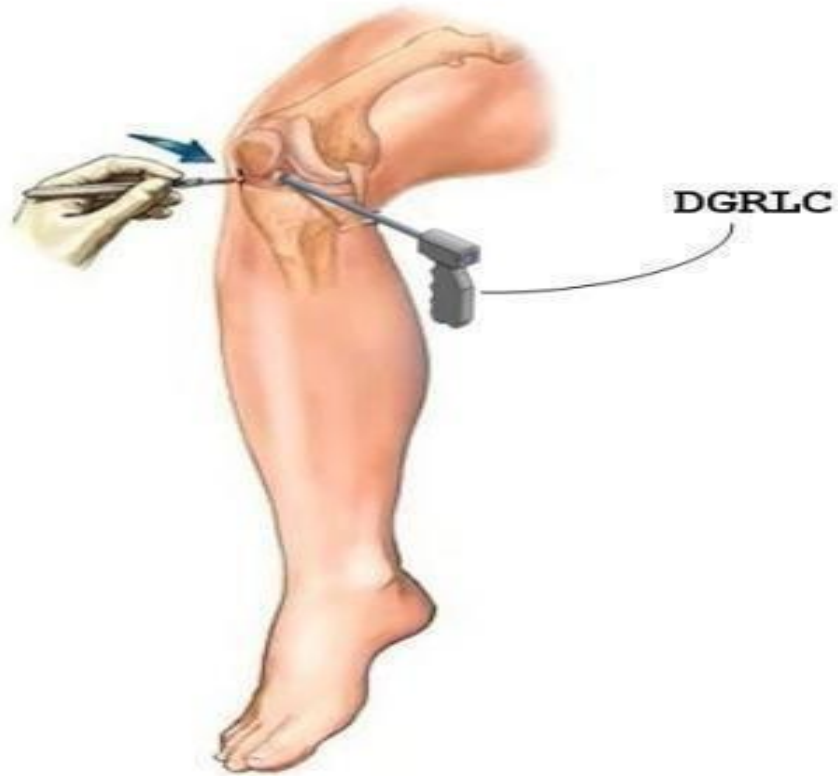
## REFERÊNCIAS

- Burkinshaw, M. (2016). Surgical guide instrumentand system for ACL reconstruction. Patente US9289223 B2.
- Kim, M. (2023). Anatomical ACL Reconstruction. In: J.Smith (Ed.), Advanced Orthopedic Surgical Techniques. Springer.
- Lubowitz, J.H. (2010). Anatomic reconstruction of the anterior cruciateligament. Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery, 26(2), 244-245.
- Montgomery, K.D. (2008). Thebiology of the anterior cruciateligament an dits reconstruction. The American Journal of Orthopedics, 37(10), E1-E10.
- ArthrexInc. (2021). System and method for guiding bonedrilling. Patente US10939992 B2.
- Van Eck, C. F. (2010). Anatomical single-bundle versus nonanatomical single-bundle ACL reconstruction: arandomized controlled trial. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 18(1), 127-133.



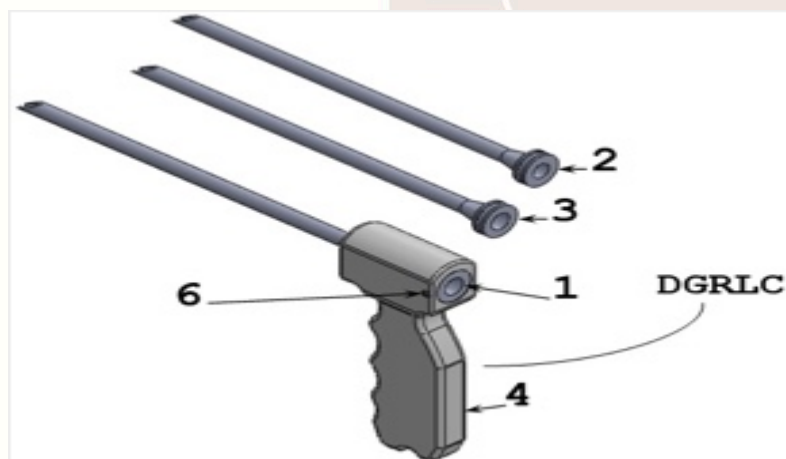
APÊNDICES

Figura1–Ainvenção aplicada



Autor(2025)

Figura2–Ainvenção



Autor(2025)