

---

**SANDRO RICARDO BENITES ZELADA**

**Uso da tomografia computadorizada com carga em ortostase  
(WBCT) na avaliação da instabilidade articular anterior e rotacional  
do joelho com lesão do ligamento cruzado anterior**

**SÃO PAULO  
2024**

---

---

**SANDRO RICARDO BENITES ZELADA**

**Uso da tomografia computadorizada com carga em ortostase  
(WBCT) na avaliação da instabilidade articular anterior e rotacional  
do joelho com lesão do ligamento cruzado anterior**

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina  
da Universidade de São Paulo para obtenção do  
título de Mestre em Ciências.

Programa de Ciências do Sistema  
Musculoesquelético.

Orientador: Prof. Dr. Riccardo Gomes Gobbi.

**SÃO PAULO**

**2024**

---

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Preparada pela Biblioteca da  
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Zelada, Sandro Ricardo Benites

Uso da tomografia computadorizada com carga em ortostase (WBCT) na avaliação da instabilidade articular anterior e rotacional do joelho com lesão do ligamento cruzado anterior / Sandro Ricardo Benites Zelada; Riccardo Gomes Gobbi, orientador. -- São Paulo, 2024.

Dissertação (Mestrado) -- Programa de Ciências do Sistema Musculoesquelético. Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 2024.

1.Lesões do ligamento cruzado anterior 2.Diagnóstico por imagem 3.Instabilidade articular I.Gobbi, Riccardo Gomes, orient. II.Título

USP/FM/DBD-332/24

Responsável: Daniela Amaral Barbosa, CRB-8 7533

Zelada SRB. Uso da tomografia computadorizada com carga em ortostase (WBCT) na avaliação da instabilidade articular anterior e rotacional do joelho com lesão do ligamento cruzado anterior [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2024.

Aprovado em:

**Banca Examinadora**

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais **Gerardo** (*in memoriam*) e **Nélida** pela dedicação incondicional em garantirem o melhor desenvolvimento pessoal e formação profissional dos seus filhos. Por sempre estarem ao meu lado, mesmo nos momentos adversos, reforçando que com dedicação e amor não há limite para nossos sonhos.

Aos meus irmãos **Flávio** e **Iris**, sempre presentes de forma leve e decisiva em todas as etapas da minha vida. Incentivadores e sempre otimistas nos meus planejamentos pessoais e profissionais.

À minha esposa **Mariana**, companheira e incentivadora desta jornada, resiliente nos momentos delicados, sempre ponderando com amor e apoiando minhas decisões. Meu alicerce.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos professores **Olavo Pires de Camargo, Tarcísio E. P. de Barros Filho e Alexandre Fogaça Cristante**, pela oportunidade de realizar minha pós-graduação no Instituto de Ortopedia e Traumatologia no Hospital das Clínicas da Universidade de São Paulo.

Ao Dr. **Riccardo Gomes Gobbi**, meu orientador, pela confiança e incentivo constantes dedicados à confecção desta tese.

Ao Dr. **Alexandre Leme Godoy dos Santos**, por ter viabilizado o estudo na WBCT realizado nesta tese.

Ao Dr. **Marco Kawamura Demange**, pelo apoio e incentivo no início do desenvolvimento do projeto.

Aos Drs. **Camilo Partezani Helito, Marcelo Batista Bonadio, Marcel Faraco Sobrado, Paulo Victor Partezani Helito**, que participaram ativamente no desenvolvimento deste trabalho.

À Dra. **Renata Kobayasi Zelada**, pela presença fundamental nas correções e pontuações estatísticas.

Aos amigos **Carlos Felipe Teixeira Lobo, Renata Vidal Leão e André Giardino Moreira** da Silva pela amizade e pelo trabalho diário no laboratório de WBCT, do desenvolvimento do protocolo, passando pela realização dos exames à, finalmente, avaliação das imagens.

Às Sras. **Tânia Borges e Rosana Moreno da Costa** pelo apoio fundamental no programa de pós-graduação.

À Sra. **Camila Gomes da Rocha D'Agostino**, bibliotecária, pelo apoio e suporte imprescindíveis.

## **NORMALIZAÇÃO ADOTADA**

Esta dissertação está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Nomes das estruturas anatômicas baseados na Terminologia Anatômica: Terminologia Anatômica Internacional, Editora Manole, 1a ed. São Paulo, 2001.

Vocabulário ortográfico da língua portuguesa, 5a edição, 2009, elaborado pela Academia Brasileira de Letras, em consonância com o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa, promulgado pelo decreto nº 6583/2008.

Referências: adaptado de International Committee of Medical Journal Editors (Vancouver). Universidade de São Paulo. Sistema Integrado de Bibliotecas. Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP: Parte IV (VANCOUVER). Elaborado por Vânia Martins Bueno de Oliveira Funaro, Maria Cláudia Pestana, Maria Cristina Cavarette Dziabas, Eliana Maria Garcia, Maria Fátima dos Santos, Maria Marta Nascimento, Suely Campos Cardoso. 3a ed. São Paulo: Sistema Integrado de Bibliotecas; 2016.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

---

**SUMÁRIO****Lista de Abreviaturas, Símbolos e Siglas****Listas de tabelas****Lista de gráficos****Lista de figuras****Resumo****Abstract**

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>19</b>
2.1	Objetivos específicos	19
<b>3</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>21</b>
3.1	Anatomia do LCA.....	21
3.2	Instabilidade biomecânica do joelho na lesão de LCA .....	22
3.3	Avaliação da instabilidade articular: exame físico.....	24
3.4	Avaliação da instabilidade articular: exames de imagem.....	26
<b>4</b>	<b>MÉTODOS.....</b>	<b>30</b>
4.1	Aprovação na comissão de ética e financiamento.....	30
4.2	População estudada e fluxo dos pacientes.....	30
4.2.1	Critérios de inclusão.....	31
4.2.2	Critérios de não inclusão.....	31
4.2.3	Critérios de exclusão.....	31
4.3	Avaliação clínica e critérios de indicação do exame.....	32
4.4	Coleta de dados – Estudo piloto e coleta completa.....	32



4.5	Avaliação por imagem.....	33
4.5.1	WBCT.....	33
4.5.2	Posicionamento dos pacientes.....	34
4.5.3	Análise e medidas das imagens.....	38
4.5.4	Medidas de avaliação do exame.....	39
4.5.4.1	Medida sagital TA: avaliação translacional tibiofemoral.....	39
4.5.4.2	Medida angular 1 (RI 1): avaliação rotacional tibiofemoral.....	40
4.5.4.3	Medida angular 2 (RI 2): avaliação rotacional tibiofemoral (sulco troclear – tendão patelar).....	41
4.6	Análise estatística.....	43
<b>5</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>45</b>
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>55</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>62</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>64</b>
<b>9</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>97</b>

**ABREVIATURAS, SIMBOLOS E SIGLAS**

<b>AM</b>	Anteromedial
<b>CAPPesq</b>	Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa
<b>CCI</b>	Coefficiente de correlação interclasse
<b>cm</b>	Centímetros
<b>DP</b>	Desvio padrão
<b>EA</b>	Espaço Articular
<b>EM</b>	Extrusão Meniscal
<b>HCFMUSP</b>	Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
<b>IKDC</b>	Internaional Knee Documentation Committee
<b>IOT</b>	Instituto de Ortopedia e Traumatologia
<b>LAL</b>	Ligamento ântero-lateral
<b>LCA</b>	Ligamento Cruzado Anterior
<b>LCL</b>	Ligamento Colateral Lateral
<b>MMII</b>	Membros Inferiores
<b>Mm</b>	Milímetros
<b>OA</b>	Osteoartrose
<b>PL</b>	Posterolateral
<b>RE</b>	Rotação Externa
<b>RI</b>	Rotação Interna
<b>RM</b>	Ressonância Magnética
<b>SUS</b>	Sistema Único de Saúde
<b>TA</b>	Translação Anterior
<b>TC</b>	Tomografia Computadorizada
<b>TCLE</b>	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
<b>TAT</b>	Tuberosidade Anterior da Tíbia

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Estudo-piloto: resultado da análise de medidas dos joelhos dos três pacientes avaliados.....	46
<b>Tabela 2</b> - Aspectos demográficos: descrição das características pessoais e escalas avaliadas nos pacientes.....	47
<b>Tabela 3</b> - Resultado das avaliações intraobservador.....	48
<b>Tabela 4</b> - Resultado das avaliações interobservador.....	49
<b>Tabela 5</b> - Parâmetros da WBCT: descrição dos parâmetros da TC com carga segundo joelho e resultado dos testes comparativos.....	51
<b>Tabela 6</b> - Resultado das correlações das escalas com os parâmetros da TC com carga no joelho lesionado .....	52

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 1 -</b>	Acomodação inicial do paciente na WBCT: equilíbrio e apoio das mãos nas barras laterais.....	35
<b>Figura 2 -</b>	Avaliação bipodal com joelhos a 0°: tronco alinhado para frente com apoio bipodal, joelhos em extensão e mãos apoiadas nas barras laterais.....	35
<b>Figura 3 -</b>	Avaliação bipodal com joelhos a 30°: joelhos em flexão de 30°, mãos apoiadas nas barras laterais.....	36
<b>Figura 4 -</b>	Posicionamento do goniômetro: conferência do ângulo dos joelhos a 30° pré-exame e posição do tronco mantida.....	36
<b>Figura 5 -</b>	Apoio unipodal com tronco em rotação interna de 45°: com o joelho direito a 30°, corpo em rotação interna de 45°, mãos apoiadas na barra lateral esquerda.....	37
<b>Figura 6 -</b>	Apoio unipodal com tronco em rotação externa de 45°: com o joelho direito a 30°, corpo em rotação externa de 45°, mãos apoiadas na barra lateral direita.....	37
<b>Figura 7 -</b>	Joelho direito de um paciente de 25 anos com lesão de LCA.....	40
<b>Figura 8 -</b>	Corte coronal e cortes axiais do joelho esquerdo de um paciente de 29 anos sem lesão de LCA.....	41
<b>Figura 9 -</b>	Cortes axiais do joelho esquerdo de um paciente de 32 anos com lesão de LCA.....	42
<b>Figura 10 -</b>	Fluxograma do estudo: 20 pacientes do estudo, 3 avaliados no estudo piloto e mantidos até o final. Divisão em 2 grupos para realização do protocolo de avaliação: grupo lesão de LCA x grupo controle, cada um com 20 joelhos.....	45

## RESUMO

Zelada SRB. Uso da tomografia computadorizada com carga em ortostase (WBCT) na avaliação da instabilidade articular anterior e rotacional do joelho com lesão do ligamento cruzado anterior [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2024.

**Introdução:** A ruptura do ligamento cruzado anterior (LCA) é a lesão ligamentar mais comum do joelho. Recentemente, a tomografia computadorizada com carga (WBCT) tem se apresentado como método promissor para a avaliação diagnóstica dos membros inferiores com o paciente em pé. Porém, a metodologia desse padrão de tomografia computadorizada (TC) ainda não está estabelecida. **Objetivo:** Padronizar o uso da WBCT para o joelho nas posições ortostáticas a 0° e 30° de flexão para análise da translação anterior (TA) e da rotação interna (RI) da tibia. **Métodos:** Estudo observacional caso-controle diagnóstico desenvolvido no Instituto de Ortopedia e Traumatologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. O número amostral compreendeu 20 pacientes com diagnóstico de lesão de LCA unilateral. Foi realizado estudo-piloto com três pacientes para a familiarização da equipe com o equipamento de WBCT, a definição de posicionamento dos pacientes e as medições de avaliação. Os pacientes foram submetidos à WBCT bilateral e comparativa entre os joelhos lesado e íntegro nas posições de 0° e 30° de flexão, com tronco alinhado, em RI e em rotação externa (RE). Após a avaliação das imagens, foram definidas duas medidas sagitais e duas axiais para comparação dos joelhos comprometidos com os joelhos íntegros (controle). **Resultados:** Os pacientes foram avaliados nas posições de 0° e 30° de flexão do joelho com apoio bipodal e apoio unipodal com o tronco em RE e RI, sendo padronizadas duas medidas axiais e duas sagitais. As medidas sagitais avaliaram a TA da tibia, em milímetros, nos compartimentos medial e lateral. Já as medidas axiais são angulares e avaliaram a RI da tibia. **Conclusão:** O protocolo completo estabelecido para a avaliação do joelho com lesão de LCA na WBCT foi bem tolerado pelos pacientes, é viável e é reprodutível em larga escala. Houve maior instabilidade nas medidas de TA e RI deste protocolo, com  $p < 0,05$ , nas posições dos joelhos a 0° e a 30° com apoios bipodais e no compartimento lateral com apoio unipodal.

**Palavras-chave:** Lesões do ligamento cruzado anterior. Diagnóstico por imagem. Instabilidade articular.

**ABSTRACT**

Zelada SRB. Use of weight-bearing computed tomography (WBCT) in the evaluation of anterior and rotational joint instability of the knee with anterior cruciate ligament injury [dissertation]. São Paulo: “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”; 2024.

**Introduction:** Anterior cruciate ligament (ACL) rupture is the most common ligament injury of the knee. Recently, Weight-Bearing Computed Tomography (WBCT) has emerged as a promising method for diagnostic evaluation of the lower limbs with the patient standing. However, the methodology for this CT standard is not yet established.

**Objective:** To standardize the use of WBCT for the knee in the standing position at 0° and 30° of flexion for the analysis of anterior tibial translation (ATT) and internal tibial rotation (ITR). **Methods:** Observational diagnostic case-control study developed at the Institute of Orthopedics and Traumatology - FMUSP. The sample size comprised 20 patients diagnosed with unilateral ACL injury. A pilot study was conducted with three patients to familiarize the team with the WBCT equipment, define patient positioning, and evaluation measures. Patients underwent bilateral weight-bearing CT, comparing the injured and intact knees in 0° and 30° flexion positions, with the trunk aligned, in internal rotation (IR), and external rotation (ER). After image evaluation, two sagittal and two axial measures were defined for comparison between the compromised knees and the intact knees (control). **Results:** Patients were placed in the 0° and 30° knee flexion positions with both bipodal and unipodal support in ER and IR, and two axial and two sagittal measures were standardized. The sagittal measures assessed anterior tibial translation in millimeters (mm) in the medial and lateral compartments. The axial measures are angular and assessed internal tibial rotation. **Conclusion:** The complete evaluation protocol for the knee with ACL injury established in WBCT was well tolerated by patients, feasible, and reproducible on a large scale. There was greater instability in the ATT and ITR measures of this protocol, with  $p < 0.05$ , in the knee positions at 0° and 30° with bipodal support and in the lateral compartment with unipodal support.

**Keywords:** Anterior cruciate ligament injuries. Diagnostic imaging. Joint instability.

---

# **1. INTRODUÇÃO**

## 1 INTRODUÇÃO

A lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) está entre as lesões ligamentares mais comuns e desafiadoras da ortopedia e tem um potencial devastador na vida dos atletas<sup>1-6</sup>.

Biomecanicamente, a lesão ligamentar resulta na perda das funções do LCA – restrição da translação anterior (TA) e restrição da rotação interna (RI) da tíbia. O aumento da TA provoca a subluxação anterior da tíbia em relação ao fêmur, enquanto o aumento da RI provoca frouxidão rotacional da tíbia em relação ao fêmur, alterações biomecânicas que provocam a instabilidade rotacional anterolateral do joelho<sup>7-11</sup>. Essa alteração da biomecânica articular é prejudicial aos praticantes de atividades esportivas, pois compromete a execução do movimento esportivo<sup>6</sup>, aumenta o risco de lesões articulares associadas<sup>6</sup>, é fator de risco para osteoartrose (OA) do joelho<sup>6, 7</sup>, aumenta o risco de falha no retorno aos esportes e, ainda, pode ser deletéria nas evoluções pós-operatórias do LCA nos casos de instabilidade pós-operatória residual<sup>12,13</sup>.

O tratamento cirúrgico de lesões do LCA está entre os procedimentos ortopédicos mais realizados nos Estados Unidos (EUA)<sup>1,14,15</sup> e é o tratamento de escolha para atletas amadores e de alto desempenho, sendo o restabelecimento biomecânico do joelho no pós-operatório determinante para a manutenção da vida esportiva dos atletas<sup>6</sup>.

A avaliação da instabilidade articular pós-lesão de LCA se inicia com o exame físico pelo teste de Lachman, para avaliação da TA, e pelo teste de pivot shift, para avaliação da RI, ambos com examinador dependente e amplamente realizados na rotina dos cirurgiões de joelho<sup>15-19</sup>.

Exames de imagem são fundamentais na avaliação diagnóstica e na programação do tratamento da lesão de LCA. A ressonância magnética (RM) avalia os aspectos primários de ruptura do LCA por meio da análise da característica do ligamento avaliado<sup>20</sup>. Além disso, a RM pode avaliar sinais de instabilidade articular do joelho secundários à lesão de LCA, como aumento da TA<sup>21</sup> ou aumento da RI na



relação femorotibial<sup>22</sup>. Entretanto, essa avaliação da relação femorotibial é realizada com o paciente em decúbito dorsal nas RMs convencionais, sem carga ortostática e, portanto, sem o benefício da avaliação do paciente em pé, com toda a cadeia musculoesquelética em ação<sup>22, 23</sup>.

Diferente dos exames convencionais sem carga ortostática, no exame em pé, em que há a aplicação da carga fisiológica natural, a atividade muscular ativada determina a biomecânica articular mais compatível com a realidade das atividades físicas<sup>24</sup>. A radiografia panorâmica dos membros inferiores (MMII), realizada na condição natural do paciente, é o padrão ouro para a avaliação do joelho e dos MMII com aplicação de carga fisiológica, mas apresenta a limitação de avaliação articular a duas dimensões, impossibilitando a avaliação rotacional dos MMII<sup>25,26</sup>.

A tomografia computadorizada com carga em ortostase (WBCT) é uma tecnologia já estabelecida na literatura para a avaliação dos MMII com aplicação de carga fisiológica natural. O exame é realizado com o paciente em pé e pode ser feito para a avaliação de condições naturais e patológicas do joelho com imagens detalhadas da anatomia femoral, tibial e patelar, também contando com reconstrução em 3D<sup>24</sup> e com a possibilidade de ser realizado em posições variadas do joelho. Além disso, apresenta exposição reduzida do paciente à radiação e é realizado mais rapidamente do que com o uso do aparelho de TC convencional<sup>4,24,27-29</sup>. A avaliação da articulação do joelho com carga ortostática em pé, na WBCT, apresenta aumento de sensibilização da avaliação da instabilidade anterior, com aumento da TA<sup>30</sup> e grande potencial para avaliação de instabilidade rotacional<sup>26,31</sup>.

O presente estudo visa a explorar os benefícios da WBCT na avaliação tridimensional do joelho com lesão de LCA e introduzir o primeiro protocolo completo de avaliação da instabilidade do joelho com lesão de LCA em equipamento de WBCT com a aplicação da carga natural do paciente em pé, posicionado em extensão e flexão de 30° dos joelhos. Nessas posições, o objetivo é comparar ambos os joelhos dos pacientes por meio da avaliação biomecânica quantitativa da TA e da RI tibiofemoral.

Nossa hipótese é que, com a sensibilização do exame realizado em pé, na WBCT, a instabilidade biomecânica femorotibial avaliada comparativamente pela TA e RI nos joelhos seja maior no grupo dos joelhos com lesão de LCA em relação ao grupo controle, sem lesão de LCA.

---

## **2. OBJETIVOS**

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos específicos**

- a) Elaboração de um protocolo completo e padronizado de avaliação da instabilidade articular do joelho com lesão de LCA por WBCT com carga ortostática nas posições a 0° e 30° dos joelhos, com o tronco alinhado e em RI e RE, por meio das medidas femorotibiais de TA e RI; e
- b) Mensurar a instabilidade articular do joelho por meio da avaliação quantitativa da relação femorotibial com as medidas de TA e RI bilateral e da avaliação comparativa entre os joelhos com lesão e sem lesão de LCA nas posições ortostáticas a 0° e a 30° dos joelhos, com o tronco alinhado e em RI e RE.

---

### ***3. REVISÃO DA LITERATURA***

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 Anatomia do LCA

**Beasley et al.**<sup>32</sup>, em 2005, em um estudo de revisão de literatura de anatomia e biomecânica, descreveram a estrutura do LCA intra-articular e extrassinovial. Ele é formado por fibras de colágeno tipo I que se entrelaçam de forma previsível entre fibrocartilagem e fibrocartilagem mineralizada ao longo do seu trajeto até a sua fixação óssea. Como a fibrocartilagem é avascular, a estrutura do LCA recebe a maior parte da sua nutrição sanguínea do tecido sinovial adjacente e, uma menor parte, do osso adjacente<sup>33</sup>. O tecido sinovial é rico em vasos e recebe os ramos da artéria genicular média e, ocasionalmente, da artéria genicular lateral inferior<sup>2</sup>.

Com anatomia semelhante à de vascularização, temos as estruturas que inervam o LCA. Fibras do nervo tibial correm junto ao plexo vascular por meio do tecido sinovial adjacente e enviam os axônios que penetram no ligamento<sup>34</sup>.

O trajeto do LCA vai da região pósteromedial do côndilo femoral lateral à sua inserção tibial, em formato triangular, entre a eminência intercondilar medial e o corno anterior do menisco medial. Sua fixação femoral é descrita como côncava<sup>35</sup> e sua projeção distal, como semicircular<sup>35, 36</sup>, ovóide ou circular<sup>37</sup>.

Diversos estudos identificaram duas bandas de LCA, a anteromedial (AM) e a posterolateral (PL)<sup>35,36</sup>, que foram descritas dessa maneira pela posição em que se fixam na tíbia<sup>38</sup>.

**Ferretti et al.**<sup>2</sup>, em 2007, em um estudo anatômico e histológico com LCA fetal, visualizaram as duas bandas ligamentares com origem femoral pósteromedial ao côndilo femoral lateral e inserção tibial ovóide, semelhante à anatomia do adulto. O estudo conclui que a morfologia anatômica do LCA fetal é altamente similar à do adulto, mas diferente no aspecto histológico, nos quesitos celularidade e vascularização.

O LCA apresenta comprimento médio de 31 mm a 38 mm e sua largura média mede entre 10 mm e 12 mm<sup>37, 39</sup>. A média de comprimento das bandas AM e PL é 33 mm e 18 mm, respectivamente<sup>1, 37,40, 41</sup>. A largura do LCA em cadáveres variou entre 7 mm e 17 mm, sendo a largura média 11 mm<sup>41</sup>. O seu terço central é a porção mais estreita do ligamento, com uma área média de 35 mm<sup>2</sup> que não se altera durante a mobilidade<sup>42</sup>. A expansão do ligamento se inicia em 10 mm a 12 mm da origem femoral ou da inserção tibial, e esta área pode ser triplicada nos locais de fixação<sup>43</sup>.

Em quase toda a amplitude de movimento, a banda AM segue anterior à banda PL, o que resulta em tensionamento da AM em flexão e da PL, em extensão<sup>44-46</sup>.

### **3.2 Instabilidade biomecânica do joelho na lesão de LCA**

**Hughston et al.**<sup>47</sup>, em um estudo anatômico de 1976, descreveram a instabilidade rotacional do joelho com lesão de LCA avaliada pelo teste de pivot shift. Segundo os autores, a instabilidade pode ser exacerbada por lesões articulares associadas, como as meniscais, condrais e dos ligamentos colaterais.

**Johnson**<sup>48</sup>, em estudo anatômico de 1979, publicou os resultados da avaliação de instabilidade articular do joelho com lesão de LCA pelo teste de pivot shift. Nele, a instabilidade rotacional também está presente nas lesões do LCA e é exacerbada por lesões ligamentares periféricas associadas, como do ligamento colateral medial e do ligamento colateral lateral. Com 30 joelhos, o estudo descreve o restabelecimento da estabilidade articular após a reconstrução cirúrgica das estruturas e é avaliado pelo teste de pivot shift.

**Sakai et al.**<sup>49</sup>, em 2006, avaliaram a instabilidade anterolateral em pacientes com lesão de LCA também pelo teste de pivot shift, contudo, demonstraram baixa positividade para diagnóstico de instabilidade rotacional com o exame.

**Zantop et al.**<sup>50</sup>, em 2007, em um estudo biomecânico com cinco joelhos de cadáveres, confirmaram exacerbção da instabilidade rotacional ântero-lateral na lesão do LCA associada à lesão do ligamento colateral lateral nas posições 0° e 30°,

mas, diferente dos estudos anteriores, a avaliação se deu por um dispositivo mecânico de aplicação de força de TA e RI tibial.

**Chambat et al.**<sup>51</sup>, em 2013, publicaram uma revisão sistemática sobre alterações técnicas de reconstrução de LCA nos últimos 50 anos. Concluíram que a evolução do conhecimento biomecânico tem determinado mudanças nas técnicas cirúrgicas para a redução da instabilidade rotatória ântero-lateral do joelho. Em todo o período, houve avanço das técnicas operatórias, que passaram de extra-articulares para intra-articulares com base na evolução dos estudos anatômicos e biomecânicos.

O LCA tem a função de restrição da TA da tíbia e inibição dos seus extremos da rotação. A força aplicada ao LCA para a restrição da TA e da RI da tíbia é variável de acordo com cada posição dentro da amplitude de movimento.

**Sakane et al.**<sup>46</sup>, em um estudo biomecânico com uso de joelhos cadavéricos, em 1997, demonstraram que, durante a aplicação de força no sentido anterior, a banda PL é responsável por maior transmissão de carga em relação à banda AM, que se mantém relativamente constante em todo o processo.

Ainda nesse estudo, as forças transmitidas por meio da banda PL correspondem às forças aplicadas ao LCA em toda a sua amplitude de movimento. Isso sugere que, nas cirurgias de reconstrução de LCA, a reprodução da banda PL seja mais importante do que a da banda AM.

**Gabriel et al.**<sup>42</sup>, em 2004, em um estudo biomecânico com 10 joelhos de cadáveres, testaram a força aplicada às bandas AM e PL de acordo com a amplitude de movimento. Após a combinação dos estresses em varo com a rotação interna tibial, verificaram maior transmissão de forças na banda AM entre 60° e 90° de flexão e, em extensão completa, na banda PL. A 15°, não há diferença estatística entre as duas bandas. Finalmente, nas flexões máximas, há maior aplicação de força na banda AM.

A compreensão da biomecânica do LCA somente pode ocorrer com o entendimento da relação de mobilidade entre as estruturas envolvidas. O joelho possui seis graus de liberdade que se estabelecem por meio da interação óssea entre



fêmur, tíbia e patela com as estruturas ligamentares e meniscais. A adequada relação entre essas estruturas nesses planos funcionais garante o potencial articular para suportar cargas intensas durante a prática de atividades esportivas<sup>32</sup>.

**Frank et al.**<sup>52</sup>, em 1997, relataram que as fibras do LCA variam de acordo com o plano em que são realizados os movimentos. Isso pode justificar a falha do LCA em determinada posição do joelho quando uma carga é aplicada.

Da mesma forma, **Furia et al.**<sup>53</sup>, em estudo de 1997, demonstraram que as fibras do LCA variam em sua medida de acordo com a flexão e extensão.

Estudos com foco na biomecânica do LCA avaliaram a função do ligamento nos movimentos passivos e ativos em alto desempenho. Durante a ação diária normal, o LCA recebe carga de aproximadamente 20% da sua capacidade<sup>52, 53</sup>. Usando modelos biomecânicos com aplicação de carga, diversos estudos demonstraram alteração do LCA após aplicação de carga.

**Torzilli et al.**<sup>54</sup>, em estudo cadavérico de 1994, demonstraram acentuada TA da tíbia em relação ao fêmur após aplicação de carga em joelhos com LCA insuficiente.

**Li et al.**<sup>55</sup>, em 1998, em um estudo *in vitro* com modelos porcinos, constataram aumento da TA e da RI da tíbia após aplicação de carga axial articular.

**Fleming et al.**<sup>56</sup>, em 2001, em um estudo *in vivo* com a implantação de transdutores de força em joelhos com LCA íntegros, observaram aumento da força sobre o LCA quando submetidos às sobrecargas axiais fisiológicas decorrentes da TA da tíbia.

### 3.3 Avaliação da instabilidade articular: exame físico

**Prins**<sup>18</sup>, em 2006, conduziu um estudo de meta-análise em que foram avaliados três testes de exames físicos para a demonstração da ruptura do LCA – teste da gaveta anterior, teste de Lachman e teste de pivot shift. O objetivo era analisar o diagnóstico de ruptura do LCA por exame físico em comparação com os achados de

artrotomia, artroscopia e RM como padrão de referência. O estudo concluiu que o teste de Lachman apresentou sensibilidade e especificidade de 86% e 91%, respectivamente, enquanto o pivot shift, de 32% e 98%, respectivamente. O estudo ainda finaliza com a análise de que o teste de Lachman negativo reduz significativamente a probabilidade de ruptura do LCA em pacientes com baixa instabilidade anterior, enquanto o pivot shift positivo pode direcionar pacientes para procedimentos diagnósticos adicionais ou terapia, especialmente em casos com instabilidade anterior.

**Kocher et al.**<sup>57</sup>, em 2004, realizaram um estudo cujo objetivo era examinar as relações entre a avaliação objetiva da estabilidade do ligamento e a avaliação subjetiva dos sintomas e da função após a reconstrução do LCA. Os testes de avaliação da instabilidade anterior analisados foram: Lachman, pivot shift e KT-1000. O estudo concluiu que, embora úteis para diagnóstico de lesões do LCA, as avaliações por KT-1000 e Lachman não mostraram associações significativas com os sintomas dos pacientes pós-reconstrução do LCA. Por outro lado, o pivot shift teve mais associações com certos sintomas subjetivos e funcionais, sugerindo ser um teste subjetivo funcional melhor após a reconstrução do LCA.

**Daniel et al.**<sup>58</sup>, em 1985, em um estudo para a avaliação de TA em pacientes com lesão unilateral de LCA e pacientes com joelhos íntegros com o uso do KT-2000 – dispositivo para mensuração de deslocamento anterior da tíbia –, concluíram que 92% dos pacientes sem lesão de LCA apresentaram diferença de TA de, no máximo, 2 mm entre o joelho esquerdo e o direito, enquanto 96% dos pacientes com ruptura unilateral do LCA tinham diferença de mais de 2 mm entre os joelhos lesionado e normal no deslocamento anterior. Quando não diagnosticada e tratada de forma precisa, a instabilidade rotacional femorotibial decorrente da lesão do LCA, avaliada pela RI, pode resultar em desfechos cirúrgicos insatisfatórios<sup>59</sup>, com instabilidade residual pós-operatória do joelho.

**Jonsson et al.**<sup>60</sup> publicaram um estudo, em 2004, que apresenta aumento da atividade cintilográfica subcondral em joelhos com instabilidade residual e teste de pivot shift positivo pós reconstrução de LCA.

Em outro estudo sobre instabilidade articular, **Streich et al.**<sup>61</sup>, em 2013, evidenciaram que pacientes com pivot shift negativo apresentavam sinais radiográficos secundários reduzidos de degeneração articular.

Foram desenvolvidos estudos biomecânicos prévios em busca de resultados objetivos do pivot shift com o uso de métodos de mensuração como teste por sistemas de navegação<sup>62,63,64</sup>, dispositivos de aceleração<sup>65,66</sup>, sistemas eletromagnéticos<sup>67,68</sup> e radiografias por estresse comparativas entre lesões agudas e crônicas<sup>69,70</sup> ou medidas de frouxidão pré e pós-operatórias<sup>70,71</sup>. No entanto, pela dificuldade de se equilibrar a aplicação de forças e vetores que reproduzam o teste, ainda não há estabelecido um método não invasivo reprodutível que avalie a instabilidade rotacional RI.

### 3.4 Avaliação da instabilidade articular: exames de imagem

A RM é o exame mais utilizado para diagnóstico da lesão do LCA e avalia as características primárias do ligamento rompido. **Kaplan et al.**<sup>20</sup>, em 1992, conduziram um estudo com 100 exames de RM do joelho em pacientes com rupturas completas agudas do LCA, em que as imagens foram revisadas para avaliar a prevalência da lesão de LCA e os padrões de fraturas ocultas associadas. Além de descontinuidade das fibras, horizontalização do LCA ou prejuízo do contorno do LCA, a fratura oculta do platô tibial posterior lateral, com ou sem uma fratura associada no côndilo femoral lateral (*kissing contusion*), é um achado frequente em rupturas agudas do LCA<sup>28, 72</sup>.

**Vassalou et al.**<sup>22</sup>, em um estudo de 2016, revisaram retrospectivamente 893 RMs para avaliação da RI tibial como um sinal secundário para o diagnóstico de rupturas do LCA com o uso de RM. Os autores concluíram que um ângulo femorotibial de 4,9° ou maior é sinal sugestivo para o diagnóstico de lesão de LCA.

**Tashiro et al.**<sup>73</sup> em um estudo de 2009, conduziram um estudo laboratorial em uma máquina de RM aberta com teste de Slocum e avaliação da TA da tíbia nos compartimentos medial e lateral. Eles encontraram uma TA tibial lateral de 9,2 mm ± 5,5 mm em joelhos com lesão do LCA a 10° de flexão.

A realização dos exames com carga ortostática em pé, diferente dos exames convencionais sem carga, têm o potencial de avaliação articular do joelho de forma mais fisiológica, compatível com o membro em atividade natural, sensibilizando avaliações da TA<sup>30</sup> e com potencial de sensibilização da RI<sup>26,31</sup>. A radiografia panorâmica dos MMII é padrão ouro para avaliação dos joelhos com carga e tem sido amplamente utilizada para a avaliação do alinhamento ósseo dos MMII e do espaço articular com o paciente em pé. No entanto, apesar de sua relevância, essas radiografias apresentam algumas limitações significativas. Uma das limitações mais importantes é a natureza bidimensional das imagens obtidas, condição que dificulta a avaliação precisa de estruturas tridimensionais do joelho e provoca a interpretação menos acurada dos dados radiográficos. Além disso, as radiografias com carga estão sujeitas a erros de posicionamento durante a aquisição das imagens, fator que pode resultar em artefatos, sobreposições, ampliações e distorções da anatomia, detalhes que podem prejudicar a interpretação dos resultados<sup>74,75</sup>.

A TC convencional é amplamente usada para avaliar a posição e o alinhamento dos marcos anatômicos<sup>24,76</sup> com o benefício das reconstruções 3D, mas também é realizada sem carga fisiológica e, portanto, sem os benefícios biomecânicos do paciente em pé. No que se refere à articulação do joelho, há diversos estudos publicados para a avaliação de instabilidade patelar por meio da TAGT com uso de TC convencional. Neles, os valores normais de TAGT variam entre 10 mm e 15 mm, enquanto os patológicos ficam acima de 20 mm<sup>77,78</sup>, mínima variação que pode determinar a indicação cirúrgica para tratamento da instabilidade.

Com resultados favoráveis à sensibilização do exame realizado com carga ortostática em pé, na WBCT, **Marzo et al.**<sup>79</sup>, em 2016, publicaram um estudo com avaliações de TAGT em pacientes com instabilidade patelar. Os autores avaliaram comparativamente as medidas na WBCT versus TC convencional, sem carga. Os pacientes com instabilidade patelar apresentaram TAGT de 20,1 mm na TC sem carga, enquanto na WBCT a medida foi de 12,3 mm.

**Marzo et al.**<sup>80</sup>, em outro estudo, de 2017, avaliaram as medidas de TAGT de 20 voluntários sem queixas nos joelhos em posição ortostática e com os joelhos a 30° de flexão, com uso da WBCT. Obtiveram TAGT média de 2,7 mm.

No mesmo sentido de sensibilização dos exames realizados com carga em pé, na WBCT, **Thawait et al.**<sup>81</sup>, em 2015, publicaram um estudo feito com pacientes com OA em que avaliaram a diferença da medida do espaço articular medial (EA) e da extrusão meniscal (EM) em exames de TC com carga versus TC sem carga. No grupo com carga, na WBCT, as médias de EA e EM foram de 1,5 mm e 8,2 mm, respectivamente, enquanto no grupo sem carga, as medidas de EA e EM foram de 2,1 mm e 6,9 mm, respectivamente.

---

## **4. MÉTODOS**

## **4 MÉTODOS**

### **4.1 Aprovação na comissão de ética e financiamento**

Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa (CAPPesq) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP) em 6 de maio de 2020, por meio do parecer 4.011.060 (Anexo A).

Todos os pacientes envolvidos no estudo foram orientados e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Anexo B). Esse termo assegurava ao paciente a prerrogativa de participar ou não da pesquisa, bem como de deixar de dela participar a qualquer momento, sem qualquer prejuízo ao seu tratamento no Instituto de Ortopedia e Traumatologia (IOT) do HCFMUSP.

Não houve nenhum conflito de interesse na realização desta tese por parte de nenhum dos pesquisadores.

Trata-se de um estudo caso-controle prospectivo e observacional para avaliação de nova tecnologia, sendo que sua elaboração seguiu a recomendação do protocolo STROBE (Anexo C).

### **4.2 População estudada e fluxo dos pacientes**

Os pacientes foram prospectivamente selecionados pelo autor do estudo no ambulatório do IOT-HCFMUSP, sendo usuários do Sistema Único de Saúde (SUS). Foi planejado um número total de 20 pacientes. Essa amostra foi baseada em estudos experimentais, com o objetivo de avaliar uma nova tecnologia<sup>82,83</sup>.

O recrutamento dos pacientes foi iniciado em 2020, após aprovação do projeto pela CAPPesq. Foi, então, desenvolvido um estudo-piloto com três pacientes para que fosse definido o protocolo de avaliação na TC com carga. Os pacientes foram orientados sobre todos os passos do estudo: itens contidos no TCLE e sua assinatura,

detalhes sobre a radiação e duração do exame, entrada e posicionamento durante a aquisição de imagens pelo aparelho de WBCT e, finalmente, sobre as imagens que seriam avaliadas posteriormente ao exame. Em seguida, foram realizados os exames.

O estudo teve seu seguimento interrompido durante a pandemia de COVID-19, no período de maio de 2020 a outubro de 2022.

Após o recomeço da coleta de dados, houve a continuação da convocação dos pacientes para a avaliação completa dos exames, conforme programado previamente, com a conclusão dos 20 pacientes em dezembro de 2023.

#### **4.2.1 Critérios de inclusão**

- a) Idade entre 20 e 60 anos; e
- b) Pacientes com diagnóstico de lesão do LCA unilateral, com base na história típica, no exame físico com os testes de Lachman e pivot shift e no exame de RM confirmando a lesão.

#### **4.2.2 Critérios de não inclusão**

- a) Artrose evidente na radiografia simples;
- b) Pacientes com cirurgias prévias nos joelhos avaliados; e
- c) Pacientes que não aceitaram ser submetidos ao exame tomográfico de imagem e, portanto, que não assinaram o TCLE.

#### **4.2.3 Critérios de exclusão**

- a) Pacientes que não suportaram a realização do exame com carga; e
- b) Pacientes que, a qualquer momento, desejaram deixar o estudo.



### **4.3 Avaliação clínica e critérios de indicação do exame**

Os pacientes foram avaliados pessoalmente pelo autor por meio de entrevista e exame físico para a definição da história típica da lesão e para exame compatível com a ruptura de LCA. As manobras articulares para mensuração dos sinais de instabilidade do joelho pela avaliação de TA e RI foram os testes de Lachman e pivot shift, respectivamente. O diagnóstico era finalizado pela avaliação da RM do joelho<sup>27,29</sup> para confirmação da alteração morfológica primária do LCA, também possibilitando que se descartasse lesões associadas.

Além dos exames iniciais descritos acima, foram aplicadas as escalas funcionais de Lysholm<sup>84</sup> e do International Knee Documentation Committee (IKDC)<sup>85</sup>, validadas para a língua portuguesa (Anexos E e F). A escala de Lysholm é composta por oito questões sobre os sintomas do joelho em atividades funcionais, tendo pontuação máxima de 100 pontos. Já o formulário IKDC possui 10 questões objetivas subdivididas em sete questões sobre sintomas, duas sobre atividades esportivas e uma sobre função pré e pós-lesão, com pontuação máxima de 100 pontos.

### **4.4 Coleta de dados – Estudo piloto e coleta completa**

Para o início das avaliações com a WBCT, foram selecionados 3 dos 20 pacientes do total do estudo para o piloto. Esse momento foi utilizado para a familiarização da equipe com o equipamento, desde a acomodação e o posicionamento do paciente à visualização das imagens e definição das medidas no software da máquina. O estudo teve duração de três meses, tempo em que foram coletados os exames e estabelecidas as medidas de avaliação das imagens, sendo o seguimento das avaliações dos pacientes interrompido pelo início da pandemia de Covid-19, em maio de 2020.

O estudo foi retomado com as medidas dos outros 17 pacientes restantes em outubro de 2022, sendo finalizado em agosto de 2023.

## 4.5 Avaliação por imagem

### 4.5.1 WBCT

As imagens das avaliações por exame no equipamento de WBCT foram armazenadas para, posteriormente, serem utilizadas para a mensuração das medidas de RI e TA<sup>86,87</sup>. Cada paciente foi submetido à avaliação de ambos os joelhos. Assim, os resultados avaliados por um ortopedista e um radiologista experientes foram comparados no mesmo paciente de forma independente e separadamente. Até o momento do início deste protocolo de avaliação, não havia estudo realizado com WBCT para determinar a instabilidade de joelho com lesão de LCA com foco na TA e na RI.

O equipamento utilizado, localizado no IOT-HCFMUSP, foi o CurveBeam (LineUP, Philadelphia, PA, EUA), com protocolo matriz 1204 x 1204; voxel de 0,3; tensão campo grande de 120 kVp; 5,0 mA; campo de visão (FOV) de 20 x 25 cm; e espessura de corte de 0,3 mm. As imagens foram mantidas no servidor da instituição como imagens padrão DICOM CT e analisadas utilizando o software CubeVue (LineUP, Philadelphia, PA, EUA) (Anexo D).

O protocolo preliminar publicado por este grupo no início de 2024<sup>88</sup> aferiu a dose de radiação de 2,7 mGy por aquisição com duração de 2,5 minutos. Cada paciente foi submetido a seis aquisições de imagens para avaliação articular completa nas posições a 0° e a 30°, totalizando uma radiação de 16,2 mGy por paciente e um tempo total de exame de 15 min. O tempo médio necessário para cada passo do protocolo foi: (1) 20 s para preparo da máquina; (2) 20 s para instruções do posicionamento do paciente; (3) 70 s entre a elevação da porta de proteção e emissão da radiação; e (4) 40 s entre o processamento da imagem e retorno da porta à posição de origem. Todo o processamento e reconstrução das imagens obtidas em uma aquisição dura em torno de 4 min com a utilização do software multiplanar CubeVue (LineUp, Philadelphia, PA, EUA) e é independente de nova aquisição na sequência.

Nas duas configurações vigentes de WBCT, resultados iniciais demonstraram baixa exposição à radiação e capacidade de aquisição de imagens satisfatórias para a visualização de ligamentos, cartilagens, meniscos e ossos<sup>89,90</sup>, com capacidade para a avaliação de articulações como joelho e tornozelo<sup>26</sup> com carga fisiológica.

#### **4.5.2 Posicionamento dos pacientes**

Para a realização do exame e aquisição das imagens, os pacientes foram posicionados em pé após acesso ao equipamento e orientados a manter as mãos apoiadas nas barras laterais do aparelho, com distribuição equilibrada dos membros nas posições de apoio bipodal em extensão e flexão de 30°, as quais foram garantidas com o uso de um goniômetro na pré-avaliação. Nas posições de apoio unipodal, os joelhos foram avaliados separadamente com o tronco em RI e rotação externa (RE) de 45°, com ambas as mãos apoiadas na barra lateral para a qual o tronco estava direcionado e o pé de apoio sempre alinhado para frente, com o objetivo de simulação ortostática em rotação corporal. A avaliação dos joelhos era aleatória, para que se mantivesse o cegamento do avaliador no exame. A sequência do exame continha seis posições: (1) entrada e acomodação do paciente na WBCT para início do exame; (2) posicionamento inicial do paciente com o corpo e pés alinhados para frente e joelhos em extensão, com apoio bipodal; (3) joelhos em flexão de 30° com apoio bipodal, corpo e pés alinhados para frente; (4) uso do goniômetro para conferência da flexão de 30° dos joelhos; (5) apoio unipodal no primeiro membro a ser avaliado, pé alinhado para frente, joelho a 30°, RI do tronco de 45° e apoio das mãos na barra para a qual o corpo estava direcionado; e (6) apoio unipodal no primeiro membro a ser avaliado, pé alinhado para frente, joelho a 30°, RE do tronco de 45° e apoio das mãos na barra para a qual o corpo estava direcionado. As duas últimas posições do exame são realizadas com o segundo membro em apoio unipodal, repetindo-se as RIs e REs acima descritas em 5 e 6.

**Figura 1 -** Acomodação inicial do paciente na WBCT: equilíbrio e apoio das mãos nas barras laterais



Fonte: Acervo do próprio autor.

**Figura 2 -** Avaliação bipodal com joelhos a 0°: tronco alinhado para frente com apoio bipodal, joelhos em extensão e mãos apoiadas nas barras laterais



Fonte: Acervo do próprio autor.

**Figura 3 -** Avaliação bipodal com joelhos a 30°: joelhos em flexão de 30°, mãos apoiadas nas barras laterais



Fonte: Acervo do próprio autor.

**Figura 4 -** Posicionamento do goniômetro: conferência do ângulo dos joelhos a 30° pré-exame e posição do tronco mantida



Fonte: Acervo do próprio autor.

**Figura 5** - Apoio unipodal com tronco em rotação interna de 45°: com o joelho direito a 30°, corpo em rotação interna de 45°, mãos apoiadas na barra lateral esquerda



Fonte: Acervo do próprio autor.

**Figura 6** - Apoio unipodal com tronco em rotação externa de 45°: com o joelho direito a 30°, corpo em rotação externa de 45°, mãos apoiadas na barra lateral direita



Fonte: Acervo do próprio autor.

O posicionamento dos pacientes e as aquisições de imagem seguiram os seguintes passos:

- 1) Preparação do scanner da WBCT para início da aquisição;
- 2) Posicionamento do paciente na WBCT e orientação pelo examinador das seis posições do protocolo;
- 3) Aquisição das imagens: o examinador aciona o botão de início da aquisição. Nesse momento, a porta de isolamento se eleva à altura dos joelhos e a máquina inicia sua rotação em torno do paciente enquanto emite a radiação para a aquisição das imagens; e
- 4) Final da aquisição: o aparelho de WBCT inicia o processamento das imagens, momento final da emissão de radiação enquanto a máquina retoma sua posição inicial e o paciente é acompanhado até sua saída do equipamento. As imagens são processadas e suas reconstruções são armazenadas e disponibilizadas para análise no arquivo CubeVue (LineUp, Philadelphia, PA, EUA).

Todo o processo de aquisição das imagens seguiu o protocolo bilateral de análise dos joelhos previamente definido por este grupo<sup>88</sup>. A duração de cada processo foi aferida pelos examinadores e os comentários dos pacientes durante o exame foram recebidos e registrados para a avaliação de tolerância do exame.

#### **4.5.3 Análise e medidas das imagens**

O estudo completo das imagens foi realizado por um ortopedista e um radiologista do IOT-HCFMUSP seguindo o padrão de cegamento do estudo em relação ao padrão do joelho. Nessa etapa, sem que fosse identificado o joelho com lesão de LCA, as imagens foram avaliadas quanto à qualidade da resolução e dos padrões ósseos usados nas avaliações. Ambos os examinadores realizaram as medições das relações femorotibiais de TA e RI.

Todas as medições foram realizadas por ambos os avaliadores. O avaliador principal reavaliou as medidas de 10 pacientes da amostra 15 dias após o término da avaliação inicial para que fossem realizadas as análises das medidas intraobservador.

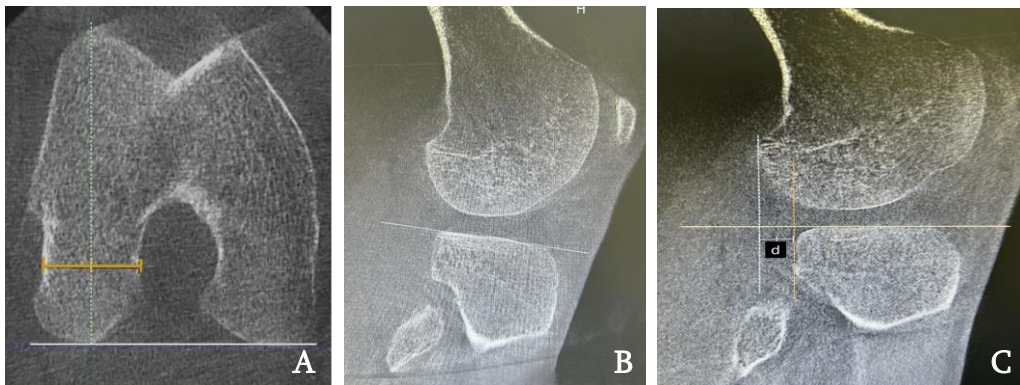
#### **4.5.4 Medidas de avaliação do exame**

##### **4.5.4.1 Medida sagital TA: avaliação translacional tibiofemoral**

Para avaliação da TA da tíbia nos compartimentos lateral e medial, foram utilizadas referências previamente estabelecidas<sup>91,92</sup> nos cortes axial e sagital da WBCT. A sequência seguiu os passos apresentados na Imagem 7 a seguir: (7a) corte axial femoral, tendo como referência os pontos mais posteriores dos côndilos femorais – traça-se uma linha médio-lateral de cada côndilo (amarela) e, no ponto médio desta linha, traça-se uma linha perpendicular (verde) à linha tangente posterior condilar (branca) e à linha amarela, que será considerada o ponto médio para análise sagital; (7b) no corte sagital, tendo como referência o ponto médio da referência axial, traça-se uma linha de referência tangente à superfície articular de cada platô tibial (branca); e (7c) então, traçam-se duas perpendiculares à linha de referência, uma tangente posterior ao côndilo femoral (azul clara) e outra tangente posterior ao platô tibial (laranja). A distância entre essas linhas (d) foi considerada a TA da tíbia em milímetros.



**Figura 7 -** Joelho direito de um paciente de 25 anos com lesão de LCA

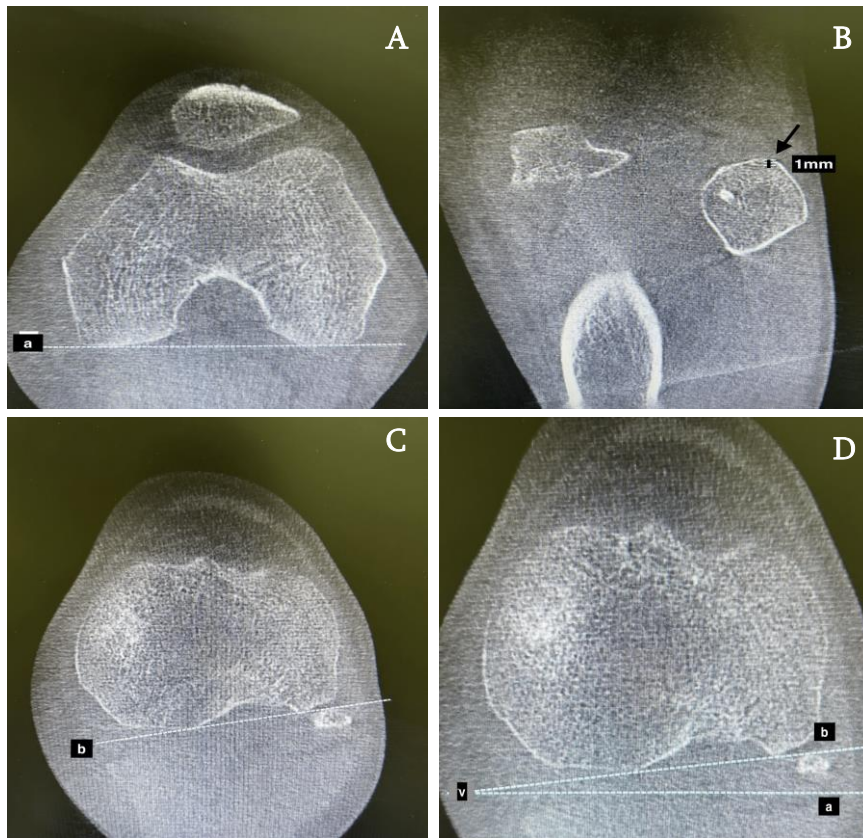


**A:** Definição do ponto médio condilar: Linha amarela – entre as corticais do côndilo femoral, determina-se o ponto médio condilar; linha branca – tangente posterior aos côndilos femorais; linha verde – perpendicular à linha amarela e à branca, divide o côndilo no seu ponto médio. **B:** Linha tangente de referência tibial: Linha branca – tangente à superfície articular do platô tibial. **C:** Avaliação da translação anterior da tibia: Linha azul clara – tangente posterior ao côndilo femoral lateral, perpendicular à linha branca articular de referência; linha laranja – tangente posterior ao platô tibial lateral, perpendicular à linha branca de referência. Medida de TA definida entre as linhas azul clara e laranja (d).

#### 4.5.4.2 Medida angular 1 (RI 1): avaliação rotacional tibiofemoral

Para a avaliação angular tibiofemoral RI 1, foram utilizadas adaptações de métodos previamente usados<sup>92,93</sup> com análise dos cortes axiais e coronais da WBCT conforme Imagem 8 a seguir: (8a) corte axial femoral com referência epicondilar, traçando-se a linha condilar tangente posterior aos côndilos femorais (a); (8b) corte coronal da tibia no ponto em que se pode avaliar a cabeça da fíbula – mede-se 1 mm a partir da origem da cabeça da fíbula, ponto em que será avaliado o corte axial da tibia; (8c) corte axial da tibia com a referência de 1 mm da cabeça da fíbula, traçando-se a tangente posterior ao platô tibial (b); e (8d) a medida angular RI 1 é avaliada no vértice (v) das duas linhas (a) e (b) projetadas<sup>93</sup>.

**Figura 8** - Corte coronal e cortes axiais do joelho esquerdo de um paciente de 29 anos sem lesão de LCA



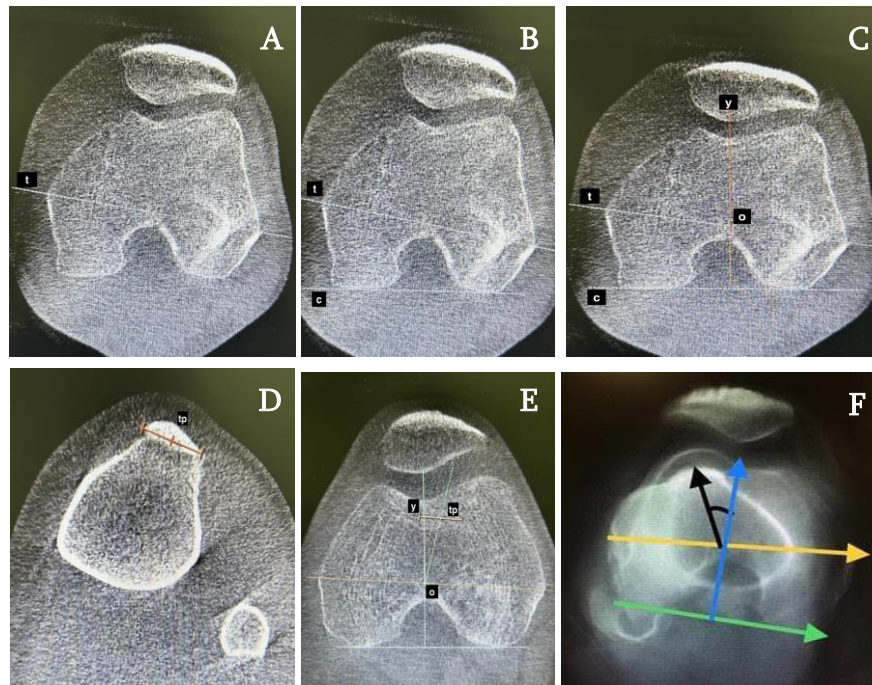
**A:** Linha de referência femoral: linha branca (a), tangente posterior aos côndilos femorais. **B:** Medida de referência fibular: determinada a medida de 1 mm abaixo da cabeça da fíbula (seta preta). Referência para o corte axial da tíbia. **C:** Linha de referência tibial: linha azul clara (b), tangente posterior ao platô tibial. **D:** Definição da rotação interna da tíbia, medida angular RI 1: vértice (v) entre as linhas a e b.

#### 4.5.4.3 Medida angular 2 (RI 2): avaliação rotacional tibiofemoral (sulco troclear – tendão patelar)

Para a avaliação angular RI 2, foram utilizadas adaptações de métodos previamente publicados<sup>94</sup>. Foram considerados dois cortes axiais para análise, um femoral e um tibial. O corte axial femoral tem como referência os epicôndilos medial e lateral e o ângulo da tróclea, enquanto o corte axial tibial, tem como referência o ponto médio de inserção do patelar, conforme Imagem 9: (9a) corte axial femoral, utilizando como referência o plano epicondilar, entre os epicôndilos medial e lateral (t); (9b) plano condilar, linha tangente posterior aos côndilos femorais (c); (9c) plano condilar troclear

(y), linha perpendicular à linha condilar (c), cruzando o ponto mais profundo da tróclea – o centro do joelho (o) é determinado na intersecção das linhas condilar troclear (y) e epicondilar (t); (9d) o corte axial tibial tem como referência o ponto médio de inserção do tendão patelar (tp); e (9e) plano angular, linha do centro do joelho (o) ao ponto médio do tendão patelar (tp) – a medida angular RI 2 é avaliada no centro do joelho (o), no vértice formado pelas linhas (tp) e (y)<sup>94</sup>; e (9f) figura ilustrativa de todos os planos sobrepostos na mesma imagem.

**Figura 9 -** Cortes axiais do joelho esquerdo de um paciente de 32 anos com lesão de LCA



**A:** Plano axial de referência femoral: definido pela linha epicondilar (t) entre os epicôndilos medial e lateral. **B:** Plano condilar: linha condilar (c) tangente posterior aos côndilos femorais medial e lateral. Linha (t) como referência epicondilar. **C:** Plano condilar-troclear e centro do joelho: linha (y), perpendicular à linha condilar (c), cruza o ângulo da tróclea femoral. A intersecção das linhas (y) e (t) determina o centro do joelho (o). **D:** Plano axial de referência tibial: tem como referência o ponto médio do ponto de inserção do tendão patelar (tp). **E:** Definição da rotação interna da tibia, medida angular RI 2: A RI 2 é determinada no centro do joelho (o), vértice entre as linhas (y) e (tp). **F:** Figura ilustrativa da RI 2 com a sobreposição dos cortes e planos traçados na mesma imagem (não foi o padrão utilizado nas medidas): imagem didática, com a sobreposição dos cortes axiais femoral e tibial de um joelho direito com lesão de LCA. Pode-se notar que, quanto mais próxima a inserção do tendão patelar do ângulo da tróclea, maior a rotação interna da tibia e, portanto, a instabilidade rotacional.

#### **4.6 Análise estatística**

As características quantitativas dos pacientes foram descritas segundo joelho avaliado, com o uso de medidas-resumo (média, desvio-padrão – DP, mediana e quartis), enquanto as características qualitativas foram descritas com o uso de frequências absolutas e relativas<sup>95</sup>. Foram descritos os parâmetros dos pacientes examinados na primeira e segunda avaliações do avaliador principal; também foram descritos os parâmetros de todos os pacientes para cada examinador, sendo calculados os coeficientes de correlação intraclasse (CCI) com os respectivos intervalos de confiança de 95% e as diferenças entre as medidas, com o uso da repetibilidade<sup>96</sup>, de modo a avaliar a reprodutibilidade intraobservador e interexaminador, respectivamente.

Os parâmetros da TC com carga foram descritos segundo joelho, por meio de medidas-resumo comparadas entre os lados pelo teste t-Student pareado. Correlações de Pearson foram calculadas entre as escalas e os parâmetros da TC com carga no lado lesionado<sup>95</sup>. Foram, ainda, aplicados testes de normalidade Kolmogorov-Smirnov nos parâmetros descritos e, embora alguns tenham sido considerados não normais, optou-se pelos testes paramétricos por serem todos os parâmetros bem delimitados.

As análises foram realizadas no software IBM-SPSS para Windows versão 22.0, sendo tabuladas com o uso do software Microsoft-Excel 2013. Os testes foram realizados com nível de significância de 5%.

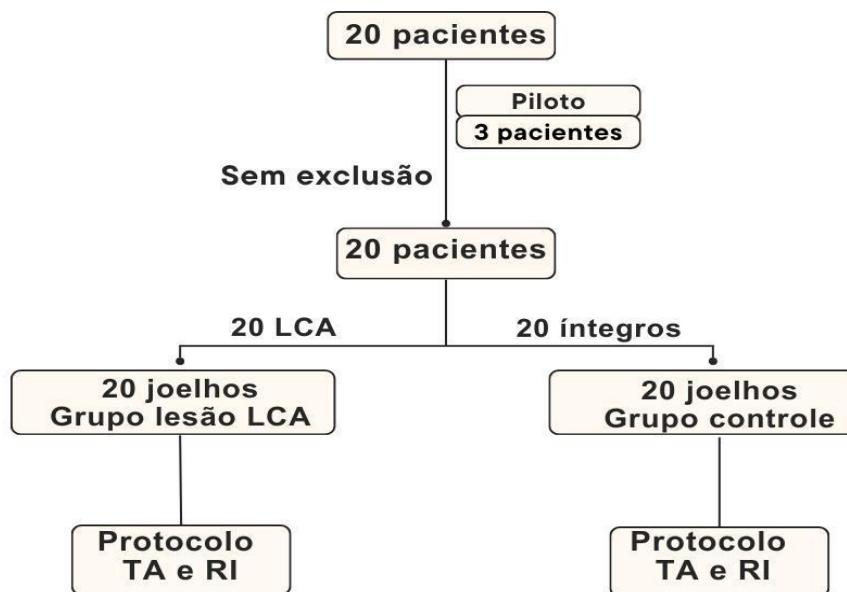
---

## ***5. RESULTADOS***

## 5 RESULTADOS

Considerando-se os critérios de inclusão e não inclusão, foram incluídos 20 pacientes no estudo. Desses, foram selecionados aleatoriamente três pacientes para o estudo-piloto. Os pacientes do estudo-piloto foram mantidos na amostra e não houve exclusão de pacientes no estudo. Foram avaliados ambos os joelhos de cada paciente, totalizando 40 joelhos, conforme os métodos mencionados. Então, os pacientes foram divididos em dois grupos para avaliação dos parâmetros de TA e RI: grupo com lesão de LCA e grupo controle, sem lesão de LCA (Fluxograma 1).

**Figura 10** - Fluxograma do estudo: 20 pacientes do estudo, 3 avaliados no estudo piloto e mantidos até o final. Divisão em 2 grupos para realização do protocolo de avaliação: grupo lesão de LCA x grupo controle, cada um com 20 joelhos



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Nas tabelas de resultados do estudo-piloto (Tabela 1), são descritas as medidas de TA e RI dos três pacientes avaliados inicialmente. No momento do piloto, não tivemos a percepção de que haveria diferença na avaliação de instabilidade entre os

joelhos. Essa etapa foi importante para a definição do protocolo de posição dos pacientes e para a avaliação e medição das imagens obtidas nos exames.

**Tabela 1** - Estudo-piloto: resultado da análise de medidas dos joelhos dos três pacientes avaliados

		Lesado				Íntegro			
		Ext	Flex 30°	Flex RI	Flex RE	Ext	Flex 30°	Flex RI	Flex RE
Paciente 1	Axial 1 (°)	0	7	6	10	0	4	4	6
	Axial 2 (°)	-9	-6	-3	-1	-9	-8	-7	-8
	Sagital medial (mm)	11,59	14,04	15,21	12,76	9,8	7,96	7,2	3,29
	Sagital Lateral (mm)	11,59	19,46	17,82	19,16	1,54	7,53	5,07	3,65
Paciente 2	Axial 1 (°)	0	6	6	9	0	4	3	5
	Axial 2 (°)	-9	-5	-3	0	-9	-7	-7	-8
	Sagital medial (mm)	9,2	12,1	14,4	10,5	7,5	8,2	8,8	4
	Sagital lateral (mm)	12	14,3	15,6	16	2,4	6,5	4,6	4,5
Paciente 3	Axial 1 (°)	1	7	5	8	0	4	3	7
	Axial 2 (°)	-9	-5	-4	0	-8	-6	-5	-8
	Sagital medial (mm)	9,6	13	12,3	11,3	8,4	7,4	8,3	4,3
	Sagital lateral (mm)	10,3	16,4	14,6	15,4	2,1	6,4	6,4	4,1

Conforme a Tabela 2, a população avaliada foi composta por 4 mulheres e 16 homens, com média de idade de 29,7 anos ( $\pm 8,6$  anos). Relativo à distribuição do lado da lesão, 45% das lesões foram de LCA à direita e 55%, à esquerda. Para a análise dos resultados do exame de interesse, foram aplicadas escalas de funcionalidade e qualidade de vida nos pacientes – Lysholm e IKDC –, com médias e DP de 59,4 ( $\pm 8,9$ ) e 60,1 ( $\pm 11,5$ ), respectivamente.

**Tabela 2** - Aspectos demográficos: descrição das características pessoais e escalas avaliadas nos pacientes

<b>Variável</b>	<b>Descrição (N = 20)</b>
<b>Idade (anos)</b>	
média ± DP	29,7 ± 8,6
mediana (p25; p75)	26,5 (23,3; 37)
<b>Sexo</b>	
Feminino	4 (20)
Masculino	16 (80)
<b>Lado</b>	
Direito	9 (45)
Esquerdo	11 (55)
<b>IKDC pré</b>	
média ± DP	60,1 ± 11,5
mediana (p25; p75)	60 (47,9; 68,8)
<b>Lysholm pré</b>	
média ± DP	59,4 ± 8,9
mediana (p25; p75)	59 (50; 68)

(%) – sexo / lado do joelho)

As Tabelas 3 e 4 mostram que tanto a reprodutibilidade intraobservador como a interobservador foram altas para todos os parâmetros da TC com carga ( $CCI > 0,7$ ), sendo os dados da reprodutibilidade intraobservador melhores que os da reprodutibilidade interobservador, com erro estimado (repetibilidade) também maior na análise interobservador.



Tabela 3 - Resultado das avaliações intraobservador

Variável	Avaliação		CCI	IC (95%)		Repetibilidade
	1a (N = 20)	2a (N = 20)		Inferior	Superior	
<b>Extensão</b>						
<b>Translação anterior da tibia LAT (mm)</b>			0,999	0,998	1,000	0,082
média ± DP	2,4 ± 3,2	2,4 ± 3,2				
mediana (p25; p75)	0 (0; 5,7)	0 (0; 5,4)				
<b>Translação anterior da tibia MED (mm)</b>			0,997	0,992	0,999	0,176
média ± DP	4 ± 3,2	4,1 ± 3,2				
mediana (p25; p75)	4,3 (0; 6,1)	4,4 (0,3; 6,2)				
<b>Rotação femorotibial (graus)</b>			1,000	0,999	1,000	0,101
média ± DP	3,2 ± 4,9	3,3 ± 5				
mediana (p25; p75)	1,9 (0,1; 4,7)	1,9 (0,1; 4,8)				
<b>Sulco troclear - TP</b>			0,996	0,990	0,998	0,436
média ± DP	22,7 ± 6,8	22,6 ± 6,7				
mediana (p25; p75)	21,6 (18,2; 28,8)	21,8 (17,5; 29,4)				
<b>Flexão</b>						
<b>Translação anterior da tibia LAT (mm)</b>			0,995	0,986	0,998	0,232
média ± DP	6,2 ± 3,1	6,2 ± 3				
mediana (p25; p75)	5,9 (3,5; 8,6)	6 (3,5; 8,8)				
<b>Translação anterior da tibia MED (mm)</b>			0,998	0,994	0,999	0,106
média ± DP	1,9 ± 2,2	1,9 ± 2,1				
mediana (p25; p75)	1,4 (0; 3,5)	1,5 (0; 3,5)				
<b>Rotação femorotibial (graus)</b>			0,952	0,883	0,981	1,300
média ± DP	10,2 ± 5,8	10,3 ± 5,8				
mediana (p25; p75)	10,2 (6,4; 15,3)	10 (6,9; 14,5)				
<b>Sulco troclear - TP</b>			0,938	0,852	0,975	1,636
média ± DP	14,8 ± 6,7	15 ± 6,2				
mediana (p25; p75)	15 (10,8; 20,4)	15,8 (10,8; 20,7)				
<b>Flexão e Rotação Interna</b>						
<b>Translação anterior da tibia LAT (mm)</b>			0,984	0,959	0,993	0,371
média ± DP	4,9 ± 2,9	4,9 ± 2,7				
mediana (p25; p75)	5,3 (2,6; 6,8)	5,3 (2,6; 6,6)				
<b>Translação anterior da tibia MED (mm)</b>			0,995	0,986	0,998	0,270
média ± DP	2,5 ± 3,6	2,6 ± 3,7				
mediana (p25; p75)	2,3 (0; 4,9)	2,3 (0; 5,4)				
<b>Rotação femorotibial (graus)</b>			0,995	0,988	0,998	0,374
média ± DP	5,9 ± 5,3	6 ± 5,6				
mediana (p25; p75)	5,7 (1,5; 9,2)	5,7 (1,7; 9,1)				
<b>Sulco troclear - TP</b>			0,999	0,997	1,000	0,281
média ± DP	12,8 ± 9,6	13 ± 9,7				
mediana (p25; p75)	10,4 (3,8; 21,7)	10,6 (3,8; 22,5)				
<b>Flexão e Rotação Externa</b>						
<b>Translação anterior da tibia LAT (mm)</b>			0,997	0,993	0,999	0,223
média ± DP	6,5 ± 4,3	6,6 ± 4,3				
mediana (p25; p75)	5,9 (3; 9,1)	5,9 (3; 9,4)				
<b>Translação anterior da tibia MED (mm)</b>			0,992	0,979	0,997	0,240
média ± DP	1,7 ± 3	1,9 ± 3				
mediana (p25; p75)	1,5 (0; 3,8)	1,5 (0; 3,9)				
<b>Rotação femorotibial (graus)</b>			0,997	0,988	0,999	0,230
média ± DP	7,8 ± 4,5	8 ± 4,5				
mediana (p25; p75)	7,3 (4,6; 10)	7,1 (4,7; 10,8)				
<b>Sulco troclear - TP</b>			0,995	0,987	0,998	0,461
média ± DP	12,2 ± 6,4	12,3 ± 6,4				
mediana (p25; p75)	9,1 (7; 18,2)	9,3 (7,3; 17,2)				

CCI: Coeficiente de correlação intraclassa; IC: Intervalo de confiança

Tabela 4 - Resultado das avaliações interobservador

Variável	Avaliador		CCI	IC (95%)		Repetibilidade
	Ex.1 (N = 40)	Ex. 2 (N = 40)		Inferior	Superior	
<b>Extensão</b>						
<b>Translação anterior da tíbia LAT (mm)</b>			0,814	0,676	0,897	1,258
média ± DP	1,6 ± 2,8	1,7 ± 2,9				
mediana (p25; p75)	0 (0; 2,6)	0 (0; 2,9)				
<b>Translação anterior da tíbia MED (mm)</b>			0,610	0,355	0,777	1,859
média ± DP	3,5 ± 2,8	4,6 ± 3,4				
mediana (p25; p75)	3,9 (0; 5,6)	4 (2; 7)				
<b>Rotação femorotibial (graus)</b>			0,860	0,750	0,923	2,202
média ± DP	3,6 ± 6	2,8 ± 5,9				
mediana (p25; p75)	2 (0,5; 6,4)	2 (0,3; 4,9)				
<b>Sulco troclear - TP</b>			0,850	0,714	0,921	2,474
média ± DP	23,3 ± 7,2	24,7 ± 6,3				
mediana (p25; p75)	22,3 (18,4; 29,2)	26 (19,9; 30)				
<b>Flexão</b>						
<b>Translação anterior da tíbia LAT (mm)</b>			0,797	0,648	0,887	1,565
média ± DP	6,3 ± 3,4	5,8 ± 3,6				
mediana (p25; p75)	6,2 (4; 8,3)	5,5 (2,8; 8,3)				
<b>Translação anterior da tíbia MED (mm)</b>			0,689	0,484	0,822	1,488
média ± DP	1,8 ± 2,5	2,1 ± 2,8				
mediana (p25; p75)	0 (0; 3,4)	0,5 (0; 3,4)				
<b>Rotação femorotibial (graus)</b>			0,919	0,852	0,956	1,618
média ± DP	9,2 ± 5,7	9,2 ± 5,6				
mediana (p25; p75)	8,8 (4,5; 11,5)	8,9 (5; 11,5)				
<b>Sulco troclear - TP</b>			0,816	0,681	0,898	2,946
média ± DP	14,8 ± 7,1	15,6 ± 6,8				
mediana (p25; p75)	15 (10,7; 21,1)	16,3 (12,7; 19,8)				
<b>Flexão e Rotação Interna</b>						
<b>Translação anterior da tíbia LAT (mm)</b>			0,796	0,647	0,887	1,466
média ± DP	4,7 ± 3,2	4,9 ± 3,2				
mediana (p25; p75)	4,8 (2,5; 6,8)	4,9 (2,7; 7,4)				
<b>Translação anterior da tíbia MED (mm)</b>			0,788	0,634	0,882	1,407
média ± DP	2,1 ± 3,2	1,9 ± 2,9				
mediana (p25; p75)	0,4 (0; 4,2)	1 (0; 3,5)				
<b>Rotação femorotibial (graus)</b>			0,931	0,873	0,963	1,305
média ± DP	6,4 ± 5	6,4 ± 4,8				
mediana (p25; p75)	6,3 (2,1; 9,2)	5,9 (2,2; 8,9)				
<b>Sulco troclear - TP</b>			0,877	0,780	0,933	2,759
média ± DP	12,6 ± 7,4	13 ± 8,2				
mediana (p25; p75)	11 (8,1; 17,9)	12 (7,6; 17,8)				
<b>Flexão e Rotação Externa</b>						
<b>Translação anterior da tíbia LAT (mm)</b>			0,860	0,752	0,924	1,508
média ± DP	5,8 ± 4,2	5,3 ± 4				
mediana (p25; p75)	5,6 (2,3; 8,7)	4,9 (1,9; 8,7)				
<b>Translação anterior da tíbia MED (mm)</b>			0,775	0,608	0,875	1,250
média ± DP	1,5 ± 2,7	2 ± 2,7				
mediana (p25; p75)	0 (0; 2,7)	0 (0; 3,5)				
<b>Rotação femorotibial (graus)</b>			0,935	0,880	0,965	1,301
média ± DP	7,8 ± 5	7,8 ± 5,1				
mediana (p25; p75)	6,7 (4,5; 10,6)	7,1 (4,4; 10)				
<b>Sulco troclear - TP</b>			0,702	0,503	0,830	3,446
média ± DP	12,1 ± 5,8	12,6 ± 6,8				
mediana (p25; p75)	11,7 (7,3; 15,8)	13,7 (6,9; 17,5)				

CCI: Coeficiente de correlação intraclassa; IC: Intervalo de confiança

A tabela 5 mostra que os parâmetros de avaliação das instabilidades articulares em TA e RI em extensão e flexão foram, em média, estatisticamente maiores no joelho lesionado em relação ao controle ( $p < 0,05$ ). As quatro médias e o DP das medidas de TA e RI em extensão nos controles foram: TA Lat,  $0,3 \text{ mm} \pm 0,9 \text{ mm}$ ; TA Med,  $2,3 \text{ mm} \pm 2,5 \text{ mm}$ ; RI 1 femorotibial,  $2,1^\circ \pm 2,5^\circ$ ; e RI 2 – sulco troclear,  $26,3^\circ \pm 6,6^\circ$ . Ao passo que, nos joelhos com lesão de LCA em extensão, as médias e DP foram:  $2,9 \text{ mm} \pm 3,5 \text{ mm}$ ;  $4,6 \text{ mm} \pm 2,6 \text{ mm}$ ;  $5,1^\circ \pm 6,3^\circ$ ; e  $20,3^\circ \pm 6,6^\circ$ , respectivamente. Seguindo o mesmo padrão dos resultados da extensão, em que houve maior instabilidade articular no grupo lesionado, na avaliação em flexão, as médias e o DP das quatro medidas de TA e RI a  $30^\circ$  nos controles foram: TA Lat  $4,7 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ ; TA Med,  $0,8 \text{ mm} \pm 1,4 \text{ mm}$ ; RI 1 femorotibial,  $7,6^\circ \pm 4,6^\circ$ ; e RI 2 – sulco troclear,  $17,1^\circ \pm 6,1^\circ$ ; enquanto nos joelhos rompidos foram, respectivamente,  $7,9 \text{ mm} \pm 3,8 \text{ mm}$ ;  $2,9 \text{ mm} \pm 2,9 \text{ mm}$ ;  $10,9^\circ \pm 6,3^\circ$ ; e  $12,3^\circ \pm 7,2^\circ$ .

Em relação às medidas unipodais em RI e RE, apenas a TA Lat da tibia foi, em média, estatisticamente maior no joelho lesionado ( $p = 0,030$  e  $p = 0,004$ , respectivamente).

**Tabela 5 -** Parâmetros da WBCT: descrição dos parâmetros da TC com carga segundo joelho e resultado dos testes comparativos

Variável	Joelho		p
	Controle (N = 20)	Lesionado (N = 20)	
<b>Extensão</b>			
<b>Translação anterior da tíbia LAT (mm)</b>			<b>0,002</b>
média ± DP	0,3 ± 0,9	2,9 ± 3,5	
mediana (p25; p75)	0 (0; 0)	1,2 (0; 6,5)	
<b>Translação anterior da tíbia MED (mm)</b>			<b>&lt;0,001</b>
média ± DP	2,3 ± 2,5	4,6 ± 2,6	
mediana (p25; p75)	2 (0; 4,8)	4,5 (2,9; 5,8)	
<b>Rotação femorotibial (graus)</b>			<b>0,011</b>
média ± DP	2,1 ± 5,5	5,1 ± 6,3	
mediana (p25; p75)	1 (0,1; 3,9)	4 (1,6; 9)	
<b>Sulco troclear - TP</b>			<b>&lt;0,001</b>
média ± DP	26,3 ± 6,6	20,3 ± 6,6	
mediana (p25; p75)	27,9 (20; 32,3)	20,4 (14,7; 26,6)	
<b>Flexão</b>			
<b>Translação anterior da tíbia LAT (mm)</b>			<b>0,001</b>
média ± DP	4,7 ± 2	7,9 ± 3,8	
mediana (p25; p75)	4,8 (3,3; 6,1)	8,2 (6,2; 9,9)	
<b>Translação anterior da tíbia MED (mm)</b>			<b>0,007</b>
média ± DP	0,8 ± 1,4	2,9 ± 2,9	
mediana (p25; p75)	0 (0; 2)	2,7 (0; 4,1)	
<b>Rotação femorotibial (graus)</b>			<b>&lt;0,001</b>
média ± DP	7,6 ± 4,6	10,9 ± 6,3	
mediana (p25; p75)	7,5 (3,7; 10,8)	10,1 (6,4; 15,2)	
<b>Sulco troclear - TP</b>			<b>0,004</b>
média ± DP	17,3 ± 6,1	12,3 ± 7,2	
mediana (p25; p75)	17,2 (13,9; 22)	13,5 (4,8; 18)	
<b>Flexão e Rotação Interna</b>			
<b>Translação anterior da tíbia LAT (mm)</b>			<b>0,030</b>
média ± DP	3,5 ± 2,6	5,9 ± 3,4	
mediana (p25; p75)	4,6 (0; 5,8)	6,6 (3,8; 7,7)	
<b>Translação anterior da tíbia MED (mm)</b>			0,899
média ± DP	2 ± 2,8	2,2 ± 3,6	
mediana (p25; p75)	0 (0; 4,9)	1,8 (0; 4)	
<b>Rotação femorotibial (graus)</b>			0,187
média ± DP	5,4 ± 4,6	7,3 ± 5,4	
mediana (p25; p75)	5,3 (1,6; 8)	6,9 (2,4; 10,2)	
<b>Sulco troclear - TP</b>			0,839
média ± DP	12,4 ± 7,5	12,9 ± 7,5	
mediana (p25; p75)	11 (7,9; 18,2)	11,6 (8,1; 17,9)	
<b>Flexão e Rotação Externa</b>			
<b>Translação anterior da tíbia LAT (mm)</b>			<b>0,004</b>
média ± DP	4,1 ± 3,2	7,4 ± 4,5	
mediana (p25; p75)	4,7 (0,3; 7,2)	8 (3,1; 10,7)	
<b>Translação anterior da tíbia MED (mm)</b>			0,265
média ± DP	1 ± 1,6	1,9 ± 3,5	
mediana (p25; p75)	0 (0; 1,6)	0 (0; 5,4)	
<b>Rotação femorotibial (graus)</b>			0,093
média ± DP	6,8 ± 3,8	8,7 ± 5,9	
mediana (p25; p75)	6,4 (4,6; 8,9)	7,2 (3,4; 12,1)	
<b>Sulco troclear - TP</b>			0,334
média ± DP	12,8 ± 5,8	11,3 ± 5,8	
mediana (p25; p75)	13 (7,5; 17,4)	11,4 (7,1; 14,3)	

Teste t-Student pareado

De acordo com a tabela 6, houve correlação positiva estatisticamente significativa entre as escalas IKDC e Lysholm ( $r = 0,728$  e  $p < 0,001$ ), ou seja, quanto maior o valor de uma escala, maior é o valor da outra escala; porém, as escalas não apresentaram correlação estatisticamente significativa com nenhum dos parâmetros da TC com carga no joelho lesionado ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 6** - Resultado das correlações das escalas com os parâmetros da TC com carga no joelho lesionado

Correlação		IKDC pré	Lysholm pré
IKDC pré	r		
	p		
Lysholm pré	r	0,728	
	p	<0,001	
<b>Extensão</b>			
Translação anterior da tíbia LAT (mm)	r	-0,181	0,235
	p	0,444	0,319
Translação anterior da tíbia MED (mm)	r	0,245	0,220
	p	0,297	0,351
Rotação femorotibial (graus)	r	-0,103	0,127
	p	0,666	0,595
Sulco troclear - TP	r	0,372	0,157
	p	0,106	0,509
<b>Flexão</b>			
Translação anterior da tíbia LAT (mm)	r	-0,108	-0,027
	p	0,651	0,911
Translação anterior da tíbia MED (mm)	r	0,130	-0,003
	p	0,585	0,991
Rotação femorotibial (graus)	r	0,220	0,309
	p	0,351	0,184
Sulco troclear - TP	r	0,215	0,075
	p	0,363	0,755
<b>Flexão e Rotação Interna</b>			
Translação anterior da tíbia LAT (mm)	r	0,072	0,141
	p	0,761	0,554
Translação anterior da tíbia MED (mm)	r	-0,057	-0,152
	p	0,811	0,521
Rotação femorotibial (graus)	r	0,046	0,162
	p	0,847	0,494
Sulco troclear - TP	r	0,033	0,133
	p	0,891	0,577
<b>Flexão e Rotação Externa</b>			
Translação anterior da tíbia LAT (mm)	r	0,149	0,129
	p	0,531	0,587
Translação anterior da tíbia MED (mm)	r	0,250	-0,070
	p	0,288	0,770
Rotação femorotibial (graus)	r	-0,065	-0,116
	p	0,785	0,627
Sulco troclear - TP	r	0,005	-0,002
	p	0,982	0,992

Correlação de Pearson

(r, coeficiente de correlação de Pearson) (p, valor de significância estatística)

Além de estabelecer o protocolo de avaliação e as medidas objetivas da instabilidade, os examinadores também avaliaram os aspectos técnicos do exame completo de cada paciente. A dose de radiação total por paciente foi de 16,2 mGy (seis aquisições de 2,7 mGy cada) e foram necessários 15 min para a conclusão de cada exame completo (seis aquisições de 2,5 min cada), com os seguintes detalhes: a) preparação do scanner (20 s); b) posicionamento do paciente e instruções (20 s); c) aquisição das imagens com elevação do portão de segurança e emissão de radiação (45 s); e d) retorno do portão de proteção e saída do paciente do equipamento (40 s).

Em todo o processo de avaliação dos pacientes, não houve intercorrências que ocasionassem desistência dos exames pelos pacientes avaliados. Em toda a amostra de 20 pacientes, houve relato de dor por quatro pacientes, que descreveram dor moderada durante as avaliações com carga unipodal nos joelhos lesionados.

---

## **6. *DISCUSSÃO***

---

## 6 DISCUSSÃO

Este é o primeiro estudo completo realizado com carga fisiológica em pé no equipamento de WBCT para avaliação da instabilidade anterior e rotacional do joelho com lesão de LCA. O protocolo preliminar de avaliação da instabilidade do joelho com lesão de LCA publicado pelo nosso grupo em janeiro de 2024<sup>88</sup>, já com resultados parciais compatíveis com o desfecho deste estudo, foi agora concluído como o primeiro método de avaliação do joelho com o paciente em pé na WBCT, protocolo de avaliação este que permite mensurações quantitativas de TA e mensurações angulares de RI (sendo estas inéditas) no joelho com lesão de LCA com aplicação de carga fisiológica.

Nos resultados referentes à reprodutibilidade da avaliação dos exames (tabelas 2 e 3), tanto a reprodutibilidade intraobservador quanto a interobservador apresentaram-se altas para todos os parâmetros da WBCT. O CCI foi superior a 0,7, o que indica uma boa concordância entre as medições. A partir dessa primeira análise, podemos concluir que a técnica de avaliação das medidas adotadas para o protocolo é reprodutível para avaliação seriada e aplicável em larga escala quando realizada por um ou por vários avaliadores. No entanto, observou-se que a reprodutibilidade intraobservador foi melhor do que a interobservador, sugerindo uma consistência maior de resultados quando o mesmo avaliador realiza múltiplas medições, em comparação com diferentes avaliadores. Isso se confirma pelos resultados de erro estimado, ou repetibilidade (Tabela 3), que também foram maiores entre os observadores diferentes, determinando uma variabilidade maior nas medições feitas por diferentes pesquisadores em relação às repetidas por um único pesquisador. Portanto, nossos resultados de reprodutibilidade e de CCI sustentam nossa afirmação de que o protocolo desta forma estabelecido é viável e reprodutível.

Há vasta literatura relacionada ao conceito de instabilidade articular anterior e rotacional pós-lesão de LCA<sup>7,73, 92,97</sup>. Em relação à TA, estudos prévios realizados com e sem carga em pé apresentaram resultados que seguem a mesma linha dos resultados apresentados neste trabalho. **Kim et al.**<sup>7</sup>, em 2020, em um estudo prospectivo realizado com radiografia por estresse comparando a TA de joelhos com lesão de LCA com a de joelhos íntegros, apresentaram TA média de 8,9 mm ± 2,3



mm nos joelhos lesionados e  $2,8 \text{ mm} \pm 2,9 \text{ mm}$  nos controles, tendo como referência o planalto lateral na posição de  $30^\circ$  de flexão do joelho. Com resultados nesse mesmo sentido, **Tashiro et al.**<sup>73</sup>, em 2009, publicaram resultados comparativos de 20 pacientes no dispositivo KT 2000 para avaliação objetiva da instabilidade anterior da tibia, com maior TA nos joelhos lesionados (média de  $9,2 \text{ mm} \pm 5,5 \text{ mm}$ ) em relação aos joelhos com LCA íntegro (média  $1,6 \text{ mm} \pm 3,2 \text{ mm}$ ).

Seguindo a mesma tendência dos estudos mencionados acima e, ainda, com todos os detalhes da avaliação a  $0^\circ$  e a  $30^\circ$  deste protocolo para WBCT, de acordo com a avaliação de ambos os pesquisadores, este estudo apresentou médias de TA com significância estatística ( $p < 0,05$ ) e maiores nos joelhos com LCA lesado, nos compartimentos medial e lateral, em extensão e flexão de  $30^\circ$  bipodal e no compartimento lateral unipodal em RI e RE (Tabela 4). Além disso, observamos que a média de TA foi maior nos joelhos fletidos a  $30^\circ$ , fato que se explica pela anatomia do platô tibial no plano sagital com inclinação posterior, que varia entre  $7^\circ$  a  $10^\circ$  (slope tibial), pela transferência do ponto de carga para mais posterior à flexão articular e pela resultante de TA da tibia na vigência da flexão do joelho sem o LCA íntegro. Acreditamos que a expansão desses detalhes de posicionamento em ambos os compartimentos referidos acima tende a aumentar a relevância dos resultados obtidos neste protocolo.

Para a avaliação da RI, com foco em uma análise objetiva da instabilidade rotacional do joelho com lesão de LCA, parâmetro ainda inédito na avaliação com carga fisiológica do joelho, foram definidas duas medidas angulares femorotibiais. Assim, atingimos maior confiança na validação das medidas e dos resultados estatísticos, reduzindo possíveis vieses presentes em análises qualitativas que dependem da perspectiva ou experiência do examinador<sup>18</sup>, como no exame físico do joelho. Os resultados de RI angular deste estudo apresentaram significância estatística ( $p < 0,05$ ) para maior instabilidade no grupo com LCA rompido nas posições a  $0^\circ$  e a  $30^\circ$  com apoios bipodais. Conforme a Tabela 4, as medidas de RI em extensão se apresentam na seguinte sequência: medida RI 1 – LCA rompido, ( $5,1^\circ \pm 6,3^\circ$ ), e controle, ( $2,1 \pm 5,5^\circ$ ); e medida RI 2 – LCA rompido, ( $20,3^\circ \pm 6,6^\circ$ ), e controle, ( $26,3^\circ \pm 5,5^\circ$ ). Em flexão de  $30^\circ$ , foram obtidos os seguintes resultados: medida RI 1 – LCA rompido, ( $10,9^\circ \pm 6,3^\circ$ ), e controle, ( $7,6^\circ \pm 4,6^\circ$ ); e medida RI 2 – LCA rompido, ( $12,3^\circ$

$\pm 7,2^\circ$ ), e controle, ( $17,1^\circ \pm 6,1^\circ$ ) (Tabela 4). Esses resultados seguem a tendência de achados de estudos prévios que mostram aumento da instabilidade rotacional RI em pacientes com lesão de LCA<sup>22,98</sup>, contudo, divergem dos seus valores numéricos médios. **Vassalou et al.**<sup>22</sup> publicaram um estudo com RM convencional para a avaliação de instabilidade rotatória do joelho, sem carga ortostática, em que são avaliados aspectos secundários da lesão de LCA nas imagens obtidas. Os resultados determinaram um corte de  $4,9^\circ$  de RI a partir do qual se infere lesão de LCA. Esses resultados se correlacionam com os do presente estudo no aspecto instabilidade angular, apesar de o estudo citado não ter carga fisiológica e este parâmetro não ser rotina de avaliação nos exames de RM. Em outro estudo com resultados semelhantes, **Hong et al.**<sup>98</sup>, em 2022, publicaram os resultados da avaliação de pacientes com lesão de LCA, também com uso de RM sem carga ortostática, em que divulgam RI média e DP de ( $4,2^\circ \pm 5,6^\circ$ ) para lesão de LCA. Embora os resultados dos dois estudos mencionados sejam compatíveis com os do presente estudo no aspecto aumento de RI, os resultados médios aqui apresentados a  $0^\circ$  e a  $30^\circ$  bipodais foram maiores que as medidas de corte para diagnóstico de lesão de LCA na RM sem carga em ambos os estudos citados. Em extensão, nos joelhos rompidos, tivemos médias e DP de ( $5,1^\circ \pm 6,3^\circ$ ) e ( $20,3^\circ \pm 6,6^\circ$ ) nas medidas angulares de RI 1 e RI 2, respectivamente, enquanto a  $30^\circ$  tivemos médias e DP de ( $10,9^\circ \pm 6,3^\circ$ ) e ( $12,3^\circ \pm 7,2^\circ$ ) nas medidas de RI 1 e RI 2, respectivamente. Essas diferenças são explicadas pela presença fisiológica da carga ortostática na WBCT, fator que realça a riqueza da sensibilização obtida no exame do joelho em pé. Medidas de corte na WBCT para lesão de LCA podem ser desenhadas em estudos futuros.

Embora nossos resultados para instabilidade de RI e TA tenham apresentado significância estatística para os parâmetros avaliados em extensão e flexão de  $30^\circ$  dos joelhos com apoios bipodais e também para os resultados de TA unipodal no compartimento lateral, as demais medições realizadas a  $30^\circ$  com apoios unipodais e RI e RE não apresentaram significância estatística para a análise de instabilidade. Inferimos, primeiro, que possa se tratar de erro tipo 2 (n baixo), pois os valores médios foram maiores no grupo lesado. Além disso, biomecanicamente, na RE do joelho, é esperado um valor menor de instabilidade rotacional interna, naturalmente. Outro fator importante a ser considerado como possível explicação é a maior necessidade de contração e estabilização muscular para se manter a posição rotacional, uma vez que

a posição também diminui a TA medial (medial pivot). Sendo assim, essas medidas podem ser suprimidas dos novos estudos de instabilidade de LCA para que se estabeleça um protocolo mais rápido e objetivo, incluindo uma redução da exposição do paciente à radiação.

A evolução dos estudos biomecânicos do joelho segue determinando tendências para a definição do tratamento mais refinado da lesão do LCA, principalmente para minimizar a instabilidade articular. **Chambat et al.**<sup>51</sup>, em 2013, em um artigo de revisão sistemática, publicaram que a evolução do conhecimento biomecânico do joelho e das lesões de LCA nos últimos 50 anos determinou a evolução gradual das técnicas cirúrgicas de tratamento com o objetivo de se restabelecerem as estabilidades anterior e rotacional do joelho nas reconstruções ligamentares, inicialmente não anatômicas, para as reconstruções anatômicas atuais. Seguindo esse mesmo princípio, nos últimos 10 anos, intensificaram-se os estudos sobre o ligamento ântero-lateral (LAL) para instabilidades rotacionais acentuadas. **Vundelinckx et al.**<sup>99</sup>, em 2017, recomendaram a associação da técnica de reconstrução extra-articular do LAL para instabilidades rotacionais definidas com pivot shift 2 ou 3. Também em 2017, **Sonnery-Cottet et al.**<sup>100</sup> publicaram um consenso sobre LAL, citando a presença de pivot shift 2 e 3 entre os critérios mais importantes para a reconstrução do LAL.

Embora amplamente usado para a avaliação clínica da instabilidade rotacional, o teste de pivot shift é feito por examinador dependente<sup>18,19</sup> e, apesar de ter 98% de especificidade<sup>101</sup>, possui 49% de sensibilidade<sup>101</sup>, podendo ser classificado como subjetivo, também por não ter um dispositivo objetivo de avaliação<sup>102</sup>.

Essa possibilidade de variação na realização do teste pode provocar interpretações inadequadas sobre a instabilidade articular e, eventualmente, tratamentos inadequados, com possíveis pós-operatórios com prejuízo de estabilidade e insatisfação do paciente<sup>57,103</sup>. O estresse em valgo é sempre aplicado durante o teste de pivot shift, mas o estresse de rotação axial nem sempre é o mesmo entre os cirurgiões examinadores<sup>104</sup>; portanto, a grande variação de técnica acaba provocando grande variação de resultados<sup>105,106</sup>.

De acordo com **Ayeni et al.**<sup>107</sup>, em uma revisão sistemática em 2012, o resultado do pivot shift pode ser correlacionado com as escalas funcionais pós-operatórias IKDC e Lysholm na maioria dos estudos caso-controle randomizados. No nosso estudo, no entanto, não houve correlação entre as medidas aferidas e os escores obtidos nas escalas.

Frente à literatura já existente sobre as alterações biomecânicas de exames realizados com e sem carga fisiológica em pé<sup>26,108</sup>, acreditamos que a WBCT tem forte potencial para se consolidar, em um futuro próximo, como um dispositivo de avaliação objetiva da instabilidade do joelho com lesão de LCA, sendo um exame não invasivo e reprodutível para medição angular objetiva em ortostase. Essa novidade possibilita uma análise mais detalhada desse parâmetro tão relevante no conhecimento das lesões de LCA e nas avaliações pré e pós-operatórias, podendo enriquecer a experiência do cirurgião com medidas fisiológicas objetivas. Acreditamos, também, que a consolidação da avaliação angular da instabilidade rotacional do joelho possa evoluir a ponto de se correlacionar o pivot shift explosivo a um valor objetivo de RI na WBCT, podendo este servir ou não de indicação cirúrgica para reforço do LAL nas reconstruções de LCA. Estudos futuros podem desenhar essa correlação.

A radiação emitida durante o uso de métodos diagnósticos por imagem é um dos pontos fundamentais de preocupação do estudo. A tecnologia utilizada pelo equipamento WBCT é semelhante à de TCs convencionais<sup>25</sup>, sendo que o dosímetro de aferição de radiação presente no equipamento utilizado neste estudo segue a métrica de radiação direcionada ao paciente por equipamentos de TC utilizada pelo American College of Radiology para acreditação de equipamentos. Nosso estudo aplicou a dose de radiação de 2,7 mGy por aquisição de imagem, radiação reduzida quando comparada à de doses de TCs convencionais, que chegam a emitir 18 mGy por aquisição<sup>109,110</sup>. Considerando a posição das avaliações que apresentaram significância estatística, nas aquisições com joelhos em extensão e em flexão de 30° bipodais, sem a inclusão das posições que não apresentaram significância estatística, há a possibilidade de se reduzir o exame completo e, portanto, a exposição do paciente à radiação, em estudos futuros.

Este estudo apresenta algumas limitações. Primeiramente, o tempo da lesão do LCA até a realização do estudo é prolongado, sendo a população composta por lesões crônicas de LCA. Isso se deve ao fato de a população do ambulatório de joelho do IOT-HCFMUSP ser majoritariamente composta por pacientes inicialmente recebidos do SUS para sua primeira consulta, em média seis meses após a lesão. Essa condição limita uma análise mais detalhada do joelho lesionado pelo quesito tempo prolongado de exposição à instabilidade articular pós-lesão de LCA, fator que potencializa o risco de lesões associadas de menisco e cartilagem<sup>30</sup>. Em segundo lugar, quanto ao aspecto demográfico desta amostra, ela é composta predominantemente por população masculina (80%) e com grande variação de idade, com média e DP de (29,7 ± 8,6). Ambas as situações também são explicadas pela predominância de pacientes do ambulatório de joelho do IOT-HCFMUSP com lesão de LCA, sendo estes majoritariamente do sexo masculino e praticantes de futebol. Em terceiro lugar, aplicamos o protocolo pré-operatório a uma amostra de 20 pacientes com o intuito de desenvolver um protocolo inicial para instabilidade do joelho com lesão de LCA. Nossa intenção é seguir com o estudo e, além de desenvolver a avaliação das medidas de TA e RI pós-operatórias nos pacientes desta amostra, posteriormente aumentar o número de pacientes do estudo. A expansão do treinamento e a realização de novos estudos seria fundamental para a validação clínica e o fortalecimento do uso da WBCT, tendo esta potencial para otimizar o desfecho do paciente com lesão de LCA, da avaliação inicial ao seu planejamento operatório.

---

## **7. CONCLUSÃO**

## **7 CONCLUSÃO**

Este estudo caso-controle prospectivo para a avaliação quantitativa da instabilidade articular em pacientes com lesão de LCA desenvolveu o primeiro protocolo completo de avaliação de instabilidade do joelho com carga fisiológica em pé por meio de WBCT. Além disso, o protocolo foi bem tolerado nas diversas posições de aquisição de imagens, com exames de rápida execução, doses de radiação relativamente baixas em relação às TCs convencionais e, ainda, com viabilidade e reprodutibilidade satisfatórias entre os pesquisadores.

Finalmente, os resultados mostraram maior instabilidade do joelho com lesão de LCA em todas as medidas de TA e RI nas posições a 0° e a 30° com apoio bipodal e de TA, com lateral unipodal.

---

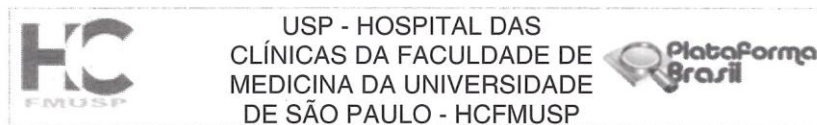
## **8. ANEXOS**



## 8 ANEXOS

**Anexo A -** Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa (CAPPesq) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP).

IOT 1409  
SGP 11890



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** O uso da tomografia computadorizada com carga para avaliação da articulação do joelho

**Pesquisador:** Riccardo Gomes Gobbi

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 29906020.3.0000.0068

**Instituição Proponente:** Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 4.011.060

**Apresentação do Projeto:**

Estudo que visa avaliar o uso da tomografia computadorizada com carga para avaliação da articulação do joelho.

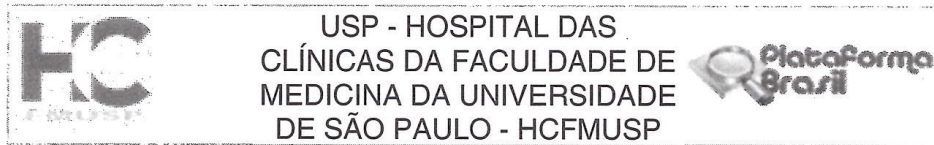
**Objetivo da Pesquisa:**

Avaliar a articulação do joelho durante a carga em 0º e 30º de flexão com auxílio do novo aparelho de tomografia com carga disponibilizado recentemente no IOT-HCFMUSP, em pacientes com: instabilidade patelar, ou lesões meniscais, ou lesões condrais, ou lesões do ligamento cruzado anterior antes e após a reconstrução ligamentar.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Riscos: os decorrentes da radiação e de punção do joelho com injeção de meio de contraste intra-articular nos casos de realização de artro-tomografia. Benefícios: 1) Os resultados do estudo podem ajudar na melhor investigação da dinâmica da articulação patelofemoral, contribuindo no raciocínio e planejamento terapêutico otimizado. 2) Os resultados do estudo podem auxiliar na investigação das causas que levam à evolução degenerativa da cartilagem articular e dos meniscos após as lesões meniscais radiais. 3) Os resultados do estudo podem ajudar na investigação diagnóstica das lesões condrais, uma vez que mesmo na ressonância magnética existe frequente subestimação do tamanho das lesões. 4) Os resultados do estudo podem ajudar na melhor investigação da dinâmica do joelho após a cirurgia de reconstrução do LCA, contribuindo no

**Endereço:** Rua Ovídio Pires de Campos, 225 5º andar  
**Bairro:** Cerqueira Cesar **CEP:** 05.403-010  
**UF:** SP **Município:** SAO PAULO  
**Telefone:** (11)2661-7585 **Fax:** (11)2661-7585 **E-mail:** cappesq.adm@hc.fm.usp.br



Continuação do Parecer: 4.011.060

rაციონին e planejamento terapêutico mais adequado, visando otimizar ainda mais os resultados pós-operatórios.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Pesquisa de grande interesse clínico, que avaliará a utilidade da tomografia computadorizada com carga na avaliação de patologias do joelho.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Adequados.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Sem pendências ou inadequações.

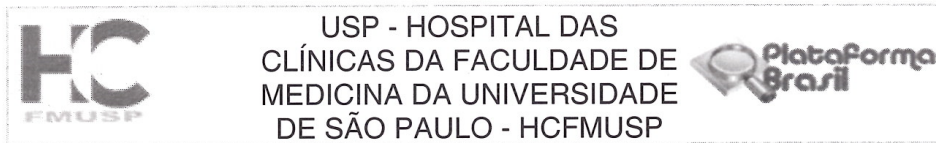
**Considerações Finais a critério do CEP:**

Em conformidade com a Resolução CNS nº 466/12 – cabe ao pesquisador: a) desenvolver o projeto conforme delineado; b) elaborar e apresentar relatórios parciais e final; c) apresentar dados solicitados pelo CEP, a qualquer momento; d) manter em arquivo sob sua guarda, por 5 anos da pesquisa, contendo fichas individuais e todos os demais documentos recomendados pelo CEP; e) encaminhar os resultados para publicação, com os devidos créditos aos pesquisadores associados e ao pessoal técnico participante do projeto; f) justificar perante ao CEP interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1481866.pdf	12/03/2020 09:52:11		Aceito
Outros	aprovacao_departamento_IOT.pdf	12/03/2020 09:51:39	Riccardo Gomes Gobbi	Aceito
Outros	parecer_dados_digitais.pdf	12/03/2020 09:50:03	Riccardo Gomes Gobbi	Aceito
Outros	declaracao_de_custo.pdf	13/02/2020 14:16:57	Riccardo Gomes Gobbi	Aceito
Declaração de Pesquisadores	projeto_assinado.pdf	13/02/2020 14:15:48	Riccardo Gomes Gobbi	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	13/02/2020 14:13:37	Riccardo Gomes Gobbi	Aceito
Projeto Detalhado	projeto_tc_carga.docx	13/02/2020	Riccardo Gomes	Aceito

**Endereço:** Rua Ovídio Pires de Campos, 225 5º andar  
**Bairro:** Cerqueira Cesar **CEP:** 05.403-010  
**UF:** SP **Município:** SAO PAULO  
**Telefone:** (11)2661-7585 **Fax:** (11)2661-7585 **E-mail:** cappesq.adm@hc.fm.usp.br



Continuação do Parecer: 4.011.060

/ Brochura Investigador	projeto_tc_carga.docx	13:54:49	Gobbi	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	13/02/2020 13:52:05	Riccardo Gomes Gobbi	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_SGP11890_TC_avaliacao_articulacao Joelho.pdf	13/02/2020 13:46:33	Riccardo Gomes Gobbi	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

SAO PAULO, 06 de Maio de 2020

Assinado por:

**ALFREDO JOSE MANSUR**  
(Coordenador(a))

**Endereço:** Rua Ovídio Pires de Campos, 225 5º andar  
**Bairro:** Cerqueira Cesar **CEP:** 05.403-010  
**UF:** SP **Município:** SAO PAULO  
**Telefone:** (11)2661-7585 **Fax:** (11)2661-7585 **E-mail:** cappesq.adm@hc.fm.usp.br

Página 03 de 03

**Anexo B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).****HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – HCFMUSP****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO****Dados sobre a pesquisa:**

Título do protocolo de pesquisa: "O uso da tomografia computadorizada com carga para avaliação da articulação do joelho."

**Pesquisador responsável:** Dr. Riccardo Gomes Gobbi

**Cargo/função:** Chefe do Grupo de Joelho do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (IOT-HCFMUSP)

**Inscrição conselho regional - CREMESP nº 108346**

**Unidade do HCFMUSP:** Instituto de Ortopedia e Traumatologia

**Duração da avaliação:** avaliação clínica e tomográfica em tempo médio de 1 hora.

**Duração da pesquisa:** a pesquisa será desenvolvida por um período de 12 meses.

Convidamos o(a) Sr.(a) para participar desta pesquisa que irá avaliar, através de avaliações clínicas e exames de imagem, as alterações encontradas nos joelhos em consequência das suas lesões.

**Justificativa e objetivo do estudo:** O objetivo deste trabalho é avaliar com um novo tipo de exame (a tomografia com carga) sua lesão do joelho, com a perspectiva de obtermos dados adicionais que contribuam para podermos melhor definir o tratamento. Serão incluídas nesse estudo luxações da patela (rótula que sai do lugar, desencaixa), alguns tipos específicos de lesões de menisco (cartilagem de amortecimento do joelho), lesões de cartilagem e lesões do ligamento cruzado anterior do joelho.

**Explicação do Procedimento:** Você será submetido a uma avaliação inicial do joelho para determinarmos o quanto ele mexe e os pontos específicos de dor e desconforto, e será questionado quanto à suas dificuldades e sintomas no dia a dia. Além disso, serão avaliados os exames de imagem que você já possui (radiografia - RaioX e ressonância) visando relacionar as suas queixas com as alterações encontradas nesses exames. Você passará por um exame de tomografia computadorizada, que é um exame que possui radiação, embora com o nível reduzido, semelhante à 3-4 radiografias simples. Além disso, em alguns casos determinados, será realizado infiltração articular do joelho para infiltração de contraste antes do procedimento tomográfico. Nesses casos, um termo adicional deverá ser consentido.

**Possíveis desconfortos:** A avaliação total terá duração de aproximadamente 1 hora e possui risco mínimo a sua saúde, podendo haver dor muscular nos joelhos de um a dois dias após a avaliação, que passará decorrido alguns dias. Em caso de dor ou desconforto intenso, nos avise que o exame será interrompido.

**Benefícios:** Sua participação ajudará a entendermos melhor a utilidade desse novo exames de tomografia com carga na compreensão e planejamento terapêutico da lesão que você possui. Após a sua avaliação, iremos te informar dos achados importantes e orientar algumas medidas que podem ser tomadas para melhorar possíveis dificuldades que você tenha. Qualquer dúvida, pode entrar em contato conosco.

Declaro que os responsáveis por essa pesquisa me explicaram os riscos envolvidos, a importância da minha participação e responderam todas as minhas questões sobre o experimento. Declaro que aceitei participar deste estudo em livre e espontânea vontade. Estou ciente que os resultados auxiliarão no maior conhecimento a respeito da minha condição e tratamento. Fui informado (a) que este experimento não trará nenhum risco a minha saúde e que não existe nenhum seguro de saúde que eu possa me beneficiar. Entendo que não haverá despesas pessoais para mim bem como compensação financeira relacionada à minha participação. É meu direito interromper minha participação a qualquer

momento sem que isso leve a qualquer prejuízo à minha pessoa ou ao atendimento que recebo neste serviço. Também entendo que o pesquisador tem o direito de excluir meus dados no caso de abandono do experimento, coleta incompleta ou conduta inadequada durante o período de coleta. As informações obtidas nesta pesquisa não serão associadas a minha identidade e não poderão ser consultadas por pessoas que não sejam da área da saúde sem minha autorização oficial. Estas informações poderão ser utilizadas para fins estatísticos ou científicos somente nesse estudo descrito e desde que fiquem resguardados o meu anonimato e minha total privacidade. Se for de meu interesse, poderei ser informado pelos pesquisadores quanto aos resultados parciais e finais do estudo. Entendo que é meu direito manter uma cópia deste consentimento.

Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de dúvidas. O principal investigador é o Dr. Riccardo Gomes Gobbi, que pode ser encontrado no Instituto de Ortopedia e Traumatologia, Universidade de São Paulo - USP no endereço Dr. Ovídio Pires de Campos, 333. Cerqueira César, São Paulo. Telefone: (11) 2661-0000. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) - Rua Ovídio Pires de Campos, 225 - 5º andar - tel: (11) 2661- 6442 ramais 16, 17, 18, ou (11) 2661-7585; e-mail: [cappesq.adm@hc.fm.usp.br](mailto:cappesq.adm@hc.fm.usp.br) Fui suficientemente informado a respeito do projeto "O uso da tomografia computadorizada com carga para avaliação da articulação do joelho". Eu discuti as informações acima com os pesquisadores executantes Sandro Ricardo Benites Zelada e Diego Ubrig Munhoz, delegados pelo pesquisador responsável Dr. Riccardo Gomes Gobbi sobre minha decisão em participar nesse estudo. Ficam claros para mim os objetivos, os procedimentos, os potenciais desconfortos e riscos e as garantias. Concordo voluntariamente em participar deste estudo, assino esse termo de consentimento e recebo uma via rubricada pelo pesquisador.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Voluntário / representante legal

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador

Data: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

**Dados de identificação do sujeito da pesquisa ou responsável legal**

Nome: .....

Documento de identidade nº : ..... SEXO : M ( ) F ( )

Data de nascimento: ...../...../.....

Endereço: ..... Nº ..... APTO: .....

Bairro:..... Cidade: .....

CEP:..... Telefone:DDD(.....) .....

Responsável legal: .....

Natureza (grau de parentesco, tutor, curador etc.): .....

Documento de identidade nº : ..... SEXO : M ( ) F ( )

Data de nascimento: ...../...../.....

Endereço: ..... Nº ..... APTO: .....

Bairro:..... Cidade: .....

CEP:..... Telefone: DDD (.....) .....

## Anexo C – Protocolo STROBE.

STROBE Statement—checklist of items that should be included in reports of observational studies

	Item No	Recommendation
Title and abstract	1	(a) Indicate the study's design with a commonly used term in the title or the abstract (b) Provide in the abstract an informative and balanced summary of what was done and what was found
<b>Introduction</b>		
Background/rationale	2	Explain the scientific background and rationale for the investigation being reported
Objectives	3	State specific objectives, including any prespecified hypotheses
<b>Methods</b>		
Study design	4	Present key elements of study design early in the paper
Setting	5	Describe the setting, locations, and relevant dates, including periods of recruitment, exposure, follow-up, and data collection
Participants	6	(a) <i>Cohort study</i> —Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants. Describe methods of follow-up <i>Case-control study</i> —Give the eligibility criteria, and the sources and methods of case ascertainment and control selection. Give the rationale for the choice of cases and controls <i>Cross-sectional study</i> —Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants (b) <i>Cohort study</i> —For matched studies, give matching criteria and number of exposed and unexposed <i>Case-control study</i> —For matched studies, give matching criteria and the number of controls per case
Variables	7	Clearly define all outcomes, exposures, predictors, potential confounders, and effect modifiers. Give diagnostic criteria, if applicable
Data sources/ measurement	8*	For each variable of interest, give sources of data and details of methods of assessment (measurement). Describe comparability of assessment methods if there is more than one group
Bias	9	Describe any efforts to address potential sources of bias
Study size	10	Explain how the study size was arrived at
Quantitative variables	11	Explain how quantitative variables were handled in the analyses. If applicable, describe which groupings were chosen and why
Statistical methods	12	(a) Describe all statistical methods, including those used to control for confounding (b) Describe any methods used to examine subgroups and interactions (c) Explain how missing data were addressed (d) <i>Cohort study</i> —If applicable, explain how loss to follow-up was addressed <i>Case-control study</i> —If applicable, explain how matching of cases and controls was addressed <i>Cross-sectional study</i> —If applicable, describe analytical methods taking account of sampling strategy (e) Describe any sensitivity analyses

Continued on next page



<b>Results</b>		
Participants	13*	(a) Report numbers of individuals at each stage of study—eg numbers potentially eligible, examined for eligibility, confirmed eligible, included in the study, completing follow-up, and analysed (b) Give reasons for non-participation at each stage (c) Consider use of a flow diagram
Descriptive data	14*	(a) Give characteristics of study participants (eg demographic, clinical, social) and information on exposures and potential confounders (b) Indicate number of participants with missing data for each variable of interest (c) <i>Cohort study</i> —Summarise follow-up time (eg, average and total amount)
Outcome data	15*	<i>Cohort study</i> —Report numbers of outcome events or summary measures over time <i>Case-control study</i> —Report numbers in each exposure category, or summary measures of exposure <i>Cross-sectional study</i> —Report numbers of outcome events or summary measures
Main results	16	(a) Give unadjusted estimates and, if applicable, confounder-adjusted estimates and their precision (eg, 95% confidence interval). Make clear which confounders were adjusted for and why they were included (b) Report category boundaries when continuous variables were categorized (c) If relevant, consider translating estimates of relative risk into absolute risk for a meaningful time period
Other analyses	17	Report other analyses done—eg analyses of subgroups and interactions, and sensitivity analyses
<b>Discussion</b>		
Key results	18	Summarise key results with reference to study objectives
Limitations	19	Discuss limitations of the study, taking into account sources of potential bias or imprecision. Discuss both direction and magnitude of any potential bias
Interpretation	20	Give a cautious overall interpretation of results considering objectives, limitations, multiplicity of analyses, results from similar studies, and other relevant evidence
Generalisability	21	Discuss the generalisability (external validity) of the study results
<b>Other information</b>		
Funding	22	Give the source of funding and the role of the funders for the present study and, if applicable, for the original study on which the present article is based

\*Give information separately for cases and controls in case-control studies and, if applicable, for exposed and unexposed groups in cohort and cross-sectional studies.

**Note:** An Explanation and Elaboration article discusses each checklist item and gives methodological background and published examples of transparent reporting. The STROBE checklist is best used in conjunction with this article (freely available on the Web sites of PLoS Medicine at <http://www.plosmedicine.org/>, Annals of Internal Medicine at <http://www.annals.org/>, and Epidemiology at <http://www.epidem.com/>). Information on the STROBE Initiative is available at [www.strobe-statement.org](http://www.strobe-statement.org).

## Anexo D – Manual equipamento CurveBeam (LineUP, Philadelphia, PA, EUA).



LineUP

# Introduction to LineUP Cone Beam CT Imaging System *Operations Training*



Please refer to the LineUp Operator's manual and read all warnings and cautions.

Created for LineUp  
ACQ v1.3.0.1

## LineUp & Cone Beam CT

LineUP

- **LineUp:** Cone Beam CT Imaging System for 3D imaging of the bony & dense structures in the upper and lower extremities. Can also capture DX images.
- **Cone Beam CT Imaging:** Volumetric image capture of a targeted area of interest. The 3D data is comparable to that of conventional CT of the bone, however this low energy modality has very fast scan times and provides significantly less radiation dose to the patient.
- **Results:** Easy to capture, advanced 3D images with superior diagnostic value as compared to the standard traditional 2D X-ray films.

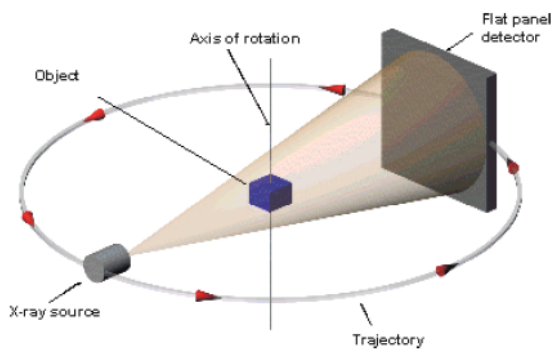


*NOTE: LineUp is for 3D Imaging of the bone, similar to a CT scan. It is not for soft tissue.*

## More on Cone Beam CT:

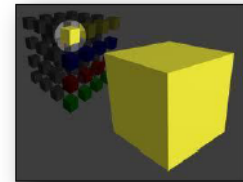
LineUP

- Uses a cone shaped beam to scan the area of interest.
- Since the cone shape captures a larger area of interest, only one rotation around the patient is necessary, which results in less patient dose than conventional fan beam CT (which makes multiple rotations and uses a higher energy output, hence the increase in dose).
- Uses a pulsed beam to further reduce radiation
- Compact, fast, easy to use.



### Voxel:

A CBCT volumetric dataset is made up of multiple "voxels". A LineUp voxel is cube shaped. (a pixel cubed). The smaller the voxel size, the higher the resolution of the image.

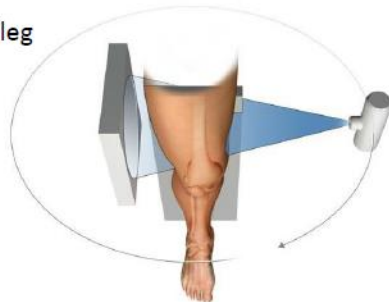


## More on LineUp Cone Beam CT:

LineUP

- Not a full body scanner. Designed to scan only targeted areas: Upper and lower extremities
- Field Of View is a cylinder (FOV) is 7.9" (20cm) Height X 7.9-13.8" (20-35cm) Diameter

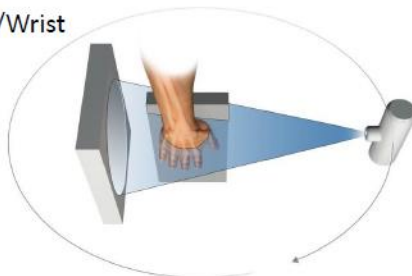
Knee/leg



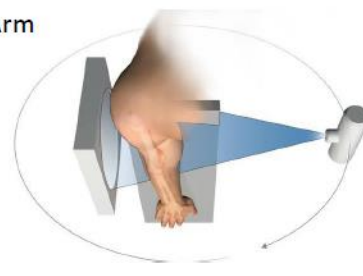
Foot/Ankle



Hand/Wrist



Elbow/Arm



# Dose Information:



Technique	Effective Dose in microseverts (µSv)
Daily Background	8 per day (or 3000 µSv per year) **
Difference of daily background for high altitude locations (i.e: Denver) vs. sea level	50% more per day (or 1500 µSv more per year) **
Coast to coast round trip airline flight	30 **
<b>LineUp Cone Beam CT (estimate based on PedCAT - TBD)</b>	
Medium FOV (1 foot)	2-3 *****
Large FOV (2 feet)	5 *****
Medical MDCT of the lower extremity (foot & ankle)	25 ***** 70-200 ***** 1000 ***
Chest Film X-ray	100 **
Extremity Film X-ray	0.5-1 ** *****
Medical CT of Chest	7000 **
Dental Medium FOV Medical CT scan (Sonatom 64 slice)	860 *
Dental Panoramic (OrthoPhos Plus DS)	32.2 *
Dental Full Mouth Series (Average of various techniques)	50 *
Dental Cone Beam CT exam (i-CAT, medium FOV)	87 *

References:  
 \*Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology  
 John B. Ludlow, DDS, MS, FDS RCSEd,a and Marija Ivanovic, PhD,b Chapel Hill, North Carolina  
 UNIVERSITY OF NORTH CAROLINA  
 \*\*RadiologyInfo.org developed jointly by American College of Radiology and Radiological Society of North America. [www.radiologyinfo.org](http://www.radiologyinfo.org)  
 \*\*\*Nagel HD. Dose values from CT examinations. In: Nagel HD, ed. Radiation exposure in computed tomography. Hamburg, Germany: CTB Publications, 2002:15-24  
 \*\*\*\*Biswas D, Biblic JE, Bohan M, et al: Radiation Exposure From Musculoskeletal Computerized Tomographic scans, Yale University and Yale-New Haven Hospital, 2009  
 \*\*\*\*\*Report on CurveBeam CBCT Foot Dosimetry, John Ludlow, DDS, MS, FDS RCSEd

CurveBeam practices the **ALARA** standard. (dose “as low as reasonably achievable”). We recommend the use of lead aprons for the patient during all scan procedures.

# Getting Started: Server



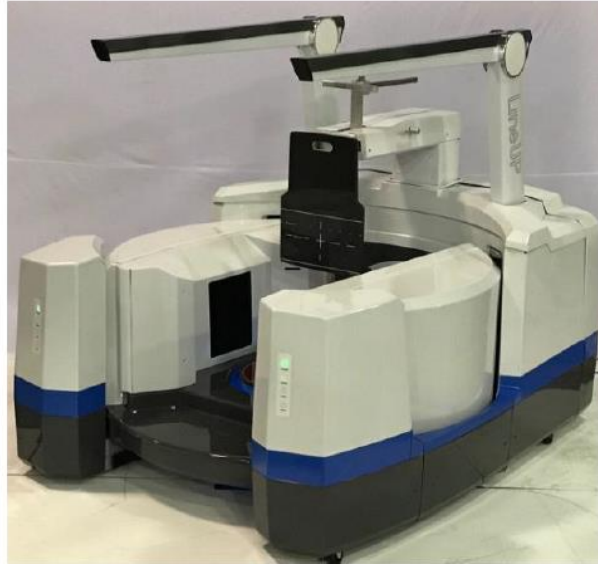
- Power button for UPS (ALWAYS ON !!)
- \*Output voltage should always be showing in display window
- Power Button for Server (ALWAYS ON !!)
- \*Do not power down the server by pressing the power button, or damage to system software and patient data may occur. Contact CurveBeam Tech Support for assistance if server needs to be powered down.

## Getting Started: LineUp scanner

LineUP

### Important System Components:

- **LineUp Scanner:** base, gantry, door, platform, shield, knee positioner, power ON switch.
- *Needs a 1 hour warm up for optimal Image Quality, depending on ambient room temperature*

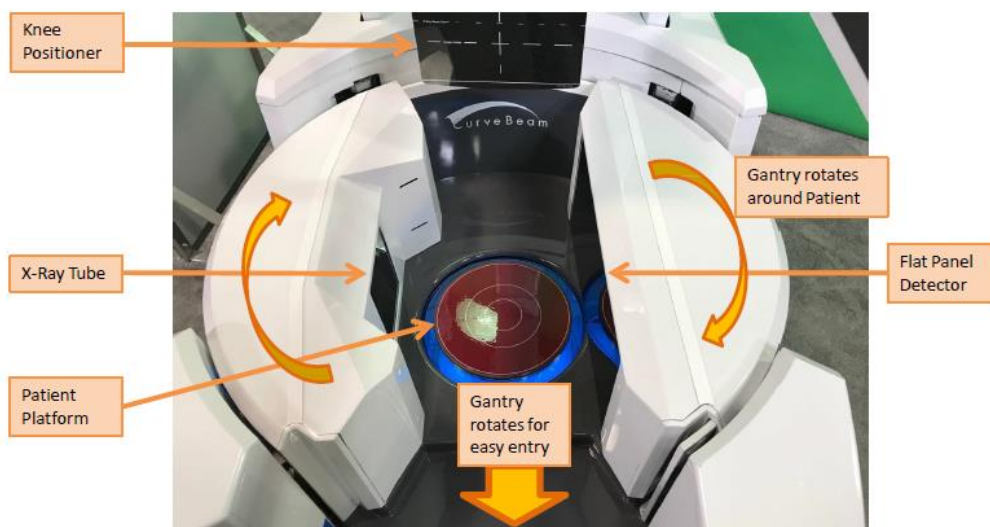


## Getting Started: LineUp scanner

LineUP

### Important System Components:

- **LineUp Scanner:** Patient platform, rotating gantry, x-ray source, flat panel detector
- LineUp is shown in Patient entry/exit position:
  - Gantry is rotated so patient can step in or out
  - Gantry is lowered so patient can step in or out



## Getting Started: LineUp scanner

LineUP

### Important System Components:

- **LineUp Scanner:** Door, elevate gantry
- Gantry raises up to scan knees
- Door closes to protect patient, operator

Operator makes adjustments to height of knee positioner & gantry

Door closes for safety



Gantry rotates around Patient

Gantry raises for knee scan

## Getting Started: LineUp scanner

LineUP

### Important System Components:

- **LineUp Scanner:** hand rails, on/off switch
- Patient faces into machine for weight-bearing foot and knee scans

Hand rails for patient stability

Power On/Off switch



## Getting Started: LineUp scanner

### Important System Components:

- **LineUp Scanner:** hand rails, knee positioner
- Patient can face into machine for weight-bearing foot and knee scans; knee positioner to stabilize legs

Hand rails for patient stability

Knee positioner to stabilize legs when facing into LineUp



+

## Getting Started:



### **Operator's console:**

- Monitor, mouse, keyboard, and computer (must be powered on)
- Operator logs in here
- Operator controls the LineUp here through the Acquisition software



## Getting Started:

LineUP

### Important System Components:

- **Control box:** Emergency Stop, Exposure Switch & status lights.
  - If the Red E-stop button is pushed, all power to machine will shut off and **the button will light up**. To reset, the Red button must be twisted clockwise to pop out. The Power ON switch at the machine then needs to be turned back to the ON position, and the Acquisition software must be restarted.
  - The Exposure button is a “dead man switch” which must be held down for the duration of the exposure. If the button is released too soon, the x-ray exposure will stop immediately, the Fault light will come on, the machine will finish its cycle, but the scan will need to be re-taken. The Acquisition software may have to be restarted.
- **Status lights:** on both machine and Control box.
- When the machine is ON, the Power light is Green.

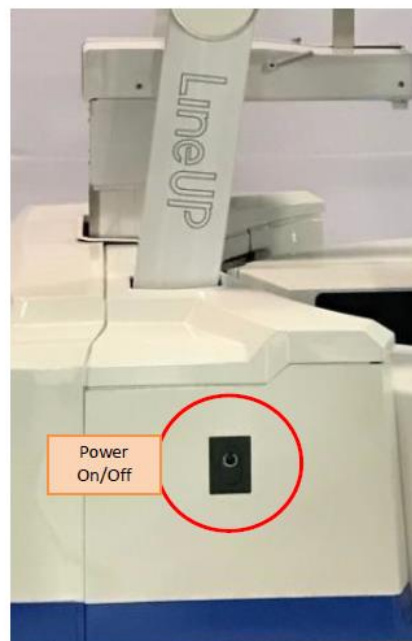


## Getting Started:

LineUP

### Turning ON the system:

1. POWER ON at the machine circuit switch: Machine must be ON for at least 15 seconds before launching the Acquisition software.
2. Launch CB Scanner Software: The Server should already be ON. From the Operator's console, Login to ACQ VM and launch the ACQ software.
3. System will “Start Up” (**MACHINE WILL MOVE**). Once initialization successfully completes, scans can be taken
4. NOTE: The server should be left on at all times. If the server has been powered down, it will take approximately 12 minutes from the time it is turned on until it is ready.

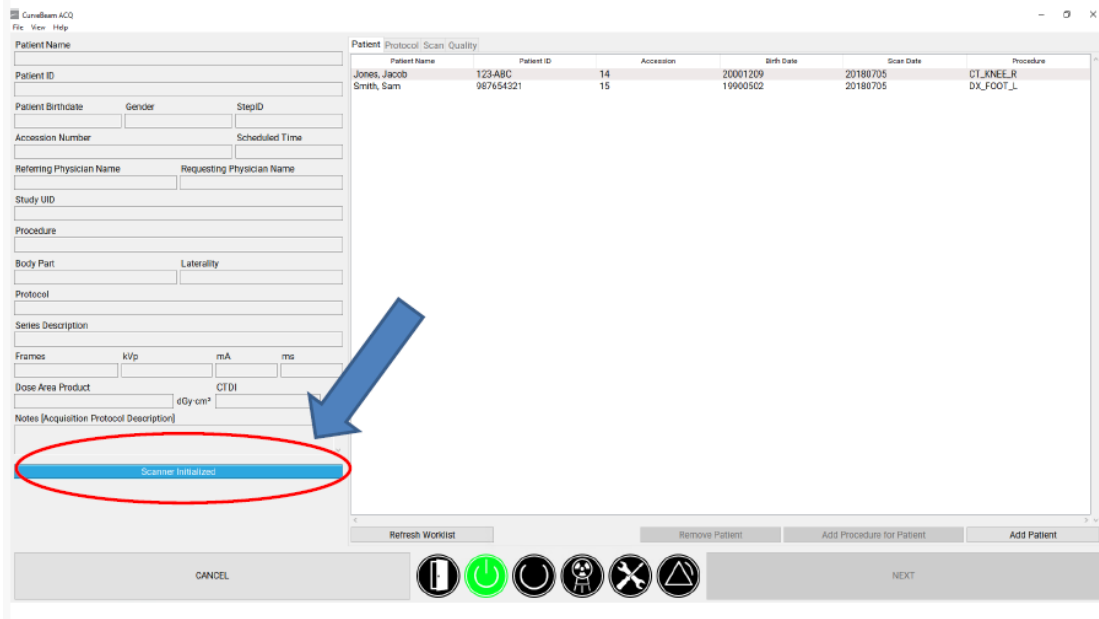




# Getting Started:



Once the screen says "Scanner Initialized" it is ready to use



# CB Scanner Software:

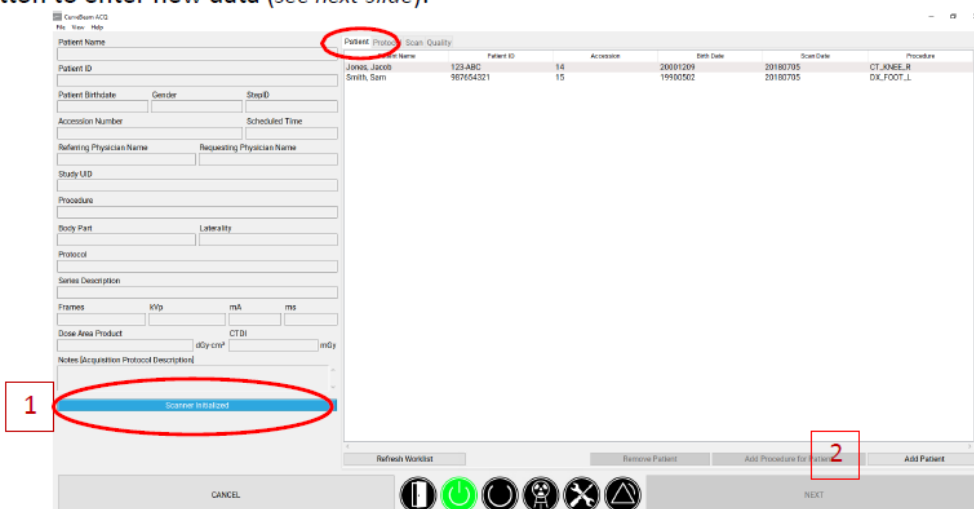


Once Start Up is complete, the software will open into the Acquisition software's Patient Tab. 1. The Procedure Step you should be following appears in the lower left corner.

If the patient name is already in the modality Worklist, click on it to highlight; if not, 2. click the **Add Patient** Button to enter new data (see next slide).

**NOTE:** The patient will remain in the Worklist until it is Manually Removed by the "Remove Patient" button, or automatically after 15 days (configurable). Highlight patient name first, then click "Remove Patient".

**NOTE:** A maximum of 50 Worklist Entries will display in the Worklist, so be sure to Remove patients once scans are completed.



## CB Scanner Software:

LineUP

### Add Patient Procedure

To manually add New Patients to the Worklist:

1. Clear previous patient data, if necessary.
2. Enter Patient Name.
3. Enter Patient ID (must be unique for this patient).
4. Select Procedure from the Drop Down (select CT or X-Ray).

*Optional (recommended)*

5. Birthdate, Gender, Referring/Requesting Physician Name
6. Accession number should be left alone, unless required by facility

**Add Patient**

Patient Name: Strong, Brenda **2** Patient ID: S-123 **3**

Patient Birthdate (YYYYMMDD): 19850322 **5** Patient Sex: Female Accession Number: 16 **6**

Referring Physician: Dr Martin Requesting Physician: Dr Thomas

CT		X-ray	
Description	Code	Description	Code
CT Both Feet	CT_FOOT_B		
<b>CT Left Foot</b>	<b>CT_FOOT_L</b>		
CT Right Foot	CT_FOOT_R		
CT Both Knees	CT_KNEE_B		
CT Left Knee	CT_KNEE_L		
CT Right Knee	CT_KNEE_R		

**1**

Add Patient to Worklist Clear Patient Data Cancel

## CB Scanner Software:

LineUP

Once the Patient name appears in the Worklist:

1. Click to highlight Patient Name in the Worklist.
2. Click NEXT when ready to proceed to the Protocol tab

**CuroScan ACG**

Patient Name: \_\_\_\_\_ Patient ID: \_\_\_\_\_ **1**

Patient Birthdate: \_\_\_\_\_ Gender: \_\_\_\_\_ StepID: \_\_\_\_\_

Accession Number: \_\_\_\_\_ Scheduled Time: \_\_\_\_\_

Study UID: \_\_\_\_\_

Procedure: \_\_\_\_\_

Requesting Physician Name: \_\_\_\_\_

Referring Physician Name: \_\_\_\_\_

Body Part: \_\_\_\_\_ Laterality: \_\_\_\_\_

Scanner Initialized

Patient Name	Patient ID	Accession	Birth Date
2D*SHOT	ID_2D	ACCESSION_2D	20170711
3D*FEET	ID_3DFEET	ACCESSION_3DFEET	20170728
3D*HAND_R	ID_3DHAND_R	ACCESSION_3DHAN	20170728
3D*KNEES	ID_3DKNEES	ACCESSION_3DKNEI	20170728
3D*UNKNOWN	ID_3DUNKNOWN	ACCESSION_3DUNK	20170728
Gain Cal	Gain Cal	ACCESSION_69OZTC	20170706
Defect	Cal	ACCESSION_EIZXDE	20170706

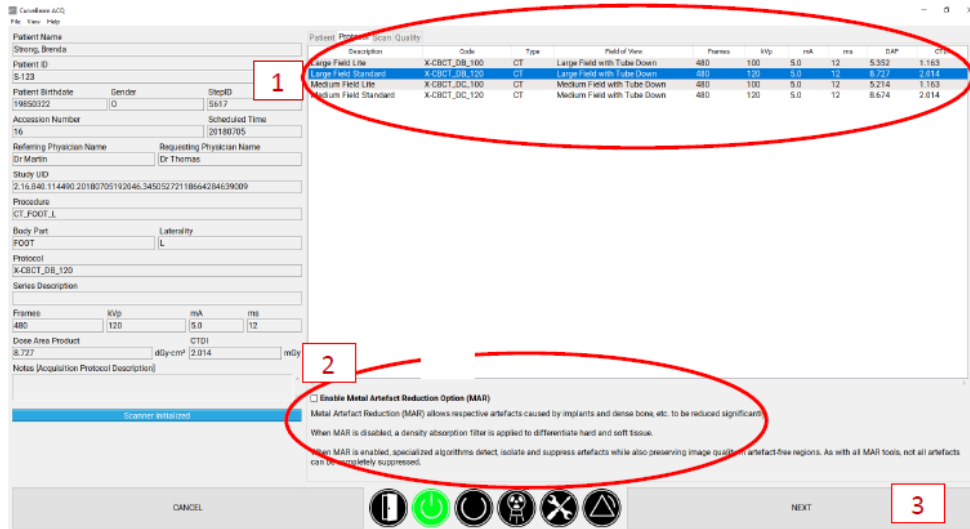
CANCEL **2** NEXT

# CB Scanner Software:



## Select Scan Protocol to Perform:

1. Select appropriate Protocol (*based on density of anatomy – see next slide*).
2. Check or uncheck box to enable or disable Metal Artefact Reduction
3. Select Next



# CB Scanner Software:



## Selecting a 3D Scan Protocol to Perform: Patient size (mass) and Anatomy

Description	Code	Type	Field of View	Frames	kVp	mA	ms	DAP	CTDI
Large Field Lite	X-CBCT_DB_100	CT	Large Field with Tube Down	480	100	5.0	12	5.352	1.163
Large Field Standard	X-CBCT_DB_120	CT	Large Field with Tube Down	480	120	5.0	12	8.727	2.014
Medium Field Lite	X-CBCT_DC_100	CT	Medium Field with Tube Down	480	100	5.0	12	5.214	1.163
Medium Field Standard	X-CBCT_DC_120	CT	Medium Field with Tube Down	480	120	5.0	12	8.674	2.014

1. Standard (120kVp) 3D Protocol should be used for average to large size Patients, especially for more dense bony structures such as the knee, foot, and elbow.
2. Lite Dose (100kVp) 3D should be used for smaller patients (under 100 lbs/ 45kg) and for less dense bony structures such as the hand and wrist.
3. All other 3D scan parameters (mA, time, FOV, etc.) are fixed based on protocol
  - mA fixed at 5mA
  - 3D Scan times <30 seconds
  - \*Actual 3D exposure time (due to pulsed x-ray) is less than 6 seconds
  - FOV fixed at 20cm H X 20cm D (Medium Field) or 20cm H X 35cm D (Large Field)
  - See next slide for 2D protocols

# CB Scanner Software:



## Selecting a 2D Scan Protocol to Perform: Patient size (mass) and Anatomy

1. 2D x-ray images can be taken by placing the Body Part up against the detector
2. Protocols and technique factors shown below have been established by CurveBeam to achieve optimum image quality for the Body Part selected
3. The exposure technique factors are fixed and cannot be adjusted

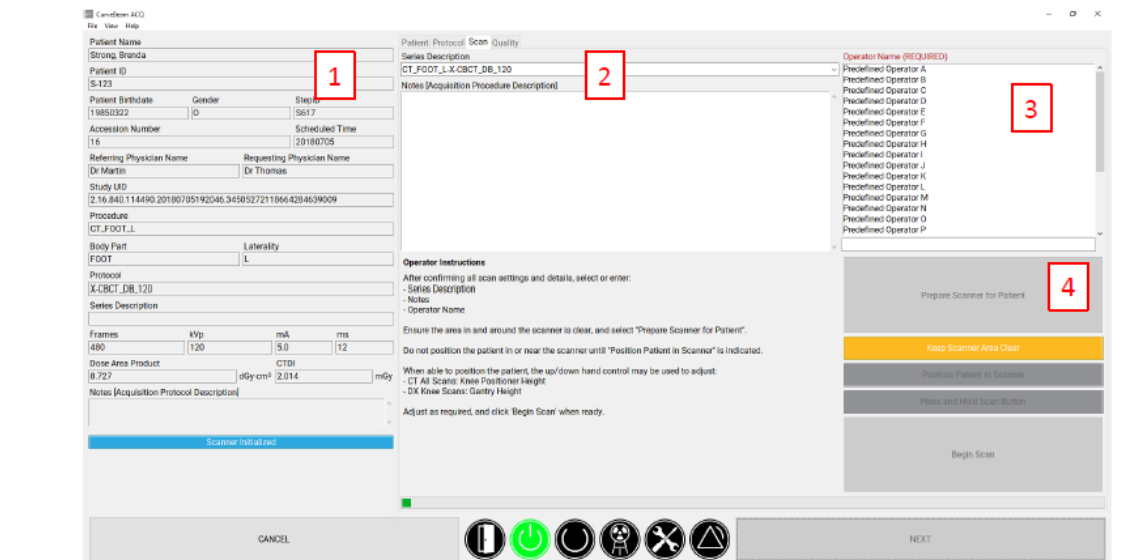
Dose	Anatomy	Patient Orientation	kVp	mA	ms	Frames	mAs	
Standard	Feet Both	AP		60	5	800	1	4
Standard	Feet Both	PA		60	5	800	1	4
Standard	Foot	Lateral (MedioLateral)		60	5	800	1	4
Lite Dose	Feet Both	AP		60	5	500	1	2.5
Lite Dose	Feet Both	PA		60	5	500	1	2.5
Lite Dose	Foot	Lateral (MedioLateral)		60	5	400	1	2
Standard	Knees Both	AP		60	5	1300	1	6.5
Standard	Knees Both	PA		60	5	1300	1	6.5
Standard	Knee	Lateral (MedioLateral)		60	5	1200	1	6
Lite Dose	Knees Both	AP		60	5	1000	1	5
Lite Dose	Knees Both	PA		60	5	1000	1	5
Lite Dose	Knee	Lateral (MedioLateral)		60	5	750	1	3.75

# CB Scanner Software:



## Preparing to Scan:

1. Verify Patient information, protocol, etc. are correct – once the scan is started, you cannot change the information
2. Enter Series Description and Notes
3. Select Operator Name
4. Select Prepare Scanner for Patient (only enabled after operator is selected). The scanner will move into position.



## CB Scanner Software:

When the “Position Patient in Scanner” button is blue, position patient as described in the following slides.

The screenshot displays the CB Scanner Software interface. On the left, there are fields for Patient Name (Strong, Brenda), Patient ID (S-123), Patient Birthdate (19850322), Gender (O), StepID (S617), Accession Number (16), Scheduled Time (20180705), Referring Physician Name (Dr Martin), and Requesting Physician Name (Dr Thomas). The middle section shows the Series Description (CT\_FOOT\_L-X-CBCT\_DB\_120) and Operator Name (Predefined Operator A). The right side contains a list of predefined operators (A through M). The bottom right area features a 'Position Patient in Scanner' button, which is highlighted with a red circle. Below this button is a 'Begin Scan' button. The interface also includes a 'Prepare Scanner for Patient' button and a 'Begin Scan' button. The bottom of the screen has a 'CANCEL' button and a 'NEXT' button, along with several icons representing different scanner functions.

## CB Scanner Software:

LineUP

### Positioning the Patient: Lower Extremities – General Guidelines

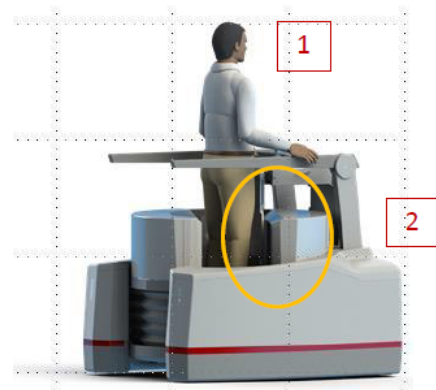
1. Patient should remove both shoes to avoid scuffing the LineUp
2. Any removable metal and other objects (jewelry, prosthetics, etc.) should be removed where possible, to avoid artifacts in the images
3. For knee and feet scans, the patient should be standing
4. Both knees will be imaged in 3D mode
5. One foot can be imaged using the one foot platform
6. 2D imaging is limited to lateral and AP/PA views for most cases
7. Body Part being imaged is placed as close to the flat panel detector as possible in 2D Imaging, to reduce magnification and distortion

## CB Scanner Software:

LineUP

### Positioning the Patient: Knee 3D

1. For a knee scan, the patient should be standing
2. Both knees will be imaged in 3D mode
3. Have the Patient face into the machine and place their knees forward, resting against the knee positioner
4. Knees can be bent to a desired angle (i.e. 20 degrees) by leaning them against the knee positioner, or standing straight up

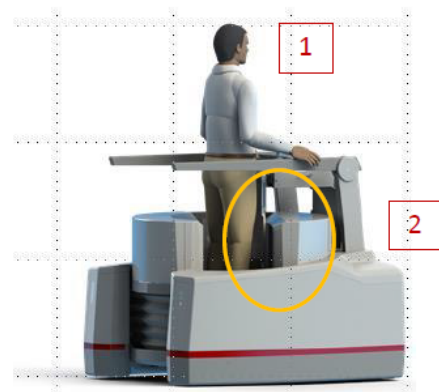


## CB Scanner Software:

LineUP

### Positioning the Patient: Knee 2D

1. For a knee scan, the patient should be standing
2. **One or both knees** can be imaged in 2D mode
3. Lateral: Have the Patient face into the machine and place the knee to be imaged forward, resting against the flat panel detector
4. Lateral: The leg not being imaged should be placed a half-step back
5. PA view: stand upright with knees against the detector



## CB Scanner Software:

LineUP

### Positioning the Patient: Foot/Feet 3D

1. For a foot/feet scan, the patient can be standing (weight-bearing)
2. One or both feet can be imaged in 3D mode
3. A partial scan of one foot, at a higher resolution, is possible using the Medium (MFOV) protocols



## CB Scanner Software:

LineUP

### Positioning the Patient: Foot/Feet 2D

1. For a foot/feet scan, the patient can be standing (weight-bearing)
2. One or both feet can be imaged in PA view, One foot at a time in Lateral view
3. Lateral: Have the Patient face into the machine and place the foot to be imaged forward, resting against the flat panel detector
4. Lateral: The foot not being imaged should be placed on the LineUp cover or in front of/behind the foot being imaged
5. PA view: stand upright with feet (toes) against the detector

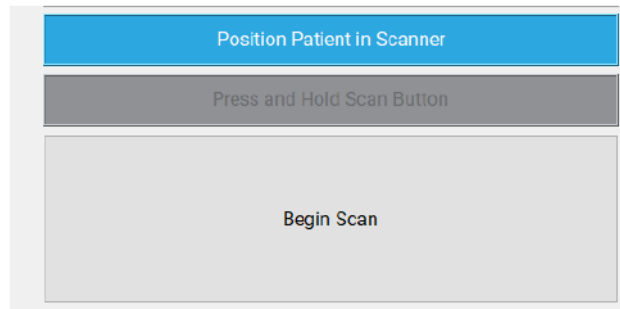


# CB Scanner Software:

LineUP

## Acquiring the Scan:

1. Verify Patient information, protocol, etc. are correct – once the scan is started, you cannot change the information
2. Once you have Positioned the Patient, click BEGIN SCAN to start the scan



## Acquiring the Scan: Part 1

LineUP

3. Deliver Patient Instructions Before Pressing the Exposure Switch.

### Patient Instructions for a Scan:

Once the patient is properly positioned in the system, the operator should instruct the patient to **hold perfectly still for the duration of the scan**. It is very important for the patient to hold still. If the patient moves during the volume scans, the image quality results may not be optimal.

- Medium Field scan procedure times will be approx. 30 seconds (this will be 1 quick rotation around the foot), from the time the exposure button is pressed until the end of the scan.
- Large Field scan procedure times will be approx. 60 seconds (this will be 1 slow rotation around the feet), from the time the exposure button is pressed until the end of the scan.

### Instructions to the patient should include:

- The gantry is about to raise. Do not move (when elevating gantry for knee scan)
- (all scans): The gantry is about to rotate. This will take about 30/60 seconds
- Do not move until I tell you the scan is finished
- Stand/sit upright, (or lay flat on transporter) don't slump
- Do not shift your weight or sway (if standing)
- Look straight ahead



## CB Scan Acquisition: Part 2

LineUP

### Acquiring the Scan: Exposure switch

1. When the Ready light is a solid green, you can start the exposure
2. Press and hold the exposure switch until the exposure is complete
3. For a knee scan, the exposure switch needs to be held down before and after a scan while the gantry is lifting up and back down. If needed, the button can be released and pressed again to resume these movements.
4. The yellow x-ray light will go on when x-ray is being produced, and will go off when the exposure is complete
5. If you let go of the Exposure switch during X-Ray before the exposure is complete and all the image data has been acquired, the red Fault light will go on, and the scan will have to be taken again



## Acquiring the Scan: Part 3

LineUP

4. Hold down the exposure switch button **for the entire duration of the scan.**
  - \*The audible alarm will sound, and the X-ray ON status indicator lights will illuminate in Amber on both the machine and the control box for the duration of exposure. If the exposure button is released prematurely, the exposure will stop but the LineUp will continue to rotate until it reaches the end of its cycle, and the red FAULT light will be lit. Premature release of the exposure button means the patient will have to be re-scanned.
5. Be sure to watch your patient carefully for any signs of movement
6. For a knee scan, the exposure switch needs to be held down before and after a scan while the gantry is lifting up and back down. If needed, the button can be released and pressed again during these movements.

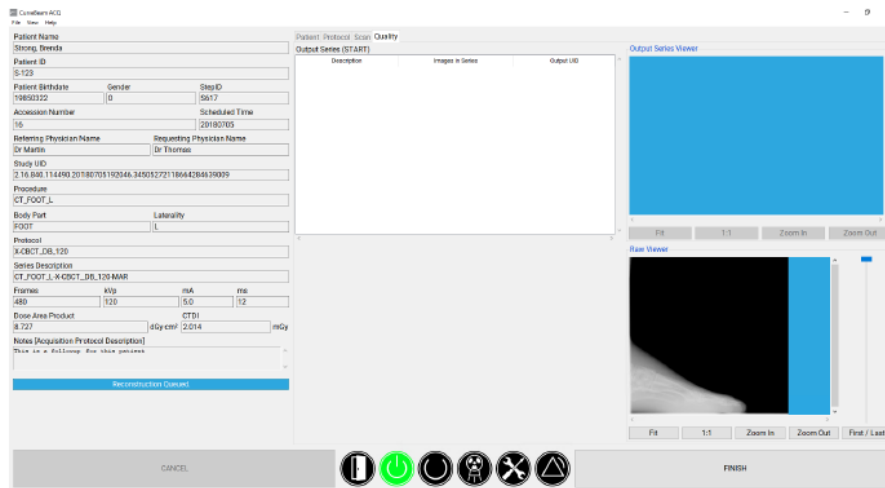


# CB Scanner Software:



## Acquiring the Scan:

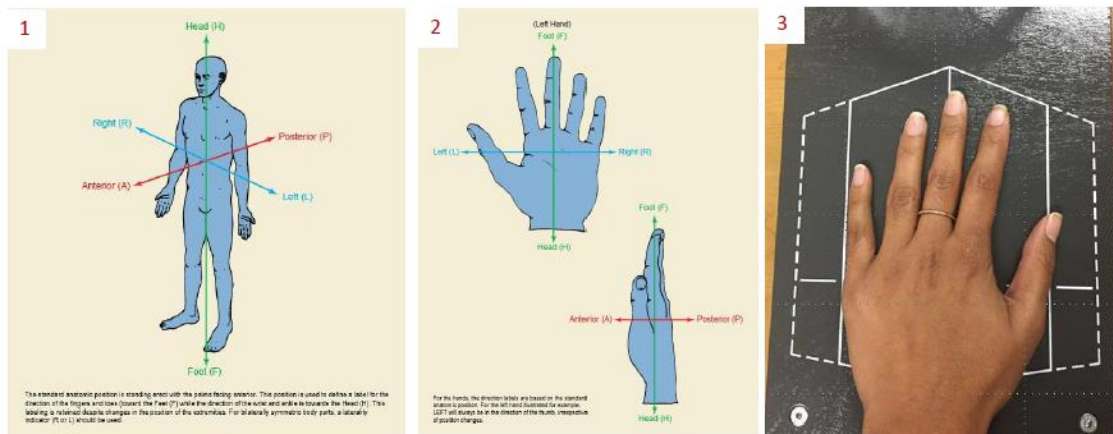
1. Reconstruction takes 2-3 minutes for 3D scans. While reconstruction is taking place, you can check for gross movement
2. After reconstruction, you can check for motion and other artifacts, and assess overall image quality.
3. For further image quality evaluation, check the scan in CubeVue software
4. Click FINISH to return to the patient list



## CubeVue: orientation in DICOM model



1. In CubeVue and in other DICOM – compliant viewing software, the orientation of the body parts being scanned follows the standard DICOM anatomy model. Note that in the DICOM model, the hand orientation for a **Left hand** has the **thumb out to the Left**, the palm is facing Anterior (front of the model/patient, supine position) and the fingers pointing towards the Feet.
2. Since the default position for scanning the hand with LineUp is with the palm **down** on the platform, the palm is in a **prone/posterior** position instead of supine, and the orientation markers in CubeVue will reflect this. The Patient's Left thumb will still point towards the Left marker in CubeVue images.
3. In CubeVue, the hand is displayed with the fingers pointing up, so the (F) Foot marker is at the top of the images instead of the bottom, and the 3D orientation cube will show F as up.



## Emergency Removal of a Patient:

LineUP

The system has undergone extensive testing of the mechanical, electrical and software performance. However, if an unexpected occurrence is observed, the software locks up during a scan and/or an emergency arises where it becomes necessary to interrupt a scan and/or remove a patient from the system before a scan is completed, please follow these steps:

1. Press the EMERGENCY STOP button. This will trip the circuit breaker, which will cut off ALL power to the machine at the breaker. X-ray exposure will stop and motors will not turn.
2. If the path into the machine is blocked by the gantry, manually rotate the gantry so that the patient entrance (side with the small step down) is at the front of the scanner.
3. If the Gantry is raised, allow it to slowly lower, or assist the gantry down. If needed, press down on the small step the patient uses to enter and exit the machine.
4. Once the gantry is fully back to the starting position (gantry is down, step is at the front of the machine), carefully assist the patient to step out of the platform area.
5. Reset the machine: Close the ACQ software. Release the E-stop by turning the knob to the right until it pops up. Then turn the machine power back ON at the Main Circuit Breaker. Re-launch the ACQ software. Now the system can be operated again as expected.
6. NOTE: If the Emergency button was pressed while the LineUp was still exposing, then not enough image data was acquired and the scan will have to be retaken.



## Cleaning & Disinfecting Instructions:

LineUP

- Dust with a dry cloth as needed.
- Routinely clean and disinfect all items which come in direct contact with the patient (i.e. bore, platform, Flex Shield, front cover, chair)
- The best time to clean and disinfect is right after the scan, so the chemicals have time to work
- For cleaning only, use a cloth **moistened** with warm water and mild soap. Do not spray cleaning solutions directly onto the equipment, use cloths that are dripping wet, or pour liquids onto the LineUp
- Do not use strong cleaners and solvents as these may damage the finish. Be careful when cleaning to avoid liquid leaking underneath the Platform Area and into the Gantry.
- For disinfecting, use CaviWipes™ surface disinfectant wipes by Metrex™. Use on all surfaces that contact the patient as directed by the CaviWipes™ label. Do not spray any disinfectant directly onto the equipment.

## Anexo E – Questionário Lysholm.

### JOELHO

#### QUESTIONÁRIO LYSHOLM (Joelho)

(PECCIN, M.S.; CICONELLI, R.; COHEN, M. Questionário específico para sintomas do joelho "Lysholm Knee Scoring Scale" Acta Ortopédica Brasileira, v.14, n.5, 2006).

)

<p><b>MANCAR (5 pontos)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nunca = 5</li> <li>• Leve ou periodicamente = 3</li> <li>• Intenso e constantemente = 0</li> </ul> <p><b>APOIO (5 pontos)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nenhum = 5</li> <li>• Bengala ou muleta = 2</li> <li>• Impossível = 0</li> </ul> <p><b>TRAVAMENTO (15 pontos)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nenhum travamento ou sensação de travamento = 15</li> <li>• Tem sensação, mas sem travamento = 10</li> <li>• Travamento ocasional = 6</li> <li>• Freqüente = 2</li> <li>• Articulação travada = 0</li> </ul> <p><b>INSTABILIDADE (25 pontos)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nunca falseia = 25</li> <li>• Raramente, durante atividades atléticas ou outros exercícios pesados = 20</li> <li>• Freqüentemente durante atividades atléticas ou outros exercícios pesados (ou incapaz de participação) = 15</li> </ul>	<p><b>DOR (25 pontos)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nenhuma = 25</li> <li>• Inconstante ou leve durante exercícios pesados = 20</li> <li>• Marcada durante exercícios pesados = 15</li> <li>• Marcada durante ou após caminhar mais de 2 km = 5</li> <li>• Marcada durante ou após caminhar menos de 2 km = 5</li> <li>• Constante = 0</li> </ul> <p><b>INCHAÇO (10 pontos)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nenhum = 10</li> <li>• Com exercícios pesados = 6</li> <li>• Com exercícios comuns = 2</li> <li>• Constante = 0</li> </ul> <p><b>SUBINDO ESCADAS (10 pontos)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nenhum problema = 10</li> <li>• Levemente prejudicado = 6</li> <li>• Um degrau cada vez = 2</li> <li>• Impossível = 0</li> </ul> <p><b>AGACHAMENTO (5 pontos)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nenhum problema = 5</li> <li>• Levemente prejudicado = 4</li> <li>• Não além de 90° = 2</li> </ul>
---	---

<ul style="list-style-type: none"><li>• Ocasionalmente em atividades diárias = 10</li><li>• Frequentemente em atividades diárias = 5</li><li>• Em cada passo = 0</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Impossível = 0</li></ul> <p>Pontuação total: _____</p>
--	--

**Pontuação:**

Excelente: 95 – 100

Bom: 84 – 94

Regular 65 – 83

Ruim: menor que 64

## Anexo F – International Knee Documentation Committee (IKDC).

### FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO SUBJETIVA DO JOELHO

COMITÊ INTERNACIONAL DE DOCUMENTAÇÃO DO JOELHO (IKDC, 2000)

Nome: \_\_\_\_\_ Sexo: F \_\_\_ M \_\_\_

Data: \_\_\_\_\_ Data de Nascimento: \_\_\_\_\_

Lesão: \_\_\_\_\_

Data da Lesão: \_\_\_\_\_

As respostas devem ser graduadas no mais alto nível de atividade que você acha que pode executar sem sintomas significativos, mesmo que você não esteja realizando-as regularmente.

#### SINTOMAS

1. Qual é o mais alto nível de atividade física que você pode realizar sem sentir dor significativa no joelho?

- Atividade muito vigorosa (como saltar ou girar o tronco como no basquete ou futebol)
- Atividade vigorosa (como realizar exercícios físicos intensos como surfe, jogar vôlei ou tênis)
- Atividade moderada (como realizar exercícios físicos moderados na academia, correr ou trotar)
- Atividade leve (como andar, realizar trabalhos domésticos ou jardinagem)
- Incapaz de realizar qualquer uma das atividades acima em virtude da dor no joelho

2. Desde sua lesão ou durante as últimas quatro semanas, com que frequência você tem sentido dor?

Nunca 

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

 Constantemente

3. Se você tiver dor, qual a intensidade?

Sem dor 

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

 Pior dor imaginável

4. Desde a sua lesão ou durante as quatro últimas semanas quão rígido ou inchado esteve seu joelho?

- Nem um pouco
- Pouco
- Moderado
- Muito
- Extremamente

5. Qual é o mais alto nível de atividade física que você pode realizar sem que cause inchaço significativo no joelho?

- Atividade muito vigorosa (como saltar ou girar o tronco como no basquete ou futebol)
- Atividade vigorosa (como realizar exercícios físicos intensos como surfe, jogar vôlei ou tênis)
- Atividade moderada (como realizar exercícios físicos moderados na academia, correr ou trotar)
- Atividade leve (como andar, realizar trabalhos domésticos ou jardinagem)
- Incapaz de realizar qualquer uma das atividades acima em virtude do inchaço no joelho

6. Desde a sua lesão ou durante as últimas quatro semanas seu joelho já travou?

- Sim       Não

7. Qual é o mais alto nível de atividade física que você pode realizar sem falseio significativo no joelho?

- Atividade muito vigorosa (como saltar ou girar o tronco como no basquete ou futebol)
- Atividade vigorosa (como realizar exercícios físicos intensos como surfe, jogar vôlei ou tênis)
- Atividade moderada (como realizar exercícios físicos moderados na academia, correr ou trotar)
- Atividade leve (como andar, realizar trabalhos domésticos ou jardinagem)
- Incapaz de realizar qualquer uma das atividades acima em virtude do falseio no joelho

ATIVIDADES ESPORTIVAS

8. Qual é o mais alto nível de atividade física que você pode participar de forma regular?

- Atividade muito vigorosa (como saltar ou girar o tronco como no basquete ou futebol)
- Atividade vigorosa (como realizar exercícios físicos intensos como surfe, jogar vôlei ou tênis)
- Atividade moderada (como realizar exercícios físicos moderados na academia, correr ou trotar)
- Atividade leve (como andar, realizar trabalhos domésticos ou jardinagem)
- Incapaz de realizar qualquer uma das atividades acima em virtude do joelho

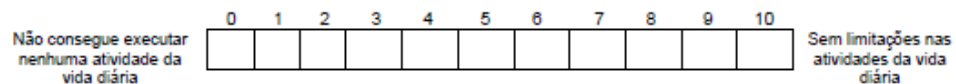
9. Quanto o seu joelho afeta a sua habilidade de:

		Sem Dificuldade	Fácil	Moderado	Difícil	Incapaz
a	Subir escadas					
b	Descer escadas					
c	Ajoelhar de frente					
d	Agachar					
e	Sentar com os joelhos dobrados					
f	Levantar-se de uma cadeira					
g	Correr para frente					
h	Saltar e aterrissar com a perna lesionada					
i	Frear e acelerar rapidamente					

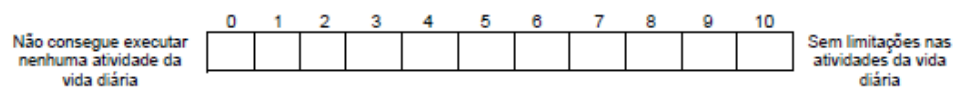
FUNÇÃO

10. Em uma escala de 0 a 10 (sendo 10 normal e 0 incapaz de realizar suas atividades diárias), como você avaliaria o seu joelho?

Funcionalidade anterior a lesão no joelho:



Funcionalidade atual do joelho:





---

## **9. REFERÊNCIAS**

**9 REFERÊNCIAS**

1. Siegel L, Vandenakker-Albanese C, Siegel D. Anterior cruciate ligament injuries: anatomy, physiology, biomechanics, and management. *Clin J Sport Med.* 2012;22(4):349-55.
2. Ferretti M, Levicoff EA, Macpherson TA, Moreland MS, Cohen M, Fu FH. The fetal anterior cruciate ligament: an anatomic and histologic study. *Arthroscopy.* 2007;23(3):278-83.
3. Gardner E, O'Rahilly R. The early development of the knee joint in staged human embryos. *J Anat.* 1968;102(Pt 2):289–99.
4. Mérida-Velasco JA, Sánchez-Montesinos I, Espín-Ferra J, Rodríguez-Vázquez JF, Mérida-Velasco JR, Jiménez-Collado J. Development of the human knee joint. *Anat Rec.* 1997;248(2):269–78.
5. Mérida-Velasco JA, Sánchez-Montesinos I, Espín-Ferra J, Mérida-Velasco JR, Rodríguez-Vázquez JF, Jiménez-Collado J. Development of the human knee joint ligaments. *Anat Rec.* 1997;248(2):259–68.
6. Fu FH, van Eck CF, Tashman S, Irrgang JJ, Moreland MS. Anatomic anterior cruciate ligament reconstruction: a changing paradigm. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(3):640–8.
7. Kim SH, Park YB, Ham DW, Lim JW, Lee HJ. Stress radiography at 30° of knee flexion is a reliable evaluation tool for high-grade rotatory laxity in complete ACL-injured knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020 Jul;28(7):2233–44.
8. Van Eck CF, Lesniak BP, Schreiber VM, Fu FH. Anatomic single- and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction flowchart. *Arthroscopy.* 2010;26(2):258–68.

9. Beldame J, Bertiaux S, Roussignol X, Lefebvre B, Adam JM, Mouilhade F, Dujardin F. Laxity measurements using stress radiography to assess anterior cruciate ligament tears. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2011;97(1):34-43.
10. Di Benedetto P, Di Benedetto E, Fiocchi A, Beltrame A, Causero A. Causes of failure of anterior cruciate ligament reconstruction and revision surgical strategies. *Knee Surg Relat Res.* 2016;28(4):319-24.
11. Georgoulis AD, Papadonikolakis A, Papageorgiou CD, Mitsou A, Stergiou N. Three-dimensional tibiofemoral kinematics of the anterior cruciate ligament-deficient and reconstructed knee during walking. *Am J Sports Med.* 2003;31(1):75–9.
12. Li RT, Lorenz S, Xu Y, Harner CD, Fu FH, Irrgang JJ. Predictors of radiographic knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2011;39(12):2595–603.
13. Lohmaner LS, Ostenberg A, Englund M, Roos H. High prevalence of knee osteoarthritis, pain, and functional limitations in female soccer players twelve years after anterior cruciate ligament injury. *Arthritis Rheum.* 2004;50(10):3145–52.
14. Ni QK, Song GY, Zhang ZJ, Zheng T, Feng Z, Cao YW, Feng H, Zhang H. Steep posterior tibial slope and excessive anterior tibial translation are predictive risk factors of primary anterior cruciate ligament reconstruction failure: a case-control study with prospectively collected data. *Am J Sports Med.* 2020;48(12):2954-61.
15. Hefti E, Müller W, Jakob RP, Stäubli HU. Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1993;1(3–4):226–34.
16. Kraeutler MJ, Welton KL, McCarty EC, Bravman JT. Revision anterior cruciate ligament reconstruction. *J Bone Joint Surg Am.* 2017;99(19):1689–96.

17. Vap AR, Persson A, Fenstad AM, Moatshe G, LaPrade RF, Engebretsen L. Re-revision anterior cruciate ligament reconstruction: an evaluation from the norwegian knee ligament registry. *Arthroscopy*. 2019;35(6):1695–701.
18. Prins M. The Lachman test is the most sensitive and the pivot shift the most specific test for the diagnosis of ACL rupture. *Aust J Physiother*. 2006;52(1):66.
19. Glway HR, MacIntosh DL. The lateral pivot shift: a symptom and sign of anterior cruciate ligament insufficiency. *Clin Orthop Relat Res*. 1980;147:45–50.
20. Kplan PA, Walker CW, Kilcoyne RF, Brown DE, Tusek D, Dussault RG. Occult fracture patterns of the knee associated with anterior cruciate ligament tears: assessment with MR imaging. *Radiology*. 1992;183(3):835-8.
21. Genoun D, Le Corroller T, Amous Z, Pauly V, Sbihi A, Champsaur P. The contribution of MRI to the diagnosis of traumatic tears of the anterior cruciate ligament. *Diagn Interv Imaging*. 2012;93(5):331-41.
22. Vassalou EE, Klontzas ME, Kouvidis GK, Matalliotaki PI, Karantanas AH. Rotational knee laxity in anterior cruciate ligament deficiency: an additional secondary sign on MRI. *AJR Am J Roentgenol*. 2016;206(1):151–4.
23. Chan WP, Peterfy C, Fritz RC, Genant HK. MR diagnosis of complete tears of the anterior cruciate ligament of the knee: importance of anterior subluxation of the tibia. *AJR Am J Roentgenol*. 1994;162(2):355–60.
24. Barg A, Bailey T, Richter M, de Cesar Netto C, Lintz F, Burssens A, Phisitkul P, Hanrahan CJ, Saltzman CL. Weightbearing computed tomography of the foot and ankle: emerging technology topical review. *Foot Ankle Int*. 2018 Mar;39(3):376-86.
25. Tuominen EK, Kankare J, Koskinen SK, Mattila KT. Weight-bearing CT imaging of the lower extremity. *AJR Am J Roentgenol*. 2013;200(1):146–8.

26. Hirschmann A, Buck FM, Fucentese SF, Pfirrmann CWA. Upright CT of the knee: the effect of weight-bearing on joint alignment. *Eur Radiol.* 2015;25(11):3398–404.
27. Antinolfi P, Crisitiani R, Manfreda F, Bruè S, Sarakatsianos V, Placella G, Bartoli M, Caraffa A. Relationship between clinical, MRI, and arthroscopic findings: a guide to correct diagnosis of meniscal tears. *Joints.* 2017;5(3):164-7.
28. Draper CE, Besier TF, Fredericson M, Santos JM, Beaupre GS, Delp SL, Gold GE. Differences in patellofemoral kinematics between weight-bearing and non-weight-bearing conditions in patients with patellofemoral pain. *J Orthop Res.* 2011;29(3):312-7.
29. Heegaard J, Leyvraz PF, Curnier A, Rakotomanana L, Huiskes R. The biomechanics of the human patella during passive knee flexion. *J Biomech.* 1995;28(11):1265–79.
30. Beynon BD, Fleming BC, Labovitch R, Parsons B. Chronic anterior cruciate ligament deficiency is associated with increased anterior translation of the tibia during the transition from non-weightbearing to weightbearing. *J Orthop Res.* 2002;20(2):332–7.
31. Kothari A, Haughom B, Subburaj K, Feeley B, Li X, Ma CB. Evaluating rotational kinematics of the knee in ACL reconstructed patients using 3.0 Tesla magnetic resonance imaging. *Knee.* 2012;19(5):648–51.
32. Beasley LS, Weiland DE, Vidal AF, Chhabra A, Herzka AS, Feng MT, West RV. Anterior cruciate ligament reconstruction: a literature review of the anatomy, biomechanics, surgical considerations, and clinical outcomes. *Oper Tech Orthop.* 2005; 15(1):5-19.
33. Cooper RR, Misol S. Tendon and ligament insertion. A light and electron microscopic study. *J Bone Joint Surg Am.* 1970 Jan;52(1):1–20.

34. Kennedy JC, Alexander IJ, Hayes KC. Nerve supply of the human knee and its functional importance. *Am J Sports Med.* 1982;10(6):329-35.
35. Arnoczky SP. Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Clin Orthop Relat Res.* 1983;172:19-25.
36. Lembo R, Girgis F, Marshall J. The anteromedial band (AMB) of the anterior cruciate ligament (ACL). A linear and mathematical analysis. *Anat Rec.* 1975;181:409.
37. Odensten M, Gillquist J. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *J Bone Joint Surg Am.* 1985;67(2):257–62.
38. Norwood LA, Cross MJ. The intercondylar shelf and the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med.* 1977;5(4):171–6.
39. Smith BA, Livesay GA, Woo SL. Biology and biomechanics of the anterior cruciate ligament. *Clin Sports Med.* 1993;12(4):637-70.
40. Buoncristiani AM, Tjoumakaris FP, Starman JS, Ferretti M, Fu FH. Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2006;22(9):1000-6.
41. Giuliani JR, Kilcoyne KG, Rue JP. Anterior cruciate ligament anatomy: a review of the anteromedial and posterolateral bundles. *J Knee Surg.* 2009;22(2):148–54.
42. Gabriel MT, Wong EK, Woo SLY, Yagi M, Debski RE. Distribution of in situ forces in the anterior cruciate ligament in response to rotatory loads. *J Orthop Res.* 2004;22(1):85–9.
43. Davis TJ, Shelbourne KD, Klootwyk TE. Correlation of the intercondylar notch width of the femur to the width of the anterior and posterior cruciate ligaments. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1999;7(4):209–14.

44. Souryal TO, Moore HA, Evans JP. Bilaterality in anterior cruciate ligament injuries: associated intercondylar notch stenosis. *Am J Sports Med.* 1988;16(5):449–54.
45. Li G, DeFrate LE, Sun H, Gill TJ. In vivo elongation of the anterior cruciate ligament and posterior cruciate ligament during knee flexion. *Am J Sports Med.* 2004;32(6):1415–20.
46. Sakane M, Fox RJ, Woo SL, Livesay GA, Li G, Fu FH. In situ forces in the anterior cruciate ligament and its bundles in response to anterior tibial loads. *J Orthop Res.* 1997;15(2):285–93.
47. Hughston JC, Andrews JR, Cross MJ, Moschi A. Classification of knee ligament instabilities. Part II. The lateral compartment. *J Bone Joint Surg Am.* 1976 Mar;58(2):173–9.
48. Johnson LL. Lateral capsular ligament complex: anatomical and surgical considerations. *Am J Sports Med.* 1979;7(3):156–60.
49. Sakai H, Yajima H, Kobayashi N, Kanda T, Hiraoka H, Tamai K, Saotome K. Gravity-assisted pivot-shift test for anterior cruciate ligament injury: a new procedure to detect anterolateral rotatory instability of the knee joint. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006 Jan;14(1):2-6.
50. Zantop T, Schumacher T, Diermann N, Schanz S, Raschke MJ, Petersen W. Anterolateral rotational knee instability: role of posterolateral structures. Winner of the AGA-DonJoy Award 2006. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2007;127(9):743–52.
51. Chambat P, Guier C, Sonnery-Cottet B, Fayard JM, Thauinat M. The evolution of ACL reconstruction over the last fifty years. *Int Orthop.* 2013;37(2):181–6.
52. Frank CB, Jackson DW. The science of reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am.* 1997 Oct;79(10):1556–76.

53. Furia JP, Lintner DM, Saiz P, Kohl HW, Noble P. Isometry measurements in the knee with the anterior cruciate ligament intact, sectioned, and reconstructed. *Am J Sports Med.* 1997;25(3):346–52.
54. Torzilli PA, Deng X, Warren RF. The effect of joint-compressive load and quadriceps muscle force on knee motion in the intact and anterior cruciate ligament-sectioned knee. *Am J Sports Med.* 1994;22(1):105–12.
55. Li G, Rudy TW, Allen C, Sakane M, Woo SL. Effect of combined axial compressive and anterior tibial loads on in situ forces in the anterior cruciate ligament: a porcine study. *J Orthop Res.* 1998 Jan;16(1):122–7.
56. Fleming BC, Renstrom PA, Beynon BD, Engstrom B, Peura GD, Badger GJ, Johnson RJ. The effect of weightbearing and external loading on anterior cruciate ligament strain. *J Biomech.* 2001;34(2):163-70.
57. Kocher MS, Steadman JR, Briggs KK, Sterett WI, Hawkins RJ. Relationships between objective assessment of ligament stability and subjective assessment of symptoms and function after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2004;32(3):629–34.
58. Daniel DM, Malcom LL, Losse G, Stone ML, Sachs R, Burks R. Instrumented measurement of anterior laxity of the knee. *J Bone Joint Surg Am.* 1985 Jun;67(5):720–6.
59. Sommerlath K, Lysholm J, Gillquist J. The long-term course after treatment of acute anterior cruciate ligament ruptures. A 9 to 16 year followup. *Am J Sports Med.* 1991;19(2):156–62.
60. Jonsson H, Riklund-Ahlstrom K, Lind J. Positive pivot shift after ACL reconstruction predicts later osteoarthritis: 63 patients followed 5-9 years after surgery. *Acta Orthop Scand.* 2004;75(5): 594–9.



61. Streich NA, Reichenbacher S, Barié A, Buchner M, Schmitt H. Long-term outcome of anterior cruciate ligament reconstruction with an autologous four-strand semitendinosus tendon autograft. *Int Orthop*. 2013;37(2):279-84.
62. Bedi A, Musahl V, Lane C, Citak M, Warren RF, Pearle AD. Lateral compartment translation predicts the grade of pivot shift: a cadaveric and clinical analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2010 Sep;18(9):1269–76.
63. Bigozzi S, Zaffagnini S, Lopomo N, Fu FH, Irrgang JJ, Marcacci M. Clinical relevance of static and dynamic tests after anatomical double-bundle ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2010 Jan;18(1):37–42.
64. Colombet P. Knee laxity control in revision anterior cruciate ligament reconstruction versus anterior cruciate ligament reconstruction and lateral tenodesis: clinical assessment using computer-assisted navigation. *Am J Sports Med*. 2011 Jun;39(6):1248–54.
65. Lopomo N, Zaffagnini S, Bigozzi S, Visani A, Marcacci M. Pivot-shift test: analysis and quantification of knee laxity parameters using a navigation system. *J Orthop Res*. 2010;28(2):164–9.
66. Musahl V, Bedi A, Citak M, O'Loughlin P, Choi D, Pearle AD. Effect of single-bundle and double-bundle anterior cruciate ligament reconstructions on pivot-shift kinematics in anterior cruciate ligament- and meniscus-deficient knees. *Am J Sports Med*. 2011;39(2):289–95.
67. Bull AM, Earnshaw PH, Smith A, Katchburian MV, Hassan AN, Amis AA. Intraoperative measurement of knee kinematics in reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Br*. 2002 Sep;84(7):1075-81.
68. Jacobsen K. Gonylaxometry. Stress radiographic measurement of passive stability in the knee joints of normal subjects and patients with ligament injuries. Accuracy and range of application. *Acta Orthop Scand Suppl*. 1981;194:1–263.

69. Lerat JL, Moyen BL, Cladière F, Besse JL, Abidi H. Knee instability after injury to the anterior cruciate ligament. Quantification of the Lachman test. *J Bone Joint Surg Br.* 2000;82(1):42–7.
70. Ryu SM, Na HD, Shon OJ. Diagnostic tools for acute anterior cruciate ligament injury: GNRB, lachman test, and telos. *Knee Surg Relat Res.* 2018;30(2):121–7.
71. Jacobsen K. Stress radiographical measurement of the anteroposterior, medial and lateral stability of the knee joint. *Acta Orthop Scand.* 1976;47(3):335–4.
72. Kim TH, Sobti A, Lee SH, Lee JS, Oh KJ. The effects of weight-bearing conditions on patellofemoral indices in individuals without and with patellofemoral pain syndrome. *Skeletal Radiol.* 2014;43(2):157–64.
73. Tashiro Y, Okazaki K, Miura H, Matsuda S, Yasunaga T, Hashizume M, Nakanishi Y, Iwamoto Y. Quantitative assessment of rotatory instability after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2009;37(5):909–16.
74. Willauer P, Sangeorzan BJ, Whittaker EC, Shofer JB, Ledoux WR. The sensitivity of standard radiographic foot measures to misalignment. *Foot Ankle Int.* 2014;35(12):1334–40.
75. Baverel L, Brilhault J, Odri G, Boissard M, Lintz F. Influence of lower limb rotation on hindfoot alignment using a conventional two-dimensional radiographic technique. *Foot Ankle Surg.* 2017;23(1):44–9.
76. Goutallier D, Bernageau J, Lecudonnet B. The measurement of the tibial tuberosity. Patella groove distanced technique and results (author's transl). *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1978;64(5):423–8.
77. Dejour D, Le Coultre B. Osteotomies in patello-femoral instabilities. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2007 Mar;15(1):39–46.

78. Dejour H, Walch G, Nove-Josserand L, Guier C. Factors of patellar instability: an anatomic radiographic study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1994;2(1):19–26.
79. Marzo JM, Kluczynski M, Notino A, Bisson L. Comparison of a novel weightbearing cone beam computed tomography scanner versus a conventional computed tomography scanner for measuring patellar instability. *Orthop J Sports Med.* 2016 Dec;4(12):2325967116673560.
80. Marzo JM, Kluczynski MA, Notino A, Bisson LJ. Measurement of Tibial Tuberosity-Trochlear Groove Offset Distance by Weightbearing Cone-Beam Computed Tomography Scan. *Orthop J Sports Med.* 2017;5(10):2325967117734158.
81. Thawait GK, Demehri S, AlMuhit A, Zbijweski W, Yorkston J, Del Grande F, Zikria B, Carrino JA, Siewerdsen JH. Extremity cone-beam CT for evaluation of medial tibiofemoral osteoarthritis: Initial experience in imaging of the weight-bearing and non-weight-bearing knee. *Eur J Radiol.* 2015 Dec;84(12):2564-70
82. Azevedo RS. Qual o tamanho da amostra ideal para se realizar um ensaio clínico? *Rev Assoc Med Bras.* 2008;54(4):289.
83. Fontelles MJ, Simões MG, Almeida JC, Fontelles RGS. Metodologia da pesquisa: diretrizes para o cálculo do tamanho da amostra. *Rev Paran Med.* 2010;24:57-64.
84. Peccin MS, Ciconelli R, Cohen M. Questionário específico para sintomas do joelho “Lysholm Knee Scoring Scale”: tradução e validação para a língua portuguesa. *Acta Ortop Bras.* 2006;14(5):268–72.
85. Metsavaht L, Leporace G, Riberto M, de Mello Sposito MM, Batista LA. Translation and cross-cultural adaptation of the Brazilian version of the International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form: validity and reproducibility. *Am J Sports Med.* 2010;38(9):1894–9.

86. Chen HN, Yang K, Dong QR, Wang Y. Assessment of tibial rotation and meniscal movement using kinematic magnetic resonance imaging. *J Orthop Surg Res.* 2014;9:65.
87. Naraghi AM, Gupta S, Jacks LM, Essue J, Marks P, White LM. Anterior cruciate ligament reconstruction: MR imaging signs of anterior knee laxity in the presence of an intact graft. *Radiology.* 2012;263(3):802–10.
88. Leão RV, Zelada SRB, Lobo CFT, da Silva AGM, Godoy-Santos AL, Gobbi RG, Helito PVP, Helito CP. Assessment of knee instability in ACL-injured knees using weight-bearing computed tomography (WBCT): a novel protocol and preliminary results. *Skeletal Radiol.* 2024;53(8):1611-9.
89. Carrino JA, Al Muhit A, Zbijewski W, Thawait GK, Stayman JW, Packard N, Senn R, Yang D, Foos DH, Yorkston J, Siewerdsen JH. Dedicated cone-beam CT system for extremity imaging. *Radiology.* 2014;270(3):816-24.
90. Demehri S, Muhit A, Zbijewski W, Stayman JW, Yorkston J, Packard N, Senn R, Yang D, Foos D, Thawait GK, Fayad LM, Chhabra A, Carrino JA, Siewerdsen JH. Assessment of image quality in soft tissue and bone visualization tasks for a dedicated extremity cone-beam CT system. *Eur Radiol.* 2015;25(6):1742-51.
91. Ye Z, Xu J, Chen J, Qiao Y, Wu C, Xie G, Dong S, Zhao J. Steep lateral tibial slope measured on magnetic resonance imaging is the best radiological predictor of anterior cruciate ligament reconstruction failure. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2022;30(10):3377–85.
92. Vahey TN, Hunt JE, Shelbourne KD. Anterior translocation of the tibia at MR imaging: a secondary sign of anterior cruciate ligament tear. *Radiology.* 1993;187(3):817–9.
93. Amis AA, Bull AMJ, Lie DTT. Biomechanics of rotational instability and anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Oper Tech Orthop.* 2005;15(1):29–35.

94. Hinckel BB, Gobbi RG, Kihara Filho EN, Demange MK, Pécora JR, Camanho GL. Patellar tendon-trochlear groove angle measurement: a new method for patellofemoral rotational analyses. *Orthop J Sports Med.* 2015;3(9):2325967115601031.
95. Kirkwood BR, Sterne JAC. *Essential medical statistics*. 2nd ed. Massachusetts: Blackwell Science; 2006. p.502.
96. Fleiss JL. *The design and analysis of clinical experiments*. New York : Wiley; 1986. 432p.
97. Numkarunaruote N, Chaitusaney T. Anterior tibial translation sign: factors affecting interpretation of anterior cruciate ligament tear. *J Med Assoc Thai.* 2015;98(suppl 1):S57–62.
98. Hong CK, Lin YJ, Cheng TA, Chang CH, Hsu KL, Kuan FC, Su WR. Adult patients with ACL tears have greater tibial internal rotation in MRI compared to adolescent patients. *J Orthop Surg Res.* 2022;17(1):17.
99. Vundelinckx B, Herman B, Getgood A, Litchfield R. Surgical indications and technique for anterior cruciate ligament reconstruction combined with lateral extra-articular tenodesis or anterolateral ligament reconstruction. *Clin Sports Med.* 2017;36(1):135–53.
100. Sonnery-Cottet B, Daggett M, Fayard JM, Ferretti A, Helito CP, Lind M, Monaco E, de Pádua VBC, Thauinat M, Wilson A, Zaffagnini S, Zijl J, Claes S. Anterolateral Ligament Expert Group consensus paper on the management of internal rotation and instability of the anterior cruciate ligament - deficient knee. *J Orthop Traumatol.* 2017 Jun;18(2):91-106.
101. Huang W, Zhang Y, Yao Z, Ma L. Clinical examination of anterior cruciate ligament rupture: a systematic review and meta-analysis. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2016;50(1): 22–31.

102. Kuroda R, Hoshino Y. Electromagnetic tracking of the pivot-shift. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2016;9(2): 164–9.
103. Leitze Z, Losee RE, Jokl P, Johnson TR, Feagin JA. Implications of the pivot shift in the ACL-deficient knee. *Clin Orthop Relat Res*. 2005;(436):229-36.
104. Musahl V, Hoshino Y, Ahlden M, Araujo P, Irrgang JJ, Zaffagnini S, Karlsson J, Fu FH. The pivot shift: a global user guide. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012;20(4):724-31.
105. Kuroda R, Hoshino Y, Kubo S, Araki D, Oka S, Nagamune K, Kurosaka M. Similarities and differences of diagnostic manual tests for anterior cruciate ligament insufficiency: a global survey and kinematics assessment. *Am J Sports Med*. 2012 Jan;40(1):91-9.
106. Noyes FR, Grood ES, Cummings JF, Wroble RR. An analysis of the pivot shift phenomenon. The knee motions and subluxations induced by different examiners. *Am J Sports Med*. 1991;19(2):148–55.
107. Ayeni OR, Chahal M, Tran MN, Sprague S. Pivot shift as an outcome measure for ACL reconstruction: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012;20(4):767–77.
108. Fritz B, Fritz J, Fucentese SF, Pfirrmann CWA, Sutter R. Three- dimensional analysis for quantification of knee joint space width with weight-bearing CT: comparison with non-weight-bearing CT and weight-bearing radiography. *Osteoarthritis Cartilage*. 2022;30(5):671–80.
109. Mayo-Smith WW, Hara AK, Mahesh M, Sahani DV, Pavlicek W. How I do it: managing radiation dose in CT. *Radiology*. 2014;273(3):657–72.
110. Huda W, Mettler FA. Volume CT dose index and dose-length product displayed during CT: what good are they? *Radiology*. 2011;258(1):236–42.