

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO

DOUGLAS MELLO PAVÃO

Artroplastia total do joelho com ou sem isquemia: o uso otimizado do torniquete em um estudo comparativo, prospectivo e randomizado

RIBEIRÃO PRETO

2022

DOUGLAS MELLO PAVÃO

Artroplastia total do joelho com ou sem isquemia: o uso otimizado do torniquete em um estudo comparativo, prospectivo e randomizado

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção de título de Doutor em Ciências

Programa de Ciências da Saúde e Aparelho Locomotor

Orientador: Prof. Dr. Fabricio Fogagnolo

Coorientador: Eduardo Branco de Sousa

“Versão corrigida. A versão original encontra-se disponível tanto na Biblioteca da Unidade que aloja o Programa, quanto na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD)”

Ribeirão Preto

2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na publicação  
Serviço de biblioteca e Documentação  
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

Pavão, Douglas Mello

Artroplastia total do joelho com ou sem isquemia: o uso otimizado do torniquete em um estudo comparativo, prospectivo e randomizado / Douglas Mello Pavão; orientador, Fabricio Fogagnolo; coorientador, Eduardo Branco de Sousa – 2022  
Tese (Doutorado em Ciências) - Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde Aplicadas ao Aparelho Locomotor, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, 2022

Versão original

1. Artroplastia total de joelho 2. Osteoartrite 3. Perda sanguínea 4.  
Torniquete

Esta tese foi redigida de acordo com as Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP: documento eletrônico e impresso parte I

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Pavão, Douglas Mello

Título: Artroplastia total do joelho com ou sem isquemia: o uso otimizado do torniquete em um estudo comparativo, prospectivo e randomizado

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da  
Universidade de São Paulo da Universidade de São  
Paulo para obtenção de título de Doutor em Ciências

Aprovado em: 01/09/2022

### Banca examinadora

Prof. Dr. Fabrício Fogagnolo (Presidente)

Instituição: FMRP-USP

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Camilo Partezani Helito

Instituição: HCFMUSP(FM)

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Flávio Luís Garcia

Instituição: FMRP-USP

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Rodrigo Gonçalves Pagnano

Instituição: UNICAMP

Assinatura: \_\_\_\_\_

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais, esposa e filhas.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus.

Aos meus pais, pois sem seu carinho e dedicação não chegaria até aqui.

À minha esposa e filhas por todo o suporte e compreensão por toda a ausência enquanto me dedicava à conclusão deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas de trabalho que fizeram parte deste projeto.

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Fabrício Fogagnolo por todo o auxílio e disponibilidade durante o desenvolvimento do trabalho.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Eduardo Branco de Sousa por toda a parceria e amizade desde o início de minha carreira profissional e científica.

Ao Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia, seus diretores e chefes do departamento de ensino e pesquisa que acreditaram no meu potencial.

Ao programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde Aplicadas ao aparelho Locomotor da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP.

À secretária do programa de Pós-graduação, Rita de Cássia Stela Cossalter pela disponibilidade e por toda a ajuda prestada.

Aos pacientes que concordaram em fazer parte de nosso projeto de pesquisa.

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

<b>SUMÁRIO</b>	<b>Página</b>
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DA LITERATURA	04
2.1 A osteoartrite do joelho	04
2.1.1 Epidemiologia	04
2.2.2 Fisiopatologia	05
2.1.3 Apresentação clínica	06
2.1.4 Métodos de imagem	06
2.2.5 Tratamento da osteoartrite de joelho	09
2.2 A Artroplastia Total do Joelho	10
2.3 A perda sanguínea na artroplastia total do joelho	13
2.4 Os efeitos do torniquete na artroplastia total de joelho	14
2.5 Avaliação da força muscular	19
2.6 A função motora do quadríceps na artroplastia total de joelho com e sem torniquete	22
2.7. Síndrome isquemia-reperfusão na artroplastia total de joelho	24
2.7.1 Fase de isquemia	24
2.7.2 Fase de reperfusão	25
2.7.3 Síndrome isquemia-reperfusão pelo torniquete na artroplastia total de joelho	26
2.7.4 Efeitos da isquemia-reperfusão sobre a função muscular	28
2.7.5 Efeitos da isquemia-reperfusão sobre a profilaxia antibiótica	28
2.7.6 Efeitos sistêmicos da isquemia-reperfusão	29
3. JUSTIFICATIVA	30
4. HIPÓTESE	30
5. OBJETIVOS	31
5.1 Objetivo Principal	31
5.2 Objetivos Secundários	31
6. MATERIAL E MÉTODOS	32
6.1 Desenho do estudo e seleção de pacientes	32
6.2 Aspectos éticos	32
6.3 Cálculo amostral e formação de grupos	33

6.4 Coleta de dados	33
6.5 Manejo perioperatório	33
6.6 Avaliação do tempo médio de cirurgia e de torniquete	35
6.7 Avaliação da perda sanguínea	35
6.8 Avaliação do número de hemotransfusões	36
6.9 Dosagem dos níveis séricos de creatinofosfoquinase (CPK)	36
6.10 Avaliação da dor através da escala visual analógica	36
6.11 Avaliação do edema nos membros inferiores	37
6.12 Avaliação da amplitude de movimento	38
6.13 Avaliação por escore clínico-funcional	39
6.14 Capacidade de elevação do membro em contração isométrica (SLR)	39
6.15 Avaliação da força muscular dos extensores e flexores do joelho	39
6.16. Avaliação da ocorrência de complicações pós-operatórias	41
6.17. Análise estatística	42
6.18. Fluxograma de elegibilidade e alocação em grupos	43
6.19 Fluxograma de alocação em subgrupos de análise isocinética	44
7. RESULTADOS	45
8. DISCUSSÃO	56
9. CONCLUSÕES	71
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
11. ANEXOS	80
11.1 Anexo A: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	80
11.2 Anexo B: Instrumento de coleta de dados	84
11.3 Anexo C: Parecer consubstanciado do CEP	85
11.4. Anexo D: Publicação: Carta ao editor sobre o tema do uso do torniquete na cirurgia de artroplastia total de joelho	89
11.5. Anexo E: Certificado de apresentação no ESSKA Congress 2022	92
11.6. Anexo F Comprovante de submissão do artigo para Publicação no KSSTA Journal	93



## LISTA DE ABREVIATURAS

1-RM	Uma repetição com força máxima
ADM	Amplitude de Movimento
AP	Anteroposterior
ATP	Adenosina trifosfato
ATX	Ácido Tranexâmico
ATJ	Artroplastia Total de Joelho
CVM	Contração voluntária máxima
CPK	Creatinofosfoquinase
dl	Decilitro
EMG	Eletromiografia
ERO	Espécie reativa de oxigênio
ET-1	Endotelina 1
EUA	Estados Unidos da América
EVA	Escala Visual Analógica
FN	Fator de necrose
h	Hora
H	Hidrogênio
Hb	Hemoglobina
Hg	Mercúrio
HSS	Hospital for Special Surgery
IL	Interleucina
IMC	Índice de Massa Corporal
I/R	Isquemia-reperfusão
Ig	Imunoglobulina
K	Potássio

Kg	Quilograma
INTO	Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia
K&L	Kellgren and Lawrence
KSS	Knee Society Score
L	Litro
min	Minuto
ml	Mililitro
mm	Milímetro
n	Número de Pacientes
N	Newtons
Na	Sódio
O2	Oxigênio
OA	Osteoartrite
ON	Óxido Nítrico
P	Perfil
PCR	Proteína C-reativa
PO	Pós-operatório
RNM	Ressonância nuclear magnética
SUS	Sistema Único de Saúde
TNF	Fator de necrose tumoral
TNQ	Torniquete
TVP	Trombose Venosa Profunda
TXA	Ácido Tranexâmico
VHS	Velocidade de Hemossedimentação
WOMAC	Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Classificação radiográfica de Kellgren e Lawrence	7
Figura 2 Classificação da evolução da Osteoartrite por Ahlbäck	8
Figura 3 Imagem intraoperatória de um joelho com osteoartrite avançada	10
Figura 4 Imagem intraoperatória de uma artroplastia total de joelho	10
Figura 5 Torniquete pneumático	11
Figura 6 Torniquete acoplado a parte proximal da coxa	15
Figura 7 Aspecto intraoperatório após confecção dos cortes ósseos na artroplastia total de joelho	16
Figura 8 Escala visual analógica de dor	37
Figura 9 Aferição do perímetro da coxa, joelho e perna	38
Figura 10 Aferição da amplitude de movimento	39
Figura 11 Análise de força no dinamômetro isocinético	41
Figura 12 Fluxograma de elegibilidade e alocação em grupos	43
Figura 13 Fluxograma de pacientes submetidos à análise biomecânica de força	44
Figura 14 Perda de Hb ao longo do tempo	48
Figura 15 Perda sanguínea ao longo do tempo	48
Figura 16 Níveis de CPK ao longo do tempo	49
Figura 17 Níveis de dor na coxa ao longo do tempo	50
Figura 18 Níveis de dor no joelho ao longo do tempo	50
Figura 19 Perímetro da coxa ao longo do tempo	51
Figura 20 Perímetro do joelho ao longo do tempo	51
Figura 21 Perímetro da perna ao longo do tempo	52
Figura 22 Evolução da ADM ao longo do tempo	52
Figura 23 Escore KSS funcional	53
Figura 24 Escore KSS joelho	53
Figura 25 Pico de força de extensão do joelho	54
Figura 26 Pico de força de flexão do joelho	55

## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1: Características gerais, tempo de cirurgia, tempo e pressão de torniquete	45
Tabela 2: Resultados do grupo Sem Torniquete	46
Tabela 3: Resultados do grupo Com Torniquete	47

## RESUMO

PAVÃO, Douglas Mello. **Artroplastia total do joelho com ou sem isquemia: o uso otimizado do torniquete em um estudo comparativo, prospectivo e randomizado**. São Paulo. “Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo”. 2022

O torniquete (TNQ) pode ser utilizado na artroplastia total do joelho (ATJ) para reduzir o sangramento intraoperatório e proporcionar um campo cirúrgico mais limpo e confortável para o cirurgião. No entanto, seu uso pode estar relacionado ao aumento do sangramento pós-operatório, a uma recuperação funcional pós-operatória prejudicada, além de complicações locais e sistêmicas. Acreditamos que o uso do TNQ de modo otimizado em relação ao tempo de uso e pressão de insuflação poderia minimizar os seus potenciais efeitos adversos. Este estudo teve como objetivo comparar pacientes submetidos a ATJ sem TNQ e com protocolo de uso do TNQ de modo otimizado. Avaliamos prospectivamente 128 pacientes com osteoartrite primária submetidos à ATJ, randomizados em dois grupos: “sem TNQ” e “TNQ otimizado” (insuflação do TNQ imediatamente antes da incisão na pele e desinsuflação imediatamente após a secagem do cimento que fixa a prótese ao osso, usando pressões apenas 100mmHg acima da pressão arterial sistólica). O tempo médio de duração de cirurgia e de uso do TNQ, perda sanguínea, número de transfusões, elevação do marcador de lesão muscular creatinofosfoquinase (CPK), grau de dor, edema, amplitude de movimento (ADM), escore funcional Knee Society Score (KSS), capacidade de elevação do membro em contração isométrica – straight leg raise (SLR), picos de força de extensão e flexão (subgrupo com 60 pacientes) e complicações pós-operatórias foram comparados. As análises foram realizadas no programa GraphPad Prism (versão 5) e a significância estatística foi considerada quando o valor de p foi menor que 0,05. As diferenças nas variáveis contínuas entre os grupos foram avaliadas pelo teste t de Student ou teste U de Mann-Whitney, dependendo da distribuição característica dos dados. O teste do qui-quadrado ou teste exato de Fisher para diferença em porcentagens foi utilizado para estimar as diferenças entre os grupos nas variáveis categóricas. Quanto as distribuições dos dados de força muscular, foram testadas através do teste de normalidade multivariado de Henze-Zirkler. Tanto o pico de torque de extensão e flexão dos joelhos foram

considerados não normais ( $p < 0,05$ ). Para a comparação dos valores de pico de torque entre os momentos (separadamente por membro – operado e contralateral) foi utilizado o teste não-paramétrico Anova de Friedman. Quando necessário o teste de Wilcoxon foi usado como post-hoc para comparação par a par. Por fim, comparações entre os grupos foi realizada par-a-par através do teste de Mann-Whitney. Utilizamos o pacote Pingouin versão 0.5.1. As cirurgias realizadas com TNQ otimizado não apresentaram diferença estatisticamente significativa em relação ao tempo cirúrgico, níveis de perda sanguínea, elevação do CPK, dor, edema, ADM, escore funcional, picos de força, capacidade de realizar o SLR e complicações em relação às cirurgias sem uso de TNQ ( $p < 0,05$ ). Concluimos que os pacientes submetidos à ATJ sob o protocolo TNQ otimizado apresentaram perda sanguínea semelhante e não apresentaram nenhum grau de comprometimento funcional ou complicações em relação à cirurgia sem TNQ.

Palavras Chaves: Artroplastia total de joelho, Osteoartrite, Perda sanguínea; Torniquete

## ABSTRACT

PAVÃO, Douglas Mello. **Total knee arthroplasty with or without ischemia: the optimal tourniquet use in a comparative, prospective, randomized study.** São Paulo. "Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo". 2022

The tourniquet (TNQ) can be used in total knee arthroplasty (TKA) to reduce intraoperative bleeding and provide a cleaner and more comfortable surgical field for the surgeon. However, its use may be related to increased postoperative bleeding, and impaired postoperative functional recovery, in addition to local and systemic complications. We believe that using the TNQ in an optimized way in terms of the time of use and insufflation pressure could minimize its potential adverse effects. This study aimed to compare patients undergoing TKA without TNQ and with an optimized TNQ protocol. We prospectively evaluated 128 patients with primary osteoarthritis undergoing TKA, randomized into two groups: "without TNQ" and "optimized TNQ" (inflation of the TNQ immediately before the skin incision and deflation immediately after drying of the cement that fixes the prosthesis to the bone, using pressures only 100mmHg above systolic blood pressure). Mean duration of surgery and TNQ use, blood loss, number of transfusions, the elevation of the creatine phosphokinase (CPK) marker of muscle injury, degree of pain, swelling, range of motion (ROM), Knee Society Score functional score (KSS), ability to lift the limb in isometric contraction – straight leg raise (SLR), peak extension and flexion strength (subgroup with 60 patients) and postoperative complications were compared. Analyzes were performed using the GraphPad Prism program (version 5) and statistical significance was considered when the p-value was less than 0.05. Differences in continuous variables between groups were evaluated using Student's t-test or Mann-Whitney U test, depending on the characteristic distribution of the data. The chi-square test or Fisher's exact test for difference in percentages was used to estimate differences between groups in categorical variables. As for the distributions of muscle strength data, they were tested using the Henze-Zirkler multivariate normality test. Both knee extension and flexion peak torque were considered non-normal ( $p < 0.05$ ). To compare the peak torque values between the moments (separately by limb—operated and contralateral) the Friedman Anova non-parametric test was used. When necessary, the Wilcoxon test was used as a post-hoc pairwise comparison. Finally, comparisons between groups were performed

using the Mann-Whitney test. We use the Pingouin package version 0.5.1. Surgeries performed with optimized TNQ showed no statistically significant difference in terms of surgical time, blood loss levels, CPK elevation, pain, edema, ROM, functional score, ability to perform SLR, force peaks and complications in relation to surgeries without using TNQ ( $p < 0.05$ ). We conclude that patients undergoing TKA under the optimized TNQ protocol had similar blood loss and did not experience any degree of functional impairment or complications compared to surgery without TNQ.

Keywords: Total knee arthroplasty, Osteoarthritis, Blood loss; Tourniquet



---

## 1. INTRODUÇÃO

A osteoartrite (OA) do joelho é uma doença que atinge grande parte da população mundial, com prevalência global de cerca de 16% e incidência global de 203 por 10.000 pessoas/ano (Cui e col., 2020). Esta doença, quando em estágio avançado, tem na artroplastia total de joelho (ATJ) sua melhor opção de tratamento (Neginhal e col, 2020).

A perda sanguínea associada à ATJ pode resultar em complicações locais e/ou sistêmicas que podem repercutir sobre a cicatrização da ferida cirúrgica, sobre a recuperação clínica, ao provocar dor e limitação no ganho de amplitude de movimento (ADM), ou ainda causar agravamento de eventuais comorbidades (Pavão e col., 2019). Além dos malefícios mencionados, os possíveis distúrbios hemodinâmicos sistêmicos e a subsequente necessidade de hemotransfusão podem potencializar este quadro de complicações (Pavão e col., 2019).

Os torniquetes (TNQ) pneumáticos são utilizados amplamente nas cirurgias de substituição articular do joelho. Eles têm como função interromper o fluxo sanguíneo no membro, permitindo que o procedimento cirúrgico ocorra livre de sangramento. O seu principal benefício é oferecer ao cirurgião um campo cirúrgico limpo e seco, o que quase sempre resulta em menor tempo cirúrgico e maior conforto para este profissional executar o procedimento (Liu e col., 2014; Hasanain e col., 2018). Além disso, o uso do TNQ permite uma melhor cimentação dos componentes protéticos, com um manto de cimento mais espesso e com menos radioluscência progressiva (Touzopoulos e col., 2019).

Seu uso, entretanto, pode se relacionar a algumas complicações, por vezes graves, onde a agressão muscular pode ser intensa a ponto de causar rabdomiólise, com risco de levar à insuficiência renal e ao desenvolvimento de complicações cardiovasculares, embora isto ocorra muito raramente. (Liu e col., 2014).

Em relação ao paciente submetido à ATJ sem uso de TNQ, as principais vantagens teóricas são um tempo de recuperação imediato mais rápido em relação ao ganho de mobilidade e de força muscular, com menos dor e edema na coxa e joelho do membro

operado (Ejaz e col., 2014; Wang e col., 2017; Zhou e col., 2017; Hasanain e col., 2018).

Não há consenso na literatura atual sobre qual das duas estratégias proporciona menor sangramento total. Apesar de alguns estudos apontarem um menor sangramento com uso do TNQ, outros mostram não haver diferença ou até uma leve vantagem a favor do não uso (Wang e col., 2017).

É necessário destacar que o uso de medicações que favorecem a coagulação sanguínea, como o agente trombofílico ácido tranexâmico, de uso oral e/ou tópico e outros selantes de fibrina de uso tópico, têm reduzido significativamente as perdas sanguíneas após ATJ, independente do uso ou não do TNQ (Wang e col., 2017).

Acreditamos que as complicações diretamente relacionadas ao uso do TNQ podem ser melhor controladas se o seu uso for otimizado. Dentre as estratégias de otimização destacamos a utilização de níveis de pressão individualizados – 100 mmHg acima da pressão arterial sistólica, e não valores fixos como é prática corrente em nosso meio, na qual cirurgias utilizam valores arbitrários, como 300 ou 350 mmHg.

Outra estratégia importante de otimização é o uso do torniquete com pressões mais baixas e por tempo limitado até o fim da cimentação reduz a agressão tecidual local causada pelas forças compressivas do dispositivo além de reduzir o tempo total de isquemia tecidual, gerando menor resposta do tipo isquemia-reperfusão, apontada como causa de um maior sangramento pós-operatório (Olivecrona e col., 2012). A liberação precoce da isquemia também permite a revisão da hemostasia antes do fechamento da ferida, proporcionando menor sangramento pós-operatório (Zhou e col., 2017).

Além de medidas de controle do sangramento intra e pós-operatórias, devem ser adotadas outras que venham a minimizar o comprometimento da função motora após uma ATJ. Apesar de a artroplastia promover melhora considerável da função articular em pacientes com OA, com certa frequência não garante o retorno aos padrões de mobilidade e força muscular de indivíduos saudáveis da mesma faixa etária. Esta limitação se deve a atrofia muscular causada pelo desuso durante o curso da doença e à hipotrofia/atrofia pós-operatória (Dreyer 2016).

Em estudo prévio desenvolvido no INTO, foi demonstrado que a força muscular do quadríceps, com base na avaliação do torque máximo após 6 e 12 meses de ATJ

realizada com uso de TNQ, foi menor em relação a um grupo controle de indivíduos saudáveis da mesma faixa etária (Cavanellas e col., 2018).

Outro estudo com avaliação eletromiográfica demonstrou que o comprometimento motor do quadríceps persistia durante seis meses após a ATJ realizada com uso de TNQ, em relação ao grupo controle operado sem isquemia (Liu e col., 2014).

Imagens de ressonância magnética demonstraram que ocorre uma perda volumétrica média do quadríceps de 14% em 14 dias após a ATJ. Essa atrofia se justifica em parte pela resposta inflamatória ao trauma cirúrgico que, teoricamente, pode ser exacerbado pela isquemia-reperfusão nas cirurgias com TNQ pneumático (Dreyer 2016).

A resposta de estresse celular à isquemia e reperfusão tem relação direta com o tempo de hipóxia (Dreyer 2016), enquanto que o grau de lesão muscular tem relação direta com os níveis de pressão do torniquete (Olivecrona e col., 2012), de modo que quanto maior o tempo de isquemia e pressão, maiores os níveis do marcador de dano muscular creatinofosfoquinase (CPK) (Tai e col., 2012). Gormeli e col. corroboraram estes achados através da análise da força muscular do quadríceps após a ATJ com TNQ, com a observação de que o torque máximo do quadríceps foi inversamente proporcional ao tempo de isquemia (Gormeli e col., 2017).

Fica, assim, evidente que os benefícios e possíveis malefícios do uso do TNQ na ATJ em relação à cirurgia sem TNQ dependem de diversos outros fatores como tempo de uso e níveis pressóricos de insuflação do TNQ, pressão arterial do paciente, tipo de anestesia (raquianestesia ou geral com hipotensão controlada) e uso de outros agentes coadjuvantes no controle de sangramento e hemostasia como o ácido tranexâmico. Desta forma, a motivação deste estudo foi avaliar o uso do TNQ na ATJ em um cenário ideal de utilização em comparação à realização da ATJ sem uso do TNQ, buscando uma alternativa que pudesse potencializar os resultados com menor sangramento e melhor recuperação funcional.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 A osteoartrite do joelho**

#### **2.1.1 Epidemiologia**

Entre os diversos tipos de artrite, a osteoartrite (OA) é o tipo mais comum. Acomete as articulações sinoviais e se caracteriza pela perda progressiva da cartilagem articular associada à inflamação da membrana sinovial e ao espessamento do osso subcondral (Goldring & Goldring, 2007; Zhao e col., 2020).

Dados da Organização Mundial de Saúde apontam que mais de 150 milhões de pessoas em todo o mundo sofrem de OA (Zhao et al., 2020). Nos Estados Unidos da América (EUA) e Reino Unido a prevalência de OA dolorosa de joelho é estimada entre 7-19% entre os indivíduos adultos com mais de 45 anos de idade. No Japão, é de 26% entre os adultos com mais de 60 anos (Itoh e col., 2020).

Na população brasileira, dentre todas as afecções do sistema musculoesquelético, a OA é a mais prevalente e acomete cerca de 4% da população, o que faz com que a prevalência de indivíduos submetidos a ATJ seja proporcionalmente grande. Dados epidemiológicos em nosso país mostram uma prevalência de ATJ de 8,07 / 100.000 habitantes no sul brasileiro, com uma ATJ para cada 1.811 idosos (Ferreira e col., 2018).

Tendo em vista que a incidência de OA está diretamente relacionada ao envelhecimento e que em 2050 a expectativa de vida média do brasileiro será de 81 anos, com 30% da população composta por idosos, devemos esperar por um aumento significativo de pacientes que necessitarão deste procedimento (Ferreira et al., 2018).

O número total de ATJ vem crescendo exponencialmente em todo o mundo, havendo uma expectativa de mais de 3 milhões de ATJ ao ano até 2030 nos EUA (Mayer e col., 2017).

Na população de obesos o problema se torna ainda mais crítico. Chen e cols. observaram que cerca de 58% das ATJ na Austrália foram realizadas neste grupo de pacientes e que aqueles com grau de obesidade mais avançada operaram em média 8 anos mais cedo que indivíduos não obesos (Chen e col., 2014).

### 2.1.2 Fisiopatologia

O mecanismo fisiopatológico da OA é complexo e múltiplos fatores estão relacionados com a sua ocorrência. Além de fatores bem estabelecidos como a idade, a obesidade e o sexo feminino, existe um componente genético que tem sido constantemente investigado (Zhao e col., 2020). A literatura mais recente indica que este último seria responsável por até 65% do risco de se desenvolver OA do joelho (Zhao e col., 2020).

Diversos genes estão relacionados com a homeostase articular, e a hiper ou hipo expressão de genes específicos, pode ativar ou desativar vias de sinalização inflamatória e mecanismos de síntese ou degradação de matriz cartilaginosa (Zhao e col., 2020). Os fatores de crescimento de fibroblasto, como o “FGF 18” por exemplo, aumentam a capacidade de reparo celular e previnem a apoptose em modelos in vitro (Zhao e col., 2020).

É sabido que o desenvolvimento e progressão da OA não depende apenas de fatores genéticos e mecânicos, mas há um importante componente inflamatório envolvido. Desta forma compreendemos como a obesidade se torna um fator de risco tão importante, pois além de gerar uma sobrecarga biomecânica, está relacionada a um estado pró-inflamatório generalizado (Chen e col., 2020).

Assim como a prevalência da obesidade tem aumentado nos últimos anos, acometendo mais de um quarto da população global, supõe-se que o número de pacientes com OA sintomática que necessitarão de uma ATJ e em idade mais precoce também tende a aumentar cada vez mais (Chen e col., 2020).

Parte das limitações provocadas pela OA são devidas à dor que ela provoca. Mesmo em casos que não há restrição da amplitude de movimento (ADM) e deformidades causadas pela OA, terapias sintomáticas muitas vezes não são eficazes pela complexidade dos mecanismos relacionados à dor (Itoh e col., 2020).

Existem evidências de que a doença articular prolongada, associada à dor crônica, causa uma sensibilização central, em que tanto as vias nociceptivas ascendentes quanto as vias moduladoras descendentes estão alteradas. Surgem mudanças cerebrais e medulares que amplificam a percepção do estímulo doloroso. Nestas circunstâncias, muitos pacientes mesmo após uma ATJ persistem com dor significativa (Itoh e col., 2020), e por este motivo a indicação de tratamento cirúrgico tem sido mais precoce em alguns centros especializados, favorecendo o crescente aumento do número de artroplastias.

### **2.1.3 Apresentação clínica**

Por se tratar de uma articulação de carga e com grande amplitude de movimento de flexo-extensão, o desgaste de um ou mais compartimentos articulares do joelho pode se manifestar clinicamente de formas variadas de acordo com o estágio evolutivo da doença.

Em sua fase inicial manifesta-se com dor após atividades mais extenuantes, ao iniciar a deambulação, ao levantar-se, sendo geralmente movimento-dependente e sem dor em repouso. O paciente percebe a crepitação, um leve aumento de volume e, mais tardiamente, cursa com redução da ADM e rigidez, maior aumento de volume por sinovite e derrame articular, hipotrofia e perda de força do quadríceps e de todos os músculos envolvidos com a biomecânica da marcha. Podem surgir deformidades em graus variados, que somados à dor, levam a perda da função articular, limitação para atividades de vida diária e redução na qualidade de vida (Kim e col., 2020).

É importante destacar que não existe uma perfeita correlação entre o grau de comprometimento radiográfico e a intensidade das queixas clínicas. Pacientes com OA avançada aos exames de imagem podem ter poucos sintomas e pacientes com OA leve podem ser extremamente sintomáticos (Kim e col., 2020).

### **2.1.4 Métodos de imagem**

A radiografia simples, nas incidências em anteroposterior (AP) e perfil (P) com carga, é o exame de imagem mais amplamente utilizado para avaliar a OA em joelhos. Diversos achados radiográficos são utilizados para graduar e classificar a OA.

A classificação radiográfica de Kellgren e Lawrence (K&L) é comumente utilizada em estudos científicos envolvendo OA. Nessa classificação, a gravidade varia de 0 a 4 e está relacionada com o aparecimento sequencial de osteófitos, perda de espaço articular, presença de esclerose e de cistos subcondrais (Liao e col., 2018). (Figura 1)



**Figura 1: Classificação da evolução radiográfica da osteoartrite conforme Kellgren e Lawrence.**

Imagens radiográficas evidenciando a evolução da osteoartrite. desde (A) Grau 1, estreitamento duvidoso do espaço articular e possível formação osteofítica. (B) Grau 2, osteófitos definitivos e possível estreitamento do espaço articular. (C) Grau 3, osteófitos múltiplos moderados, estreitamento definitivo do espaço articular, alguma esclerose e possível deformidade do contorno ósseo. (D) Grau 4, osteófitos grandes, estreitamento acentuado do espaço articular, esclerose grave e deformidade definida do contorno ósseo. (Liao e col., 2018)

Outra classificação bastante utilizada é a descrita por Ahlback em 1968, posteriormente modificada por Keyes e Goodfellow em 1992. Também gradua a evolução da OA, onde no grau 1 há uma redução do espaço articular medial; no grau 2 há obliteração deste espaço; no grau 3 há um desgaste tibial de até 5 mm; no grau 4 o desgaste alcança 10 mm acometendo ainda a margem posterior da tíbia com formação de osteófito posterior, que é reflexo da insuficiência tardia do ligamento cruzado anterior que ocorre com a evolução da patologia e no grau 5 ocorre uma subluxação femorotibial na incidência anteroposterior (Ahlback e col., 1968; Keyes e col., 1992). (Figura 2)

**A**

GRAUS	RADIOGRAFIA AP	RADIOGRAFIA PERFIL
1	Redução do Espaço Articular (Espaço < 3mm)	-
2	Obliteração do Espaço Articular	-
3	Contato Ósseo Mínimo (<5mm)	Região Posterior Normal
4	Contato Ósseo Moderado (5-10mm)	Osteófitos Posteriores
5	Contato Ósseo Grave (Espaço > 10 mm)	Subluxação Anterior Da Tibia (Espaço > 10 mm)

**B** **C** **D** **E** **F**

**Figura 2 Classificação da evolução da Osteoartrite por Ahlback.** Quadro resumo da classificação da OA segundo Keyes e GoodFellow (A). Radiografias ilustrativas da classificação de Ahlback, Grau 1 (B), Grau 2 (C), Grau 3 (D), Grau 4 (E), Grau 5 (F). Modificado de Ahlback, 1968; Keyes, 1992). Fonte: Imagem cedida por Phelippe Valente Maia.

Em relação à avaliação objetiva da doença OA, um dos critérios de evolução seria então o grau de comprometimento da espessura da cartilagem articular e conseqüentemente redução do espaço e pinçamento articular (Itoh e col., 2020).

Apesar do grau evolutivo da OA poder ser determinado por avaliação radiográfica simples, a ressonância nuclear magnética (RNM) também fornece importantes informações sobre o prognóstico de evolução para graus mais avançados da doença (Dório e col., 2020).

A RNM pode ser uma ferramenta preditiva de dor e evolução para a OA. Em indivíduos de meia idade, mesmo assintomáticos, é comum um afinamento parcial da cartilagem visto na RNM, que está relacionado com risco de desenvolvimento de OA sintomática e ATJ no futuro (Dório e col., 2020).



### 2.1.5 Tratamento da osteoartrite de joelho

O tratamento da OA envolve opções não cirúrgicas e cirúrgicas. Dentre as não cirúrgicas, encontram-se as terapias não-farmacológicas e as farmacológicas (Kwoh e col., 2020).

As medidas não farmacológicas como a perda de peso, os treinos de propriocepção, o fortalecimento e alongamento musculares (Bert e col., 2018), além do uso de dispositivos de auxílio à marcha como muletas ou andadores, são utilizadas de acordo com a evolução e gravidade da doença. Dentre as farmacológicas podemos citar os analgésicos, os anti-inflamatórios esteroidais e não esteroidais, os condroprotetores (que estimulam a síntese de cadeias de glicosaminoglicanos e colágeno e/ou inibem a ação de interleucinas e proteases) e as injeções intra-articulares de corticoide, ácido hialurônico e plasma rico em plaquetas (Bert e col., 2018)., Tais medidas são utilizadas até o momento em que o tratamento cirúrgico se torna a melhor e talvez única opção (Kwoh e col., 2020).

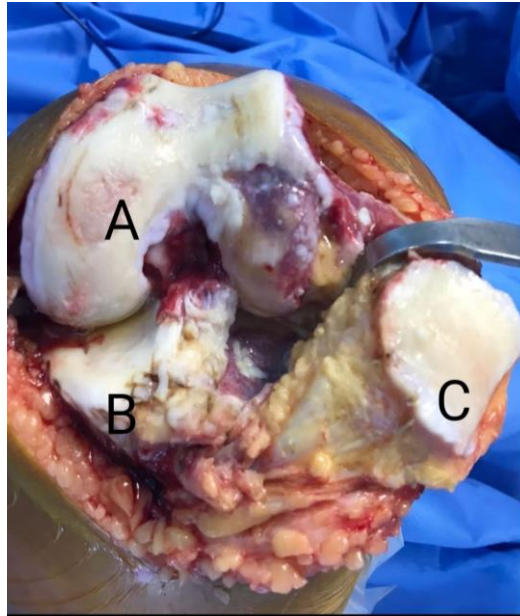
Como opções de tratamento cirúrgico podemos citar o desbridamento cirúrgico artroscópico, a osteotomia de realinhamento e as artroplastias parciais ou totais (Sanders e col., 2014). Os casos mais avançados ou mesmo as falhas dessas outras cirurgias serão corrigidas com artroplastia total, para onde todos os demais tratamentos não cirúrgicos muitas vezes acabam convergindo no futuro.

A ATJ está indicada para pacientes com OA sintomática, que apresentem evidências radiográficas de lesão articular, com dor moderada a grave que não responde às medidas não cirúrgicas e que apresentem redução da qualidade de vida pela limitação funcional provocada pela doença (Kwoh e col., 2020).

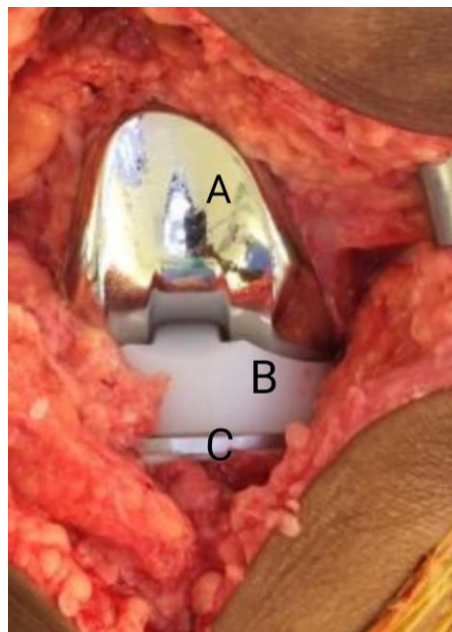
O tratamento sintomático muitas vezes continua a ser necessário mesmo após uma artroplastia devido à complexidade dos mecanismos relacionados à dor crônica e sensibilização central que potencializam e perpetuam a sensação dolorosa. Neste caso, está indicado o uso de drogas psicoativas como a pregabalina e a duloxetina como coadjuvantes no período pré e pós cirúrgico (Itoh e col., 2020).

## 2.2A Artroplastia Total do Joelho

A ATJ é uma opção de tratamento cirúrgico que melhora a mobilidade e qualidade de vida de pacientes que sofrem com OA avançada de joelhos (Leurcharusmee e col., 2018). (Figuras 3 e 4)



**Figura 3: Imagem intraoperatória de um joelho com osteoartrite avançada.** Imagem da exposição cirúrgica da articulação do joelho, evidenciando o desgaste articular no fêmur (A), tibia (B) e patela (C)  
Fonte: Arquivo pessoal do autor



**Figura 4: Imagem intraoperatória de uma artroplastia total de joelho.** Imagem da exposição cirúrgica evidenciando a substituição articular do joelho pela prótese: componente femoral (A); polietileno (B); componente tibial (C). Fonte: Arquivo pessoal do autor

O seu objetivo é restabelecer a função articular comprometida pela OA. Para isso os tecidos doentes, como o revestimento osteocartilaginoso e também os ligamentos insuficientes são substituídos por componentes protéticos com preservação ou substituição ligamentar, de acordo com o desenho da prótese escolhida (Mayer e col., 2017).

A ATJ é uma das cirurgias ortopédicas mais comuns, com cerca de 700.000 procedimentos realizados nos EUA no ano de 2014 e com projeção de aumento nas próximas décadas (Kahlenberg e col., 2018). Em 2007, Kurtz e cols. estimaram um aumento do número anual de ATJ em mais de 670%, de 2005 até 2030 (Kurtz e col., 2007).

Apesar de ser considerada segura, a ATJ não está livre de complicações. Entre elas destacamos a possibilidade de um sangramento volumoso com repercussões locais e sistêmicas, lesões vasculares, danos neurológicos, lesão do mecanismo extensor, complicações cardiovasculares, embolia pulmonar, deiscência de ferida, rigidez, instabilidade e dor persistente no joelho, além de afrouxamento do implante (Hasanain e col., 2018).

Objetivando um menor sangramento operatório e maior conforto ao cirurgião por proporcionar um campo cirúrgico limpo e seco, grande parte das ATJ são realizadas com o membro sob isquemia, utilizando um TNQ pneumático (de Souza Leão MG. e col., 2016). (Figura 5)



**Figura 5: Torniquete pneumático.** Imagem de torniquete pneumático demonstrando o manguito pneumático com os tubos conectores e o aparelho com registro da pressão. Fonte: <https://dormed.vteximg.com.br/arquivos/ids/161599-1000-1000/torniquete-pneumatico-mecanico-28-600-1111.png?v=637372673977430000>

O uso do TNQ pode estar associado a um maior risco de lesão de tecidos moles e de complicações pós operatórias, como a trombose e até mesmo a não percepção de um sangramento arterial, o que tem levado a discussões sobre utilizar ou não o TNQ nas ATJ (Mayer e col., 2017).

Além do sangramento pertinente a cirurgia, a resposta inflamatória ao trauma cirúrgico também está relacionada a complicações importantes. O estresse cirúrgico, de uma forma geral, desencadeia uma série de reações químicas e metabólicas em resposta ao trauma. Ocorre um aumento da circulação de cortisol e catecolaminas, síntese e liberação de citocinas pró-inflamatórias e de proteína C - Reativa (PCR), além de indução a lipólise e hiperglicemia (Tsunoda e col., 2017).

Estas reações repercutem no aumento da temperatura corporal, na dor pós-operatória, no aumento da contagem de células brancas sanguíneas, do PCR e de interleucina-6 (IL-6), que servem como marcadores de estresse. Também tendem a estar elevados os níveis de interleucina 1-beta, IL-8, IL-10, fator de necrose tumoral e cortisol (Tsunoda e col., 2017).

A IL-6 é reconhecida como o maior mediador das proteínas de fase aguda de resposta ao estresse pós-cirúrgico e é utilizado como marcador de estresse em vários estudos. Os níveis de IL-6 após 24h de uma ATJ unilateral variam entre 400-535 pg/dl e os níveis após uma ATJ bilateral podem alcançar 1098 pg/dl (Tsunoda e col., 2017).

Discute-se o quanto essa resposta inflamatória e suas repercussões locais e sistêmicas podem ser exacerbadas pelo uso do TNQ. (Tsunoda e col., 2017)

Apesar de a ATJ ser um procedimento efetivo ao que se propõe, cerca de 12-22% dos pacientes permanecem insatisfeitos com o resultado de suas cirurgias. O grau de satisfação depende de diversos fatores clínico-funcionais objetivos e subjetivos (Conner-Spady e col., 2020).

A satisfação e o bom funcionamento de uma ATJ dependem de uma boa técnica cirúrgica (cobertura óssea, rotação e alinhamento dos componentes), do desenho da prótese escolhido, da idade do paciente, do grau de melhora funcional e das suas expectativas (Mayer e col., 2017).

Provavelmente, o fator que mais influencia na satisfação é a expectativa que o paciente tem em relação ao procedimento e o quanto esta expectativa prévia é ou não atendida com a cirurgia (Conner-Spady e col., 2020).

As principais expectativas dos pacientes que se submetem a uma ATJ são ficar livre da dor, recuperar a mobilidade articular e a capacidade para executar as diversas tarefas do dia a dia como caminhar, levantar de uma cadeira e subir escadas. Este é um dos motivos da busca por estratégias de otimização da técnica cirúrgica e dos protocolos de reabilitação (Conner-Spady e col., 2020).

O objetivo é alcançar uma recuperação cada vez mais rápida, com maior ganho de amplitude de movimento e de força muscular (Mayer e col., 2017). O uso do TNQ de modo otimizado, combinando suas vantagens enquanto riscos e complicações são minimizados, é uma estratégia a ser discutida e estudada.

### **2.3 A perda sanguínea na artroplastia total do joelho**

Além dos riscos habituais pertinentes a todo procedimento cirúrgico, o perfil de pacientes idosos e com comorbidades submetidos à ATJ os deixa mais suscetíveis a complicações pós-operatórias, em especial às relacionadas ao sangramento peroperatório (Holt e col., 2016).

A perda sanguínea durante a ATJ normalmente varia entre 300 mL e 1000mL sendo eventualmente de até 2000 mL (Levine e col., 2014; Li e col., 2016; Gao e col., 2016), o que pode causar anemia aguda e conseqüentemente aumentar a suscetibilidade à infecção, retardar a reabilitação e aumentar a morbidade e mortalidade, principalmente quando uma transfusão sanguínea se torna necessária (Levine e col., 2014).

Além das perdas sanguíneas visíveis existem perdas chamadas ocultas, que seriam o sangue que permanece intra-articular, ou que infiltra as partes moles adjacentes e a perda por hemólise (Dennis e col., 2015).

Associada às alterações hemodinâmicas causadas pelo sangramento, a hemotransfusão, cuja necessidade é altamente variável (Maheshwari e col., 2014; Levine e col., 2014), está relacionada a um aumento do tempo permanência hospitalar, reações hemolíticas transfusionais, coagulopatias, transmissão de doenças, reações imunológicas, falência renal e morte (Holt e col., 2016).

Estratégias pré-operatórias de controle da anemia causada pelo sangramento incluem suplementação de ferro, uso de eritropoetina e doação autóloga. Durante o ato cirúrgico podem ser adotadas medidas que reduzam a perda sanguínea como o

uso do TNQ, do eletrocautério, da anestesia hipotensiva, da infiltração de vasoconstritores no sítio cirúrgico e da anestesia regional. No pós-operatório podem ser utilizados drenos de reinfusão e hemotransfusão (Holt e col., 2016).

O uso do ácido tranexâmico (TXA) nas ATJ é outra estratégia que tem sido amplamente adotada com o objetivo de reduzir as perdas sanguíneas relacionadas ao procedimento. Administrado tradicionalmente no pré-operatório imediato por via intravenosa e eventualmente mantido nas primeiras 24h de pós-operatório, também pode ser aplicado localmente no sítio cirúrgico. Apesar de a dosagem e tempo de uso ideal ainda serem objeto de discussão, a grande maioria dos estudos o mostra muito eficaz em reduzir as perdas sanguíneas na ATJ (Yang e col., 2012; Chen e col., 2012; Almeida e col., 2018; Xie e col., 2016).

Outras medicações de uso tópico, como os selantes de fibrina, também têm sido estudadas, apesar dos resultados ainda serem conflitantes sobre seu real benefício, principalmente quando comparados ao uso tópico do TXA (Pavão e col., 2019).

#### **2.4 Os efeitos do torniquete na artroplastia total de joelho**

O TNQ é um dispositivo que, ao ser acoplado e inflado sobre a parte mais proximal de um membro, impede o fluxo sanguíneo distal a este. (Figura 6) É extremamente útil no controle de hemorragias agudas no cenário de uma urgência por trauma e também uma ferramenta amplamente utilizada em cirurgias eletivas ortopédicas e tumorais (Magnum e col., 2019).

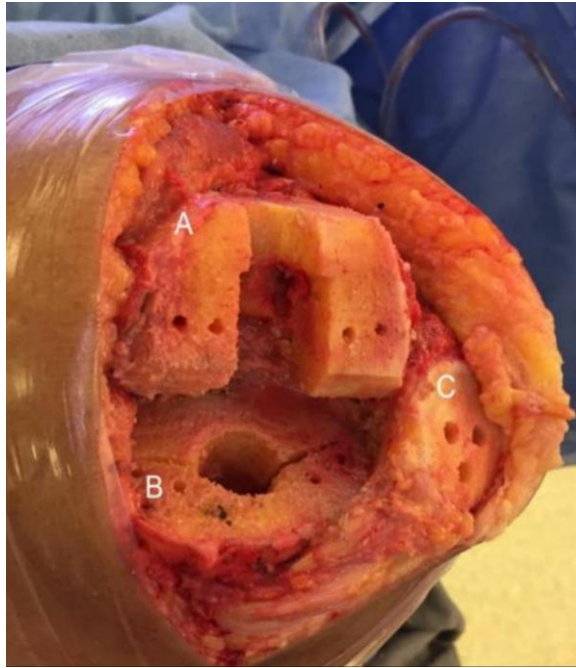


**Figura 6 Torniquete acoplado a região proximal da coxa.** Imagem do posicionamento do torniquete no terço proximal da coxa de paciente para ATJ. Fonte: Arquivo pessoal do autor.

O uso do TNQ tem sido amplamente utilizado durante as cirurgias de ATJ, sendo relatado que mais de 90% dos cirurgiões ortopédicos o utilizam em seus pacientes (Berry e col., 2010; Hasanain e col., 2018).

Apesar de ser utilizada na maioria das ATJ, utilizá-lo ou não tem sido bastante discutido, pois apesar de apresentar vários benefícios, os efeitos adversos que a isquemia tecidual pode causar precisam ser levados em consideração (Mangum e col., 2019).

O uso do TNQ previne o sangramento do leito ósseo recém seccionado (figura 7), reduzindo o sangramento intraoperatório, melhora a visibilidade no campo cirúrgico deixando o procedimento mais confortável ao cirurgião, melhora a qualidade da cimentação e conseqüentemente a fixação do implante, reduzindo o tempo de cirurgia, o que pode diminuir a incidência de infecção (Dennis e col., 2015; Wang e col., 2016; Zhou e col., 2017; Mayer e col., 2017; Hasanain e col., 2018).



**Figura 7 Aspecto intraoperatório na artroplastia total de joelho.** Imagem intraoperatória de ATJ após confecção dos cortes ósseos com TNQ: fêmur distal (A) ; tibia proximal (B) ; Patela (C). Fonte: acervo pessoal do autor

Principalmente para cirurgiões com pouco volume de cirurgias, o sangramento no campo cirúrgico compromete a identificação correta dos pontos anatômicos de referência, podendo prejudicar a escolha do tamanho e o posicionamento adequado dos componentes, resultando em complicações eventualmente graves (Hasanain e col., 2018).

O uso do TNQ pode trazer benefícios em relação à cimentação dos implantes, uma vez que o campo cirúrgico livre do sangue teoricamente permite uma cimentação de melhor qualidade, com um manto de cimento mais espesso e com menor radiolucência progressiva, o que poderia influenciar na sobrevida da cirurgia a longo prazo (Touzopoulos e col., 2019).

Por outro lado, a isquemia causada pelo TNQ altera a fisiologia tecidual normal e está associada a diversas complicações (Leurcharusmee e col., 2018). Localmente, a pressão tecidual comprime músculos e tendões, causando lesões mecânicas e isquêmicas. Distalmente ao TNQ, o tecido muscular e outros órgãos também sofrem agressão, tanto pela isquemia prolongada quanto pela reperfusão (Bitu-Moreno e col., 2002; Leurcharusmee e col., 2018).



Como possíveis efeitos adversos ao uso do TNQ podemos citar uma recuperação inicial mais lenta, uma menor amplitude de flexão no pós-operatório (PO) imediato, uma maior intensidade de dor PO no joelho e coxa, complicações de cicatrização de ferida, irritação cutânea, edema do membro operado, paralisia nervosa, lesão muscular, lesão de vasos calcificados (Dennis e col., 2015; Wang e col., 2016; Zhou e col., 2017), maior incidência de trombose venosa profunda (TVP), tromboembolismo pulmonar (TEP) e infecção (Dennis e col., 2015; Mayer e col., 2017). Ainda existe grande debate sobre o papel do TNQ em relação à perda sanguínea e necessidade de hemotransfusão (Mayer e col., 2017).

Alguns relatos de caso já documentaram inclusive o desenvolvimento de rabdomiólise relacionada ao uso do TNQ em diversos tipos de cirurgias ortopédicas. Apesar dos estudos relatarem tempo e pressão de uso variados para a ocorrência da rabdomiólise, uma ideia clara dos limites seguros para o uso do TNQ é quase impossível (Hasanain e col., 2018). Evidências mostram que utilizá-lo por curto período de tempo é seguro, porém o limite máximo de uso sem aumentar a ocorrência de complicações ainda está sob investigação (Magnum e col., 2019).

O sangramento intraoperatório é menor quando o TNQ é utilizado (Dennis et al., 2015). Por sua vez, os dados quanto à perda sanguínea total são conflitantes. Alguns estudos afirmam que não há diferença (Dennis e col., 2015, Tsunoda e col., 2012; Zhou e col., 2017; Huang e col., 2017), outros relatam um sangramento reduzido com o uso do TNQ (Tai e col., 2012; Wang e col., 2016; Hasanain e col., 2018; Kheir e col., 2018; Goel e col., 2019) e em uma única publicação é apontado um sangramento maior no grupo operado com TNQ. (Huang e col., 2017).

Embora as perdas sanguíneas intraoperatórias sejam menores na cirurgia com TNQ, acredita-se que o sangramento pós-operatório após a sua liberação, possa ser maior do que nas cirurgias sem TNQ. A justificativa seria que a resposta à isquemia leva à vasodilatação pós-operatória reacional e induz a uma maior atividade fibrinolítica tecidual. Além disso, na cirurgia sem isquemia consegue-se uma melhor hemostasia à medida que o cirurgião identifica prontamente os sítios de sangramento e os cauteriza ao longo da cirurgia (Wang e col., 2016).

Ainda não está claro o quanto usar ou não o TNQ pode ser benéfico com as técnicas atuais de controle da hemostasia e cirurgia. (Zhou e col., 2017)

Na cirurgia sem TNQ, uma melhor visualização dos vasos sangrantes durante o ato cirúrgico permite uma hemostasia por eletrocautério mais eficaz, o que justificaria

menor formação de hematoma e, conseqüentemente, menor edema e dor na coxa e no joelho e melhor ADM no pós-operatório imediato, o que pode tornar a reabilitação mais rápida (Zhou e col., 2017).

Uma melhor recuperação em relação a dor e edema no membro operado no PO imediato nas cirurgias sem TNQ também se justificaria por uma menor agressão tecidual local e por não haver resposta do tipo isquemia-reperfusão (Wang e col., 2016).

Com relação à dor no pós-operatório, Hasanain (2018) encontrou níveis algícos similares entre seus grupos de estudo e controle, contrariando estudos prévios e atribuiu esta igualdade à utilização do garrote com baixas pressões, apenas 100-150 mmHg acima da pressão arterial sistólica (Hasanain e col., 2018). Reduzir a pressão e o tempo de uso do TNQ mostrou-se benéfico em reduzir os níveis de dor nos três primeiros dias PO e é uma estratégia a ser considerada. (Chen e col., 2014)

Apesar das desvantagens teóricas do uso do TNQ em relação à reabilitação, já mencionadas, estas não se confirmam em alguns estudos clínicos, onde os resultados de ADM e funcionais tanto em ATJ unilaterais ou bilaterais simultâneas, com e sem o uso do TNQ, se apresentaram similares (Hasanain e col., 2018).

Quando o membro é exanguinado e o manguito pneumático é inflado, ocorre um aumento do volume sanguíneo circulante central e da resistência vascular sistêmica, induzindo um estado de hipercoagulação, o que faria do uso do TNQ um fator de risco para o tromboembolismo (Leurcharusmee e col., 2018). Apesar disto, a incidência de TVP e TEP após ATJ com TNQ não são maiores do que quando este não é utilizado (Leurcharusmee e col., 2018). De toda forma, seria mais seguro não usar garrote em pacientes com insuficiência vascular periférica, calcificação arterial e sem pulso pedioso palpável (Zhou e col., 2017).

O uso do TNQ pode estar relacionado a um maior e mais persistente déficit de força do quadríceps e dos isquiotibiais após uma ATJ, o que está intimamente relacionado a um menor grau de satisfação (Liu e col., 2014; Dennis e col., 2015; Gormeli e col., 2017).

Um dos parâmetros de sucesso da ATJ é a função pós-operatória do quadríceps. A possível atrofia muscular em consequência do uso do TNQ pode resultar em déficit pós-operatório da função deste músculo e comprometer a capacidade de reabilitação. Como a maioria dos pacientes submetidos à ATJ é idosa,

a perda muscular induzida pelo TNQ pode ser permanente, aumentando o risco de quedas e perda da independência (Leurcharusmee e col., 2018).

Considerando que a isquemia-reperfusão (I/R) tecidual agride o tecido muscular, poderíamos supor que os marcadores de lesão muscular e de atividade inflamatória estariam aumentados em pacientes com uso do TNQ em relação ao não uso. Entretanto, Tai e cols. (2012) ao dosar os níveis de creatinofosfoquinase (CPK; marcador de lesão muscular) e proteína-C reativa (PCR; marcador de atividade inflamatória), observaram que estes estavam mais elevados no grupo sem TNQ. Este achado pode ser justificado por um menor tempo cirúrgico no grupo com TNQ e por terem utilizado uma pressão no garrote apenas 100 mmHg acima da sistólica (Tai e col., 2012).

Olivecrona e cols. relataram que o uso do TNQ com menor nível pressórico se relacionou com menor taxa de complicações de ferida e infecção. Descrevem que uma possível alternativa para se alcançar os benefícios do uso do TNQ, minimizando os efeitos adversos, seria otimizar sua utilização, com menor tempo e menor pressão (Olivecrona e col., 2012).

A decisão de utilizar ou não o TNQ deve levar em consideração todos os prós e contras, caso a caso e a confiança do cirurgião em realizar a ATJ sem TNQ com a mesma precisão como o faria com o seu uso (Dennis e col., 2015).

## **2.5 Avaliação da força muscular**

As lesões traumáticas e degenerativas da articulação do joelho, por mecanismos diversos, geram comprometimento da função dos músculos envolvidos com a sua biomecânica e função. Além disso, o trauma cirúrgico decorrente das diversas cirurgias que buscam restabelecer a anatomia e/ou função perdidas, também geram comprometimento de tais grupos musculares (Dennis e col., 2015).

Destacamos três mecanismos envolvidos na perda da função muscular (Dennis e col., 2015):

- a hipotrofia ou atrofia muscular pelo desuso, que ocorre pela limitação mecânica da mobilidade articular pela doença em si ou pela dor por ela causada;

- o reflexo inibitório pós-traumático ou pós-operatório, onde a contração muscular ativa fica inibida por um reflexo neurológico inibitório medular de proteção articular;
- lesão muscular provocada pelo TNQ, nas cirurgias que utilizam este recurso, por agressão direta ao músculo e por lesão tipo I/R.

A força muscular do quadríceps está relacionada com a capacidade funcional do indivíduo e com a sua qualidade de vida, pois é fundamental para boa execução de atividades básicas de vida diária, como subir e descer degraus, sentar e levantar e até mesmo andar (Lauermann e col., 2014).

Em pacientes com OA, a força muscular do quadríceps é um marcador de desenvolvimento e progressão da doença. Em pacientes operados é um marcador de recuperação da capacidade funcional e está relacionado ao grau de satisfação pós cirúrgica. Determinar o grau de força muscular pós-operatório é então de grande importância para a prática ortopédica e pesquisas (Lauermann e col., 2014).

A função muscular do quadríceps tem recebido cada vez mais atenção quando o assunto é a OA do joelho, tanto antes quanto após a cirurgia de ATJ (Lauermann e col., 2014).

A força de extensão do joelho é relatada como um fator determinante para a função física e para a marcha após uma ATJ (Braito e col., 2016). Para pacientes submetidos à ATJ, a força do quadríceps é um dos mais robustos preditores de função a longo prazo em tarefas como subir escadas e levantar-se de uma cadeira (Dennis e col., 2015).

Mesmo em cirurgias menos agressivas que uma ATJ, como a reconstrução do ligamento cruzado anterior, observamos que déficits de força podem comprometer os resultados clínicos subjetivos e mesmo com as estratégias mais modernas e intensas de reabilitação, algum grau de déficit de força pode persistir, mesmo após 5 anos de cirurgia (Moisala e col., 2007).

As análises objetivas e subjetivas após cirurgias reconstrutivas são capazes de fornecer informações importantes ao cirurgião ortopédico (Berman e col., 1991). Apesar de habitualmente durante o seguimento pós-operatório, ser feita apenas a avaliação da capacidade funcional com exame físico e escalas subjetivas, conclusões mais acertadas do ponto de vista científico só podem ser obtidas por avaliações objetivas (Berman e col., 1991).

Avaliações objetivas têm maior poder para embasar desenhos de prótese, técnicas cirúrgicas e protocolos de reabilitação do que avaliações subjetivas (Berman e col., 1991; Bolanos e col., 1998).

O estudo objetivo dos efeitos da ATJ sobre a função do joelho necessita de dados quantitativos sobre a performance do membro acometido e do contralateral, no pré e pós-operatório (Berman et al., 1991). Essa avaliação funcional objetiva da força muscular após ATJ pode ser obtida pelo teste muscular isocinético (Bolanos e col., 1998).

Pacientes com doença degenerativa dos joelhos apresentam comprometimento da função motora dos músculos extensores e flexores e o teste isocinético permite avaliar a função de ambos, revelando ainda o grau de melhora de forma realista e reproduzível (Berman e col., 1991).

O teste isocinético da força permite uma avaliação objetiva da função motora dos músculos extensores e flexores do joelho, limitando a influência de compensações ou déficits de grupos musculares de outras articulações sobre os resultados relacionados à articulação do joelho, como ocorre com as avaliações por escores funcionais. O teste isocinético, ao identificar déficits de força em grupamentos musculares específicos, também permite uma reabilitação mais personalizada (Berman e col., 1991).

Além disso, a função normal do joelho submetido a uma ATJ depende de uma interação coordenada e recíproca de grupos musculares antagonistas. O teste isocinético é muito útil neste tipo de avaliação, além de ser um método seguro e não há relato de complicações relacionadas ao seu uso (Berman e col., 1991).

A capacidade de geração de força máxima do músculo quadríceps é comumente medida de três formas (Lauermann e col., 2014):

- Isométrica: como o maior torque que pode ser produzido durante a contração voluntária máxima (CVM) isométrica;
- Isocinética: como pico de torque gerado durante a contração isocinética concêntrica;
- Isoinercial: como a carga máxima que pode ser levantada uma vez, isto é, uma repetição com carga máxima (1RM), em uma máquina de resistência externa dinâmica constante.

Independente da modalidade do teste, dois métodos de cálculo são habitualmente utilizados para determinar o grau de fraqueza muscular. O primeiro

realiza a abordagem entre indivíduos, que consiste em calcular as diferenças (usualmente em percentual) da força muscular entre o grupo de estudo e um grupo controle de pacientes saudáveis., enquanto o outro desenvolve comparações no mesmo indivíduo, calculando a diferença de força lado-a-lado (membro envolvido versus não envolvido). Como as duas abordagens têm suas limitações, uma boa estratégia é combinar ambas (Lauermann e col., 2014).

## **2.6 A função motora do quadríceps na artroplastia total de joelho com e sem torniquete**

O envelhecimento causa uma perda de massa muscular progressiva, cerca de 3 a 8% por década após os 30 anos de idade (Volpi e col., 2004). Em indivíduos com OA, esta perda tende a ser ainda mais pronunciada. Idosos com OA em estágio avançado que são submetidos à ATJ têm cerca de 2/3 da massa muscular de indivíduos saudáveis na mesma faixa etária, ou seja, cerca de 30% menos. Isto se justifica pelo desuso, a uma menor ingestão proteico-calórica e a um processo catabólico causado pela resposta inflamatória provocada pela doença (Dreyer 2016).

É muito importante, então, identificar mecanismos relacionados à atrofia e perda de massa muscular em idosos, pois ela tende a ser irreversível (Dreyer 2016).

A ATJ, apesar de melhorar a função articular em pacientes com OA, muitas vezes não garante o retorno a padrões de mobilidade, força muscular e qualidade de vida de indivíduos da mesma faixa etária saudáveis. Isto se deve a hipotrofia muscular pré-operatória somada à hipotrofia causada pelo trauma cirúrgico (Dreyer 2016).

A fraqueza do quadríceps é uma marca registrada da ATJ (Dennis e col., 2015). Um déficit persistente de força muscular nos testes isocinéticos é reportado após uma ATJ (Bolanos e col., 1998). Enquanto outros parâmetros funcionais se recuperam nos primeiros três meses, a força do quadríceps costuma levar cerca de um ano para atingir os níveis pré-operatórios (Dennis e col., 2015).

Após uma ATJ a perda do volume do quadríceps é de cerca de 1% ao dia nos primeiros 14 dias, de acordo com estudo de ressonância nuclear magnética. Nas semanas seguintes essa perda tende a ser significativamente menor e de fato, nos primeiros 14 dias, ocorre cerca de 80% da perda de volume muscular pós-operatório total, sendo este considerado um período crítico onde devem ser adotadas medidas que minimizem este efeito (Dreyer 2016).

Mais da metade da força pré-operatória do quadríceps é perdida no primeiro mês pós-operatório de uma ATJ (Braitto e col., 2016). Em seguida a força aumenta gradualmente até o terceiro mês, porém só se recupera o padrão de força pré-operatório por volta de 6 a 12 meses. Quando comparados com indivíduos saudáveis, a força do quadríceps mesmo após 2 anos da ATJ, ainda é relatada como sendo até 40% menor (Braitto e col., 2016).

Cavanellas e col. (2018) observaram que os déficits de força do quadríceps e dos isquiotibiais permaneceram após a ATJ e que os valores de pico de torque do quadríceps 6 e 12 meses após a ATJ permaneceram inferiores aos valores de indivíduos saudáveis da mesma faixa etária.

Teoricamente o uso do TNQ pode comprometer a recuperação da força muscular e a função do membro operado após uma ATJ (Dennis et al., 2015). Poucos estudos, entretanto, avaliaram os efeitos do torniquete sobre a reabilitação da função e força no PO imediato (Dennis e col., 2015).

O grau de comprometimento muscular depende do tempo de utilização do TNQ. Gormeli e col. (2017), em estudo prospectivo com 25 pacientes, avaliaram o tempo de uso do TNQ sobre a força isocinética do quadríceps e observaram que o torque máximo foi tão menor quanto maior o tempo de isquemia (Gormeli e col., 2017).

Tai e cols. (2012) realizaram um estudo prospectivo com 70 pacientes randomizados em 2 grupos com e sem o uso do TNQ. Utilizaram o TNQ com uma pressão de 100 mmHg acima da pressão sistólica do paciente e este era desinflado após o fechamento da cápsula articular. Curiosamente observaram que no grupo com TNQ houve menor agressão tecidual, graduada pelos níveis séricos dos marcadores de lesão muscular CPK e de resposta inflamatória PCR do que no grupo sem TNQ (pico de CPK:  $162 \pm 104$  versus  $214 \pm 89$  U/L e pico de PCR:  $139 \pm 75$  versus  $175 \pm 55$  mg/dl)

Liu e col. (2014) analisaram o efeito do TNQ sobre a função motora do quadríceps na ATJ através da eletromiografia (EMG) de superfície durante extensão ativa do joelho no pré-operatório e após 6 semanas, 6 e 12 meses de pós-operatório. Os resultados da função motora pela EMG ficaram comprometidos no grupo com torniquete durante 6 meses em relação ao grupo controle. Comentam que seria importante uma estratégia de uso individualizada para cada paciente, através de um estudo que otimizasse o seu uso pelo tempo de isquemia e pressão do torniquete (Liu e col., 2014).

## **2.7 Síndrome isquemia-reperfusão na artroplastia total de joelho**

### **2.7.1 Fase de isquemia**

Após o membro ser exanguinado, geralmente através de elevação e compressão com faixa elástica, o fluxo sanguíneo para o membro a ser operado é interrompido pela compressão local provocada pelo TNQ. Neste momento ocorrem alterações na homeostase celular e disfunções à nível iônico e metabólico, incluindo depleção do trifosfato de adenosina (ATP), acidose intracelular e sobrecarga de cálcio no citosol, causando lesões às células. Além disso ocorre uma produção exacerbada de espécies reativas de oxigênio (EROs) e promoção de um estado pró-inflamatório, que causarão lesões durante a reperfusão (Mayer e col., 2017; Omer e col., 2017).

Na ausência de oxigênio ( $O_2$ ) às células reduzem seu metabolismo e ocorre uma mudança na forma de obtenção de energia celular, de aeróbica para anaeróbia, a fim de manter os níveis de ATP, transformando glicose e glicogênio em lactato. Isto provoca uma acidose celular em grau diretamente proporcional ao tempo de hipóxia (Dreyer 2016; Mayer e col., 2017).

A depleção do ATP intracelular resulta em um aumento da liberação de EROs e quanto maior o tempo na ausência de  $O_2$  maior o grau de lesão tecidual secundário (Mayer e col., 2017).

O aumento das EROs provoca a expressão de neo antígenos e citocinas pró-inflamatórias, como as interleucinas 6 e 1 (IL-6 e IL-1), e o fator de necrose tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ) (Mayer e col., 2017).

Esses neo antígenos são transferidos sucessivamente para a superfície celular e mostram uma extensa afinidade por interações com imunoglobulina M (IgM) durante a isquemia. Com a ativação do sistema da via do complemento clássico ocorre a formação do chamado complexo de ataque à membrana, que leva à manifestação das principais ações inflamatórias relacionadas, tais como alteração da permeabilidade vascular e aumento do extravasamento e sinalização celular (Mayer e col., 2017).

Em resumo, as evidências atuais sugerem que o sistema complemento e imune podem ser os agentes principais da lesão isquemia-reperfusão (Mayer e col., 2017).



A isquemia provoca um extravasamento nos espaços extracelular e vascular porque a membrana celular fica com uma permeabilidade anormal a enzimas citoplasmáticas (Tsunoda e col., 2017). Este estado pró-inflamatório causa edema tecidual, que já pode ser notado logo após o início da isquemia e, se a isquemia persiste, ocorre necrose tecidual em cerca de 4h, que se torna irreversível em torno de 7h (Mayer e col., 2017).

### **2.7.2 Fase de reperfusão**

Uma nova agressão se desencadeia quando o suporte de oxigênio é restabelecido, de modo sistêmico, com a liberação de bioprodutos metabólicos na corrente sanguínea e localmente, com a formação de espécies reativas de oxigênio em excesso, além da capacidade de produção de antioxidantes endógenos. A combinação dos efeitos da isquemia com os da reperfusão caracteriza uma síndrome chamada isquemia-reperfusão (I/R) (Dreyer 2016).

A reperfusão leva a danos teciduais secundários. A circulação dos radicais livres de O<sub>2</sub> acumulados durante a isquemia, em uma quantidade muito superior à capacidade antioxidante do organismo, induz a dano tecidual por distúrbio da homeostase intracelular, peroxidação lipídica, desintegração de membrana e dano ao DNA, com apoptose e necrose de células endoteliais, parenquimais e imunes (Tsunoda e col., 2017; Leurcharusmee e col., 2018).

Os fatores citotóxicos liberados por leucócitos aderentes, além de comprometer ainda mais a integridade do endotélio, conduzem a um aumento progressivo da permeabilidade microvascular e perda de fluido no espaço intersticial (Mangum e col., 2019).

A hemoconcentração e o edema intersticial resultantes são o principal mecanismo direto de redução do fluxo capilar. O aumento da pressão provoca compressão mecânica e estreitamento dos capilares, o que reduz ou interrompe a passagem do sangue por mecanismo de resistência hidráulica (Mangum et al., 2019).

O grau de não-fluxo capilar observado após o TNQ depende da duração da isquemia, pois ela determina o grau de lesão endotelial e recrutamento de leucócitos vasculares, além da ativação de leucócitos circulantes pelo processo inflamatório concomitante (Mangum e col., 2019).

Acredita-se ainda que a isquemia induzida pelo TNQ resulte em uma hiperemia reativa local, que persiste por algumas horas quando este é desinflado. Isto causa um aumento da hemorragia nos tecidos traumatizados adjacentes no PO imediato. Este sangramento é potencializado por um aumento da atividade fibrinolítica ocasionada pela resposta I/R (Dennis e col., 2015).

### **2.7.3 Síndrome isquemia-reperfusão pelo torniquete na artroplastia total de joelho**

A fim de determinar os efeitos da I/R em cirurgias de ATJ com uso de TNQ, Tsunoda e cols. dosaram os níveis de IL-6, um importante marcador de resposta ao trauma entre grupos de estudo e controle. A IL-6 é produzida como resposta ao estímulo de antígenos por monócitos, macrófagos, linfócitos T, células endoteliais e fibroblastos. Um dos seus importantes papéis é reduzir e controlar a resposta de proteína de fase aguda (Tsunoda e col., 2017).

Existe uma correlação positiva entre seus níveis e o grau de lesão tecidual. Uma vez aumentada no sítio cirúrgico, ela se difunde pela circulação sistêmica ativando leucócitos e causando febre. Na ATJ a IL-6 sistêmica atinge seu pico entre 6 e 24h (Tsunoda e col., 2017).

Este autor observou que apesar da lesão por I/R provavelmente ter sido responsável por aumento dos níveis séricos de IL-6 nos pacientes operados sob isquemia induzida pelo TNQ, a agressão provocada pela ATJ por si só elevou tanto os níveis de IL-6 que o aumento adicional provocado pelo TNQ foi insignificante (Tsunoda e col., 2017).

Os efeitos causados pela I/R podem ser minimizados através do uso de agentes farmacológicos, que podem reduzir os níveis de radicais livres celulares inibindo a produção de EROs ou aumentando o nível das enzimas antioxidantes. Agentes como a vitamina C, o manitol, a N-acetilcisteína, o óxido nítrico inalatório e baixas concentrações de oxigênio têm sido estudados quanto à sua eficácia para tais propósitos. (Leurcharusmee e col., 2018).

Prevenir a disfunção mitocondrial e o processo inflamatório local e sistêmico também pode ter papel na proteção musculoesquelética. Portanto, as vitaminas C e E que são antioxidantes não enzimáticos, que efetivamente eliminam radicais peroxil

lipídicos e encerram a reação em cadeia da peroxidase lipídica, podem ser administrados para reduzir a ocorrência da síndrome I/R (Leurcharusme e col., 2018).

Altas doses de vitamina C, administradas 10 min antes de inflar o TNQ e 20 min após a reperfusão foram capazes de reduzir os níveis de malondialdeído, que é um metabólito tóxico da peroxidação lipídica. Também mostrou efeito cardioprotetor ao reduzir os níveis de troponina 1 (Leurcharusmee e col., 2018).

A administração exógena de óxido nítrico (ON) reduziu a resposta inflamatória em pacientes submetidos a ATJ com anestesia geral. Já o uso do manitol não se mostrou efetivo (Leurcharusmee e col., 2018).

Dentre os agentes anestésicos, o propofol e a cetamina em pequenas doses têm potencial semelhante para reduzir o estresse oxidativo causado por lesão de isquemia-reperfusão induzida por torniquete em pacientes submetidos à cirurgia artroscópica do joelho sob raquianestesia. (Omer e col., 2017)

Destes, o propofol é o que tem melhor efeito antioxidante e anti-inflamatório. Também tem efeito cardioprotetor, que é dose dependente e mediado por cadeias respiratórias mitocondriais complexas. Baixas doses já se mostraram protetoras para o sistema musculoesquelético. Uma boa estratégia de anestesia para ATJ com TNQ é a raquianestesia combinada a uma pequena dose de propofol (Leurcharusmee e col., 2018).

A disfunção endotelial que resulta do desbalanço de substâncias vasoativas como a endotelina 1 (ET-1), assim como óxido nítrico sintetase neuronal (ONSn) e endotelial (ONSe) tem papel na fisiopatologia de diversas condições isquêmicas severas da I/R. Questiona-se o quanto agentes moduladores de ET-1 e das vias de ON podem ter efeitos terapêuticos benéficos na I/R (Leurcharusmee e col., 2018).

Apesar de todos os efeitos deletérios da isquemia provocados pelo TNQ, deve-se considerar que o ato cirúrgico por si só é responsável por gerar um estresse que provoca alterações neuroendócrinas, imunológicas e hematológicas muito mais significativas do que a provocada pelo TNQ (Leurcharusmee e col., 2018).

#### **2.7.4 Efeitos da isquemia-reperfusão sobre a função muscular**

A I/R provoca a hiper-regulação de genes em vias de estresse celular e desencadeia eventos celulares que resultam em redução de síntese e aumento na degradação de proteínas. Essas alterações no metabolismo proteico levam a mobilização de aminoácidos livres que contribuem para a atrofia do quadríceps (Dreyer e col., 2016 Leurcharusmee e col., 2018).

Após duas horas da liberação do TNQ, 72 genes do sistema musculoesquelético estão significativamente hiper-regulados. Os genes relacionados às vias de estresse celular potencialmente induzem a apoptose e ativação do sistema complemento (Leurcharusmee e col., 2018).

O sistema proteossômico ubiquitina, a principal via de proteólise musculoesquelética, também está hiper-regulada 60min após a isquemia, indicando um aumento da quebra proteica muscular (Leurcharusmee e col., 2018).

#### **2.7.5 Efeitos da isquemia-reperfusão sobre a profilaxia antibiótica**

Uma vez que condições que afetem adversamente a perfusão microvascular, como o choque ou sepse, podem reduzir significativamente a entrada de antibióticos (ATB) nos tecidos, a síndrome de I/R poderia comprometer a profilaxia ATB após uma ATJ com uso de TNQ e aumentar o risco de infecção (Mangum e col., 2019).

Enquanto o membro permanece sob isquemia, nenhuma concentração de ATB atinge os tecidos distais ao TNQ. Mangum e cols. desenvolveram um estudo em ratos para observar as concentrações de ATB no tecido muscular após a liberação do fluxo sanguíneo ao longo do tempo, após 2 e 4h de isquemia (Mangum e col., 2019). O uso do TNQ por duas horas reduziu a exposição ao ATB no músculo em cerca de 56% imediatamente após a liberação do fluxo. Aumentando para 4h, a redução foi de 88% imediatamente após a liberação do TNQ e de 85% em 24h (Mangum et al., 2019). O estudo mostrou que a isquemia prolongada causa uma redução progressiva e persistente do índice farmacodinâmico do ATB no músculo reperfundido, após a administração sistêmica (Mangum et al., 2019). Os autores concluíram que o uso do TNQ em extremidades provoca uma redução na chegada dos antibióticos sistêmicos aos tecidos moles durante a reperfusão e ressaltaram a necessidade de se determinar

o tempo de isquemia seguro e de se estudar formas alternativas de profilaxia em tecidos sob isquemia prolongada (Mangum e col., 2019).

### **2.7.6 Efeitos sistêmicos da isquemia-reperfusão**

Alterações iônicas e celulares no tecido muscular estressado podem induzir a uma lesão tecidual caracterizada por rotura de fibras, apoptose, necrose, inflamação e edema intersticial. Se a lesão muscular progredir, os metabólitos gerados podem ganhar a circulação sistêmica e gerar lesões em órgãos vitais distantes como rins, cérebro, coração e pulmões (Mayer e col., 2017; Leurcharusmee e col., 2018).

O grau de lesão tecidual local pode ser intensa a ponto de, durante a reperfusão, complicar com uma síndrome compartimental e resposta inflamatória sistêmica, com insuficiência renal por rabdomiólise (Mayer e col., 2017).

As EROs difundidas pelo organismo no início da reperfusão, levam a um desbalanço entre o superóxido e óxido nítrico em toda a microcirculação, o que causa uma resposta inflamatória sistêmica que lesiona múltiplos órgãos (Leurcharusmee e col., 2018).

Yassin e cols. (2002) observaram lesões pulmonares, hepáticas e renais em animais submetidos a três horas de isquemia bilateral de membros posteriores, seguido de três horas de reperfusão (Yassin e col., 2002). Entretanto nenhuma lesão pulmonar, miocárdica ou cerebral foi demonstrada após ATJ unilaterais, embora os indicadores de função renal se mostrem alterados em alguns estudos (Leurcharusmee e col., 2018).

### **3. JUSTIFICATIVA**

Constituiu a principal justificativa para realizar o presente estudo a necessidade de estabelecer um protocolo individualizado de uso do torniquete a ser adotado em cirurgias de ATJ. Acreditamos que reduzir as pressões a apenas 100 mmHg acima da pressão sistólica e estabelecer um limite para o uso do torniquete apenas até o fim da cimentação dos implantes permita maximizar os benefícios da cirurgia com isquemia ao minimizar os efeitos indesejáveis. Além disso, o local da pesquisa é o órgão consultor do Ministério da Saúde no estabelecimento de políticas públicas nas áreas de Ortopedia e Traumatologia e, por isso, acreditamos que a partir da validação dos resultados do presente estudo, poderão ser definidos protocolos para orientação do uso do TNQ em ATJ no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS).

### **4. HIPÓTESE**

Nossa hipótese primária foi que o uso ideal do TNQ na ATJ primária estaria relacionado a sangramento equivalente ou menor sem comprometer a recuperação funcional ou aumentar as complicações em comparação com a cirurgia sem TNQ.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1 Objetivo Principal:

Avaliar o efeito do uso otimizado do TNQ sobre a perda sanguínea na ATJ em relação a cirurgia sem o seu uso.

### 5.2 Objetivos Secundários:

- Comparar o tempo cirúrgico entre as cirurgias de ATJ com e sem torniquete;
- Comparar o grau de comprometimento muscular estimado através da dosagem da CPK sérica no pós-operatório imediato entre os pacientes submetidos à ATJ com e sem TNQ;
- Comparar a necessidade de hemotransfusão entre os pacientes submetidos à ATJ com e sem TNQ
- Comparar os níveis de dor, edema, amplitude de movimento entre os pacientes submetidos à ATJ com e sem TNQ
- Comparar resultados clínico-funcionais através do escore Knee Society Score (KSS) entre os pacientes submetidos à ATJ com e sem TNQ
- Comparar a capacidade de elevação ativa do membro operado em extensão total e contração isométrica do quadríceps entre os pacientes submetidos à ATJ com e sem TNQ;
- Comparar o grau de força muscular dos extensores e flexores do joelho através de avaliação isocinética em pacientes submetidos à ATJ com e sem TNQ;
- Observar e comparar a ocorrência de complicações pós-operatórias locais e sistêmicas pacientes submetidos à ATJ com e sem TNQ

## 6. MATERIAL E MÉTODOS

### 6.1 Desenho do estudo e seleção de pacientes

Foi realizado um estudo prospectivo e randomizado com pacientes do Centro de Atenção Especializada de Cirurgia do joelho do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia (INTO) entre agosto de 2020 e dezembro de 2021.

Foram considerados elegíveis quanto a participar do estudo os pacientes candidatos à artroplastia total do joelho cadastrados na fila de cirurgias de nossa instituição. Foram incluídos pacientes de ambos os sexos, com idade entre 55 e 75 anos, com diagnóstico de osteoartrite primária do joelho graus III e IV de Kellgren e Lawrence e sem deformidades no plano coronal e sagital maiores que 15 graus.

Foram excluídos os pacientes com contraindicação para o uso do agente hemostático venoso ácido tranexâmico (por exemplo, cardiopatia crônica, arritmia cardíaca, trombose venosa profunda ou tromboembolismo pulmonar prévio), pacientes com coagulopatias e em uso crônico de anticoagulantes orais. Também foram excluídos aqueles que por algum motivo tiveram alguma quebra no fluxo de randomização, como por exemplo a contraindicação por parte da equipe de anestesia quanto a realização da cirurgia sem o TNQ.

### 6.2 Aspectos Éticos

O projeto seguiu as recomendações da declaração de Helsinki, foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa institucional (CAAE: 21118119.4.000.5273) e cadastrado na plataforma *Clinical Trials* (Register Number RBR-7hcnst).

Todos os pacientes, antes do ingresso no protocolo, foram esclarecidos através de linguagem simples e clara sobre os benefícios e riscos do tratamento. Após mostrar compreensão do que estava sendo proposto, o paciente ou seu representante legal comprovou sua concordância através da assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (Anexo A)



### **6.3 Cálculo amostral e formação de grupos**

O cálculo amostral deste estudo em relação ao desfecho primário foi baseado no trabalho de Wang e colaboradores (2016), que avaliou um grupo de pacientes OA primária do joelho, submetidos à cirurgia ATJ objetivando determinar diferenças significativas de sangramento entre joelhos operados com e sem o uso do garrote pneumático. Considerando significativa uma diferença de 50 ml entre os grupos, com poder de 80% e significância estatística de 0,05, seria necessária a avaliação de 76 pacientes. Considerando uma perda de seguimento de 10%, determinamos uma amostra mínima de 90 pacientes.

As cirurgias foram realizadas por 4 cirurgiões que receberam 4 envelopes pardos, 2 indicando alocação no grupo "sem TNQ" e 2 no grupo "TNQ otimizado". Os envelopes foram sorteados imediatamente após a anestesia e a cada ciclo de 4 cirurgias, um novo era iniciado.

Decidimos pela randomização em bloco para garantir que os grupos fossem homogêneos em relação aos cirurgiões e também para evitar que, no caso de troca de fabricante ou falha no fornecimento de implantes, os grupos também se mantivessem homogêneos em relação à prótese utilizada.

### **6.4 Coleta de dados**

A coleta de dados antropométricos (sexo, idade em anos, peso em quilogramas e altura em metros) e clínicos foi realizada por busca ativa nos prontuários. Essas informações bem como os dados relativos às demais avaliações realizadas foram documentadas mediante instrumento de coleta de dados (Anexo B)

### **6.5 Manejo perioperatório**

As cirurgias foram realizadas por quatro cirurgiões com 10 a 15 anos de experiência em cirurgia do joelho, membros do centro de cirurgia do joelho do INTO.

Todos os pacientes foram submetidos à anestesia raquidiana associada ao bloqueio periférico do nervo femoral e do nervo isquiático antes da incisão cirúrgica.

Todos os pacientes foram submetidos a ATJ com próteses póstero estabilizadas cimentadas (Legion Total Knee System®, Smith e Nephew®), sem substituição patelar, por via parapatelar medial, com o paciente em decúbito dorsal. Não foram utilizados drenos articulares aspirativos no pós-operatório.

As artroplastias no grupo torniquete otimizado foram realizadas sob isquemia com um manguito pneumático Striker® Color Cuff Dual Port de tamanho padrão de 10 x 110 cm, inflado com uma pressão 100 mmHg maior que a pressão arterial sistólica do paciente, imediatamente antes da incisão na pele, pós exsanguinação do membro por elevação e compressão, de distal para proximal, com atadura de crepom. Este foi desinflado logo após a secagem do cimento de fixação da prótese. As artroplastias do grupo sem torniquete foram realizadas com o torniquete acoplado à coxa sem ser inflado.

A prevenção e controle de sangramento foram realizados com o uso de 1g (quatro ampolas) de ácido tranexâmico (ATX- Transamin®, Zyklus Nikkho Farmacêutica Ltda) venoso antes da indução anestésica e 750mg (três ampolas) diluídas em 15 ml de soro fisiológico tópico através de aspersão por seringa, logo após a secagem do cimento em ambos os grupos, sabendo-se que no grupo com torniquete, este foi desligado imediatamente antes desta aplicação. Após 5 minutos de ação do ATX, a hemostasia foi revisada coagulando os vasos sangrantes com eletrocautério apenas no grupo com TNQ, uma vez que esta já havia sido realizada ao longo da cirurgia no grupo sem TNQ.

Todos os pacientes do estudo receberam profilaxia para trombose venosa profunda (TVP) com enoxaparina (Clexane®, Sanofi-Aventis Farmacêutica Ltda) 40 mg subcutânea por 14 dias, iniciada 12h após o procedimento.

Por fim, todos os pacientes foram submetidos ao mesmo protocolo de analgesia pós-operatória com analgésicos simples (dipirona 1g cada 6h) e opioides fracos (tramadol 50mg a cada 8h) nos primeiros 7 dias e de reabilitação, seguindo uma caderneta de exercícios padrão do instituto e encaminhados para fisioterapia motora após avaliação ambulatorial com 3 semanas após a cirurgia.

## 6.6 Avaliação do tempo médio de cirurgia e de torniquete

O tempo total de cada cirurgia foi cronometrado desde o início da incisão até o último ponto de sutura na pele, em ambos os grupos. Assim, o tempo médio da cirurgia correspondeu à diferença entre os horários de término e início da cirurgia.

Nas cirurgias com o uso do torniquete, também foi cronometrado o tempo desde a insuflação do torniquete até o seu esvaziamento. Desta forma, o tempo de uso do torniquete foi equivalente à diferença entre os horários de esvaziamento e insuflação do torniquete.

## 6.7 Avaliação da perda sanguínea

A dosagem de hemoglobina foi realizada no pré-operatório (na internação), no primeiro dia pós-operatório (D1; 24h) e no terceiro dia pós-operatório (D3; 72h).

Os seguintes parâmetros foram considerados individualmente em todos os pacientes na análise e cálculo da perda sanguínea:

### 1) Volemia:

Utilizamos a seguinte fórmula para cálculo da volemia, segundo Nadler e colaboradores (1962):

Volemia (L): Homens: altura (m)<sup>3</sup> x 0,367 + peso (kg) x 0,032 + 0,604

Mulheres: altura (m)<sup>3</sup> x 0,356 + peso (Kg) x 0,033 + 0,183

### 2) Perda de hemoglobina (Hb) em 24h:

O cálculo foi realizado conforme a fórmula: Hb perdida = {Hb internação – Hb pós-operatória (de 24h)} + Hb transfundida (1 x número de bolsas)

### 3) Perda de hemoglobina em 72h:

Calculada com base na fórmula: Hb perdida = {Hb internação – Hb pós-operatória (de 72h)} + Hb transfundida (1 x número de bolsas)

Hb transfundida = quantidade total de hemoglobina (g/dl) transfundida através dos concentrados de hemácias. As bolsas provenientes do HEMORIO, assim como as oriundas do HEMOINTO, têm uma concentração média de hemoglobina de 60g / bolsa

(0,6g/dl). Consideramos que cada bolsa de concentrado de hemácias eleva em média em um 1g/dl o nível de Hb (Razouk e col., 2004).

A perda sanguínea (L) no primeiro dia pós-operatório (24h) foi calculado pela seguinte fórmula: perda sanguínea = volemia x Hb perdida (24h) / Hb pré-operatória.

A perda sanguínea (L) no terceiro dia pós-operatório (72h) foi calculado pela seguinte fórmula: perda sanguínea = volemia x Hb perdida (72h) / Hb pré-operatória.

### **6.8 Avaliação do número de hemotransfusões**

Foram coletados os dados referentes ao número de pacientes que necessitaram de transfusão sanguínea halogênica durante o curso de internação hospitalar, o momento e, também, o número de bolsas de hemocomponentes que cada paciente recebeu, em ambos os grupos.

Foram utilizados os critérios de transfusão de hemocomponentes de acordo com os protocolos do INTO. Assim, os pacientes com Hb superior a 10 g/dl não necessitaram de transfusão sanguínea. Para pacientes com níveis de Hb entre 6 a 7 g/dl, foi indicada a realização de hemotransfusão. Para valores de Hb entre 7 a 10 g/dl, a decisão foi tomada considerando-se a situação clínica de cada paciente individualmente.

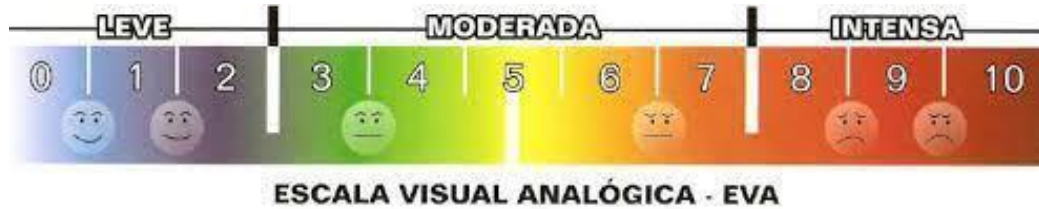
### **6.9 Dosagem dos níveis séricos de creatinofosfoquinase (CPK)**

Amostras de sangue foram coletadas para análise dos níveis séricos de CPK no pré-operatório e no primeiro e terceiro dia de pós-operatório, datas escolhidas arbitrariamente para observarmos a curva de evolução dos níveis de CPK com o passar do tempo.

### **6.10 Avaliação da dor através da escala visual analógica**

Buscamos mensurar a gravidade da dor de todos os pacientes através da escala visual analógica, com categorias de um até dez, em relação à dor no joelho e na coxa, onde zero corresponde a nenhuma dor e 10 à pior dor imaginável (0-2: dor leve; 3-7: dor moderada; 8-10: dor grave) (Delgado e col., 2018). As informações foram

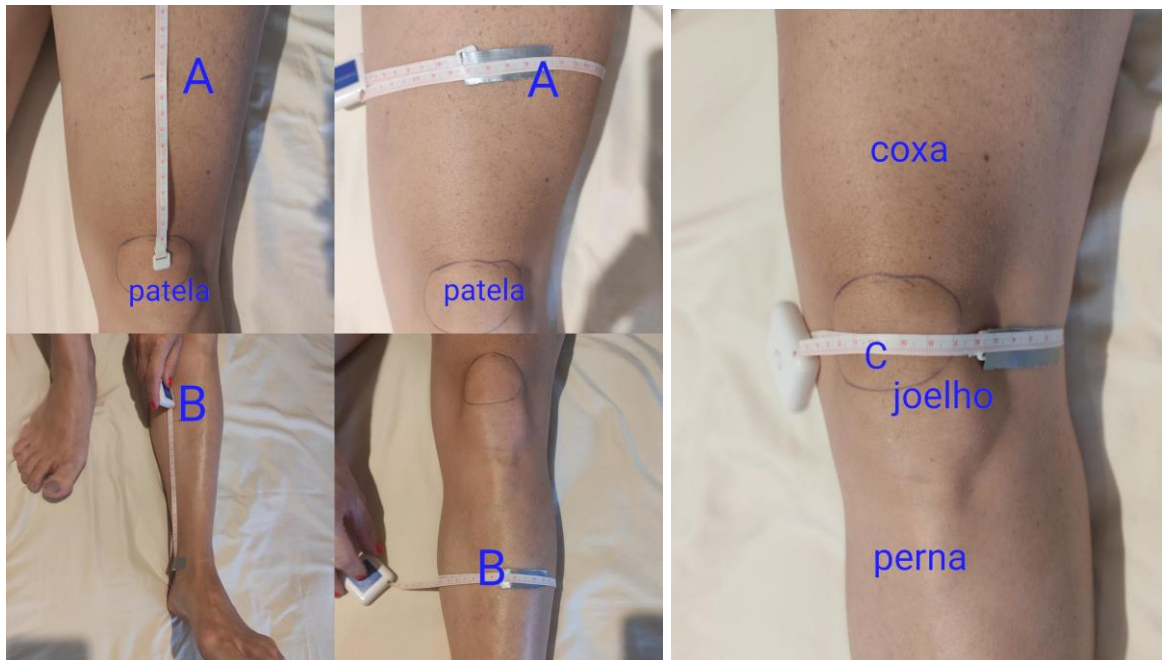
coletadas no pré-operatório imediato, no primeiro e terceiro dias, na terceira semana e no terceiro e sexto mês de pós-operatório. (Figura 8)



**Figura 8: Escala visual analógica de dor utilizada no estudo.** Régua de escala visual analógica, variando desde dor leve (zero) a dor intensa (10). Fonte: [http://www.reumart.com.br/uploads/5/8/3/2/58327609/escala-visual-analo-gica-eva2\\_orig.png](http://www.reumart.com.br/uploads/5/8/3/2/58327609/escala-visual-analo-gica-eva2_orig.png)

### 6.11 Avaliação do edema nos membros inferiores

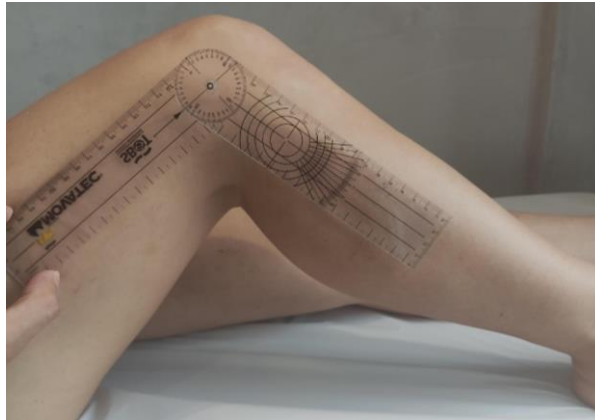
Realizamos aferições do perímetro da coxa (10 cm acima da patela), do joelho (no ponto médio da patela) e da perna (20 cm proximal ao maléolo medial) no pré-operatório, no terceiro dia e na 3ª semana de pós-operatório. Estimamos o edema de modo indireto, considerando o aumento dos valores do perímetro aferido no pós-operatório em relação aos valores pré-operatórios em cada uma destas avaliações no pós-operatório imediato e tardio. (Figura 9)



**Figura 9: Aferição do perímetro da coxa, joelho e perna.** Imagens ilustrativas da medida do diâmetro da coxa, no ponto de aferição 10 cm superior ao pólo proximal da patela (A); do diâmetro da perna, com ponto de aferição 20 cm proximal ao maléolo medial (B) e do perímetro do joelho, com ponto de aferição no ponto médio da patela (C). Fonte: acervo pessoal do autor.

### 6.12 Avaliação da amplitude de movimento

Aferição da amplitude de movimento ativo (extensão e flexão) com paciente em posição supina foi realizada utilizando goniômetro milimetrado padrão, colocado na face lateral do membro, centrado na linha articular do joelho no pré-operatório imediato, no terceiro dia, na 3ª semana e no terceiro e sexto mês de pós-operatório. (Figura 10)



**Figura 10: Aferição da amplitude de movimento.** Para a aferição da amplitude de movimento do joelho, o goniômetro milimetrado é centrado na face lateral do joelho, na altura da linha articular. Fonte: acervo pessoal do autor.

### 6.13 Avaliação por escore clínico-funcional

Utilizamos o escore funcional da Knee Society Score (KSS) validado para língua portuguesa (Pastore e col., 2012). O questionário foi aplicado no pré-operatório imediato, na 3ª semana e no terceiro e sexto mês de pós-operatório.

Este escore avalia o quadro clínico quanto à intensidade da dor, amplitude de movimento, estabilidade no plano anteroposterior e médio-lateral, deformidades em flexão, contraturas, mau alinhamento, além da habilidade em caminhar, subir e descer escadas, com ou sem auxílio.

### 6.14 Capacidade de elevação do membro em contração isométrica (SLR)

Avaliamos a capacidade de elevação do membro inferior esticado em contração isométrica, estando o paciente em decúbito dorsal (“*straight-leg-raise*”) no pré-operatório imediato, no primeiro e terceiro dias, na 3ª semana e no terceiro e sexto mês de pós-operatório.

### 6.15 Avaliação da função muscular dos extensores e flexores do joelho

Dos 130 pacientes eleitos para o estudo e avaliados para as demais variáveis, foram selecionados aleatoriamente 60 pacientes para análise biomecânica da força isocinética (número baseado em artigo similar de Ayik e col. 2020), seguindo o mesmo

protocolo de randomização em bloco para o grupo sem TNQ ou TNQ otimizado, onde cada cirurgião possuía quatro envelopes, dois indicando o uso e dois o não uso do TNQ, e este sorteava um logo antes do início da cirurgia. Assim que o cirurgião operava quatro pacientes, ele reiniciava um novo ciclo de sorteios. Como a capacidade de avaliação do nosso laboratório de biocinética em relação ao número de avaliações diárias é inferior à nossa capacidade de produção cirúrgica, não foi possível avaliar os 130 pacientes.

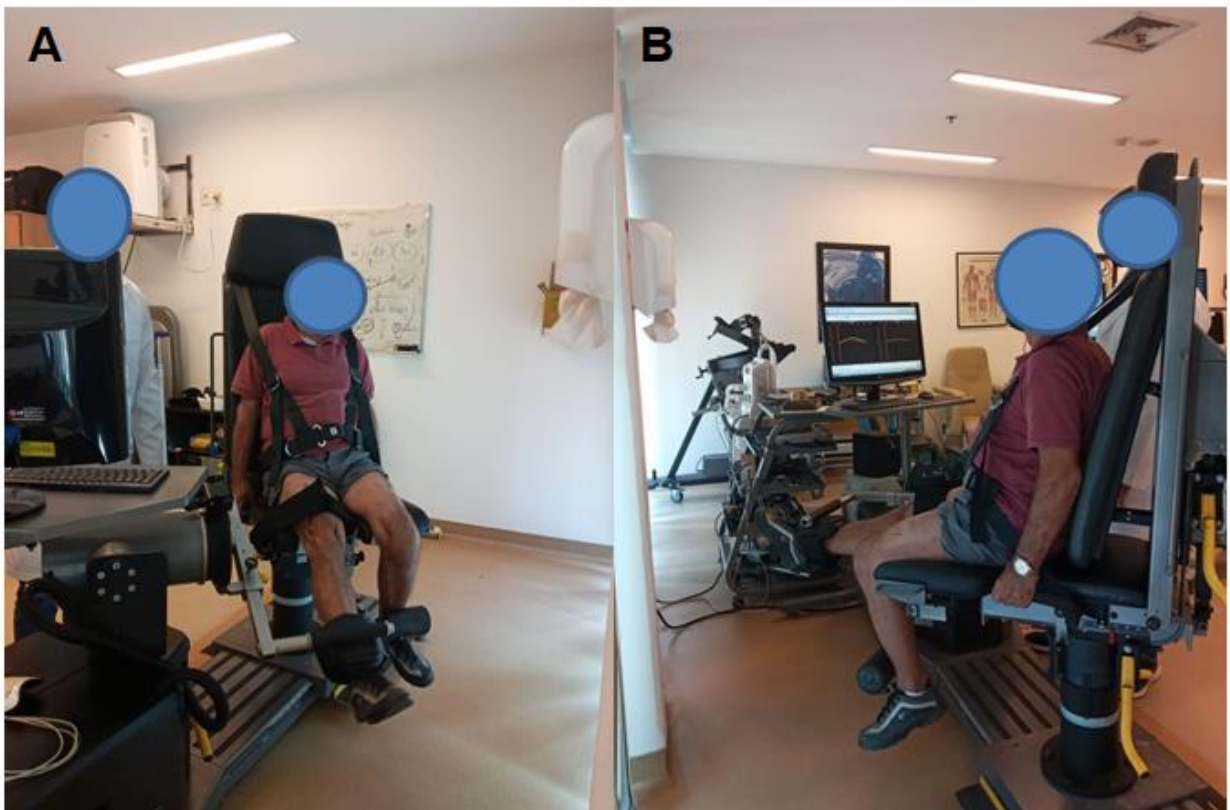
A avaliação da força muscular foi realizada no laboratório de pesquisa neuromuscular do INTO no pré-operatório e no terceiro e sexto mês após a cirurgia, que são momentos habituais em que os pacientes são avaliados em nosso ambulatório.

Foi usado um dinamômetro isocinético (CSMI®, Humac Norm®, MA, EUA) para as avaliações da força muscular. (Figura 11) Todos os participantes foram posicionados sentados, com o côndilo lateral do fêmur alinhado ao eixo de rotação do dinamômetro e o tornozelo fixado à haste do acessório de avaliação do joelho por uma tira de velcro.

Foi feito teste um concêntrico-concêntrico para extensão e flexão do joelho, com velocidade fixada a 60°/s e com cinco repetições. Primeiramente os voluntários passaram por uma rotina de aquecimento e familiarização com o equipamento.

O maior torque instantâneo encontrado para os grupamentos do quadríceps e dos flexores dos joelhos foi considerado o pico de torque de extensão e flexão, respectivamente. Foram feitas avaliações dos membros envolvido e contralateral de cada paciente.





**Figura 11: Análise de força no dinamômetro isocinético.** Exemplo de teste isocinético realizado no laboratório de pesquisa neuromuscular do INTO, com o paciente realizando extensão (A) e flexão (B) do joelho. Fonte: Arquivo pessoal do autor

### 6.16 Avaliação da ocorrência de complicações pós-operatórias

As complicações foram definidas como qualquer evento que alterasse a evolução normal do período pós-operatório, exigindo qualquer tipo de intervenção ou aceitação de perda funcional pelo paciente. Todos os eventos adversos cirúrgicos ou clínicos durante o curso da internação hospitalar, assim como readmissões hospitalares ou complicações clínicas ou cirúrgicas nas primeiras três semanas de pós-operatório, foram catalogados a partir da documentação médica do paciente e por entrevista presencial durante consulta médica realizada na terceira semana pós-operatória. Damos atenção especial a complicações de ferida operatória, trombose venosa profunda (TVP) e infecção superficial ou profunda.

Foram consideradas como deiscências de sutura as complicações de cicatrização com abertura da ferida operatória após a retirada dos pontos em que não houve sinais de infecção, como secreção purulenta, febre, dor e que não necessitaram de uso de antibióticos, nem nova abordagem cirúrgica para fechamento da ferida. Já

as infecções superficiais foram consideradas quando estes fatores estavam presentes.

O diagnóstico de infecção profunda foi confirmado por cultura de aspirado articular em pacientes com sinais e sintomas de infecção e laboratório compatível.

O diagnóstico de TVP foi confirmado por Ultrassom Doppler. Este foi realizado apenas em pacientes com suspeita clínica (queixas de dor e empastamento da panturrilha).

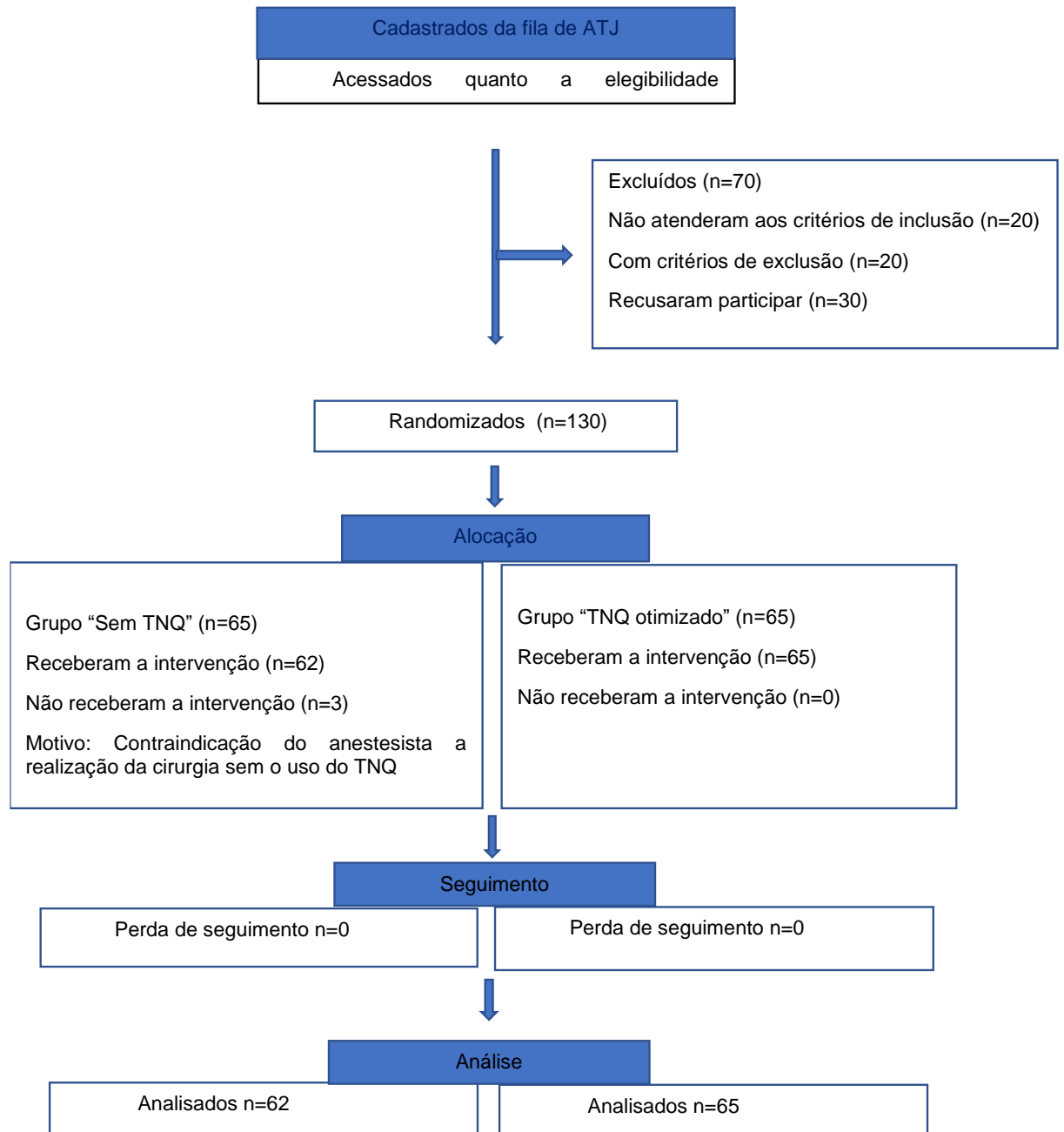
### **6.17 Análise estatística**

Os dados numéricos foram apresentados como média  $\pm$  desvio padrão e as variáveis categóricas foram reportadas como proporções. Diferenças entre variáveis contínuas entre os grupos foram avaliadas pelo teste  $t$  de Student ou Mann Whitney U test, dependendo da distribuição característica dos dados. O teste chi-quadrado ou teste exato de Fisher para diferença entre proporções foi usado para estimar diferenças entre os grupos em variáveis categóricas. As análises foram realizadas no programa GraphPad Prism (versão 5) e a significância estatística foi considerada para um  $p$ -valor menor que 0,05.

As distribuições dos dados de força muscular foram testadas através do teste de normalidade multivariado de Henze-Zirkler (Henze e Zirkler, 1990). Tanto o pico de torque de extensão e flexão dos joelhos foram considerados não normais ( $p < 0.05$ ). Para a comparação dos valores de pico de torque entre os momentos (separadamente por membro – operado e contralateral) foi utilizado o teste não-paramétrico Anova de Friedman, quando necessário o teste de Wilcoxon foi usado como post-hoc para comparação par-a-par. Por fim, comparações entre os grupos foi realizada par-a-par através do teste de Mann-Whitney. Todos os procedimentos foram realizados usando o pacote Pingouin versão 0.5.1 (Vallat 2018) desenvolvido para Python versão 3.

### 6.18 Fluxograma de elegibilidade e alocação em grupos

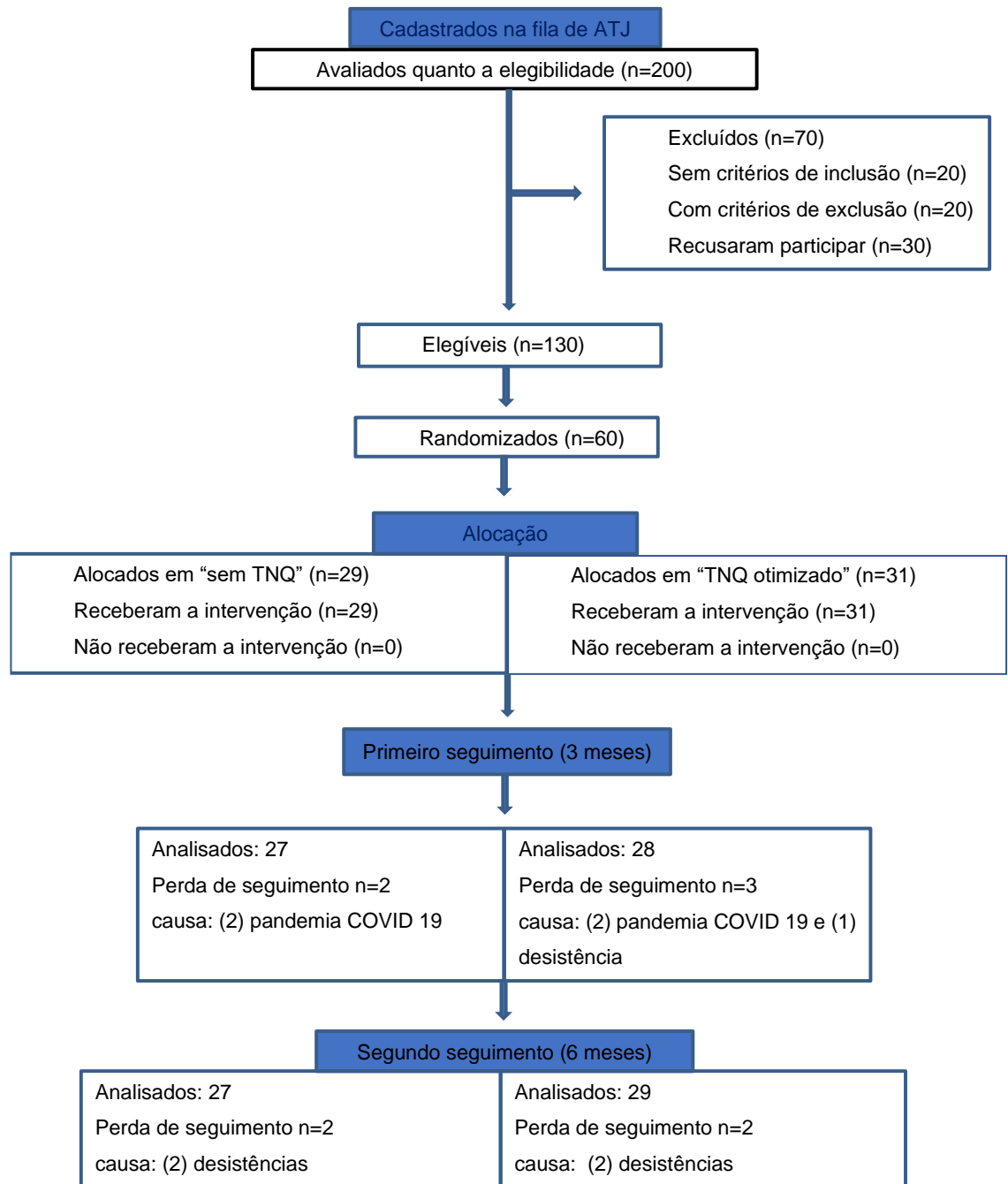
O Fluxograma quanto à seleção dos pacientes, randomização em grupos e seguimento está apresentado na Figura 12.



**Figura 12 Fluxograma de avaliação de pacientes quanto à elegibilidade e alocação em grupos.**  
 ATJ = artroplastia total de joelho ; TNQ = torniquete

### 6.19 Fluxograma de pacientes submetidos à análise biomecânica de força.

Dentre os 130 pacientes elegíveis para o projeto de pesquisa foram randomizados, seguindo os mesmos padrões previamente mencionados, 60 pacientes em dois subgrupos, que foram submetidos à análise de força no laboratório de biocinética do INTO. O fluxograma de alocação em grupos, seguimento e análise é apresentado na Figura 13.



**Figura 13 Fluxograma de pacientes submetidos à análise biomecânica de força.** ATJ = artroplastia total de joelho ; TNQ = torniquete

## 7. RESULTADOS

Os grupos de tratamento e controle foram semelhantes em termos de características básicas, como sexo, idade, peso, altura, índice de massa corporal (IMC) e volume de sangue. O tempo de cirurgia foi menor no grupo TNQ em comparação ao grupo sem TNQ, embora sem significância estatística. (Tabela 1).

**Tabela 1: Características gerais, tempo de cirurgia, tempo e pressão de torniquete**

Variáveis	Sem TNQ (n=62)	TNQ otimizado (n=65)	p valor
Idade (anos)	68,19 ± 7,05	68,95 ± 7,26	p=0,55
Peso (Kg)	83,21 ± 14,96	83,64 ± 15,80	P=0,87
Altura (m)	1,57 ± 0,09	1,58 ± 0,09	P=0,65
Volemia (L)	4,48 ± 0,73	4,48 ± 0,79	p=0,92
Tempo de cirurgia (min)	108,2 ± 26,11	106,6 ± 23,83	p=0,57
Tempo de torniquete (min)	NA	74,02 ± 17,77	NA
Pressão do torniquete (mmHg)	NA	228,0 ± 19,92	NA

TNQ: torniquete; n: número de pacientes; kg: quilogramas; m: metros; L: litros; min: minutos, mmHg: milímetros de mercúrio.

Os resultados das demais variáveis analisadas e listadas a seguir estão resumidos nas tabelas 2 e 3

Tabela 2: Resultados do grupo Sem Torniquete

Grupo Sem TNQ						
Momento da avaliação	Pré-operatório	D1 24h	D3 72h	3 sem	3 Meses	6 Meses
Hb (g/dl)	13,2 ± 1,5	11,1 ± 1,5	10,2 ± 1,3	*		
Perda Sanguínea (L)	*	0,67 ± 10,4	0,93 ± 0,54	*		
Transfundidos e número de concentrados de hemácia	*	4 (4)	0	*		
CPK (U/L)	154,9 ± 91,13	245,2 ± 125,0	208,6 ± 114,3	*		
EVA coxa	2,58 ± 2,96	2,41 ± 1,85	1,08 ± 1,55	0,91 ± 1,58	*	
EVA joelho	7,85 ± 2,01	5,93 ± 2,44	3,04 ± 1,98	4,27 ± 1,96	3,00 ± 1,95	2,45 ± 2,35
Perímetro coxa (cm)	50,11 ± 6,88			53,57 ± 7,34	52,24 ± 6,80	*
Perímetro joelho (cm)	43,58 ± 5,53			46,97 ± 5,71	46,34 ± 5,41	*
Perímetro perna (cm)	35,62 ± 4,83			37,79 ± 4,91	36,96 ± 4,74	*
ADM (graus)	95,64 ± 20,43			58,66 ± 0,72	74,80 ± 20,32	93,45 ± 14,55
KSS joelho	47,11 ± 15,20	*		71,40 ± 17,89	81,64 ± 12,64	85,46 ± 10,34
KSS funcional	42,79 ± 18,8	*		13,54 ± 16,6	52,5 ± 16,9	66,3 ± 21,6
Pico de Torque de extensão: membro operado	53,5 ± 35,4	*		*	51,2 ± 26,8	59,1 ± 27,3
Pico de Torque de extensão: membro contralateral	62,2 ± 32,2	*		*	69,7 ± 26,3	71,6 ± 27,0
Pico de Torque de flexão: membro operado	21,7 ± 19,2	*		*	23,9 ± 18,1	33,1 ± 21,3
Pico de Torque de flexão: membro contralateral	32,0 ± 23,2	*		*	36,4 ± 19,3	39,0 ± 22,5
Elevação do membro em contração isométrica (SLR)	61 sim 01 não	27 sim 35 não	39 sim 23 não	60 sim 02 não	62 sim	62 sim
Percentual capaz do SLR	98,3	43,5	62,9	96,7	100	100

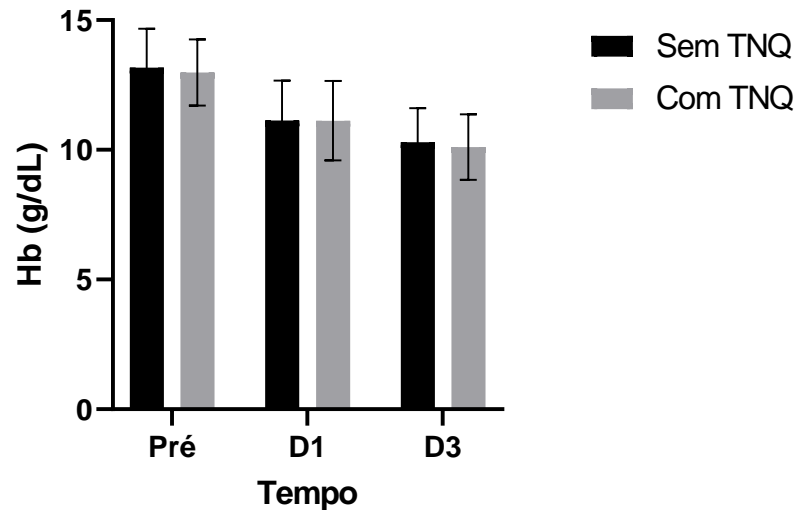
torniquete; n: número de pacientes; kg: quilogramas; m: metros; L: litros; min: minutos, mmHg: milímetros de mercúrio; g: gramas; dL: decilitro; cm: centímetros; CPK: creatinofosfoquinase; U/L: unidades por litro; EVA: escala visual analógica; ADM: amplitude de movimento; KSS: knee society score; SLR: straight leg raising.

Tabela 3: Resultados do grupo Com Torniquete

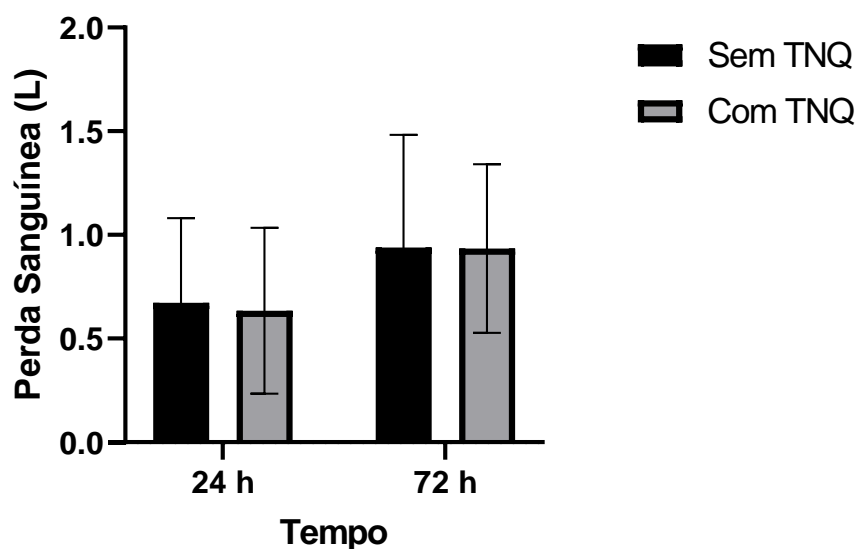
Grupo Com TNQ						
Momento da Avaliação	Pré-operatório	D1 24h	D3 60h	3 sem	3 Meses	6 Meses
Hb (g/dl)	12,9 ± 1,2	11,1 ± 1,5	10,1 ± 1,2	*		
Perda Sanguínea (L)		0,63 ± 0,4	0,93 ± 0,4			
Transfundidos e número de concentrados de hemácia	*	0	0			
CPK (U/L)	147,8 ± 178,7	232,1 ± 142,9	210,3 ± 183,6			
EVA coxa	2,50 ± 3,10	2,30 ± 2,93	1,20 ± 1,98	1,20 ± 2,00	*	
EVA joelho	8,30 ± 1,60	5,96 ± 3,03	2,98 ± 2,49	3,53 ± 2,39	2,98 ± 2,46	2,18 ± 2,53
Perímetro coxa (cm)	48,21 ± 6,88		51,96 ± 6,13	50,33 ± 6,25	*	
Perímetro joelho (cm)	43,08 ± 4,88		46,23 ± 4,67	45,66 ± 4,65		
Perímetro perna (cm)	36,0 ± 4,33		38,16 ± 4,44	37,45 ± 4,31		
ADM (graus)	95,18 ± 17,23		55,80 ± 19,05	86,36 ± 13,09	97,92 ± 13,74	104,30 ± 13,86
KSS joelho	45,6 ± 13,4			72,9 ± 16,5	79,9 ± 15,1	85,6 ± 12,1
KSS funcional	39,0 ± 17,5			17,6 ± 19,5	51,0 ± 16,1	69,6 ± 23,2
Pico de Torque de extensão: membro operado	50,2 ± 30,8	*		*	52,2 ± 32,5	63,6 ± 32,4
Pico de Torque de extensão: membro contralateral	58,7 ± 32,3	*		*	68,4 ± 32,0	73,8 ± 34,4 <sup>∞</sup>
Pico de Torque de flexão: membro operado	27,9 ± 24,9	*		*	30,1 ± 14,6 <sup>#</sup>	31,6 ± 17,6 <sup>&amp;</sup>
Pico de Torque de flexão: membro contralateral	31,9 ± 20,0	*		*	35,8 ± 20,3	38,9 ± 22,4
Elevação do membro em contração isométrica (SLR)	65 sim	28 sim 37 não	35 sim 30 não	63 sim 2 não	65 sim	65 sim
Percentual capaz do SLR	100	43	53,8	96,9	100	100

TNQ: torniquete; n: número de pacientes; kg: quilogramas; m: metros; L: litros; min: minutos, mmHg: milímetros de mercúrio; g: gramas; dL: decilitro; cm: centímetros; CPK: creatinofosfoquinase; U/L: unidades por litro; EVA: escala visual analógica; ADM: amplitude de movimento; KSS: knee society score; SLR: straight leg raising. <sup>∞</sup>Significativamente diferente do momento pré-operatório (p=0,01) e 3 meses (p=0,01). <sup>&</sup>Significativamente diferente do momento pré-operatório (p<0,01) e 3 meses (p<0,01). <sup>#</sup>Significativamente diferente do momento 6 meses (p<0,01).

Não houve diferença significativa entre os grupos em relação à queda dos níveis de hemoglobina e consequentemente da perda sanguínea após 24h (D1) e 72h (D3) do término da cirurgia (Figuras 14 e 15). O número de transfusões foi menor no grupo TNQ em comparação com o grupo sem TNQ (0 vs. 4)



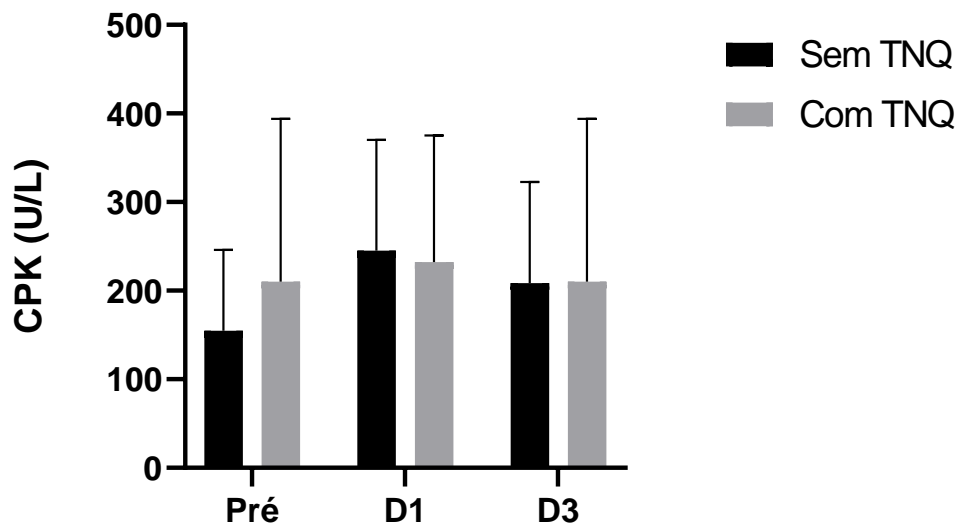
**Figura 14: Perda de Hb ao longo do tempo.** O gráfico demonstra que houve redução da hemoglobina ao longo do tempo em ambos os grupos em comparação ao pré-operatório ( $p < 0,0001$ ), mas sem diferença entre eles ( $p > 0,05$ ). Hb = hemoglobina; Pré = pré-operatório; D = dia; TNQ = Torniquete.



**Figura 15: Perda sanguínea ao longo do tempo.** O gráfico demonstra que houve aumento da perda sanguínea após 24h e 72h do término da cirurgia em ambos os grupos em comparação ao pré-operatório ( $p < 0,0001$ ), mas sem diferença entre eles ( $p > 0,05$ ). L = litros; TNQ = Torniquete.

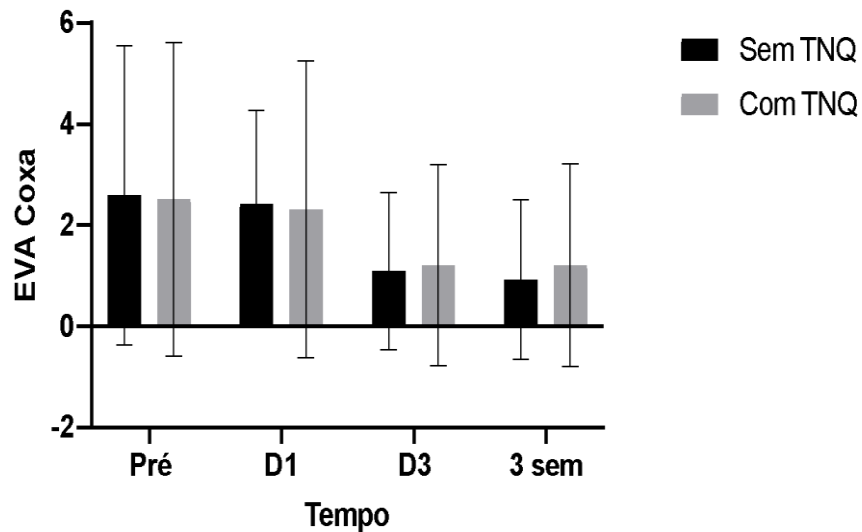


Em relação à análise dos níveis séricos médios de CPK ao longo do tempo, houve diferença significativa em relação aos valores pós-operatórios em relação aos valores pré-operatórios nos grupos estudo e controle. Não houve diferença significativa nos níveis séricos de CPK entre os grupos em nenhum momento. (Figura 16).

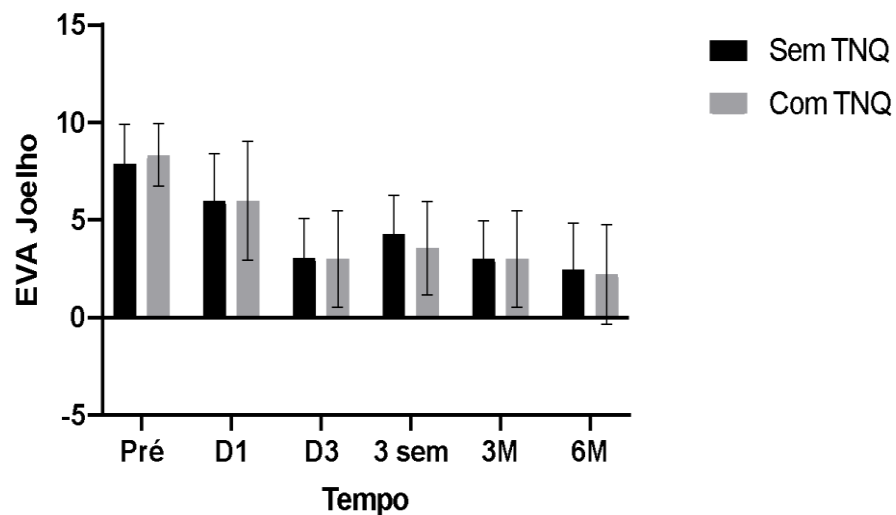


**Figura 16: Nível de CPK sérica ao longo do tempo.** O gráfico mostra que houve alteração dos níveis séricos de CPK ao longo do tempo em ambos os grupos ( $p < 0,0001$ ), mas sem diferença entre eles ( $p > 0,05$ ). CPK = creatinofosquinase; TNQ = Torniquete; pré = Pré-operatório; D1 = 24h de pós-operatório; D3 = 72h de pós-operatório.

Em relação à dor à nível da coxa e joelho de acordo com graduação de EVA, apesar de ter diminuído nos dois grupos ao longo do tempo, não houve diferença significativa entre os grupos. (Figuras 17 e 18)

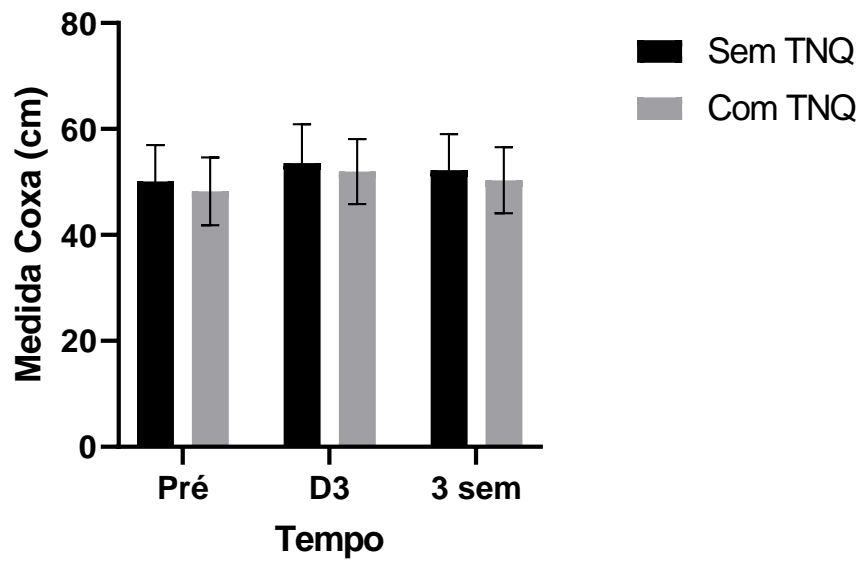


**Figura 17: Nível de dor na coxa ao longo do tempo.** O gráfico indica que houve alteração do nível de dor ao longo do tempo em ambos os grupos ( $p < 0,0001$ ), mas sem diferença entre eles ( $p > 0,05$ ). EVA = Escala Visual Analógica (de 0 a 10); TNQ = Torniquete; pré = Pré-operatório; D1 = 24h de pós-operatório; D3 = 72h de pós-operatório; sem = semanas

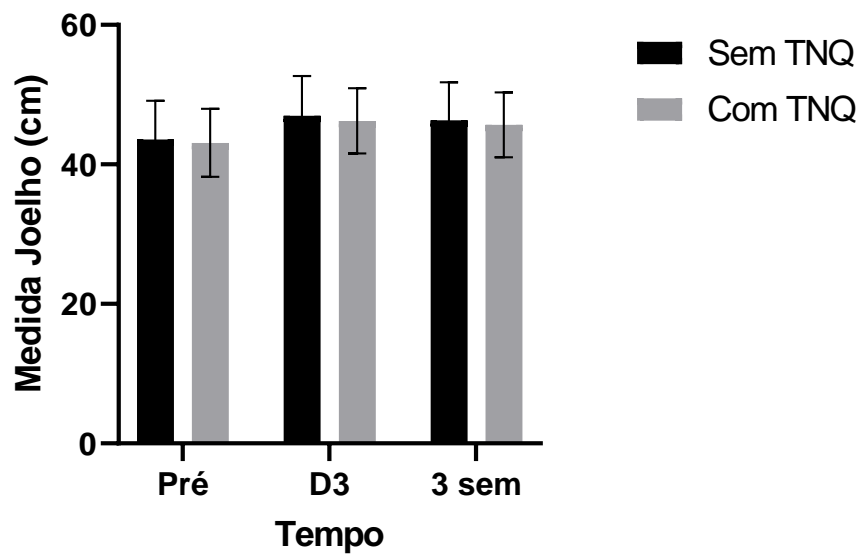


**Figura 18: Nível de dor no joelho ao longo do tempo.** O gráfico indica que houve alteração do nível de dor ao longo do tempo em ambos os grupos ( $p < 0,0001$ ), mas sem diferença entre eles ( $p > 0,05$ ). EVA = Escala Visual Analógica (de 0 a 10); TNQ = Torniquete; pré = Pré-operatório; D1 = 24h de pós-operatório; D3 = 72h de pós-operatório; sem = semanas; M = meses

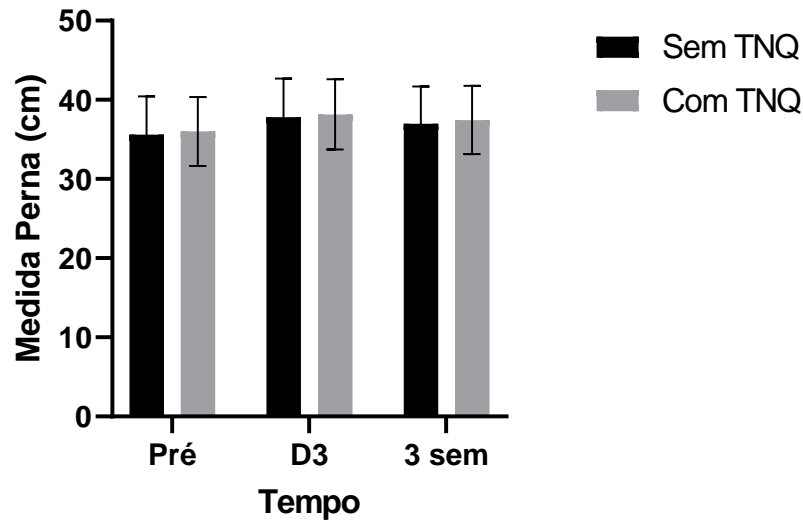
O edema de membros inferiores ao nível da coxa, joelho e perna foi semelhante ao longo do tempo nos dois grupos, segundo a curva perimetral de cada segmento. (Figuras 19, 20 e 21).



**Figura 19: Perímetro da coxa ao longo do tempo.** O gráfico indica que houve alteração da medida do perímetro da coxa em ambos os grupos ( $p < 0,0001$ ), mas sem diferença entre eles ( $p > 0,05$ ). Pré = pré-operatório; D = dia; sem = semana; TNQ = Torniquete.

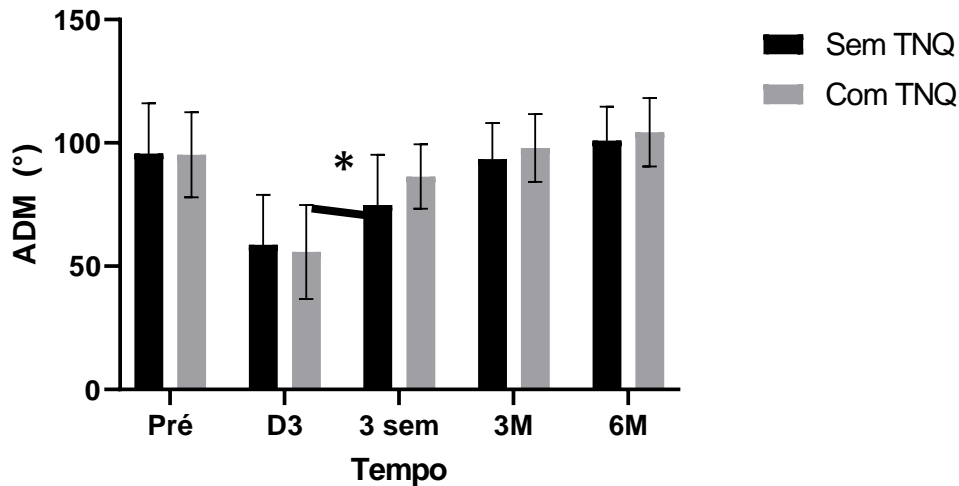


**Figura 20: Perímetro do joelho ao longo do tempo.** O gráfico indica que houve alteração da medida do perímetro do joelho em ambos os grupos ( $p < 0,0001$ ), mas sem diferença entre eles ( $p > 0,05$ ). Pré = pré-operatório; D = dia; sem = semana; TNQ = Torniquete.



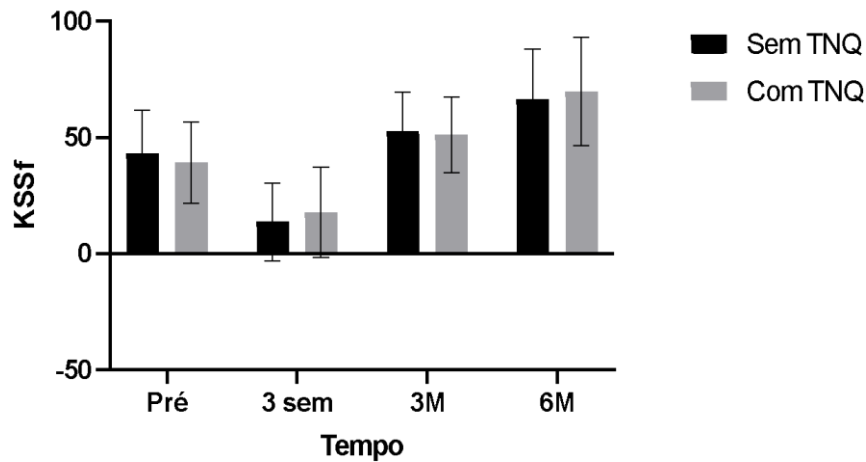
**Figura 21: Perímetro da perna ao longo do tempo.** O gráfico indica que houve alteração da medida do perímetro da perna em ambos os grupos ( $p < 0,0001$ ), mas sem diferença entre eles ( $p > 0,05$ ). Pré = pré-operatório; D = dia; sem = semana; TNQ = Torniquete.

Em relação à ADM média ao longo do tempo, só houve diferença significativa entre os grupos na avaliação de 3 semanas, com maior ADM no grupo com TNQ em relação ao grupo sem TNQ. (Figura 22)

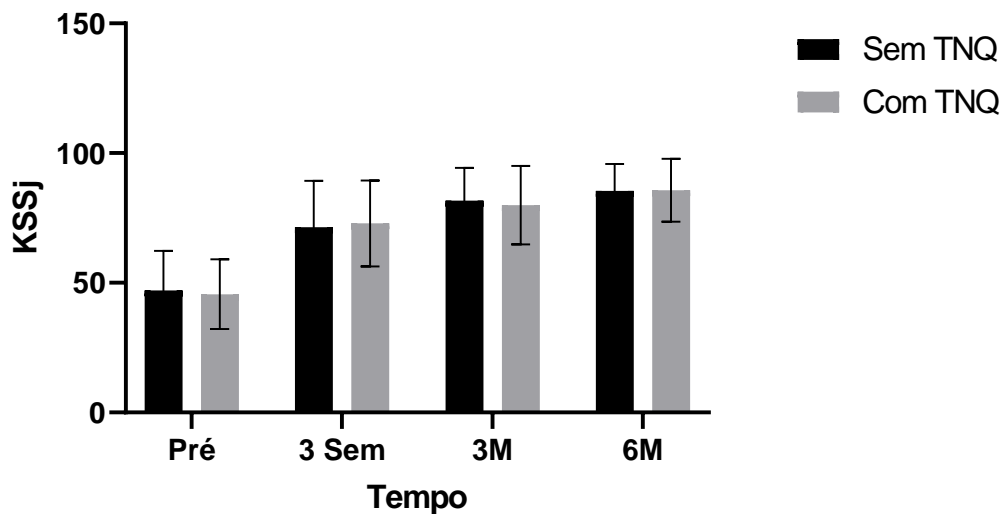


**Figura 22: Evolução da ADM ao longo do tempo.** O gráfico demonstra que houve alteração da amplitude de movimento do joelho em ambos os grupos ao longo do tempo ( $p < 0,0001$ ), havendo menor amplitude de movimento no grupo sem torniquete 3 semanas após a cirurgia ( $p < 0,0008$ ), mas sem diferença nas demais avaliações ( $p > 0,05$ ). ADM = Amplitude de movimento Pré = pré-operatório D = dia; sem = semana; M = mês; TNQ = Torniquete.

Os escores KSS joelho e KSS funcional foram semelhantes entre os grupos nas avaliações ao longo do tempo. (Figuras 23 e 24).



**Figura 23: Escore KSS funcional.** O gráfico evidencia alterações do escore KSS funcional ao longo do tempo em ambos os grupos ( $p < 0,0001$ ), mas sem diferenças entre eles ( $p > 0,005$ ). KSS = Knee Society Score; f = função; Pré = pré-operatório; sem = semana; M = mês; TNQ = Torniquete.

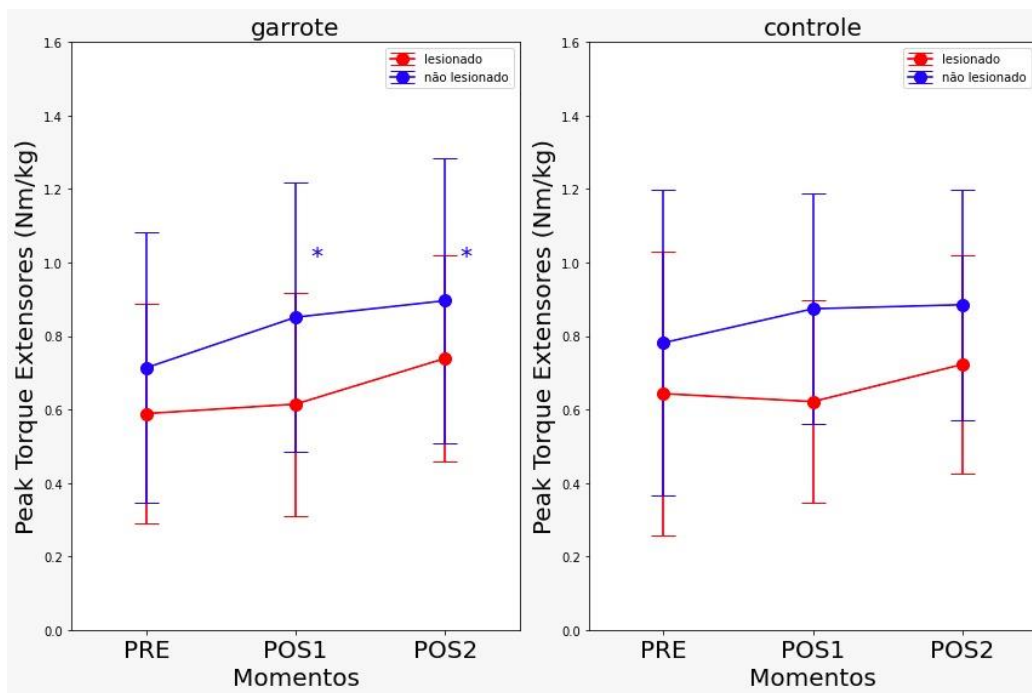


**Figura 24: Escore KSS joelho.** O gráfico evidencia alterações do escore KSS joelho ao longo do tempo em ambos os grupos ( $p < 0,0001$ ), mas sem diferenças entre eles ( $p > 0,005$ ). KSS = Knee Society Score; j = joelho; Pré = pré-operatório; sem = semana; M = mês; TNQ = Torniquete.

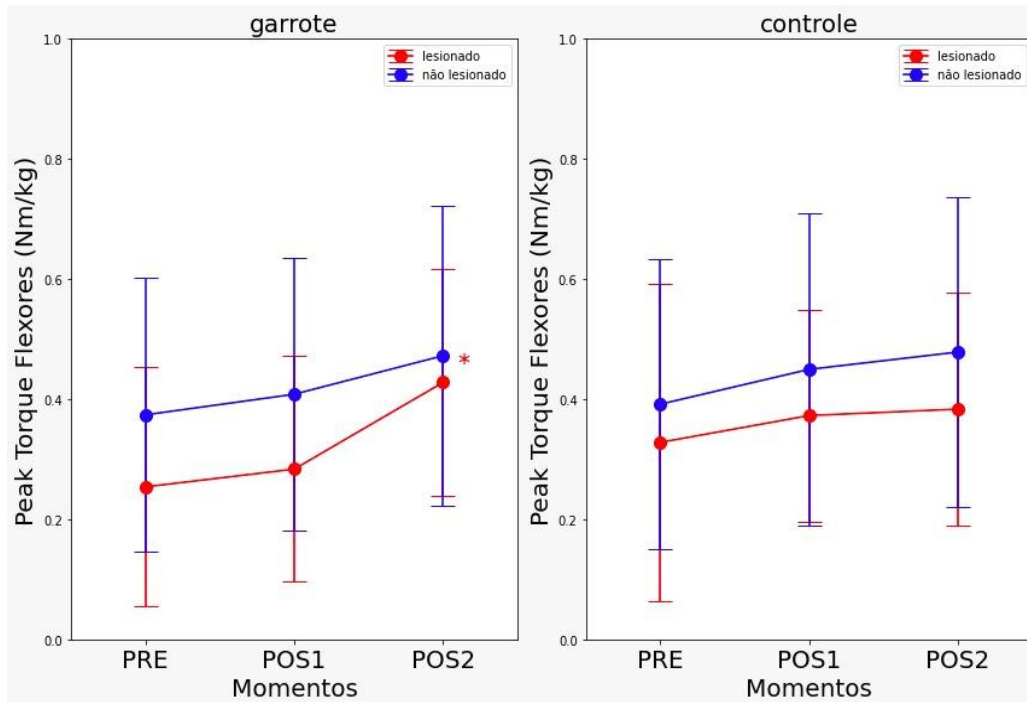
A mesma porcentagem de pacientes em ambos os grupos conseguiu realizar a elevação ativa do membro (SLR) em todas as avaliações.

Para os extensores de joelho foi encontrada diferença significativa apenas no membro não operado no grupo torniquete otimizado ( $p = 0.01$ ), sendo a força

significativamente superior em 3 e 6 meses ( $p = 0.01$ , ambos) comparados ao pré-operatório. Já para os flexores de joelho foi observada diferença significativa entre os momentos apenas para o membro operado do grupo torniquete ( $p < 0,001$ ), sendo a força significativamente superior em 6 meses ( $p < 0,01$ , ambos) aos demais. Nenhuma outra comparação foi significativa. (Figuras 25 e 26).



**Figura 25 Pico de força de extensão do joelho.** O gráfico evidencia alterações do pico de força de extensão ao longo do tempo em ambos os grupos ( $p < 0,0001$ ), mas sem diferenças entre eles ( $p > 0,005$ ). POS1: análise com 3 meses de pós-operatório; POS2: análise com 6 meses de pós-operatório; lesionado: membro operado; não lesionado: membro contralateral



**Figure 26 Pico de força de flexão do joelho.** O gráfico evidencia alterações do pico de força de flexão ao longo do tempo em ambos os grupos ( $p < 0,0001$ ), mas sem diferenças entre eles ( $p > 0,005$ ). POS1: análise com 3 meses de pós-operatório; POS: análise com 6 meses de pós-operatório; lesionado: membro operado; não lesionado: membro contralateral

As complicações foram semelhantes em ambos os grupos:

- Complicações sem TNQ: 01 TVP aguda, 01 rigidez por artrofibrose (manipulada sob anestesia), 01 flictena, 01 hematoma drenado na sala de cirurgia e 01 insuficiência renal aguda.
- Complicações com TNQ otimizado: 01 TVP aguda, 01 TVP subaguda, 01 rigidez por artrofibrose (manipulada sob anestesia), 02 suspeitas de infecção por dor persistente (aspirado articular com culturas negativas), 01 necrose cutânea (tratada conservadoramente) e 01 neuropraxia fibular que resolveu espontaneamente em duas semanas.

## 8. DISCUSSÃO

O sangramento que ocorre durante e após a cirurgia de ATJ está relacionado à possíveis complicações perioperatórias por dificultar a visualização das estruturas articulares por conta de um campo cirúrgico sanguinolento e pelas perdas sanguíneas visíveis e ocultas relacionadas ao procedimento. Estes são alguns dos motivos pelo qual o TNQ é amplamente utilizado para controlar o sangramento durante a cirurgia. Entretanto, seu uso não é isento de riscos. No presente estudo, foram comparados pacientes submetidos à ATJ sob um protocolo de uso otimizado do TNQ em relação a um grupo de pacientes operados sem o uso do TNQ. Observou-se que o uso otimizado do TNQ resultou em perda sanguínea similar e não se relacionou a nenhum grau de limitação funcional ou complicações em comparação à cirurgia sem o seu uso.

Acreditamos que uma simples análise comparativa da cirurgia sem ou com o uso do TNQ pode ser inadequada devido à grande heterogeneidade de como o torniquete é usado nas diversas publicações que detalharemos a seguir e por este motivo determinamos um protocolo de uso otimizado do TNQ

Observamos que o tempo médio de uso do torniquete variou amplamente entre os estudos avaliados, assim como o momento cirúrgico de uso, alguns relatando a utilização durante toda a cirurgia até a conclusão do fechamento da ferida (Liu e col., 2014; Huang e col., 2017; Kheir e col., 2018, Goel e col., 2019), apenas durante a cimentação (Wang e col., 2016) e outros até a cimentação dos implantes (Tai e col., 2012; Dennis e col., 2015; Wang e col., 2016). Alguns nem mesmo mencionam o momento da liberação (Zhou e col., 2017; Ayik e col., 2020; Zak e col., 2021).

Além disso, observamos que as pressões de insuflação foram bastante variadas, alguns estudos utilizando pressões pré-determinadas em torno de 300 mmHg ou 100 mmHg acima da pressão arterial sistólica (Tai e col., 2012; Liu e col., 2014; Wang e col., 2016; Tsunoda e col., 2017) enquanto alguns sequer mencionaram a pressão utilizada (Zhou e col., 2017; Ayik e col., 2020).

Sabe-se que há menor agressão tecidual local quando o torniquete é usado por curto período e com baixas pressões em comparação com protocolos que o utilizam por longo tempo e altas pressões (Younger e col., 2004; Olivecrona e col., 2012) e por este motivo acreditamos que a ampla variabilidade no uso do TNQ nas diversas



publicações em relação ao tempo de uso e pressão de insuflação são um importante viés analítico quando se estuda esse tópico.

### **Avaliação do tempo médio de cirurgia, de torniquete e pressão de insuflação do garrote**

Em relação à pressão de insuflação do TNQ, considerando as margens de segurança ideais entre 40-100 mmHg acima da pressão de oclusão do membro, utilizamos um padrão pré-estabelecido de 100 mmHg acima da pressão arterial (PA) sistólica, com uma pressão média de TNQ de 228 mmHg. Optamos pela margem superior devido às oscilações de pressão que ocorrem no dispositivo ao mobilizar o membro durante a cirurgia e pelas eventuais alterações de PA que podem ocorrer durante o ato operatório. Desta forma acreditamos que reduzimos a agressão tecidual local em relação à protocolos que utilizam pressões fixas pré-determinadas (Younger e col., 2004; Olivecrona e col., 2012).

Tai e col. (2012), estudando 72 pacientes submetidos à ATJ, observaram um menor tempo de cirurgia no grupo com TNQ em relação ao grupo sem TNQ (em média 6 min menor). O tempo médio de utilização do TNQ no estudo foi de 52,5 min, inflado com uma pressão 100 mmHg acima da pressão sistólica e desinflado após a sutura da cápsula articular.

Liu e col. (2014), ao avaliar 20 pacientes submetidos à ATJ, relataram um tempo médio de isquemia de 83 minutos no grupo de estudo e tempo médio de cirurgia 13 minutos menor com o uso do TNQ em relação ao não uso. A pressão do torniquete utilizada foi de 300 mmHg mantido até o fim da sutura de pele e curativo.

Dennis e col. (2015) avaliaram 28 pacientes submetidos à ATJ bilateral simultânea (56 ATJ), um lado com TNQ (n=28), liberado logo após a cimentação e outro lado dito sem TNQ (n=28), mas que na verdade em parte dos pacientes este realmente não foi utilizado (n=10) e em outra parte este foi utilizado durante a cimentação (n=18), conforme livre escolha do cirurgião. Não houve diferença significativa entre o tempo cirúrgico médio entre os grupos, embora 3 min menor com uso do TNQ. O tempo médio de utilização no grupo TNQ foi de 50,6 min e no grupo “sem” TNQ foi de 8,9 min. Utilizaram uma pressão de insuflação de 250 mmHg em todos os pacientes em que este foi utilizado.

Wang e col. (2016) estudaram o uso do TNQ por tempo prolongado (antes da incisão até a secagem do cimento) versus o uso apenas durante a cimentação, em 48 pacientes submetidos a ATJ bilaterais não simultâneas, com 3 meses de intervalo entre elas e observaram um tempo médio de cirurgia 9 min menor no grupo que utilizou o TNQ durante todo o procedimento. O manguito pneumático foi inflado com pressão 100 mmHg acima da pressão sistólica.

Tsunoda e col. (2017), estudaram 20 pacientes e encontraram menor tempo cirúrgico no grupo com TNQ (3min), porém esta diferença não teve significância estatística. A pressão média utilizada no TNQ foi de 285 mmHg por um tempo médio de 79,6 min.

Huang e col. (2017) avaliaram 150 pacientes submetidos à ATJ divididos em três grupos, com 50 em cada. Não encontraram diferenças em relação ao tempo cirúrgico na cirurgia com TNQ mais ATX venoso e tópico (grupo A), Sem TNQ mais ATX venoso e tópico (grupo B) e com TNQ sem ATX (grupo C). Utilizaram pressão do TNQ 100 mmHg acima da PA sistólica e este só foi liberado ao fim da sutura de pele, sem revisar a hemostasia.

O tempo médio de uso de TNQ nas 25 cirurgias de ATJ no estudo de Gormeli e col. (2017) foi de 85,3 min. O autor não relata a pressão utilizada no TNQ.

Zhou e col. (2017) relataram que a cirurgia com TNQ (72 pacientes) foi em média 5 min mais rápida do que no grupo sem TNQ (68 pacientes). O autor não relata o tempo de uso e a pressão utilizada no TNQ, nem o momento exato em que este foi desinsuflado.

Hasanain e col. (2018) estudaram o efeito do TNQ versus o não uso (apenas durante a cimentação) na ATJ bilateral simultânea. Utilizaram pressão de insuflação do TNQ 100 a 150 mmHg acima da pressão sistólica e este foi liberado após o fechamento total da ferida e curativo. Não avaliaram o tempo cirúrgico nem o tempo de uso do TNQ.

Kheir e col. (2018) reportaram um tempo cirúrgico 7,9 min menor no grupo de homens com uso do TNQ em relação ao grupo sem TNQ, porém similar entre as mulheres, ao avaliarem retrospectivamente 203 pacientes submetidos a ATJ unilateral cimentada. Utilizaram o TNQ com uma pressão fixa de 250 mmHg, liberado apenas

após o fechamento de pele e curativo. Utilizaram dreno aspirativo intra-articular em todos os casos.

Goel e col. (2019) avaliaram prospectivamente 200 pacientes divididos em 2 grupos com e sem o uso do TNQ, com 100 pacientes em cada e não observaram diferenças em relação ao tempo cirúrgico em ambos os grupos. No grupo com TNQ este foi mantido inflado até o curativo após a sutura da ferida e com pressões de 225 e 300 mmHg conforme escolha do cirurgião. Reportaram pior visualização do campo cirúrgico por parte do cirurgião no grupo sem TNQ.

Ayik e col. (2020) não encontraram diferenças em relação ao tempo cirúrgico entre seus grupos, tampouco informaram o tempo de TNQ e as pressões utilizadas.

Zak e col. (2021) avaliaram 327 pacientes submetidos a ATJ com e sem TNQ em um estudo multicêntrico randomizado e observaram um tempo de cirurgia significativamente menor com uso do TNQ (em média, 4,89 min menor). Não informam o tempo de TNQ nem as pressões utilizadas.

Assim como a maioria dos estudos, nosso tempo médio de cirurgia foi menor no grupo com TNQ otimizado em relação ao grupo sem TNQ, embora em nossa análise essa diferença não tenha sido estatisticamente significativa. Acreditamos que esta pequena vantagem, mesmo quando considerada significativa em alguns estudos, tenha pouca relevância clínica sobre a decisão de optar entre um ou outro método.

O tempo médio de utilização do torniquete varia bastante na literatura e talvez tão importante quanto avaliar o uso ou não do torniquete seja considerar o momento de sua utilização. Em nosso estudo o tempo médio de uso do TNQ foi de 74 min, dentro da média dos diversos estudos (Dennis e col., 2015).

Liberamos a isquemia tão precocemente quanto qualquer outro protocolo de otimização que identificamos ter sido utilizado, tão logo da secagem do cimento, momento em que o sangramento não comprometeria a visualização e perfeita realização da artroplastia e permitiria revisar a hemostasia antes do fechamento da ferida, além de reduzir o tempo total de isquemia.

### **Avaliação da perda sanguínea**

Decidimos não utilizar dreno articular aspirativo em nossas cirurgias por acreditar, assim como Thai e cols., que este poderia aumentar o sangramento pós-operatório. Sabe-se que durante a reperfusão ocorre um maior sangramento nos primeiros cinco

minutos e talvez a utilização do dreno justifique alguns estudos apresentarem maior sangramento com o uso do TNQ. (Tai e col., 2012).

Para avaliação da perda sanguínea avaliamos a queda dos níveis de hemoglobina ajustados à volemia, o que permite avaliar, além das perdas visíveis, as perdas ocultas (Tai e col., 2012).

Em nosso estudo, a perda sanguínea média do grupo com TNQ otimizado foi similar ao grupo sem TNQ, assim como os resultados de diversos estudos, embora algumas publicações caracterizem diferenças clinicamente pouco relevantes como estatisticamente significativas a favor do uso do TNQ. Os achados dos estudos mais relevantes serão detalhados a seguir.

Tai e col. (2012) observaram uma menor perda sanguínea total no grupo com TNQ em relação ao grupo em que este não foi utilizado (em média 120 ml menor). O mesmo em relação a queda dos níveis de Hb e hematócrito.

Dennis e col. (2015) não observaram diferenças estatisticamente significativas em relação à perda sanguínea total entre os grupos com e sem TNQ (em média 136 ml menor com uso do TNQ). Wang e col. (2016) comparando o uso do TNQ de longa duração em relação ao de curta duração (apenas durante a cimentação), relataram menor perda sanguínea total com o TNQ de longa duração (em média 99 ml menor). No estudo de Tsunoda e col. (2017) não houve diferença significativa em relação à perda sanguínea entre os grupos com e sem uso do TNQ (em média 190 ml menor com uso do TNQ)

Zhou e col. (2017) realizaram uma análise mais detalhada sobre o sangramento pós-operatório. O grupo sem TNQ apresentou maior perda sanguínea intraoperatória, porém menor perda pós-operatória (perda visível aferida no dreno aspirativo) em relação ao grupo TNQ. Não houve diferença em relação à perda sanguínea total entre os grupos (em média 15ml menor com uso do TNQ). No referido estudo os pacientes foram operados com hipotensão controlada (pressão arterial em torno de 60 e 70 mmHg) e antes do fechamento da ferida, foi realizada uma infiltração articular com solução de adrenalina e anestésico, promovendo vasoconstrição. A soma destas duas estratégias, aliada ao uso de dreno aspirativo, pode justificar que no grupo sem TNQ a perda sanguínea total tenha sido similar e não maior que a perda no grupo TNQ.

Huang e col. (2017) em seu estudo comparando as ATJ com TNQ mais ATX (grupo A), sem TNQ mais ATX (grupo B) e TNQ sem ATX (grupo C), não encontraram diferença significativa em relação ao sangramento total quanto ao uso ou não do TNQ concomitante ao ATX (em média 107 ml maior no grupo A do que no B), mas ambos significativamente menores do que a cirurgia com TNQ sem ATX (Grupo C). Pode justificar um maior sangramento no Grupo A em relação ao grupo B, o fato de não terem liberado a isquemia antes do fechamento da capsula articular para revisar a hemostasia e por terem usado dreno aspirativo articular gerando pressão negativa logo no momento em que a isquemia era liberada, dificultando o processo de coagulação. Podemos ver a importância do uso de rotina do ATX como coadjuvante no controle de sangramento na ATJ comparando as perdas dos grupos A e B com o C.

Hasanain e col. (2018) observaram uma perda sanguínea intraoperatória no grupo com TNQ menor que no grupo sem TNQ e uma perda pós-operatória aferida no dreno aspirativo também menor no grupo TNQ. Curiosamente, o uso do dreno não levou a maior sangramento PO visível neste estudo. Como ponto fraco de sua avaliação, levaram em consideração apenas as perdas visíveis (volume de sangue aspirado durante a cirurgia mais volume aferido no dreno aspirativo articular no pós-operatório) e ignoraram as perdas ocultas e, portanto, a perda sanguínea total real, baseada na queda dos níveis de Hb, não foi determinada.

No estudo de Kheir e col. (2018) a perda sanguínea total foi menor no grupo com TNQ em relação ao não uso, com significância estatística, embora considerem que a diferença de 200ml não seria clinicamente significativo.

Goel e col. (2019) observaram maior perda sanguínea no grupo sem TNQ em relação ao grupo com TNQ (em média 182 ml menor).

### **Avaliação do número de hemotransfusões**

Em nosso estudo só foram transfundidos pacientes do grupo sem TNQ e no intraoperatório. Todos eram pacientes com valor de hemoglobina limítrofe que apresentaram sinais de instabilidade hemodinâmica na sala operatória, onde a perda sanguínea ocorre de forma aguda. Acreditamos que pacientes operados com TNQ e também com níveis limítrofes de hemoglobina não necessitaram de hemotransusão

porque nestes casos o sangramento ocorreu de forma mais lenta e em um ambiente de terapia intensiva, onde o profissional talvez se sinta mais seguro para estabilizar o paciente com medidas mais conservadoras. Acreditamos que a baixa taxa de hemotransfusão geral em nosso estudo provavelmente se deva ao uso do ATX combinado venoso e tópico.

No estudo de Thai e col. (2012) o número de hemotransfusões foi igual entre os grupos (dois pacientes em cada), embora tenha havido menor perda sanguínea total com o uso do TNQ.

Liu e col. (2014) relataram que três pacientes necessitaram hemotransfusão no grupo com TNQ e nenhuma no grupo sem TNQ, porém não realizaram hemostasia ativa com o TNQ desinflado no grupo de estudo e utilizaram dreno aspirativo articular, o que poderia justificar maior sangramento no grupo de estudo em relação ao grupo controle.

Wang e col. (2016) relataram que três pacientes necessitaram hemotransfusão no grupo TNQ de curta duração e dois no grupo TNQ de longa duração e essa diferença não foi estatisticamente significativa.

Zhou e col. (2017) relataram que oito pacientes foram submetidos à transfusão no grupo com TNQ (11,1%) e 3 no grupo sem TNQ (4,4%), sendo que esta diferença não foi estatisticamente significativa.

Huang e col. (2017) não transfundiram nenhum dos seus pacientes com e sem TNQ combinados ao uso do ATX venoso e tópico.

### **Dosagem dos níveis séricos de creatinofosfoquinase (CPK)**

No presente estudo, realizamos a dosagem da CPK sérica no pré-operatório, 24h e 72h após a cirurgia, sendo o nível médio de CPK similar no grupo TNQ em relação ao sem TNQ. Tal achado corrobora a ideia de que a agressão tecidual provocada pelo TNQ, principalmente quando minimizada pelo seu uso com baixa pressão e curto período, pouco acrescenta a agressão tecidual causada pela artroplastia em si.

Tai e col. (2012) observaram uma menor resposta inflamatória ao trauma cirúrgico e menor grau de lesão do tecido muscular nas cirurgias com uso do TNQ em relação ao não uso, baseado nas dosagens da PCR (marcador de resposta inflamatória) e

CPK (marcador de lesão muscular). Neste estudo, o pico médio do PCR no segundo dia (D2) de PO foi maior no grupo sem TNQ e persistiu maior no D4. No grupo sem TNQ o CPK também se elevou mais do que no grupo com TNQ. Concluíram que o TNQ reduz a resposta inflamatória PO e o dano muscular após uma ATJ (Tai et al., 2012).

No estudo de Tsunoda e col. (2017) não houve diferença significativa entre os grupos em relação à temperatura corporal e IL-6 (marcadores de resposta inflamatória ao trauma). Os níveis de PCR e CPK embora maiores no grupo com TNQ, não apresentaram significância estatística em relação aos níveis no grupo sem TNQ. Os autores argumentam que a agressão extra causada pelo uso do TNQ torna-se insignificante em relação a agressão causada pela ATJ por si mesma.

No estudo de Huang e col. (2017) os níveis de CPK foram significativamente menores no grupo sem TNQ em relação ao grupo com TNQ nos dias 1, 2 e 3. Acreditamos que estes poderiam ter sido menores caso o TNQ tivesse sido utilizado por menor tempo. Todavia, o TNQ foi utilizado até o fechamento da ferida.

### **Avaliação da dor através da escala visual analógica**

Em nosso estudo, avaliamos através da EVA a dor na coxa e no joelho no pré-operatório, 24 horas, 72 horas e três semanas após a cirurgia, sendo o joelho avaliado também após três e seis meses do procedimento. Verificamos que, assim como nas publicações mais recentes, não houve diferença em relação à dor (EVA) pós-operatória ao longo de todo o seguimento. Acreditamos que a otimização da hemostasia com menor formação de hematoma pós-operatório tenha levado os níveis de dor outrora mais elevados com uso do TNQ para níveis agora similares ao não uso.

Thai e col. (2012) observaram que o grupo com TNQ apresentou mais dor no joelho e na coxa (estatisticamente significativa no D4), apesar da diferença ser discreta. O autor discute que seria esperado que o grupo com TNQ apresentasse menor dor, já que os marcadores de inflamação e de lesão muscular foram menores neste grupo, e que uma possível justificativa seria que a dor no grupo com TNQ pode ser reflexo de uma isquemia regional temporária após compressão local, mas que conclusões mais acertadas necessitam de investigação futura.

Liu e col. (2014) também observaram mais dor no grupo TNQ, nos dias 2 e 4 do pós-operatório. Já Dennis e col. (2015) não observaram diferenças significativas em relação à dor pós-operatória em seus grupos.

Wang e col. (2016) observaram maior nível de dor no grupo TNQ de longa duração em relação ao grupo de curta duração durante a primeira semana de PO. Zhou e col. (2017) observaram maior nível de dor PO em seu grupo que utilizou o TNQ em relação ao sem TNQ.

Hasanain e col. (2018) observaram níveis de dor PO levemente aumentados no grupo TNQ em relação ao sem TNQ, porém sem significância estatística, além de não terem diferenciado entre dor no joelho ou na coxa em sua avaliação.

No estudo de Kheir e col. (2018) as mulheres operadas com uso do TNQ apresentaram mais dor e maior consumo de opioides nas primeiras 24h de pós-operatório do que as operadas sem TNQ. Já entre os homens, não houve diferença entre os grupos. Atribuem essa diferença quanto aos níveis de dor entre os sexos pelo fato de os homens apresentarem um maior limiar de dor que as mulheres.

Goel e col. (2019) não observaram diferenças quanto ao nível de dor no joelho e coxa entre os grupos. Da mesma forma, Ayik e col. (2020) não observaram diferenças quanto ao nível de dor no joelho entre os grupos. Por fim, Zak e col. (2021) não encontraram diferenças significativas quanto aos níveis de dor pós-operatória pelo EVA em seus grupos sem e com uso de TNQ, tão pouco quanto ao consumo de opióides.

### **Avaliação do edema nos membros inferiores**

Em nosso estudo, o nível de edema no membro operado, considerando coxa, joelho e perna, foi similar no grupo TNQ em relação ao sem TNQ. Acreditamos que o uso do TNQ de modo otimizado com baixa pressão e por período de tempo mais curto minimiza a agressão tecidual pela compressão do garrote e pela síndrome de isquemia-reperfusão.

No estudo de Thai e col. (2012) não houve diferença significativa em relação ao edema dos membros inferiores entre os grupos, assim como nos estudos de Liu e col. (2014) e de Dennis e col. (2015).



Wang e col. (2016) observaram edema similar na perna entre seus grupos com TNQ de longa e curta duração e maior edema na coxa e no joelho no grupo TNQ de longa duração.

Zhou e col. (2017) observaram maior nível de edema PO no grupo TNQ em relação ao grupo sem TNQ. Em contrapartida, Hasanain e col. (2018) observaram maior edema no grupo sem TNQ em relação ao grupo TNQ, porém sem significância estatística.

Huang e col. (2017) avaliaram o edema pós-operatório como a razão da circunferência ao nível do joelho operado em relação ao contralateral e encontraram menor edema significativo no grupo sem TNQ apenas nos dias 2 e 3 de pós-operatório, sem diferenças nos dias 1 e 5 em relação aos seus grupos com e sem TNQ.

### **Avaliação da amplitude de movimento**

No presente estudo, a ADM foi avaliada por goniômetro manual no pré-operatório, 72 horas, três semanas, três e seis meses após a cirurgia, não sendo observadas diferenças entre os grupos em nenhuma das avaliações.

O intervalo de tempo necessário para alcançar 90<sup>o</sup> de flexão foi similar entre os grupos no estudo de Thai e col. (2012). Liu e col. (2014), assim como Dennis e cols. (2015), não observaram diferenças quanto a ADM entre seus grupos com e sem TNQ. No estudo de Wang e col. (2016), pacientes do grupo TNQ de curta duração conseguiram um ganho de ADM superior aos do grupo de longa duração na avaliação com 6 semanas de PO. Zhou e col. (2017) observaram uma maior ADM no grupo sem TNQ apenas nos 3 primeiros dias de PO. Huang e col. (2017) não encontraram diferenças em relação ao ADM pós-operatório de 6 meses com e sem o uso do TNQ. O grau de flexão médio no D1 de PO, bem como a ADM com 8 semanas de PO foi similar entre os grupos com e sem TNQ no estudo de Hasanain e col. (2018). Ayik e col. (2020) não observaram diferenças quanto a ADM entre os grupos.

### **Avaliação por escore clínico-funcional**

Foi realizada neste estudo a avaliação por meio do escore KSS no pré-operatório, três semanas, três e seis meses após a cirurgia, não sendo observadas diferenças entre os grupos em nenhuma das avaliações. O mesmo achado foi relatado por Ayik e col. (2020) que também não encontraram diferenças em relação ao escore funcional KSS entre seus grupos. Os demais estudos encontrados sobre o tema utilizaram avaliação com diversos questionários de avaliação funcional, como o Oxford Knee Score, WOMAC e HSS.

Ao avaliar a recuperação funcional após ATJ, Tai e col. (2012) não observaram diferenças entre seus grupos com e sem TNQ, o que parece contraditório, uma vez que os marcadores de inflamação e lesão muscular foram mais altos no grupo sem TNQ e, portanto, seria esperado que tivessem uma reabilitação mais lenta. Liu e col. (2014) também não observaram diferenças quanto ao escore funcional (Oxford Knee Score) entre seus grupos com e sem TNQ.

Wang e col. (2016) avaliaram seus pacientes através do escore funcional WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index) na sexta semana de pós-operatório. O grupo com TNQ prolongado apresentou resultados inferiores aos do grupo de curta duração.

No estudo de Tsunoda e col. (2017) não houve diferença em relação ao escore funcional KSS (Knee Score System) entre os grupos com e sem uso do TNQ, assim como no estudo de Zhou e col. (2017), que avaliou o escore funcional HSS (Hospital for Special Surgery).

Huang e col. (2017) não encontraram diferenças em relação ao escore funcional HSS pós-operatório de 6 meses com e sem o uso do TNQ.

No estudo de Goel e col. (2019) houve melhor capacidade de extensão no grupo com TNQ do que no grupo sem TNQ. Não encontraram diferenças em relação aos escores funcionais Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score e 12-item Short Form survey (SF-12) e também nos testes “Timed Up & Go” e “stairs-climbing”.

Jawhar e col. (2020) não encontraram diferenças em relação aos escores funcionais “Oxford knee score”, “WOMAC score”, “Mancuso score”, “EQ-5D index”, “EQ-VAS” no seguimento pré e pós-operatório (6 semanas e 6 meses).

### **Avaliação da função muscular**

Realizamos também a avaliação clínica da capacidade de elevar o membro inferior com o joelho estendido ou “straight-leg-raise” (SLR), verificando que o mesmo percentual de pacientes em ambos os grupos foi capaz de realizar o SLR em todas as avaliações. Acreditamos que o uso otimizado do TNQ tenha evitado a inibição da contração ativa do quadríceps que pode ocorrer quando do seu uso prolongado.

O intervalo de tempo necessário para alcançar a capacidade de elevação ativa do membro inferior esticado foi similar entre os grupos com e sem TNQ no estudo de Tai e col. (2012).

No estudo Wang e col. (2016) os pacientes do grupo TNQ de curta duração alcançaram o SLR mais rápido que os do grupo de longa duração. Zhou e col. (2017) também observaram uma capacidade de executar o SLR mais precoce no grupo sem TNQ em relação ao grupo TNQ.

Todos os pacientes dos grupos com e sem TNQ do estudo de Hasanain e col. (2018) conseguiram executar o SLR no D1 de pós-operatório, o que vai contra os estudos prévios literatura segundo os autores, embora Thai e col. tenham reportado resultados similares em 2012.

Liu e col. (2014) avaliaram a capacidade de ativação muscular do quadríceps através da EMG de superfície e observaram uma menor ativação no grupo que utilizou o TNQ em relação ao grupo sem TNQ, o que só se equalizou após 6 meses de cirurgia.

Dennis e col. (2015) avaliaram o quanto o TNQ padrão afetou a recuperação da força do quadríceps e dos isquiotibiais durante os três primeiros meses de pós-operatório e observaram que a força do quadríceps foi levemente inferior no grupo TNQ em relação ao grupo sem TNQ e esta diferença persistiu por 3 meses. Já a força dos isquiotibiais não diferiu entre os grupos em nenhum momento.

Braitto e col. (2016) avaliaram o pico de torque extensor médio, com dinamômetro isocinético, no pré-operatório e na oitava semana de PO em pacientes submetidos a ATJ e encontraram valores correspondentes a 52,75 Nm e 39,60 Nm, respectivamente. O autor discutiu que seu achado condizia com a literatura corrente na ocasião, que descrevia que mais da metade da força pré-operatória do quadríceps era perdida no primeiro mês PO e que esta aumentava gradualmente, até recuperar o padrão de força pré-operatório apenas por volta de 6 a 12 meses e que em comparação com indivíduos saudáveis, permanecia até 40% menor mesmo após 2 anos de ATJ.

Gormeli e col. (2017) avaliaram a relação entre o tempo de uso do TNQ sobre força de extensão isocinética do joelho em 25 ATJ, com 6 semanas, 3 e 6 meses de PO. Não houve um grupo controle com cirurgias sem TNQ para comparação. A força muscular média a 60°/s pré-operatória foi 74,84 Nm. Na avaliação com 6 semanas de PO a força foi inferior a 50% da força prévia (29,24Nm) e então aumentou gradualmente, onde com 3 meses era de 58,20 Nm e apenas aos 6 meses se aproximou do nível pré-operatório, com 71,36 Nm. Os autores também dividiram os pacientes em 2 grupos, de acordo com o tempo de uso do TNQ, menor ou maior que 90 minutos. Com 6 meses de cirurgia a força média do primeiro grupo (11 pacientes) foi de 78 Nm (63-84) e no segundo grupo (14 pacientes) de 68 Nm (51-76),  $p= 0.012$ . Concluíram que o torque máximo do quadríceps é tão menor quanto maior o tempo de isquemia.

Cavanellas e col. (2018) avaliaram a força muscular isocinética máxima dos músculos extensores e flexores do joelho em pacientes submetidos à ATJ e compararam com a força de indivíduos com OA primária de graus variados. Avaliaram 100 pacientes, divididos em 5 grupos com 20 pacientes em cada, onde G1= controle, com pacientes sem OA; G2= OA grau I e II de Alback; G3= OA grau IV; G4= pacientes com 6 meses de ATJ; G5= ATJ há 12 meses. O pico de torque ( $\text{Nm.kg}^{-1}$ ) dos extensores foi de  $1,11 \pm 0,47$  no G1,  $0,99 \pm 0,49$  no G2,  $0,56 \pm 0,22$  no G3,  $0,54 \pm 0,24$  no G4 e  $0,65 \pm 0,29$  no G5. O pico de torque dos flexores ( $\text{Nm.kg}^{-1}$ ) foi de  $0,76 \pm 0,29$  no G1,  $0,71 \pm 0,33$  no G2,  $0,42 \pm 0,16$  no G3,  $0,51 \pm 0,19$  no G4 e  $0,55 \pm 0,20$  no G5. Constataram então, que após uma ATJ, ocorre um déficit de força mais pronunciado ao nível do quadríceps, mas também em menor grau à nível dos isquiotibiais, que permanece mesmo após 12 meses de cirurgia. O pico de torque com 12 meses de

ATJ se assemelha ao pico de torque observado em indivíduos com OA avançada grau IV não operados, significativamente menor do que o observado em indivíduos sem OA ou com OA leve graus I e II, da mesma faixa etária, não operados.

Ayik e col. (2020) avaliaram prospectivamente 65 pacientes submetidos a ATJ divididos em 2 grupos, com e sem o uso do TNQ e não encontraram diferenças em relação aos níveis pré e pós-operatórios (1 e 3 meses) de força muscular isocinética entre os grupos (picos de torque de extensão e flexão;  $p < 0.05$ ). Utilizaram pressão do TNQ 100 mmHg acima da PA sistólica e este foi desinflado após fechamento total da ferida.

Da mesma forma, Jawhar e col. (2020) avaliando prospectivamente 100 pacientes também não encontraram diferenças entre seus grupos com e sem TNQ em relação aos picos de força de extensão e flexão pré e pós-operatórios (6 semanas e 6 meses). Utilizaram pressão do TNQ fixa em 360 mmHg em todos os pacientes do grupo com TNQ e este foi desinflado após fechamento total da ferida.

Em nosso estudo não observamos um déficit de força de extensão ou de flexão no grupo TNQ em relação ao grupo sem TNQ, corroborando a ideia de que o uso do TNQ otimizado, não compromete a capacidade de contração muscular à nível da coxa. Acreditamos que parte da dificuldade de contração efetiva do quadríceps em alguns estudos se deva ao estiramento capsular por conta do hematoma pós cirúrgico, que pode ser minimizado com a revisão da hemostasia e uso do ATX.

### **Avaliação da ocorrência de complicações pós-operatórias**

No estudo de Thai e col. (2012), mesmo sem realizar nenhum tipo de tromboprolaxia química, nenhum paciente apresentou TVP.

Wang e col. (2016) investigaram ativamente a ocorrência de TVP em todos os pacientes com ultrassonografia no D7 de PO e não identificaram nenhum caso. Não houve complicações relacionadas à cicatrização de feridas.

Zhou e col. (2017) observaram que o grupo TNQ apresentou três vezes mais flictenas do que o grupo sem TNQ, mas essa diferença não teve significância

estatística. Não observaram diferenças em relação a ocorrência de TVP, infecção superficial e hematoma profundo.

No estudo de Huang e col. (2017) não houve complicações maiores como TVP ou TEP em nenhum dos grupos e houve drenagem prolongada na ferida operatória em seis dos 50 pacientes do grupo com TNQ e nenhum caso no grupo sem TNQ. Houve um caso de infecção superficial com uso do TNQ e nenhum sem o seu uso.

Hasanain e col. (2018) relataram que os cirurgiões tiveram maior dificuldade de visualização e identificação de pontos anatômicos no grupo sem TNQ. Essa dificuldade não se correlacionou a maior ocorrência de erros de posicionamento dos componentes protéticos, de acordo com as medidas radiográficas analisadas, porém houve 2 casos de lesão parcial do tendão patelar no grupo sem TNQ. Houve um caso de infecção no grupo TNQ e os autores discutem que a hipóxia tecidual PO induzida pelo TNQ poderia justificar esta complicação, embora um único caso não represente um dado importante em termos estatísticos.

Jawhar e col. (2020) reportaram 1 caso de TVP, 1 caso de revisão por infecção e 2 hematomas que precisaram de abordagem cirúrgica no grupo TNQ e 1 caso de revisão por infecção e 2 retardos de cicatrização, um deles necessitando de cirurgia no grupo sem TNQ.

Assim como nas publicações citadas, nossa taxa de complicações em ambos os grupos foi baixa, não havendo nenhuma correlação do uso do TNQ com a ocorrência de complicações graves. Recente revisão sistemática sobre o assunto relatou maior taxa de complicações relacionadas ao TNQ, sem, contudo, diferenciar as diversas formas de como o TNQ foi aplicado. (Ahmed e col., 2021; Pavão e col., 2021)

Quanto às fragilidades do estudo, podemos citar a falta de cegamento e a perda de seguimento de alguns pacientes em relação à análise isocinética devido à pandemia de COVID19. Podemos mencionar ainda a falta de um terceiro grupo com uso de torniquete padrão, entretanto não conseguimos definir o que seria um uso padrão tamanha a diversidade de como este é adotado nas diversas publicações. Poderíamos ter avaliado um grupo com torniquete com altas pressões e tempo prolongado mas por questões éticas julgamos inadequado submeter os pacientes ao risco de complicações já bem conhecidas com este padrão de utilização.

Como ponto forte do estudo destacamos que escolhemos analisar variáveis que representam importantes parâmetros clínicos e laboratoriais que podem estar implicados em aspectos de alta relevância na reabilitação (como dor, ADM, inflamação) e possíveis impactos funcionais. Tentamos analisar todos os possíveis prós e contras da ATJ sem TNQ e com TNQ otimizado.

A proposta de otimização do torniquete é pouco encontrada na literatura e teve provavelmente papel fundamental nos resultados obtidos. Buscamos combinar os benefícios do TNQ com baixa pressão de insuflação e liberação precoce, permitindo realizar o tempo cirúrgico principal com campo cirúrgico limpo seguido de revisão da hemostasia minimizando o sangramento e formação de hematoma e com mínima agressão tecidual pela isquemia.

Podemos ainda destacar como pontos positivos a exclusão de pacientes com contraindicação ao uso do ATX, uma vez que este vem se apresentando como um aliado importantíssimo na redução do sangramento pós ATJ (Huang e col., 2017), o caráter prospectivo e randomizado com amostra muito significativa e ser um dos poucos estudos a utilizar uma análise objetiva de recuperação funcional entre pacientes operados com e sem TNQ, através da análise de força no laboratório de biocinética.

## **9. CONCLUSÕES**

Concluimos que o uso do TNQ de modo otimizado na ATJ está relacionado a uma perda sanguínea total e taxa de hemotransfusão similar ao não uso, sem agregar nenhuma morbidade ao procedimento em relação ao grau de lesão muscular, intensidade de dor, edema, ganho de ADM, recuperação funcional, força e capacidade de elevação ativa do membro, além de não ter aumentado o número de complicações em relação à cirurgia sem TNQ.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ahmed I, Chawla A, Underwood M, Price AJ, Metcalfe A, Hutchinson CE, Warwick J, Seers K, Parsons H, Wall PDH. Time to reconsider the routine use of tourniquets in total knee arthroplasty surgery. *Bone Joint J.* 2021 May;103-B(5):830-839
2. Ahlbäck S. Osteoarthritis of the knee. A radiographic investigation. *Acta Radiol Diagn (Stockh).* 1968;277 (Suppl.):7-72
3. Almeida MDC, Albuquerque RP, Palhares GM, Almeida JPC, Barreto JM, Cavanellas N. Evaluation of the use of tranexamic acid in total knee arthroplasty. *Rev Bras Ortop,* 2018 v.53, p. 761–767
4. Ayik O, Demirel M, Birisek F, Ersen A, Balci HI, Sahinkaya T, et al. The effects of tourniquet application in total knee arthroplasty on the recovery of thigh muscle strength and clinical outcomes. *Journal of Knee Surgery* 2020 February 19
5. Bartley EJ, King CD, Sibille KT et al. Enhanced Pain Sensitivity Among Individuals With Symptomatic Knee Osteoarthritis: Potential Sex Differences in Central Sensitization. *Arthritis care & research* 2016 68(4): 472
6. Berman AT, Bosacco SJ, Israelite C. Evaluation of total knee arthroplasty using isokinetic testing. *Clin Orthop Relat Res.* 1991 Oct;(271):106-13.
7. Berry DJ, Bozic KJ. Current practice patterns in primary hip and knee arthroplasty among members of the American Association of Hip and Knee Surgeons. *J Arthroplasty.* 2010; 25:2–4.
8. Bert JM, Endres NK, Tucker CJ, Davey AP. The Conservative Treatment of Osteoarthritis of the Knee. *Orthopedics.* 2018 Sep 1;41(5):256-260
9. Bitu-Moreno J; Francischetti I, Hafner L. Ischemia-reperfusion injuries in skeletal muscles: pathophysiology and new therapeutic trends focused on controlled reperfusion, *J Vasc Br* 2002;1(2):113-20
10. Bolanos AA, Colizza WA, McCann PD, Gotlin RS, Wootten ME, Kahn BA, Insall JN. A Comparison of Isokinetic Strength Testing and Gait Analysis in Patients With Posterior Cruciate-Retaining and Substituting Knee Arthroplasties. *J Arthroplasty.* 1998 13(8):906-15
11. Braito M, Giesinger JM, Fischler S, Koller A, Niederseer D, Michael C. Liebensteiner MC. Knee Extensor Strength and Gait Characteristics After



- Minimally Invasive Unicondylar Knee Arthroplasty vs Minimally Invasive Total Knee Arthroplasty: A Nonrandomized Controlled Trial. *J Arthroplasty*. 2016 31(8):1711-6.
12. Cavanellas NT, Cossich VRA, Nicoliche EB, Martins MB., De Sousa EB, Salles JI. Comparative analysis of quadriceps and hamstrings strength in knee osteoarthritis before and after total knee arthroplasty: a cross-sectional study. *Rev Bras Ortop*. 2018; 53:158–164
  13. Chen L, Yao F, Wang T, Li G, Chen P, Bulsara et al. Horizontal fissuring at the osteochondral interface: a novel and unique pathological feature in patients with obesity-related osteoarthritis. *Ann Rheum Dis*. 2020 Jun;79(6):811-818PMC7286031.
  14. Chen S, Li J, Peng H, Zhou J, Fang H, Zheng H. The influence of a half-course tourniquet strategy on peri-operative blood loss and early functional recovery in primary total knee arthroplasty. *Int Orthop*. 2014; 38:355–359.
  15. Chen W P. Effectiveness and Safety of Tranexamic Acid in Reducing Blood Loss in Total. *J Bone Joint Surg Am* 2012 94 (13) 1153-9
  16. Conner-Spady BL, Bohm E, Loucks L, Dunbar MJ, Marshall DA, Noseworthy TW. Patient expectations and satisfaction 6 and 12 months following total hip and knee replacement. *Qual Life Res*. 2020 29(3):705-719.
  17. Cui A, Li H, Wang D, Zhong J, Chen Y, Lu H. Global, regional prevalence, incidence and risk factors of knee osteoarthritis in population-based studies. *EclinicalMedicine* 2020 26:29-30
  18. de Souza Leão MG, Neta GP, Coutinho LI, da Silva TM, Ferreira YM, Dias WR. Comparative analysis of pain in patients who underwent total knee replacement regarding the tourniquet pressure. *Rev Bras Ortop*. 2016; 51(6):672-679. Published 2016 Sep 22. doi:10.1016/j.rboe.2016.09.005
  19. Delgado DA, Lambert BS, Boutris N, McCulloch PC, Robbins AB, Moreno MR, Harris JD. Validation of Digital Visual Analog Scale Pain Scoring With a Traditional Paper-based Visual Analog Scale in Adults. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev*. 2018 Mar 23;2(3):e088. doi: 10.5435/JAAOSGlobal-D-17-00088. PMID: 30211382; PMCID: PMC6132313
  20. Dennis, D. A., Kittelson, A. J., Yang, C. C., Miner, T. M., Kim, R. H., & Stevens-Lapsley, J. E. (2015). Does Tourniquet Use in TKA Affect Recovery of Lower

- Extremity Strength and Function? A Randomized Trial. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 474(1), 69–77
21. Dório M, Hunter DJ, Collins JE, Asher R, Eckstein F, Guermazi A, Roemer FW, Deveza LA. Association of baseline and change in tibial and femoral cartilage thickness and development of widespread full-thickness cartilage loss in knee osteoarthritis - data from the Osteoarthritis Initiative. *Osteoarthritis Cartilage*. 2020 (30) 1063-4584
  22. Dreyer HC. Tourniquet Use during Knee Replacement Surgery May Contribute To Muscle Atrophy in Older Adults. *Exerc Sport Sci Rev*. 2016 Apr; 44(2): 61–70
  23. Ejaz A, Laursen AC, Kappel A, Laursen MB, Jakobsen T, Rasmussen S, Nielsen PT. Faster recovery without the use of a tourniquet in total knee arthroplasty. *Acta Orthop*. 2014; 85(4): 422–6.
  24. Ferreira MC, Oliveira JCP, Zidan FF, Franciozi CES, Luzo MVM, Abdalla RJ. Artroplastia total de joelho e quadril: a preocupante realidade assistencial do Sistema Único de Saúde brasileiro. *Rev Bras Ortop*. 2018;53(4):432-40
  25. Gao F, Ma J, Sun W, Guo W, Li Z, Wang W. Topical fibrin sealant versus intravenous tranexamic acid for reducing blood loss following total knee arthroplasty: A systematic review and meta-analysis. *Int J Surg*. 2016 32:31-7
  26. Goel R, Rondon AJ, Syndor K, Blevins K, O'Malley M, Purtill JJ, Austin MS. Tourniquet use does not affect functional outcomes or pain after total knee arthroplasty: a prospective, double-blinded, randomized controlled trial. *Journal of Bone and Joint Surgery* 2019; 101:1821-8.
  27. Goldring, M. B.; Goldring, S. R. Osteoarthritis *Journal of Cellular Physiology* 213(3): 626-634, 2007.
  28. Gormeli G, Sener EE, Simsek SA, Deveci MA, Meray J. Longer tourniquet application time during knee surgery decreases the quadriceps muscle strength: a prospective study on 25 consecutive patients underwent total knee arthroplasty. *Medicine Science* 2017;6(1):86-90
  29. Harkin D. Lower limb ischemia-reperfusion injury triggers a systemic inflammatory response and multiple organ dysfunction. *World Journal of Surgery*. 2002 26(1):115-121.

30. Hasanain MS, Apostu D, Alrefaee A, Tarabichi S. Comparing the Effect of Tourniquet vs Tourniquet-Less in Simultaneous Bilateral Total Knee Arthroplasties. *J Arthroplasty*. 2018; 33(7):2119-2124.
31. Henze, N., & Zirkler, B. (1990). A class of invariant consistent tests for multivariate normality. *Communications in Statistics-Theory and Methods*, 19(10), 3595-3617.
32. Holt JB, Miller BJ, Callaghan JJ, Clark CR, Willenborg MD, Noiseux NO. Minimizing Blood Transfusion in Total Hip and Knee Arthroplasty Through a Multimodal Approach. *J Arthroplasty*. 2016 Feb;31(2):378-82
33. Huang Z, Xie X, Huang Q, Ma J, Shen B, Kraus VB, Pei F. Intravenous and topical tranexamic acid alone are superior to tourniquet use for primary total knee arthroplasty. *Journal of Bone and Joint Surgery (Am)* 2017;99-A(24):2053-61
34. Itoh N, Tsuji T, Ishida M, Ochiai T, Konno S, Uchio Y. Efficacy of duloxetine for multisite pain in patients with knee pain due to osteoarthritis: An exploratory post hoc analysis of a Japanese phase 3 randomized study. *J Orthop Sci*. 2021 Jan;26(1):141-148
35. Jawhar A, Skeirek D, Stetzelberger V, Kollowa K, Obertacke U. No effect of tourniquet in primary total knee arthroplasty on muscle strength, functional outcome, patient satisfaction and health status: a randomized clinical trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2020;28(4):1045-54
36. Kahlenberg CA, Nwachukwu BU, McLawhorn AS, Cross MB, Cornell CN, Padgett DE. Patient Satisfaction After Total Knee Replacement: A Systematic Review. *HSS J*. 2018 Jul;14(2):192-201
37. Keyes GW, Carr AJ, Miller RK, Goodfellow JW. The radiographic classification of medial gonarthrosis. Correlation with operation methods in 200 knees. *Acta Orthop Scand*. 1992;63(5):497-501.
38. Kheir MM, Ziemba-Davis M, Dilley JE, Hood MJ, Meneghini RM Jr. Tourniquetless total knee arthroplasty with modern perioperative protocols decreases pain and opioid consumption in women. *Journal of Arthroplasty* 2018;33(11):3455-9
39. Kim MJ, Kang BH, Park SH, Kim B, Lee GY, Seo YM, Park KS, Yoo JI. Association of the Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis

- Index (WOMAC) with Muscle Strength in Community-Dwelling Elderly with Knee Osteoarthritis *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Mar 27;17(7).
40. Kurtz S, Ong K, Lau E, Mowat F, Halpern M. Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. *J Bone Joint Surg Am* 2007 89(4):780–785
41. Kwok CK, Guehring H, Aydemir A, Hannon MJ, Eckstein F, Hochberg MC. Predicting knee replacement in participants eligible for disease-modifying osteoarthritis drug treatment with structural endpoints. *Osteoarthritis Cartilage*. 2020 Jun;28(6):782-791
42. Lauerma SP, Lienhard K, Item-Glatthor F, Casartelli NC, Maffiuletti NA. Assessment of quadriceps muscle weakness in patients after total knee arthroplasty and total hip arthroplasty: Methodological issues. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2014 24 285–291
43. Leurcharusmee P, Sawaddiruk P, Punjasawadwong Y, Chattipakorn N., Chattipakorn SC. The Possible Pathophysiological Outcomes and Mechanisms of Tourniquet-Induced Ischemia-Reperfusion Injury during Total Knee Arthroplasty. *Oxid Med Cell Longev*. 2018 5 8087598
44. Levine BR, Haughom B, Strong B, Hellman M, Frank RM. Blood management strategies for total knee arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg*. 2014 Jun; 22(6):361-71
45. Li HB, Zhai XC, Qin-Lei, Jiang XQ, Zhang ZH. Topical use of topical fibrin sealant can reduce the need for transfusion, total blood loss and the volume of drainage in total knee and hip arthroplasty: A systematic review and meta-analysis of 1489 patients. *Int J Surg*. 2016 36 (A):127-137
46. Liao W, Li Z, Li T, Zhang Q, Zhang H, Wang X. Proteomic analysis of synovial fluid in osteoarthritis using SWATH-mass spectrometry. *Mol Med Rep*. 2018 Feb;17(2):2827-2836.
47. Liu D, Graham D, Gillies K, Gillies RM. Effects of tourniquet use on quadriceps function and pain in total knee arthroplasty. *Knee Surg Relat Res*. 2014 Dec; 26(4):207-13.
48. Maheshwari AV, Korshunov Y, Naziri Q, Pivec R, Mont MA, Rasquinha VJ. No additional benefit with use of a fibrin sealant to decrease peri-operative blood loss during primary total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2014 29(11):2109-12

49. Mangum LC, Garcia GR, Akers KS, Wenke JC. Duration of extremity tourniquet application profoundly impacts soft-tissue antibiotic exposure in a rat model of ischemia-reperfusion. *Injury* 2019 50 2203-2214
50. Mayer C, Franz A, Harmsen J-F, Queitsch F, Behringer M, Beckmann J, Krauspe R, Zilkens C. Soft-tissue damage during total knee arthroplasty Focus on tourniquet-induced metabolic and ionic muscle impairment. *Journal of Orthopaedics J Orthop.* 2017 14; 347–353
51. Moisala AS, Järvelä T, Kannus P, Järvinen M. Muscle Strength Evaluations after ACL Reconstruction. *Int J Sports Med* 2007; 28: 868–872
52. Nadler SB, Hidalgo JU, Bloch T. Prediction of blood volume in normal human adults. *Surgery.* 1962; 51:224–32
53. Neginhal V, Kurtz W, Schroeder L. Patient Satisfaction, Functional Outcomes, and Survivorship in Patients with a Customized Posterior-Stabilized Total Knee Replacement. *JBJS Rev.* 2020 Jul;8(7):e1900104.
54. Olivecrona C, Ponzer S, Hamberg P, Blomfeldt R. Lower tourniquet cuff pressure reduces postoperative wound complications after total knee arthroplasty: a randomized controlled study of 164 patients. *J Bone Joint Surg Am.* 2012; 94(24): 2216–21.
55. Omer K, Nermin G, Ali A, Mehmet A, Unal D, Sezen KS, Hakan K. Lesão de isquemia-reperusão induzida por torniquete: comparação dos efeitos antioxidantes de propofol e cetamina em doses baixas *Rev Bras Anesthesiol.* 2017 67(3):246-250.
56. Pastore e Silva AL, Demange MK, Gobbi RG, Cardoso da Silva TF, Pécora JR, Croci AT. Tradução e validação da escala Knee Society Score: KSS para a Língua Portuguesa. *Acta Ortop. Bras.* 2012; 20(1): 25-30.
57. Pavão DM, Palhares GM, Albuquerque RSP, Sousa EB, Barreto JM. Prospective Study on the impact of the use of human fibrin sealant free of clot-stabilizing agents in total knee arthroplasty. *Rev Bras Ortop,* 2019; 54(3): 322–328.
58. Pavão DM, Faria JLR, Titonelli VE, Pires e Albuquerque RS, de Sousa EB, Fogagnolo F. Letter to the Editor: Time to reconsider the routine use of tourniquets in total knee arthroplasty surgery: an abridged version of a Cochrane systematic review and metaanalysis. *Bone Joint J.* 2021 Published

online:<https://online.boneandjoint.org.uk/doi/suppl/10.1302/0301-620X.103B.BJJ-2020-1926.R1>

59. Randelli F, D'Anchise R, Ragone V, Serrao L, Cabitza P, Randelli P. Is the newest fibrin sealant an effective strategy to reduce blood loss after total knee arthroplasty? A randomized controlled study. *J Arthroplasty*. 2014 Aug; 29(8):1516-20
60. Razouk, F H., & Reiche, E.M.V. Caracterização, produção e indicação clínica dos principais hemocomponentes. *Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia*, 2004 26(2), 126-134
61. Sanders JO, Murray J, Gross L. Non-Arthroplasty Treatment of Osteoarthritis of the Knee. *J Am Acad Orthop Surg* 2014; 22: 256-260
62. Tai TW, Chang CW, Lai KA, Lin CJ, Yang CY. Effects of tourniquet use on blood loss and soft-tissue damage in total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg Am*. 2012; 94:2209-15.
63. Touzopoulos P, Ververidis A, Mpogiatis C, Chatzigiannakis A, Drosos, G. I. The use of tourniquet may influence the cement mantle thickness under the tibial implant during total knee arthroplasty. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2019; 29(4):869-875.
64. Tsunoda K, Sonohata M, Kugisaki H, Someya S, Honke H, Komine M, Izumi M, Ide S, Mawatari M. The Effect of Air Tourniquet on Interleukin-6 Levels in Total Knee Arthroplasty. *Open Orthop J*. 2017; 11: 20–28.
65. Vallat, R. (2018). *Pingouin: statistics in Python*. *Journal of Open Source Software*, 3(31), 1026, <https://doi.org/10.21105/joss.01026>
66. Volpi E, Nazemi R, Fujita S. Muscle tissue changes with aging. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2004;7(4):405-410.
67. Wang K, Ni S, Li Z, Zhong Q, Li R, Li H, Ke Y, Lin J. The effects of tourniquet use in total knee arthroplasty: a randomized, controlled trial. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*; 2016 25(9), 2849–2857
68. Wang D, Wang HY, Cao C, Li LL, Meng WK, Pei FX, Li DH, Zhou ZK, Zeng WN. Tranexamic acid in primary total knee arthroplasty without tourniquet: a randomized, controlled trial of oral versus intravenous versus topical administration. *Sci Rep*. 2018 Sep 11;8(1):13579

69. Xie J, Ma J, Yao H, Yue C, Pei F. Multiple Boluses of Intravenous Tranexamic Acid to Reduce Hidden Blood Loss After Primary Total Knee Arthroplasty Without Tourniquet: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Arthroplasty*, 2016 31 (11) 2458–2464
70. Yang ZG, Chen WP, WU LD. Effectiveness and safety of tranexamic acid in reducing blood loss in total knee arthroplasty: a meta-analysis. *J Bone Joint Surg Am*, 2012 94 (13) 1153-1159
71. Yassin MM, Harkin DW, Barros D'Sa AA, Halliday MI, Rowlands BJ. Lower limb ischemia-reperfusion injury triggers a systemic inflammatory response and multiple organ dysfunction. *World J Surg*. 2002 Jan;26(1):115-21
72. Younger AS, McEwen JA, Inkpen K. Wide contoured thigh cuffs and automated limb occlusion measurement allow lower tourniquet pressures. *Clinical orthopaedics and related research*. 2004 Nov 1; 428:286-93.
73. Zacker A, Del Priori R, Tieppo C, Silva RS, Severino NR. Estudo comparativo com uso do ácido tranexâmico tópico e intravenoso em relação à perda sanguínea na artroplastia total do joelho. *Rev. Bras Ortop* 2017; 52(5): 589–595
74. Zak SG, Yeroushalmi D, Long WJ, Meftah M, Schnaser E, Schwarzkopf R. Does the Use of a Tourniquet Influence Outcomes in Total Knee Arthroplasty: A Randomized Controlled Trial. *J Arthroplasty*. 2021 Mar 4:S0883-5403(21)00228-X
75. Zhao T, Zhao J, Ma C, Wei J, Wei B, Liu J. Evaluation of Relationship Between Common Variants in FGF18 Gene and Knee Osteoarthritis Susceptibility. *Arch Med Res*. 2020 51(1):76-81
76. Zhang W, Li N, Chen SF, Tan Y, Al-Aidaros M, Chen LB. The effects of a tourniquet used in total knee arthroplasty: a meta-analysis. *J Orthop Surg Res*. 2014; 9(1):13.
77. Zhou K., Ling T., Wang H., Zhou Z., Shen B., Yang J., Kang P, Pei F. Influence of tourniquet use in primary total knee arthroplasty with drainage: a prospective randomised controlled Trial. *J Orthop Surg Res*. 2017; 12: 172.

## 11. Anexos

### 11.1 Anexo A: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

#### TCLE: subprojeto 1

##### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(De acordo com as normas da Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 466 de 12/12/2012 e a resolução 580/18 que versa sobre as pesquisas desenvolvidas no âmbito do SUS)

Você está sendo convidado para participar da pesquisa “Artroplastia Total do Joelho Sem Torniquete Versus Com Torniquete Otimizado. Estudo Comparativo, prospectivo e Randomizado”

Você foi selecionado de forma aleatória e sua participação não é obrigatória. A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição.

O objetivo deste estudo é comparar o quanto o uso do torniquete/garrote utilizado para manter seu joelho sem sangrar durante a cirurgia influencia na sua recuperação. O uso do torniquete é bastante comum nas cirurgias ortopédicas, para que o paciente sangre menos. Isso ajuda o cirurgião, pois facilita realizar a cirurgia sem a presença do sangue encobrendo sua visão. Além disso, também é importante para o paciente, pois reduzindo o sangramento, reduz a necessidade de receber sangue e outras complicações relacionadas ao sangramento. Entretanto, o uso do torniquete também pode causar demora na recuperação após a cirurgia, pois a pressão que ele faz durante a cirurgia pode ocasionar danos ao músculo da coxa sobre o qual é posicionado.

Sua participação nesta pesquisa consistirá em realizar a cirurgia de ATJ com ou sem uso de torniquete pneumático, fornecer amostras sanguíneas para análise laboratorial que já são rotineiras em nosso serviço e responder a alguns questionários ao longo do seu acompanhamento, nas consultas habituais em nosso ambulatório, o que irá tomar apenas 10 minutos a mais do seu tempo.

Os riscos relacionados com sua participação são os mesmos relacionados à ATJ (esclarecidos previamente por médico assistente), sendo ambas as técnicas com e sem torniquete reconhecidamente seguras.

Haverá um benefício para todos os pacientes que venham a ser submetidos a este tipo de cirurgia no futuro por entendermos melhor como funciona a recuperação do paciente usando ou não esse torniquete.

As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação. Os dados da pesquisa serão divulgados de forma a não possibilitar sua identificação.

Este Termo foi redigido em três vias, sendo uma para o participante, uma para ser anexada ao prontuário e outra para o pesquisador, onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal e do Comitê de Ética em Pesquisa – CEP. Você poderá esclarecer suas



dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento através dos números dos telefones ou endereço de e-mail disponível neste Termo.

Rio de Janeiro, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Douglas Mello Pavão  
Pesquisador responsável  
Avenida Brasil, 500 - Cep: 20940-070 - Rio de Janeiro – RJ  
Telefone (21) 2134-5000  
E-mail: drdouglaspavao@gmail.com

---

Responsável pela aplicação do termo Assinatura e carimbo

Em caso de dúvida quanto à condução ética do estudo, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do INTO.

Endereço: Avenida Brasil nº 500, 9º andar – sala nº 4 – São Cristóvão – Rio de Janeiro – RJ – CEP:

Telefone: 21 2134-5000

E-mail: cep.into@into.saude.gov.br

Declaro que entendi os objetivos e condições de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

Participante da pesquisa:

---

Assinatura do participante da pesquisa

## **TCLE Subprojeto 2**

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

(De acordo com as normas da Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 466 de 12/12/2012)

Você está sendo convidado para participar da pesquisa “Avaliação do grau de lesão muscular e comprometimento da função motora do quadríceps com o uso otimizado do torniquete na artroplastia total de joelho (ATJ). Estudo prospectivo e randomizado”

Você foi selecionado de forma aleatória e sua participação não é obrigatória. A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição.

O objetivo deste estudo é comparar os graus de comprometimento muscular na cirurgia de ATJ com torniquete com pressão individualizada, retirado logo após a cimentação e a cirurgia sem o seu uso.

Sua participação nesta pesquisa consistirá em realizar a cirurgia de ATJ com ou sem uso de torniquete pneumático, fornecer amostras sanguíneas para análise laboratorial, responder a alguns questionários ao longo do seu acompanhamento e passar por uma avaliação de força muscular em nosso laboratório de biocinética.

Os riscos relacionados com sua participação são os mesmos relacionados à ATJ (esclarecidos previamente por médico assistente), sendo ambas as técnicas com e sem torniquete reconhecidamente seguras.

Não há benefício direto para o participante deste estudo.

As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação. Os dados da pesquisa serão divulgados de forma a não possibilitar sua identificação.

Este Termo foi redigido em duas vias, sendo uma para o participante e outra para o pesquisador, onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal e do

Comitê de Ética em Pesquisa – CEP. Você poderá esclarecer suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento através dos números dos telefones ou endereço de e-mail disponível neste Termo.

Rio de Janeiro, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Douglas Mello Pavão

Pesquisador responsável

Avenida Brasil, 500 - Cep: 20940-070 - Rio de Janeiro – RJ

Telefone(21) 2134-5000

Email: drdouglaspavao@gmail.com

---

Responsável pela aplicação do termo  
Assinatura e carimbo

**Em caso de dúvida quanto à condução ética do estudo, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do INTO.**

Endereço: Avenida Brasil nº 500, 9º andar – sala nº 4 – São Cristóvão – Rio de Janeiro – RJ – CEP:

Telefone: 21 2134-5000

e-mail: [cep.into@into.saude.gov.br](mailto:cep.into@into.saude.gov.br)

Declaro que entendi os objetivos e condições de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

**Participante da pesquisa:**

---

Assinatura do participante da pesquisa

## 11.2 Anexo B: Instrumento de coleta de dados

### Instrumento de coleta de dados:

#### Artroplastia total de joelho sem isquemia versus com isquemia utilizando o torniquete de modo otimizado: estudo comparativo, prospectivo e randomizado

Pesquisador: Douglas Mello Pavão

Iniciais:	Prontuário:	Idade: anos	Nasc: / /
Sexo: ( ) fem ( ) masc	Comorbidades:		
Peso: Kg	Estatura: m	Volemia: torniquete S( ) N( )	Pressão= mmHg
Corte tibial: guia ( ) intra medular ( ) extra-medular			
Tempo de torniquete. início:		término:	
Tempo de cirurgia. início:		término: (da incisão ao último ponto)	

Homens: altura (m)<sup>3</sup> x 0,367 + peso (kg) x 0,32 + 0,604 Mulheres: altura (m)<sup>3</sup> x 0,356 + peso (kg) x 0,33 + 0,183

	Pré-op / /	D1 / /	D3 / /	3Sem / /	3meses / /	6meses / /
Hb (g/dl)				XX	XX	XX
CPK				XX	XX	XX
EVA coxa					XX	XX
EVA joelho						
Perímetro coxa (cm)		XX			XX	XX
Perímetro joelho (cm)		XX			XX	XX
Perímetro perna (cm)		XX			XX	XX
ADM (graus)		XX				
Elevação ativa (S/N)						
KSS		XX	XX			
Força(N)		XX	XX	XX		

Hemotransfusão: ( ) sim ( ) não Número de bolsas:

Complicações:

( ) TVP ( ) TEP ( ) infecção superficial ( ) infecção profunda

( ) hematoma ( ) flictenas ( ) necrose de pele

( ) outras : \_\_\_\_\_

Observações:

### 11.3 Anexo C: Parecer Consubstanciado do CEP

O estudo foi dividido em 2 subprojetos, onde no primeiro focamos na avaliação clínica e perda sanguínea e no segundo no comprometimento muscular causado pela isquemia induzida pelo torniquete.



#### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

##### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Artroplastia Total do Joelho Sem Torniquete Versus Com Torniquete Otimizado. Estudo Comparativo, Prospectivo e Randomizado

**Pesquisador:** Douglas Mello Pavão

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 21118319.7.0000.5273

**Instituição Proponente:** Instituto Nacional de Traumatologia - Ortopedia / INTO / SAS/ MS - RJ

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

##### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.662.876

##### Apresentação do Projeto:

Com o intuito de aumentar as taxas de sucesso e reduzir complicações nas cirurgias de artroplastia total de joelho (ATJ), muito se investiga sobre formas de melhor controle de sangramento relacionado ao procedimento. Apesar de amplamente realizada pela maioria dos cirurgiões com esse intuito, o uso ou não do torniquete pneumático ainda é bastante discutido. Pontos contra e a favor ainda não estão claros com as técnicas mais modernas do seu uso e de manejo peroperatório dos pacientes

##### Objetivo da Pesquisa:

Os autores tem como objetivo comparar os resultados da cirurgia com torniquete com pressão individualizada, retirado logo após a cimentação e a cirurgia sem o seu uso.

##### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos são os já presentes nos dois tipos de cirurgia que são realizados atualmente.

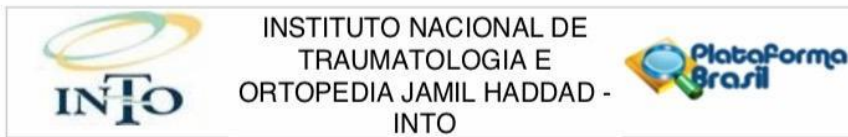
Os benefícios se darão na medida que a conclusão apontar qual escolha será a melhor

##### Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Projeto de pesquisa relevante e importante para a classe médica praticante desta modalidade de cirurgia.

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

**Endereço:** Avenida Brasil, nº 500  
**Bairro:** São Cristóvão **CEP:** 20.940-070  
**UF:** RJ **Município:** RIO DE JANEIRO  
**Telefone:** (21)2134-5000 **Fax:** (21)2134-5228 **E-mail:** cep.into@into.saude.gov.br



Continuação do Parecer: 3.662.876

Os termos estão de acordo com a legislação vigente

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

não há pendências

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Senhor pesquisador, de acordo com o constante da Resolução CNS nº 466 de 2012, faz-se necessário apresentar ao CEP/INTO, através da Plataforma Brasil, a cada 06 (seis) meses o relatório de acompanhamento de sua pesquisa. Além disso, após a conclusão da pesquisa, deverá ser submetido na Plataforma Brasil, através da Notificação, o Relatório Final e a pesquisa concluída para apreciação do CEP/INTO.

Informamos que qualquer alteração realizada no protocolo de pesquisa aprovado deverá ser submetida à apreciação do CEP/INTO através do envio de uma emenda utilizando a Plataforma Brasil

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

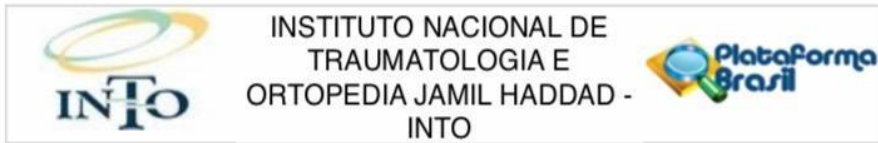
Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1428341.pdf	16/09/2019 20:11:00		Aceito
Folha de Rosto	rost0.docx	16/09/2019 20:10:15	Douglas Mello Pavão	Aceito
Outros	carta.docx	03/09/2019 21:32:05	Douglas Mello Pavão	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto.docx	03/09/2019 21:02:49	Douglas Mello Pavão	Aceito
Outros	instrumento.docx	03/09/2019 21:01:54	Douglas Mello Pavão	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	03/09/2019 20:59:05	Douglas Mello Pavão	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

**Endereço:** Avenida Brasil, nº 500  
**Bairro:** São Cristóvão **CEP:** 20.940-070  
**UF:** RJ **Município:** RIO DE JANEIRO  
**Telefone:** (21)2134-5000 **Fax:** (21)2134-5228 **E-mail:** cep.into@into.saude.gov.br



## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Avaliação do grau de lesão muscular e comprometimento da função motora do quadríceps com o uso otimizado do torniquete na artroplastia total de joelho. Estudo prospectivo e randomizado

**Pesquisador:** Douglas Mello Pavão

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 21118119.4.0000.5273

**Instituição Proponente:** Instituto Nacional de Traumatologia - Ortopedia / INTO / SAS/ MS - RJ

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.662.887

#### Apresentação do Projeto:

Os autores acreditam que as limitações causadas pela lesão muscular e comprometimento da função motora do quadríceps com o uso otimizado do torniquete na artroplastia total de joelho se devam a um uso não ideal, com pressões e tempo de utilização maior que o necessário e que a otimização da técnica poderá solucionar estas questões.

#### Objetivo da Pesquisa:

o objetivo de comparar o grau de comprometimento muscular na cirurgia de ATJ com torniquete com pressão individualizada, retirado logo após a cimentação e a cirurgia sem o seu uso. Serão avaliados prospectivamente 40 pacientes, submetidos à ATJ, randomizados em 2 grupos, com 20 pacientes cada.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos são aqueles já presentes na ação cirúrgica.

Os benefícios são importantes para balizar a tomada de decisões antes da ATJ

#### Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa relevante e importante para o cenário médico atual

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

Os termos estão de acordo com a legislação vigente

**Endereço:** Avenida Brasil, nº 500

**Bairro:** São Cristóvão

**CEP:** 20.940-070

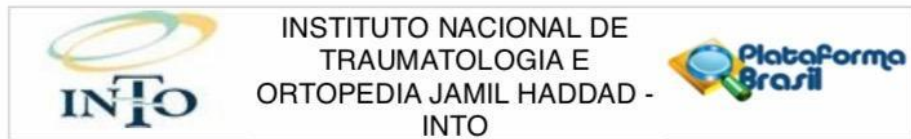
**UF:** RJ

**Município:** RIO DE JANEIRO

**Telefone:** (21)2134-5000

**Fax:** (21)2134-5228

**E-mail:** cep.into@into.saude.gov.br



Continuação do Parecer: 3.662.887

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

Não há pendências

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Senhor pesquisador, de acordo com o constante da Resolução CNS nº 466 de 2012, faz-se necessário apresentar ao CEP/INTO, através da Plataforma Brasil, a cada 06 (seis) meses o relatório de acompanhamento de sua pesquisa. Além disso, após a conclusão da pesquisa, deverá ser submetido na Plataforma Brasil, através da Notificação, o Relatório Final e a pesquisa concluída para apreciação do CEP/INTO.

Informamos que qualquer alteração realizada no protocolo de pesquisa aprovado deverá ser submetida à apreciação do CEP/INTO através do envio de uma emenda utilizando a Plataforma Brasil

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

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1429158.pdf	16/09/2019 20:21:05		Aceito
Outros	carta.docx	16/09/2019 20:17:35	Douglas Mello Pavão	Aceito
Outros	instrumento.docx	16/09/2019 20:16:37	Douglas Mello Pavão	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	16/09/2019 20:16:03	Douglas Mello Pavão	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto.docx	16/09/2019 20:15:44	Douglas Mello Pavão	Aceito
Folha de Rosto	rosto.docx	16/09/2019 20:13:49	Douglas Mello Pavão	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

Endereço: Avenida Brasil, n° 500  
 Bairro: São Cristóvão CEP: 20.940-070  
 UF: RJ Município: RIO DE JANEIRO  
 Telefone: (21)2134-5000 Fax: (21)2134-5228 E-mail: cep.into@into.saude.gov.br



## 11.4 Anexo D Publicação: Carta ao editor sobre o tema do uso do torniquete na cirurgia de artroplastia total de joelho

Pavão DM, Faria JLR, Titonelli VE, Pires e Albuquerque RS, de Sousa EB, Fogagnolo F. Letter to the Editor: Time to reconsider the routine use of tourniquets in total knee arthroplasty surgery: an abridged version of a Cochrane systematic review and metaanalysis. *Bone Joint J.* 2021. Published online: <https://online.boneandjoint.org.uk/doi/suppl/10.1302/0301-620X.103B.BJJ-2020-1926.R1>



**Ahmed I, Chawla A, Underwood M, et al.** Time to reconsider the routine use of tourniquets in total knee arthroplasty surgery: an abridged version of a Cochrane systematic review and meta-analysis. *Bone Joint J.* 2021;103-B(5):830-839.

<https://doi.org/10.1302/0301-620X.103B.BJJ-2020-1926.R1>

29 June 2021

Sir,

First, we would like to congratulate the authors of this paper<sup>1</sup> for their excellent systematic review of the subject. We would also like to make some comments about their conclusions, which in our view are very dogmatic when taking a stand against the use of tourniquets during total knee arthroplasty.

A simple comparative analysis of surgery with and without a tourniquet may be inadequate because of the wide variation in how the tourniquet was used in the publications included in the review.

We note that the mean time of tourniquet use varied widely among the reported studies, as did the timing of that use, some papers reporting having used it throughout the surgery and others only during cementation or until the cementation of the implants.<sup>2-12</sup>

Inflation pressures were also quite varied, some studies using predetermined pressures around 300 mmHg to 350 mmHg or 100 mmHg above the systolic blood pressure, while some did not even mention the pressure used.<sup>2-12</sup> It is well established that there is less local tissue injury when a tourniquet is used at a low pressure rather than at a predetermined fixed pressure.<sup>14,15</sup>

Another important point that the authors have not taken into account is that studies showing greater or equal blood loss with tourniquet use usually use the tourniquet until the skin has been sutured and dressings applied, without reviewing haemostasis after tourniquet release.<sup>4,7,9</sup> In addition, the use of suction drains, especially without review of haemostasis after release of the tourniquet, could increase postoperative bleeding, since, during reperfusion, there is greater bleeding in the first five postoperative minutes. Perhaps, the use of suction drainage explains some of the findings in studies that report greater bleeding in the tourniquet group.<sup>2</sup>

Studies that propose optimization of tourniquet use in terms of the moment of use and insufflation pressures have shown a lower inflammatory response to surgical trauma and less muscle tissue injury in operations that used a tourniquet than in those that did not.<sup>2</sup>

Gormeli et al<sup>8</sup> evaluated the relationship between the duration of tourniquet use and the strength of isokinetic knee extension, concluding that the maximum quadriceps torque is low with a longer ischaemia time, suggesting that that prolonged usage rather than simply using or not using a tourniquet is related to tissue injury and a greater potential for functional impairment.

When we look more closely at the occurrence of postoperative complications, we see that several studies do not show a positive relationship with tourniquet use. In a study by Tai et al,<sup>2</sup> no patient for whom a tourniquet was used developed a deep venous thrombosis, even without chemical thromboprophylaxis. Several other studies have reported similar findings.<sup>5,7,10</sup>

We conclude that placing all forms of tourniquet use into a single group, disregarding the wide variability of its use in terms of duration, timing of use, insufflation pressures, and moment of release, with or without a review of haemostasis, shows significant analytical bias when comparing surgery with and without the use of a tourniquet.

D. M. Pavão, MD, MSc, Medical Doctor, Orthopaedic Surgeon,<sup>1,2</sup>

J. L. Rocha de Faria, MD, MSc,<sup>1,2</sup>

V. E. Titonelli, MD, MSc,<sup>1</sup>

R. Pires e Albuquerque, MD, PhD,<sup>1</sup>

E. Branco de Sousa, MD, PhD,<sup>1</sup>

F. Fogagnolo, MD, PhD,<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Knee Surgery Center of the National Institute of Traumatology and Orthopaedics (INTO), Rio de Janeiro, Brazil

<sup>2</sup>University of São Paulo (USP) - Ribeirão Preto Medical School, Ribeirão Preto, Brazil.

1. Ahmed I, Chawla A, Underwood M, et al. Time to reconsider the routine use of tourniquets in total knee arthroplasty surgery: an abridged version of a Cochrane systematic review and meta-analysis. *Bone Joint J.* 2021;103-B(5):830-839.
2. Tai TW, Chang CW, Lai KA, Lin CJ, Yang CY. Effects of tourniquet use on blood loss and soft-tissue damage in total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94-A(24):2209-2215.
3. Liu D, Graham D, Gillies K, Gillies RM. Effects of tourniquet use on quadriceps function and pain in total knee arthroplasty. *Knee Surg Relat Res.* 2014;26(4):207-213.
4. Dennis DA, Kittelson AJ, Yang CC, Miner TM, Kim RH, Stevens-Lapsley JE. Does Tourniquet Use in TKA Affect Recovery of Lower Extremity Strength and Function? A Randomized Trial. *Clin Orthop Relat Res.* 2016;474(1):69-77.
5. Wang K, Ni S, Li Z, et al. The effects of tourniquet use in total knee arthroplasty: a randomized, controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(9):2849-2857.
6. Tsunoda K, Sonohata M, Kugisaki H, et al. The Effect of Air Tourniquet on Interleukin-6 Levels in Total Knee Arthroplasty. *Open Orthop J.* 2017;11(1):20-28.
7. Huang Z, Xie X, Li L, et al. Intravenous and topical tranexamic acid alone are superior to tourniquet use for primary total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2017;99-A(24):2053-2061.
8. Gormeli G, Sener EE, Simsek SA, Deveci MA, Meray J. Longer tourniquet application time during knee surgery decreases the quadriceps muscle strength: a prospective study on 25 consecutive patients underwent total knee arthroplasty. *Med Sci (Turkey).* 2017;6(1):86-90.
9. Zhou K, Ling T, Wang H, et al. Influence of tourniquet use in primary total knee arthroplasty with drainage: a prospective randomised controlled Trial. *J Orthop Surg Res.* 2017;12(11):172.

10. **Hasanain MS, Apostu D, Alrefaee A, Tarabichi S.** Comparing the Effect of Tourniquet vs Tourniquet-Less in Simultaneous Bilateral Total Knee Arthroplasties. *J Arthroplasty.* 2018; 33(7):2119-2124.
11. **Kheir MM, Ziemba-Davis M, Dilley JE, Hood MJ Jr, Meneghini RM Jr.** Tourniquetless total knee arthroplasty with modern perioperative protocols decreases pain and opioid consumption in women. *J Arthroplasty.* 2018;33(11):3455-3459.
12. **Ayik O, Demirel M, Birisek F, et al.** The effects of tourniquet application in total knee arthroplasty on the recovery of thigh muscle strength and clinical outcomes. *J Knee Surg.* 2021;34(10):1057-1063.
13. **Zak SG, Yeroushalmi D, Long WJ, Meftah M, Schnaser E, Schwarzkopf R.** Does the Use of a Tourniquet Influence Outcomes in Total Knee Arthroplasty: A Randomized Controlled Trial. *J Arthroplasty.* 2021;36(7):2492-2496.
14. **Younger AS, McEwen JA, Inkpen K.** Wide contoured thigh cuffs and automated limb occlusion measurement allow lower tourniquet pressures. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;428:286-293.
15. **Olivecrona C, Ponzer S, Hamberg P, Blomfeldt R.** Lower tourniquet cuff pressure reduces postoperative wound complications after total knee arthroplasty: a randomized controlled study of 164 patients. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94-A(24):2216–2221.

Conflicts of Interest: None

## 11.5 Anexo E Certificado de apresentação no European Society for Sports Traumatology, Knee Surgery and Arthroscopy (ESSKA) Congress 2022



### CERTIFICATE OF PRESENTATION

We herewith confirm that

the abstract

**EP19-3 – TOTAL KNEE ARTHROPLASTY WITH OR WITHOUT ISCHEMIA: THE ROLE OF OPTIMIZED TOURNIQUET USE IN A COMPARATIVE, PROSPECTIVE, RANDOMIZED STUDY. PRELIMINARY RESULTS**

D. Pavão, J.L. Rocha de Faria, V.R. Amaral Cossich, Y. DiCavaicanti, R.S. Pires e Albuquerque, V.E. Titoneil, E. Branco de Sousa, F. Fogagnolo

was accepted as an ePoster at the

**20<sup>th</sup> ESSKA Congress**  
held in Paris, France, from 27 to 29 April 2022.

Yours sincerely,

<b>Christophe Hulet</b>	<b>Kristian Samuelsson</b>	<b>Martin Lind</b>	<b>Geoffroy Nourissat</b>
France	Sweden	Denmark	France
Scientific Chair	Scientific Co-Chair	Scientific Co-Chair	Scientific Co-Chair

## 11.6 Anexo F Comprovante de submissão do artigo para publicação no Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy Journal.

**Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**  
**The Role of Optimized Tourniquet in Total Knee Arthroplasty: A Comparative, Prospective And Randomized Study**  
 --Manuscript Draft--

<b>Manuscript Number:</b>	KSST-D-22-00524
<b>Full Title:</b>	The Role of Optimized Tourniquet in Total Knee Arthroplasty: A Comparative, Prospective And Randomized Study
<b>Article Type:</b>	Original Paper
<b>Corresponding Author:</b>	Douglas Mello Pavão, M.D., MSc. Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia Rio de Janeiro, RJ BRAZIL
<b>Corresponding Author Secondary Information:</b>	
<b>Corresponding Author's Institution:</b>	Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia
<b>Corresponding Author's Secondary Institution:</b>	
<b>First Author:</b>	Douglas Mello Pavão, M.D., MSc.
<b>First Author Secondary Information:</b>	
<b>Order of Authors:</b>	Douglas Mello Pavão, M.D., MSc. Rodrigo Sattamine Pires e Albuquerque José Leonardo Rocha de Faria Victor Elias Tilonelli Yuri DiCavalcanti Sampaio Victor Cossich Eduardo Branco de Sousa Fabricio Fogagnolo
<b>Order of Authors Secondary Information:</b>	
<b>Funding Information:</b>	
<b>Abstract:</b>	<p>Purpose: Tourniquet (TNQ) can be used in total knee arthroplasty (TKA) to reduce intraoperative bleeding and provide a cleaner, more comfortable surgical field for the surgeon. However, its use may be related to increased postoperative bleeding and impaired postoperative functional recovery, besides local and systemic complications. This study aimed to compare patients undergoing TKA without a TNQ and with an optimized TNQ protocol.</p> <p>Methods: We prospectively evaluated 128 patients with osteoarthritis submitted to TKA, which were randomized into two groups: "without TNQ" and "optimized TNQ" (TNQ inflation right before skin incision and TNQ deflation as soon as the cement fixing the prosthesis to the bone had set, using pressures only 100mmHg above the systolic blood pressure). Mean surgery and TNQ duration, blood loss, number of blood transfusions, degree of pain, edema, range of motion (ROM), functional score, and postoperative complications were compared. Analyzes were performed using the GraphPad Prism program (version 5) and statistical significance was considered when the p-value was less than 0.05. Differences in continuous variables between groups were evaluated by Student's t-test or Mann-Whitney U test, depending on the characteristic distribution of the data. The chi-square test or Fisher's exact test for difference in percentages was used to estimate differences between groups in categorical variables.</p> <p>Results: Surgeries performed with optimized TNQ presented no statistically significant difference in surgical time, levels of blood loss, pain, edema, ROM, functional score, and complications compared to surgeries without TNQ use (p&lt;0.05).</p>