



Protocolo de reabilitação acelerada precoce *versus* conservadora retardada após reconstrução do ligamento cruzado anterior: Um ensaio prospectivo randomizado*

Early Accelerated versus Delayed Conservative Rehabilitation Protocol after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Prospective Randomized Trial

Saroj Kumar Patra¹ Saurav Narayan Nanda² Bishnu Prasad Patro² Nabin Kumar Sahu²
Chitta Ranjan Mohnaty¹ Mantu Jain²

¹ Departamento de Trauma e Emergência, AIIMS, Bhubaneswar, Índia

² Departamento de Ortopedia, AIIMS, Bhubaneswar, Índia

Endereço para correspondência Saroj Kumar Patra, MS
Orthopaedics, Department of Trauma and emergency, AIIMS,
Bhubaneswar, Pin-751019, Odisha, India
(e-mail: drsaroj123@gmail.com).

Rev Bras Ortop 2022;57(3):429–436.

Resumo

Objetivo Comparar a eficácia dos protocolos de reabilitação acelerada precoce e de reabilitação conservadora retardada após reconstrução artroscópica do ligamento cruzado anterior, em termos da escala do International Knee Documentation Committee (IKDC), da dor (segundo a Escala Visual Analógica), da frouxidão e da rigidez no pós-operatório de um ano para determinar o melhor desfecho.

Materiais e Métodos Um total de 80 participantes foram divididos em dois grupos (grupo da acelerada precoce e grupo da conservadora retardada), que foram analisados pelos testes do Qui-quadrado de Pearson e da soma dos postos de Wilcoxon.

Resultados A frouxidão do joelho no pós-operatório de 1 ano foi significativamente mais alta ($p = 0,039$) no grupo da acelerada precoce do que no grupo da conservadora retardada. Em termos de dor pós-operatória (pela Escala Visual Analógica) e pontuações no IKDC, ambos os grupos apresentaram resultados similares. A amplitude de movimento pós-operatória foi melhor no grupo da acelerada precoce, mas isso não foi estatisticamente significativo ($p = 0,36$).

Conclusão O protocolo de reabilitação acelerada precoce foi associado com uma frouxidão significativa do joelho em um ano de pós-operatório em comparação com o protocolo de reabilitação conservadora retardada.

Palavras-chave

- ▶ lesões do ligamento cruzado anterior
- ▶ reconstrução do ligamento cruzado anterior
- ▶ reabilitação

* Trabalho desenvolvido no Departamento de Trauma e Emergência, AIIMS, Bhubaneswar, Índia.

recebido
15 de Julho de 2021
aceito
24 de Setembro de 2021

DOI <https://doi.org/10.1055/s-0042-1748970>.
ISSN 0102-3616.

© 2022. Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. All rights reserved.
This is an open access article published by Thieme under the terms of the Creative Commons Attribution-NonDerivative-NonCommercial-License, permitting copying and reproduction so long as the original work is given appropriate credit. Contents may not be used for commercial purposes, or adapted, remixed, transformed or built upon. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)
Thieme Revinter Publicações Ltda., Rua do Matoso 170, Rio de Janeiro, RJ, CEP 20270-135, Brazil

Abstract

Objective To compare the effectiveness of the early accelerated rehabilitation and delayed conservative rehabilitation protocols after arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction, in terms of the International Knee Documentation Committee (IKDC) score, pain (according to the Visual Analog Scale), laxity, and stiffness one year postoperatively to determine the best outcome.

Materials and Methods A total of 80 subjects were divided into 2e groups (early accelerated group and delayed conservative group), which were analyzed by the Pearson Chi-squared and Wilcoxon rank-sum tests.

Results One year postoperatively, knee laxity was significantly higher ($p = 0.039$) in the early accelerated group compared with the delayed conservative group. Regarding postoperative pain (according to the Visual Analogue Scale) and IKDC scores, both groups presented similar results. The postoperative range of motion was better in the early accelerated group, but this was not statistically significant ($p = 0.36$).

Conclusion One year postoperatively, the early accelerated rehabilitation protocol was associated with significant knee laxity compared to the delayed conservative rehabilitation protocol.

Keywords

- ▶ anterior cruciate ligament injuries
- ▶ anterior cruciate ligament reconstruction
- ▶ rehabilitation

Introdução

Lesões no joelho são problemas musculoesqueléticos comuns em todo o mundo, com uma prevalência de até 35 casos a cada 100 mil pacientes.¹ Em qualquer caso de traumatismo em uma articulação do joelho, o ligamento cruzado anterior (LCA) é o mais comumente lesado.² Anualmente, cerca de 200 mil cirurgias de reconstrução do LCA (R-LCA) são realizadas nos Estados Unidos.^{3,4} Na Índia, a R-LCA geralmente é feita com autoenxertos do tendão isquiotibial (semitendinoso e *gracilis*) ou de osso-tendão patelar-osso (OTPO). O primeiro é mais comumente utilizado do que o OTPO devido à facilidade de coleta e menor morbidade do sítio doador.⁵ A reabilitação pós-operatória após a R-LCA é uma parte essencial do manejo para se alcançar um resultado bem-sucedido.⁶ Diferentes cirurgiões seguem protocolos diferentes, e falta um consenso.⁷ Mas, de modo geral, esses protocolos podem ser divididos em reabilitação acelerada precoce (RAP) ou uma reabilitação conservadora retardada (RCR). Alguns estudos publicados na literatura ocidental sugerem que não há diferenças funcionais entre eles, ao passo que outros estudos defendem o protocolo de RCR.^{8,9}

O objetivo deste estudo foi comparar a eficácia dos protocolos de RAP e de RCR para que pacientes submetidos a R-LCA com enxerto autólogo de isquiotibiais em nosso hospital de atenção terciária alcancem desfechos ideais.

Material e Métodos**Desenho do estudo**

Este estudo randomizado, simples-cego, com dois braços paralelos foi realizado em nosso hospital de atenção terciária de abril de 2019 a abril de 2020. O comitê de ética institucional (T/IM-NF/T&EM/18/45) aprovou o estudo, que foi incluído no registro de ensaios clínicos

da Índia (CTRI/2019/02/017726) antes do recrutamento de pacientes.

População do Estudos

Foram incluídos pacientes adultos com idades entre 18 e 60 anos internados para serem submetidos a R-LCA. Foram excluídos os pacientes com lesão no menisco, lesão multiligamentar, ou lesões associadas na coluna, no quadril ou no tornozelo, assim como lesões bilaterais do membro. Da mesma forma, também foram excluídos pacientes em que os cirurgiões não conseguiram coletar um enxerto de isquiotibial (mínimo de 9 mm de largura), ou qualquer outro enxerto (fibular, OTPO). Pacientes com alterações osteoartísticas em radiografia também não foram excluídos.

Ocultação de randomização e de alocação

Após o cumprimento dos critérios de elegibilidade, os pacientes incluídos foram randomizados em dois grupos por sequência gerada por computador usando um programa randomizador na internet. Um coordenador independente (NS) ocultou os números de alocação em envelopes lacrados. As características de referência dos pacientes foram tomadas após a alocação para um grupo. O estatístico independente (CRM) que fez a análise foi cegado neste estudo.

Tamanho da amostra

Com base num estudo anterior de Christensen et al.¹⁰ (2013), calculamos o tamanho amostral de 39 sujeitos para cada grupo, e adotamos um nível de significância de 5% (erro alfa), com uma probabilidade de 90% de alcançar significância estatística (poder).

Técnica Cirúrgica

Dois cirurgiões (SKP ou BPP) operaram todos os pacientes incluídos. Após a abertura de portais artroscópicos

padrão, foram realizados exames artroscópicos em todos os casos para confirmar o diagnóstico. Em todos os casos, utilizou-se enxertos autólogos duplos do semitendinoso e do gracilis. Dependendo do diâmetro do enxerto coletado, os túneis ósseos foram preparados utilizando gabaritos padrão. O lado femoral do enxerto foi fixado com o dispositivo de fixação ajustável de titânio Endobutton (Smith & Nephew, Londres, Reino Unido) por meio da técnica transportal. Um parafuso de interferência absorvível (BioScrew, Linvatec Corp., Largo, FL, Estados Unidos) que media 1mm a mais do que o diâmetro do túnel foi usado como dispositivo de fixação no lado tibial. Quaisquer lesões de menisco ou condrais associadas foram tratadas adequadamente, mas esses casos foram excluído do estudo. Após lavagem minuciosa da articulação do joelho, a ferida foi fechada, e uma joelheira ortopédica articulada foi aplicada. Após a R-LCA, todos os pacientes foram mandados para reabilitação conforme o grupo em que foram alocados.

Grupo RAP – Os pacientes fizeram exercícios de amplitude de movimento (ADM) em cadeia cinética fechada (CCF), e foram submetidos a mobilização com carga completa com a joelheira ortopédica articulada a partir do primeiro dia de pós-operatório, de acordo com a tolerância, e, depois, exercícios de ADM em cadeia cinética aberta (CCA) e caminhada com carga total sem joelheira após duas semanas. Em duas a dez semanas, os pacien-

tes geralmente seguiram um protocolo domiciliar (► Fig. 1). Após dez semanas, ambos os grupos seguiram o mesmo protocolo de reabilitação.

Grupo RCR – Os pacientes mantiveram a perna em uma joelheira ortopédica articulada e mobilização sem peso durante as duas primeiras semanas. Isso foi seguido de exercício de ADM em CCF com carga completa com a joelheira ortopédica articulada por até seis semanas; Exercícios de ADM em CCA e mobilização com carga total sem joelheira foram iniciados somente após seis semanas. De acordo com o cronograma do protocolo domiciliar (► Fig. 1), após dez semanas, ambos os grupos seguiram o mesmo protocolo de reabilitação.

10 a 14 semanas: exercícios do estágio III

- Corrida lenta para frente e para trás;
- Afundos e agachamentos;
- Placa deslizante;
- Subidas em escada;
- Programa aquático;
- Quadríceps isocinético progressivo;
- Fortalecimento progressivo do tendão.

14 a 18 semanas: Exercício estágio IV

- Corrida;
- Iniciar programa pliométrico e de fortalecimento;
- Quadríceps de teste Kim-com.

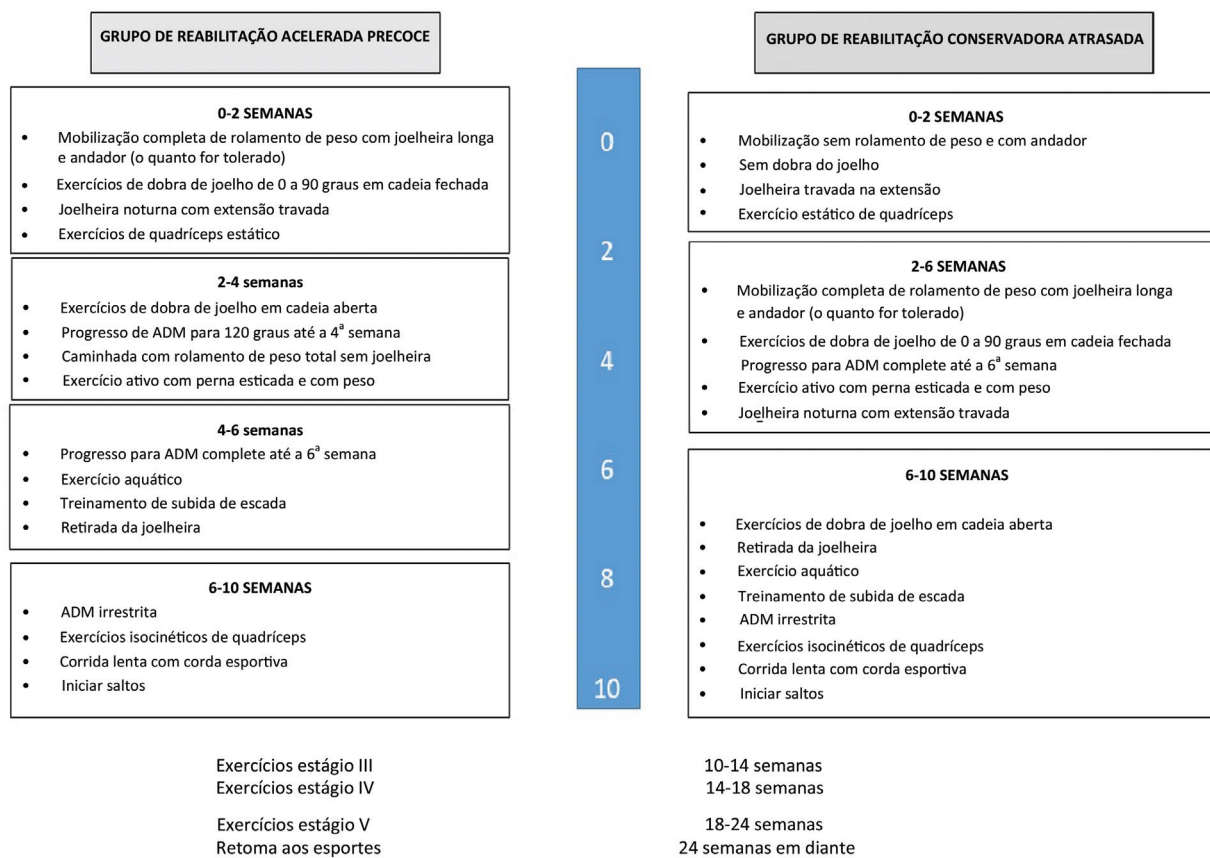


Fig. 1 Fluxograma dos protocolos seguidos por cada grupo de estudo.

18 a 24 semanas: exercícios do estágio V

- Treinamento de agilidade;
- corrida em forma de oito;
- Exercícios de repetição específicos de esportes, como em forma de oito e carioaca, sob a supervisão de um fisioterapeuta;
- Continuar com a boa forma física total do corpo.

*24 semanas em diante: retorno aos esportes***Medidas de desfecho**

As visitas de acompanhamento de todos os pacientes foram feitas em duas semanas, seis semanas, seis meses e um ano do pós-operatório. A remoção dos pontos foi feita na visita de duas semanas. Para realizar a análise estatística, medimos os desfechos dos dois grupos na visita de seguimento de um ano. O desfecho funcional foi averiguado por meio da escala do International Knee Documentation Committee (IKDC), e por avaliações da ADM e da frouxidão da articulação do joelho; a dor pós-operatória foi avaliada por meio da escala visual analógica (EVAV).

A pontuação na escala do IKDC é obtida adicionando-se as pontuações nos itens individuais e convertendo o número bruto em um número dimensionado que varia de 0 a 100. A pontuação final é avaliada como uma medida do estado funcional, e pontuações mais altas representam um nível funcional mais alto. Pontuações < 2 na EVA foram classificadas como dor leve; de 2 a 4, dor moderada; e > 4, dor grave. A frouxidão foi medida utilizando um artrômetro (KT1000, Medmetric Corp., San Diego, CA, Estados Unidos) e depois, comparada com o joelho oposto normal. Translação tibial anterior de 0 a 2 mm é considerada ausência de frouxidão; de 3 mm a 5 mm, frouxidão de grau I; de 6 mm a 10 mm, grau II; e > 10 mm, frouxidão de grau III. A ADM do joelho < 90° foi considerada baixa; de 90° a 120° graus, moderada; e > 120°, boa.

Análise Estatística

Um estatístico independente (CRM) fez a análise estatística usando o programa R (R Foundation for Statistical Computing, Viena, Áustria), versão 3.6.1. As variáveis categóricas foram expressas como percentuais, e as numéricas (não paramétricas), como medianas com intervalos interquartil (IIQs). O teste do qui-quadrado foi utilizado para análise bivariada entre as variáveis categóricas, ao passo que o teste da soma dos postos de Wilcoxon (não paramétrico) foi utilizado para as variáveis categóricas e numéricas.

Resultados

Foram selecionados 87 indivíduos, dos quais 1 não deu consentimento, e foi excluído. Os 86 sujeitos restantes foram divididos em 2 grupos (de 43 cada). Um paciente do grupo RAP foi perdido durante o seguimento, e dois pacientes tiveram ruptura de menisco associada; eles foram excluídos. Três pacientes do grupo RCR também tiveram ruptura de menisco associada, e, do mesmo modo, foram excluídos.

Assim, foram analisados 80 pacientes (40 pacientes em cada grupo), como mostra a ► **Figura 2**.

As características de referência dos participantes do estudo são comparáveis, como mostram as ► **Tabelas 1 e 2**. Observou-se uma melhora notável na pontuação da escala do IKDC em comparação com os valores pré-operatórios em ambos os grupos. No seguimento em um ano, a ADM e as pontuações na EVA e na escala do IKDC em ambos os grupos foram comparáveis, mas isso não foi estatisticamente significativo, como mostram a ► **Figura 3** e a ► **Tabela 3** ($p = 0,36$; $0,51$; e $0,91$, respectivamente). A frouxidão pós-operatória em um ano foi maior no grupo RAP em comparação com o grupo RCR ($p = 0,039$; ► **Tabela 3** e ► **Fig. 4**).

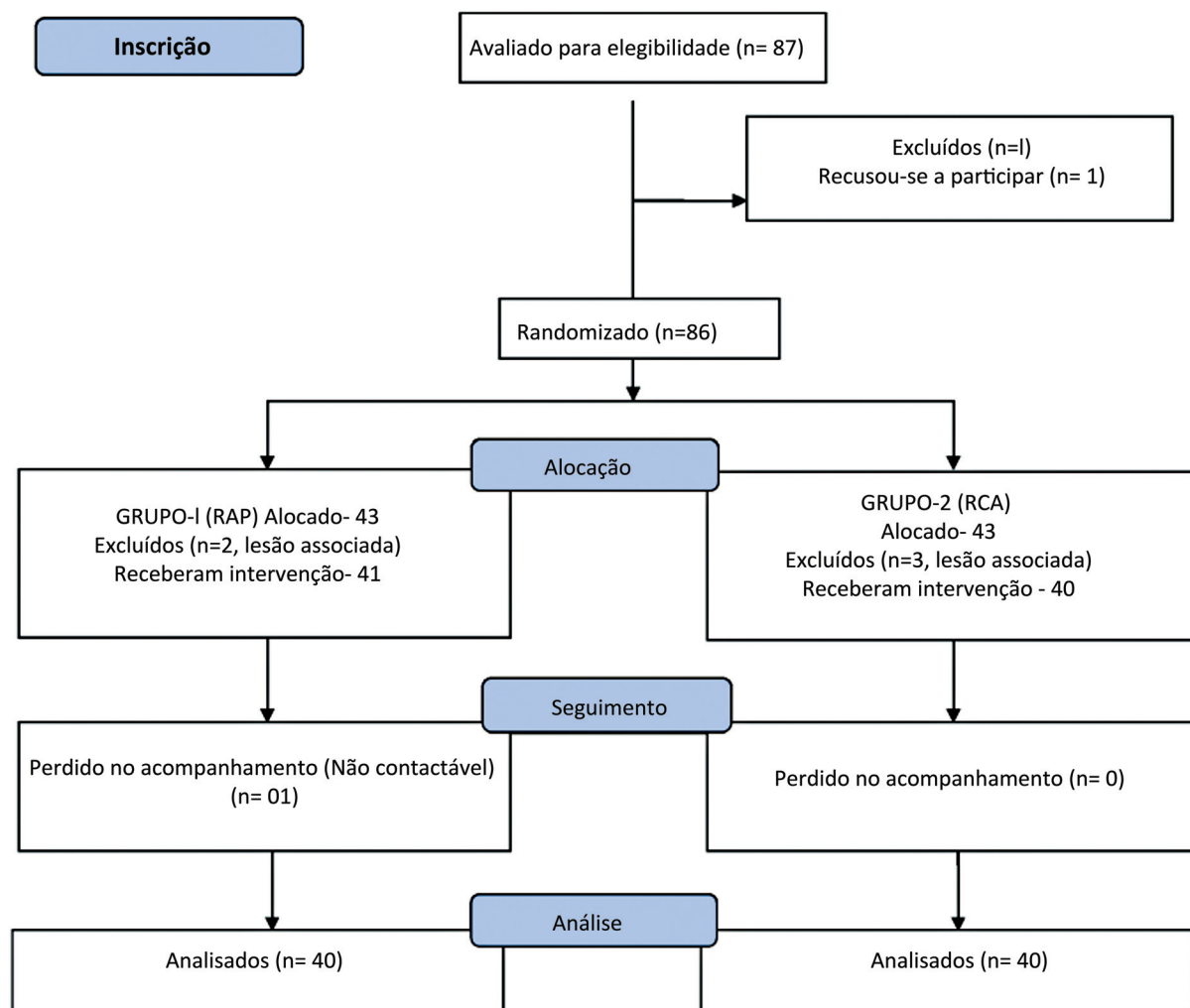
Houve três casos de infecção superficial de feridas em nossa série, um no grupo RAP e dois no grupo RCR. Todos responderam ao debridamento e curativos em série. Não houve casos de infecção profunda em nossa série.

Discussão

No pós-operatório em um ano, a frouxidão do joelho foi significativamente maior no grupo RAP do que no RCR, mesmo que a dor, a ADM e o desfecho funcional tenham permanecido os mesmos.

Christensen et al.¹⁰ não encontraram nenhuma diferença quanto à pontuação subjetiva da escala do IKDC, à frouxidão do joelho e à ADM entre seus dois grupos de estudo. O objetivo essencial do programa de reabilitação após a R-LCA deve ser restaurar toda a ADM do joelho.¹¹ Embora haja estudos suficientes publicados na literatura para que se chegue à conclusão de que a recuperação precoce da ADM é necessária para que se alcancem desfechos melhores após a R-LCA, ainda não se pode concluir que um protocolo de reabilitação acelerado contribui para que isso seja alcançado mais rapidamente.¹² No entanto, o presente estudo demonstra que há um maior risco potencial de frouxidão residual com o protocolo de RAP. Alguns autores^{13,14} mencionaram um aumento do diâmetro do túnel ósseo após o protocolo de RAP com enxerto do semitendinoso, mas sem qualquer evidência conclusiva sobre os desfechos anteroposterior e subjetivo.

De modo similar, Beynnon et al.¹⁵ concluíram que não há qualquer diferença significativa entre ambos os protocolos em termos de força muscular e frouxidão do joelho. Em contraste, registramos uma frouxidão anteroposterior substancial no pós-operatório em um ano no grupo RAP. A osseointegração ocorre inicialmente com tecido de interface fibrovascular entre osso e tendão e, posteriormente, o crescimento ósseo leva em torno de três a seis semanas.¹⁶ Isso pode ser afetado por exercícios em CCA, se forem iniciados cedo. Além disso, atividades como agachamento e se sentar de pernas cruzadas podem provocar distensão do LCA recém-reconstruído. Escamilla et al.¹⁷ descobriram que, no início do agachamento entre 0° e 60°, as forças de cisalhamento eram baixas e restritas principalmente pelo LCA. Com flexão quase máxima do joelho, as forças de cisalhamento também atingem o pico, exercendo muita tensão sobre o LCA novo.¹⁷



RAP- reabilitação acelerada precoce

RCA - reabilitação conservadora atrasada

Fig. 2 Diagrama de fluxo do Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT) que mostra a randomização e a alocação dos grupos.

Tabela 1 Características demográficas dos grupos de estudo

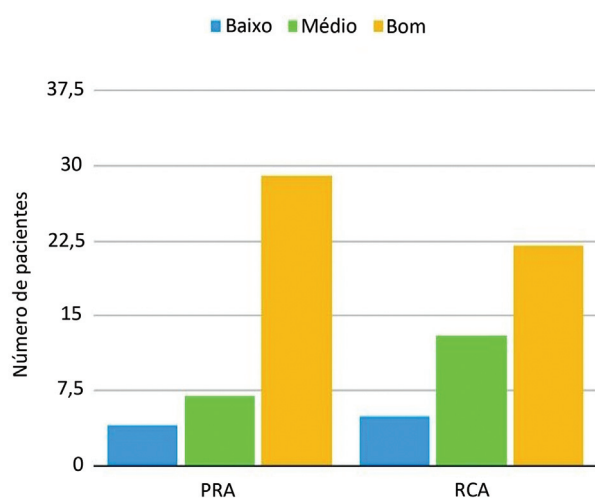
Características	Reabilitação precoce (n = 40)	Reabilitação retardada (n = 40)	Valor de p
Idade em anos: mediana (IIQ) [variação]	34 (28–39) [18–60]	33 (26–38) [18–60]	0,66
Gênero masculino: média (%)	37 (92,5%)	36 (90%)	0,99
Altura em cm: mediana (IIQ) [variação]	165,3 (159,1–172) [152–179,2]	164,8 (158,4–171,8) [151,9–179]	0,57
Peso em Kg: mediana (IIQ) [variação]	65 (58–70) [54,4–82]	65,6 (60,1–72,2) [53,4–82,6]	0,76
IMC em Kg/m ² : mediana (IIQ) [variação]	24 (22–27) [16–38]	26 (22,6–27,4) [15,8–29]	0,43

Abreviaturas: IIQ, intervalo interquartil; IMC, índice de massa corporal.

Tabela 2 Características pré-operatórias (de referência) dos grupos de estudo

Variáveis	Reabilitação precoce (n = 40)	Reabilitação retardada (n = 40)	Valor de p
Pontuação na escala do IKDC: mediana (IIQ)	49 (45–52,1)	48,2 (44,8–52,1)	0,75
Pontuação na Escala Visual Analógica: média (%)			0,78
Leve	34 (85%)	32 (80%)	
Moderada	6 (15%)	8 (20%)	
Grave	0	0	
Amplitude de movimento: média (%)			0,216
< 90° (baixa)	0	0	
90°-120° (média)	8 (20%)	15 (37,5%)	
> 120° (boa)	32 (80%)	25 (62,5%)	

Abreviaturas: IIQ, intervalo interquartil; IKDC, International Knee Documentation Committee (Comitê Internacional de Documentação do Joelho).



RAP- reabilitação acelerada precoce

RCA - reabilitação conservadora atrasada

Baixo < 90 graus Médio - 90-120 graus Bom > 120 graus

Fig. 3 Diagrama de barra que mostra a amplitude de movimento pós-operatória dos grupos.

Andersson et al.¹⁸ fizeram uma revisão sistemática de quatro estudos randomizados. Eles descobriram que, na R-LCA com enxerto OTPO, os exercícios em CCF resultam em menos dor, risco menor de aumento da frouxidão, e melhor função autorrelatada do joelho do que exercícios de quadríceps em CCA. Em contraste, um estudo recente¹⁹ não encontrou diferença entre os grupos. Glass et al.²⁰ também aconselharam a não fazer exercícios em CCA nas primeiras seis semanas. Todos esses estudos envolviam enxertos OTPO. Heijne et al.²¹ compararam os enxertos OTPO e isquiotibiais em exercícios em CCA precoces (4 semanas) e tardios (12 semanas), e observaram maior frouxidão no grupo de tendão isquiotibial. No presente estudo, os pacientes do grupo RCR fizeram exercícios em CCA retardados

(após seis semanas), e tiveram desfechos melhores em termos de frouxidão. Van Grinsven et al.²² fizeram uma revisão sistêmica e descobriram que um protocolo acelerado sem joelheira no pós-operatório não acarreta problemas de estabilidade, e oferece as vantagens de redução da dor, do inchaço e da inflamação, além de recuperação da ADM. Morrissey et al.²³ não observaram diferenças nas pontuações de dor na EVA dos grupos CCA e CCF. No presente estudo, as pontuações na EVA foram menores no grupo RAP, que fez exercícios em CCF, tanto em 3 quanto em 6 meses de pós-operatório. Kruse et al.²⁴ afirmaram novas investigações devem ser feitas para que se tirem conclusões sobre o protocolo de reabilitação.

Tyler et al.²⁵ compararam a aplicação de cargas conforme a tolerância com um atraso de duas semanas. Eles encontraram uma diferença estatisticamente significativa na dor na região anterior do joelho no grupo do atraso, e concluíram que a aplicação precoce de cargas não resultou em efeitos prejudiciais para a estabilidade ou função do peso precoce. Schenck et al.²⁶ compararam protocolos de reabilitação ambulatorial e domiciliar e descobriram que supervisão mínima durante a reabilitação pode ter resultados equivalentes após a R-LCA. Distribuímos aos nossos pacientes folhetos explicando os exercícios, e os deixamos livres para perguntar sobre quaisquer dificuldades que eles tivessem em qualquer dia além daqueles das visitas de seguimento.

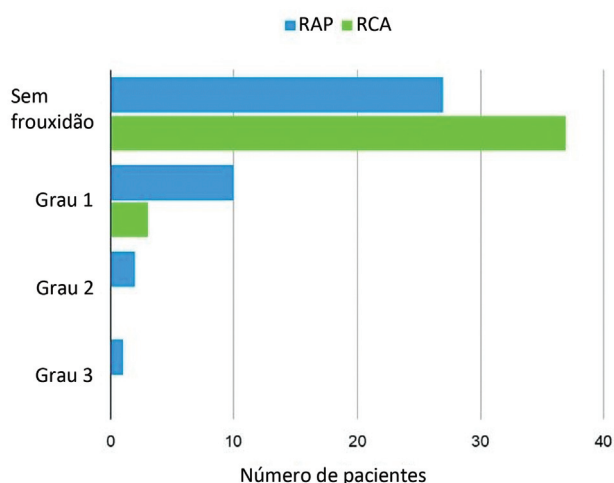
No presente estudo, a mediana da pontuação na escala do IKDC foi semelhante, de 89,5 em ambos os grupos após um ano, o que corrobora o estudo de Grindem et al.,²⁷ que constataram pontuações de 89/100 em dois anos de pós-operatório. No entanto, Hopper et al.²⁸ descobriram que as pontuações relativas ao joelho continuam a melhorar até seis anos após a cirurgia e somente atingem aproximadamente 86% de seu valor depois de um ano.

O ponto forte deste estudo é se trata do primeiro desse tipo com a população indiana. A limitação do estudo foi o seguimento curto, de um ano. Portanto, um estudo maior, multicêntrico, e de maior duração em nossa população pode ajudar a validar nossos achados.

Tabela 3 Características pós-operatórias (seguimento em um ano) dos grupos de estudo

Variáveis	Reabilitação precoce (n = 40)	Reabilitação retardada (n = 40)	Valor de p
Pontuação na escala do IKDC: mediana (IIQ)	89,5 (85,2–92,1)	89,6 (85,4–92,5)	0,91
Pontuação na Escala Visual Analógica: média (%)			0,51
Leve	38 (95%)	38 (95%)	
Moderada	1 (2,5%)	2 (5%)	
Grave	1 (2,5%)	0	
Amplitude de movimento: média (%)			0,36
< 90° (baixa)	4 (10%)	5 (12,5%)	
90°-120° (média)	7 (17,5%)	13 (32,5%)	
> 120° (boa)	29 (72,5%)	22 (55%)	
Pontuação de frouxidão: média (%)			0,039*
Sem frouxidão	27 (67,5%)	37 (92,5%)	
Grau 1	10 (25%)	3 (7,5%)	
Grau 2	2 (5%)	0	
Grau 3	1 (2,5%)	0	

Abreviaturas: IIQ, intervalo interquartil; IKDC, International Knee Documentation Committee (Comitê Internacional de Documentação do Joelho).
 Nota: *Estatisticamente significativo.



RAP- reabilitação acelerada precoce

RCA - reabilitação conservadora

Translação anterior da tibia 0-2 mm Grau 1- 3-5mm

Grau 2- 6-10mm Grau 3-> 10mm

Fig. 4 Diagrama de barra que mostra a frouxidão pós-operatória dos grupos.

Conclusão

O protocolo de RAP resulta em ADM, pontuações na escala do IKDC e alívio da dor pós-operatória similares em comparação com o protocolo de RCA. No entanto, no seguimento em um verificou-se frouxidão do joelho significativamente maior no grupo de RAP.

Suporte Financeiro

Os autores declaram que não receberam apoio financeiro de fontes públicas, comerciais ou sem fins lucrativos para a realização do presente estudo.

Conflito de Interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

- Muller B, Hofbauer M, Wongcharoenwatana J, Fu FH. Indications and contraindications for double-bundle ACL reconstruction. *Int Orthop* 2013;37(02):239-246
- Arliani GG, Pereira VL, Leão RG, Lara PS, Ejnisman B, Cohen M. Treatment of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Professional Soccer Players by Orthopedic Surgeons. *Rev Bras Ortop (Sao Paulo)* 2019;54(06):703-708
- Barber-Westin SD, Noyes FR. Factors used to determine return to unrestricted sports activities after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2011;27(12):1697-1705
- Arliani GG, Astur DdaC, Kanas M, Kaleka CC, Cohen M. Anterior cruciate ligament injury: treatment and rehabilitation. current perspectives and trends. *Rev Bras Ortop* 2015;47(02):191-196
- Stevanović V, Blagojević Z, Petković A, et al. Semitendinosus tendon regeneration after anterior cruciate ligament reconstruction: can we use it twice? *Int Orthop* 2013;37(12): 2475-2481
- Beynon BD, Uh BS, Johnson RJ, et al. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized, double-blind comparison of programs administered over 2 different time intervals. *Am J Sports Med* 2005;33(03): 347-359
- Reinhardt KR, Hetsroni I, Marx RG. Graft selection for anterior cruciate ligament reconstruction: a level I systematic review comparing failure rates and functional outcomes. *Orthop Clin North Am* 2010;41(02):249-262
- Holm I, Øiestad BE, Risberg MA, Aune AK. No difference in knee function or prevalence of osteoarthritis after reconstruction of the anterior cruciate ligament with 4-strand hamstring autograft

- versus patellar tendon-bone autograft: a randomized study with 10-year follow-up. *Am J Sports Med* 2010;38(03):448-454
- 9 Bynum EB, Barrack RL, Alexander AH. Open versus closed chain kinetic exercises after anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective randomized study. *Am J Sports Med* 1995;23(04):401-406
 - 10 Christensen JC, Goldfine LR, West HS. The effects of early aggressive rehabilitation on outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction using autologous hamstring tendon: a randomized clinical trial. *J Sport Rehabil* 2013;22(03):191-201
 - 11 Biggs A, Jenkins WL, Urch SE, Shelbourne KD. Rehabilitation for Patients Following ACL Reconstruction: A Knee Symmetry Model. *N Am J Sports Phys Ther* 2009;4(01):2-12
 - 12 Saka T. Principles of postoperative anterior cruciate ligament rehabilitation. *World J Orthop* 2014;5(04):450-459
 - 13 Vadalà A, Iorio R, De Carli A, et al. The effect of accelerated, brace free, rehabilitation on bone tunnel enlargement after ACL reconstruction using hamstring tendons: a CT study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2007;15(04):365-371
 - 14 Iorio R, Vadalà A, Argento G, Di Sanzo V, Ferretti A. Bone tunnel enlargement after ACL reconstruction using autologous hamstring tendons: a CT study. *Int Orthop* 2007;31(01):49-55
 - 15 Beynnon BD, Johnson RJ, Naud S, et al. Accelerated versus nonaccelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized, double-blind investigation evaluating knee joint laxity using roentgen stereophotogrammetric analysis. *Am J Sports Med* 2011;39(12):2536-2548
 - 16 Chen CH. Graft healing in anterior cruciate ligament reconstruction. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol* 2009;1(01):21
 - 17 Escamilla RF, Fleisig GS, Zheng N, et al. Effects of technique variations on knee biomechanics during the squat and leg press. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(09):1552-1566
 - 18 Andersson D, Samuelsson K, Karlsson J. Treatment of anterior cruciate ligament injuries with special reference to surgical technique and rehabilitation: an assessment of randomized controlled trials. *Arthroscopy* 2009;25(06):653-685
 - 19 Abdalla RJ, Monteiro DA, Dias L, Correia DM, Cohen M, Forgas A. Comparison between the results achieved in anterior cruciate ligament reconstruction with two kinds of autologous grafts: patellar tendon versus semitendinous and gracilis. *Rev Bras Ortop* 2015;44(03):204-207
 - 20 Glass R, Waddell J, Hoogenboom B. The Effects of Open versus Closed Kinetic Chain Exercises on Patients with ACL Deficient or Reconstructed Knees: A Systematic Review. *N Am J Sports Phys Ther* 2010;5(02):74-84
 - 21 Heijne A, Werner S. Early versus late start of open kinetic chain quadriceps exercises after ACL reconstruction with patellar tendon or hamstring grafts: a prospective randomized outcome study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2007;15(04):402-414
 - 22 van Grinsven S, van Cingel RE, Holla CJ, van Loon CJ. Evidence-based rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2010;18(08):1128-1144
 - 23 Morrissey MC, Hudson ZL, Drechsler WI, Coultts FJ, Knight PR, King JB. Effects of open versus closed kinetic chain training on knee laxity in the early period after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2000;8(06):343-348
 - 24 Kruse LM, Gray B, Wright RW. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *J Bone Joint Surg Am* 2012;94(19):1737-1748
 - 25 Tyler TF, McHugh MP, Gleim GW, Nicholas SJ. The effect of immediate weightbearing after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop Relat Res* 1998;(357):141-148
 - 26 Schenck RC Jr, Blaschak MJ, Lance ED, Turturro TC, Holmes CF. A prospective outcome study of rehabilitation programs and anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 1997;13(03):285-290
 - 27 Grindem H, Wellsandt E, Failla M, Snyder-Mackler L, Risberg MA. Anterior Cruciate Ligament Injury-Who Succeeds Without Reconstructive Surgery? The Delaware-Oslo ACL Cohort Study. *Orthop J Sports Med* 2018;6(05):2325967118774255
 - 28 Hooper DM, Morrissey MC, Drechsler W, Morrissey D, King J. Open and closed kinetic chain exercises in the early period after anterior cruciate ligament reconstruction. Improvements in level walking, stair ascent, and stair descent. *Am J Sports Med* 2001;29(02):167-174