

Situação: O preprint foi submetido para publicação em um periódico

## O risco de novas lesões, após reconstrução do ligamento cruzado anterior, pode ser diminuído com a adição do treinamento funcional

Julio Cesar Gali, Guilia Wendt Fadel, Marcos Felipe Marques, Tyago Araújo Almeida, Julio Cesar Gali Filho, Felipe Alexandre Separovic Faria

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.1521>

Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- O autor submissor declara que todos os autores responsáveis pela elaboração do manuscrito concordam com este depósito.
- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa estão descritas no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints.
- Os autores declaram que no caso deste manuscrito ter sido submetido previamente a um periódico e estando o mesmo em avaliação receberam consentimento do periódico para realizar o depósito no servidor SciELO Preprints.
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores estão incluídas no manuscrito.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que caso o manuscrito venha a ser postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo estará disponível sob licença [Creative Commons CC-BY](#).
- Caso o manuscrito esteja em processo de revisão e publicação por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.

Submetido em (AAAA-MM-DD): 2020-11-26

Postado em (AAAA-MM-DD): 2020-11-26

# O risco de novas lesões, após reconstrução do ligamento cruzado anterior, pode ser diminuído com a adição do treinamento funcional

## The new injuries' risk after anterior cruciate ligament reconstruction might be reduced with functional training addition

Julio Cesar Gali<sup>1,2</sup>

<https://orcid.org/0000-0003-2369-6322>

Guilia Wendt Fadel<sup>1,2</sup>

<https://orcid.org/0000-0001-8639-6883>

Marcos Felipe Marques<sup>3</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-0819-5725>

Tyago Araújo Almeida<sup>3</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-5998-8928>

Julio Cesar Gali Filho<sup>4</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-4960-9656>

Felipe Alexandre Separovic Faria<sup>4</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-0675-5768>

- 1- Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde de Sorocaba
- 2- Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
- 3- Hospital Santa Lucinda - Fundação São Paulo
- 4- Núcleo de Ortopedia e Traumatologia do Esporte

### **Autor Correspondência:**

Julio Cesar Gali: R. Caracas, 418. Sorocaba-SP. Brasil

CEP 18046-718 - E-mail: [jcgali@pucsp.br](mailto:jcgali@pucsp.br)

Os autores declaram não haver conflito de interesses neste artigo.

**Data de submissão: 13/07/2020**

**Data de aceite: 24/09/2020**

**RESUMO**

**Objetivo:** O objetivo do nosso estudo foi avaliar se o treinamento funcional pode reduzir o risco de nova lesão para pacientes que tiveram reconstrução do ligamento cruzado anterior (RLCA) por meio do Sistema de Pontuação do Functional Movement Screen (FMS). A hipótese testada foi de que nosso algoritmo de treinamento funcional pode diminuir o risco de nova lesão. **Métodos:** Nosso protocolo de treinamento consistiu em seis fases, cada uma com duração de seis semanas. Começou dois meses após a reconstrução do ligamento. O grupo de estudo foi composto por 10 indivíduos que completaram nosso protocolo proposto, após a RLCA. O grupo controle consistiu em 10 pessoas que tiveram permissão para retornar às atividades esportivas após concluir um protocolo regular de reabilitação da RLCA. O FMS foi utilizado para comparar o desempenho dos grupos controle e estudo. Pacientes com pontuação igual ou inferior a 14 no FMS foram considerados mais propensos a sofrer uma nova lesão do que aqueles com pontuação maior que quatorze. **Resultados:** A pontuação média, segundo o FMS, do grupo estudo foi de 16,6 e a do grupo controle, 12,3. O treinamento funcional para a reabilitação da RLCA adicionou um benefício estatisticamente significativo ( $p < 0,0002$ ) para diminuir o risco de nova lesão, em comparação com o protocolo regular de reabilitação. **Conclusão:** O treinamento funcional pode ser considerado mais uma estratégia a ser incluída na reabilitação regular da RLCA, com o objetivo de diminuir o risco de uma nova lesão, antes de retornar ao esporte. **Nível de Evidência:** II (Estudo terapêutico - Investigação dos resultados do tratamento)

**Palavras-chave :** Lesões do joelho; Ligamentos; Reabilitação; Treinamento neuromuscular

## **ABSTRACT**

**Purpose:** The goal of our study was to evaluate if functional training may lower a new injury risk for patients who had an anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR) through the Functional Movement Screen (FMS) Scoring System. The hypothesis tested was that our functional training algorithm might diminish this new injury risk. **Methods:** Our training protocol consisted of six phases, each one lasting six weeks. It began two months after ligament reconstruction. The study group was compounded of 10 individuals who had completed our proposed protocol after ACLR. The control group consisted of 10 people who were allowed to return to sports activities after completing a regular ACLR rehabilitation protocol. The FMS was used to compare the study and control group performance. Patients with a score of 14 or less on the FMS were considered more likely to suffer an injury than those with a score higher than fourteen.

**Results:** The average FMS score of the study group was 16.6 compared to the control group at 12.3. Functional training for ACLR rehabilitation added a statistically significant benefit ( $p < 0,0002$ ) to diminish the risk of new injury, compared to regular rehabilitation protocol.

**Conclusion:** Functional training can be considered another strategy to be included in the regular ACLR rehabilitation, aiming to reduce the risk of a new injury, before returning to sports. **Level of Evidence: II** (Therapeutic study - Investigation of treatment results)

**Key Words:** Knee Injuries; Ligaments; Rehabilitation; Neuromuscular training

## **INTRODUÇÃO**

Nos Estados Unidos da América, aproximadamente 90% dos pacientes submetidos a uma lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) tiveram seu ligamento reconstruído.<sup>1</sup> Após a cirurgia, programas específicos de reabilitação são utilizados para restabelecer o movimento articular, melhorar a força e o condicionamento muscular, e proporcionar um retorno seguro à participação esportiva. No entanto, a reabilitação padrão da reconstrução do ligamento cruzado anterior (RLCA) não é uma garantia para o retorno aos esportes no nível de atividade prévio e à participação contínua no esporte desejado.<sup>2</sup>

Após uma lesão do LCA, a propriocepção e o controle neuromuscular do joelho são prejudicados e essa deficiência pode persistir subsequentemente à reconstrução e reabilitação cirúrgica.<sup>3</sup> Por outro lado, o controle neuromuscular inadequado pode ser um risco tanto para a primeira lesão do LCA<sup>4,5</sup> quanto para instabilidades recidivantes.<sup>6</sup>

O programa de treinamento neuromuscular tem sido utilizado para prevenir lesões do LCA em atletas femininas<sup>7-9</sup> e também para evitar lesões em adolescentes e adultos.<sup>10</sup> Risberg & Holm sugeriram que o treinamento neuromuscular deveria fazer parte do programa de reabilitação, após a RLCA<sup>11</sup>. Wiggins et al., em uma revisão sistemática e meta-análise, propuseram que o treinamento neuromuscular pode ajudar atletas com menos de 25 anos a retornar com mais segurança ao esporte e reduzir o risco de uma segunda lesão.<sup>12</sup> Já Huang et al., em revisão sistemática de ensaios clínicos randomizados, reportaram que um programa de prevenção de lesões do LCA teve um significativo efeito positivo e reduziu em 53% a taxa de lesões.<sup>13</sup>

A avaliação da cadeia cinética fechada tem sido usada para testar a força e a capacidade dos pacientes para avançar para um nível funcional mais complexo.<sup>14</sup> Testes funcionais, como o salto de uma só perna e o salto vertical, são geralmente usados para determinar a função do joelho após sua reconstrução ligamentar.<sup>15,16</sup> No entanto, falta um método de avaliação objetivo e aceito para determinar como um atleta se desenvolverá na fase final da reabilitação e se terá um retorno seguro aos esportes.<sup>17</sup>

Recentemente, um escore  $\leq 14$  medido pelo Functional Movement Screen (FMS) foi considerado um fator de risco detectável para lesões em jogadores de futebol profissionais.<sup>18</sup> Usando o escore FMS, Boyle et al. descobriram que adolescentes corriam um risco aumentado de lesão nos membros inferiores após 9 meses de RLCA.<sup>19</sup>

No entanto, não existe uma maneira concreta de avaliar o controle neuromuscular em indivíduos cujo LCA foi reconstruído. O objetivo do nosso estudo foi avaliar se nosso algoritmo de treinamento funcional pode diminuir a avaliação do risco de uma nova lesão em pacientes que tiveram RLCA, usando o sistema de pontuação da FMS.

## **MÉTODOS**

O consentimento informado foi obtido de todos os pacientes participantes do estudo e este foi aprovado pelo Comitê de Ética da nossa instituição sob o número CAAE: 32800116.0.0000.5373. Foram considerados critérios de inclusão pacientes que tiveram RLCA anatômica primária unilateral com enxerto de tendões dos isquiotibiais para tratamento de lesões crônicas e, de exclusão, pacientes com lesão aguda, reconstruções com outro tipo de enxerto que não os isquiotibiais, revisão ou reconstrução de outro ligamento associada à RLCA e portadores de lesões bilaterais.

Nenhum paciente era atleta profissional, mas todos possuíam 50 horas ou mais de atividades esportivas por ano, no mínimo.

O apoio imediato total do peso corpóreo, com muletas, e a amplitude de movimento completa foi permitido para todos os pacientes, desde o primeiro dia de pós-operatório. Nenhuma imobilização foi usada. As muletas foram removidas após sete dias, desde que não houvesse claudicação.

Depois disso os pacientes foram divididos em dois grupos, estudo e controle. O grupo estudo foi composto por 10 indivíduos que completaram o protocolo de treinamento funcional proposto, após dois meses de reabilitação fisioterápica. Nesse grupo, haviam oito homens e duas mulheres, cujas idades variaram de 25 a 53 anos, com média de 37,5 anos. Seis dos joelhos tratados eram direitos e quatro, esquerdos.

O protocolo consistiu em um período de treinamento de 36 semanas, começando logo após o período de reabilitação. Essa prática foi dividida em seis fases de seis semanas cada uma, e os exercícios foram realizados três vezes por semana. Foi baseada em exercícios de estabilidade central (musculatura paravertebral, abdominal e quadris), correção de assimetrias nos membros inferiores e de deficits neuromusculares, a fim de melhorar o controle neuromuscular e minimizar o risco de futuras lesões (Apêndice 1).

O grupo controle também consistiu de 10 pessoas, nove homens e uma mulher, que fizeram dois meses de fisioterapia e um protocolo regular de reabilitação da RLCA, incluindo fortalecimento muscular, resistência, propriocepção, pliometria e treinamento específico, por seis meses.<sup>20</sup> A idade desses pacientes variou de 19 a 46 anos, com média de 32,1 anos. Havia cinco joelhos direitos e cinco esquerdos, neste grupo.

Ambos os grupos apresentaram amplitude de movimento, estabilidade articular e trofismo dos músculos da coxa comparáveis. O FMS foi utilizado para confrontar o desempenho dos dois grupos. O grupo de estudo foi avaliado logo após as 36 semanas de treinamento funcional e o grupo controle foi avaliado imediatamente após a reabilitação padrão da RLCA. O FMS analisa a qualidade de sete padrões fundamentais de movimentos, aplicados para verificar a mobilidade, estabilidade, controle neuromuscular e motor, a fim de diagnosticar limitações e/ou assimetrias (Figura 1). Pacientes com pontuação igual ou inferior a 14, no FMS, foram considerados mais propensos a sofrer uma nova lesão do que aqueles com maior pontuação.<sup>21,22</sup> Todos os testes foram realizados por um educador físico experiente e judicioso.



Figura. 1: Sete testes do Functional Movement Screen

### Análise Estatística

O teste de Mann-Whitney e o teste exato de Fisher foram utilizados para comparar a pontuação do FMS, idade, sexo e lado afetado dos dois grupos. O nível de significância ( $\alpha$ ) estabelecido foi de 0,05 ou 5%.

**RESULTADOS**

Não houve correlação estatística significativa entre idade, sexo, lado envolvido e escore do FMS. A pontuação média do FMS do grupo de estudo foi de 16,6, a do grupo controle, 12,3. Os dados demográficos e a pontuação FMS estão relacionados nas Tabelas 1 e 2.

Paciente	Idade	Sexo	Lado	Escore
1	27	M	D	18
2	43	M	D	14
3	37	M	E	16
4	32	F	D	19
5	53	M	D	16
6	34	M	E	16
7	25	F	D	18
8	42	M	D	16
9	45	M	E	15
10	37	F	E	18
	37,5			16,6

Tabela 1: Idade, Gênero, Lado e Escore da FMS dos Pacientes do Grupo de Estudo

Paciente	Idade	Sexo	Lado	Escore
1	38	M	E	13
2	31	M	D	12
3	19	M	D	14
4	26	M	D	13
5	45	M	E	12
6	34	M	E	12
7	46	F	D	11
8	19	M	E	12
9	23	M	E	13
10	40	M	D	11
	32,1			12,3

Tabela 2: Idade, Gênero, Lado e Escore da FMS dos Pacientes do Grupo Controle

De acordo com o escore da FMS, o treinamento funcional para reabilitação de joelhos com RLCA adicionou um benefício estatisticamente significativo ( $p < 0,0002$ ) para diminuir o risco de nova lesão, em comparação com o protocolo de reabilitação regular.

## **DISCUSSÃO**

Os resultados de nosso estudo sugerem que o treinamento funcional pode ser recomendado para os programas de reabilitação da RLCA. Literalmente, funcional significa descrito a partir da concepção requerida; então podemos dizer que esse exercício foi especialmente planejado para a reabilitação da RLCA. O treinamento funcional combina controle neuromuscular, mobilidade e estabilidade articular, estabilidade central, alinhamento do tronco e articulações dos membros inferiores. Ageberg & Roos definiram controle neuromuscular (controle sensório-motor) como a capacidade de produzir movimento controlado através da atividade muscular coordenada.<sup>23</sup>

A estabilidade central busca o fortalecimento da musculatura abdominal, paravertebral e glútea, a fim de produzir estabilidade máxima no abdômen e na coluna. Pode ser definida como a capacidade do complexo lombopélvico-quadril de impedir a flambagem da coluna vertebral e devolvê-la ao equilíbrio após perturbação.<sup>24</sup> Ela fornece uma base estável para o movimento das extremidades e seu treinamento utiliza os músculos centrais em tarefas diárias e atividades específicas do esporte.<sup>25</sup> Além disso, a fadiga muscular altera o controle neuromuscular, diminui a força da musculatura central e a capacidade de propriocepção, podendo aumentar o risco de lesões sem contato do LCA.<sup>26</sup>

Diferentemente dos programas tradicionais de fortalecimento muscular, várias articulações e músculos são exercitados nos três planos de movimento durante o treinamento funcional, desafiando simultaneamente o cérebro e o corpo. De fato, são necessários programas de intervenção que visem múltiplos planos de carga para reduzir efetivamente o risco de lesão do LCA.<sup>27</sup>

Em nosso protocolo, os músculos agonistas e antagonistas são co-ativados para manter o equilíbrio dos segmentos sob tensão, em situações estáticas e dinâmicas. O treinamento funcional também pode fornecer força muscular, potência e resistência. Nesse tipo de prática, a eficiência e a qualidade dos movimentos são obrigatórias. Os padrões compensatórios dos pacientes também podem ser avaliados, e a supervisão contínua pode fornecer eventuais ajustes para a melhoria da função. Em nossa opinião, enquanto programas regulares de força muscular normalmente trabalham nos planos sagital ou coronal, o treinamento funcional também atua no plano transversal, onde geralmente ocorrem lesões do LCA.

Até onde sabemos, este é o primeiro estudo que avaliou a resposta do treinamento funcional em indivíduos com RLCA por meio do Sistema de Pontuação FMS. Um dos objetivos de nosso protocolo foi atuar na prevenção dos mecanismos da lesão sem contato do LCA (adução e rotação interna do quadril, valgo do joelho, rotação externa e translação anterior da tíbia e eversão do tornozelo).<sup>28,29</sup> Mais recentemente, Kiapour et al., usando um modelo cadavérico de aterrissagem, propôs que o colapso em valgo do joelho é um dos principais mecanismos de lesões do LCA sem contato, durante quedas.<sup>27</sup>

Com exercícios do treinamento, o protocolo proposto procurou trabalhar o equilíbrio entre rotadores externos e internos do quadril, flexores e extensores do

joelho e inversores e eversores do tornozelo, para obter estabilização dinâmica do joelho. Dessa forma, a dominância do quadríceps, que poderia causar um aumento do nível de tensão no LCA e torná-lo mais suscetível a lesões<sup>30</sup>, foi corrigida pelo treinamento neuromuscular dinâmico.<sup>31</sup>

O escore FMS foi escolhido para avaliar os grupos de estudo e controle, porque analisa todo o corpo trabalhando em conjunto. O exame ajuda a identificar deficits de mobilidade, estabilidade e coordenação neuromuscular. Para concluir com sucesso os sete padrões fundamentais de movimento, é necessário força muscular, flexibilidade, amplitude de movimento, coordenação, equilíbrio e propriocepção.<sup>18</sup>

Kiesel et al. sugeriram que uma pontuação baixa no FMS é um fator de risco comprovado para lesões em jogadores profissionais de futebol,<sup>18</sup> enquanto que Bushman et al. consideraram que, embora o baixo desempenho da FMS estivesse associado a um maior risco de lesões, apresentou baixa sensibilidade e baixo valor preditivo positivo para soldados homens fisicamente ativos.<sup>32</sup> Mais recentemente, Bonazza et al. com base nos resultados de uma revisão sistemática e meta-análise, relatou que o FMS possui excelente confiabilidade inter e intra examinadores. Eles concluíram que as pessoas que tiveram escore  $\leq 14$  no escore FMS têm mais que o dobro de chances de sofrer uma lesão musculoesquelética do que aquelas com escore  $\geq 14$ .<sup>33</sup>

Nossa pesquisa demonstrou que o treinamento funcional após RLCA diminuiu a probabilidade do risco de novas lesões quando comparado ao protocolo de reabilitação regular, de acordo com o sistema de pontuação do FMS. Portanto, o treinamento funcional sugerido pode ser uma nova ferramenta para corroborar na promoção de um retorno seguro às atividades esportivas após a RLCA. Para a redução do um risco de nova lesão do LCA, os pacientes devem continuar treinando pelo menos

duas vezes por semana e um acompanhamento mais longo é obrigatório. Estudos de coorte multicêntricos são necessários para endossar a eficiência do protocolo proposto na prevenção de novas lesões do LCA, após a reabilitação.

Este estudo tem algumas limitações. A principal limitação é o pequeno número de participantes em cada grupo e, esse número, não foi baseado no cálculo do tamanho da amostra. Como o treinamento é exigente e demorado, muitos pacientes não tiveram a persistência de concluí-lo completamente. De fato, Slauterbeck et al. reportaram que, segundo os treinadores, a obediência à um programa de prevenção de lesões com frequência mínima de duas por semana é baixo.<sup>34</sup> A segunda limitação é o pequeno número de mulheres, duas no grupo de intervenções e uma no grupo controle, justamente porque a incidência de lesões do LCA e o risco de nova lesão são maiores nesse gênero. Por outro lado, nosso objetivo era avaliar o novo risco de nova lesão para pacientes que tiveram RLCA usando o sistema de pontuação da FMS. Além do mais, na população em geral, o número de homens que sofrem lesão do LCA é maior que no sexo feminino.

Outra limitação foi que os testes foram realizados por apenas uma pessoa, o que podem aumentar a chance de influência subjetiva. No entanto, Bonazza et al.<sup>33</sup>, assim como Teyhen et al.<sup>35</sup>, relataram que o sistema de pontuação da FMS mostrou confiabilidade moderada a boa interavaliadores, com níveis aceitáveis de erro de medição, como mencionado acima.<sup>33</sup> Finalmente, outros testes não foram realizados, incluindo o salto de apenas uma perna, o salto vertical e teste isocinético.

## **CONCLUSÃO**

O treinamento funcional pode ser incluído na reabilitação regular da RLCA, com o objetivo de diminuir o risco de uma nova lesão, antes do retorno à prática desportiva.

## **REFERÊNCIAS**

1. Linko E, Harilainen A, Malmivaara A, Seitsalo S. Surgical versus conservative interventions for anterior cruciate ligament ruptures in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2005; 18(2) : CD001356.
2. Hewett TE, Di Stasi SL, Myer GD. Current Concepts for Injury Prevention in Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med.* 2013;41(1):216-24.
3. Hewett TE, Paterno MV, Myer GD. Strategies for enhancing proprioception and neuromuscular control of the knee. *Clin Orthop Relat Res.* 2002;(402):76-94.
4. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS Jr, Colosimo AJ, McLean SG, van den Bogert AJ, Paterno MV, Succop P. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med.* 2005;33(4):492-501.
5. Myer GD, Martin L Jr, Ford KR, Paterno MV, Schmitt LC, Heidt RS Jr, Colosimo A, Hewett TE. No association of time from surgery with functional deficits in athletes after anterior cruciate ligament reconstruction: evidence for objective return-to-sport criteria. *Am J Sports Med.* 2012;40(10):2256-63.
6. Paterno MV, Schmitt LC, Ford KR, Rauh MJ, Myer GD, Huang B, Hewett TE. Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior

cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. *Am J Sports Med.* 2010;38(10):1968-78.

7. Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS, Knarr JF, Thomas SD, Griffin LY, Kirkendall DT, Garrett W Jr. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *Am J Sports Med.* 2005;33(7):1003-10.

8. Hewett TE, Ford KR, Myer GD. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 2, a meta-analysis of neuromuscular interventions aimed at injury prevention. *Am J Sports Med.* 2006;34(3):490-8.

9. Wingfield K. Neuromuscular training to prevent knee injuries in adolescent female soccer players. *Clin J Sport Med.* 2013;23(5):407-8.

10. Gagnier JJ, Morgenstern H, Chess L. Interventions designed to prevent anterior cruciate ligament injuries in adolescents and adults: a systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2013;41(8):1952-62.

11. Risberg MA, Holm I. The long-term effect of 2 postoperative rehabilitation programs after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled clinical trial with 2 years of follow-up. *Am J Sports Med.* 2009;37(10):1958-66.

12. Wiggins AJ, Grandhi RK, Schneider DK, Stanfield D, Webster KE, Myer GD. Risk of Secondary Injury in Younger Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2016;44(7):1861-76.

13. Huang YL, Jung J, Mulligan CMS, Oh J, Norcross MF. A Majority of Anterior Cruciate Ligament Injuries Can Be Prevented by Injury Prevention Programs: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials and Cluster-Randomized Controlled Trials With Meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2020;48(6):1505-15.

14. Anderson MA, Gieck JH, Perrin DH, Weltman A, Rutt RA, Denegar CR. The Relationships among Isometric, Isotonic, and Isokinetic Concentric and Eccentric Quadriceps and Hamstring Force and Three Components of Athletic Performance. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1991;14(3):114-20.
15. Reid A, Birmingham TB, Stratford PW, Alcock GK, Giffin JR. Hop testing provides a reliable and valid outcome measure during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther.* 2007;87(3):337-49.
16. Paterno MV, Ford KR, Myer GD, Heyl R, Hewett TE. Limb asymmetries in landing and jumping 2 years following anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin J Sport Med.* 2007;17(4):258-62.
17. Myer GD, Paterno MV, Ford KR, Hewett TE. Neuromuscular training techniques to target deficits before return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Strength Cond Res.* 2008;22(3):987-1014.
18. Kiesel K, Plisky PJ, Voight ML. Can Serious Injury in Professional Football be Predicted by a Preseason Functional Movement Screen? *N Am J Sports Phys Ther.* 2007;2(3):147-58.
19. Boyle MJ, Butler RJ, Queen RM. Functional Movement Competency and Dynamic Balance After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Adolescent Patients. *J Pediatr Orthop.* 2016;36(1):36-41.
20. Gali JC, Camanho GL. *Rev. Bras. Ortop* 1998; 33(8): 645-50.
21. Cook G, Burton L, Hoogenboom BJ, Voight M. Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function - part 1. *Int J Sports Phys Ther.* 2014; 9(3):396-409.

22. Cook G, Burton L, Hoogenboom BJ, Voight M. Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function-part 2. *Int J Sports Phys Ther.* 2014; 9(4):549-63.
23. Ageberg E, Roos EM. Neuromuscular Exercise as Treatment of Degenerative Knee Disease. *Exerc Sport Sci Rev.* 2015;43(1):14-22.
24. Pope MH, Panjabi M: Biomechanical definitions of spinal instability. *Spine* 1985;10:255-6.
25. Willson JD, Dougherty CP, Ireland ML, Davis IM. Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *J Am Acad Orthop Surg.* 2005;13(5):316-25.
26. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, Cugat R. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009;17(7):705-29.
27. Kiapour AM, Demetropoulos CK, Kiapour A, Quatman CE, Wordeman SC, Goel VK, Hewett TE. Strain Response of the Anterior Cruciate Ligament to Uniplanar and Multiplanar Loads During Simulated Landings: Implications for Injury Mechanism. *Am J Sports Med.* 2016;44(8):2087-96.
28. Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Bahr R. Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. *Am J Sports Med.* 2004;32(4):1002-12.
29. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 1, mechanisms and risk factors. *Am J Sports Med.* 2006;34(2):299-311.

30. Renström P, Arms SW, Stanwyck TS, Johnson RJ, Pope MH. Strain within the anterior cruciate ligament during hamstring and quadriceps activity. *Am J Sports Med.* 1986;14(1):83-7.
31. Hewett TE, Johnson DL. ACL prevention programs: fact or fiction? *Orthopedics.* 2010;33(1):36-9.
32. Bushman TT, Grier TL, Canham-Chervak M, Anderson MK, North WJ, Jones BH. The Functional Movement Screen and Injury Risk: Association and Predictive Value in Active Men. *Am J Sports Med.* 2016;44(2):297-304.
33. Bonazza NA, Smuin D, Onks CA, Silvis ML, Dhawan A. Reliability, Validity, and Injury Predictive Value of the Functional Movement Screen. *Am J Sports Med.* 2017;45(3):725-
34. Slauterbeck JR, Choquette R, Tourville TW, Krug M, Mandelbaum BR, Vacek P, Beynon BD. Implementation of the FIFA 11+ Injury Prevention Program by High School Athletic Teams Did Not Reduce Lower Extremity Injuries: A Cluster Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med.* 2019;47(12):2844-52.
35. Teyhen DS, Shaffer SW, Lorenson CL, Halfpap JP, Donofry DF, Walker MJ, Dugan JL, Childs JD. The Functional Movement Screen: a reliability study. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012;42(6):530-40.

**Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento deste artigo.**

Gali JC: redação, realização de cirurgias e aprovação final da versão do manuscrito a ser publicado; Fadel GW: aquisição dos dados para o trabalho e revisão crítica do seu conteúdo intelectual; Marques MF : aquisição dos dados para o trabalho e realização de

*Revista Acta Ortopédica Brasileira*

cirurgias; Almeida TA : aquisição dos dados para o trabalho e realização de cirurgias; Gali Filho JC: contribuição substancial na concepção do trabalho e aprovação final da versão do manuscrito a ser publicado; Faria FAS : análise ou interpretação dos dados e revisão crítica do seu conteúdo intelectual.

## **Apêndice 1:**

### **Protocolo do Treinamento Funcional**

#### **Fase I : Semana 1 a 6**

**Metas :**

- Restabelecer padrões fundamentais de movimento
- Estabelecer o domínio do quadril e do joelho
- Adequar padrões de movimento para atividades físicas

#### **Fase II : Semana 7 a 12**

**Metas :**

- Enfatizar exercícios unilaterais
- Minimizar as assimetrias dos membros e deficits gerais (força, estabilidade/mobilidade articular e controle neuromuscular)

#### **Fase III : Semana 13 a 18**

**Metas :**

- Propiciar maior amplitude de movimento, controle e percepção em várias posições

- Ponte: 20 seg / 8 repetições
- Prancha: 30 seg
- Agachamento educativo: Minibanda média / bola medicinal de 3 kg / 10 repetições
- Ativação do arco plantar + deslocamento lateral: Minibanda média / 4 m
- Investida educativa: Bastão/ 8 repetições
- Ativação perna raiz: 10 repetições
- Adução com banda: Banda leve / 10 repetições
- Levantamento terra educativo: Bastão / 10 repetições
- Investida lateral: Bola medicinal de 3 kg / 8 repetições
- Mobilidade do tornozelo com flexão do joelho: 10 repetições

- Ponte TRX: 20 seg / 6 repetições
- Prancha TRX: 30 seg
- Agachamento unilateral: bola medicinal de 2 kg / 6 repetições
- Mobilidade quadril rotacional unilateral com bastão: 4 repetições
- Levantamento terra educativo unilateral: Bastão / 6 repetições
- Deslocamento lateral: super banda / 4m
- Ativação da perna raiz com banda leve / 10 repetições
- Agachamento búlgaro: bola medicinal de 3 kg / 8 repetições
- Corda: 30 seg
- Pliometria unilateral: caixa de 20 cm / 6 repetições
- Pullover com bola: 6 repetições

- Ponte na bola: 20 seg / 6 repetições
- Prancha na bola: 30 seg
- Subida em caixa: bastão / 8 repetições
- Bastão e caixa para mobilidade do quadril, semiajoelhado: 20 seg / 5 repetições
- Levantamento terra: 10kg / 10 repetições
- Mobilidade Rotacional quadril unilateral TRX: 6 repetições
- Deslocamento frontal com minibanda média: 4 metros
- Levantamento terra unilateral com Kettlebell: 4kg / 6 repetições
- Antirrotacional semiajoelhado com banda: 6 repetições
- Prancha lateral: 20 seg
- Slide: 1 min
- Investida lateral com rotação externa: bastão / 6 repetições
- Circuito pliométrico com minibanda média: 8 repetições
- Agilidade One in/joelho baixo: 3 passadas
- Agilidade One in/joelho baixo: 3 passadas

- Corrida em esteira: 20 min / Leve : 50-60% da frequência cardíaca máxima

<b>Fase IV : Semana 19 a 24</b>	<b>Fase V : Semana 25 a 30</b>	<b>Fase VI : Semana 31 a 36</b>
<p>Metas :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Capacidade de gerar potência através de um movimento altamente coordenado e eficiente entre os segmentos do corpo</li></ul>	<p>Metas :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Manutenção na capacidade de gerar potência através de movimentos altamente coordenados</li><li>➤ Oferecer condições para o treino e desenvolvimento de habilidades específicas</li></ul>	<p>Metas :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Manutenção nas capacidades físicas já adquiridas</li><li>➤ Oferecer ótimas condições para o treino e desenvolvimento de habilidades específicas sem desperdício de energia</li></ul>

- |                                                               |                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - Ponte Slide: 20 seg / 6 repetições                          | - Ponte TRX: 20 seg/ 6 repetições                                       | - Investida Transversa Unilateral TRX: 10 repetições                                                                                                                                                                                           |
| - Prancha Slide: 30 seg / 6 repetições                        | - Prancha unilateral TRX: 20 seg                                        | - Deslocamento lateral agachado SuperBand : 4m/<br>Superband Média                                                                                                                                                                             |
| - Agachamento Pliométrico: 5kg / 10 repetições                | - Investida unilateral TRX: 10 repetições                               | - Investida deslocamento frontal e reverso: 6kg/6<br>repetições                                                                                                                                                                                |
| - Prancha de equilíbrio: 45 seg                               | - Mobilidade quadril rotacional bastão instável: 5<br>repetições        | - Adução Slide: 8 repetições / Bola medicina de 3 Kg                                                                                                                                                                                           |
| - Ativação quadril unilateral na caixa: 20 seg                | - Sled: 6x10 metros/ 50kg                                               | - Prancha Lateral com Flexão do Quadril TRX: 6<br>repetições                                                                                                                                                                                   |
| - Deslocamento lateral miniband forte / 4m                    | - Prancha lateral com rotação TRX: 20 seg/4<br>repetições               | - Levantamento Peso Olímpico: 10 repetições / 5kg                                                                                                                                                                                              |
| - Swing Kettlebell: 10kg /10 repetições                       | - Pullover Roller: 6 repetições                                         | - Pullover baixo TRX: 6 repetições                                                                                                                                                                                                             |
| - Flexão quadril e joelho alternado na TRX: 10<br>repetições  | - Levantamento de Peso Olímpico: 6 repetições 5kg/<br>3 repetições 10kg | - Pliometria Sequencial em Flexão Total: 10x / 40 cm                                                                                                                                                                                           |
| - Pliometria sequencial baixa: 5 repetições / 30-<br>35-40 cm | - Deslocamento lateral + agachamento SuperBand:<br>4m/ SuperBand Média  | - Educativo/Corrida<br>- Corrida lateral com mudança de direção: 3x 30<br>m<br>- Corrida frente/costas: 3x30 m<br>- Corrida com giro 360°: 3x30 m<br>- Corrida diagonal com giro: 3x10 m<br>- Corrida campo: 30 min /Moderado 60-75% FC<br>Max |
| - Agility One in/ joelho alto: 3 passagens                    | - Pliometria lateral SuperBand: 8x cada lado/<br>SuperBand Média        |                                                                                                                                                                                                                                                |
| - Agility Two in/ joelho alto: 3 passagens                    | - Agility Full Carioca: 3 passagens                                     |                                                                                                                                                                                                                                                |
| - Agility Half Carioca: 3 passagens                           | - Agility Slalon Jump: 3 passagens                                      |                                                                                                                                                                                                                                                |
| - Corrida Esteira: 30 min/ Leve 50-60% FC Máx                 | - Agility Two in Lateral: 3 passagens                                   |                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                               | - Agility Cruzado two in: 3 passagens                                   |                                                                                                                                                                                                                                                |

- Agility cruzado finta: 3 passagens
- Educativo/ Corrida Hopserlauf: 2x20m
- Educativo/ Corrida Hopserlauf Kick: 2x20m
- Educativo/ Corrida Corrida Lateral: 2x20m

