

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
Programa de Pós-Graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional
Káren Marina Alves Diniz

**INFLUÊNCIA DO ALINHAMENTO PERNA-ANTEPÉ E DE FATORES DA
ARTICULAÇÃO DO QUADRIL NA CINEMÁTICA DO JOELHO NO PLANO
FRONTAL DURANTE O AGACHAMENTO UNIPODAL**

Diamantina

2017

Káren Marina Alves Diniz

**INFLUÊNCIA DO ALINHAMENTO PERNA-ANTEPÉ E DE FATORES DA
ARTICULAÇÃO DO QUADRIL NA CINEMÁTICA DO JOELHO NO PLANO
FRONTAL DURANTE O AGACHAMENTO UNIPODAL**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Luciana De Michelis
Mendonça

Co-orientador: Prof. Dr. Renan Alves
Resende

Diamantina

2017

Ficha Catalográfica – Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecário Anderson César de Oliveira Silva, CRB6 – 2618.

D5854i Diniz, Káren Marina Alves
 Influência do alinhamento perna-antepé e de fatores da articulação do
 quadril na cinemática do joelho no plano frontal durante o
 agachamento unipodal / Káren Marina Alves Diniz. – Diamantina,
 2017.
 43 p. : il.

 Orientador: Luciana De Michelis Mendonça
 Coorientador: Renan Alves Resende

 Dissertação (Mestrado Profissional – Programa de Pós graduação
 em Reabilitação e Desempenho Funcional) - Universidade Federal dos
 Vales do Jequitinhonha e Mucuri. 2016.

 1. Cinemática. 2. Joelho. 3. Biomecânica. 4. Avaliação. I. Título.
 II. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

CDD 615.8

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

KÁREN MARINA ALVES DINIZ

**INFLUÊNCIA DO ALINHAMENTO PERNA-ANTEPÉ E DE FATORES DA
ARTICULAÇÃO DO QUADRIL NA CINEMÁTICA DO JOELHO NO PLANO
FRONTAL DURANTE O AGACHAMENTO UNIPODAL**

Dissertação apresentada ao
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM REABILITAÇÃO E DESEMPENHO
FUNCIONAL, nível de MESTRADO
como parte dos requisitos para
obtenção do título de MESTRE

Orientador : Prof.^a Dr.^a Luciana De
Michelis Mendonça

Data da aprovação : 09/12/2016



Prof.Dr. SÉRGIO TEIXEIRA DA FONSECA - UFMG



Prof.Dr. RENATO GUILHERME TREDE FILHO - UFVJM



Prof.^a Dr.^a LUCIANA DE MICHELIS MENDONÇA - UFVJM

DIAMANTINA

Aos meus pais, pelo amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelas inúmeras bênçãos em minha vida.

Aos meus pais por serem os meus pilares.

Ao meu bebê por inundar-me de luz e esperança.

Aos meus irmãos: Kalina, Karla e Sânzio, pela paciência e entendimento das minhas faltas.

Às minhas sobrinhas, Laura e Aurora, por alegrarem a minha vida.

Ao meu namorado, Figueredo, pelo apoio e estímulo diários.

Aos meus orientadores, Luciana e Renan, toda minha gratidão e respeito.

Aos meus colegas de laboratório, Rodrigo, Hytalo e Samuel, este trabalho é nosso!

Aos docentes e discentes do PPGReab por tornarem esta jornada mais agradável.

Ao Departamento de Fisioterapia da UFVJM pelo apoio na realização deste trabalho.

Aos voluntários da pesquisa, pela disponibilidade e confiança em mim inseridas.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para o meu crescimento, meu muito

Obrigada!

RESUMO

A abdução do joelho durante atividades dinâmicas realizadas em cadeia cinética fechada é considerada o principal mecanismo envolvido nas lesões não traumáticas do joelho. A abdução do joelho está relacionada ao aumento da adução do quadril, da rotação medial do fêmur e da pronação do pé, tais alterações cinemáticas podem ser influenciadas por alterações de alinhamento estrutural, amplitude de movimento e força muscular. Especificamente, o varismo excessivo do antepé, a diminuição da força muscular de rotadores laterais de quadril e o aumento da amplitude de movimento passiva de rotação medial do quadril podem contribuir para o aumento da pronação do pé e da rotação medial da tíbia e fêmur, o que consequentemente pode contribuir para a abdução do joelho em cadeia fechada. Portanto, entender como estes fatores em conjunto interagem e influenciam a abdução do joelho permite desenvolvimento de estratégias de prevenção e reabilitação mais eficientes. O objetivo da presente dissertação foi investigar a influência do alinhamento do pé, torque muscular de rotadores laterais do quadril e amplitude de movimento passiva em rotação medial do quadril na cinemática do joelho no plano frontal durante o agachamento unipodal. Quarenta e um indivíduos participaram do estudo, sendo avaliados nos testes de torque isométrico de rotadores laterais do quadril (TRLQ), amplitude de movimento (ADM) passiva de rotação medial (RM) do quadril, alinhamento perna-antepé (APA) e avaliação da cinemática do joelho no plano frontal durante o agachamento unipodal através do sistema de análise do movimento em 3D. A árvore de classificação e regressão (*Classification and Regression Tree* - CART) foi utilizada para identificar os fatores e interações que estão associados ao movimento do joelho no plano frontal. A curva *receiver operating characteristic* (ROC) foi usada para determinar a acurácia do modelo desenvolvido pela CART. Finalmente, utilizou-se a razão de prevalência (RP) para identificar a força de associação das interações indicadas em cada nodo terminal da árvore com o desfecho. Os resultados revelaram que 14 indivíduos (93,3%) classificados com abdução do joelho apresentaram menores valores de TRLQ (entre 0,26 e 0,47) e maiores valores de APA ($>10,11^\circ$), com RP igual a 3,03. O modelo desenvolvido pela CART obteve acurácia adequada (91,5% (IC 95%= 82,7-100) $p < 0.0001$), indicando como predição correta 81,8% de indivíduos com abdução de joelho e 94,7% de indivíduos com adução do joelho. Concluiu-se que a abdução do joelho é influenciada e depende da interação entre TRLQ e APA, sendo assim, indivíduos com menores valores de TRLQ e maiores APA apresentam abdução do joelho.

Palavras chave: Cinemática. Joelho. Avaliação. Biomecânica.

ABSTRACT

The knee abduction during dynamic activities in closed kinetic chain is considered the main mechanism involved in non-traumatic knee injuries. Knee abduction is related to the increase in hip adduction, femur medial rotation and foot pronation. These kinematic changes can be influenced by modifications on structural alignment, range of motion and muscular strength. Specifically, the excess of forefoot varus, reduction strength of in the lateral hip rotators and increased passive hip medial rotation can contribute to a higher degree of foot pronation and medial rotation of tibia and femur, which may contribute to the abduction of the closed-chain knee. Therefore the understanding of how these factors interact to influence the knee abduction permits the development of prevention strategies and a more efficient rehabilitation. The aim of the study was to investigate the influence of foot alignment, hip lateral rotator torque and passive hip medial rotator range of motion on frontal plane knee kinematics during single leg squat. Forty one subjects participated in this study. They were tested on the hip lateral rotator isometric torque test (HLIT), passive range of motion (ROM) of hip medial rotator (MR), shank-forefoot alignment (SFA) and were assessed on the frontal plane knee kinematics during single leg squat using a 3D movement analysis system. The Classification and Regression Tree – CART was used to identify factors and interaction that are associated to the occurrence of knee abduction. The receiver operation characteristic curve (ROC) was used to calculate the accuracy of the model developed by the CART. Finally, prevalence ratio (PR) was used to identify the strength of the association of the interactions indicated at each terminal node with the outcome. The results revealed that 14 subjects (93.3%) classified with knee abduction present lower HLIT values (between 0.26 and 0.47) and higher SFA values ($>10.11^\circ$, $PR=3.03$). The model developed by CART had an adequate accuracy (91.5% (IC 95%= 82.7-100) $p < 0.0001$), indicating a correct prediction of 81.8% of the subjects with knee abduction and 94.7% of the subjects with knee adduction. In conclusion the knee abduction is influenced and depends on the interaction between HLIT and SFA. Subjects with a lower HLIT and higher FSA present knee abduction.

Keywords: Kinematics. Knee. Evaluation. Biomechanics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Alinhamento perna-antepé.....	19
Figura 2 – Teste de amplitude de movimento passiva de rotação medial do quadril.....	20
Figura 3 – Teste de torque isométrico de rotadores laterais do quadril.....	21
Figura 4 – Agachamento unipodal.....	22
Figura 5 – Árvore de Classificação e Regressão para a predição de adução e abdução do joelho durante o agachamento unipodal.....	24

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 ARTIGO CIENTÍFICO	12
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
APÊNDICE A– TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	34
APÊNDICE B– FICHA DE ANAMNESE	37
APÊNDICE C– FIGURAS e TABELAS.....	3839
ANEXO A – CARTA DE ENCAMINHAMENTO À REVISTA BRASILEIRA DE FISIOTERAPIA	41
ANEXO B - APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (UFVJM).....	43

1 INTRODUÇÃO

A abdução do joelho durante atividades em cadeia cinética fechada é considerado o principal mecanismo causal das lesões não traumáticas do joelho (NOYES *et al.*, 2005), tais como a síndrome patelofemoral (POWERS, 2010; FREDERICSON *et al.*, 2006) e a lesão do ligamento cruzado anterior (HEWETT *et al.*, 2005; GRIFFIN *et al.*, 2000). Contudo, além dos fatores locais à articulação do joelho, como o desequilíbrio entre extensores e flexores do joelho (CLAIBORNE *et al.*, 2006), a abdução do joelho é influenciada por fatores não-locais, como movimentos do quadril e do complexo tornozelo/pé (LEETUN *et al.*, 2004; BRINDLE *et al.*, 2003; POWERS, 2010; BELLCHAMBER *et al.*, 2000; FONSECA *et al.*, 2011; McCLAY e MANAL., 1998). Estudos prévios demonstraram que o aumento da adução do quadril, da rotação medial do fêmur (McLEAN *et al.*, 2005; CLAIBORNE *et al.*, 2006; EKEGREN *et al.*, 2009) e da pronação do pé (BELLCHAMBER *et al.*, 2000; FONSECA *et al.*, 2011) contribuem para o aumento da abdução do joelho em cadeia cinética fechada e são portanto, associados às lesões não traumáticas do joelho. Desta forma, os fatores não-locais a articulação do joelho merecem igual atenção aos fatores locais, durante os programas de avaliação e de prevenção fisioterapêuticos.

A contribuição destes fatores não-locais nas lesões não traumáticas do joelho, associadas a abdução do joelho, será dependente da magnitude da alteração destes fatores e do nível de tolerância ao estresse pelo sistema musculoesquelético (MANN *et al.*, 2012; COOK *et al.*, 2004). Por exemplo, a abdução do joelho favorece o aparecimento da síndrome patelofemoral por impor maior estresse peri e retropatelar secundário ao aumento da resultante do músculo quadríceps e ao deslocamento da patela em sua superfície articular (POWERS *et al.*, 2003). Entretanto, na presença de fatores para controle da abdução do joelho, como por exemplo, a força de abdutores do quadril e a diminuição da amplitude passiva em rotação medial do quadril (BITTENCOURT *et al.*, 2012), ocorrerá menor sobrecarga e conseqüentemente menor risco de desenvolvimento da síndrome patelofemoral. Além disso, a abdução do joelho implica em maior estresse aos tecidos passivos do joelho, e ao combinar com a translação anterior da tíbia aumenta a tensão no ligamento cruzado anterior e a susceptibilidade à lesão (BERNS *et al.*, 1992; MARKOLF *et al.*, 1995). Nesse sentido, torna-se valiosa a identificação dos fatores contribuintes para a abdução do joelho a fim de guiar estratégias eficazes de avaliação e prevenção das lesões do joelho.

Os fatores que podem influenciar a abdução do joelho, como a rotação medial do quadril, podem ser identificados durante a avaliação de tarefas dinâmicas, como subida e

descida de degraus (PAZ *et al.*, 2016, LEWIS *et al.*, 2015), caminhada (RESENDE *et al.*, 2014), aterrissagem do salto (HEWETT *et al.*, 2005; DONOHUE *et al.*, 2015; NILSTAD *et al.*, 2015) e agachamento bipodal (DONOHUE *et al.*, 2015; CLIFTON *et al.*, 2015) e unipodal (CLAIBORNE *et al.*, 2006; KIVLAN *et al.*, 2012; DONOHUE *et al.*, 2015). Contudo, o agachamento unipodal é um dos principais testes clínicos utilizado para avaliar a abdução do joelho por ser simples e rápido (BAYLEI *et al.*, 2010; ALEXANDER *et al.*, 2009) e por exigir uma maior imposição de demanda ao sistema musculoesquelético quando em comparação as outras tarefas em cadeia cinética fechada, tais como o agachamento bipodal e a caminhada. Além disso, fatores que interferem na mobilidade e estabilidade das articulações do tornozelo, joelho e quadril podem interferir na realização do teste de agachamento unipodal (LEWIS *et al.*, 2015; COOK *et al.*, 2014), como a pronação subtalar e a rotação medial do membro inferior.

Através do teste de agachamento unipodal os fatores não-locais à articulação do joelho que podem contribuir para a abdução do joelho e conseqüentemente aumentar o risco de lesões não traumáticas são facilmente identificados. Por exemplo, a pronação subtalar decorrente do varismo do antepé (SILVA *et al.*, 2014) pode contribuir para o aumento da rotação medial de joelho e quadril (PINTO *et al.*, 2008) e influenciar no movimento de abdução do joelho. Com a pronação subtalar excessiva ocorre aumento da flexão plantar e rotação medial do tálus. Devido a íntima relação entre a articulação subtalar e a pinça bimaleolar do tornozelo (FINNOFF *et al.*, 2011), alterações do movimento articular da subtalar pode implicar em rotação medial da perna e do fêmur. Neste sentido, na presença de pronação subtalar, a perna e o fêmur tenderão a rodar medialmente contribuindo para a abdução do joelho. Sendo assim, percebe-se que fatores não-locais (distais) à articulação do joelho contribuem para alterações na cinemática de todo o membro inferior devendo ser identificados e incluídos nos programas de tratamento fisioterapêutico.

Interessantemente, outros fatores não locais (proximais) à articulação do joelho podem contribuir para a abdução do joelho, como por exemplo, a fraqueza de abdutores (CLAIBORNE *et al.*, 2006) e rotadores laterais de quadril (NEUMANN, 2010) e a diminuição da resistência passiva ao movimento de rotação medial (BITTENCOURT *et al.*, 2012). Considerando essas características, o indivíduo pode apresentar um aumento da adução e rotação medial do quadril favorecendo a abdução do joelho. Além disso, fatores não locais proximais e distais à articulação do joelho podem interagir e contribuir para a sua abdução, como por exemplo, o aumento da pronação subtalar, devido ao varismo do antepé, e a

fraqueza dos rotadores laterais do quadril. Portanto, com a avaliação dos fatores dinâmicos e estáticos não locais contribuintes para a abdução do joelho durante o agachamento unipodal, tais como força muscular de rotadores laterais do quadril, amplitude de movimento passiva em rotação medial e alinhamento perna-antepé, é possível desenvolver programas de avaliação, de prevenção e de reabilitação das lesões do joelho.

Neste sentido, o presente estudo poderá fornecer dados relevantes sobre a interação entre estes fatores, uma vez que em estudos anteriores, a capacidade preditiva assumida por meio das análises estatísticas não envolveram os componentes multifatoriais relacionados ao movimento de abdução do joelho e às lesões, tais como alinhamento, força muscular e amplitude de movimento passiva do membro inferior. Neste sentido, o objetivo do estudo foi de investigar a influência do alinhamento do pé, torque muscular de rotadores laterais do quadril e amplitude de movimento passiva em rotação medial do quadril na cinemática do joelho no plano frontal durante o agachamento unipodal.

1.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, B; CROSSLEY, K; SCHACHE, A. **Comparison of hip and knee biomechanics during gait for 'good' and 'poor' performers on a single leg squat task: A pilot study.** Journal of Science and Medicine in Sport, 2009 Jan,12(Supplement 1):S30.

BAILEY, R; SELFE, J; RICHARDS, J. **The Single Leg Squat Test in the Assessment of Musculoskeletal Function: a Review.** Physiotherapy Ireland. 2010,31(1).

BELLCHAMBER, T.L; VAN DEN BOGER, T.A.J. **Contributions of proximal and distal moments to axial tibial rotation during walking and running.** J Biomech. 2000,33:1397-1403.

BERNS, G.S; HULL, M.L; PATTERSON, H.A. **Strain in the anteromedial bundle of the anterior cruciate ligament under combination loading.** Journal of Orthopedic Research, 1992. 10, 167-176.

BITTENCOURT, N.F.N; OCARINO, J.M; MENDONÇA, L.D; HEWETT, T.E; FONSECA, S.T. **Foot and Hip Contributions to High Frontal Plane Knee Projection Angle in Athletes: A Classification and Regression Tree Approach.** Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 2012, 42 (12):996-1004.

BRINDLE, T.J; MATTACOLA, C; MCCRORY, J. **Electromyographic changes in the gluteus medius during stair ascent and descent in subjects with anterior knee pain.** Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2003,II(4):244-251.

CLAIBORNE, T.L; ARMSTRONG, C.W; GANDHI, V; PINCIVERO, D.M. **Relationship between hip and knee strength and knee valgus during a single leg squat.** J Appl Biomech. 2006,22:41-50.

CLIFTON, D.R; GROOMS, D.R; ONATE, J.A. **Overhead deep squat performance predicts Functional Movement Screen score.** Int J Sports Phys Ther 2015, 10(5): 622-627.

COOK, G; BURTON, L; HOOGENBOOM, B.J; 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.

COOK, J.L; KISS, Z.S; KHAN, K.M, *et al.* **Anthropometry, physical performance, and ultrasound patellar tendon abnormality in elite junior basketball players: across-sectional study.** Br J Sports Med 2004, 38(2):206–209.

DONOHUE, M.R; ELLIS, S.M; HEINBAUGH, E.M; STEPHENSON, M.L; ZHU,Q; DAI, B. **Differences and correlations in knee and hip mechanics during single-leg landing, single-leg squat, double-leg landing, and double-leg squat tasks.** Research in Sports Medicine: An International Journal, 2015.

EKEGREN, C.L; MILLER, W.C; CELEBRINI, R.G; ENG, J.J; MACINTYRE, D.L. **Reliability and validity of observational risk screening in evaluating dynamic knee valgus.** J Orthop Sports Phys Ther 39: 665–674, 2009.

FINNOFF, J.T; HALL, M.M; KYLE, K; KRAUSE, D.A; LAI, J; SMITH, J. **Hip strength and knee pain in high school runners: a prospective study.** PM&R 2011,3(9):792e801.

FONSECA, S.T; SOUZA, T.R; OCARINO, J.M; GONÇALVES, G.P; BITTENCOURT, N.F. **Applied biomechanics of soccer.** In: Magee DJ, Manske RC, Zachazewski JE, Quillen WS, eds. *Athletic and Sport Issues in Musculoskeletal Rehabilitation.* St Louis, MO: Elsevier/Saunders, 2011:287-306.

FREDERICSON, M; YOON, K. **Physical examination and patellofemoral pain syndrome.** Am J Phys Med Rehabil. 2006,85:234-243.

GRIFFIN, L.Y; AGEL, J; ALBOHM, M.J, *et al.* **Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies.** J Am Acad Orthop Surg. 2000,8:141-150.

HEWETT, T.E; MYER, G.D; FORD, K.R; HEIDT, R.S Jr; COLOSIMO, A.J; McLEAN, S.G, *et al.* **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. 2005,33:492–501.

KIVLAN, B.R, MARTIN, R.L. **Functional performance testing of the hip in athletes: A systematic review for reliability and validity.** Int J Sports Phys Ther. 2012, 7: 402–412.

LEETUN, D.T; IRELAND, M.L; WILSON, J.D; BALLANTYNE, B.T; DAVIS, M. **Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes.** Med Sci Sports Exerc. 2004,36(6):926-934.

LEWIS, C.L; FOCH, E; LUKO, M.M; LOVERRO, K.L; KHUU, A. **Differences in Lower Extremity and Trunk Kinematics between Single Leg Squat and Step Down Tasks.** PLoS ONE, 2015, 10(5): e0126258.

MANN, K.J; EDWARDS, S; DRINKWATER, E.J, et al. **A lower limb assessment tool for ath-letes at risk of developing patellar tendinopathy.** Med Sci Sports Exerc 2012, 45(3):527-533.

MARKOLF, K.L; BURCHFIELD, D.M; SHAPIRO, M.M; SHEPARD, M.F; FINERMAN, G.A.M, SLAUTERBECK, J.L. **Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces.** Journal of Orthopedic Research, 1995, 13, 930-935.

McCLAY, I; MANAL, K. **A comparison of three dimensional lower extremity kinematics during running between excessive pronators and normals.** Clin Biomech (Bristol, Avon). 1998,13:195-203.

McLEAN, S.G; WALKER, K; FORD, K.R; MYER, G.D; HEWETT, T.E; VAN DEN BOGERT, A.J. **Evaluation of a two dimensional analysis method as a screening and evaluation tool for anterior cruciate ligament injury.** Br J Sports Med. 2005,39:355-362

MENDONÇA, L.M; VERHAGENC, E; BITTENCOURT, N.F.N; GONÇALVES, G.G.P; OCARINO, J.M; FONSECA, S.T. **Factors associated with the presence of patellar tendon abnormalities in male athletes.** Journal of Science and Medicine in Sport, 2015.

NEUMANN, D. A. **Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for rehabilitation** (2nd ed.), 2010. St. Louis, Mo: Mosby/Elsevier.

NILSTAD, A; KROSSHAUG, T; MOK, K.M; BAHR, R; ANDERSEN, T.E. **Association between anatomical characteristics, knee laxity and muscle strength, and peak knee valgus during vertical drop jump landings.** J Orthop Sports Phys Ther. 2015,45:998-1005.

NOYES, F.R; BARBER-WESTIN, S.D; FLECKENSTEIN, C; WALSH, C; WEST, J. **The drop-jump screening test: difference in lower limb control by gender and effect of neuromuscular training in female athletes.** Am J Sports Med. 2005,33:197-207.

PAZ, G.A; MAIA, M.F; FARIAS, D; SANTANA, H; MIRANDA, H; LIMA, V; HERRINGTON, L. **Kinematic analysis of knee valgus During drop vertical jump and forward Step-up in young basketball players.** The International Journal of Sports Physical Therapy, 2016: Vol.11(2), 212-219.

PINTO, R.Z.A; SOUZA, T.R; TREDE, R.G; KIRKWOOD, R.N; FIGUEIREDO, E.M; FONSECA, S.T. **Bilateral and unilateral increases in calcaneal eversion affect pelvic alignment in standing position.** Manual Therapy 13 (2008) 513–519.

POWERS, C.M; WARD, S.R; FREDERICSON, M; GUILLET, M; SHELOCK, F.G. **Patellofemoral kinematics during weight-bearing and non-weight-bearing knee extension in persons with lateral subluxation of the patella: a preliminary study.** J Orthop Sports Phys Ther. 2003,33:677-685.

POWERS CM. **The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective.** J Orthop Sports Phys Ther. 2010,40:42-51.

RESENDE, R.A; DELUZIO, K.J; KIRKWOOD, R.N; HASSAN, E.A; FONSECA, S.T. **Increased unilateral foot pronation affects lower limbs and pelvic biomechanics during walking.** Gait and Posture, 2014.

SILVA, R.S; FERREIRA, A.L; VERONESE, L.M; SERRÃO, F.V. **Forefoot varus predicts subtalar hyperpronation in young people.** Journal of the American Podiatric Medical Association November 2014, Vol. 104, No. 6, pp. 594-600.

2 ARTIGO CIENTÍFICO

Revista: Brazilian Journal of Physical Therapy (BJPT) (ANEXO A)

Título: INFLUÊNCIA DO ALINHAMENTO PERNA-ANTEPÉ E DE FATORES DA ARTICULAÇÃO DO QUADRIL NA CINEMÁTICA DO JOELHO NO PLANO FRONTAL DURANTE O AGACHAMENTO UNIPODAL

Título resumido: Alinhamento perna-antepé e fatores do quadril na cinemática do joelho no plano frontal

Autores: KÁREN MARINA ALVES DINIZ¹, RENAN ALVES RESENDE², RODRIGO DE OLIVEIRA MASCARENHAS³, LUCIANA DE MICHELIS MENDONÇA⁴.

1. Programa de Pós Graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Minas Gerais, Brasil.
2. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.
3. Graduando em Fisioterapia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Minas Gerais, Brasil.
4. Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Minas Gerais, Brasil.

Autor para correspondência: Luciana De Michelis Mendonça - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Rodovia MGT 367 - Km 583 - nº 5000 - Alto da Jacuba. Diamantina/MG; CEP39100000. Email: lucianademichelis@yahoo.com.br. Tel.: (38)3532-8981

Palavras-chaves: Avaliação. Abdução do joelho. Fatores do quadril e do pé.

Key-words: Assessment. Knee movement. Hip and foot factors

Resumo

Contextualização: Fatores relacionados à estabilidade e mobilidade dos membros inferiores podem interagir de forma não-linear e influenciar a abdução do joelho durante o agachamento unipodal. **Objetivo:** Investigar a influência do alinhamento do pé, torque muscular de rotadores laterais do quadril e amplitude de movimento passiva de rotação medial do quadril na cinemática do joelho no plano frontal durante o agachamento unipodal. **Métodos:** Quarenta e um indivíduos foram avaliados nos testes de torque isométrico de rotadores laterais do quadril (TRLQ), amplitude de movimento (ADM) passiva de rotação medial (RM) do quadril, alinhamento perna-antepé (APA) e deslocamento angular do joelho no plano frontal durante o agachamento unipodal (Qualisys modelo Oqus 3+, 2013). A *Classification and Regression Tree* (CART) foi utilizada para identificar os fatores e interações que estão associados à ocorrência de abdução/adução do joelho. A curva *receiver operating characteristic* (ROC) foi usada para determinar a frequência dos pontos de cortes relevantes para cada variável. Utilizou-se razão de prevalência (RP) para identificar a força de associação do modelo. **Resultados:** As variáveis independentes selecionadas foram TRLQ e APA, sendo revelada uma interação não-linear entre elas. A análise da RP revelou que apenas o nodo terminal 6 apresentou força de associação significativa ($p=0,0002$), sendo assim, 14 indivíduos com menores valores de TRLQ (0,26-0,47Nm/kg) e maior varismo do APA ($>10,11^\circ$) foram classificados com abdução de joelho. **Conclusão:** A ocorrência de abdução do joelho é resultado da interação entre TRLQ e APA. Indivíduos classificados por possuírem abdução do joelho apresentam menores valores de TRLQ e maiores APA.

Abstract

Overview: Factors related to the stability and mobility of the lower limb interact in a nonlinear way and influence the increase of knee abduction during the single leg squat. **Objective:** To investigate the influence of foot alignment, hip medial rotator isometric torque and passive hip lateral rotator range of motion on the frontal plane knee kinematics during single leg squat. **Methods:** Forty one subjects were tested on the hip lateral rotator isometric torque test (HLIT), passive range of motion (ROM) of hip medial rotator (MR), shank-forefoot alignment (SFA) and were assessed on the frontal plane knee kinematics during single leg squat using a 3D movement analysis system (Qualisys, Oqus 3+ model, 2013). Classification and Regression Tree (CART) was used to identify factors and interaction associated with the occurrence of the knee abduction/adduction movement. Receiver operating characteristic curve (ROC) was used to determine the frequency of cutoff points relevant for each variable. Prevalence ratio was used to identify the strength of association of the model. **Results:** The independent variables selected by CART were HLIT and SFA and it was revealed a nonlinear interaction between these two variables. The RP analysis revealed that only the terminal node 6 showed a significant association strength ($p=0.0002$), therefore 14 subjects with lower HLIT (0.26-0.47Nm/kg) values and higher SFA varus ($>10.11^\circ$) were identified with knee abduction. **Conclusion:** The knee abduction resulted from the interaction between HLIT and SFA. Subjects classified as having knee abduction presented lower HLIT and higher SFA values.

Pontos Chaves

O presente estudo apresenta como ponto chave a avaliação de fatores não-locais à articulação do joelho sobre a ocorrência da abdução do joelho durante o agachamento unipodal. Componentes anatômicos como o alinhamento perna-antepé, ativos como a força de rotadores laterais do quadril e passivos como a amplitude de movimento passiva de rotadores mediais do quadril podem influenciar o movimento de abdução do joelho. Clinicamente, a abdução do joelho está relacionada às lesões não-traumáticas do joelho, principalmente quando a tarefa exige alta demanda do sistema musculoesquelético como o agachamento unipodal. Portanto, é necessário compreender a maneira como fatores não locais ao joelho interagem e influenciam em sua abdução, possibilitando guiar fisioterapeutas nos seus programas de avaliação e de prevenção musculoesquelético.

1 INTRODUÇÃO

A avaliação do agachamento unipodal é frequentemente utilizada com o objetivo de identificar alterações do padrão de movimento dos membros inferiores que possam contribuir para o aumento da sobrecarga sobre o sistema musculoesquelético e conseqüentemente contribuir para a ocorrência de lesões.^{1,2} Além disso, o agachamento unipodal é amplamente utilizado como forma de avaliação pelo fato de sua aplicação ser mais rápida e simples^{3,4} do que atividades como subida e descida de degraus^{5,6} e caminhada.⁷ Durante o agachamento unipodal, algumas alterações do padrão de movimento podem ser observadas, como por exemplo, a abdução do joelho.⁸ A abdução do joelho é calculada em análises em 3D, padrão ouro para esta avaliação, por meio da rotação sobre o eixo “flutuante” formado entre a perna e a coxa.⁹ Os resultados destas análises oferecem contribuição adicional para a prática dos fisioterapeutas uma vez que a abdução do joelho é vista como mecanismo causal de muitas lesões do joelho, como a lesão do ligamento cruzado anterior.^{10,11,12} Deste modo, a avaliação biomecânica do agachamento unipodal é alvo de interesse frequente na pesquisa científica.

Clinicamente, a abdução do joelho está associada às lesões do joelho, como a síndrome patelofemoral e as lesões ligamentares.^{13,14} Com a abdução do joelho ocorre aumento da resultante do músculo quadríceps e deslocamento da patela em sua superfície articular, favorecendo o desenvolvimento da síndrome patelofemoral devido ao maior estresse peri e retropatelar.¹⁵ Além disso, a abdução do joelho implica em maior estresse sobre os tecidos passivos do joelho, e ao combinar com a translação anterior da tíbia aumenta a tensão no ligamento cruzado anterior e a susceptibilidade à lesão.^{16,17} Entretanto, na presença de fatores para controle da abdução do joelho, como por exemplo, a força de rotadores laterais¹⁸ e abdutores do quadril e a diminuição da amplitude passiva em rotação medial do quadril,¹⁹ ocorrerá menor movimento de abdução do joelho e menor sobrecarga à articulação do joelho, possivelmente, menor risco de desenvolvimento das lesões. Portanto, identificar condições que contribuem para o aumento da abdução do joelho, como a fraqueza muscular de rotadores laterais do quadril e a diminuição da resistência passiva ao movimento de rotação medial do quadril^{19,20} possibilita o desenvolvimento de estratégias eficazes e eficientes de avaliação e de prevenção das dores e lesões músculo esqueléticas.

Fatores não locais à articulação do joelho relacionados ao alinhamento do membro inferior podem indiretamente contribuir para a abdução do joelho, como por exemplo, o aumento do varismo de antepé. O varismo de antepé favorece o aumento do movimento de

pronação subtalar ²¹ e consequente movimento compensatório em rotação medial da perna, fêmur e pelve ^{22, 23, 24}. Esta compensação em cadeia ocorre devido à natureza triplanar da articulação subtalar (eversão do calcâneo e flexão plantar e rotação interna do tálus) e a íntima relação anatômica do tálus com tíbia e fíbula para a formação da articulação do tornozelo. No entanto, para controle da excessiva rotação medial do membro inferior nestes casos, a articulação do quadril deve conferir um nível ótimo de rigidez para resistir ao deslocamento angular por meio dos tecidos conectivos ^{25,26}. Assim, na ausência de uma rigidez apropriada (observada pelo aumento da amplitude de movimento passiva de rotação medial do quadril) para resistir à rotação medial excessiva do quadril ou ainda, na presença de fraqueza dos músculos rotadores laterais do quadril ocorreria maior movimento em rotação medial do quadril e fêmur. Esta alteração no padrão de movimento, com maior rotação medial do membro inferior, favorece a abdução do joelho e implica em maior estresse sobre o sistema musculoesquelético e maior propensão às lesões. ^{18,27}

Devido à localização intermediária do joelho, seu comportamento dinâmico sofre influência e depende da cinemática do quadril e do tornozelo. ^{28,29} Desta forma, a abdução do joelho pode resultar do aumento da rotação medial do membro inferior devido à pronação do pé ^{28, 30} associada a mecanismos de controle do movimento de rotação medial do quadril insuficientes. Neste sentido, compreender como os fatores relacionados aos componentes anatômicos, passivos e ativos interagem e o quanto contribuem para o padrão de execução do movimento auxilia na identificação dos indivíduos com potencial risco de lesão. Portanto, o objetivo do presente estudo foi investigar a influência do alinhamento do pé, torque muscular de rotadores laterais do quadril e amplitude de movimento passiva em rotação medial do quadril na cinemática do joelho no plano frontal durante o agachamento unipodal. A nossa hipótese é que indivíduos que possuem concomitantemente maiores valores do alinhamento perna-antepé (varismo de antepé), fraqueza de rotadores laterais do quadril e aumento da amplitude de movimento passiva em rotação medial apresentam maior abdução do joelho no plano frontal.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Amostra

A amostra foi obtida por conveniência, sendo recrutados indivíduos adultos, de ambos os sexos, de 18 a 40 anos de idade. Os critérios de inclusão foram não possuir doenças /lesões neuromusculoesqueléticas e ausência de histórico cirúrgico nos membros inferiores e tronco

nos últimos 6 meses. Os critérios de exclusão foram não conseguir executar os procedimentos de avaliação e relato de desconforto, dor ou cansaço durante qualquer etapa da coleta de dados. Dessa forma, participaram 41 indivíduos adultos (25 mulheres e 16 homens) com média de idade de $23,20 \pm 4,56$ anos, massa corporal de $59,78 \pm 11,21$ quilogramas, altura de $166,85 \pm 9,06$ centímetros. Em relação à prática de atividade física regular, 58,5% dos indivíduos não praticavam. Todos os indivíduos leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (CAAE:51620715.9.0000.5108). (ANEXO B).

2.3 Procedimentos

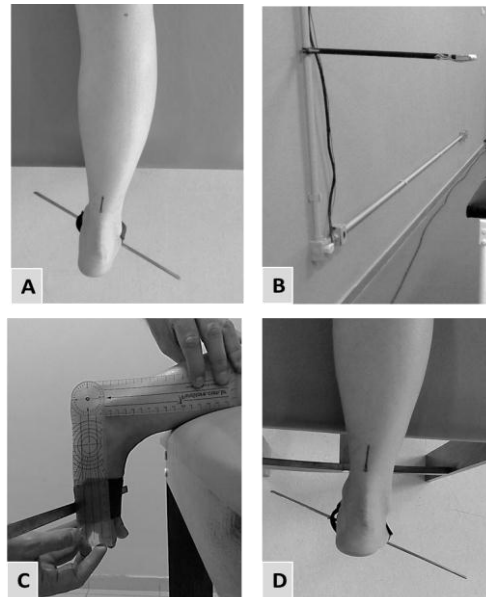
Inicialmente, foi realizada a avaliação do alinhamento perna-antepé (APA), da amplitude de movimento (ADM) passiva em rotação medial (RM) do quadril, do agachamento unipodal e do torque isométrico dos músculos rotadores laterais da articulação do quadril (TRLQ). Todos estes testes foram realizados em um único dia, com intervalos de 15 minutos entre os mesmos, para evitar interferência da fadiga muscular nas avaliações subsequentes. Em todas as coletas de dados o teste de TRLQ foi realizado por último. O membro inferior dominante do indivíduo foi a considerado para análise estatística.

2.3.1 Alinhamento perna- antepé

O alinhamento perna-antepé foi mensurado conforme descrição de Mendonça *et al.*, (2013).³¹ O participante foi posicionado em decúbito ventral com os pés para fora da maca a partir da borda superior do maléolo medial. O pé do membro dominante foi considerado para a análise da medida. A bissecção da perna foi realizada tomando como referência um ponto médio entre os platôs tibiais e outro ponto médio entre os maléolos (Figura 1A). Uma haste metálica foi fixada na região metatarsofalangeana, com auxílio de velcro, para representar a inclinação do antepé conforme indicado na Figura 1A. O calcâneo ficou voltado superiormente e uma câmera digital (Sony) foi posicionada de maneira paralela à maca por meio de uma haste de sustentação fixada na parede (Figura 1B). Com o goniômetro, o examinador responsável posicionou a articulação do tornozelo do indivíduo em 90° de dorsiflexão (Figura 1C), solicitando-o a mantê-la até o registro fotográfico. Foram realizadas três medidas, e cada foto foi posteriormente analisada no software SAPO® por um segundo examinador, o qual quantificou a média do ângulo do alinhamento perna-antepé por meio da relação entre a bissecção da perna e uma linha que representava a haste metálica (Figura 1D).

Um estudo piloto com o objetivo de determinar a confiabilidade (CCI_{3,3}) intraexaminador na medida foi realizado revelando valor de 0,82 (EPM = 1,7°).

Figura 1: Alinhamento perna-antepé: A- Determinação do ponto médio entre os platôs tibiais e maléolos. B- Haste de sustentação da câmara fotográfica. C- Posicionamento da articulação do tornozelo (90°). D- Registro fotográfico para análise no software.

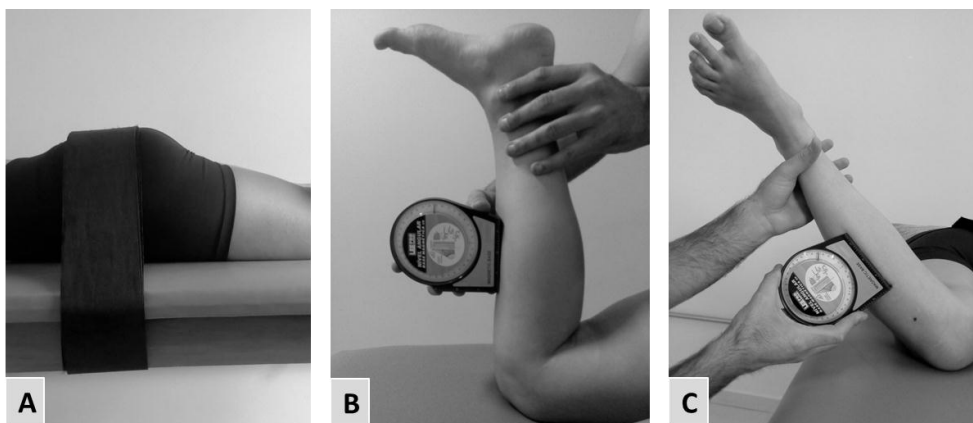


2.3.2 Amplitude de movimento passiva de rotação medial do quadril

O indivíduo foi posicionado em decúbito ventral com a pelve estabilizada por uma faixa (Figura 2A). O examinador responsável identificou a tuberosidade da tíbia e determinou um ponto 5cm distal a mesma para posicionamento do inclinômetro (Starrett®). Para redução da tensão viscoelástica, o examinador realizou 5 movimentos completos de rotação medial e lateral da articulação do quadril no membro avaliado. Em seguida, esse membro foi posicionado a 90° de flexão de joelho (Figura 2B) e em neutro de rotação de quadril no plano transversal. Para iniciar o teste, o indivíduo foi orientado a relaxar a musculatura e permitir o movimento passivo de rotação medial do quadril, produzido pelo peso da perna e pé, até que a tensão das estruturas passivas do quadril interrompesse este movimento. Neste momento a amplitude do movimento foi mensurada pelo inclinômetro e anotada (Figura 2C). A medida foi descartada e repetida se o avaliador percebesse qualquer contração muscular visualmente ou por meio de palpação.³² Foram realizadas 3 medidas para cálculo da média e esse valor foi normalizado pelo peso corporal do para permitir comparação entre indivíduos. A confiabilidade intraexaminador (CCI_{3,3}) foi determinada em um estudo piloto obtendo-se um

valor de 0,99 (EPM = 3,96°).

Figura 2: Teste de amplitude de movimento passiva de rotação medial do quadril: A- Estabilização da pelve; B- Posicionamento do membro em 90° de flexão de joelho; C- Posição final do teste.



2.3.3 Avaliação do torque isométrico dos rotadores laterais do quadril

Para avaliação do torque isométrico dos músculos rotadores laterais do quadril, o indivíduo foi posicionado em decúbito ventral com o joelho do membro a ser testado fletido a 90° e a região da pelve estabilizada com auxílio de uma faixa. O dinamômetro manual (*Hand Held – Microfet2®*) foi posicionado na face medial da articulação do tornozelo, a 5 centímetros do maléolo medial (Figura 4) por meio de um velcro.³⁴ Após a execução de uma contração isométrica máxima para o procedimento de familiarização, o indivíduo foi orientado a realizar força de forma progressiva contra o dinamômetro. O teste foi interrompido após 5 segundos de contração isométrica máxima ou quando o examinador percebesse algum movimento compensatório (como adução do quadril, rotação da pelve e tronco). Foram realizadas três medidas com intervalo de 15 segundos entre cada repetição. O torque foi obtido pelo produto da média das três medidas de força isométrica pela distância do côndilo femoral medial até a localização do dinamômetro manual no momento do teste. O valor do torque foi normalizado pelo respectivo peso corporal do indivíduo, obtendo-se a variável torque dos rotadores laterais normalizado pelo peso corporal (Nm/kg). A confiabilidade intraexaminador ($CCI_{3,3}$) para essa medida foi determinada em um estudo piloto e foram encontrados valores de 0,99 (EPM = 2,38°).

Figura 3: Teste de torque isométrico de rotadores laterais do quadril

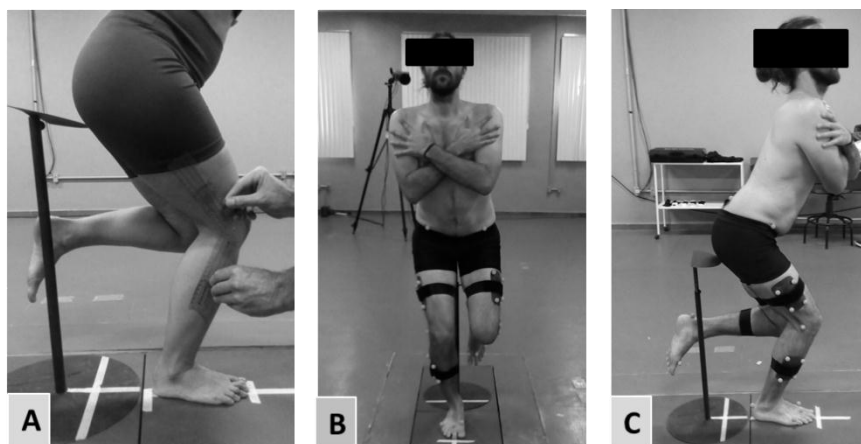


2.3.4 Agachamento unipodal

Previamente ao início do agachamento, o examinador responsável determinou a amplitude padrão de 60° de flexão de joelho ¹⁹, tendo o membro inferior direito como referência (Figura 3A). O goniômetro universal e um aparato metálico para feedback indicando alcance da amplitude de 60° foram utilizados (Figura 3A).

Para este teste, o indivíduo deveria manter o alinhamento do pé seguindo uma fita fixada verticalmente no solo e duas fitas fixadas horizontalmente, uma anterior ao aparato metálico para posicionamento do calcâneo, e a outra paralela aos dedos do pé em apoio. Ao realizar o agachamento o indivíduo foi orientado a iniciar da posição de extensão completa de joelho até 60° de flexão de joelho (identificado pelo toque da sua região glútea no aparato metálico) e a retornar à posição inicial. Os membros superiores deveriam permanecer cruzados anteriormente ao tórax, e o membro inferior que não se encontrava em contato com o solo em 90° de flexão de joelho e em posição neutra de quadril (Figura 3 B-C). A velocidade para execução do movimento foi determinada por meio de um metrônomo (2 segundos de subida e 2 segundos de descida), sendo realizado um treinamento prévio para familiarização (3 repetições com cada membro inferior de forma alternada). Foram realizadas 2 séries de 3 repetições de agachamento, de forma alternada, com repouso de 60 segundos entre as séries.

Figura 4: Agachamento unipodal. A- Determinação da amplitude de 60° para o agachamento unipodal. B - Vista anterior C- Vista lateral.



2.3.4.1 Análise do movimento

Para análise do agachamento unipodal foi utilizado o sistema de captura de movimento em 3 dimensões composto por 6 câmeras (Qualisys modelo Oqus 3+, Gothenburg, Suécia). Vinte e quatro marcadores reflexivos para definição dos segmentos³³ foram utilizados e taxados a pele por meio da palpação de pontos anatômicos: cabeça do 1°, 2° e 5° metatarsos, maléolos medial e lateral, calcâneo, epicôndilos medial e lateral do fêmur, espinhas ilíacas ântero-superior e póstero-superior, acrômio, bilateralmente e manúbrio do esterno e processo espinhoso da 7ª vértebra cervical. Clusters de rastreamento com 4 marcadores, montados em fibra de carbono, foram posicionados nas coxas e pernas (APÊNDICE C; Figura 1A-B).

Inicialmente, uma coleta estática foi realizada para a definição dos segmentos do indivíduo. Após a coleta estática, o indivíduo realizou a coleta dinâmica, constituída de 2 séries de 3 repetições de agachamento unipodal, como descrito anteriormente. Para maior segurança e liberdade do movimento, na coleta dinâmica, os marcadores dos maléolos medial e lateral, cabeça da fíbula, tuberosidade da tíbia, epicôndilo medial e trocânter maior de fêmur foram previamente retirados.

2.3.4.2 Redução dos dados

Os marcadores foram identificados utilizando o software *Qualisys Track Manager 1.6.0.x-QTM* e então exportados para o software *Visual3D®*. A trajetória dos marcadores foi filtrada utilizando filtro passa baixa com frequência de corte de 6 Hz. A amplitude inicial e

final de 15° e 60°, da fase excêntrica do agachamento unipodal, foi estabelecida para avaliação da cinemática do joelho. O deslocamento angular do joelho no plano frontal (eixo anteroposterior) foi calculado como o movimento da perna em relação à coxa. Deste modo, para cada conjunto de repetições viáveis do agachamento unipodal, foi calculada uma média baseada nos valores de deslocamento angular no plano frontal, da articulação do joelho. Os dados de deslocamento angular do joelho no plano frontal foram normalizados em 101 pontos, um para cada porcentagem da fase excêntrica do agachamento. Finalmente, a média desses 101 pontos foi calculada para cada indivíduo e analisada.

2.4 Análise estatística

O software SPSS® versão 20.0 foi utilizado para realizar a análise estatística. Para caracterizar a amostra em relação às variáveis independentes e demográficas foi utilizada análise descritiva. O modelo multivariado e não-paramétrico *Classification and Regression Tree* (CART) foi utilizado para identificar os fatores e interações que estão associados a ocorrência do movimento de abdução/adução do joelho. A CART desenvolve uma árvore de decisão, que representa graficamente a associação entre as variáveis preditoras e a variável desfecho.³⁵ Divisões binárias sucessivas do conjunto inicial contribuem para o crescimento da árvore até que futuras divisões não sejam possíveis.³⁵ A medida que as divisões vão acontecendo, é identificado o fator que melhor divide os dados em subgrupos (nodos) cada vez mais homogêneos e as possíveis interações entre as variáveis independentes com capacidade preditiva do movimento de abdução/adução do joelho.^{35,36} Portanto, a cada divisão todas as variáveis independentes são avaliadas, estabelecendo possíveis pontos de corte (no caso de variável do tipo contínua).³⁵

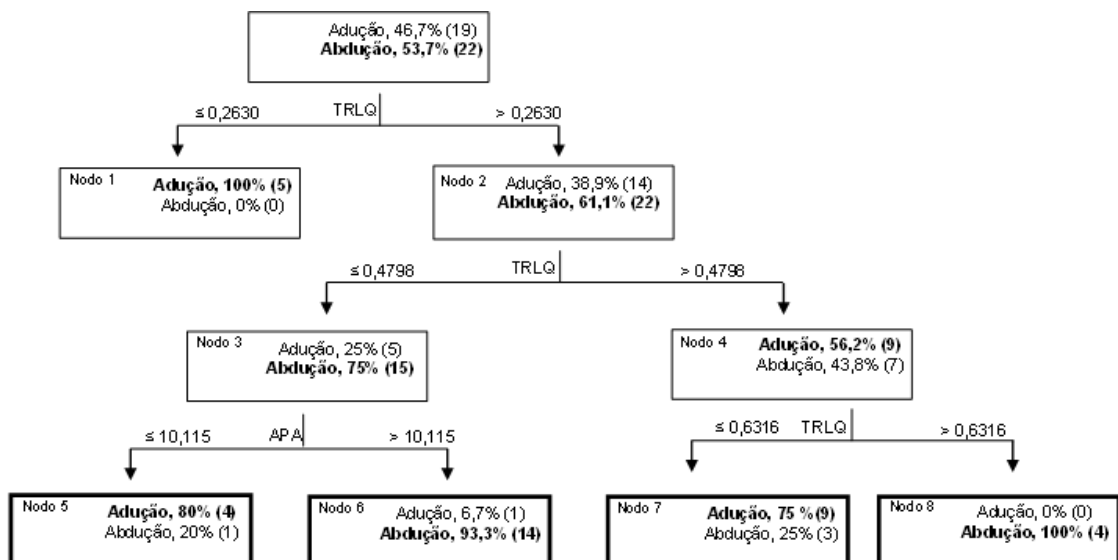
O critério utilizado para produzir as partições e, conseqüentemente, o desenvolvimento do modelo foi: mínimo de 8 indivíduos em cada nodo para divisão; mínimo de 4 indivíduos para gerar um nodo e um índice Gini de 0.0001 para maximizar a homogeneidade dos nodos. O procedimento de pruning foi aplicado para evitar partições forçadas. O custo de classificação e a probabilidade foram considerados simétricos entre os grupos adução e abdução de joelho no plano frontal. A área abaixo da curva ROC (receiver-operating characteristic) foi identificada para verificar a acurácia do modelo de predição. Um nível de significância de 0.05 foi estabelecido para indicar se o modelo tinha acurácia para prever as categorias. A razão de prevalência (RP) foi calculada em cada nodo terminal para explorar a força de associação reveladas pelo modelo, utilizando-se o programa OpenEpi®.

3 RESULTADOS

Quarenta e um indivíduos foram avaliados no estudo. Na tabela 1 (APÊNDICE C) estão apresentados a média e o desvio padrão dos indivíduos para as variáveis independentes de TRLQ (Nm/kg), ADM passiva de RM (graus), ADM passiva de RM (medida normalizada pelo peso corporal) e APA os valores de média (desvio padrão). Dezenove indivíduos (46,3%) apresentaram adução e 22 (53,7%) tiveram abdução da articulação do joelho no plano frontal durante a tarefa do agachamento unipodal.

O modelo final da CART está apresentado na Figura 5. A primeira variável independente escolhida pela CART para dividir a amostra inicial foi o TRLQ com ponto de corte de 0,26 Nm/kg, sendo que os valores superiores ao ponto de corte foram preditivos de abdução do joelho (nodo 2; n=22; 61,1%) enquanto que os valores inferiores foram atribuídos a adução (nodo terminal 1; n=5; 100%). Um novo ponto de corte para a mesma variável foi indicado para subdividir o nodo 2 (0,47 Nm/kg) e o nodo 4 (0,63 Nm/kg). Assim, no nodo terminal 7, 9 indivíduos (75%) com valores de TRLQ entre 0,47 Nm/kg e 0,63 Nm/kg apresentaram adução do joelho e, no nodo 8, 4 indivíduos (100%) possuíam abdução do joelho durante o agachamento com valores de TRLQ superiores a 0,63 Nm/kg. Para o nodo 3, a CART selecionou outro preditor, APA, para dividir os indivíduos, com um ponto de corte de 10,11°. Dessa forma, o nodo terminal 5 indica 4 indivíduos (80%) apresentando adução do joelho no agachamento unipodal com $APA \leq 10,11^\circ$ e o nodo terminal 6 indica 14 indivíduos (93,3%) com $APA > 10,11^\circ$ apresentando abdução do joelho.

Figura 5- Árvore de Classificação e Regressão para a predição de adução e abdução do joelho durante o agachamento unipodal



Abreviações: TRLQ- Torque isométrico dos rotadores laterais do quadril; APA- alinhamento perna-antepé.

A CART classificou corretamente 18 indivíduos com abdução de joelho (81,8%) e 18 indivíduos com adução do joelho (94,7%), sendo a predição correta total do modelo de 87,8%. A área sob a curva ROC (91,5% (Intervalo de confiança de 95%= 82,7-100) para o modelo desenvolvido foi significativa ($p < 0,0001$), indicando que a classificação dos indivíduos em adução e abdução do joelho não foi por acaso (Figura 2- APÊNDICE C).

Ao realizar a razão de prevalência (RP) nos nodos terminais (desde que tivessem todas as células na tabela de contingência diferentes de zero) para identificar a força de associação das interações reveladas pelo modelo com o desfecho, observou-se que somente o nodo 6 revelou significância estatística ($p= 0,0002$; $RP= 3,033$ (1,678-5,484)). Nos nodos terminais 5 e 7 a RP foi de 0,342 (0,05-2,022) $p= 0,2371$ e 0,381 (0,138-1,053) $p= 0,0628$, respectivamente.

4 DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo revelaram que existe uma interação entre as variáveis TRLQ e APA para identificar a ocorrência da abdução do joelho durante o agachamento unipodal. A partir da análise da RP (= 3,033), percebeu-se uma associação ($p=0,0002$) entre menores valores de TRQL com maior varismo do APA e a ocorrência de abdução do joelho. O modelo da CART obteve acurácia adequada e classificou corretamente 18 indivíduos com abdução de joelho (81,8%) e 18 indivíduos com adução de joelho (94,7%). Deste modo, com o estabelecimento de pontos de cortes específicos e a identificação de variáveis independentes com influência no movimento de abdução do joelho é possível aprimorar os programas de avaliação e de prevenção de clínicos fisioterapeutas através da inclusão destes fatores como componentes influenciadores da abdução do joelho.

Por meio da análise da CART, o TRLQ foi identificado como a principal variável independente associada à abdução do joelho, dentre os fatores estudados. Uma fraqueza muscular de rotadores laterais do quadril permite o aumento da excursão do fêmur em rotação medial e, conseqüentemente, contribui para a abdução do joelho durante atividades funcionais como o agachamento unipodal.³⁷ Esta relação esteve presente em outros estudos que evidenciaram a rotação medial excessiva do fêmur¹¹ e a adução com rotação medial do quadril³⁸ como fatores contribuintes para a abdução do joelho. Em contraste, Hollman e colaboradores (2014)³⁹ observaram que a abdução do joelho correlaciona com o aumento da rotação medial e adução do quadril e com a diminuição da atividade eletromiográfica do glúteo máximo, embora nenhuma correlação fosse encontrada entre a abdução do joelho e as

medidas de força muscular do glúteo máximo. Interessantemente, no presente estudo, o nodo terminal 7 revelou que 9 indivíduos (75%) com TRLQ entre 0,47 e 0,63 Nm/kg, ou seja, valores de torque muscular moderados considerando a distribuição da amostra, apresentaram adução de joelho. No entanto, devido à não-significância estatística (RP=0,381; p=0,0628) apresentada com a análise da RP, não se pode inferir especificamente sobre a força de associação do ponto de corte, apresentado pela CART neste nodo, para o TRLQ influenciando a adução de joelho. Portanto, ao observar o modelo desenvolvido, percebe-se que o TRLQ não foi suficiente para identificar os participantes com abdução/adução do joelho, mostrando que outros fatores devem estar presentes.

A variável APA foi selecionada pela CART para melhor classificar os indivíduos do nodo 3. Em estudos anteriores, como o de Nguyen e colaboradores (2011),⁴⁰ foi demonstrado que os fatores de alinhamento estático do membro inferior, como o aumento da anteversão femoral, do ângulo tibiofemoral e o alinhamento do navicular contribuem para o aumento da rotação medial de quadril e rotação lateral de joelho durante o agachamento unipodal. Deste modo, os resultados deste estudo reforçam a influência do alinhamento do membro inferior no padrão cinemático do quadril e joelho. No presente estudo, a relação entre o APA e a abdução do joelho pode ser entendida por meio do aumento da pronação subtalar, envolvendo a flexão plantar e a rotação medial do tálus, com consequente repercussão de rotação medial do membro inferior.^{21,23} A rotação medial do fêmur, durante o agachamento unipodal, contribui para a abdução do joelho quando os mecanismos de controle do aumento da rotação medial são insuficientes. Deste modo, o APA contribui para a abdução do joelho devido a maior rotação medial do membro inferior.

Interessantemente, a análise do nodo terminal 6 revela uma interação entre as variáveis TRLQ e APA. A maioria dos participantes (93,3%) com TRLQ entre 0,26 e 0,47 Nm/kg e APA acima de 10,11° apresentaram abdução do joelho, sendo a RP estatisticamente significativa (p=0,0002; RP= 3,033 (1,678-5,484)). Como já evidenciado na literatura, alterações no alinhamento estático do pé, como o varismo do antepé, favorece o aumento da pronação subtalar.⁴¹ Neste sentido, como consequência do aumento da pronação subtalar e na presença de insuficiente controle muscular de rotadores laterais do quadril (caso dos participantes do nodo 6) ocorre rotação medial da perna e coxa, favorecendo a abdução do joelho^{23, 24, 42} Deste modo, o resultado do presente estudo reforça a ideia de que fatores dinâmicos e estruturais dos segmentos e articulações, como as alterações do TRLQ e do APA, proximais e distais do membro inferior, contribuem para as alterações no padrão de execução

do agachamento unipodal, como a abdução do joelho.

Os resultados do nodo terminal 5 demonstraram que 4 (80%) indivíduos que apresentaram valores de TRLQ entre 0,26 e 0,47 Nm/kg e menores valores de varismo do APA ($\leq 10,11^\circ$) apresentaram adução do joelho. Apesar da não significância estatística por meio da análise da RP (RP= 0,342; p=0,237), pode-se indicar que esse resultado reforça a contribuição do APA no movimento de abdução do joelho. Os menores valores de varismo do APA desse sub-grupo podem justificar a não ocorrência da abdução do joelho, uma vez que possivelmente não houve a rotação medial excessiva da perna. Portanto, reforça os resultados do nodo 6 em que o aumento da abdução do joelho é decorrente da interação entre inferiores valores de TRLQ e maiores valores de APA.

É possível que fatores não investigados no presente estudo possam contribuir para a melhora do entendimento do deslocamento angular do joelho no plano frontal encontrado nos participantes presentes nos nodos 1 e 8. Por exemplo, é possível que os indivíduos do nodo 1 tenham retroversão do colo femoral, o que poderia explicar a redução da rotação medial do fêmur apesar do baixo valor encontrado para o TRLQ.⁴³ No entanto, como alinhamento do colo femoral não foi avaliado no presente estudo, essa hipótese é apenas especulativa no presente momento. Além disso, a incapacidade de analisar a RP em todos os nodos terminais pela presença de célula na tabela de contingência igual a zero (nodos 1 e 8), foi uma limitação que acabou impedindo a identificação da força de associação revelada pelo modelo nesses nodos. Dessa forma, os resultados encontrados devem ser interpretados com cautela e estudos futuros devem validar o modelo desenvolvido em outras amostras. Além disso, a amostra do presente estudo foi composta por indivíduos saudáveis, portanto, maiores diferenças cinemáticas e envolvimento de outros fatores podem ocorrer quando avaliados indivíduos com lesões que apresentem associação com o aumento da abdução de joelho, como a síndrome patelofemoral.

Por meio deste estudo foi identificada interação entre fatores de quadril e pé que contribuem para a abdução do joelho durante o agachamento unipodal. Desta forma, indivíduos com varismo do APA e redução do TRLQ possuem maiores chances de apresentarem o movimento de abdução do joelho no teste de agachamento unipodal. Considerando a influência dos fatores APA e TRLQ na abdução do joelho e a associação desta alteração do movimento com as lesões não traumáticas, como a síndrome patelofemoral e a lesão do ligamento cruzado anterior, recomenda-se a inclusão destes fatores nos programas de

avaliação fisioterapêuticos e de prevenção das lesões do joelho, a fim de evitar prejuízos funcional e financeiro decorrente dessas lesões.⁴²

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo da CART desenvolvido no presente estudo indicou que a abdução do joelho durante o agachamento unipodal foi associada ao torque isométrico de rotadores laterais de quadril e ao alinhamento perna-antepé em indivíduos saudáveis. Especificamente, foi identificada uma interação entre a força de rotadores laterais de quadril e varismo excessivo do alinhamento perna-antepé fortemente associada à ocorrência da abdução do joelho. Esse resultado corrobora com achados prévios na literatura sobre a contribuição de segmentos proximais e distais para disfunções da articulação do joelho.

AGRADECIMENTOS

Laboratório de Análise de Movimento (LAM) da UFVJM onde foi realizada a coleta de dados, Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Fundação de Amparo à pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo incentivo à pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Liebenson, C. Functional exercises. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 2002 Apr 1,6(2):108-13.
2. Chmielewski, T.L, Hodges, M.J, Horodyski, M, Bishop, M.D, Conrad, B.P, Tillman, S.M. Investigation of clinician agreement in evaluating movement quality during unilateral lower extremity functional tasks: a comparison of 2 rating methods. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007,37(3):122–129.
3. Bailey R, Selfe J, Richards J. The Single Leg Squat Test in the Assessment of Musculoskeletal Function: a Review. *Physiotherapy Ireland*, 2010,31(1).
4. Alexander B, Crossley K, Schache A. Comparison of hip and knee biomechanics during gait for []good’ and []poor’ performers on a single leg squat task: A pilot study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2009 Jan,12(Supplement 1):S30.
5. Lewis CL, Foch E, Luko MM, Loverro KL, Khuu A. Differences in Lower Extremity and Trunk Kinematics between Single Leg Squat and Step Down Tasks. *PLoS ONE*, 2015, 10(5): e0126258.

6. Paz GA, Maia MF, Farias D, Santana H, Miranda H, Lima V, Herrington L. Kinematic analysis of knee valgus During drop vertical jump and forward Step-up in young basketball players. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 2016: Vol.11(2), 212-219.
7. Resende RA, Deluzio KJ, Kirkwood RN, Hassan EA, Fonseca ST. Increased unilateral foot pronation affects lower limbs and pelvic biomechanics during walking. *Gait and Posture*, 2014.
8. Yamazaki J, Muneta T, Ju YJ, Sekiya I. Differences in kinematics of single leg squatting between anterior cruciate ligament-injured patients and healthy controls. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010 Jan,18(1):56-63.
9. Robertson D GE, Caldwell GE, Hamill J, Kamen G, Whittlesey SN. *Research methods in biomechanics. Human Kinetics.* 2nd edition.
10. Ageberg E, Bennell KL, Hunt MA, Simic M, Roos EM, Creaby MW. Validity and inter-rater reliability of medio-lateral knee motion observed during a single-limb mini squat. *BMC Musculoskelet Disord.* 2010,11:265.
11. Willson JD, Davis IS. Utility of the frontal plane projection angle in females with patellofemoral pain. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2008, 38:606- 615.
12. Noyes FR, Barber-Westin SD, Fleckenstein C, Walsh C, West J. The drop-jump screening test: difference in lower limb control by gender and effect of neuromuscular training in female athletes. *Am J Sports Med.* 2005,33:197-207.
13. Powers CM. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010, 40:42-51.
14. Souza RB, Draper CE, Fredericson M, Powers CM. Femur rotation and patellofemoral joint kinematics: a weight-bearing MRI analysis. *J Orthop Sports Phys Ther.* v.40, 2010.
15. Powers CM, Ward SR, Fredericson M, Guillet M, Shellock FG. Patellofemoral kinematics during weight-bearing and non-weight-bearing knee extension in persons with lateral subluxation of the patella: a preliminary study. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2003,33:677-685.
16. Berns GS, Hull ML, Patterson HA. Strain in the anteromedial bundle of the anterior cruciate ligament under combination loading. *Journal of Orthopedic Research*, 1992. 10, 167-176.
17. Markolf KL, Burchfield DM, Shapiro MM, Shepard MF, Finerman GAM, Slauterbeck JL. Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces. *Journal of Orthopedic Research*, 1995, 13, 930-935.

18. Stickler L, Finley M, Gulgin H. Relationship between hip and core strength and frontal plane alignment during a single leg squat. *Physical Therapy in Sport* 16 ,2015, 66e71.
19. Bittencourt NFN, Ocarino JM, Mendonça LD, Hewett TE, Fonseca ST. Foot and Hip Contributions to High Frontal Plane Knee Projection Angle in Athletes: A Classification and Regression Tree Approach. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 2012, 42 (12):996-1004.
20. Claiborne TL, Armstrong CW, Gandhi V, Pincivero DM. Relationship between hip and knee strength and knee valgus during a single leg squat. *J Appl Biomech*. 2006,22:41–50.
21. Silva RS, Ferreira AL, Veronese LM, Serrão FV. Forefoot varus predicts subtalar hyperpronation in young people. *Journal of the American Podiatric Medical Association* November 2014, Vol. 104, No. 6, pp. 594-600.
22. Fuss FK. Principles and mechanisms of automatic rotation during terminal extension in the human knee joint. *J Anat*. v.180, n.2, p.297-304, 1992.
23. Pinto RZA, Souza TR, Trede RG, Kirkwood RN, Figueiredo EM, Fonseca ST. Bilateral and unilateral increases in calcaneal eversion affect pelvic alignment instanding position. *Manual Therapy* 13 (2008) 513–519.
24. Holt K, Hamill J. Running injuries and treatment: a dynamic approach. In: Sammarco G, editor. *Rehabilitation of the foot and ankle*. 1st ed. St. Louis: Mosby, 1995. p. 241–57.
25. Magnusson SP. Passive properties of human skeletal muscle during stretch maneuvers: a review. *Scand J Med Sci Sports*. 1998,8(2):65-77.
26. Silva PL, Fonseca ST, Ocarino JM, Gonçalves GP, Mancini MC. Contributions of cocontraction and eccentric activity to stiffness regulation. *J Mot Behav*. 2009,41(3):207-18.
27. Souza TR. Relação entre o torque de rotação lateral do quadril e a cinemática do pé. 2012. 134 f. Tese (Doutorado em Ciências da Reabilitação) - Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.
28. Fonseca ST, Souza TR, Ocarino JM, Gonçalves GP, Bittencourt NF. Applied biomechanics of soccer. In: Magee DJ, Manske RC, Zachazewski JE, Quillen WS, eds. *Athletic and Sport Issues in Musculoskeletal Rehabilitation*. St Louis, MO: Elsevier/Saunders, 2011:287-306.
29. Powers CM, Bolgia LA, Callaghan MJ, Collins N, Sheehan FT. Patellofemoral pain: proximal, distal, and local factors, 2nd International Research Retreat. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2012,42:A1-A54.

30. McClay I, Manal K. A comparison of three dimensional lower extremity kinematics during running between excessive pronators and normals. *Clin Biomech* (Bristol, Avon). 1998,13:195-203.
31. Mendonça LDM, Bittencourt NFN, Amaral GM, Diniz LS, Souza TR, Fonseca ST. A Quick and Reliable Procedure for Assessing Foot Alignment in Athletes. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 2013, Vol 103 No 5.
32. Carvalhais VO, de Araújo VL, Souza TR *et al.* Validity and reliability of clinical tests for assessing hip passive stiffness. *Man Ther.* 2011,16(3):240-245.
33. Cappozzo A, Catani F, Croce DU, Leardini A. Position and orientation in space of bones during movement: anatomical frame definition and determination. *Clin Biomech* 1995,10:171–8.
34. Willy R, Davis IS. The Effect of a Hip-Strengthening Program on Mechanics During Running and During a Single-Leg Squat. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, v.41, n.9, 2011.
35. Breiman L, Friedman JH, Olshen RA, Stone CJ. *Classification and Regression Trees*. Belmont, CA: Wadsworth International, 1984.
36. Lemon SC, Roy J, Clark MA, *et al.* Classification and regression tree analysis in public health: methodological review and comparison with logistic regression. *Ann Behav Med*, 2003,26:172-181.
37. Neumann D A. *Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for rehabilitation* (2nd ed.), 2010. St. Louis, Mo: Mosby/Elsevier.
38. McLean SG, Walker K, Ford KR, Myer GD, Hewett TE, van den Bogert AJ. Evaluation of a two dimensional analysis method as a screening and evaluation tool for anterior cruciate ligament injury. *Br J Sports Med.* 2005,39:355-362.
39. Hollman JH, Galardi CM, Lin IH, Voth BC, Whitmarsh CL. Frontal and transverse plane hip kinematics and gluteus maximus recruitment correlate with frontal plane knee kinematics during single-leg squat tests in women. *Clinical Biomechanics*, 2014. journal homepage: www.elsevier.com/locate/clinbiomech.
40. Nguyen AD, Shultz SJ, Schmitz RJ, Luecht RM, Perrin DH. A Preliminary Multifactorial Approach Describing the Relationships Among Lower Extremity Alignment, Hip Muscle Activation, and Lower Extremity Joint Excursion. *Journal of Athletic Training* 2011;46(3):246-256.

41. Alonso-Vazquez A, Villarroya MA, Franco MA, Asin J, Calvo B. Kinematic assessment of paediatric forefoot varus. *Gait Posture* 2009,29(2):214e9.
42. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, *et al.* 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.* 2005,33:492–501. PubMed
43. Kenawey M, Liodakis E, Krettek C, Ostermeier S, Horn T, Hankemeier S. Effect of the lower limb rotational alignment on tibiofemoral contact pressure. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*,2011, 19:1851–1859.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação buscou identificar a influência de fatores não-locais anatômicos, ativos e passivos à articulação do joelho, de forma não linear, na cinemática do joelho no plano frontal durante o agachamento unipodal. As variáveis independentes alinhamento perna-antepé, torque muscular de rotadores laterais do quadril e amplitude de movimento passiva de rotação medial do quadril foram consideradas para análise por apresentarem contribuição para o movimento de abdução do joelho. As variáveis independentes selecionadas foram o TRLQ e o APA, de modo não-linear, sendo que apenas o nodo terminal 6 apresentou força de associação significativa ($p=0,0002$). Assim, uma interação entre TRLQ e APA foi fortemente associada à ocorrência da abdução do joelho. Dessa forma, a avaliação e intervenção dos fatores associados a abdução do joelho, devem fazer parte dos programas dos fisioterapeutas, principalmente os que lidam com populações que estão mais vulneráveis ao movimento de abdução do joelho.



**APÊNDICE A– TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E
ESCLARECIDO**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Comitê de Ética em Pesquisa

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa intitulada: **“INFLUÊNCIA DO ALINHAMENTO DO PÉ E DO TORQUE DOS MÚSCULOS DO TRONCO E DO QUADRIL NA CINEMÁTICA DA PELVE DURANTE ATIVIDADES EM CADEIA CINEMÁTICA FECHADA”**, dos alunos Káren Marina Alves Diniz e Samuel Jardim Oliveira, para a dissertação de Mestrado do programa de pós- graduação em Reabilitação e Desempenho funcional PPGReab, da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) sob orientação da *Prof^ª. Dr^ª.* Luciana De Michelis Mendonça e do *Prof. Dr.* Renan Alves Resende, respectivamente. **É necessário que você leia atentamente este termo antes de autorizar sua participação nesse estudo.**

O motivo é investigar sobre o alinhamento do pé e a força dos músculos do tronco e do quadril no movimento da pelve durante tarefas como marcha, salto, agachamento em apoio único e ponte.

Caso concorde em participar da pesquisa, a coleta dos dados será realizada no Laboratório de Análise de Movimento (LAM) do Departamento de Fisioterapia localizado na Clínica Escola de Fisioterapia da UFVJM. Você será medido(a), pesado(a), e realizará os testes de agachamento, salto, alinhamento do pé, força dos músculos do tronco e do quadril. Serão realizados em dias alternados e com repouso entre as avaliações do mesmo dia para o seu conforto.

Teste do salto, da marcha, do agachamento e da ponte: serão fixados no seu corpo marcadores de isopor reflexivos, utilizando fita dupla face. Após a marcação você irá realizar cinco agachamentos com cada perna e irá caminhar sobre a área orientada pelo avaliador, indo e voltando 3 vezes; realizará também o teste da ponte no qual você após deitar sobre uma maca, de barriga para cima, deverá retirar o quadril da maca, mantendo uma perna estendida por 10 seg e por fim realizará cinco saltos consecutivos. De uma atividade para outra será dado um repouso de até 5 min. Esses movimentos serão filmados para análise posterior com

um software. Devido ao posicionamento da câmera seu rosto não será filmado, permitindo a identificação apenas por número.

Avaliação do alinhamento do pé: deitado de barriga para baixo sobre uma maca, com os pés posicionados para fora dela, o avaliador irá realizar marcações em sua pele com lápis de olho (não permanente) e você irá sustentar seu tornozelo na posição indicada pelo pesquisador, sendo retiradas três fotografias do alinhamento do seu pé. O procedimento será repetido com o outro pé. As fotos serão analisadas posteriormente no computador.

Teste de força dos músculos do tronco e do quadril: deitado de barriga para baixo sobre uma maca, você irá fazer força no sentido de rodar seu quadril para fora com a força máxima por 5 segundos, será dado intervalo de 15 segundos entre três contrações ou até sentir desconforto e quiser interromper o teste. Passados 1 minuto, nesta mesma posição você realizará um movimento de levantar o tronco até o nível dos mamilos, fazendo força máxima por 5 seg contra o equipamento, com intervalo de 15 seg entre as três execuções. Após 1 min, você será posicionado de lado e deverá levar a sua perna de cima em direção ao teto, com o mesmo procedimento do teste anterior. Por fim, deitado de barriga para cima iremos avaliar a força da musculatura da barriga, baseado nos mesmos métodos dos testes anteriores, retirando as costas da maca e levando o tronco em direção as pernas.

Os riscos deste estudo são mínimos e através de orientações iremos amenizar qualquer inconveniente que possa surgir. Por se tratar de repetição de movimento com chance de sobrecarga, você será orientado quanto à angulação segura para realização dos testes, assim como a realização de repouso entre as tarefas e execução dos procedimentos de avaliação da força muscular e da cinemática da pelve em dias alternados, de maneira a minimizar a fadiga muscular. Em casos de dor muscular tardia, você deverá usar gelo ou bolsa de água morna. Além disso, a sua privacidade e o sigilo das informações serão garantidos, já que o laboratório é um ambiente fechado e somente estarão presentes os pesquisadores responsáveis pela coleta de dados, o que ameniza qualquer possível constrangimento na participação da pesquisa. Não serão utilizados materiais pérfuro-cortantes como seringas ou agulhas. Como benefício, você será avaliado e receberá um diagnóstico por um fisioterapeuta, sendo orientado quanto à postura e padrão de execução dos movimentos avaliados no laboratório, além de sugestão de como realizar atividades do dia-a-dia com menor sobrecarga e conseqüentemente menor risco de lesões. Caso apresente alteração funcional significativa, você será encaminhado(a) para tratamento fisioterápico na Clínica-Escola de Fisioterapia da UFVJM.

Os resultados desse estudo poderão contribuir na prática clínica de fisioterapeutas, possibilitando aos profissionais o entendimento biomecânico, bem como definir estratégias de

intervenção. Estes resultados poderão ser utilizados para apresentação em congressos, oficinas científicas, seminários e similares, bem como em publicações de artigo científico, sendo assegurado o sigilo do indivíduo, não possibilitando sua participação.

Sua participação é voluntária e não lhe trará nenhum gasto financeiro, nem lhe será paga nenhuma remuneração, porém, caso a pesquisa lhe ofereça algum dano, o valor deste poderá ser ressarcido pelos pesquisadores. Você poderá interromper a sua participação a qualquer momento, durante a coleta de dados, sem qualquer penalização ou prejuízo.

Sua identidade não será revelada em momento algum. Somente os pesquisadores e o orientador envolvido terão acesso a seus dados, que serão apenas para fins de pesquisa.

Você receberá uma cópia deste termo onde constam o telefone e o endereço dos pesquisadores, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sobre sua participação agora ou em qualquer momento.

Coordenador do Projeto: Luciana de Michelis Mendonça
Endereço: Rodovia MGT 367 - Km 583 - nº 5000 - Alto da Jacuba - Diamantina/MG
CEP39100000.

Telefone: (38)3532-1239

Pesquisadores responsáveis:

Luciana de Michelis Mendonça (31) 98888-2945

Renan Alves Resende (31) 97574-2813

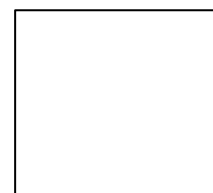
Káren Marina Alves Diniz (38) 99222-2076

Samuel Jardim Oliveira (33) 991180709

Declaro que entendi os objetivos, a forma de minha participação, riscos e benefícios da mesma e aceito o convite para participar. Autorizo a publicação dos resultados da pesquisa, a qual garante o anonimato e o sigilo referente à minha participação.

Nome do sujeito da pesquisa: _____

Assinatura do sujeito da pesquisa: _____



Informações – Comitê de Ética em Pesquisa da UFVJM
Rodovia MGT 367 - Km 583 - nº 5000 - Alto da Jacuba –
Diamantina/MG CEP39100000
Tel.: (38)3532-1240
Coordenador: Prof. Disney Oliver Sivieri Junior
Secretaria: Ana Flávia de Abreu
Email: cep.secretaria@ufvjm.edu.br e/ou cep@ufvjm.edu.br.



APÊNDICE B– FICHA DE ANAMNESE



FICHA ANAMNESE

Dados Pessoais

Data avaliação: ____/____/____ **Data de nascimento:** ____/____/____

1-**Nome:** _____

2-**Endereço:** _____

3-**Naturalidade:** _____ 4-**Telefones:**(____) _____ (____) _____

5-**Estado civil:** _____ 6-**Idade** _____

7-**Profissão:** _____ **Atividade Profissional Atual:** _____

8- **Peso:** **Altura:** **IMC:** **Medidas Real e Aparente dos MMII:**

QUESTIONÁRIO

9 - Presença de assimetria do alinhamento perna-antepé?

() Não. Membro dominante (questionário de dominância)

() Direito () Esquerdo

() Sim.

Angulação _____

10- Pratica atividade física?

() Não

() Sim. Qual tipo, frequência e duração?

11 Doença neuro-músculo-esquelética de membros inferiores? Qual?

12- Neste último ano você sofreu alguma lesão e/ou cirurgia neuro-músculo-esquelética nos membros inferiores?

Qual?



APÊNDICE C– FIGURAS e TABELAS



Figura 1- Posicionamento dos marcadores reflexivos e clusters: A- Vista anterior; B- Vista posterior.

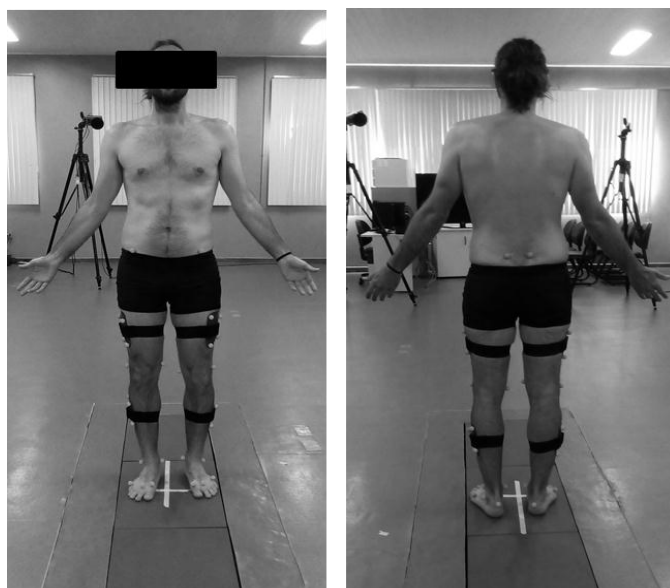
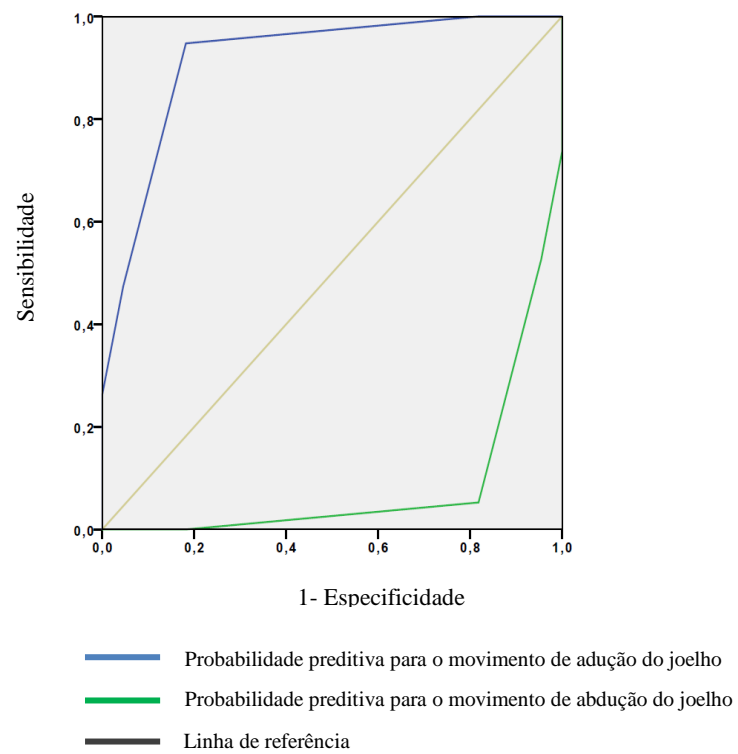


Tabela 1- Valores de média e desvio padrão (DP) das variáveis independentes

Variável	Média (DP)
Torque de RL do quadril (Nm/kg)	0.43 (0.15)
ADM Passiva de RM do quadril (graus)	33.97 (11.85)
ADM Passiva de RM do quadril (normalizado pelo peso corporal)	0.59 (0.25)
Alinhamento perna-antepé (graus)	13.44 (5.43)

Abreviações: ADM - amplitude de movimento; RM - rotadores mediais; RL - rotadores laterais.

FIGURA 2- Curva ROC para o movimento de abdução e adução do joelho



ANEXO A – CARTA DE ENCAMINHAMENTO À REVISTA BRASILEIRA DE FISIOTERAPIA

CARTA DE ENCAMINHAMENTO

Aos Editores
Revista Brasileira de Fisioterapia/Brazilian Journal of Physical Therapy

Prezados Senhores

Encaminhamos o manuscrito (Tipo do artigo: **Artigo original**) “**Influência do alinhamento perna-antepé e de fatores da articulação do quadril na cinemática do joelho no plano frontal durante o agachamento unipodal**” para possível publicação na Revista Brasileira de Fisioterapia. O manuscrito tem como autores: **Káren Marina Alves Diniz; Renan Alves Resende; Rodrigo de Oliveira Mascarenhas; Luciana De Michelis Mendonça** e está enquadrado na área de “**Aval, prev e trat das disfunções musculoesquelétic**”

O número de identificação em um dos Registros de Ensaio Clínicos validados pelos critérios estabelecidos pela OMS e ICMJE é: -- **digite o número** -- e o mesmo está registrado no final do resumo/abstract do artigo acima (ver site <http://clinicaltrials.gov>);

Informamos¹ ainda que o manuscrito citado foi aprovado pelo **Comitê de Ética da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri** conforme **Parecer** número **CAAE: 51620715.9.0000.5108** e declaramos que um **Termo de Consentimento** foi assinado pelos pacientes participantes da pesquisa.

Seguem anexas as declarações de responsabilidade e sobre conflito de interesses e de transferência de direitos autorais, **assinadas por todos os autores**.

Atenciosamente,

Káren Marina Alves Diniz
Nome do autor correspondente/assinatura

E-mail: karenalvesdiniz@yahoo.com.br telefone: (38)992222076
(manter atualizados os dados para contatos)

SUGESTÃO DE PARECERISTAS:	
<u>(Os nomes sugeridos devem ter sólida contribuição científica na área do artigo submetido)</u>	
1. Nome:	Email:
Instituição/vínculo:	
2. Nome:	Email:
Instituição/vínculo:	
3. Nome:	Email:
Instituição/vínculo:	

¹ Comitê de Ética: *para pesquisas em seres humanos e para os experimentos em animais.*
Termo de Consentimento assinado pelos pacientes: *para as pesquisas em seres humanos.*

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE E CONFLITO DE INTERESSES

Os autores abaixo declaram que participaram da concepção, análise de resultados e contribuíram efetivamente na realização do artigo **"Influência do alinhamento perna-antepé e de fatores da articulação do quadril na cinemática do joelho no plano frontal durante o agachamento unipodal"**. Tornam pública a responsabilidade pelo seu conteúdo, que não foram omitidas quaisquer ligações ou acordos de financiamento entre os autores e companhias que possam ter interesse na publicação deste artigo. Afirmam que não tem qualquer conflito de interesse com o tema abordado no artigo, nem com os produtos/itens citados.

Declaramos que o artigo citado acima é original e que o trabalho, em parte ou na íntegra, ou qualquer outro trabalho com conteúdo substancialmente similar, não foi enviado a outro periódico científico e não o será, enquanto sua publicação estiver sendo considerada pela Revista Brasileira de Fisioterapia, quer seja no formato impresso ou no eletrônico.

Declaramos ainda que o estudo foi conduzido dentro dos preceitos éticos determinados pelo International Committee of Medical Journal Editors ("Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals").

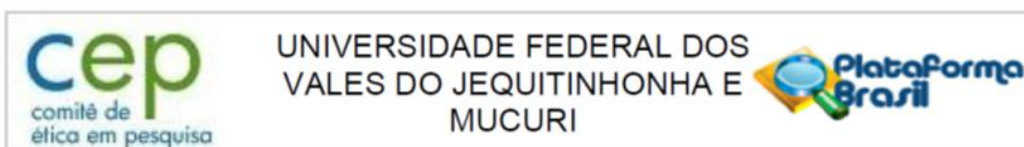
Lista de autores (nomes completos)	data	Assinatura
1. Káren Marina Alves Diniz	09/01/2017	
2. Renan Alves Resende	09/01/2017	
3. Rodrigo de Oliveira Mascarenhas	09/01/2017	
4. Luciana De Michelis Mendonça	09/01/2017	
5.		
6.		

DECLARAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DE DIREITOS AUTORAIS

Declaramos que, em caso de aceitação do artigo **"Influência do alinhamento perna-antepé e de fatores da articulação do quadril na cinemática do joelho no plano frontal durante o agachamento unipodal"**, a Revista Brasileira de Fisioterapia/ Brazilian Journal of Physical Therapy passa a ter os direitos autorais a ela referentes, que se tornarão propriedade exclusiva da RBF, vedado a qualquer reprodução, total ou parcial na sua versão original ou em outra língua em qualquer outra parte ou meio de divulgação, impressa ou eletrônica, sem que a prévia e necessária autorização seja solicitada e, se obtida, faremos constar o competente agradecimento à RBF.

Lista de autores (nomes completos)	data	Assinatura
1. Káren Marina Alves Diniz	09/01/2017	
2. Renan Alves Resende	09/01/2017	
3. Rodrigo de Oliveira Mascarenhas	09/01/2017	
4. Luciana De Michelis Mendonça	09/01/2017	
5.		
6.		

ANEXO B - APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (UFVJM)



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Influência do alinhamento do pé e do torque dos músculos do tronco e do quadril na cinemática da pelve durante atividades em cadeia cinemática fechada.

Pesquisador: Luciana De Michelis Mendonça

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 51620715.9.0000.5108

Instituição Proponente: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.432.897

Apresentação do Projeto:

Fundamentação: O movimento da pelve depende da integridade do sistema osteoligamentar, da adequada interação de músculos e fâscias e de um controle neuromuscular apropriado. Além disso, por ser responsável pela transmissão de forças

descendentes advindas da cabeça, tronco e extremidades superiores e forças ascendentes advindas dos membros inferiores, a pelve influencia e é influenciada por segmentos proximais e distais durante atividades em cadeia cinemática fechada, como marcha, agachamento e aterrissagem do salto. É possível que a presença de fraqueza dos músculos que auxiliam no controle do movimento da pelve contribua para a alteração do padrão de movimento típico da pelve, o que pode contribuir para o desenvolvimento de lesões nessa região e em regiões proximais e distais, como

região lombar e joelho. Dessa forma, a avaliação de possíveis alterações do movimento pélvico durante atividades com descarga de peso associada à avaliação de possíveis alterações de alinhamento do pé e da geração de torque por músculos do quadril e tronco possibilitará a identificação de fatores que possam contribuir para a alteração do movimento pélvico e consequente aumento da demanda sobre o sistema musculoesquelético durante atividades em cadeia cinemática fechada. **Objetivo:** Investigar a influência do alinhamento do pé e da força dos

Endereço: Rodovia MGT 367 - Km 583, nº 5000
Bairro: Alto da Jacuba **CEP:** 39.100-000
UF: MG **Município:** DIAMANTINA
Telefone: (38)3532-1240 **Fax:** (38)3532-1200 **E-mail:** cep@ufvjm.edu.br

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

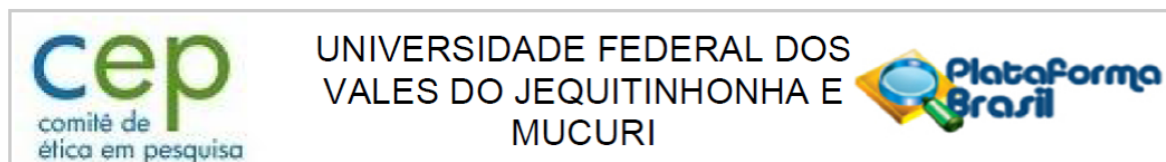
O projeto atende aos preceitos éticos para pesquisas envolvendo seres humanos preconizados na Resolução 466/12 CNS.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_638250.pdf	15/02/2016 22:17:30		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	15/02/2016 22:15:32	Samuel Henrique Oliveira Jardim	Aceito
Outros	Carta_de_Concordancia_do_Setor.jpg	15/02/2016	Samuel Henrique	Aceito

Endereço: Rodovia MGT 367 - Km 583, nº 5000
Bairro: Alto da Jacuba **CEP:** 39.100-000
UF: MG **Município:** DIAMANTINA
Telefone: (38)3532-1240 **Fax:** (38)3532-1200 **E-mail:** cep@ufvjm.edu.br

Página 05 de 06



Continuação do Parecer: 1.432.897

Outros	Carta_de_Concordancia_do_Setor.jpg	22:14:23	Oliveira Jardim	Aceito
Outros	ANEXO_A.pdf	15/02/2016 22:11:46	Samuel Henrique Oliveira Jardim	Aceito
Outros	APENDICE_A.pdf	15/02/2016 22:11:16	Samuel Henrique Oliveira Jardim	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Pesquisa.pdf	03/12/2015 15:50:37	Samuel Henrique Oliveira Jardim	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	03/12/2015 14:55:07	Samuel Henrique Oliveira Jardim	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

DIAMANTINA, 02 de Março de 2016