

VARIÁVEIS BIOMECÂNICAS QUE INTERFEREM NA PERFORMANCE DO Y-BALANCE TEST E BIODEX BALANCE TEST

Biomechanical variables that interfere in the performance of the Y-balance test and Biodex balance test

Correlações entre testes de estabilidade postural

Carlos Augusto Silva Rodrigues^{1}; Gabriel Peixoto Leão Almeida²; Pedro Olavo de Paula Lima²*

RESUMO

Introdução: Visando à prevenção e reabilitação de lesões musculoesqueléticas, profissionais que trabalham com esporte e saúde estudam testes que identificam fatores de risco para lesões e orientam o processo de tratamento. O Y Balance Test (YBT) avalia a estabilidade postural dinâmica unipodal mensurando os alcances do membro inferior nas direções anterior, posterolateral, posteromedial e geral. Estudos questionam sua validade apontando ausência de correlação com o Biodex Balance System® (BBT). Variáveis biomecânicas do membro inferior podem influenciar nessa relação. Os objetivos deste estudo foram: descrever e analisar as correlações lineares e interações entre essas variáveis e os resultados do YBT, BBT e entre os dois testes em sujeitos após reconstrução do ligamento cruzado anterior do joelho (R-LCA). **Métodos:** Estudo transversal com 70 participantes durante março a outubro de 2017, na Universidade Federal do Ceará. Força muscular de extensão e flexão do joelho foi mensurada com dinamômetro isocinético, força do quadril com *Hip Stability Isometric Test* (HipSIT) e amplitude de dorsiflexão do tornozelo com o *weight-bearing Lunge test*. Estabilidade postural foi avaliada com YBT e BBT. Para análise das correlações entre as variáveis biomecânicas e o desempenho no YBT e BBT utilizamos o coeficiente de correlação de Pearson. Para a análise não linear das interações entre as variáveis biomecânicas e os índices de estabilidade do BBT com o desempenho do YBT utilizamos a análise de Árvore de Classificação e Regressão (CART). **Resultados:** As variáveis biomecânicas obtiveram maior correlação com membro lesionado; os índices do BBT, com o membro não lesionado. Força de extensão do joelho e índice de estabilidade global foram os principais preditores de desempenho para o YBT. Houve diferentes interações não lineares entre as variáveis biomecânicas e os índices do BBT com os alcances do YBT, de acordo com o membro avaliado. **Conclusão:** As variáveis biomecânicas e os índices do BBT apresentam interações não lineares com os alcances do YBT de acordo com o membro avaliado.

Palavras-chaves: Equilíbrio Postural; Reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior; Joelho.

ABSTRACT

Introduction: Aiming at the prevention and rehabilitation of musculoskeletal injuries, professionals working with sports and health study tests that identify risk factors for injuries and guide the rehabilitation process. The Y Balance Test (YBT) evaluates unipodal dynamic postural stability by measuring the lower limb reaches in the anterior, posterolateral, posteromedial and composite directions. Studies question its validity pointing to the absence of correlations with Biodex Balance System® (BBT) tests. Biomechanical variables of the lower limb may influence these results. The objectives of this study are: to describe and analyze the linear correlations and interactions between these variables and the results of YBT, BBT and between the two tests, in post-LCA subjects. **Methods:** Cross-sectional study with 70 subjects during March to October 2017 at the Federal University of Ceará. Muscle strength and flexion of knee was measured with isokinetic dynamometer, hip force with HipSIT. Weight-Bearing Lunge Test to assess ADM of ankle DF. Postural stability with YBT and BBT. For linear analysis we used the Pearson correlation coefficient and Classification and Regression Tree (CART) for nonlinear interactions. **Results:** The biomechanical variables obtained a higher correlation with the injured limb. The BBT indices with the member not injured. Knee extension strength and overall stability index were the main predictors of performance for YBT. There were different non-linear interactions between the biomechanical variables and the BBT indices with the YBT ranges, according to the assessed limb. **Conclusion:** Biomechanical variables and stability indexes of BBT present different correlation and interactions with YBT dependent on the scopes and limbs tested.

Key-Words: Postural Balance; Anterior Cruciate ligament Reconstruction; Knee.

¹ Projeto de Assistência e Prevenção das Disfunções do Joelho (PAPO-Joelho), Universidade Federal do Ceará

² Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal do Ceará, Brasil.

* Autor correspondente: carlos.nod@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A prevenção e o tratamento de lesões musculoesqueléticas é um segmento de pesquisa que desperta a curiosidade de diversos profissionais que trabalham com esporte e saúde. As lesões esportivas do membro inferior estão entre as mais incidentes e graves, causando o afastamento do atleta de sua rotina de treinamentos e competições por longos períodos(1). Diante disso, pesquisadores têm conduzido estudos com o objetivo de fornecer ferramentas capazes de identificar fatores de risco para lesões do membro inferior e orientar o processo de reabilitação. Algumas delas utilizam equipamentos de alta tecnologia e custo elevado(2), em contrapartida os testes funcionais apresentam-se como alternativa de menor custo(3).

O Y Balance Test (YBT) caracteriza-se como um teste funcional de baixo custo e tem como objetivo avaliar a estabilidade postural dinâmica em apoio unipodal através da mensuração do alcance do membro inferior em três direções – anterior (ANT), posterolateral (PL) e posteromedial (PM) – e *composite* (CP), que é calculado pela soma dos valores alcançados em cada direção dividida pela quantidade de direções testadas(4).

Sua utilização como ferramenta de avaliação da estabilidade postural dinâmica e preditiva de lesão está balizada em diversos estudos que apontam sua reprodutibilidade e valor preditivo para lesões do membro inferior em sujeitos fisicamente ativos ou lesionados (5), como no pós-operatório de cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior (R-LCA)(4). Por outro lado, sua validade tem sido questionada por recentes pesquisas que apontam não haver correlações consistentes entre o YBT e testes de padrão ouro, como o índice de estabilidade postural(6) e limites de estabilidade postural(7) medidos com o *Biodex Balance System*[®].

Esses estudos compararam o desempenho nesses testes sem considerar possíveis variáveis biomecânicas que podem influenciar no resultado. Pesquisas anteriores apontaram que a força de extensão e flexão do joelho(8), a força de extensores, abdutores e rotadores externos (complexo posterolateral) do quadril(9) e a amplitude de dorsiflexão do tornozelo em cadeia cinética fechada(10) apresentam correlação direta com o desempenho do YBT. O presente estudo tem como objetivos: *i*) descrever as correlações lineares entre as variáveis biomecânicas, alcances do YBT e índices do BBT; *ii*) analisar a interação não linear das variáveis biomecânicas e dos índices do BBT com os alcances do YBT em pacientes após R-LCA.

MÉTODOS

Participantes

Foi realizado um estudo transversal, com 73 indivíduos fisicamente ativos (64 do sexo masculino e 09 do sexo feminino). As avaliações ocorreram no período de março a outubro de 2017, no Laboratório de Análise do Movimento Humano da Universidade Federal do Ceará. Foram incluídos sujeitos com idade a partir de 16 anos que realizaram cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior há, no mínimo, seis meses, sem sinais inflamatórios, com amplitude total de movimento da articulação do joelho, realizando marcha normal e sem interferência nas atividades de vida diária. Foram excluídos os participantes com lesões no momento da realização dos testes ou que não conseguiram executar os testes adequadamente. Dessa forma, foram excluídos três indivíduos, dois que não conseguiram permanecer em equilíbrio unipodal durante o BBT e um que não conseguiu executar os alcances do YBT adequadamente.

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará com o parecer de número 1.000.404 e todos os participantes assinaram termo de consentimento escrito.

Procedimentos

Primeiramente, foi aplicado um questionário buscando informações quanto ao gênero, escolaridade, altura, peso, tempo de cirurgia, prática esportiva, membro lesionado, membro dominante e função autopercebida do joelho lesionado. O membro inferior dominante foi definido como aquele utilizado para chutar uma bola com maior força e precisão possíveis. Para a caracterização da amostra, também aplicamos as versões brasileiras dos questionários: *International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form* (IKDC)(11) e *Anterior Cruciate Ligament Return to Sport after Injury* (ACL-RSI)(12).

Em seguida, cada participante foi submetido a uma sequência de testes de força muscular, amplitude de movimento e estabilidade postural dinâmica. Para minimizar a interferência da fadiga muscular na coleta dos dados, os testes foram aplicados em uma sequência pré-definida: 1º amplitude de movimento de dorsiflexão do tornozelo com *Weight-Bearing Lunge Test*; 2º índice de estabilidade postural no BBT; 3º Y balance test; 4º força dos músculos posterolaterais do quadril com *Hip Stability Isometric Test* e 5º Força máxima concêntrica de extensão e flexão do joelho. Para evitar viés de mensuração, cada teste foi realizado pelo mesmo avaliador devidamente treinado.

Amplitude de Movimento

Os participantes se posicionaram de frente a uma parede, afastados por uma distância correspondente ao tamanho de seu braço, colocando os pés no chão, um à frente do outro, com o dedo grande do pé e o centro do calcânhar perpendiculares à parede, e foram instruídos a deslocarem o joelho da perna que está à frente com objetivo de tocar a parede, sem elevar o calcânhar. A aferição do ângulo de inclinação da tíbia foi realizada usando um inclinômetro posicionado 15 centímetros abaixo da tuberosidade anterior da tíbia (13). A média aritmética de três repetições foi utilizada para a análise dos dados.

Índice de Estabilidade Postural Biodex Balance Test

A avaliação consiste em cinco níveis diferentes de estabilidade da plataforma, em três repetições de 20 segundos. Em cada repetição, o teste começa no nível 6, que é mais estável, e termina no nível 2, mais instável(6). O participante deve estar descalço, em apoio unipodal na plataforma, seguindo as orientações de posicionamento informadas pelo aparelho, joelho do membro inferior avaliado levemente flexionado, braços ao longo do corpo e olhar voltado para a tela. Durante o teste, o participante foi encorajado a manter a plataforma na posição neutra, evitar apoiar-se nas barras laterais ou pôr o pé do membro não avaliado na superfície do aparelho.

Y balance Test

Com o objetivo de avaliar a estabilidade postural dinâmica, esse teste foi realizado posicionando três fitas métricas no chão, dispostas em uma angulação de 120° entre si(4). Os participantes realizaram o máximo alcance em apoio unipodal nas direções anterior,

posterolateral e posteromedial. Na direção anterior, o segundo dedo do pé de apoio foi posicionado na convergência das três fitas; nos outros dois alcances, o calcanhar. Com as mãos dispostas no quadril, foram realizadas três tentativas de familiarização e três válidas de alcance anterior para as duas pernas, seguido do alcance posterolateral e posteromedial, com intervalo de 15 segundos entre cada tentativa e um minuto entre os alcances, visando a minimizar a fadiga(14). Consideramos inválidas as tentativas em que não foi mantido o equilíbrio na fase de alcance ou retorno, retirada a mão do quadril, tocado o pé sobre a fita ou que tenha ocorrido elevação do calcanhar da perna em apoio(9). Para a análise estatística, a média aritmética das três tentativas válidas de cada alcance foi contabilizada e normalizada pela medida do tamanho da perna, mensurada com fita métrica da espinha íliaca anterossuperior ao maléolo medial da tíbia(4).

Força do Quadril

O *Hip Stability Isometric Test* foi utilizado para a análise da força de quadril, com o Dinamômetro Manual *Laffayette*[®](15). O paciente foi posicionado em decúbito lateral, com 45° de flexão de quadril e 90° de joelhos. Uma cinta inelástica foi utilizada para estabilizar o dinamômetro durante a avaliação da força, com o objetivo de eliminar o viés de aferição do avaliador. O dinamômetro foi posicionado a cinco centímetros do centro da articulação do joelho, e a força foi mensurada solicitando ao paciente o movimento combinado de abdução e rotação externa (RE) do quadril até 20°, mantendo os pés unidos. Foi realizada uma repetição de treino e utilizada a média de duas repetições válidas. Para a análise de dados, o valor foi normalizado pelo peso corporal.

Força máxima concêntrica de extensão e flexão do joelho

Um dinamômetro isocinético (Biodex[®] S4 Pro) foi usado para avaliar a força muscular dos extensores e flexores do joelho. Todos os participantes realizaram um aquecimento em bicicleta estacionária durante cinco minutos, antes da execução do teste, e foram posicionados na cadeira, com fossa poplíteia a dois centímetros do final do assento, e o eixo de movimento do aparelho alinhado com a linha intercondilar do joelho e o braço de alavanca preso dois centímetros acima do maléolo medial. Foram colocados cintos para estabilizar o tronco, o abdômen e a coxa do membro avaliado. Em seguida, estabelecemos os limites de amplitude de movimento de extensão e flexão máximas e pesagem do membro inferior a ser avaliado(2).

O protocolo utilizado consistiu de cinco repetições com intensidade máxima na velocidade de 60°/s para avaliação de força e 15 repetições a uma velocidade de 300°/s para avaliação de potência (CON/CON: TEST: 60/60, 300/300), com intervalo de 30 segundos entre as avaliações. Foram analisados os picos de torque e relação agonista/antagonista.

Análise Estatística

Todas as análises foram realizadas utilizando o *software* SPSS 24.0, com nível de significância de $p \leq 0,05$. A distribuição dos dados foi determinada usando o teste de Kolmogorov Smirnov. A caracterização da amostra foi analisada com medidas de tendência central e dispersão. Para a análise das correlações lineares entre as variáveis biomecânicas e o desempenho no YBT e BBT utilizamos o coeficiente de correlação de Pearson. Consideramos como forte correlação os valores, negativos ou positivos, apresentados entre ,70 a 1,00,

moderada correlação ,50 a ,70, fraca correlação ,30 a ,50 e correlação negligenciável ,00 a ,30(16).

Para analisar a interação não linear entre os alcances do YBT com os índices do BBT foi utilizada a Árvore de Classificação e Regressão (CART), usando como fatores influenciadores as variáveis biomecânicas (força muscular do complexo posterolateral do quadril, flexores e extensores do joelho e a amplitude de dorsiflexão do tornozelo). A CART é um modelo de classificação ou regressão, multivariado e não paramétrico, que desenvolve uma árvore de decisão e também possibilita a atribuição de pontos de corte para cada variável preditora (17,18). O desfecho principal foi dicotomizado entre bom desempenho e desempenho ruim no YBT, usando a frequência relativa até o percentil 33% (desempenho ruim) e acima do percentil 66% (desempenho bom). Dessa forma, foram excluídos da análise os membros fora desses parâmetros(19). Os critérios para o desenvolvimento da árvore foram: no mínimo 10% do tamanho total da amostra para formação de um nodo pai e 5% para nodo filho e validação cruzada de dez vezes (18). As notas de corte indicadas pela CART foram analisadas com regressão logística uni e multivariada, com o intuito de identificar o valor da *odds ratio* (OR) para o bom desempenho no YBT.

RESULTADOS

As médias, desvios padrões, frequências e percentuais da análise da caracterização da amostra estão contidos na tabela 1. As médias, desvios padrões e medidas de normalidade das variáveis biomecânicas e testes coletados estão contidos na tabela 2.

Inserir Tabelas 1 e 2 aqui.

Os resultados das correlações lineares entre as variáveis biomecânicas e YBT, BBT e a correlação entre os dois testes são apresentadas nas tabelas 3, 4 e 5 respectivamente.

Inserir Tabelas 3, 4 e 5 aqui.

A análise CART apresentou diferentes resultados de associação entre os membros lesionado e não lesionado para o desempenho do YBT com as variáveis biomecânicas e os índices de estabilidade do BBT.

Força de extensão do joelho a 60°/s abaixo de 186 N.m/kg foi apontada como primeiro preditor de desempenho ruim para o *composite* do membro lesionado. Quando esta se encontra acima desse valor, a associação entre índice de estabilidade global acima de 4,5° e força de extensão do joelho a 300°/s abaixo de 168,9 N.m/kg predizem o desempenho ruim. No membro não lesionado, o índice de estabilidade global acima de 6,8° se apresentou como principal preditor do desempenho ruim. Quando abaixo, sua associação com força de extensão do joelho a 300°/s abaixo de 114,4 N.m/kg e ADM de dorsiflexão abaixo de 35,1° complementam o modelo de predição. Os modelos estatísticos gerados apresentaram alta sensibilidade para predição do desempenho ruim no membro lesionado e não lesionado, classificando corretamente 22 dos 23 sujeitos (95,7%) para o membro lesionado e 23 dos 23 (100%) para o membro não lesionado, com valores de especificidade de 66,7% e 78,3%, respectivamente.

Inserir Figuras 1 e 2 aqui.

Em relação ao alcance anterior no membro lesionado, a primeira variável preditora foi força de extensão do joelho a 60°/s abaixo de 204,2 N.m/kg. Quando acima, o índice de estabilidade global acima de 5,7° complementou o modelo. Esse modelo de associação apresentou sensibilidade de 95,7%, classificando corretamente 22 dos 23 sujeitos com desempenho ruim e especificidade de 79,2%. Para o membro não lesionado, o índice de estabilidade global acima de 7° mostrou-se como primeira variável do modelo. Quando acima, sua associação com ADM de dorsiflexão abaixo de 38,5° ou com a relação agonista x antagonista a 60°/s abaixo de 39,7% ou, ainda, associada à força de flexão do joelho a 60°/s abaixo de 139,4 N.m/kg e índice de estabilidade mediolateral acima de 2,4° completam o modelo. A sensibilidade desse modelo foi de 100%, classificando corretamente todos os casos de desempenho ruim e especificidade de 66,7%.

Inserir Figuras 3 e 4 aqui.

O modelo preditivo para o alcance posterolateral no membro lesionado apresentou como primeira variável a força de flexão do joelho a 300°/s abaixo de 78,9 N.m/kg. Quando acima, sua associação com a força de extensão do joelho a 60°/s abaixo de 256,2 N.m/kg complementa o modelo, que apresentou sensibilidade de 95,7%, classificando corretamente 22 dos 23 sujeitos com desempenho ruim e especificidade de 54,2%. No membro não lesionado, o índice de estabilidade anteroposterior acima de 3° colocou-se como variável principal. Quando abaixo, sua associação com a força de flexão do joelho a 60°/s abaixo de 135,9 N.m/kg e ADM de dorsiflexão abaixo de 44,1° completam o modelo preditivo, que apresentou sensibilidade de 91,3%, classificando corretamente 21 dos 23 sujeitos com desempenho ruim e especificidade de 79,2%.

Inserir Figuras 5 e 6 aqui.

O modelo estatístico para o alcance posteromedial apontou, para o membro lesionado, a força de extensão do joelho a 300°/s abaixo de 118 N.m/kg como principal preditor para o desempenho ruim. Quando acima desse valor, sua associação com a relação agonista x antagonista a 60°/s abaixo de 45,2 N.m/kg ou novamente a força de extensão do joelho a 300°/s abaixo de 144,5 N.m/kg complementaram o modelo, que apresentou sensibilidade de 82,6%, classificando corretamente 19 dos 23 sujeitos com desempenho ruim e especificidade de 91,7. Para o membro não lesionado, a principal variável preditora de desempenho ruim foi o índice de estabilidade global acima de 5,7°, associado à força isométrica do quadril abaixo de 36,2 kgf/kg ou força de flexão do joelho a 300°/s acima de 82,4 N.m/kg. Esse modelo apresentou sensibilidade de 65,2%, classificando corretamente 15 dos 23 sujeitos com desempenho ruim e especificidade de 95,8.

Inserir Figuras 7 e 8 aqui.

DISCUSSÃO

Os resultados apontaram uma maior influência das variáveis biomecânicas no desempenho do YBT que no BBT. Essas variáveis apresentam associações dependentes do alcance específico e do membro testado (lesionado ou não lesionado). Pesquisas anteriores apresentam resultados semelhantes aos que encontramos.

A ADM de dorsiflexão em cadeia cinética fechada tem sido uma das variáveis mais pesquisadas acerca de sua correlação com YBT. Nessas pesquisas podemos encontrar valores de correlação moderada para mensurações com inclinômetro e fita métrica(20) em sujeitos

saudáveis ativos fisicamente ou com instabilidade crônica do tornozelo(21). Um estudo realizado em sujeitos saudáveis, utilizando regressão linear simples(10) apontou que a ADM de dorsiflexão foi responsável por 28% da variância do alcance anterior, o que sugere a influência de outras variáveis para o desempenho desse alcance. Nos modelos gerados pela CART essa variável apresentou-se como preditora apenas em associação com outras para o alcance anterior, posterolateral e *composite* do membro não lesionado, demonstrando a interdependência desta para a determinação do desempenho nesses alcances.

Em nossos resultados, a força do quadril foi moderadamente correlacionada com alcance posterolateral e *composite*, além de fracamente com posteromedial do membro não lesionado. Nos modelos CART, apresentou-se como preditora apenas para o alcance posteromedial do membro não lesionado, em associação com o índice de estabilidade global. Pesquisas anteriores também apontam correlação entre variáveis de força de quadril e os alcances do YBT. A força de extensão e flexão de quadril, mensuradas com dinamômetro manual, foram fracamente associadas com o alcance anterior, força de abdução, extensão e flexão com o alcance posterolateral em mulheres atletas(9). Rotação externa de quadril apresentou fraca correlação com alcance posteromedial(22). Estudo com sujeitos saudáveis apontou maior ativação muscular eletromiografia de glúteo médio para os alcances anterior e medial do que posteromedial no SEBT, enquanto que a atividade muscular de glúteo máximo não ultrapassou o limiar de 40% da máxima contração isométrica voluntária para os três alcances, evidenciando menor contribuição deste para o desempenho do teste(23).

Em outro estudo, pesquisadores encontraram maior associação entre força isométrica de abdução em detrimento de rotação externa e extensão de quadril, com YBT. Essas pesquisas analisaram essas variáveis de maneira segmentada; nossos resultados, mensurados com HipSIT, refletem a integração entre as forças de extensão, abdução e rotação externa de quadril(15), sendo uma medida mais funcional. Essas evidências corroboram nossos resultados e apontam uma maior influência da força do quadril para os alcances posterolateral e posteromedial.

As forças de extensão e flexão do joelho apresentaram maior número de correlações com os alcances do YBT, sendo consideradas importantes preditoras de desempenho em grande parte dos modelos gerados pela CART. Embora em grande número, essas correlações foram fracas ou moderadas, o que é ratificado pelas evidências científicas. Estudo com sujeitos pós R-LCA e controles saudáveis apontou correlação fraca entre força de quadríceps apenas para o alcance posterolateral(24). Para o estudo anteriormente citado, a força de quadríceps foi mensurada utilizando o protocolo de 180°/s no dinamômetro isocinético; em nosso estudo, utilizamos o protocolo de 60°/s e 300°/s para obter medidas de força máxima e potência. Essa diferença entre os protocolos utilizados pode ser um fator que explica a divergência entre os resultados das duas pesquisas. A força de flexão do joelho, medida com dinamômetro manual, foi correlacionada com alcance anterior, posterolateral e posteromedial(8). Apesar da expressividade dos resultados apresentados nessa pesquisa, a comparação com nossos resultados é limitada, pois os sujeitos da pesquisa citada são mulheres com idades entre 40 a 80 anos.

Em relação à potência dos membros inferiores, correlações moderadas foram encontradas entre *composite* e o salto com contra movimento em sujeitos atletas universitários e profissionais(25), sendo estes também resultados que apontam evidências, mas com pouca validade externa de comparação com os nossos resultados, devido à grande diferença entre os testes utilizados nas duas pesquisas.

A análise das correlações lineares e CART apontam associação entre os dois testes (YBT x BBT), sendo mais evidente para o membro não lesionado. Em grande parte dos modelos gerados pela CART as variáveis preditoras para o desempenho ruim apresentaram associação em seus alcances específicos com os resultados das correlações lineares. Em quase

todos os alcances o primeiro preditor de desempenho ruim apresentou correlação linear fraca ou moderada – essa afirmação não se aplicou apenas para o alcance posteromedial do membro não lesionado.

A análise CART apontou o índice de estabilidade global do BBT como importante preditor de desempenho ruim para a maioria dos alcances do YBT, nos membros lesionado e não lesionado. Apenas os alcances posterolateral e posteromedial do membro lesionado não apresentaram associação nos modelos gerados. Esses resultados podem ser decorrentes do fato de esses alcances também não apresentarem correlações lineares com os índices de estabilidade do BBT. Para o membro não lesionado, o grau de associação entre os dois testes foi mais evidente. O índice de estabilidade global é colocado como importante preditor de desempenho ruim para os alcances anterior, posteromedial e *composite*, seguido do índice de estabilidade anteroposterior como principal preditor para o alcance posterolateral. Esses resultados apontam para uma associação positiva entre desempenho ruim no BBT e do YBT, divergindo dos encontrados na literatura científica.

Em um estudo anterior, pesquisadores investigaram as correlações lineares entre YBT e BBT em sujeitos com e sem lesão de membros inferiores e não encontraram valores significantes para nenhum dos alcances e índices testados(6). A divergência entre os resultados pode decorrer da diferença entre os sujeitos das pesquisas. No nosso estudo foram incluídos apenas sujeitos que realizaram a cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior, em contrapartida, no outro, foram incluídos sujeitos sem lesão e com diversas lesões de membros inferiores. Outro fator de divergência é a análise estatística utilizada. Na pesquisa supracitada, as diferenças entre os resultados do YBT para os grupos com e sem lesão não foram estatisticamente significativas. Diante disso, a análise da correlação entre os testes não levou em consideração o membro lesionado e membro não lesionado separadamente, como feito no nosso estudo. Em outro estudo, em sujeitos saudáveis, pesquisadores verificaram as correlações entre YBT e BBT utilizando os limites de estabilidade postural(7). Nesse estudo também não foram encontradas associações entre os dois testes, e os autores concluíram que YBT e BBT limites de estabilidade provavelmente avaliem construtos diferentes da estabilidade postural.

Em contrapartida, YBT foi associado com equilíbrio medido com plataforma de força(26). Nesse estudo, os resultados apontaram correlações moderadas entre maiores alcances do YBT e menor área de deslocamento do centro de pressão do pé. Os pesquisadores concluíram que melhor desempenho no YBT está associado a melhor desempenho de equilíbrio na plataforma de força. Diante desses resultados, podemos inferir que a fraca associação entre os dois testes seja decorrente de suas diferentes características. Para o YBT, as reações de estabilidade postural são em decorrência do deslocamento da outra perna para realização dos alcances, enquanto que no BBT ocorre uma reação de estabilidade reflexa ao gradual aumento da instabilidade oferecido pela plataforma da máquina.

Sujeitos pós R-LCA podem apresentar resultados semelhantes para os índices de estabilidade do BBT utilizando estratégias diferentes para a manutenção da estabilidade postural(27). Essa foi a conclusão de um estudo que analisou a influência da dupla tarefa nos desfechos de estabilidade medidos com BBT. Os resultados para os índices de estabilidade não diferiram entre os grupos R-LCA e controles saudáveis, porém os resultados da tarefa cognitiva concomitante à estabilidade foram menores para o grupo R-LCA. Outros estudos também apontam diminuição da excitabilidade corticoespinal do quadríceps nos dois membros em sujeitos pós R-LCA(28) e aumento de estratégias visual-motoras para os movimentos de extensão e flexão do joelho(29), além de déficits proprioceptivos do membro lesionado em relação ao não lesionado(30). Esses resultados apontam que sujeitos pós R-LCA podem utilizar de estratégias diferentes entre os membros lesionado e não lesionado para a manutenção da estabilidade postural que não são mensuráveis para os dois testes, sendo essas

estratégias um possível fator que explicaria as diferentes correlações e associações apresentadas em nossos resultados entre membros lesionados e não lesionados.

O desenho de nosso estudo não permite definir relações de causa e efeito, avaliando apenas a associação dessas variáveis. A estratégia estatística adotada para a geração dos modelos CART reduziu o tamanho de nossa amostra ao excluir os sujeitos com desempenho regular, o que diminui a validade externa dos nossos resultados. Em nosso estudo não foram aplicados testes de dupla tarefa, que nos permitissem observar a contribuição de variáveis cognitivas nos resultados da nossa amostra. Mais estudos são necessários para considerar a interação de outras variáveis com o desempenho nos dois testes.

CONCLUSÃO

As variáveis biomecânicas testadas apresentam associação com o desempenho do YBT, sendo estas dependentes do alcance e do membro testado (lesionado ou não lesionado). YBT e BBT apresentam associação mais evidente para o membro não lesionado. As variáveis biomecânicas e os índices de estabilidade do BBT contribuem de maneiras diferentes para a determinação do desempenho no YBT, dependendo do membro avaliado. Sujeitos pós R-LCA podem apresentar diferentes estratégias para a manutenção do desempenho em tarefas de estabilidade postural dinâmica entre os membros lesionado e não lesionado.

A aplicação do YBT em sujeitos pós R-LCA devem considerar, em seus resultados, além da simetria entre membros nos alcances, as diferentes interações com as variáveis biomecânicas de força e potência de extensão e flexão do joelho, força do complexo posterolateral do quadril e ADM de dorsiflexão do tornozelo para definir qual a melhor intervenção, visando à melhoria da estabilidade postural dinâmica.

REFERÊNCIAS

1. Arden CL, Glasgow P, Schneiders A, Witvrouw E, Clarsen B, Cools A, et al. 2016 Consensus statement on return to sport from the First World Congress in Sports Physical Therapy, Bern. *Br J Sports Med* [Internet]. 2016 Jul;50(14):853–64. Available from: <http://bjsm.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bjsports-2016-096278>
2. Lima PO de P, Lima AA, Coelho ACS, Lima YL, Almeida GPL, Bezerra MA, et al. BIOMECHANICAL DIFFERENCES IN BRAZILIAN JIU-JITSU ATHLETES: THE ROLE OF COMBAT STYLE. *Int J Sports Phys Ther* [Internet]. 2017 Feb;12(1):67–74. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28217417>
3. Hegedus EJ, McDonough SM, Bleakley C, Baxter D, Cook CE. Clinician-friendly lower extremity physical performance tests in athletes: a systematic review of measurement properties and correlation with injury. Part 2—the tests for the hip, thigh, foot and ankle including the star excursion balance test. *Br J Sports Med*. 2015 May;49(10):649–56.
4. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the star excursion balance test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: A literature and systematic review. *J Athl Train*. 2012;47(3):339–57.
5. Chimera NJ, Warren M. Use of clinical movement screening tests to predict injury in sport. *World J Orthop* [Internet]. 2016;7(4):202. Available from: <http://www.wjgnet.com/2218-5836/full/v7/i4/202.htm>
6. Almeida GPL, Monteiro IO, Marizeiro DF, Maia LB, de Paula Lima PO. Y balance test has no correlation with the Stability Index of the Biodex Balance System.

- Musculoskelet Sci Pract [Internet]. 2017 Feb;27:1–6. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2468781216308244>
7. Glave AP, Didier JJ, Weatherwax J, Browning SJ, Fiaud V. Testing Postural Stability: Are the Star Excursion Balance Test and Biodex Balance System Limits of Stability Tests Consistent? *Gait Posture* [Internet]. 2016;43:225–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.09.028>
 8. Lee D-K, Kim G-M, Ha S-M, Oh J-S. Correlation of the Y-Balance Test with Lower-limb Strength of Adult Women. *J Phys Ther Sci* [Internet]. 2014;26(5):641–3. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4047222&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
 9. Ambegaonkar JP, Mettinger LM, Caswell S V, Burt A, Cortes N. Relationships between core endurance, hip strength, and balance in collegiate female athletes. *Int J Sports Phys Ther* [Internet]. 2014;9(5):604–16. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4196325&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
 10. Hoch MC, Staton GS, McKeon PO. Dorsiflexion range of motion significantly influences dynamic balance. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2011;14(1):90–2. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2010.08.001>
 11. Metsavaht L, Leporace G, Riberto M, de Mello Sposito MM, Batista LA. Translation and Cross-Cultural Adaptation of the Brazilian Version of the International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form. *Am J Sports Med* [Internet]. 2010 Sep 14;38(9):1894–9. Available from: <http://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2014.4865>
 12. Silva LO, Mendes LMR, Lima PO de P, Almeida GPL. Translation, cross-adaptation and measurement properties of the Brazilian version of the ACL-RSI Scale and ACL-QoL Questionnaire in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Brazilian J Phys Ther* [Internet]. 2017; Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1413355517304173>
 13. Powden CJ, Hoch JM, Hoch MC. Reliability and minimal detectable change of the weight-bearing lunge test: A systematic review. *Man Ther* [Internet]. 2015;20(4):524–32. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.math.2015.01.004>
 14. Ambegaonkar JP, Cortes N, Caswell S V, Ambegaonkar GP, Wyon M. Lower Extremity Hypermobility, But Not Core Muscle Endurance Influences Balance in Female Collegiate Dancers. *Int J Sports Phys Ther* [Internet]. 2016;11(2):220–9. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4827365&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
 15. Almeida GPL, Rodrigues HL das N, de Freitas BW, Lima PO de P. Reliability and Validity of Hip Stability Isometric Test (HipSIT): A New Method to Assess Hip Posterolateral Muscle Strength. *J Orthop Sport Phys Ther* [Internet]. 2017 Oct 9;1–24. Available from: <http://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2017.7274>
 16. Mukaka MM. A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. *Malawi Med J*. 2012;24(3):69–71.
 17. Loh W. Fifty Years of Classification and Regression Trees. *Int Stat Rev* [Internet]. 2014 Dec;82(3):329–48. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/insr.12016>
 18. Machuca C, Vettore M V, Krasuska M, Baker SR, Robinson PG. Using classification and regression tree modelling to investigate response shift patterns in dentine hypersensitivity. *BMC Med Res Methodol* [Internet]. 2017 Dec 14;17(1):120. Available from:

- <http://bmcmedresmethodol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12874-017-0396-3>
19. Franco N, Bittencourt N, Horizonte B. Modelo relacional capacidade e demanda: investigando lesões musculares na coxa em atletas jovens de futebol. Tese (Doutorado em Ciências da Reabilitação). 2015;69.
 20. Kang M-H, Lee D-K, Park K-H, Oh J-S. Association of ankle kinematics and performance on the y-balance test with inclinometer measurements on the weight-bearing-lunge test. *J Sport Rehabil* [Internet]. 2015;24(1):62–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24458334>
 21. Terada M, Harkey MS, Wells AM, Pietrosimone BG, Gribble PA. The influence of ankle dorsiflexion and self-reported patient outcomes on dynamic postural control in participants with chronic ankle instability. *Gait Posture* [Internet]. 2014;40(1):193–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.03.186>
 22. Gordon AT. Relationships between core strength, hip external rotator muscle strength, and star excursion balance test performance in female lacrosse players. *Int J Sport Phys Ther* [Internet]. 2013 Apr;8(2):97–104. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23593547>
 23. Norris B, Trudelle-Jackson E. Hip- and thigh-muscle activation during the star excursion balance test. *J Sport Rehabil* [Internet]. 2011;20(4):428–41. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22012497>
 24. Clagg S, Paterno M V., Hewett TE, Schmitt LC. Performance on the modified star excursion balance test at the time of return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther* [Internet]. 2015 Jun;45(6):444–52. Available from: <http://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2015.5040>
 25. Booyesen MJ, Gradidge PJ-L, Watson E. The relationships of eccentric strength and power with dynamic balance in male footballers. *J Sports Sci* [Internet]. 2015;33(20):2157–65. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02640414.2015.1064152%5Cnpapers2://publication/doi/10.1080/02640414.2015.1064152%5Cnhttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26153432>
 26. Rabello LM, Macedo C de SG, de Oliveira MR, Fregueto JH, Camargo MZ, Lopes LD, et al. Relação entre testes funcionais e plataforma de força nas medidas de equilíbrio em atletas. *Rev Bras Med do Esporte* [Internet]. 2014 Jun;20(3):219–22. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922014000300219&lng=pt&nrm=iso&tlng=en
 27. Rad S, Salavati M, Takamjani I, Akhbari B, Sherafat S, Negahban H, et al. Dual-Tasking Effects on Dynamic Postural Stability in Athletes With and Without Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Sport Rehabil*. 2016 Nov 26;
 28. Lepley AS, Gribble PA, Thomas AC, Tevald MA, Sohn DH, Pietrosimone BG. Quadriceps neural alterations in anterior cruciate ligament reconstructed patients: A 6-month longitudinal investigation. *Scand J Med Sci Sport*. 2015;25(6):828–39.
 29. Grooms DR, Page SJ, Nichols-larsen DS, Chaudhari AMW, White SE, Onate JA. Neuroplasticity associated with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Orthop Sport Phys Ther*. 2016;6:1–27.
 30. Relph N, Herrington L. The Knee Knee joint position sense ability in elite athletes who have returned to international level play following ACL reconstruction : A cross-sectional study. *Knee* [Internet]. 2016;1–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.knee.2016.09.005>

Tabela 1. Características dos participantes da amostra.

Variáveis	<i>Média (± desvio padrão)</i>
Idade (anos)	29 (± 7,6)
Peso (kg)	80,5 (± 14,0)
Altura (cm)	173,8 (± 7,2)
IMC (kg/m ²)	26,5 (± 3,78)
Escala de função do joelho (0-100)	69,4 (± 19,6)
IKDC	74,6(±13,9)
ACL-RSI	48,1(±17,8)
Tempo de cirurgia	<i>Frequência (%)</i>
6 meses a 1 ano	37(52,9)
1 a 2 anos	14(20)
3 a 4 anos	3(4,3)
4 a 5 anos	3(4,3)
5 anos ou mais	13(18,6)
Escolaridade	
Ensino Médio	35 (50,0)
Ensino Superior	30 (42,9)
Pós-Graduação	2 (2,9)
Não responderam	3 (4,3)
Gênero	
Masculino	62 (88,6)
Feminino	8 (11,4)
Membro Lesionado	
Direito	42 (60,0)
Esquerdo	28 (40,0)
Membro Dominante	
Direito	57 (81,4)
Esquerdo	13 (18,6)
Lesões associadas	
Menisco	32 (45,7)
Menisco e outras estruturas	9 (12,8)
LCP	1 (1,4)
LCL	1 (1,4)
Tipos de enxerto	
Flexores	62 (88,5)
Patelar	8 (11,4)
Retorno ao esporte	
Sim	40 (57,1)
Não	30 (42,8)
Retorno ao nível pré-lesão	
Sim	11 (15,7)
Não	59 (84,2)

IMC: índice de massa corporal; IKDC: *International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form*; ACL-RSI: *anterior cruciate ligament return to sport after injury*; LCP: ligamento cruzado posterior; LCL: ligamento colateral lateral.

Tabela 2. Descrição das variáveis biomecânicas, alcances do YBT e índices do BBT.

Variáveis	Média (± desvio padrão)
ML Força de extensão do joelho 60°/s (N.m/kg) ^a	214,7* (± 68,5)
MNL Força de extensão do joelho 60°/s (N.m/kg) ^a	277,5* (± 59,2)
ML Força de flexão do joelho 60°/s (N.m/kg) ^a	119,2* (± 31,9)
MNL Força de flexão do joelho 60°/s (N.m/kg) ^a	133,7* (± 28,4)
ML Força de extensão do joelho 300°/s (N.m/kg) ^a	129,8* (± 30,9)
MNL Força de extensão do joelho 300°/s (N.m/kg) ^a	150,3* (± 26,5)
ML Força de flexão do joelho 300°/s (N.m/kg) ^a	83,0* (± 16,5)
MNL Força de flexão do joelho 300°/s (N.m/kg) ^a	89,6* (± 18,4)
ML Índice de estabilidade global BBT (°)	5,7 (± 2,8)
MNL Índice de estabilidade global BBT (°)	5,9 (± 3,2)
ML Índice de estabilidade anteroposterior BBT (°)	3,1 (± 1,8)
MNL Índice de estabilidade anteroposterior BBT (°)	3,1 (± 1,8)
ML Índice de estabilidade mediolateral BBT (°)	4,1 (± 2,2)
MNL Índice de estabilidade mediolateral BBT (°)	4,4 (± 2,7)
ML Amplitude de movimento de dorsiflexão (°)	41,9* (± 5,9)
MNL Amplitude de movimento de dorsiflexão (°)	43,1* (± 6,4)
ML Força isométrica de quadril (kgf/kg) ^a	39,3* (± 10,0)
MNL Força isométrica de quadril (kgf/kg) ^a	42,1* (± 11,2)
ML Alcance anterior YBT (%) ^a	66,4* (± 5,4)
MNL Alcance anterior YBT (%) ^a	67,8* (± 5,3)
ML Alcance posterolateral YBT (%)	86,6* (± 8,2)
MNL Alcance posterolateral YBT (%)	88,5* (± 7,4)
ML Alcance posteromedial YBT (%) ^a	81,8 (± 8,9)
MNL Alcance posteromedial YBT (%) ^a	82,0 (± 9,3)
ML <i>Composite</i> YBT (%) ^a	78,3* (± 6,4)
MNL <i>Composite</i> YBT (%)	79,5* (± 6,0)

ML: membro lesionado; MNL: membro não lesionado; BBT: Biodex balance test; YBT: Y balance test; * diferença estatisticamente significativa entre ML e MNL; ^a distribuição normal de dados.

Tabela 3. Correlações entre YBT e variáveis biomecânicas

	YBT.ANT		YBT.PL		YBT.PM		YBT.CPT	
	ML	MNL	ML	MNL	ML	MNL	ML	MNL
Força de extensão do joelho 60°/s	0,45*	0,10	0,44*	0,33*	0,33*	0,23	0,47*	0,28*
Força de flexão do joelho 60°/s	0,22	0,17	0,40*	0,38	0,34*	0,27*	0,39*	0,35*
Força de extensão do joelho 300°/s	0,25*	0,03	0,36*	0,36*	0,38*	0,28*	0,40*	0,30*
Força de flexão do joelho 300°/s	0,16	0,13	0,37*	0,28*	0,30*	0,21	0,34*	0,26*
ADM de dorsiflexão	0,39*	0,39*	0,17	0,09	0,21	0,05	0,28*	0,18
Força isométrica de quadril	0,12	0,09	0,28*	0,53*	0,29*	0,35*	0,29*	0,42*

ADM: amplitude de movimento; YBT.ANT: alcance anterior Y balance test; YBT.PL: alcance posterolateral Y balance test; YBT.PM: alcance posteromedial Y balance test; ML: membro lesionado; MNL: membro não lesionado. *Correlação significativa a nível de $p \leq 0,05$.

Tabela 4. Correlações lineares entre BBT e variáveis biomecânicas.

	BBT.Est.AntPos		BBT.Est.MedLat		BBT.Est.Glob	
	ML	MNL	ML	MNL	ML	MNL
Força de extensão do joelho 60°/s	-0,22	-0,23*	-0,23	-0,18	-0,25*	-0,23
Força de flexão do joelho 60°/s	-0,29*	-0,20	-0,29*	-0,12	-0,33**	-0,17
Força de extensão do joelho 300°/s	-0,26*	-0,20	-0,24*	-0,17	-0,28*	-0,20
Força de flexão do joelho 300°/s	-0,40**	-0,07	-0,37**	-0,11	-0,44**	-0,11
ADM de dorsiflexão	-0,24*	-0,09	-0,23*	-0,16	-0,27*	-0,14
Força isométrica de quadril	-0,17	-0,27*	-0,25*	-0,04	-0,25*	-0,15

ML: membro lesionado; MNL: membro não lesionado; ADM: amplitude de movimento; BBT.Est.AntPos: índice de estabilidade anteroposterior do Biodex balance test; BBT.Est.MedLat: índice de estabilidade mediolateral do Biodex balance test; BBT.Est.Glob: índice de estabilidade global do Biodex balance test. *Correlação significativa a nível de $p \leq 0,05$.

Tabela 5. Correlações lineares entre YBT e BBT

	YBT.ANT		YBT.PL		YBT.PM		YBT.CPT	
	ML	MNL	ML	MNL	ML	MNL	ML	MNL
Índice de estabilidade global	-,266*	-,357**	-,290*	-,340**	-,286*	-,260*	-,332**	-,379**
Índice de estabilidade anteroposterior	-,182	-,334**	-,232	-,382**	-,254*	-,331**	-,269*	-,425**
Índice de estabilidade mediolateral	-,266*	-,306*	-,272*	-,248*	-,257*	-,162	-,311**	-,275*

ML: membro lesionado; MNL: membro não lesionado; YBT.ANT – Alcance anterior Y balance test; YBT.PL – Alcance posterolateral Y balance test; YBT.PM – Alcance posteromedial Y balance test.

*Correlação significativa a nível de $p \leq 0,05$.

FIGURAS

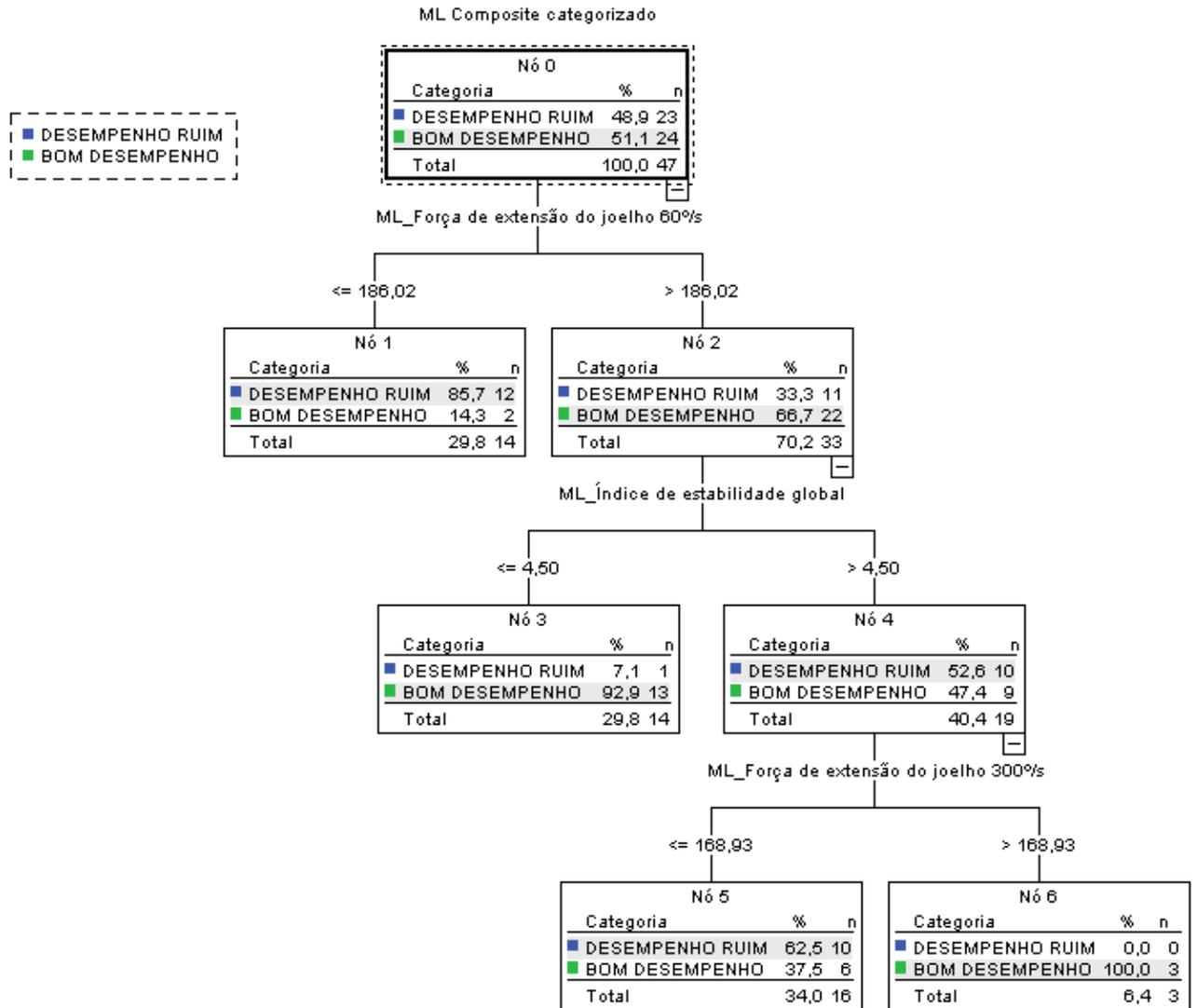


Figura 1. Árvore de Classificação e Regressão (CART) de fatores preditores de desempenho ruim para o *composite Y* balance test do membro lesionado.

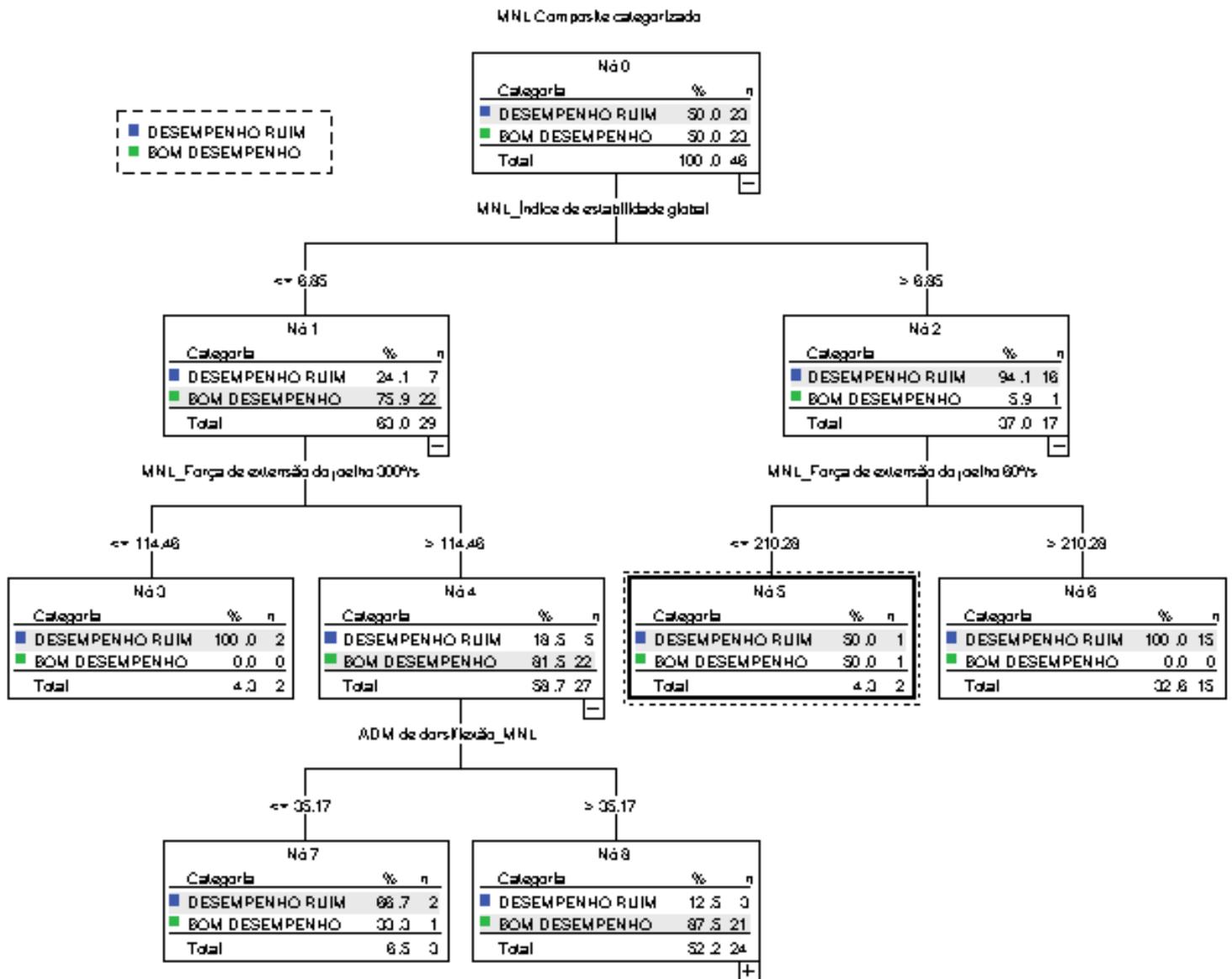


Figura 2. Árvore de Classificação e Regressão (CART) de fatores preditores de desempenho ruim para o *composite* Y balance test do membro não lesionado.

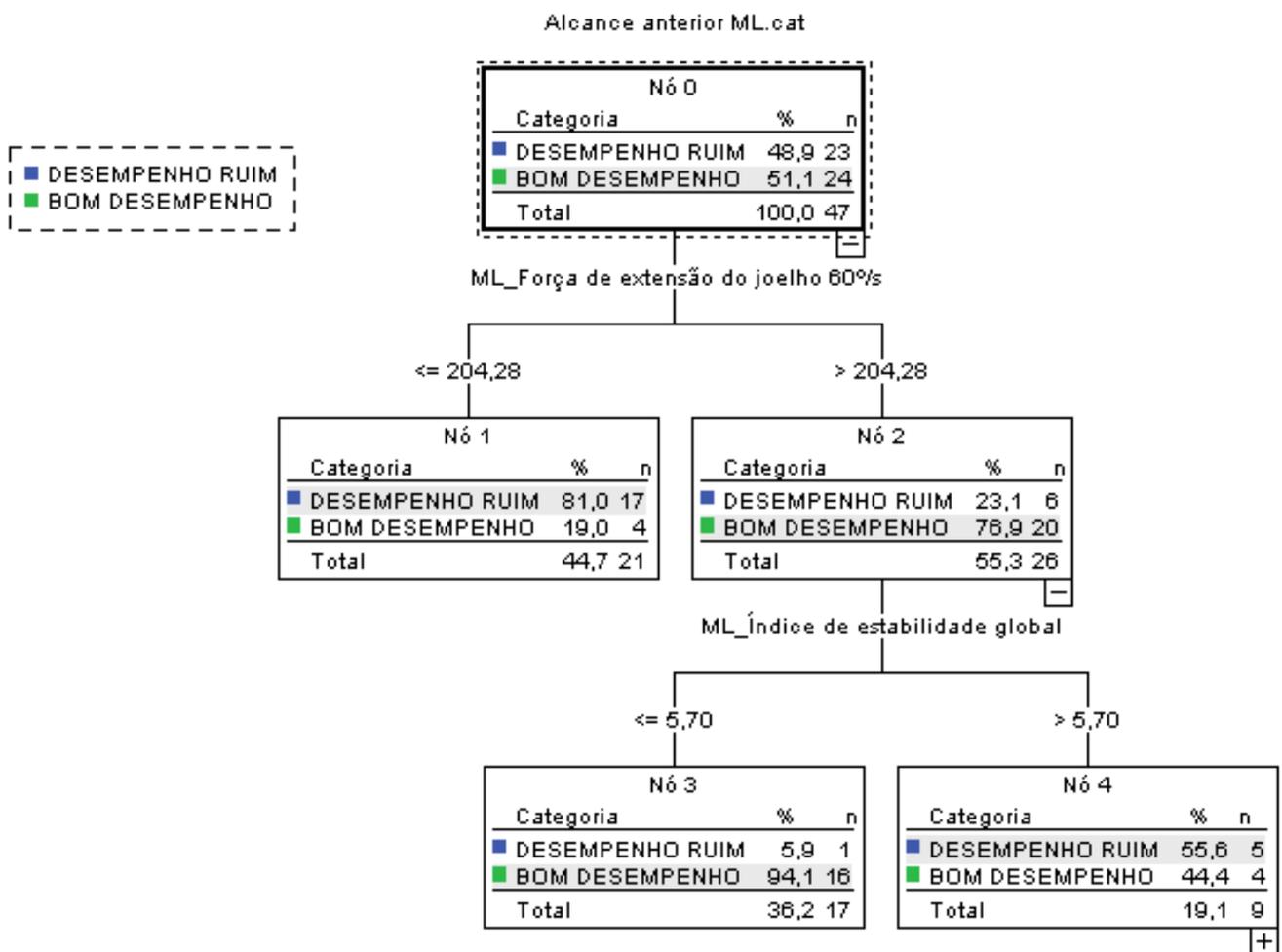


Figura 3. Árvore de Classificação e Regressão (CART) de fatores preditores de desempenho ruim para o alcance anterior Y balance test do membro lesionado.

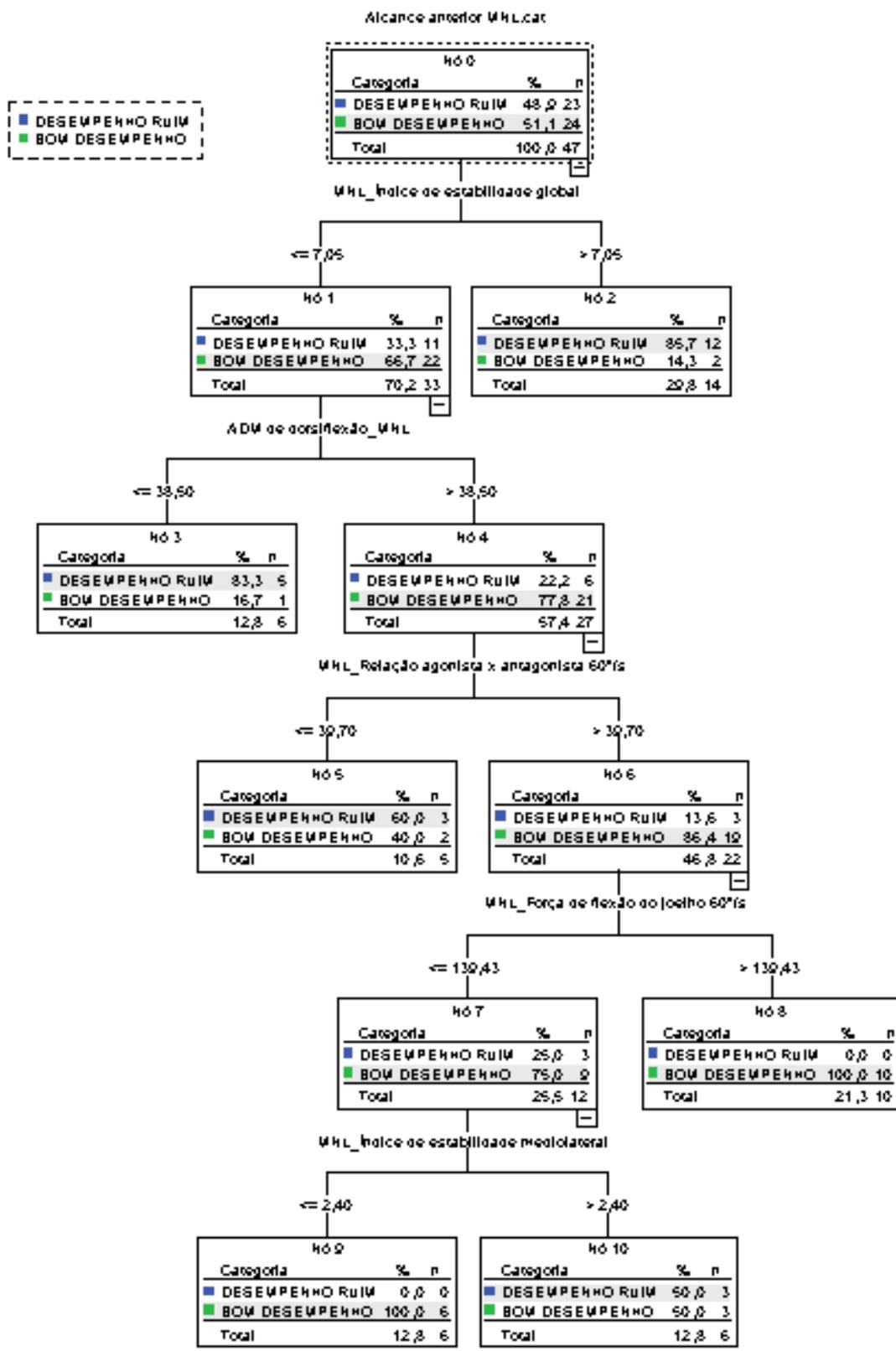


Figura 4. Árvore de Classificação e Regressão (CART) de fatores preditores de desempenho ruim para o alcance anterior Y balance test do membro não lesionado.

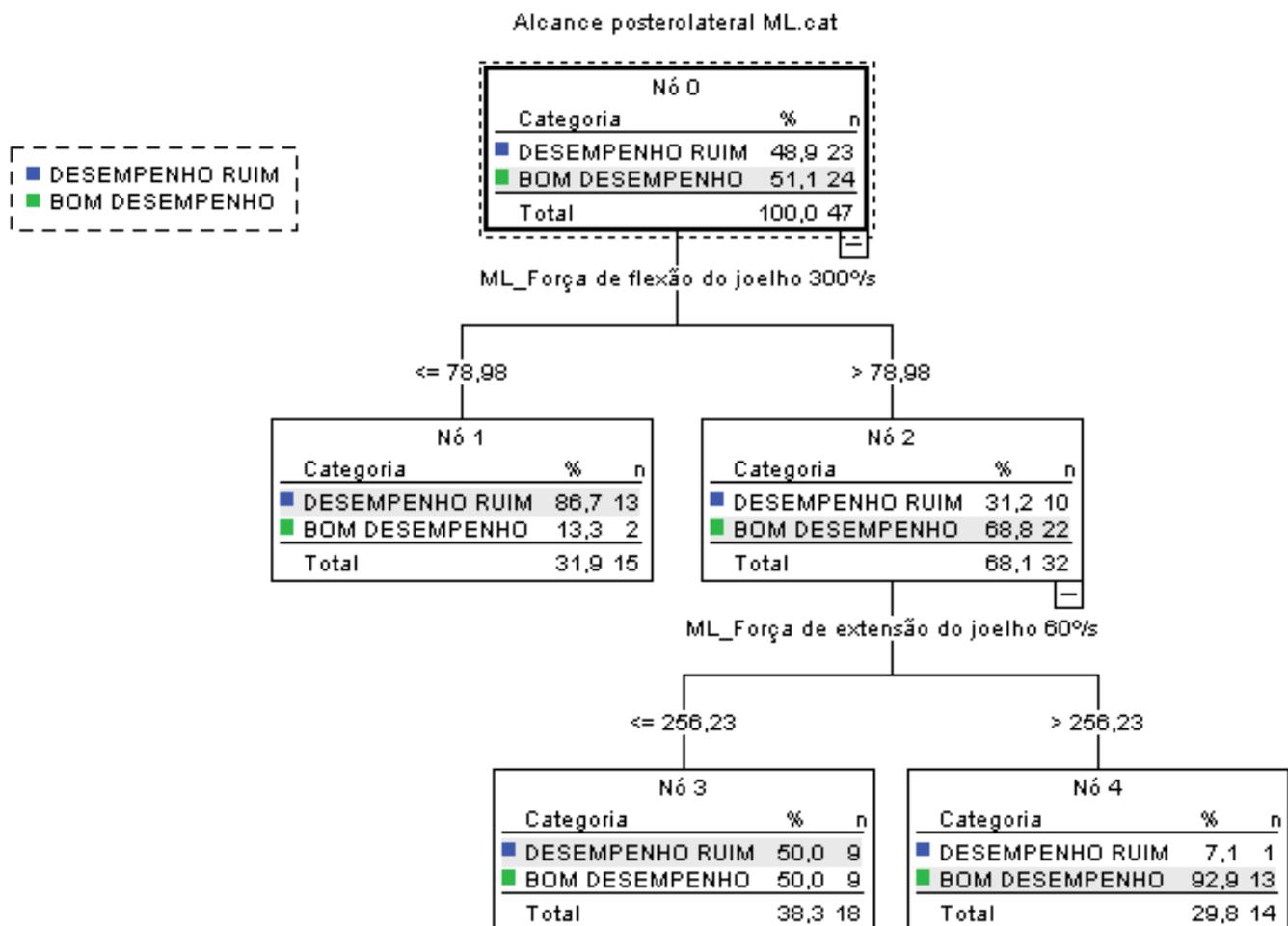


Figura 5. Árvore de Classificação e Regressão (CART) de fatores preditores de desempenho ruim para o alcance posterolateral Y balance test do membro lesionado.

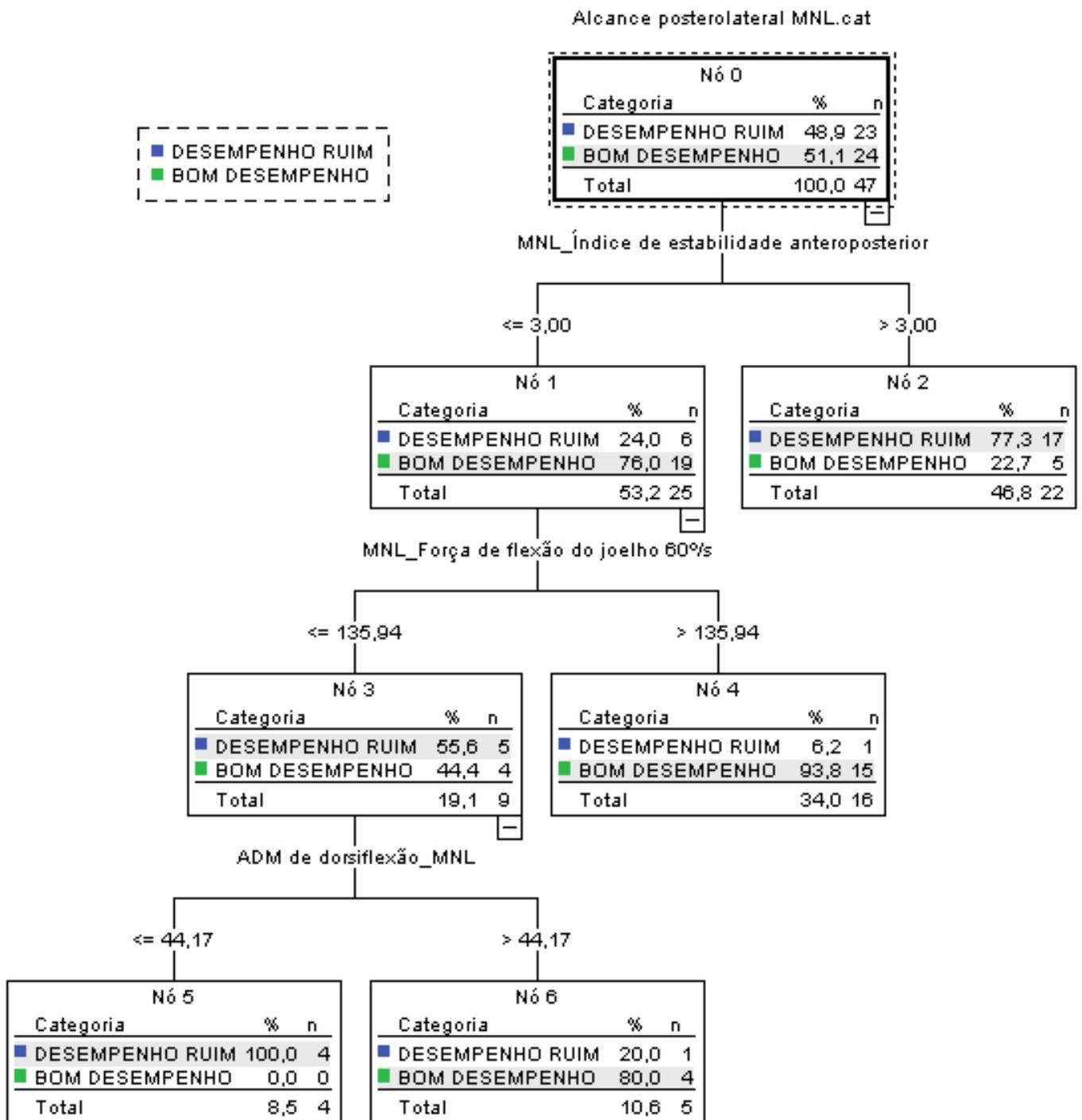


Figura 6. Árvore de Classificação e Regressão (CART) de fatores preditores de desempenho ruim para o alcance posterolateral Y balance test do membro não lesionado.

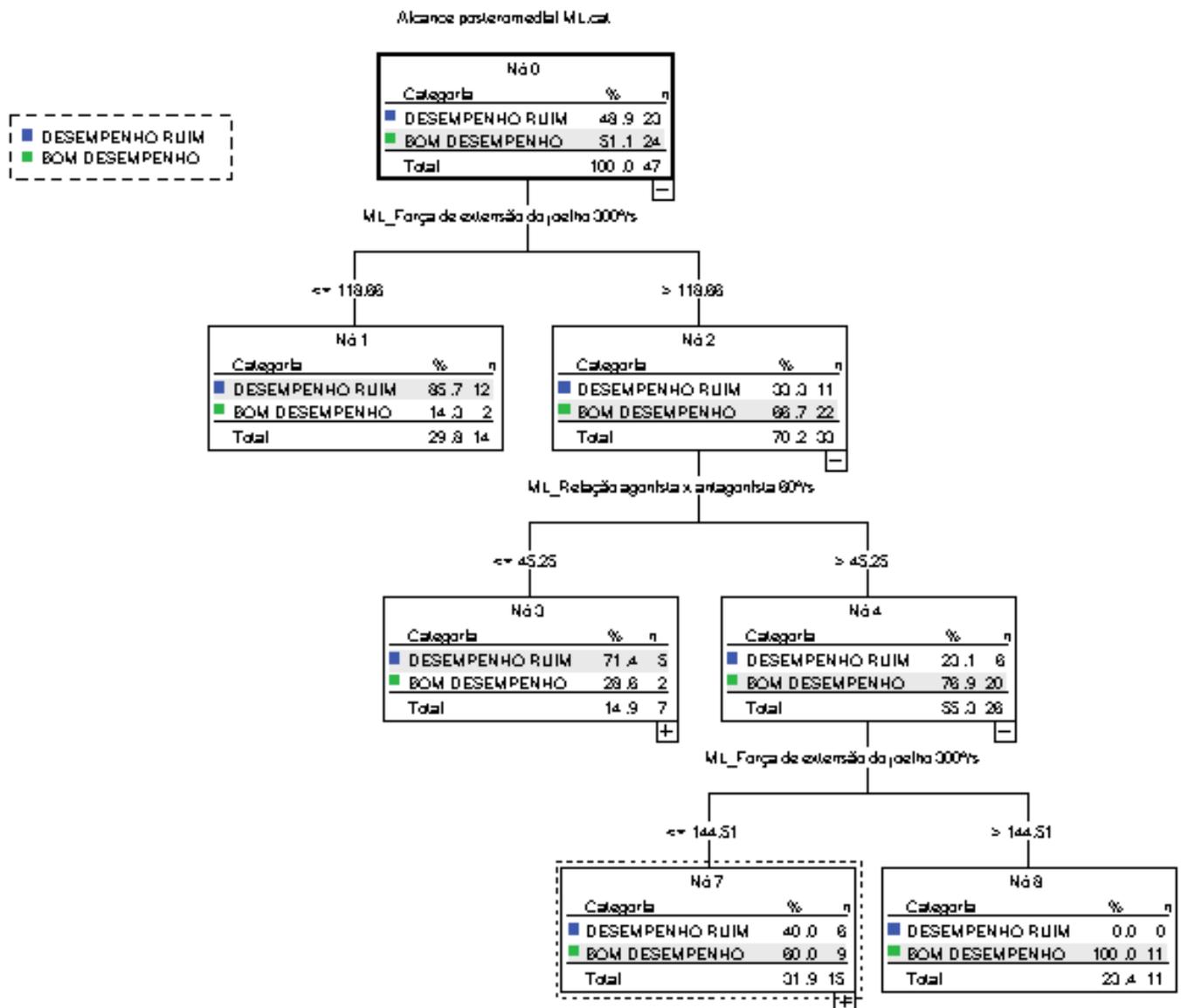


Figura 7. Árvore de Classificação e Regressão (CART) de fatores preditores de desempenho ruim para o alcance posteromedial no Y balance test do membro lesionado.

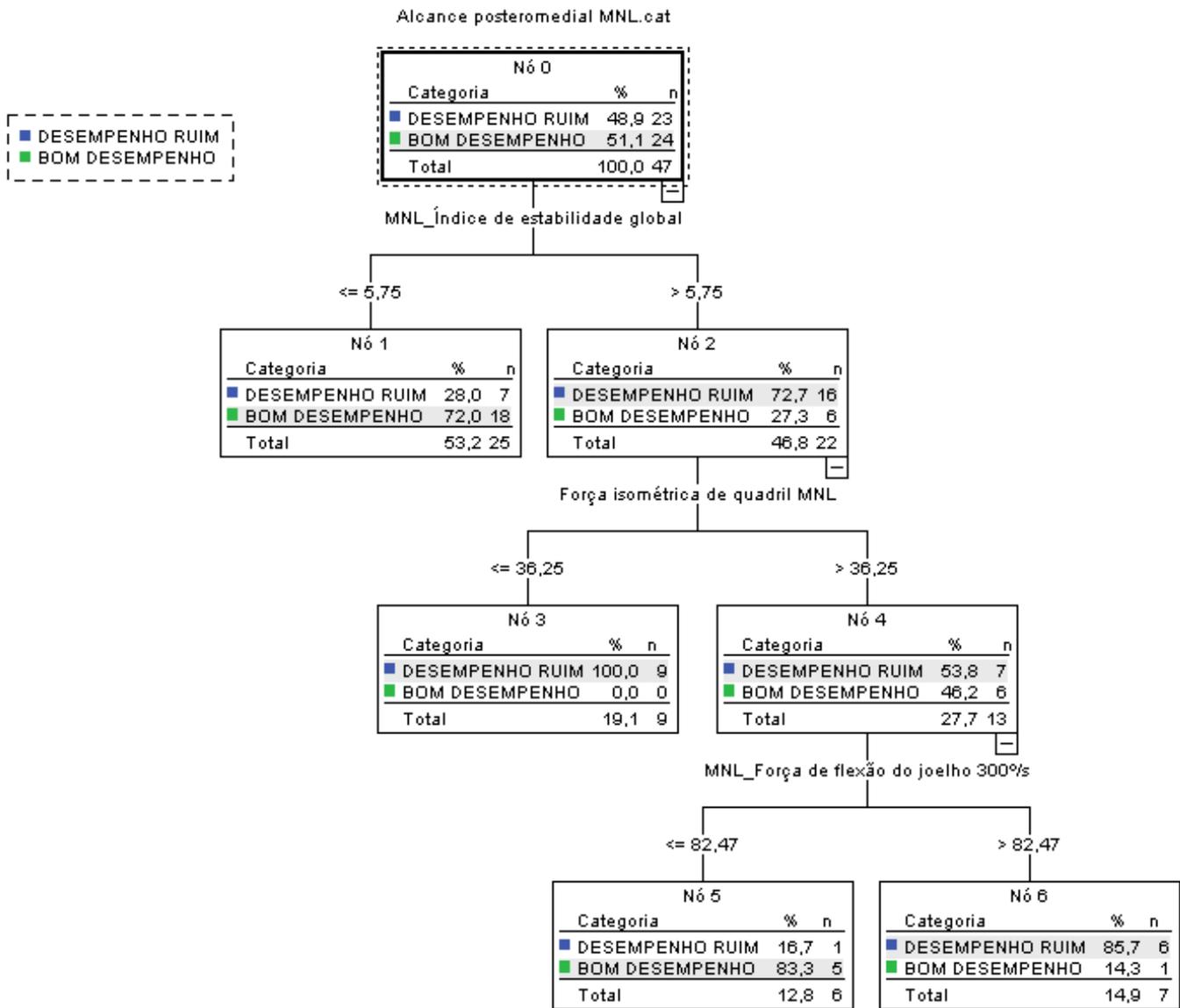


Figura 8. Árvore de Classificação e Regressão (CART) de fatores preditores de desempenho ruim para o alcance posteromedial Y balance test do membro não lesionado.