

Thiago Resende Inojossa

Comparação dos parâmetros isocinéticos de pacientes com condromalácia patelar e um grupo controle.

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Fisiopatologia Experimental.

Orientadora: Profa. Dra. Julia Maria D'Andrea Greve

São Paulo

2023

Thiago Resende Inojossa

**Comparação dos parâmetros isocinéticos de pacientes com
condromalácia patelar e um grupo controle**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Medicina da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciências

Programa de Fisiopatologia Experimental
Orientadora: Profa. Dra. Julia Maria D
Andrea Greve

São Paulo

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Inojossa, Thiago Resende
Comparação dos parâmetros isocinéticos de
pacientes com condromalácia patelar e um grupo
controle / Thiago Resende Inojossa. -- São Paulo,
2023.
Dissertação (mestrado)--Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo.
Programa de Fisiopatologia Experimental.
Orientadora: Julia Maria D Andrea Greve.

Descritores: 1.Condromalácia da patela
2.Dinamometria isocinética do joelho 3.Desequilíbrio
muscular 4.Músculo quadríceps/fisiopatologia
5.Debilidade muscular 6.Força muscular 7.Potência
muscular 8.Resistência muscular

USP/FM/DBD-506/23

Responsável: Erinalva da Conceição Batista, CRB-8 6755

Nome: INOJOSSA, Thiago Resende

Título: Comparação dos parâmetros isocinéticos de pacientes com condromalácia patelar e um grupo controle

Dissertação apresentada à Faculdade de
Medicina da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciências

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Profa. Dra. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

*Dedico este trabalho à minha família,
em especial a minha esposa Ana Júlia
por todo o incentivo, pela palavra certa,
na hora certa e por todo amor.*

AGRADECIMENTOS

A Dra. Júlia Maria D'Andrea Greve, referência na minha área de atuação, por me aceitar no programa, por toda a paciência e sabedoria.

A professora Angelica Alonso Castilho, por ser incansável na arte da docência e por me incentivar quando eu estava por desistir.

Ao professores Guilherme Brech e Vanderlei Carneiro Silva, pelos ensinamentos e por toda ajuda.

Aos colegas e pacientes, que de certa forma, me auxiliaram a estar aqui nesse momento.

LISTA DE ABREVIATURAS

PT.....	Pico de Torque
PT/BW (%) - Peak torque/body weight	Pico de Torque Corrigido pelo Peso Corporal
WRK/BW (%) - Work/body weight.....	Trabalho corrigido pelo peso corporal
TOT/WRK (%) - Total work	Trabalho total
CV (%)	Coeficiente de variação
TPT (MS) Time to peak torque.....	Tempo até o pico de torque
AG/ANT.....	Relação entre o agonista e o antagonista
AVGP (%) – Average Power.....	Média de Potência

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Caracterização dos participantes

TABELA 2. Comparação da força muscular a 60°/s entre os grupos Condromalacia vs Controle

TABELA 3. Comparação da potência muscular a 180°/s entre os grupos Condromalacia vs Controle

TABELA 4. Comparação da resistência muscular a 300°/s entre os grupos Condromalacia vs Controle

TABELA 5. A avaliação dos modelos, com os cálculos da acurácia, sensibilidade, especificidade, valores preditivos positivo e negativo

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. Análise de déficit entre membro acometido e não acometido de um mesmo grupo muscular em pacientes com condromalacia ao teste isocinetico a 60°/s

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Modelo preditivo para o desfecho Condromalácia

FIGURA 2. Modelo preditivo para o desfecho Condromalácia para o teste isocinético de força - velocidade angular de 60°/s

FIGURA 3. Modelo preditivo para o desfecho Condromalácia para o teste isocinético de potência - velocidade angular de 180°/s

FIGURA 4. Modelo preditivo para o desfecho Condromalácia para o teste isocinético de resistência- velocidade angular de 300°/s

LISTA DE FOTOS

FOTO 1. Posicionamento para a realização da avaliação isocinética de joelho.

RESUMO

Inojossa TR. Comparação dos parâmetros isocinéticos de pacientes com condromalácia patelar e grupo controle [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2023.

INTRODUÇÃO: A condromalácia patelar é caracterizada por degeneração da cartilagem, acomete adultos jovens, mais mulheres (2:1) e é responsável por 75% das queixas de dor no joelho na população ativa. A etiologia é multifatorial e pode ter relação com fatores extrínsecos (traumas e sobrecargas) e fatores intrínsecos (mal alinhamento patelar e fraqueza do quadríceps). A dinamometria isocinética (DI) pode auxiliar na detecção dos fatores causais da dor no joelho relacionados com a condromalácia patelar. **OBJETIVOS:** Comparar os parâmetros da dinamometria isocinética em indivíduos com e sem condromalácia patelar. Identificar quais parâmetros isocinéticos, demográficos e clínicos são preditores da condromalácia na amostra avaliada. **MÉTODOS:** Este é um trabalho retrospectivo, que analisou dinamometrias isocinéticas de flexores e extensores do joelho, realizadas entre 2013 a 2019 no setor de Dinamometria Isocinética do Hospital do Coração (Hcor) em pacientes com e sem condromalácia patelar. Os grupos foram pareados pelo sexo e idade. **RESULTADOS:** Na velocidade angular de 60°/s, as variáveis pico de torque e trabalho corrigidos pelo peso corporal, trabalho total dos extensores e flexores e relação flexão/ extensão foram menores no Grupo Condromalacia, com referência de dor após o teste. Nas velocidades de 180°/s e 300°/s, a potência e trabalho total dos flexores e extensores, respectivamente, foram menores no Grupo Osteoporose; **CONCLUSÃO:** O Grupo condromalácia tem pior desempenho na dinamometria isocinética na força, potência e resistência dos flexores e extensores do lado envolvido. O principal fator preditor da condromalácia é a dor. O maior coeficiente de variabilidade e tempo para atingir o pico de torque dos flexores do lado envolvido, a potência média e a morfologia da curva dos extensores também podem ser preditores da condromalácia.

Palavras-chave: Condromalácia da patela. Dinamometria isocinética do joelho. Desequilíbrio muscular. Músculo quadríceps/fisiopatologia. Debilidade muscular. Força muscular. Potência muscular. Resistência muscular.

ABSTRACT

Inojossa TR. Comparison of isokinetic parameters of patients with chondromalacia patella and a control group [Dissertation]. São Paulo: "Faculdade de Medicina de São Paulo"; 2023.

INTRODUCTION: Chondromalacia patellae is characterized by cartilage degeneration, affects young adults, more women (2:1) and is responsible for 75% of knee pain complaints in the active population. The etiology is multifactorial and may be related to extrinsic factors (trauma and burden) and intrinsic factors (patellar malalignment and quadriceps weakness). Isokinetic Dynamometry (ID) can aid in the detection of the causal factors of knee pain related to chondromalacia patellae. **OBJECTIVES:** to compare the parameters of the isokinetic evaluation of individuals with and without chondromalacia patellae and to correlate them with the clinical aspects of patients with chondromalacia. **METHODS:** This is a retrospective study that analyzed isokinetic Dynamometry of the knee flexors and extensors, performed between 2013 and 2019 in the Isokinetic Dynamometry sector of the Hospital do Coração (HCOR) in patients with and without chondromalacia patellae. **RESULTS:** At an angular velocity of 60°/s, the variables peak torque and work corrected for body weight, total work of extensors and flexors, and flexion/extension ratio were lower in the Chondromalacia group, with pain reference after the test. At speeds of 180°/s and 300°/s, the power and total work of the flexors and extensors, respectively, were lower in the Chondromalacia Group; **CONCLUSION:** The muscle parameters of the extensors and flexors of strength (peak torque), power and endurance were lower in the Chondromalacia Group. The main predictor of chondromalacia is pain. The greater coefficient of variability and time to reach peak torque on the involved side, the average power and morphology of the extensor curve can also be predictor of chondromalacia.

Keywords: Chondromalacia patellae. Isokinetic knee Dynamometry. Muscle imbalance. Quadriceps muscle/physiopathology. Muscle weakness. Muscle strength. Muscle power. Muscle endurance.

SUMÁRIO

Lista de abreviaturas

Lista de tabelas

Lista de gráficos

Lista de figuras

Lista de Fotos

Resumo

Abstract

Sumário

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
3. REVISÃO DA LITERATURA	18
3.1 Dinamometria Isocinética	18
3.2 Condromalacia Patelar	20
3.4 Dinamometria Isocinética Concêntrica em estudos de caso-controle	21
4. MÉTODOS	25
4.1 Desenho do estudo	25
4.2 Participantes	25
4.3 Metodologia	27
5. RESULTADOS	33
6. DISCUSSÃO	43
7. CONCLUSÃO	50
8. BIBLIOGRAFIA	51

1. INTRODUÇÃO

A síndrome da dor femoropatelar (SDFP), representa 25 a 40 % de todas as lesões de joelho. É mais comum em mulheres e é caracterizada pela presença de dor insidiosa na região retropatelar, agravada pela compressão articular, principalmente durante atividades que estressam a articulação: subir e descer escadas, agachamento e permanecer na posição sentada por longos períodos.¹⁻⁴ Budinger foi o primeiro autor que descreveu as alterações patológicas (fissuras) da cartilagem articular após realizar um procedimento de artrotomia em seus pacientes em 1906, já o termo “condromalacia patelar” foi utilizado pela primeira vez em 1924 por König e posteriormente por Aleman em 1927^{5,6}. A condromalácia acomete adultos jovens (15-30 anos), predomina em mulheres (2:1) e responde por 25-75% das lesões esportivas do joelho. Desenvolve-se de forma insidiosa com quadro doloroso durante ou após as atividades.^{3,4,7,8}

Os principais fatores intrínsecos ou disfunções biomecânicas são o aumento do ângulo Q, valgo dinâmico de joelho, desequilíbrio entre os estabilizadores dinâmicos mediais e laterais da patela, mau alinhamento entre a patela e troclea, pronação e eversão excessiva da articulação subtalar e fraqueza do quadríceps. Os fatores extrínsecos são relacionados com traumas e sobrecargas/ erros de treinamentos.^{9,10}

As definições da síndrome de dor femoropatelar e condromalácia patelar são controversas. Altukhova et al⁴ (2011); Aysin et al⁹ (2018); Dye et al¹⁰ (2014); Aksahin et al¹¹ (2016) e Sherman et al¹² (2014), descrevem a síndrome de dor femoropatelar como uma disfunção musculoesquelética incapacitante e a condromalácia patelar, como uma das causas, dada pelo mau alinhamento patelar, levando às lesões cartilaginosas. Habusta et al¹³ (2022) e Crossley et al¹⁴ (2016) consideram a síndrome de dor femoropatelar e a condromalácia patelar como uma única doença.^{2,7,14-18}

A fraqueza do músculo quadríceps é uma das principais causas das disfunções femoropatelares. Everhart et al¹⁹ (2019) e Ashnagar et al²⁰ (2020) associam as alterações da cartilagem patelar como causa da dor anterior do joelho, seguida de inibição do quadríceps e perda de força muscular no membro afetado.

O movimento isocinético foi introduzido por Hislop e Perrine em 1967, com a característica da resistência acomodativa, na qual, o indivíduo paciente pode desenvolver sua força máxima em toda amplitude de movimento em uma velocidade angular determinada. É considerada a ferramenta “padrão ouro” para avaliação quantitativa da função muscular.²¹⁻²⁴

2. OBJETIVOS

Geral

- Comparar os parâmetros da dinamometria isocinética em indivíduos com e sem condromalácia patelar.

Específicos

- Identificar quais parâmetros isocinéticos, demográficos e clínicos são preditores da condromalácia na amostra avaliada.
- Avaliar a importância da dinamometria isocinética para o diagnóstico e tratamento da condromalácia patelar.

3. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura apresenta hipóteses para os fatores desencadeantes para a síndrome da dor femoropatelar por uma série de trabalhos caso-controle em populações homogêneas, em sua maioria, militares, esportistas ou estudos com apenas um gênero em questão, comparando grupos acometidos por disfunções femoropatelaes com grupos sem alterações.

Os estudos utilizaram como ferramenta para comparação a avaliação isocinética na forma concêntrica, em diferentes velocidades angulares.

3.1 DINAMOMETRIA ISOCINÉTICA

Os primeiros dinamômetros descritos na literatura, com a finalidade de mensurar a capacidade muscular humana foram apresentados em 1763 em Londres e posteriormente em 1798 em Paris. Os conceitos sobre a contração muscular isocinética foram introduzidos na literatura em 1967 por Hislop e Perrine e seu uso se difundiu a partir da década de 80, desde então, a dinamometria isocinética é considerada “padrão ouro” na avaliação da performance quantitativa muscular.²⁵

3.1.1. CONCEITOS

A contração muscular isocinética é o movimento que ocorre em uma velocidade angular constante com resistência acomodativa. Durante o movimento, uma tensão muscular máxima pode ser gerada, pois a resistência é variável para igualar a tensão muscular produzida nos vários pontos da amplitude de movimento.²⁶

O exame fornece, através de um laudo, variáveis quantitativas para análise da performance muscular, sendo as mais utilizadas:^{23,25-30}

- *Torque* - é o produto da força aplicada pelo comprimento do braço de alavanca de atuação da força. Esta grandeza é expressa em Newton/metros e reflete o componente rotacional de uma força em relação a um sistema de alavancas

O torque gerado está relacionado à tensão musculotendínea, forças de contato e de translação articular. O parâmetro mais utilizado é o torque máximo ou pico de torque.

Esta variável é analisada de acordo com faixa etária e sexo. Pode ser normalizado pela massa corporal permitindo a comparação entre os indivíduos.

- *Trabalho total* - é o produto do torque pelo deslocamento angular e mede a energia desenvolvida durante a atividade muscular e é expresso em Joules (J).

Pode ser expresso de forma absoluta e normalizado pela massa corporal.

- *Potência* - é a quantidade de trabalho realizada durante um intervalo de tempo.

- *Relação entre grupo agonista e antagonista* - divide-se o torque máximo ou trabalho total do grupo mais fraco pelo mais forte e o valor é expresso em forma de porcentagem, permitindo avaliar o equilíbrio entre os dois grupos avaliados.

- Na articulação do joelho, a relação ideal entre flexor e extensor é 60%, onde valores abaixo caracterizam uma fraqueza da musculatura flexora e valores acima são relacionados à fraqueza dos extensores

Os parâmetros também são avaliados em relação à lateralidade (membro dominante e não dominante; afetado e não afetado e operado e não operado), mostrando as deficiências nos parâmetros do torque, trabalho e potência.

3.2 CONDROMALÁCIA PATELAR

A condromalácia patelar refere-se a um distúrbio, que consiste no amolecimento e fibrilação da cartilagem hialina que recobre as estruturas articulares da patela. É relatada como uma das razões mais comuns para dor anterior no joelho.^{7,31,32}

3.2.1 CLASSIFICAÇÃO

A condromalácia pode ser classificada em quatro grupos de acordo com Outerbridge em seu ensaio clínico de 1961. Nesse estudo, ele avaliou a cartilagem patelar de 196 meniscectomias médias para melhor entendimento de como a condromalácia patelar progrediu. Para tal afirmação, desenvolveu um sistema descritivo de classificação de acordo com a gravidade da lesão.^{33,34}

Esse sistema atribui lesões condrais grau I para amolecimento e edema; Grau II descreve um defeito de espessura parcial com fissuras que não excedam 0.5 polegadas de diâmetro ou alcancem o osso subcondral. A lesão grau III é caracterizada por fissura da cartilagem maior que 0.5 polegadas com acometimento do osso subcondral e por fim, a lesão Grau IV apresenta erosão da cartilagem articular e exposição do osso subcondral.^{33,34}

3.2.2 ETIOLOGIA

A dor anterior do joelho relacionada com a condromalácia patelar é uma das queixas mais comuns em adolescentes e adultos jovens, principalmente do sexo feminino, em atividades nas quais ocorre um aumento da pressão entre a patela e o fêmur, tais como: subir e descer escadas, agachamentos ou permanecer sentado por longos períodos.^{1,3,35}

A etiologia ainda é desconhecida. A dor, de início insidioso, localiza-se na região anterior (peripatelar) do joelho. A cartilagem é uma estrutura não inervada, não possui receptores de dor, sendo a dor pode ser justificada pelas outras estruturas envolvidas como o osso subcondral, a membrana sinovial, retináculo medial e lateral e coxim adiposo.^{8,31,32,35}

A literatura descreve como possíveis causas para a condromalácia patelar as alterações físicas individuais ou fatores intrínsecos, tais como aumento do ângulo Q, valgo de joelho e pronação excessiva da articulação subtalar, acarretando em mau alinhamento patelar e um aumento da força de cisalhamento entre a patela e o côndilo femoral. O aspecto mais importante descrito na literatura é a fraqueza da musculatura do quadríceps.^{1,36-39}

O desequilíbrio da musculatura do quadríceps em relação aos demais músculos, principalmente o vasto lateral e o vasto medial oblíquo podem resultar em um deslizamento anormal da patela em relação ao sulco troclear no movimento de extensão e flexão do joelho. Alguns autores descrevem a inibição da musculatura do quadríceps, secundária a dor, como possível causa desse desequilíbrio.⁴⁰⁻⁴⁵

Além desses fatores, a patologia pode ser desencadeada por fatores externos ou extrínsecos, como traumas ou através de atividade física excessiva ou realizada de forma inadequada.^{10,45,46}

3.3 DINAMOMETRIA ISOCINÉTICA CONCÊNTRICA EM ESTUDOS CASO-CONTROLE

Saral et al em 2022 realizaram um estudo com 113 voluntários diagnosticados com condromalácia patelar, com idade entre 18 e 45 anos, divididos em dois grupos. O grupo condromalácia com 48 participantes e o grupo controle com 65 participantes. Foi realizada avaliação isocinética a 60°/s e 180°/s no modo concêntrico. Ao final do ensaio, os voluntários do grupo condromalácia apresentaram menores valores para o pico de torque a 60°/s para extensores e

flexores em relação ao grupo controle. Não houve alteração com relação ao trabalho total a 180°/s.⁴⁷

Ouazzani et al em 2021 acompanharam 39 mulheres e 19 homens, com idades entre 22 e 68 anos, totalizando 58 sujeitos. Os sujeitos da pesquisa apresentaram diagnóstico de SDFP seguido de dor por no mínimo 3 meses. Este acompanhamento foi realizado de 2018 a 2020, totalizando dois anos. A dinamometria isocinética (concêntrica, nas velocidades angulares 60°/s e 180°/s) mostrou diminuição do torque máximo corrigido pela massa corporal dos flexores e extensores. Não houve desequilíbrio na relação flexão/ extensão e nem alteração na morfologia da curva do torque máximo (U invertido).⁴⁸

Briani et al em 2021 avaliaram 56 pacientes do sexo feminino com diagnóstico de SDFP e 46 como grupo controle pela dinamometria isocinética, na forma concêntrica na velocidade angular de 30°/s. Houve deficiência da força dos flexores e dos extensores no grupo SDFP, sendo predominante a deficiência do grupo flexor.⁴⁹

Hirschmüller et al em 2017 avaliaram 24 pacientes, sendo 5 mulheres e 19 homens, com idade entre 15 e 55 anos. Todos os pacientes apresentavam lesão de cartilagem e encontravam-se na fase pré-operatória de joelho. Para esse estudo, foi realizada avaliação isocinética na forma concêntrica a 60°/s. Os autores observaram uma diferença em torno de 15 a 20% em relação ao pico de torque de quadríceps entre os membros, o membro não acometido apresentou em média 21.5 a 29.5 Newtons de predomínio em relação ao membro acometido por lesão de cartilagem.⁵⁰

Soonyoung em 2016 comparou 32 mulheres com SDFP com 25 mulheres sem queixas. Foi feita a dinamometria isocinética na velocidade angular 60°/s dos flexores e extensores do joelho. Houve diminuição do torque máximo no grupo SDFP em relação ao grupo controle com para extensores e flexores do joelho bilateralmente.⁵¹

Hande Gunney et al em 2014, avaliaram 46 mulheres com SDFP unilateral. Foi utilizado um aparelho Biodex System 3 nas velocidades 60°/s e 180°/s, no modo concêntrico. Observou-se uma deficiência do torque máximo

dos extensores nas duas velocidades testadas, não foi observada alteração com relação aos flexores.⁵²

Piazza et al em 2013, avaliaram 52 mulheres entre 16 e 38 anos. Desse total, 23 mulheres apresentaram quadro de SDFP e 29 não apresentavam sintomas. A avaliação isocinética foi realizada nas velocidades de 60°/s e 180°/s. Os resultados mostraram diminuição no torque máximo para extensores e flexores na velocidade de 60°/s e diminuição do trabalho total a 180°/s no grupo SDFP, seguido de dor referida pelo grupo SDFP ao realizar o teste isocinético.⁵³

Yosmaoglu et al em 2013, avaliaram 43 mulheres diagnosticadas com SDFP e 31 mulheres saudáveis para o grupo controle, com idade entre 20 e 40 anos. A avaliação foi realizada com dinamometria isocinética nas velocidades de 60°/s e 180°/s. Foi observada uma diminuição significativamente relevante para o pico de torque dos extensores e flexores no grupo SDFP nas duas velocidades testadas, seguida de diminuição de endurance na velocidade 180°/s no grupo SDFP para quadríceps e flexores.⁵⁴

Duvigneaud et al em 2008 avaliaram e seguiram 62 militares femininas de 18 a 34 anos, sem queixa de SDFP desde o início do treinamento militar pelo período de 6 semanas. A dinamometria isocinética foi feita nas velocidades de 60°/s e 240°/s (concêntrica) e 30°/s (excêntrica). Quarenta e dois por cento das recrutas que tinham diminuição do torque corrigido pelo peso corporal e desequilíbrio na relação flexão/ extensão apresentaram disfunção da articulação femoropatelar.⁵⁵

Meza et al em 2008 compararam 22 pacientes com SDFP a 23 pacientes controle, de ambos os sexos, entre 15 e 40 anos. A dinamometria isocinética foi feita nas velocidades de 90° e 180°. Ao realizar uma comparação entre grupos, o torque máximo, trabalho e potência estavam diminuídas no grupo SDFP para extensores e flexores em comparação ao grupo controle. O membro assintomático apresentou valores superiores em todas as variáveis estudadas a 90° e 180° em comparação ao membro sintomático no grupo SDFP, porém, tais valores não foram significativamente relevantes.⁵⁶

Olmo et al em 2007 avaliaram em 22 atletas de futebol profissional, com idade média de 25 anos. Foi realizada dinamometria isocinética na velocidade

60°/s na forma concêntrica. Houve diminuição do torque máximo no membro acometido pela SDFP em comparação ao membro não acometido, seguido de inflexão da curva para extensores e dor ao movimento.¹⁸

Hazneci et al em 2005 realizaram um ensaio com o objetivo inicial de comprovar a eficácia do exercício isocinético na reabilitação de pacientes com SDFP. Para esse estudo, 48 voluntários atletas amadores foram divididos em dois grupos com o mesmo número de participantes em cada, sendo um grupo de pacientes com SDFP e um grupo controle. Para avaliação isocinética foram utilizadas as velocidades angulares de 60°/s e 180°/s. Ao final do estudo foi observada uma diminuição dos valores para o grupo SDFP para extensão e flexão nas variáveis pico de torque a 60°/s e trabalho total a 180°.⁵⁷

Van Tiggelen et al em 2004 realizaram um ensaio com 96 militares, com idade entre 17 e 24 anos, os militares foram divididos em dois grupos, 31 recrutas apresentavam dor anterior de joelho e 65 pertenciam ao grupo controle. Foi realizada avaliação isocinética a 60°/s e 240°/s. O grupo que referiu dor anterior de joelho apresentou valores inferiores para pico de torque absoluto e pico de torque corrigido pelo peso corporal em comparação ao grupo controle na velocidade angular 60°/s, não foram observadas alterações para velocidade angular 240°/s.⁵⁸

Callaghan & Oldham em 2004 avaliaram 57 pacientes com diagnóstico de SDFP e 10 voluntários para um grupo de controle. A avaliação isocinética foi realizada a 90°/s. Os autores realizaram uma comparação entre o membro saudável e o membro acometido dentro do grupo SDFP através da análise do pico de torque. Com relação ao grupo controle, a análise foi realizada comparando-se o membro dominante e o não dominante. A diferença permaneceu por volta de 18.4% entre membros no grupo SDFP e por volta de 7.6% no grupo controle. Além disso, o grupo SDFP apresentou índices de torque menores em relação ao grupo controle para avaliação da extensão de joelho.⁵⁹

Duffey et al em 2000 avaliaram 99 corredores com SDFP e 70 corredores saudáveis. As avaliações foram feitas nas velocidades de 60°/s e 240°/s. Os autores referem deficiência bilateral do quadríceps no Grupo SDFP no torque máximo a 60°/s e deficiência de flexores e extensores na velocidade de 240°/s.⁶⁰

Witvrouw et al em 2000 realizaram um estudo com duração de 2 anos em estudantes atletas amadores. Participaram deste estudo 282 voluntários com idades entre 17 e 21 anos de ambos os sexos. Os estudantes foram divididos em 2 grupos, sendo o grupo SDFP com 24 estudantes e o grupo controle com 258 voluntários. A avaliação isocinética foi realizada nas 3 velocidades angulares; 60°/s, 180°/s e 240°/s. Ao final do estudo, não foram encontradas alterações significativamente relevantes com relação às variáveis isocinéticas entre os grupos.¹⁷

4. MÉTODOS

4.1 DESENHO DO ESTUDO

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Associação Beneficente Síria – Hospital do Coração (HCOR) com o número 4.545.528 em 05 de novembro de 2021.

Este é um trabalho retrospectivo, que analisou dinamometrias isocinéticas de joelho, realizadas entre 2013 a 2019 no setor de Dinamometria Isocinética do Hospital do Coração (Hcor) em pacientes com e sem condromalácia patelar, pareados pelo sexo e idade.

4.2 PARTICIPANTES

Foram incluídas todas as dinamométricas isocinéticas do joelho feitas no período selecionado. Foram incluídas 690 dinamométricas de indivíduos de ambos os sexos, com idade de 14-59 anos. Foram divididas em:

- *Grupo Condromalácia* – 342 dinamométricas isocinéticas, de pacientes com diagnóstico de condromalácia patelar feito previamente pelo exame clínico e pela ressonância nuclear magnética.
- *Grupo Controle* – 348 exames de pacientes sem diagnóstico de condromalácia patelar.

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

- Idade 14-59 anos
- Ambos os sexos
- Grupo Condromalácia - diagnóstico clínico condromalácia patelar dada por médico/
- Grupo Controle – sem lesão ou doença da articulação do joelho.
- Ambos os grupos – sem cirurgias prévias no joelho.
- Ausência de traumas ou cirurgias anteriores

CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

- dados incompletos da dinamometria isocinética

4.3 METODOLOGIA

Dinamometria isocinética

FOTO 1. Posicionamento do paciente para realização da avaliação isocinética.



A dinamometria isocinética foi realizada no equipamento Biodex, modelo Norm, edição 3 do setor de fisioterapia do Hospital do Coração – Hcor na cidade de São Paulo.

Foram feitos os seguintes procedimentos:

- Aquecimento por cinco minutos em bicicleta ergométrica sem carga, 50 rpm.
- Cadastramento do paciente no sistema do equipamento (nome, data nascimento, massa corporal, altura, membro dominante e membro acometido). No Grupo Controle, o sistema elege, automaticamente, o membro não dominante como o membro acometido.
- Posicionamento: paciente é colocado na posição sentada com encosto a 85° de inclinação e 90° de flexão dos joelhos e quadril.
- Fixação – são colocados cintos em forma de X para estabilização do tronco e um cinto pélvico para prevenir compensações durante o teste. A coxa do membro testado é fixada com uma faixa.
- Alinhamento do equipamento
 - a. Eixo mecânico de rotação do dinamômetro alinhado com o eixo de rotação da articulação do joelho
 - Porção distal da alavanca do dinamômetro foi posicionada acima do maléolo lateral
 - b. O membro testado foi alinhado evitando a linha do quadril.
- Foi feita a correção da gravidade pelo peso do membro testado (40°).
- O teste inicia-se com o membro não envolvido (não dominante).
- A amplitude de movimento variou de 0° (extensão completa) até 100° de flexão.
- Pré-teste – são realizadas três repetições (flexão e extensão do joelho) submáximas para familiarização com o movimento do teste.
- Teste – foram feitas cinco repetições máximas na velocidade angular de 60°; cinco repetições máximas na velocidade angular de 180° e 20 repetições máximas na velocidade angular. Foi respeitado um intervalo de 30 segundos entre cada série.
- Após a conclusão, iniciou-se o mesmo processo no membro acometido ou dominante.

Escala visual analógica de dor

- Ao final do teste, o paciente aponta um número na escala visual analógica (EVA)⁶¹ com relação à presença de dor durante e após o teste. A EVA é uma linha reta horizontal, com numeração de 0 a 10:
 - a. 0 (zero) - nenhuma dor
 - b. 1 a 2 - dor leve
 - c. 3 a 7 - dor moderada
 - d. 8 a 10 - dor forte

Todas as avaliações foram realizadas pelo mesmo fisioterapeuta, acompanhadas de um encorajamento verbal e esclarecimentos quanto a execução e resultados.

Parâmetros analisados dos músculos flexores e extensores joelho

- Velocidade de 60°/s:
 - Torque máximo;
 - Torque máximo corrigido pelo peso corporal;
 - Relação agonista/antagonista flexores e extensores dos joelhos;
 - Comparação torque máximo entre membros (deficiência);
 - diferença maior que 20% entre os membros.
 - Tempo para atingir o torque máximo;
 - Coeficiente de variação entre as repetições;
 - Trabalho Total;
 - Trabalho Total Corrigido pelo peso corporal;
 - Morfologia da curva;
 - presença ou ausência de inflexão.
- Velocidade de 180°/s:
 - Potência média;
 - Tempo para atingir o torque máximo;
 - Coeficiente de variação entre as repetições;
- Velocidade de 300°/s:
 - Tempo para atingir o torque máximo;
 - Coeficiente de variação entre as repetições;

- Trabalho total;
- Trabalho total corrigido pelo peso corporal;

Os dados foram armazenados no sistema do equipamento e foram obtidos através dos laudos de resultados emitidos e formatados pelo equipamento. A fraqueza muscular foi avaliada através do pico de torque a 60°/s para extensores e flexores de joelho, separados entre faixa etária e sexo.^{24,61}

Análise estatística:

As variáveis categóricas foram descritas quanto à distribuição de frequências em valores absolutos e percentuais.

A normalidade na distribuição de variáveis quantitativas foi avaliada com o teste Shapiro Wilk e apresentadas por média, desvio padrão e mediana.

A análise para associações entre sexo, dor e faixa etária com a presença de Condromalácia foram realizadas como o teste Chi-Quadrado e Teste Exato de Fisher, quando apropriado.

Comparação entre medianas segundo a presença vs. ausência de Condromalácia foram realizadas com o teste Mann–Whitney.

As análises descritivas para caracterização da amostra e comparações entre grupos foram realizadas no software Stata, versão 17. O nível de significância foi fixado em $p < 0.05$.

Árvore de Decisão – Algoritmo Rpart

Foram construídos modelos de árvore de decisão para predição de condromalácia.

As análises foram realizadas no software R, versão 4.2.2, com uso dos pacotes “rpart”, “rpart plot”, “e1071” e “caret”, os quais são necessários para construção dos modelos, visualização das árvores de decisão e cálculo das métricas de avaliação por meio da matriz de confusão. O algoritmo “rpart” identifica os preditores em escala de importância para prever um dado desfecho (por ex. Condromalácia). Em cada nível da árvore, o modelo identifica um ou mais preditores, dentre o conjunto de variáveis analisadas, que permite uma divisão melhor da amostra segundo as suas características. Os preditores que identificam a possibilidade de ocorrência de uma classe, dentre as classes possíveis, auxiliam a divisão da amostra por meio de nós de decisão. Cada nó pode ter dois ou mais ramos e este vai conduzir a uma folha da árvore. Para que uma decisão ocorra, o fluxo começa na raiz, que é o ponto de partida, e os atributos que dividem os participantes, representados pelos nós da árvore, determinam o próximo passo do fluxo. Os parâmetros utilizados para construção dos modelos foram: split = "information" [divisão por ganho de informação], minsplit = 20 [número mínimo de observações em um nó], method = "cv" [validação cruzada], maxdepth = 5 [nível de profundidade], cp = 0.01 [divisões que não melhorem o desempenho devem ser removidas]. O conjunto de dados original foi subdividido em treino e teste, na proporção 70% e 30%, respectivamente, com o uso da função “sample”.

Foram construídos quatro modelos de árvore de decisão com o objetivo de avaliar a consistência entre os preditores, sendo que todos foram construídos com o mesmo desfecho. O conjunto de preditores incluídos em cada árvore segue conforme descrito a seguir.

Modelo 1: Incluiu como preditores: idade, sexo, membro envolvido, fraqueza muscular (>20% diferença entre membros), presença de inflexão na morfologia da curva e de dor;

Modelo 2: todas as variáveis incluídas no Modelo 1 e parâmetros isocinéticos (60°/s) dos extensores e flexores do membro envolvido: pico de torque sem e com correção pela massa corporal, tempo para atingir o pico de torque, déficit do quadríceps e flexores em relação ao membro contralateral, trabalho total com e sem correção pelo peso corporal para quadríceps e flexores e eficiente de

variação. Também foi incluída a relação flexores/ extensores de ambos os membros avaliados.

Modelo 3: todas as variáveis incluídas no Modelo 1 e parâmetros isocinéticos dos extensores e flexores ($180^\circ/\text{s}$) do membro envolvido: tempo para atingir pico de torque, coeficiente de variação e potência média.

Modelo 4: todas as variáveis incluídas no Modelo 1 e parâmetros isocinéticos ($300^\circ/\text{s}$) dos flexores e extensores do membro envolvido: tempo para atingir o pico de torque, coeficiente de variação e trabalho total.

A avaliação dos modelos foi realizada a partir da “confusionMatrix”, com os cálculos da acurácia, sensibilidade, especificidade, valores preditivos positivo e negativo, ocorreram no subconjunto de testes. Os valores reais – correspondente a classificação do indivíduo em pertencer ao grupo Controle ou grupo Condromalácia – foram cruzados com as predições realizadas pelo algoritmo a partir dos preditores incluídos em cada um dos 4 modelos de árvore de decisão. Desta forma, comparação da classe verdadeira/real vs. classe predita pelo algoritmo.

RESULTADOS

Não houve diferença em relação a sexo e idade e a dor foi maior no grupo Condromalácia (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização da amostra

	Controle N(%)	Condromalácia N(%)	Qui-quadrado (p)
Sexo			
Feminino	154 (44,2)	156 (45,6)	0,12 (0,71)
Masculino	194 (55,7)	186(54,4)	
Dor			
Sem Dor	324(93,1)	242(70,8)	60,11(P<0,001) *
Leve (1-2)	4(1,1)	8(2,3)	
Moderada (3-7)	20(5,7)	87(25,4)	
Intensa (8-10)	0(0,0)	5(1,5)	
Idade			
10 - 19	23(6,6)	24(7,0)	0,25(0,99)
20 - 29	66(19,0)	69(20,2)	
30 - 39	122(35,1)	118(34,5)	
40 - 49	90(25,9)	87(25,4)	
50 - 59	47(13,5)	44(12,9)	

*Teste de qui quadrado / Teste Exato de Fisher
<0,05**

Na tabela 2 observam-se os valores encontrados na dinamometria isocinética na velocidade de 60°/s.

Tabela 2. Comparação da potência muscular a 60°/s entre os grupos Condromalácia vs Controle

	Controle		Condromalácia		p-valor
	M(dp)	Mediana	M(dp)	Mediana	
Lado Envolvido					
Extensores					
PT/BW (%)	263,1(55,7)	263,5	242,4(60,2)	240	P<0,001*
WRK/BW(%)	261,1(59,2)	260,5	242,4(59,1)	244,5	P<0,001*
TOT/WRK(J)	898,1(268,1)	866	820,8(265,3)	792	P<0,001*
CV(%)	5,8(2,4)	5,5	7,3(3,3)	6,8	P<0,001*
TPT(MS)	519(124,8)	520	527,1(130,7)	530	0,41
AG/ANT	55(7,7)	54,5	55,5(14,0)	52,5	0,01*
Flexores					
PT/BW (%)	144,1(32,8)	143,5	130,6(29,7)	130	P<0,001*
WRK/BW(%)	157,1(50,6)	153	143,1(37,5)	141	P<0,001*
TOT/WRK(J)	526,4(180,2)	503	482,8(166,1)	489,5	P<0,001*
CV(%)	5,1(2,7)	4,6	6,6(3,8)	5,8	P<0,001*
TPT(MS)	364(87,9)	350	388(111,8)	360	0,01*
Lado Não Envolvido					
Extensores					
PT/BW (%)	277,7(59,5)	278,5	266,6(55,2)	265	0,01*
WRK/BW(%)	284,6(62,2)	284	272,1(53,9)	267	0,01*
TOT/WRK(J)	980(295,8)	955,5	928(276,6)	886,5	0,04*
CV(%)	5,9(3,0)	5,5	6,0(2,9)	5,5	0,47
TPT(MS)	562(119,5)	560	565,5(119,9)	570	0,59
AG/ANT	52,8(7,0)	52	51,2(8,5)	50	P<0,001*
Flexores					
PT/BW(%)	146,4(34,1)	143	135,3(29,3)	134	P<0,001*
WRK/BW(%)	164,4(43,3)	163	153,0(37,5)	150	P<0,001*
TOT/WRK(J)	562(193,8)	541	516,8(175,1)	509	P<0,001*
CV(%)	5,4(2,9)	4,7	5,9(3,2)	5,35	0,04*
TPT(MS)	407(111,5)	390	413(114,7)	390	0,48

Teste Mann-Whitney

*<0,05**

Legenda:

PT/BW (%) -Peak torque/body weight (Pico de Torque Corrigido pelo Peso Corporal); WRK/BW (%) Work/body weight (Trabalho corrigido pelo peso corporal); TOT/WRK (J) Total work (Trabalho total); CV (%) Coeficiente de variação; TPT (MS) Time to peak torque (Tempo até o pico de torque); AG/ANT Relação entre o agonista e o antagonista.

Na tabela 3 observam-se os valores encontrados na dinamometria isocinética na velocidade de 180°/s.

Tabela 3. Comparação da potência muscular a 180°/s entre os grupos Condromalácia vs Controle

		Controle		Condromalácia		<i>p-valor</i>
		M(dp)	Mediana	M(dp)	Mediana	
Lado Envolvido						
Extensores						
	CV(%)	5,8(2,9)	5,3	6,7(3,7)	5,8	P<0,001*
	TPT(MS)	201,1(44,8)	210	195,9(43,3)	200	0,19
	AVGP(%)	221,7(86,9)	215,5	203,4(76,6)	189,5	P<0,001*
Flexores						
	CV(%)	6,4(3,2)	5,8	7,7(3,8)	6,95	P<0,001*
	TPT(MS)	149,4(49,2)	130	147,9(46,4)	130	0,93
	AVGP(W)	136,8(58,8)	129,5	123(56,3)	120,5	P<0,001*
Lado Não Envolvido						
Extensores						
	CV(%)	5,7(3,3)	5,1	5,5(2,7)	4,9	0,83
	TPT(MS)	209,9(44,5)	210	205,3(40,5)	210	0,13
	AVGP(W)	233,9(89,9)	225,5	229,4(148,8)	212,5	0,13
Flexores						
	CV(%)	6,7(3,5)	6,1	6,5(3,1)	6,1	0,97
	TPT(MS)	151,2(54,1)	130	147,3(48,5)	130	0,72
	AVGP(W)	139,4(59,5)	127	127,5(57,1)	124	P<0,001*

Teste de Mann-Whitney
<0,05*

Legenda:

CV (%) - Coeficiente de Variação; TPT (MS) Time to peak torque (Tempo até o pico de torque); AVGP (W) Average Power (Média de Potência)

Na tabela 4 observam-se os valores encontrados na dinamometria isocinética na velocidade de 300°/s.

Tabela 4. Comparação da resistência muscular a 300°/s entre os grupos Condromalácia vs Controle

	Controle		Condromalácia		<i>p</i> -valor
	M(dp)	Mediana	M(dp)	Mediana	
Lado Envolvido					
Extensores					
CV(%)	13,1(4,0)	12,85	14,1(4,8)	13,5	0,01*
TPT(MS)	140,4(21,8)	140	142,5(21,5)	140	0,29
TOT/WK(J)	1509,4(529,1)	1470,5	1406(478,8)	1322	0,01*
Flexores					
CV(%)	12,6(4,5)	12,1	14,4(5,9)	13,5	P<0,001*
TPT(MS)	155,2(25,7)	150	159,5(27,7)	160	0,06
TOT/WK(J)	1005(391)	961,5	939(345)	849	P<0,001*
Lado Não Envolvido					
Extensores					
CV(%)	13,5(3,9)	13,3	13,5(4,3)	13,2	0,82
TPT(MS)	138,5(22,5)	140	140,2(19,9)	140	0,21
TOT/WK(J)	1587,7(572,8)	1540,5	1500,1(504)	1492	0,09
Flexores					
CV(%)	13,1(4,8)	12,85	12,8(4,7)	12,1	0,38
TPT(MS)	153,0(25,6)	150	157,2(26,4)	150	0,07
TOT/WK(J)	1010,9(407,2)	935,5	907(345,5)	867	P<0,001*

Teste de Mann-Whitney
p<0,05*

Legenda:

CV (%) - Coeficiente de Variação; TPT (MS) Time to peak torque (Tempo até o pico de torque); TOT/WK (J) Total Work (Trabalho Total)

Na Figura 1 observa-se o pico de torque dos extensores e flexores do joelho do grupo condromalácia do joelho envolvido e não envolvido e a diferença (%) entre eles.

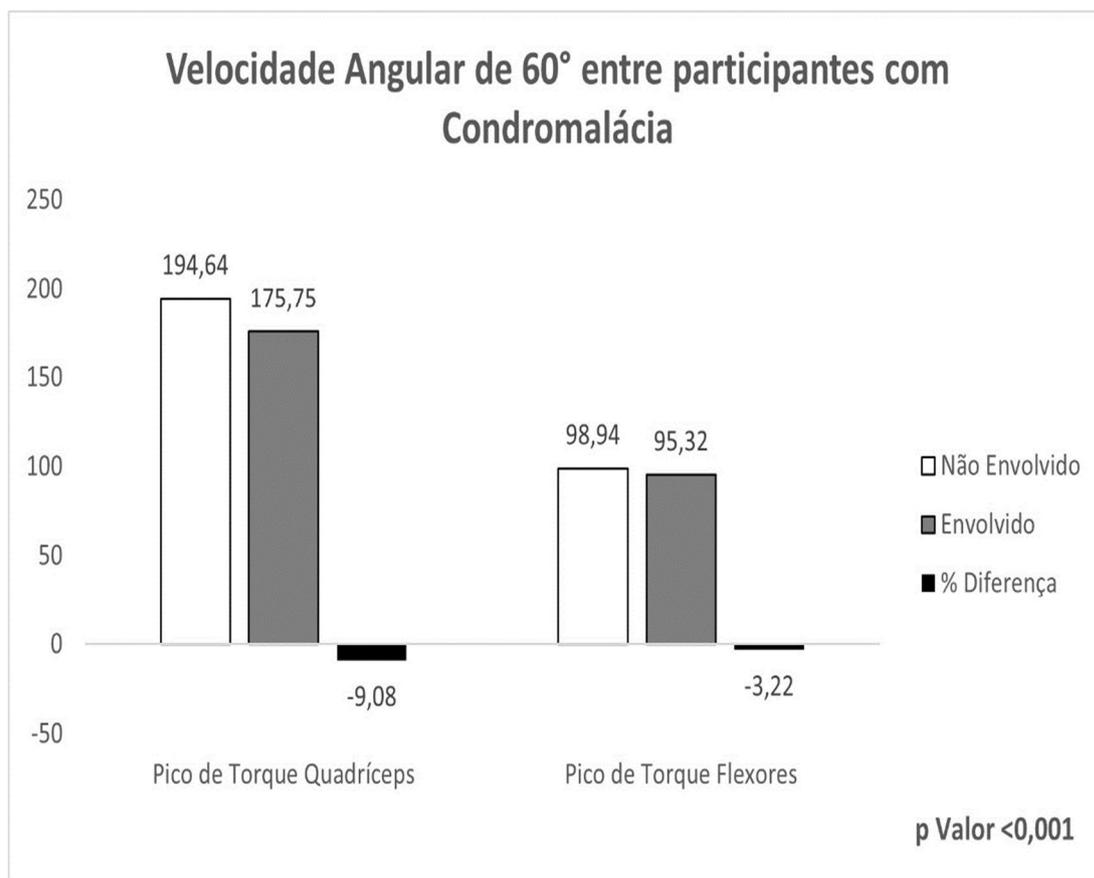


Figura 1 - Pico de torque dos extensores e flexores do joelho do lado envolvido e não envolvido e diferença expressa em porcentagem (deficiência) na dinamometria isocinética (60°/s) de indivíduos com condromalácia.

Análise dos preditores

Foram analisados quatro modelos de árvore de decisão com o desfecho com e sem condromalácia.

Modelo 1 (demografia, fraqueza muscular, dor e morfologia da curva). (Figura 2)

A presença de dor e morfologia da curva foram os preditores mais importantes, os indivíduos com dor estão associados ao Grupo Condromalácia (20% da amostra). Nos participantes sem dor e morfologia normal da curva houve associação com o grupo Controle (77% da amostra). Nos casos sem dor e morfologia alterada houve associação com o Grupo Condromalácia (3% da amostra).

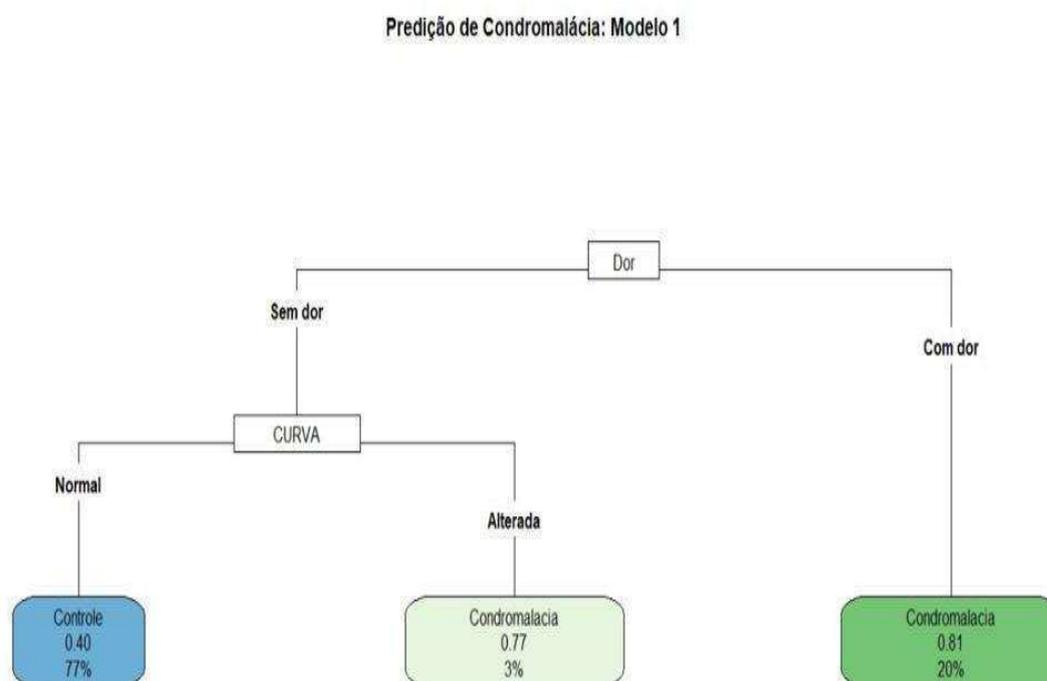


Figura 2. Modelo preditivo 1 para o desfecho Condromalácia com parâmetros demográficos, fraqueza muscular e morfologia da curva da dinamometria isocinética (60°/s)

Modelo 2 - (modelo 1 + parâmetros isocinéticos a 60°/ s e dor) (Figura 2)

A dor foi associada ao Grupo Condromalácia (20% amostra); pico de torque corrigido pelo peso corporal dos flexores do lado envolvido maior ou igual 169% foi associado ao Grupo Controle (14% da amostra). A ausência de dor e pico de torque corrigido pelo peso corporal dos flexores do lado envolvido menor que 169% e deficiência dos extensores menor que 27% foram associados ao Grupo Controle (63% da amostra). A deficiência dos extensores maior ou igual a 27% foi associado ao Grupo Condromalácia (2% da amostra).

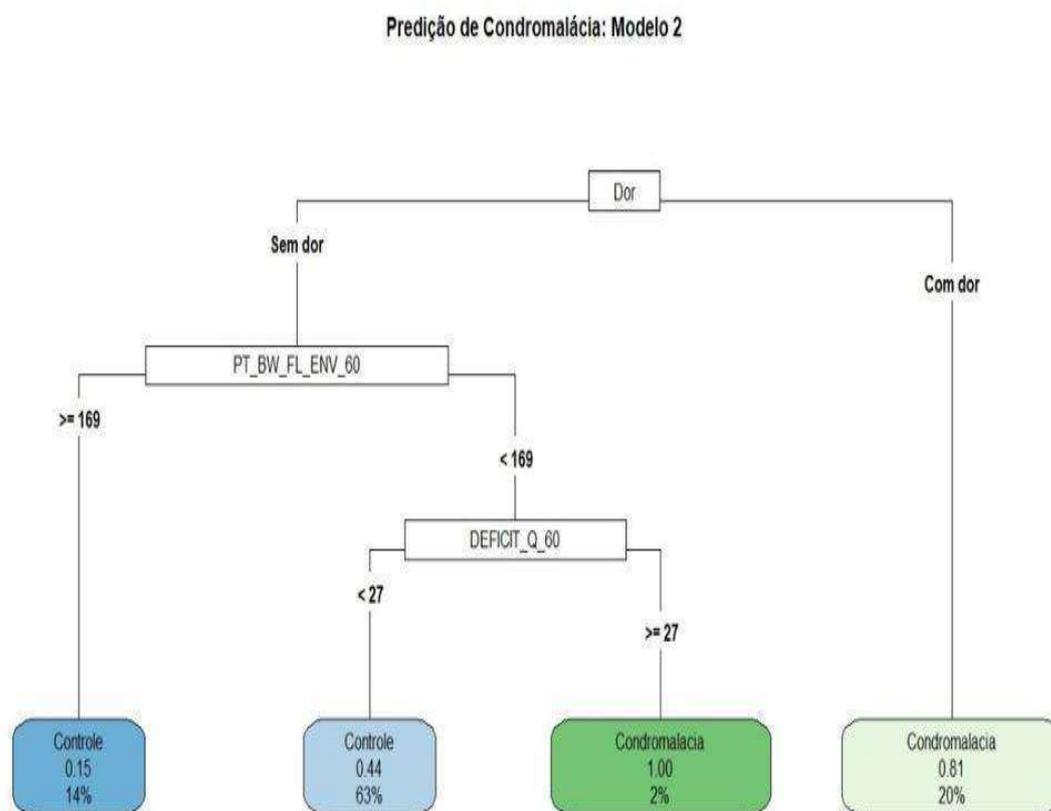


Figura 3 - Modelo preditivo 2 para o desfecho Condromalácia com parâmetros isocinéticos na velocidade angular (60°/ s)

Modelo 3 (modelo 1 e 2 + parâmetros isocinéticos a 180°/ s) (Figura 4)

A dor foi associada ao Grupo Condromalácia (20% amostra). O coeficiente de variação dos flexores do lado envolvido menor que 5% foi associado ao Grupo Controle (26% da amostra). O coeficiente de variação maior ou igual a 5% e potência média maior ou igual a 185 watts dos flexores do lado envolvido foram associados ao Grupo Controle (8% amostra). A potência média menor que 185 watts e idade entre 20 – 59 anos foram associadas ao Grupo Condromalácia (43% amostra). A potência média menor que 185 watts, no grupo entre 10 - 19 anos foi associada ao Grupo Controle (2% amostra)

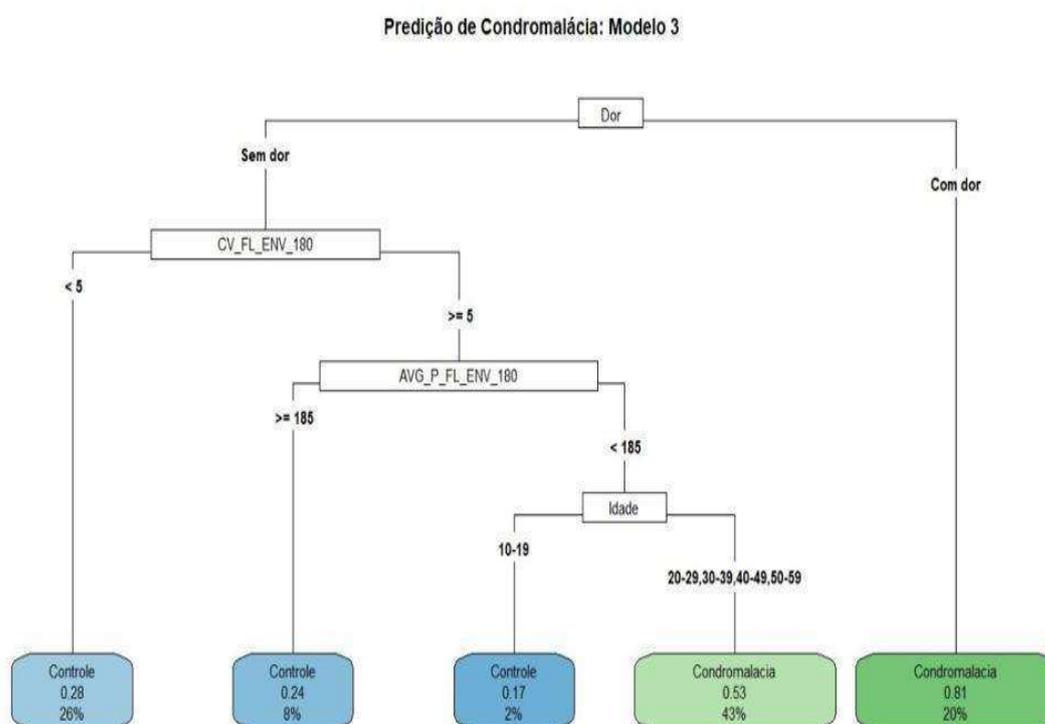


Figura 4 - Modelo preditivo 3 para o desfecho Condromalácia com parâmetros isocinéticos na velocidade angular (180°/ s)

Modelo 4 - (modelo 1,2 e 3 + parâmetros isocinéticos 300°/ s) (Figura 5).

A dor foi associada ao Grupo Condromalácia (20% amostra). Nos indivíduos, sem dor, com coeficiente de variação maior ou igual a 17 e pico de torque maior ou igual a 125 newton metros dos flexores do lado envolvido foram associados com o Grupo Condromalácia (13% amostra). O pico de torque menor que 125 newton metros foi associado ao Grupo Controle (1% amostra). O coeficiente de variação menor que 17% e trabalho total dos flexores do lado envolvido maior ou igual a 1447 joules são associados ao Grupo Controle (8%). Trabalho total menor 1447 joules e morfologia da curva alterada associam-se ao Grupo Condromalácia (2%). Morfologia da curva sem alteração e coeficiente de variação dos extensores maior ou igual a 22% associam-se com Grupo Condromalácia (1% amostra). Morfologia da curva sem alteração e coeficiente de variação menor que 22% associam-se com o Grupo Controle (54% amostra).

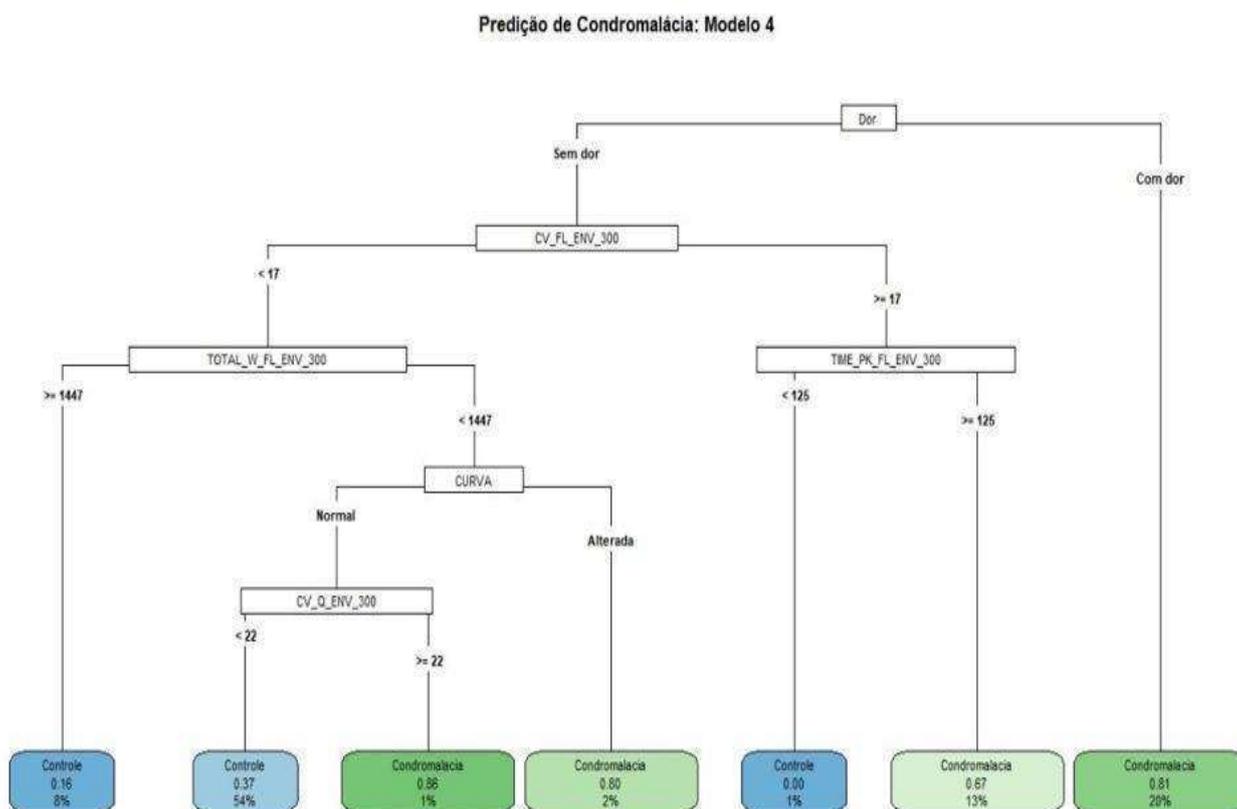


Figura 5 - Modelo preditivo 4 para o desfecho Condromalácia com parâmetros isocinéticos na velocidade angular de (300°/s)

Tabela 5. Avaliação dos modelos 1,2,3 e 4 para predição de condromalácia: acurácia, sensibilidade, especificidade, valores preditivos positivo (condromalácia) e negativo (controle).

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Acurácia	0,5913	0,5817	0,601	0,6346
95% C. I	(0,5212, 0,6588)	(0,5115, 0,6496)	(0,531, 0,668)	(0,5652, 0,7001)
Sensibilidade	0,2642	0,2358	0,717	0,4434
Especificidade	0,9314	0,9412	0,4804	0,8333
Val. Preditivos Pos.	0,8	0,8065	0,5891	0,7344
Val. Preditivos Neg.	0,5491	0,5424	0,6203	0,5903

*0,5 = classificador aleatório; <0,6 - > 0,5 = classificador moderado; >0,7 = classificador bom*⁶²

5. DISCUSSÃO

Alguns dos parâmetros da dinamometria isocinética do Grupo Condromalácia foram menores que os do Grupo Controle, mostrando que a doença afeta a condição muscular dos extensores e flexores do joelho do membro envolvido. A avaliação muscular foi feita em três velocidades angulares que medem a força (60°/s), potência (180°/s) e resistência (300°/s).

Na velocidade de 60°/s (Tabela 2), que mede a força muscular, expressa pelo pico de torque e trabalho total corrigidos pela massa corporal, observa-se que os valores do Grupo Condromalácia são menores que do Grupo Controle, denotando uma fraqueza muscular relativa nos flexores e extensores de ambos os membros. A diminuição da força muscular do lado envolvido pode ser um fator etiológico da doença, mas também pode ser consequência da própria doença e da diminuição de mobilidade. A perda relativa da força muscular no Grupo Condromalácia do lado não envolvido pode ser um indicativo que a fraqueza poderia ser um fator inicial na etiologia da doença. A presença da dor durante a realização da dinamometria também contribui para o pior desempenho, pela inibição muscular. Assim, a diferença entre os dois grupos avaliados pode ser anterior ao aparecimento dos sintomas, mas também pode ser consequência da condromalácia.

Ouazzani et al⁴⁸ (2021) em estudos comparativos, mostraram resultados similares ao do estudo atual. Duvigneaud et al⁵⁵ (2008) e Van Tiggelen et al⁵⁸ (2004) referem diminuição apenas para os extensores do joelho do lado envolvido, mas todos os resultados concordam com a teoria de Eitzen et al⁴⁰ (2016): lesão cartilaginosa diminui a força muscular, principalmente do quadríceps do lado acometido, pela inibição muscular.

Outro parâmetro avaliado na velocidade de 60°/s foi o coeficiente de variabilidade (CV) do teste, uma medida (%) da capacidade de manter a atividade muscular constante (máxima) durante todo teste. Observa-se, que no

Grupo Condromalácia, o CV foi maior que do Grupo Controle, mas somente no lado envolvido. A presença de dor e dificuldade de manter a contração podem estar na gênese dessa diferença. Possivelmente, a maior variabilidade é mais relacionada com a dor que com a etiologia da doença.

A relação entre flexores e extensores é um parâmetro importante na avaliação da condromalácia, pois a predominância do grupo extensor pode agravar, como também, estar na origem das lesões. Hewett et al²⁸ (2008) e Ruas et al⁶² (2019) referem que 60% é a relação flexão/ extensão ideal, e valores abaixo dessa porcentagem representam fraqueza da musculatura flexora com relação a extensora.^{28,40,63} O presente estudo mostrou 54% para o Grupo Controle e 52% no Grupo Condromalácia, resultados similares aos de Duvigneaud et al⁵⁵ (2008) com 58% no Grupo Controle e 52% no Grupo Condromalácia. A fraqueza relativa dos flexores do joelho, achado muito comum na dinamometria isocinética, pode ser um fator desencadeante e/ou agravante da condromalácia, quando detectada deve ser corrigida

O tempo necessário (TPT) para atingir a velocidade angular é uma medida indireta da propriocepção e foi maior nos flexores do lado envolvido do Grupo Condromalácia. A associação do maior tempo de resposta, associado ao desequilíbrio flexor/ extensores pela fraqueza relativa dos flexores, pode representar um risco maior de sobrecarga na articulação femoropatelar, principalmente, no agachamento, corrida, sentar e levantar-se, escadas e outros movimentos. Esse achado permite inferir que o atraso na resposta muscular flexora associado ao predomínio dos extensores pode ser um fator desencadeante e agravante da condromalácia e precisam ser corrigidos.

Saral et al⁴⁷ (2022), referem a presença de fraqueza muscular (60°/s) em pacientes com condromalácia e, que esta se correlaciona doença mais avançada e mais tempo de sintomas, mostrando que a fraqueza muscular é progressiva e agravante dos sintomas, mas não um fator etiológico. Os autores enfatizam as alterações morfológicas do joelho, que podem estar na origem da doença, destacando que o ângulo Q e de inclinação patelar são mais baixos na condromalácia grave que nos pacientes saudáveis e com quadro leve.

A potência média (AVGP) dos flexores e extensores do lado envolvido e dos flexores do lado não envolvido, na velocidade de 180°/s foi menor no Grupo Condromalácia. A velocidade de 180°/s é usada para medir a potência (produto da força pela velocidade e mede a capacidade de produzir força rapidamente). A menor atividade muscular nessa velocidade mostra a dificuldade de arregimentar as fibras musculares de forma eficiente na velocidade angular. Essa perda da potência pode ser devida à presença de dor, mas pode ser uma causa primária. O coeficiente de variabilidade (CV) dos flexores e extensores do Grupo Condromalácia também foi maior, resultado que indica a dificuldade em manter as contrações máximas. Não foram encontrados dados semelhantes para comparação, mas possivelmente, estudos mais dirigidos à potência poderiam trazer mais informações.

O trabalho total dos extensores e flexores (medida de resistência) foi menor na velocidade de 300°/s no Grupo Condromalácia. Esse resultado era esperado, pois a diminuição da força e potência vistas nas velocidades angulares menores, levaria à menor resistência. O coeficiente de variabilidade foi maior no Grupo Condromalácia, evidenciando os mesmos achados que na velocidade 180°/s, dificuldade para manter a constância durante as 20 repetições.

Publicações recentes (Ouazzani et al⁴⁸ em 2021, Saral et al⁴⁷ em 2022), que usaram a dinamometria isocinética para avaliar pacientes com condromalácia referem a fraqueza muscular dos extensores e flexores, mais evidente nas velocidades angulares mais baixas. Também discutem, que possivelmente, quadros mais leves de condromalácia, podem afetar menos a potência e resistência muscular medidos em velocidades angulares maiores. Na presente amostra, no entanto, observa-se que o coeficiente de variabilidade, uma medida da qualidade (constância) do teste variou mais no Grupo Condromalácia e, também mostrou diminuição da potência e resistência muscular do lado envolvido. Essas informações são importantes para que estabeleça um programa de reabilitação eficiente e seguro.

Na presente amostra, a maioria dos participantes do Grupo Condromalácia (70,8%) estava sem dor no momento da avaliação, permitindo uma inferência de que a fraqueza muscular poderia ser um importante fator causal, mesmo que associado a outros. Também permite especular sobre a importância da condição muscular na evolução da doença e da importância da instituição precoce de programas de reabilitação bem orientados. A presença de dor, após o teste, foi mais frequente no Grupo Condromalácia, resultado esperado, pela sobrecarga exercida sobre a articulação femoropatelar, principalmente nas velocidades angulares baixas, concordando com Dvir et al (1992 e 2001)^{24,64}. Ouazzani et al⁴⁸ (2021) referem que a maioria dos participantes não referiu dor após o teste.

A amostra estudada mostrou maior incidência nas idades entre 30 e 39 anos (34,55%), seguida da faixa entre 40-49 anos (25,4%). Alguns estudos apontam maior prevalência em mulheres^{15,39,65,66}, dado não confirmado na presente amostra, que teve um ligeiro predomínio de homens e em uma idade um pouco mais avançada que a descrita.

A comparação entre o membro acometido e não acometido na velocidade de 60°/s mostra uma deficiência pequena (9,08% - quadríceps e 3,22% - flexores), diferindo de outros autores, que relatam diferenças que variaram de 15-42% para extensores e 15-25% para flexores (Hazneci et al,⁵⁷ 2005; Meza et al,⁵⁶ 2008; Hirschmüller et al,⁵⁰ 2017). No presente estudo, o membro não envolvido mostra deficiência em relação ao Grupo Controle, evidenciando a perda de força muscular bilateral na velocidade de 60°/s. Essa perda relativa pode estar relacionada com a diminuição da atividade, inibição reflexa medular e mesmo dificuldade para realizar o teste, visto que sempre se inicia o teste pelo membro não envolvido.

Os modelos preditivos aplicados na presente amostra evidenciam a dor como um dos fatores para a condromalácia. Em todos os modelos se associou com 20% da amostra do Grupo Condromalácia. As demais variáveis apontadas tiveram menor valor preditivo para o Grupo Condromalácia na presente amostra, mas padrões de normalidade se associaram com o Grupo Controle.

O modelo 1 incluiu demografia, fraqueza muscular, dor e morfologia da curva da contração a 60°/s. Os resultados mostraram a presença de dor em 20% do Grupo Condromalácia. A ausência de dor e curva normal (sem inflexão) associam-se ao Grupo Controle (77%). A ausência de dor e curva alterada se associa com 3% do Grupo Condromalácia. Infere-se que os preditores para condromalácia são dor e em menor grau morfologia (presença de inflexão) alterada da curva. Esses resultados concordam com os de Olmo et al¹⁸ (2007) que apontam a fraqueza dos extensores do joelho dada pela inibição muscular e presença de dor, levando às inflexões da curva na velocidade de 60°/s. Anderson et al⁶³ (2002) não relatou alteração da morfologia da curva no modo concêntrico a 60°/s, somente no excêntrico, de certa maneira resultados similares aos atuais.

No modelo 2, foram incluídos os parâmetros isocinéticos na velocidade angular de 60°/s. A dor permaneceu associada com o Grupo Condromalácia, também em 20% da amostra. Na ausência de dor, o pico de torque corrigido pelo peso corporal dos flexores do lado envolvido (não dominante) maior ou igual 169% está associado com 14% do Grupo Controle, mostrando a importância dos flexores na biomecânica da articulação femoropatelar, mesmo que alguns autores não valorizem os flexores (Meza et al,⁵⁶ 2008). Ainda, na ausência de dor e pico de torque corrigido pelo peso corporal dos flexores do lado envolvido menor que 169% associados com deficiência maior que 27% dos extensores prediz condromalácia em 2% do Grupo Condromalácia. Nos casos semelhantes ao anterior, mas com deficiência dos extensores menor que 27% do lado envolvido, 63% se associou com o Grupo Controle. Os resultados destacam a importância do equilíbrio entre a atividade dos flexores e extensores no Grupo Controle e sugerem que uma boa condição muscular ajuda na prevenção da dor femoropatelar e condromalácia.

No Modelo 3, foram introduzidos os parâmetros na velocidade de 180°/s, e como nos anteriores, a dor respondeu por 20% do Grupo Condromalácia, mostrando mais uma vez a importância da dor na caracterização da condromalácia. A ausência de dor e coeficiente de variabilidade dos flexores do lado envolvido menor que 5% foram preditoras de 26% do Grupo Controle.

A ausência de dor e potência média dos flexores do lado envolvido maior ou igual a 185 watts foram preditoras de 8% do Grupo Controle. A ausência de dor e potência média abaixo de 185 watts e idade entre 20 – 59 anos associou-se com 43% do Grupo Condromalácia. Entre 10-19 anos houve associação com o Grupo Controle (2%), sem relação com o valor da potência.

A potência, grandeza definida pela força gerada pelo tempo, medida, preferencialmente, na velocidade de 180°/s, parece ser importante na condromalácia, mesmo na ausência de dor. Possivelmente, a incapacidade de gerar energia durante a contração pode estar associada à inibição muscular, e à dificuldade de manter o esforço contínuo durante todo o teste, pois uma das variáveis relacionadas com o Grupo Controle, foi o coeficiente de variabilidade baixo. A literatura discute pouco a potência e a velocidade de 180°/s. Piazza et al⁵³. (2013) refere a presença de dor e pico de torque diminuído em pacientes entre 13 e 38 anos. Saral et al⁴⁷ (2022) não refere alterações na velocidade angular de 180°/s. Yosmaoglu et al⁵⁴ (2013) em mulheres (20-40 anos) e Ouazzani et al⁴⁸ (2008) em ambos os sexos (15-40 anos) refere diminuição de pico de torque para extensores e flexores na velocidade angular de 180°/s, no Grupo Condromalácia.

A perda de potência, importante nos movimentos mais rápidos e demandantes (escada, ladeira, levantar-se) pode ser um possível desencadeante da dor femoropatelar e condromalácia posterior, pela sobrecarga gerada sobre a articulação. Esse resultado pode apontar para a necessidade de um programa de reabilitação voltado também para ganho de potência muscular e não apenas força.

O Modelo 4 introduziu os valores do teste de resistência na velocidade angular de 300°/s. De novo, a presença de dor se associa com 20% do Grupo Condromalácia, independente dos demais parâmetros. A ausência de dor e coeficiente de variabilidade dos flexores do lado envolvido foi um ponto de inflexão dentro do modelo preditor em relação a outros parâmetros. Coeficiente de variabilidade menor que 17% associado ao trabalho total maior ou igual a 1447 joules foram preditores do Grupo Controle (2%). Quando o trabalho total

foi menor que 1447 com morfologia da curva alterada, houve associação com Grupo Condromalácia (2%). Nas curvas normais, o coeficiente de variabilidade do quadríceps do lado envolvido menor que 22 foi preditor de 54% do Grupo Controle e maior ou igual a 22 do Grupo Condromalácia (1%). Valores baixos de predição devem ser vistos com cuidado, mas aparentemente a morfologia da curva e a capacidade de manter as 20 contrações do teste de resistência mais constantes, sem alteração foi um fator importante, mesmo menor geração de trabalho total, pois se associou com 54% com o Grupo Controle.

Coeficiente de variabilidade maior ou igual a 17%, denotando dificuldade para manter o esforço máximo na velocidade de 300°/s dos flexores do lado envolvido, grupo muscular de ação excêntrica e estabilizadora, foi mais associado ao Grupo Condromalácia: maior ação dos extensores e sobrecarga na articulação femoropatelar, ainda que outros parâmetros também interferiram na decisão final. Coeficiente de variabilidade (maior ou igual a 17%) e tempo para atingir o pico de torque (maior ou igual a 125ms) foram preditores do Grupo Condromalácia (13%). Tempo para atingir o pico de torque menor que 125ms, mesmo com o coeficiente de variabilidade maior ou igual a 17%, foi preditor do Grupo Controle (1%).

Algumas variáveis analisadas dentro das árvores de decisão parecem mais determinantes que outras com relação à condromalácia. Destaca-se, como a mais relevante, a presença de dor. A menor deficiência dos extensores, a menor variabilidade dos testes e a morfologia da curva parecem ser variáveis que podem estar mais relacionadas com a condromalácia. Ao se analisar uma dinamometria isocinética nas três velocidades angulares utilizadas, é crucial observar se as alterações detectadas são consistentes entre si e mostram um padrão de associação.

A dinamometria isocinética pode ser usada como um indicador das possíveis alterações clínicas e biomecânicas da condromalácia identificando alguns padrões, que podem identificar necessidade de programas de reabilitação e prevenção. A avaliação muscular isocinética pode detectar possíveis alterações e desequilíbrios em pacientes com dor femoropatelar com ou sem a presença de

condromalácia patelar e determinar o melhor tratamento para correção e retorno às atividades.

A principal limitação do estudo é seu caráter retrospectivo e a falta de mais informações clínicas, funcionais e de exames de imagem, mas traz dados relevantes pela metodologia de avaliação e tamanho da amostra estudada.

6. CONCLUSÃO

Grupo condromalácia tem pior desempenho na dinamometria isocinética na força, potência e resistência dos flexores e extensores do lado envolvido.

O principal fator preditor da condromalácia é a dor. O maior coeficiente de variabilidade e tempo para atingir o pico de torque dos flexores do lado envolvido, a potência média e a morfologia da curva dos extensores também podem ser preditores da condromalácia.

A dinamometria isocinética é uma avaliação complementar ao diagnóstico e essencial para o tratamento e reabilitação dos pacientes.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Lankhorst NE, Bierma-Zeinstra SMA, Van Middelkoop M. Risk factors for patellofemoral pain syndrome: A systematic review. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2012;42(2).
2. Hart HF, Patterson BE, Crossley KM, Culvenor AG, Khan MCM, King MG, et al. May the force be with you: understanding how patellofemoral joint reaction force compares across different activities and physical interventions—a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. BMJ Publishing Group; 2022.
3. Zheng W; Li Hanluo ; LI Liming. Chondromalacea Patellae: Current options and emerging cell therapies. *Stem Cell Research & Therapy*. 2021;
4. Altukhova A V., Kaurkin SN, Skvortsov D V., Akhpashev AA, Zagorodniy N V. Changes in gait biomechanics as functional symptom of chondromalacia patella. *Russian Open Medical Journal*. 2021 Jun 1;10(2).
5. Budinger K, Peltier L. The Detachment or Separation of Parts of the Joint and Related Processes [Internet]. Available from: <http://journals.lww.com/clinorthop>
6. Leslie IJ, Bentley G. Arthroscopy in the diagnosis of chondromalacia patellae. Vol. 37, *Annals of the Rheumatic Diseases*. 1978.
7. Dursun M, Ozsahin M, Altun G. Prevalence of chondromalacia patella according to patella type and patellofemoral geometry: a retrospective study. *Sao Paulo Medical Journal*. 2022;140(6):755–61.
8. Kaur R, Dahuja A, Kaur C, Singh J, Singh P, Shyam R. Correlation between Chondromalacia Patella and Patellofemoral Factors in Middle-Age Population: A Clinical, Functional, and Radiological Analysis. *Indian Journal of Radiology and Imaging*. 2021 Apr 1;31(2):252–8.
9. Kurut Aysin I, Askin A, Dirim Mete B, Guvendi E, Aysin M, Kocyigit H. Investigation of the relationship between anterior knee pain and chondromalacia patellae and patellofemoral malalignment. *Eurasian Journal of Medicine*. 2018 Feb 1;50(1):28–33.
10. Dye SF. The pathophysiology of patellofemoral pain: A tissue homeostasis perspective. In: *Clinical Orthopaedics and Related Research*. Lippincott Williams and Wilkins; 2005. p. 100–10.
11. Aksahin E, Kocadal O, Aktekin CN, Kaya D, Pepe M, Yilmaz S, et al. The effects of the sagittal plane malpositioning of the patella and concomitant quadriceps hypotrophy on the patellofemoral joint: a finite element analysis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2016 Mar 1;24(3):903–8.
12. Sherman SL, Plackis AC, Nuelle CW. Patellofemoral anatomy and biomechanics. Vol. 33, *Clinics in Sports Medicine*. W.B. Saunders; 2014. p. 389–401.
13. Habusta SF, Coffey R, Ponnarasu S, Mabrouk A, Griffin EE. Condromalácia Patelar Atividade de educação continuada [Internet]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459195/>
14. Powers CM, Witvrouw E, Davis IS, Crossley KM. Evidence-based framework for a pathomechanical model of patellofemoral pain: 2017 patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Manchester, UK: Part 3. *Br J Sports Med*. 2017 Dec 1;51(24):1713–23.
15. Giles LS, Webster KE, McClelland JA, Cook J. Does quadriceps atrophy exist in individuals with patellofemoral pain? A systematic literature review with meta-analysis. Vol. 43, *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. Movement Science Media; 2013. p. 766–76.

16. Gaitonde DY. Et Al. Patellofemoral Pain Syndrome. *Am Fam Physician*. 2019;99(2).
17. Witvrouw E, Lysens R, Bellemans J, Cambier D, Vanderstraeten G. Intrinsic Risk Factors For the Development of Anterior Knee Pain in an Athletic Population A Two-Year Prospective Study*. Vol. 28, *THE AMERICAN JOURNAL OF SPORTS MEDICINE*. 2000.
18. Olmo J; Aguado J.P ; Cortés L; Espiniella A; Morate F. Quadriceps Strength loss at flexed knee angles in active high-level soccer players with patellofemoral pain. *Isokinet Exerc Sci*. 2007;15:303–7.
19. Everhart JS, DiBartola AC, Swank K, Pettit R, Hughes L, Lewis C, et al. Cartilage damage at the time of anterior cruciate ligament reconstruction is associated with weaker quadriceps function and lower risk of future ACL injury. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2020 Feb 1;28(2):576–83.
20. Ashnagar Z, Hadian MR, Sajjadi E, Kajbafvala M, Olyaei G, Pashazadeh F, et al. Quadriceps architecture in individuals with patellofemoral pain: A systematic review. Vol. 25, *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. Churchill Livingstone; 2021. p. 248–54.
21. Herbawi F, Lozano-Lozano M, Lopez-Garzon M, Postigo-Martin P, Ortiz-Comino L, Martin-Alguacil JL, et al. A Systematic Review and Meta-Analysis of Strength Recovery Measured by Isokinetic Dynamometer Technology after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Quadriceps Tendon Autografts vs. Hamstring Tendon Autografts or Patellar Tendon Autografts. Vol. 19, *International Journal of Environmental Research and Public Health*. MDPI; 2022.
22. Jaric S. Muscle Strength Testing Use of Normalisation for Body Size. 2002.
23. Sérgio A, Terreri AP, Greve JMD, Amatuzzi MM. Avaliação isocinética no joelho do atleta. Vol. 7, *Rev Bras Med Esporte*. 2001.
24. Dvir Z. Isocinética: Avaliações Musculares, interpretações e aplicações clínicas. 2001.
25. Bernard PL, Degache F, Dvir Z. Paramètres pertinents, moins pertinents et non pertinents dans les tests Isocinétiques: Quelques commentaires critiques. *Movement and Sports Sciences - Science et Motricite*. 2014;85:15–21.
26. Brígido-Fernández I, García-Muro San José F, Charneco-Salguero G, Cárdenas-Rebollo JM, Ortega-Latorre Y, Carrión-Otero O, et al. Knee Isokinetic Profiles and Reference Values of Professional Female Soccer Players. *Sports*. 2022 Dec 1;10(12).
27. Bittencourt N. Isokinetic muscle evaluation of the knee joint athletes of the Under-19 and Under-21 Male Brazilian National Volleyball Team. *Rev Bras Med Esporte* . 2005;11(6).
28. Hewett TE, Myer GD, Zazulak BT. Hamstrings to quadriceps peak torque ratios diverge between sexes with increasing isokinetic angular velocity. *J Sci Med Sport*. 2008 Sep;11(5):452–9.
29. Risberg MA, Steffen K, Nilstad A, Myklebust G, Kristianslund E, Moltubakk MM, et al. NORMATIVE QUADRICEPS AND HAMSTRING MUSCLE STRENGTH VALUES FOR FEMALE, HEALTHY, ELITE HANDBALL AND FOOTBALL PLAYERS [Internet]. 2018. Available from: www.nasca.com
30. Coombs R, Garbutt G. Review article DEVELOPMENTS IN THE USE OF THE HAMSTRING/ QUADRICEPS RATIO FOR THE ASSESSMENT OF MUSCLE BALANCE [Internet]. Vol. 1, © *Journal of Sports Science and Medicine*. 2002. Available from: <http://www.jssm.org>

31. Duran S, Cavusoglu M, Kocadal O, Sakman B. Association between trochlear morphology and chondromalacia patella: an MRI study. *Clin Imaging*. 2017 Jan 1;41:7–10.
32. Pihlajamäki HK, Kuikka PI, Leppänen VV, Kiuru MJ, Mattila VM. Reliability of clinical findings and magnetic resonance imaging for the diagnosis of chondromalacia patellae. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 2010 Apr 1;92(4):927–34.
33. Slattery C, Kweon CY. Classifications in Brief: Outerbridge Classification of Chondral Lesions. *Clin Orthop Relat Res*. 2018 Oct 1;476(10):2101–4.
34. Lasmar N. Assessment of the reproducibility of the Outerbridge and FSA classifications for chondral lesions of the knee. Minas Gerais School of Medical Science. 3-Member of the Knee Surgery Service. 2011.
35. Özel D. The relationship between early-onset chondromalacia and the position of the patella. *Acta radiol*. 2020 Mar 1;61(3):370–5.
36. Ferreira Liporaci R, Camargo Saad M, Felício R, Do Prado Baffa A, Grossi B. Contribution of the evaluation of the clinical signals in patients with patellofemoral pain syndrome. Vol. 21. 2013.
37. Smith BE, Selfe J, Thacker D, Hendrick P, Bateman M, Moffatt F, et al. Incidence and prevalence of patellofemoral pain: A systematic review and meta-analysis. Vol. 13, *PLoS ONE*. Public Library of Science; 2018.
38. Papadopoulos K, Stasinopoulos D, Ganchev D. Send Orders for Reprints to reprints@benthamscience.ae A Systematic Review of Reviews in Patellofemoral Pain Syndrome. Exploring the Risk Factors, Diagnostic Tests, Outcome Measurements and Exercise Treatment. Vol. 9, *The Open Sports Medicine Journal*. 2015.
39. Papadopoulos K, Noyes J, Jones JG, Thom JM, Stasinopoulos D. Clinical tests for differentiating between patients with and without patellofemoral pain syndrome. *Hong Kong Physiotherapy Journal*. 2014;32(1):35–43.
40. Eitzen I, Grindem H, Nilstad A, Moksnes H, Risberg MA. Quantifying Quadriceps Muscle Strength in Patients With ACL Injury, Focal Cartilage Lesions, and Degenerative Meniscus Tears: Differences and Clinical Implications. *Orthop J Sports Med*. 2016 Oct 11;4(10).
41. Vora M, Curry E, Chipman A, Matzkin E, Li X. Patellofemoral pain syndrome in female athletes: A review of diagnoses, etiology and treatment options. Vol. 9, *Orthopedic Reviews*. Page Press Publications; 2017. p. 98–104.
42. Werner S. Anterior knee pain: an update of physical therapy. Vol. 22, *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. Springer Verlag; 2014. p. 2286–94.
43. Rice DA, McNair PJ. Quadriceps Arthrogenic Muscle Inhibition: Neural Mechanisms and Treatment Perspectives. Vol. 40, *Seminars in Arthritis and Rheumatism*. 2010. p. 250–66.
44. Kaya D, Doral MN, Callaghan M. How can we strengthen the quadriceps femoris in patients with patellofemoral pain syndrome? Vol. 2, *Muscles, ligaments and Tendons Journal*. 2012.
45. Holmes SW, Clancy WG. C L I N I C A L Clinical Classification of Patellofemoral Pain and Dysfunction [Internet]. 1998. Available from: www.jospt.org
46. Kaya D, Doral MN, Callaghan M. How can we strengthen the quadriceps femoris in patients with patellofemoral pain syndrome? Vol. 2, *Muscles, ligaments and Tendons Journal*. 2012.

47. Saral I. A comparison of isokinetic muscle strength in patients with chondromalacia patella: a cross-sectional study. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2022;26:7771–8.
48. Ouazzani Hasna, Doungou Ngandzali D, Abdelfettah Y. Isokinetic Profile of Knee Extensor and Flexor Muscles in Patellofemoral Pain Syndrome Patients. *SAS Journal of Medicine.* 2021 Apr 27;7(4):130–8.
49. Briani R V., de Oliveira Silva D, Ducatti MHM, Lopes HS, Ferreira AS, Mentiplay BF, et al. Knee flexor strength and rate of torque development deficits in women with patellofemoral pain are related to poor objective function. *Gait Posture.* 2021 Jan 1;83:100–6.
50. Hirschmüller A, Andres T, Schoch W, Baur H, Konstantinidis L, Südkamp NP, et al. Quadriceps strength in patients with isolated cartilage defects of the knee: Results of isokinetic strength measurements and their correlation with clinical and functional results. *Orthop J Sports Med.* 2017 May 1;5(5).
51. Kim S. Comparative evaluation of ambulation patterns and isokinetic muscle strength for the application of rehabilitation exercise in patients with patellofemoral pain syndrome. 2016.
52. Guney H, Yuksel I, Kaya D, Doral MN. Correlation between quadriceps to hamstring ratio and functional outcomes in patellofemoral pain. *Knee.* 2016 Aug 1;23(4):610–5.
53. Piazza L; Vidmar MF; Oliveira LF; Pimentel GL; Libartoni TC; Santos GM. Isokinetic evaluation, pain and functionality of subjects with patellofemoral pain syndrome. *Fisioter Pesquisa.* 2013;
54. Yosmaoglu HB, Kaya D, Guney H, Nyland J, Baltaci G, Yuksel I, et al. Is there a relationship between tracking ability, joint position sense, and functional level in patellofemoral pain syndrome? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* 2013 Nov;21(11):2564–71.
55. Duvigneaud N, Bernard E, Stevens V, Witvrouw E, Tiggelen D Van. Isokinetic assessment of patellofemoral pain syndrome: A prospective study in female recruits. 2008.
56. Meza JA; Treviño JH; Gómez UA; Gutiérrez JA. Análisis electrofisiológico e isocinético del mecanismo extensor de rodilla en el síndrome doloroso patelofemoral. *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación.* 2008;20:66–73.
57. Hazneci B, Yildiz Y, Sekir U, Aydin T, Kalyon TA. Efficacy of isokinetic exercise on joint position sense and muscle strength in patellofemoral pain syndrome. *Am J Phys Med Rehabil.* 2005 Jul;84(7):521–7.
58. Van Tiggelen D, Witvrouw E, Coorevits P, Croisier JL, Roget P. Analysis of isokinetic parameters in the development of anterior knee pain syndrome: A prospective study in a military setting. Vol. 12, *Isokinetics and Exercise Science.* IOS Press; 2004.
59. Callaghan MJ, Oldham JA. Quadriceps atrophy: To what extent does it exist in patellofemoral pain syndrome? *Br J Sports Med.* 2004 Jun;38(3):295–9.
60. Duffey MJ, Martin DF, Cannon DW, Craven T, Messier SP. Etiologic factors associated with anterior knee pain in distance runners [Internet]. Vol. 32, *Med. Sci. Sports Exerc.* 2000. Available from: <http://www.acsm-msse.org>
61. Freedson PS, Gilliam TB, Mahoney T, Maliszewski AF, Kastango K. Industrial Torque Levels by Age Group and Gender. 1993.

62. Ruas C V., Pinto RS, Haff GG, Lima CD, Pinto MD, Brown LE. Alternative Methods of Determining Hamstrings-to-Quadriceps Ratios: a Comprehensive Review. Vol. 5, Sports Medicine - Open. Springer; 2019.
63. Anderson G, Herrington L. A comparison of eccentric isokinetic torque production and velocity of knee flexion angle during step down in patellofemoral pain syndrome patients and unaffected subjects. *Clinical Biomechanics*. 2003;18(6):500–4.
64. Dvir Z, Halperin N. Patellofemoral pain syndrome: a preliminary model for analysis and interpretation of isokinetic and pain parameters. Vol. 7, *Clin. Biomech*. 1992.
65. Besier TF, Pal S, Draper CE, Fredericson M, Gold GE, Delp SL, et al. The role of cartilage stress in patellofemoral pain. *Med Sci Sports Exerc*. 2015 Nov 1;47(11):2416–22.
66. Cook C, Mabry L, Reiman MP, Hegedus EJ. Best tests/clinical findings for screening and diagnosis of patellofemoral pain syndrome: A systematic review. Vol. 98, *Physiotherapy*. 2012. p. 93–100.