

MINISTÉRIO DA DEFESA  
EXÉRCITO BRASILEIRO  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO E CULTURA DO EXÉRCITO  
CENTRO DE CAPACITAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO

## CURSO DE INSTRUTOR DE EDUCAÇÃO FÍSICA

ALUNO: Giordano Bruno Adamski **Grassi**, 1º Tenente  
ORIENTADORA: **Adriane** Mara de Souza Muniz, Profª Drª

# MODIFICAÇÕES CINEMÁTICAS DO QUADRIL DURANTE A CORRIDA COM VELOCIDADES PROGRESSIVAS EM HOMENS COM DOR PATELOFEMORAL

Rio de Janeiro – RJ

2020

ALUNO: Giordano Bruno Adamski **Grassi** – 1º Tenente

MODIFICAÇÕES CINEMÁTICAS DO QUADRIL DURANTE A CORRIDA  
COM VELOCIDADES PROGRESSIVAS EM HOMENS COM DOR  
PATELOFEMORAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial  
para conclusão da graduação em Educação Física na Escola de  
Educação Física do Exército.

ORIENTADORA: Adriane Mara de Souza Muniz –Profª Drª

Rio de Janeiro – RJ  
2020

MINISTÉRIO DA DEFESA  
EXÉRCITO BRASILEIRO  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO E CULTURA DO EXÉRCITO  
CENTRO DE CAPACITAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO

ALUNO: Giordano Bruno Adamski **Grassi** – 1º Tenente

TÍTULO: MODIFICAÇÕES CINEMÁTICAS DO QUADRIL DURANTE A CORRIDA COM VELOCIDADES PROGRESSIVAS EM HOMENS COM DOR PATELOFEMORAL.

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2020.

Banca de avaliação

---

Laércio Camilo Rodrigues - Maj  
Avaliador

---

Danielli Braga de Mello – Profª Drª  
Avaliadora

---

Cláudia de Mello Meirelles – Profª Drª  
Avaliadora

## RESUMO

**INTRODUÇÃO:** A Síndrome da Dor Patelofemoral (SDPF) é uma desordem musculoesquelética que mais aparece na articulação do joelho em corredores recreacionais. Muitos estudos investigam as alterações biomecânicas em mulheres com SDPF, porém faltam evidências sobre a cinemática da corrida com o aumento progressivo da velocidade em corredores do sexo masculino com SDPF, especialmente sobre as modificações cinemáticas do quadril. **OBJETIVO:** analisar o padrão cinemático do quadril durante a corrida com velocidades progressivas em corredores amadores com e sem SDPF. **MÉTODOS:** participaram do estudo 31 corredores recreacionais do sexo masculino (n=13 com SDPF – GCD; n=18 controles – GC). A análise cinemática (Qualisys, Pro-reflex System, Suécia) foi realizada durante a corrida na esteira em três velocidades diferentes: 9, 11 e 13km/h. Marcadores reflexivos foram fixados na extremidade inferior direita no GC e no joelho sintomático ou mais doloroso no GCD. O pico de flexão, extensão, adução e rotação interna do quadril durante o apoio foi analisado no estudo e comparado separadamente através do teste ANOVA TWO-WAY. **RESULTADOS:** Evidenciou-se que os fatores (velocidade e SDPF) influenciam a flexão, extensão e adução do quadril separadamente, enquanto o fator SDPF influenciou a rotação interna. O aumento da velocidade aumentou os picos de flexão, adução e extensão do quadril, mas não o de rotação interna. Os sujeitos com SDPF apresentaram menores picos de flexão e adução; e maiores picos de rotação interna e extensão do quadril comparado ao GC. Não foi observada interação entre a velocidade e os grupos nas variáveis estudadas. **CONCLUSÃO:** Os corredores recreacionais com SDPF apresentaram maior amplitude de extensão e rotação interna do quadril e menor amplitude de flexão e adução. Esses resultados apontam para que a alteração na articulação do quadril em corredores com SDPF pode estar associada a falta de controle do seu movimento gerando sobrecarga no joelho.

**Palavras-Chave:** articulação patelofemoral; articulação do quadril; biomecânica; corredores recreacionais; síndrome da dor patelofemoral.

## ABSTRACT

**INTRODUCTION:** Patellofemoral Pain Syndrome (PFPS) is one of musculoskeletal disorder that most appears in the knee joint in recreational runners. Many studies have investigated the biomechanical changes in women with PFPS, but there is a lack of evidence about the kinematics of running with the progressive increase of the speed in male runners with PFPS, especially about the changes in the hip. **OBJECTIVE:** to analyze the hip kinematic pattern during stance phase of running with progressive speed in recreational runners with and without PFPS. **METHODS:** 31 male recreational runners participated in the study (n = 13 with PFPS - GCD; n = 18 controls - CG). The kinematic analysis (Qualisys, Pro-reflex System, Sweden) was performed during the treadmill running in three different speeds: 9, 11 and 13 km/h. Reflective markers were attached at the lower right extremity in the CG and at the symptomatic or more painful knee in the GCD. The peak of flexion, extension, adduction and internal rotation angles was analyzed at hip joint and compared using the ANOVA TWO-WAY test. **RESULTS:** Speed and PFPS factors influenced the hip flexion, extension and adduction separately, while PFPS only affected internal rotation without speed influence. The increment of running speed increased the peaks of flexion, extension and adduction motion without increasing the internal rotation. PFPS subjects presented lower flexion and adduction peaks; and higher internal rotation and extension motion compared to the CG. No interaction effect was observed between speed and groups at the studied variables. **CONCLUSION:** Recreational runners with PFPS had greater hip extension and internal rotation, but reduced flexion and adduction motion. Those results point to modification at hip motion during running in subjects with PFPS. Such motion pattern could be associated with a lack of control of the movement of the hip, resulting in knee overload.

**Key words:** patellofemoral joint; hip joint; biomechanic; recreational runners; patellofemoral pain syndrome

## INTRODUÇÃO

As corridas de rua estão cada vez mais populares no Brasil e no mundo (1). No ano de 2015, apenas no Estado de São Paulo mais de 720 mil inscrições foram realizadas em provas de corrida de rua, com a participação de 62% de homens e 38% de mulheres (1).

A prática da corrida fornece inúmeros benefícios à saúde, porém, erros nas cargas, intensidades de treinamento (2) e a mecânica do movimento (2,3) podem acarretar lesões. A prevalência de lesões em corredores varia entre 37% (4,5) a 56% (4,5), sendo o joelho o local mais comum com 32,9% (6) e a síndrome da dor patelofemoral (SDPF) representa, por sua vez, 25% das lesões nessa região (5,7).

A SDPF é uma das desordens musculoesqueléticas que mais aparecem na articulação do joelho (8). Essa lesão é definida como dor no joelho resultante de alterações mecânicas e biomecânicas na articulação patelofemoral (5,8,9). Sua incidência é maior na população fisicamente ativa como adultos jovens, ocorrendo com maior frequência em mulheres, devido suas características biológicas próprias (8–11). A dor na região anterior do joelho é o principal sintoma acarretando dificuldades para a realização de atividades que necessitam do movimento de flexão do joelho (8,12–14).

Durante a corrida, o joelho desempenha papel importante na absorção de impacto (15,16). Qualquer alteração ou dor nessa região irá causar modificações na dinâmica do movimento dos membros inferiores (16,17). Por sua vez, indivíduos com SDPF apresentam redução da velocidade e amplitude de movimento de flexão do joelho durante a corrida (18), redução da rotação da tibia (19), aumento do valgo dinâmico do joelho (19) e aumento da adução e rotação interna do quadril (17,18).

Muitos estudos focam as alterações biomecânicas em corredores com SDPF apenas em mulheres (9,17,20,21), já que elas apresentam maiores prevalências dessas lesões. Porém poucos estudos foram encontrados a respeito da SDPF em homens (10,11). Wilson *et al.* (11) compararam o movimento de corredores dos dois gêneros sexuais com SDPF durante uma corrida até a exaustão e demonstraram que as mulheres não apresentaram mudanças únicas na mecânica da corrida.

Willy *et al.* (10) compararam mulheres com SDPF, homens saudáveis e homens com SDPF correndo e realizando agachamentos. Esses autores observaram que os homens com SDPF correram e agacharam com maior pico de adução do joelho quando comparados aos controles masculinos saudáveis. Além disso, os homens com SDPF correram e agacharam com menor pico de adução de quadril e maior pico de adução de joelho em comparação com mulheres com SDPF (10). Assim, os autores sugerem que tanto o tratamento quanto o estudo da SDPF devem ser feitos de forma diferente para cada gênero.

O quadril durante o movimento de corrida desempenha papel importante no controle do comprimento da passada (22), na absorção de carga (23), e principalmente na manutenção do equilíbrio (23). Powers (24) aponta para uma redução no controle do movimento do quadril durante a corrida em sujeitos com SDPF. Adicionalmente, estudos evidenciaram alterações biomecânicas nas articulações proximais que interferem no movimento do joelho em corredoras com SDPF (9,21). Noehren *et al.* (9) relataram aumento da adução e rotação interna do quadril em corredores com SDPF do sexo feminino. Já Wilson *et al.* (21) encontraram menor ativação do glúteo médio em mulheres com SDPF em comparação com mulheres saudáveis e sugerem que os movimentos de rotação e adução do quadril podem estar alterados devido a redução da ativação desse músculo em corredores com SDPF.

Ao se analisar o treinamento de um corredor, um fator primordial para seu sucesso é a periodização (25,26). Gonçalves (26) descreve que, dentro dessa periodização, o treinamento em diferentes velocidades é essencial para a melhora do tempo de um corredor. Estudos com sujeitos com SDPF apontam para um aumento na pressão exercida no joelho proporcional ao aumento da velocidade de corrida, o que pode acarretar maior probabilidade de lesão (27,28). Lenhart *et al.* (29) destacam que aumentar a cadência de passos é uma estratégia eficaz na redução das forças de compressão da articulação femoropatelar e pode ajudar na modulação de fatores biomecânicos que contribuem para mitigar a dor femoropatelar. Reynolds (30) observou que treinamentos intervalados de alta intensidade (HIIT), com sessões com maior velocidade de corrida e menor tempo de duração, podem prevenir ou aliviar a SDPF, devido a uma menor pressão exercida na articulação do joelho quando comparada com uma corrida de maior duração.

Evidências sobre a modificação cinemática da corrida com o aumento progressivo da velocidade em corredores com SDPF são escassas, especialmente sobre as modificações cinemáticas do quadril. Essa articulação desempenha papel fundamental na manutenção do equilíbrio e a falta do controle do movimento pode desencadear outras lesões secundárias (23). Adicionalmente, poucos estudos avaliam a cinemática da corrida em corredores do sexo masculino com SDPF, mesmo os homens representando grande parte dos praticantes de tal modalidade (1). Portanto, o objetivo desse trabalho foi analisar a cinemática do quadril durante a corrida com velocidades progressivas em corredores amadores com dor patelofemoral. A hipótese do estudo é que sujeitos com SDPF corram com maiores amplitudes de adução e rotação interna do quadril, especialmente em maiores velocidades.

## MÉTODOS

### Delineamento do estudo

O tipo de estudo da pesquisa é quase experimental, pois há a tentativa de se estabelecer relações de causa e efeito e não há aleatoriedade na seleção dos grupos e, também, por esse tipo de estudo estar relacionado em buscar maior correspondência com ambientes do mundo real, ao mesmo tempo em que se controla o maior número possível de ameaças à validade interna (31).

### Amostra

Participaram deste estudo corredores recreacionais do gênero masculino com idade entre 23 e 41 anos. Os sujeitos da amostra se enquadravam como corredores recreacionais por percorrerem a distância semanal de pelo menos 16km (33). Os voluntários foram divididos em dois grupos: grupo controle (GC) n=18 (corredores saudáveis sem sintomas de dor anterior no joelho) e grupo com dor no joelho (GCD) n=13 (corredores com sintomas de dor anterior no joelho). Os sujeitos do estudo estavam familiarizados com a corrida na esteira e livre de doenças neurológicas e cardiovasculares (33), fatores esses, levantados na anamnese. Eles deviam, prioritariamente, estar realizando a prática de corrida pelo menos ao longo dos dois últimos anos (33).

Para caracterizar o GCD foram utilizados os seguintes critérios de inclusão: dor localizada ou difusa na região anterior do joelho, considerando que alguns pacientes com SDPF têm dificuldades em localizar a área da dor (8); presença de dor em pelo menos duas das seguintes atividades funcionais: sentar por período prolongado, subir e descer escadas, agachar, ajoelhar, correr e pular. O grupo GC consistiu em corredores que não apresentaram patologias nos membros inferiores e estavam livres de qualquer lesão nos mesmos no momento da coleta de dados. Todos os participantes de ambos os grupos preencheram um questionário anterior de dor no joelho, escala KUJALA (34), para avaliar os sintomas subjetivos e as limitações funcionais da dor.

Foram excluídos do estudo os participantes que apresentavam lesão musculoesquelética ou neurológica que pudesse interferir no movimento de corrida; história de lesão traumática no joelho ou patela; subluxação e deslocamento patelar crônico; edema persistente no joelho; cirurgia prévia; lesão ligamentar ou meniscal; deformidades severas no joelho (joelho varo ou valgo) e deformidades severas no pé (pé cavo, pé plano ou hálux valgo). Adicionalmente, o GCD não deveria estar realizando tratamento fisioterapêutico ou médico para o joelho no período do teste.

O recrutamento ocorreu através de divulgação pessoal pelo pesquisador, sendo os voluntários esclarecidos dos riscos e benefícios da pesquisa sem qualquer relação coercitiva. Os voluntários foram previamente informados sobre os procedimentos e objetivo do estudo e

assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice 1). O projeto foi aprovado pelo CEP - PROCESSO 65/2010 (Anexo 1).

### **Instrumentos e procedimentos experimentais**

Os participantes fizeram uma visita única ao laboratório onde foram coletados os dados cinemáticos da corrida. Ao se iniciar os experimentos, foram coletados os dados pessoais, idade, tempo de prática de corrida, volume do treinamento, histórico de lesões anteriores, cirurgias, tratamentos prévios e medidas antropométricas como peso, altura e comprimento dos membros inferiores. A escala KUJALA (*Scoring of Patellofemoral Disorders*) (34) foi coletada após a familiarização dos sujeitos com a mesma. Essa escala foi escolhida por apresentar boa confiabilidade *test-retest* (Teste de Spearman = 0,86) e consistência interna (alpha de Cronbach = 0,82) (34). Nessa escala cada item do questionário recebe uma pontuação que varia de zero a 100 pontos, onde zero significa dor constante e diversas limitações funcionais, enquanto 100 pontos significam ausência de dor e/ou limitações funcionais (34). O questionário foi aplicado em forma de entrevista.

Após os procedimentos iniciais, os sujeitos se prepararam para a colocação dos marcadores reflexivos para a avaliação cinemática. A análise cinemática tridimensional da corrida na esteira foi avaliada através de um sistema de captura de movimento de quatro câmeras (Qualisys Pro-reflex System, Suécia). Marcadores reflexivos com diâmetro de 9mm foram colocados no membro inferior direito do GC e no membro lesado do GCD, usando o conjunto Helen Hayes (35), nos seguintes pontos ósseos: crista ilíaca superior bilateral e no topo do sacro (L4-L5), trocanter maior, epicôndilo femoral medial e lateral, maléolos medial e lateral, calcâneo e primeira e quinta cabeças metatarsais. Foram, também, fixadas na superfície lateral da coxa e do meio da perna do participante duas hastes com marcador reflexivo na ponta. Após a fixação dos marcadores, uma coleta de 1s de duração foi realizada para obtenção da postura estática. Após o teste de calibração, os marcadores do epicôndilo femoral medial e do maléolo medial foram removidos. Os outros marcadores de rastreamento permaneceram durante toda a sessão de coleta de dados.

Os sinais cinemáticos foram coletados, respectivamente, na frequência de amostragem de 200 Hz por 15 segundos a cada velocidade avaliada. Primeiro, os participantes foram convidados a caminhar a 5 km/h por seis minutos para se tornarem familiarizados com a esteira. Em seguida, a velocidade da esteira aumentou gradualmente para 9 km/h, e após um período de estabilização de dois minutos nessa velocidade, os dados foram registrados por 15s. Esse procedimento repetiu-se a 11 km/h e 13 km/h, sempre na mesma sequência.

O software Visual 3D (C-Motion, Inc., Rockville, EUA) foi utilizado para calcular o movimento cinemático 3D das articulações da pelve, quadril, joelho e tornozelo durante a corrida.

Neste estudo, somente a articulação do quadril foi analisada. A coleta e análise dos dados foram realizadas pelo mesmo avaliador para todos os sujeitos. Ao final dessa análise, cada participante recebeu um laudo com os dados coletados na pesquisa.

### **Variáveis analisadas**

Para se filtrar os dados cinemáticos, utilizou-se o filtro Butterworth de quarta ordem com frequência de ordem de 6 Hz, que foi utilizado apenas na fase de apoio da corrida. A análise cinemática do quadril durante a corrida, foi realizada através das convenções para descrição do movimento humano (36–39). Os movimentos de flexão/extensão, adução/abdução e rotação interna/externa foram calculados pelo software Visual 3D (C-Motion, Inc, Rockville, USA). A média dos sinais durante 15s de corrida em cada velocidade foi calculada para a fase de apoio. Foram avaliados nesse estudo os picos de flexão/extensão, de adução e de rotação interna do quadril durante o apoio. O processamento dos sinais foi realizado através de rotinas próprias desenvolvidas no software Matlab 15.0 (Mathworks, EUA).

### **Análise estatística**

Os dados que caracterizam a amostra, as variáveis cinemáticas e a escala KUJALA foram inicialmente avaliados através de estatística descritiva com apresentação da média e desvio padrão para as duas primeiras e mediana e variância para a última variável. A normalidade das variáveis foi testada através do teste de Shapiro-Wilk e todas as variáveis apresentaram distribuição normal. As variáveis que caracterizam a amostra foram comparadas através do teste t, a escala KUJALA foi comparada através do teste de Mann Whitney e as variáveis cinemáticas foram comparadas separadamente através do teste ANOVA dois fatores, onde um fator foi grupos (GC e GCD) e o outro fator as velocidades da corrida na esteira (9 Km/h, 11 Km/h e 13 Km/h). O teste post-hoc de Tukey foi utilizado para análise de comparação entre os ângulos. O tamanho de efeito foi calculado (40) para determinar a magnitude das diferenças. A interpretação do  $\eta^2$  foi feita da seguinte forma: 0,01 (pequeno), 0,09 (médio) e 0,25 (grande) (41). O nível de significância adotado foi de  $\alpha = 0,05$ . Os dados foram comparados no software SPSS versão 20 (IBM Corp, EUA).

## RESULTADOS

A escala de KUJALA foi a única variável que caracteriza a amostra que apresentou diferença estatística entre os grupos, havendo um menor valor para o GCD (Tabela 1), o que indica maior limitação funcional nos sujeitos desse grupo (8, 12, 34).

Tabela 1 – Características da amostra

	GC	GCD	p
Idade (anos)	28,9 ± 4,4	27,8 ± 3,1	P = 0,74
Peso (kg)	74,1 ± 7,8	75,7 ± 10,2	P = 0,83
Altura (m)	1,7 ± 0,1	1,8 ± 0,1	P = 0,28
Distância teste de Cooper (m)	3046 ± 116,1	3065 ± 124,6	P = 0,85
VO <sub>2</sub> máximo estimado (ml/kg/min)	56,5 ± 2,6	56,9 ± 2,8	P = 0,88
Tempo de Corrida (anos)	9,93 ± 5,37	9,75 ± 3,13	P = 0,92
KUJALA	99,7 ± 0,8	86,8 ± 6,8	P < 0,001*

\* Diferença estatisticamente significativa entre os grupos.

O pico de flexão do quadril durante o apoio inicial apresentou diferença estatística no fator grupo ( $p=0,004$ ,  $\eta^2 = 0,09$ ) e no fator velocidade ( $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,260$ ), sem diferença no fator interação ( $p=0,973$ ,  $\eta^2 < 0,001$ ) (Figura 1-A). O teste de post-hoc evidenciou que o GCD apresentou menor flexão do quadril comparado ao GC (Figura 2 – A, D e G). O aumento de velocidade gerou aumento significativo no ângulo de flexão do quadril  $p=0,012$  (9km/h x 11km/h),  $p=0,027$  (11km/h x 13 km/h) e  $p < 0,001$  (9km/h x 13km/h).

O pico de extensão do quadril apresentou diferença estatística no fator grupo ( $p=0,005$ ,  $\eta^2 = 0,086$ ) e no fator velocidade ( $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,216$ ), sem diferença no fator interação ( $p=0,636$ ,  $\eta^2 = 0,009$ ) (Figura 1-B). O teste de post-hoc evidenciou que o GCD apresentou maior extensão do quadril durante o apoio comparado ao GC (Figura 2 – A, D e G). A velocidade também influenciou no aumento do ângulo de extensão do quadril  $p=0,049$  (9km/h x 11km/h),  $p=0,027$  (11km/h x 13 km/h) e  $p < 0,001$  (9km/h x 13km/h).

O pico de adução do quadril apresentou diferença estatística nos fatores grupo ( $p=0,004$ ,  $\eta^2 = 0,09$ ) e velocidade ( $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,260$ ), sem diferença no fator interação ( $p=0,973$ ,  $\eta^2 = 0,001$ ) (Figura 1-C). O teste de post-hoc evidenciou que o GCD apresentou menor adução do quadril durante o apoio comparado ao GC (Figura 2 – B, E e H). A velocidade também aumentou o ângulo de adução do quadril  $p=0,012$  (9km/h x 11km/h),  $p=0,027$  (11km/h x 13 km/h) e  $p < 0,001$  (9km/h x 13km/h).

O ângulo de rotação interna apresentou diferença estatística apenas no fator grupo ( $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,161$ ), sem diferença no fator velocidade ( $p=0,559$ ,  $\eta^2 = 0,013$ ) e fator interação ( $p=0,939$ ,  $\eta^2$

= 0,001) (Figura 1-D). O teste de post-hoc evidenciou que o GCD apresentou maior rotação interna do quadril durante o apoio comparado ao GC (Figura 2 – C, F e I).

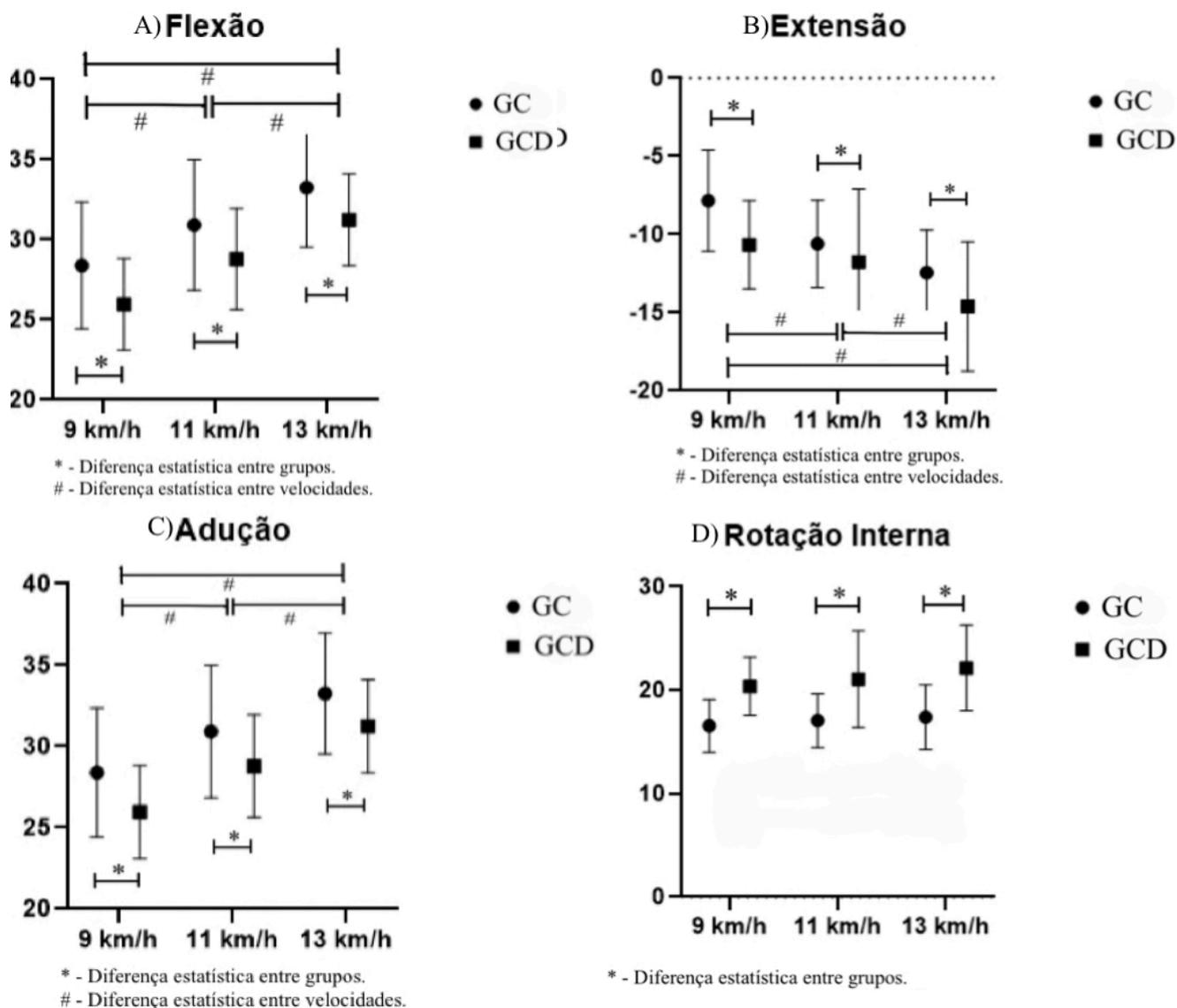


Figura 1 - Média e um desvio padrão do grupo controle (GC) e grupo com dor (GCD) nas três velocidades avaliadas para as seguintes variáveis: A) Flexão, B) Extensão, C) Adução e D) Rotação Interna do quadril.

\* diferença entre grupos e # diferença entre velocidades

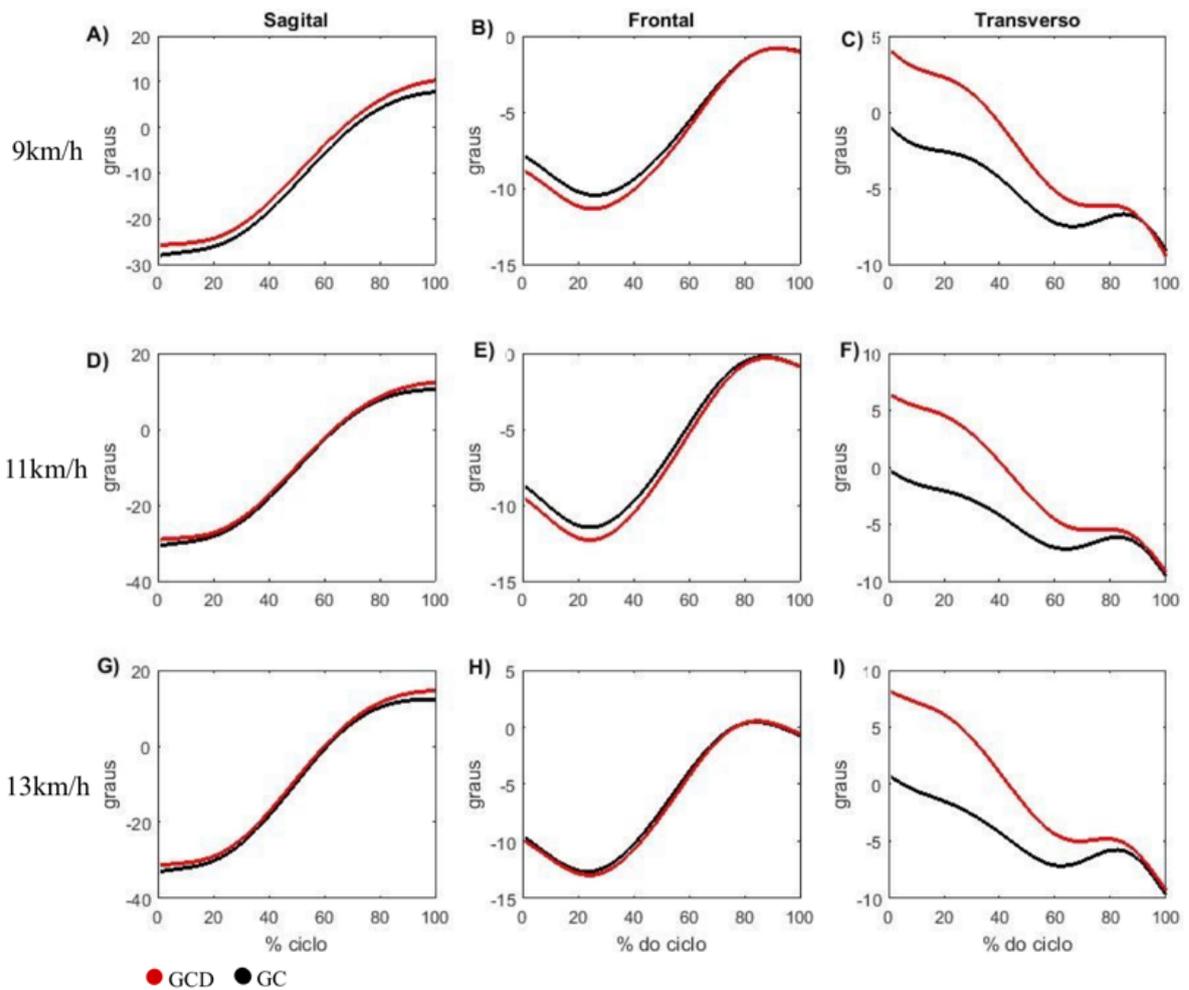


Figura 2 – Comparação do movimento entre o GC e o GCD nas três velocidades avaliadas para as seguintes variáveis: movimentos no plano sagital (A, D e G), frontal (B, E e H) e transverso (C, F e I) a 9km/h (A, B e C), 11km/h (D, E e F) e 13km/h (G, H e I).

O plano sagital engloba os movimentos de flexão e extensão do quadril, o plano frontal o movimento de adução do quadril e o transverso de rotação interna do quadril. A linha vermelha representa o grupo com dor (GCD) e a linha preta o grupo controle (GC).

## DISCUSSÃO

O objetivo desse trabalho foi analisar o padrão cinemático do quadril durante a corrida com velocidades progressivas em corredores amadores com dor patelofemoral. A hipótese do estudo foi parcialmente suportada já que o grupo com SDPF apresentou menor pico de adução do quadril e não houve modificação entre os grupos com o incremento da velocidade de corrida. Entretanto, os principais achados do estudo foram que o GCD apresentou redução da flexão e adução do quadril, além de aumento da extensão e rotação interna durante o apoio em todas as velocidades de corrida. Esses resultados corroboram com a literatura que apontam alterações cinemáticas em articulações proximais em corredores com dor no joelho (16-21). O aumento da velocidade da corrida aumentou o ângulo do quadril no plano sagital e frontal, mas não no plano transverso.

O pico de flexão do quadril no apoio inicial foi menor no GCD comparado ao grupo controle. Willson *et al.* (42) corroboram com os achados, pois evidenciaram que mulheres com SDPF apresentaram menores picos de flexão do quadril no teste de repetições de salto vertical. A redução da flexão pode ser explicada por uma possível redução da força dos flexores do quadril e pessoas com SDPF. Tyler *et al.* (43) em seu estudo feito com homens e mulheres, evidenciaram que sujeitos com SDPF apresentam uma menor capacidade de gerar força nos músculos flexores do quadril e uma maior dificuldade de realizar o teste de sentar e levantar quando comparados a sujeitos do grupo controle. Cichanowski *et al.* (44) também evidenciaram que mulheres com SDPF apresentaram menor força e menor capacidade de produzir movimento de flexão do quadril no teste com dinamômetro. Frederick e Yoon (12) verificaram que sujeitos com SDPF apresentam encurtamento do tensor da fáscia lata que pode resultar em limitações do movimento de flexão do quadril. Durante a corrida, o pico de flexão do quadril e joelho tendem a ser maiores quando comparados à caminhada (16). Sujeitos com SDPF apresentam como principal dificuldade a sensação de dor na região anterior do joelho, principalmente no movimento de flexão desse membro (8, 12-14). Sendo assim, essa dor e dificuldade na realização da flexão de joelho pode interferir na capacidade de flexão de quadril nos sujeitos com SDPF durante a corrida (16). Powers (24) verificou que alguns indivíduos com SDPF durante atividades funcionais, como a corrida, por exemplo, apresentam uma alteração no seu centro de massa para a região posterior o que vem a diminuir o pico de flexão do quadril.

A extensão do quadril foi maior em indivíduos com SDPF comparada a indivíduos do grupo controle. Willson *et al.* (11) estudando homens e mulheres com SDPF correndo até a exaustão, também encontraram maior pico de extensão do quadril em homens quando comparado a mulheres. Por outro lado, Willson *et al.* (44) não observaram diferença significativa entre o movimento de extensão de quadril em mulheres com e sem SDPF durante a execução de saltos

verticais. O aumento no movimento de extensão do quadril pode ser um fator compensador da redução da flexão. Powers (24) sugere que a redução no pico de flexão do quadril pode gerar uma maior necessidade de utilização dos grupos musculares da extensão resultando em maiores picos desse movimento do quadril.

Quando comparado o pico de adução do quadril, observou-se redução na adução do GCD. Resultado semelhante foi encontrado por Noehren *et al.* (9) e Dierks *et al.* (45). Já Willy *et al.* (10) evidenciaram não haver diferença no pico de adução do quadril entre o grupo controle e o grupo com SDPF no gênero masculino durante a corrida e o agachamento, porém demonstraram que homens com SDPF apresentam menor pico de adução de quadril quando comparados a mulheres com SDPF no mesmo teste. Dierks *et al.* (45) descrevem que a redução da adução pode estar associada ao aumento da elevação contralateral da pelve secundária à inclinação do tronco para compensar a fraqueza dos abdutores do quadril. Esse mecanismo compensatório usado para reduzir as demandas sobre os abdutores do quadril para estabilizar a pelve no plano frontal pode vir a reduzir o movimento de adução no grupo com SDPF durante a corrida.

O GCD também apresentou um aumento na rotação interna do GCD. Esse resultado corrobora com diversos estudos anteriores ( ). O aumento da rotação interna é descrito como sendo uma estratégia do corpo para tentar diminuir o desalinhamento dos membros inferiores e, assim, diminuir a dor durante o movimento de corrida (18). Fredericson e Yoon (12) e Britto (16) encontraram redução na força muscular de rotação externa do quadril em sujeitos com SDPF. Tal redução pode estar associada ao aumento da rotação interna do quadril durante a corrida em pessoas com SDPF. Para que haja, durante a corrida, um movimento funcional do fêmur é necessário que este seja girado internamente e que o sulco troclear possa girar abaixo da patela, colocando a patela em uma posição lateralizada (5). Em sujeitos com SDPF parece que o fêmur não consegue realizar essa rotação interna durante a corrida, e esse defeito parece se originar da pelve devido ao enfraquecimento dos rotadores externos do quadril, incluindo, também o glúteo máximo e glúteo médio (5, 17).

A velocidade de corrida aumentou a amplitude dos movimentos de flexão, adução e extensão do quadril. Diversos estudos corroboram com esse achado (46, 47, 48). O sistema musculoesquelético aumenta sua velocidade na corrida através do aumento do comprimento e frequência da passada (49, 50) com aumento das forças de reação do solo (16). Para isso, é necessário o aumento nas amplitudes de movimento das articulações do membro inferior nos planos sagital e frontal (49, 50).

Não foi evidenciada nas variáveis analisadas desse estudo diferença estatisticamente significativa no fator interação, ou seja, o GCD não modificou o movimento angular de forma diferenciada com o aumento da velocidade da corrida quando comparado ao GC. Percin e

Cargnelutti (51) evidenciam que quando não há diferença significativa entre o fator interação dos dois fatores, não há dependência entre eles. Assim, nesse estudo, o aumento de velocidade influenciou os dois grupos de forma semelhante. A modificação em um fator não depende da mudança, ausência ou presença do outro e os resultados obtidos separadamente para cada um desses fatores continuam sendo válidos (51).

O presente estudo apresenta limitações como: a pequena amostra no GCD; avaliação apenas de homens, além de não avaliar velocidades de corrida muito elevadas e com moderada a longa duração. O estudo também não avaliou outros possíveis fatores biomecânicos associados à SDPF, tais como: a atividade eletromiográfica, a flexibilidade e a força muscular.

Sugere-se a realização de estudos do tipo longitudinal para determinar se os resultados encontrados são a causa ou efeito das disfunções femoropatelaes, além da avaliação biomecânica completa do membro inferior de corredores com SDPF. Outra sugestão seria analisar os sujeitos em estado de fadiga para verificar como essa altera as variações nos membros inferiores, principalmente a articulação do quadril.

## **CONCLUSÃO**

Os sujeitos do GCD apresentaram maior pico de rotação interna e extensão do quadril e menores picos de flexão e adução do quadril durante a fase de apoio da corrida com velocidades progressivas. O aumento de velocidade afetou significativamente os movimentos de flexão, adução e extensão do quadril. Não houve diferença significativa no fator interação entre ter ou não SDPF e o aumento da velocidade. Esses resultados apontam para que a alteração na articulação do quadril em corredores com SDPF pode estar associada a falta de controle do movimento do quadril gerando sobrecarga no joelho.

## **REFERÊNCIAS**

1. Salgado J. Análise do perfil de corredores de rua. Campinas: Universidade Estadual de Campinas; 2016.

2. Pereira J. Lesão em Corredores: aspectos preventivos através de uma abordagem epidemiológica. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2010.
3. Ryan M, MacLean C, Tauton J. A review of anthropometric, biomechanical, neuromuscular and training related factors associated with injury in runners. *Int Sport J*. 2006;7(2):120-137.
4. van Mechelen W. Running Injuries: A Review of the Epidemiological Literature. *Sport Med An Int J Appl Med Sci Sport Exerc*. 1992;14(5):320–35.
5. Collado H, Fredericson M. Patellofemoral pain syndrome. *Clin Sports Med*. 2010;29(3):379–98.
6. Borel W, Filho J, Diz J, Moreira P, Veras P, Catharino L, et al. Prevalence of injuries in brazilian recreational street runners: Meta-analysis. *Rev Bras Med do Esporte*. 2019;25(2):161–7.
7. Taunton J, Ryan M, McKenzie D, Lloyd-Smith D, Zumbo B. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *Sport Med*. 2002;(36):95–102.
8. Piazza L, Lisboa A, Costa V, Brinhosa G, Vidmar M, Oliveira L, et al. Sintomas e limitações funcionais de pacientes com síndrome da dor patelofemoral. *Rev Dor*. 2012;13(1):50–4.
9. Noehren B, Pohl M, Sanchez Z, Cunningham T, Lattermann C. Proximal and distal kinematics in female runners with patellofemoral pain. *Clin Biomech [Internet]*. 2012;27(4):366–71.
10. Willy R, Manal K, Witvrouw E, Davis I. Are mechanics different between male and female runners with patellofemoral pain? *Med Sci Sports Exerc*. 2012;44(11):2165–71.
11. Willson J, Loss J, Willy R, Meardon S. Sex differences in running mechanics and patellofemoral joint kinetics following an exhaustive run. *J Biomech*. 2015;48(15):4155–9.
12. Fredericson M, Yoon K. Physical examination and patellofemoral pain syndrome. *Am J Phys Med Rehabil*. 2006;85(3):234–43.
13. Alaca R, Yilmaz B, Goktepe A, Mohur H, Kalyon T. Efficacy of Isokinetic Exercise on

Functional Capacity and Pain in Patellofemoral Pain Syndrome. *Am J Phys Med Rehabil.* 2002;(November):807–13.

14. Brechter J, Powers C. Patellofemoral joint stress during stair ascent and descent in persons with and without patellofemoral pain. *Gait Posture.* 2002;16(2):115–23.

15. Neptune R, Wright I, Van Den Bogert A. The influence of orthotic devices and vastus medialis strength and timing on patellofemoral loads during running. *Clin Biomech.* 2000;15(8):611–8.

16. Britto P. Estudo eletromiográfico dos músculos vasto medial oblíquo, vasto lateral e glúteo médio em corredores com e sem dor anterior de joelho. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2013.

17. Noehren B, Sanchez Z, Cunningham T, McKeon P. The effect of pain on hip and knee kinematics during running in females with chronic patellofemoral pain. *Gait Posture.* 2012;36(3):596–9.

18. Dierks T, Manal K, Hamill J, Davis I. Lower extremity kinematics in runners with patellofemoral pain during a prolonged run. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(4):693–700.

19. Powers C. The Influence of Altered Lower-Extremity Kinematics on Patellofemoral Joint Dysfunction: A Theoretical Perspective. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2003;33(11):639–46.

20. Liao T, Yang N, Ho K, Farrokhi S, Powers C. Femur Rotation Increases Patella Cartilage Stress in Females with Patellofemoral Pain. *Med Sci Sports Exerc.* 2015;47(9):1775–80.

21. Willson J, Kernozek T, Arndt R, Reznicek D, Straker J. Gluteal muscle activation during running in females with and without patellofemoral pain syndrome. *Clin Biomech.* 2011;26(7):735–40.

22. Fukuchi R, Duarte M. Biomecânica da Corrida. In: *Aptidão Aeróbia, Desempenho Esportivo, Saúde e Nutrição.* 1st ed. São Paulo: Manole; 2017. p. 212–39.

23. Novacheck T. The biomechanics of running. *Gait Posture.* 1998;7(1):77–95.

24. Powers C. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: A biomechanical perspective. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(2):42–51.
25. Barbanti V. Teoria e prática do treinamento esportivo. 2ª. Blucher E, editor. São Paulo; 1997.
26. Gonçalves L. Corrida de rua : qualidade de vida e desempenho. Campinas: Universidade Estadual de Campinas; 2007.
27. Schache A, Blanch P, Dorn T, Brown N, Rosemond D, Pandy M. Effect of running speed on lower limb joint kinetics. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(7):1260–71.
28. Petersen J, Sørensen H, Nielsen R. Cumulative loads increase at the knee joint with slow-speed running compared to faster running: A biomechanical study. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2015;45(4):316–22.
29. Lenhart R, Thelen D, Wille C, Chumanov E, Heiderscheit B. Increasing running step rate reduces patellofemoral joint forces. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46(3):557–64.
30. Reynolds V. Cumulative Knee Joint Loads Associated with Interval Training. East Carolina University; 2016.
31. Thomas J, Nelson J. Métodos de pesquisa em atividade física. 3ª. Artmed Editora; 2002.
32. Faul F, Erdfelder E, Lang A, Buchner A. G\*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral and biomedical sciences. *Behav. Res. Methods;* 2007; 39, 175-191.
33. Crowell H, Davis I. Gait retraining to reduce lower extremity loading in runners. *Clinical Biomechanics;* 2011; 26(1), 78–83.
34. Aquino V, Falcon S, Neves L, Rodrigues R, Sendín F. Tradução e adaptação cultural para a língua portuguesa do questionário scoring of patellofemoral disorders: estudo preliminar. *Acta Ortop Bras.* 2011;19(5):273–9.
35. Kadaba M, Ramakrishnan H, Wootten M. Measurement of lower extremity kinematics during

level walking. *J Orthop Res.* 1990;8:383–92.

36. Alcantara C. *Análise cinemática e cinética dos membros inferiores na corrida em adultos e idosos.* São Paulo: Universidade de São Paulo; 2013.

37. Cappozzo A, Catani F, Croce U, Leardini A. Position and orientation in space of bones during movement: anatomical frame definition and determination. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 1995 Jun;10(4):171–8.

38. Wu G, Siegler S, Allard P, Kirtley C, Leardini A, Rosenbaum D, et al. ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion--part I: ankle, hip, and spine. *International Society of Biomechanics.* Vol. 35, *Journal of biomechanics.* United States; 2002. p. 543–8.

39. Grood E, Suntay W. A joint coordinate system for the clinical description of three-dimensional motions: application to the knee. *J Biomech Eng.* 1983 May;105(2):136–44.

40. Levine T, Hullett C. Eta Squared, Partial Eta Squared, and Misreporting of Effect Size in Communication Research. *Human Communication Research.* 2002, 28. 612 - 625.

41. Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

42. Willson D, Binder-Macleod S, Davis S. Lower Extremity Jumping Mechanics of Female Athletes with and without Patellofemoral Pain before and after Exertion. *The American Journal of Sports Medicine,* 2008; 36(8), 1587–1596.

43. Tyler T, Nicholas S, Mullaney M, McHugh M. The Role of Hip Muscle Function in the Treatment of Patellofemoral Pain Syndrome. *The American Journal of Sports Medicine,* 2006 34(4), 630–636.

44. Cichanowski H, Schmitt J, Johnson R, Niemuth P. Hip Strength in Collegiate Female Athletes with Patellofemoral Pain. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 2007; 1227 - 1232.

45. Dierks T, Manal K, Hamill J, Davis I. Lower extremity kinematics in runners with patellofemoral pain during a prolonged run. *Medicine and Science in Sports and Exercise*

2011;43:693–700.

46. Tojima M, Osada A, Torii S. Changes in hip and spine movement with increasing running speed. *J Phys Ther Sci.* 2019;31(8):661-665.

47. Orendurff M, Kobayashi T, Tulchin-Francis K, Tullock A, Villarosa C, Chan C, Strike S. A little bit faster: Lower extremity joint kinematics and kinetics as recreational runners achieve faster speeds. *Journal of Biomechanics*, 2018, 71, 167–175.

48. Matsuo S, Fujii H, Kariyama Y, & Ohyama K. Changes in the activity of hip adductor muscles with increased running speed. *Taiikugaku Kenkyu (Japan Journal of Physical Education, Health and Sport Sciences)*, 2011, 56(2), 287–295.

49. Mercer J, Vance J, Hreljac A, Hamill J. Relationship between shock attenuation and stride length during running at different velocities. *European Journal of Applied Physiology.* 2002; 87(4-5):403–8.

50. Zeitoune G, Leporace G, Batista L, Metsavaht L, Nadal J. Influência do aumento de velocidade de corrida na cinemática dos membros inferiores de sujeitos hígidos. XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica – CBEB 2014.

51. Perecin D, Cargnelutti A. Efeitos por comparações e por experimento em interações de experimentos fatoriais. *Ciênc. agrotec.* 2008, vol.32, n.1, pp.68-72.

# APÊNDICE 1 - TERMO DE PARTICIPAÇÃO CONSENTIDA LIVRE E ESCLARECIDA (TCLE)

Título do estudo: **Fatores biomecânicos associados à dor anterior do joelho em corredores recreacionais**

Pesquisadora responsável:  
Adriane Muniz  
Profa. Adjunto I Escola de Educação Física do  
Exército (EsEFEx)  
CPF- 023470389-07  
- - - - -

Você foi selecionado a participar do projeto de pesquisa, desenvolvida na Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx), que investiga a relação entre fatores biomecânicos da dor anterior no joelho em corredores.

Esta coleta de dados esta sendo realizado como parte do trabalho de conclusão de curso dos alunos Rodrigo Silva de Oliveira e Diego Antonio Zborowski Simi da EsEFEx. O respectivo estudo é realizado sob orientação da professora Adriane Muniz.

O objetivo deste estudo será investigar a relação de alguns fatores como ângulo de pronação (ângulo que o pé realiza durante a corrida), impacto no joelho, e força dos músculos do tornozelo que possam estar associados à dor anterior do joelho em corredores.

## **Procedimentos de avaliação**

A avaliação será realizada em dois dias diferentes. No primeiro dia será realizada uma avaliação inicial e avaliação da corrida. Você será solicitado a correr em uma esteira descalço, a uma velocidade de 13km/h por 5 minutos. No segundo dia serão realizadas teste de força muscular do joelho e tornozelo. Segue abaixo os procedimentos detalhados:

### Avaliação inicial

Sua postura está avaliada por um avaliador experiente.

### Medida do ângulo máximo de pronação

A medida do ângulo de pronação durante a corrida será avaliada através de uma câmera digital. Quatro pontos reflexivos serão fixados com uma fita dupla face no seu pé e perna. Durante o teste, você correrá por 5 minutos em uma esteira descalço a velocidade de 13km/h. Para sua

adaptação e aquecimento, antes do teste você realizará um aquecimento prévio de 5 minutos de corrida na esteira a uma velocidade de 8km/h.

### Medida de impacto no joelho

O impacto durante a corrida será avaliado através de um equipamento chamado acelerômetro, que será fixado na sua perna através de uma fita de velcro e os cabos do equipamento serão presos em sua pele através de um esparadrapo *micropore*.

### Medidas da atividade elétrica muscular

A atividade elétrica do músculo da coxa durante a corrida na esteira, será avaliada com um equipamento chamado eletromiógrafo. Serão acoplados eletrodos na pele da sua coxa anteriormente. Para diminuir a interferência da pele será friccionado álcool com algodão e retirada de pêlos nos locais a serem posicionados os eletrodos. Todos os materiais utilizados serão estéreis e descartáveis.

### Medidas de torque articular

A força dos músculos da coxa e perna será avaliada através de um equipamento chamado dinamômetro isocinético. Você sentará em uma cadeira e será solicitado para executar a extensão do joelho com força máxima. Para avaliação da força dos músculos da perna, você ficará deitado e será solicitado para fazer o movimento com força máxima. Antes do teste, você fará um aquecimento de 5 minutos em uma bicicleta ergométrica.

### **Riscos**

Os riscos associados com os testes podem incluir mínima dor muscular tardia, que será minimizado com período de descanso após a medida.

O risco de queda durante a corrida na esteira será minimizado por um período de familiarização. Além do mais, qualquer desconforto que você possa vir a sentir é só relatar que pararemos o teste no mesmo momento. A esteira ainda conta com um dispositivo para pará-la imediatamente e pode ser acionado quando você julgar necessário.

Todos os preenchimentos de avaliação da ficha de avaliação não acarretam nenhum risco, além daqueles presentes no seu dia a dia.

### **Benefícios**

Você e futuros participantes poderão se beneficiar com os resultados desse estudo. À medida que se caracterizar melhor o movimento dos corredores com dor anterior no joelho,

estratégias terapêuticas mais apropriadas podem ser introduzidas, além de direcionar a utilização de procedimentos preventivos. Você receberá um laudo sobre seu movimento de corrida, com informações sobre o ângulo de pronação, impacto e força dos músculos da coxa e perna.

### **Garantia de acesso**

Você tem o direito, agora ou mais tarde, de discutir qualquer dúvida que venha a ter com relação à pesquisa com: Adriane Mara de Souza Muniz: (021) 98109-3232 ou email: [adriane\\_muniz@yahoo.com.br](mailto:adriane_muniz@yahoo.com.br)

Caso você tenha dificuldade em entrar em contato com o pesquisador responsável, comunique o fato à Comissão de Ética em Pesquisa do Instituto de Estudos em Saúde Coletiva pelo telefone (21) 25989328 ou pelo e-mail [cep@nesc.ufrj.br](mailto:cep@nesc.ufrj.br).

### **Garantia de liberdade**

A sua participação é voluntária e você tem o direito de se retirar por qualquer razão e qualquer momento, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na instituição.

### **Confidencialidade**

Você receberá um código que será utilizado em todos os seus testes e não será reconhecido individualmente. As informações obtidas serão analisadas em conjunto com as informações obtidas de outros indivíduos, não sendo divulgada a identificação de nenhum indivíduo e os pesquisadores garantem o anonimato das informações da sua avaliação.

Os dados coletados poderão ser utilizados futuramente para publicações em periódicos, porém qualquer informação que permita sua identificação será mantida em sigilo.

### **Despesas e compensações**

Você não receberá nenhuma forma de pagamento pela participação no estudo. Também não há despesas pessoais para você, incluindo exames e consultas. Em caso de dano pessoal, diretamente causado pelo procedimento deste estudo, você terá direito a tratamento médico na instituição, bem como a indenizações legalmente estabelecidas.

Os dados coletados serão utilizados somente para esta pesquisa.

### **Declaração e assinatura**

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações sobre o estudo acima ditado que li ou que foram lidas para mim. Eu discuti com a professora Adriane Mara de Souza Muniz sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim quais

são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades, prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento nesta instituição.

Eu, \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ declaro ter sido informado e concordo em participar, como voluntário, do projeto de pesquisa acima descrito.

\_\_\_\_\_  
Nome e assinatura do participante voluntário do projeto

\_\_\_\_\_  
Adriane Mara de Souza Muniz

Rio de Janeiro, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

## ANEXO 1 – PARECER FINAL DO CEP



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE ESTUDOS DE SAÚDE COLETIVA  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

**PARECER Nº10/2011**  
**PROCESSO Nº65/2010**

**Projeto de Pesquisa: Fatores biomecânicos à dor anterior do joelho em corredores recreacionais.**

**Pesquisador: Adriane Mara de Souza Muniz**

O Comitê de Ética em Pesquisa, tendo em vista o que dispõe a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, resolve APROVAR o presente projeto. Informamos que o CEP está à disposição do pesquisador para quaisquer esclarecimento ou orientação que se façam necessários no decorrer da pesquisa.

Lembramos que o pesquisador deverá apresentar relatório da pesquisa no prazo de um ano a partir desta data.

Cidade Universitária, 09 de fevereiro de 2011.

  
Marisa Palacios  
Coordenadora CEP/IESC

Instituto de Estudos de Saúde Coletiva-CCS/UFRJ  
Praça Jorge Machado Moreira, 100 - Cidade Universitária  
Ilha do Fundão - Rio de Janeiro - RJ  
CEP: 21.941-598 - Rio de Janeiro -  
Tel:(021) 2598 6293 Tel/Fax:(021) 2270 0097  
e-mail: cep@iesc.ufrj.br

*adriane\_muniz@yahoo.com.br*