HELOYSE ULIAM KURIKI

**CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS
BIOMECÂNICOS DURANTE A SUBIDA DE
DEGRAUS**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia - Escola de Engenharia de São Carlos / Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto / Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a obtenção do título de doutor em Ciências.

Área de Concentração: Bioengenharia

Orientador: Prof. Dr. Neri Alves

São Carlos
2013

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

K96c Kuriki, Heloyse Uliam
Caracterização de parâmetros biomecânicos durante a
subida de degraus / Heloyse Uliam Kuriki; orientador
Prof. Neri Alves. São Carlos, 2013.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação
Interunidades Bioengenharia e Área de Concentração em
Bioengenharia -- Escola de Engenharia de São Carlos;
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto; Instituto de
Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo,
2013.

1. Síndrome da dor femoropatelar. 2. Biomecânica.
3. Eletromiografia. 4. Subida de escada. I. Título.

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia
EESC / FMRP / IQSC

HELOYSE ULIAM KURIKI

Título: "Caracterização de parâmetros biomecânicos durante a subida de degraus".

TESE APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
INTERUNIDADES BIOENGENHARIA - EESC/FMRP/IQSC DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
DOUTOR EM CIÊNCIAS NA ÁREA DE BIOENGENHARIA.

Aprovada em: 18/04/2013

PROF. DR. NERI ALVES
(ORIENTADOR)

Resultado: Aprovado

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita
Filho" - UNESP

Assinatura: [Assinatura]

PROF. DR. FÁBIO VIADANNA SERRÃO

Resultado: Aprovado

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

Assinatura: [Assinatura]

PROF. DR. VILMAR BALDISSERA

Resultado: APROVADA

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

Assinatura: [Assinatura]

PROF. DR. LUIS MOCHIZUKI

Resultado: Aprovada

Escola de Artes e Ciências Humanas - USP

Assinatura: [Assinatura]

PROF. DR. ARLINDO NETO MONTAGNOLI

Resultado: Aprovado

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

Assinatura: [Assinatura]

Com a esperança de que a clínica e a pesquisa possam se unir para fortalecer a abordagem terapêutica, dedico este trabalho a todos aqueles que possam se beneficiar de seus achados, seja para intervir diretamente na clínica ou para continuar em busca de embasamento teórico científico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, porque é a minha fé que me dá forças diárias quando o cansaço tenta me vencer, que acende a luz quando eu já não sou capaz de olhar em frente, e que me faz acreditar que o melhor está sempre por vir! Pai do céu, obrigada por cuidar de mim!

À minha família, que me ensinou a ser verdadeira, a conseguir o que quero com o fruto do meu trabalho e da minha dedicação, que me ensinou a respeitar o próximo, a ser humilde e a querer sempre mais. As palavras não são suficientes para descrever o tamanho da minha gratidão e do meu amor por vocês!

Ao meu orientador, que é professor, pai e amigo! Obrigada por ter acreditado em mim um dia e me convencido a entrar no mundo acadêmico. Obrigada por ter entendido as minhas limitações na sua área e se esforçado para compreender a minha. Aqui fica a certeza de que essa é só mais uma etapa cumprida, numa caminhada que está apenas começando. Nerí, obrigada por tudo!

Aos meus amigos que por vezes entenderam a minha ausência e o meu estresse, que me incentivaram sempre, que se orgulharam de cada passo que eu dei e nunca desistiram de mim! Tenho plena certeza de que a vida me presenteou de maneira sublime com cada um de vocês. Vocês são, de fato, a família que eu escolhi para compartilhar a minha vida. Depois de tantos anos e provas de amizade, hoje, acredito que são para sempre!

Aos amigos do LABCOM, muito mais do que colegas de trabalho, vocês se tornaram amigos para todos os momentos, para compartilhar das horas de alegria, conquistas, viagens, “happy hours”, mas também dos

momentos de angústia, de desespero, de tristeza. Ter a certeza de que poderia contar com cada um de vocês tornou a caminhada muito mais tranquila, obrigada por fazerem parte da minha vida! À Deisi, que participou de maneira direta nesta pesquisa, muito obrigada! Aos professores do LABCOM: Fábio, Rúben e Augusto, minha eterna gratidão e reconhecimento, espero um dia poder retribuir o que fizeram por mim!

Às voluntárias desta pesquisa: a vocês devo tudo, muito obrigada pela compreensão e dedicação!

Aos professores Orivaldo Lopes e Edmundo Pereira, membros da banca de qualificação, obrigada pelos apontamentos e sugestões que muito contribuíram para a finalização deste projeto. Aos professores Luís Mochizuki, Fábio Serrão, Vilmar Baldissera e Arlindo Montagnoli, membros da banca de defesa, muito obrigada pela dedicação, paciência e respeito ao trabalho, bem como pelas sugestões para as perspectivas futuras.

Ao programa de pós-graduação Interunidades Bioengenharia, em especial à Janete, ao Orivaldo e aos amigos de pós-graduação, muito obrigada pela compreensão e atenção prestados. À FCT/UNESP, por mais uma vez me receber e conceder o espaço para a realização desta pesquisa.

À FAPESP, meus agradecimentos pela concessão da bolsa de pesquisa que permitiu a realização deste projeto (proc. n. 2010/06833-6).

Heloyse Kuriki

“O degrau da escada não foi inventado para repousar, mas apenas para sustentar o pé o tempo necessário para que o homem coloque o outro pé um pouco mais alto”.

(Aldous Huxley)

KURIKI, H.U. Caracterização de parâmetros biomecânicos durante a subida de degraus. 2013. 75f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia (EESC /FMRP/IQSC), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

Subir e descer escadas são atividades funcionais habituais e muito relatadas como queixa principal por pacientes com alterações ortopédicas como a síndrome dolorosa femoropatelar – por ser um movimento que acarreta descarga de peso unilateral e assim causa um aumento da dor – e por pacientes com afecções neurológicas – devido à dificuldade na execução deste gesto. Além disso, a subida e descida de escadas é habitualmente utilizada como técnica terapêutica na reabilitação destes pacientes; porém poucos estudos foram realizados com o intuito de caracterizar este gesto e, estes estudos, concluem que a alta variabilidade dos dados não permite confirmar os resultados. Estudos com pacientes com dor femoropatelar usualmente avaliam estes sujeitos com eletromiografia de superfície e sugerem que exista um déficit de equilíbrio na musculatura estabilizadora da patela e que esta é a causa da dor nestes pacientes; porém, também há uma grande variabilidade nos resultados encontrados, não sendo possível confirmar esta hipótese. Neste contexto, este estudo teve o objetivo de verificar quais parâmetros do sinal eletromiográfico apresentaram boa reprodutibilidade e menor variabilidade e são, portanto, mais adequados para caracterizar o gesto proposto, podendo ser utilizado para comparar grupos de indivíduos com e sem dor femoropatelar. Para isto, foi utilizada a eletromiografia para avaliar a atividade dos músculos vasto lateral e vasto medial do quadríceps durante a subida de escada em 39 indivíduos clinicamente saudáveis e 23 indivíduos com dor femoropatelar. Os resultados mostraram que os parâmetros que apresentaram boa reprodutibilidade entre os dois dias de avaliação foram: início de ativação, duração da contração muscular, tempo mediano da contração, intensidade do sinal, co-ativação muscular e frequência mediana. Dentre estes parâmetros, aqueles que permitiram diferenciar os grupos de estudo foram o tempo mediano da ativação, que ocorreu mais tardiamente nos indivíduos com dor e a co-ativação muscular, que demonstrou menor porcentagem de ativação conjunta nos indivíduos com dor. Estes dados indicam uma alteração no controle neuromotor durante a subida de escada, sugerindo que a abordagem clínica deva passar por treinos de equilíbrio, coordenação e propriocepção, para melhorar a estabilidade articular durante a realização de atividades dinâmicas.

Palavras-chave: Síndrome da dor femoropatelar, biomecânica, eletromiografia, subida de escada.

KURIKI, H.U. Characterization of biomechanical parameters during stair ascent. 2013. 75f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia (EESC /FMRP/IQSC), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

Go up and down stairs are functional activities very habitual and reported as complaint for patients with orthopedic alterations as patellofemoral pain syndrome – because it is a movement that carries unilateral weight bearing and thus cause an increase in pain – and for patients with neurological disorders – due to the difficulty in carrying out this gesture. Moreover, the ascent and descent of stairs is usually used as a therapeutic technique in the rehabilitation of these patients, but few studies have been conducted in order to characterize this gesture and, these studies conclude that the high variability of the data does not confirm the results. Studies on patients with patellofemoral pain usually assess these subjects with surface electromyography and suggest that there is a balance deficit in the patella stabilizer muscles and that this is the cause of pain in these patients, but there is also a great variability in the results, that does not allow to confirm this hypothesis. In this context, this study aimed to determine which parameters of electromyographic signals showed good reproducibility and low variability and are, therefore, more appropriate to characterize the proposed gesture and can be used to compare groups of individuals with and without patellofemoral pain. For this, we used electromyography to evaluate the activity of the vastus lateralis and vastus medialis of the quadriceps during stair climbing in 39 clinically healthy individuals and 23 individuals with patellofemoral pain. The results showed that the parameters with good reproducibility between the two days of evaluation were: onset, duration of muscle contraction, median time of contraction, intensity of activation, muscular co-activation and median frequency. Among these parameters, those that could differentiate the groups were the median time of activation, which occurred later in subjects with pain and muscle co-activation, which showed a lower percentage of combined activation in individuals with joint pain. These data indicate a change in neuromotor control during stair climbing, suggesting that the clinical approach should undergo training of balance, coordination and proprioception, in order to improve joint stability while performing dynamic activities.

Key-words: Patellofemoral pain syndrome, biomechanics, electromyography, stair ascent.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema mostrando a configuração da escada de teste e o posicionamento da plataforma de força.....	33
Figura 2. Escada utilizada para a coleta de dados	33
Figura 3. Eletrodos nos músculos VM e VL	34
Figura 4. Sistema de gabarito para remarcação dos pontos no segundo dia de coleta.	34
Figura 5. Exemplo de sinal EMG bruto do músculo VM durante a realização da coleta.	38
Figura 6. Exemplo do sinal selecionado com relação à Fz, referente ao quarto degrau da escada.....	38
Figura 7. Exemplo de sinal EMG do VMO, com os tempos de início automático, início visual e máximo destacados.	38
Figura 8. Esquema das forças atuantes na patela. VL: vasto lateral, RF: reto femoral, VM: vasto medial, pt: tendão patelar.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparação estatística das características antropométricas dos voluntários.	30
Tabela 2. Critérios de inclusão e exclusão para constituição dos grupos de estudo (Kuriki et al., 2011).....	32
Tabela 3. Valores de ICC, EPM e MDD para o grupo controle.....	43
Tabela 4. Valores de ICC, EPM e MDD para o grupo SDFP.	43
Tabela 5. Valores de média ($\pm$ desvio-padrão) dos parâmetros selecionados para cada grupo e p-valor da comparação.....	45
Tabela 6. Quantidade de sujeitos (%) em cada grupo que apresentou ativação prévia de VM, VL, ou ativação simultânea dos músculos.	46
Tabela 7. Valores do teste de acurácia diagnóstica.	47

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

SDFP	Síndrome da dor femoropatelar ou patelofemoral
EMG	Eletromiografia de superfície
VL	Vasto lateral
VM	Vasto medial
ICC	Índice de correlação intraclasse
NBR	Norma da associação brasileira de normas técnicas
Ag/AgCl	Prata/Cloreto de Prata
CVIM	Contração voluntária isométrica máxima
PSD	Densidade espectral de potência
SDF	Distribuição espectral de frequência
SPSS	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i>
MDD	Mínima diferença detectável
EPM	Erro padrão da medida
PV+	Valor preditivo positivo
PV-	Valor preditivo negativo
LR+	Razão de verossimilhança positiva
LR-	Razão de verossimilhança negativa
IC	Intervalo de confiança

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	18
2.1. Objetivo geral	19
2.2. Objetivos específicos	19
3. REVISÃO DA LITERATURA	20
3.1. Considerações sobre a subida de escadas	21
3.2. Considerações sobre a SDFP	26
4. MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1. Voluntários	30
4.1.1. Grupo SDFP	30
4.1.2 Grupo controle	31
4.2 Protocolo de avaliação	31
4.3. Escada de teste	32
4.4. Instrumentação	33
4.5. Procedimento experimental	35
4.6. Processamento dos sinais EMG	36
4.7. Análise estatística dos dados	39
4.8. Teste de acurácia diagnóstica	40
5. RESULTADOS	41
5.1. Reprodutibilidade dos dados	42
5.2. Determinação das variáveis de interesse	44
5.3. Comparação entre os grupos	45
5.4. Determinação da quantidade de indivíduos com atraso na ativação	46
5.5. Teste de acurácia diagnóstica	46
6. DISCUSSÃO	48
6.1. Reprodutibilidade dos parâmetros obtidos do sinal EMG	49
6.2. Onset	50

6.3. Demais variáveis temporais.	51
6.4. Análise do sinal no domínio da frequência.	53
6.5. Teste de acurácia diagnóstica.	54
6.6. Considerações finais e aplicação clínica.	55
7. CONCLUSÃO	57
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
9. ANEXOS	67
ANEXO A. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	68
ANEXO B. Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa	70
ANEXO C. Protocolo de avaliação	71
ANEXO D. Protocolo de avaliação para SDFP	74

1. INTRODUÇÃO

Subir e descer escadas são atividades funcionais às quais os indivíduos são submetidos quase que diariamente para acessar determinados locais; e tal como a locomoção, fazem-no de maneira natural. Além disso, a escada constitui um importante recurso terapêutico em clínicas de reabilitação física. Porém, quando se trata de um indivíduo com afecções do sistema musculoesquelético devido a uma lesão muscular localizada ou decorrente de uma lesão central, como um acidente vascular cerebral, a subida ou descida de degraus é relatada como sendo uma das atividades que embutem o maior grau de dificuldade, no caso das lesões centrais; ou como uma atividade que desencadeia ou exacerba a dor, nas lesões localizadas.

Dada sua importância, várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o intuito de avaliar diferentes grupos de indivíduos com relação à presença de dor ou alterações funcionais durante a subida e/ou descida de escadas. Esses estudos, que serão descritos no capítulo *Revisão da Literatura*, consistem em avaliar populações de indivíduos idosos, obesos, com síndrome da dor patelofemoral (SDFP), com osteoartrite de joelho, dentre outros, e compará-los a um grupo de indivíduos clinicamente saudáveis. Outros estudos buscam comparar diferentes estratégias ligadas à subida ou descida de escadas diante de diferentes estímulos, como variação na iluminação e no tamanho dos degraus. As avaliações são realizadas por meio de eletromiografia de superfície (EMG), plataformas de força e análise de imagem com o objetivo de entender se há diferenças em padrões musculares ou de controle motor em relação a um grupo controle. Em todos estes trabalhos a avaliação foi realizada utilizando escadas de dois a cinco degraus e a maioria dos autores relata ter havido influência da alta variabilidade dos dados nos resultados.

Pesquisas buscando entender o comportamento dos parâmetros biomecânicos de indivíduos com SDFP durante a subida de escada basearam-se principalmente na ideia de que existe um desequilíbrio muscular entre as porções musculares do quadríceps, que leva à lateralização da patela e consequente dor; algumas pesquisas mais recentes levantam a hipótese de existir uma rotação nos membros inferiores (fêmur e/ou tíbia) durante o movimento que leva à dor. Nesse sentido, pesquisas têm focado na avaliação eletromiográfica, buscando respostas para o início de ativação dos músculos vasto lateral (VL) e vasto medial (VM), para verificar se há uma defasagem nos tempos de início de ativação de cada porção; e para entender a influência da rotação, pesquisadores têm utilizado ressonância magnética funcional e análise por meio de cinemetria. Porém, devido à alta variabilidade dos resultados obtidos na análise de indivíduos com SDFP durante a subida de escada, como será mostrado na revisão bibliográfica, é difícil concluir qual parâmetro de fato

está relacionado à dor. Reduzir a variabilidade e conhecer o padrão de normalidade é fundamental para realizar a comparação inter-grupos. Nesse sentido, Yu et al. (1997) buscaram testar a reprodutibilidade de dados cinéticos e cinemáticos durante a subida e descida de escadas e obtiveram resultados com um índice de variabilidade bastante grande, concluindo que mesmo para sujeitos clinicamente saudáveis há uma alta variabilidade nos dados. Este estudo mostrou que à medida que são aumentados degraus na escada, a reprodutibilidade dos dados tende a aumentar; assim, a avaliação deve ser realizada a partir do terceiro degrau de uma escada e mais degraus devem existir após o terceiro, de modo a não haver uma parada súbita na subida, como aconteceu neste estudo, justificando a alta variabilidade dos resultados.

Desta forma, fica evidente que é necessário conhecer o comportamento biomecânico de indivíduos clinicamente saudáveis para poder sugerir alterações nos grupos patológicos. Para tal é necessário construir um grupo normal com parâmetros suficientes e que apresentem boa reprodutibilidade para permitir comparações com outros grupos de indivíduos e, desta maneira, poder inferir quais parâmetros estão de fato alterados nos grupos patológicos com relação ao grupo controle. O primeiro passo para alcançar este objetivo está em estabelecer um protocolo padrão de coleta que consiste em selecionar o tipo de escada e movimento adequados: quantidade e tamanho dos degraus, velocidade e aceleração da marcha, movimento de subida ou descida, posicionamento da plataforma de força. Após este processo, é necessário selecionar as variáveis de interesse dos sinais obtidos e verificar quais são reprodutíveis. Assim, é importante realizar um processamento estatístico das variáveis selecionadas para então obter uma caracterização do gesto proposto. Os procedimentos estatísticos podem ser realizados intra ou inter-individualmente e podem ser em função dos parâmetros isoladamente ou das curvas obtidas e assim caracterizar o que é normal para permitir comparações com os grupos patológicos. Neste processo de caracterização entende-se a importância da utilização de alguns métodos estatísticos previamente utilizados por alguns autores, como o coeficiente de correlação intraclass (intraclass correlation coefficient - ICC) (Cowan et al, 2000); o coeficiente de correlação múltipla (Yu et al, 1997); e o erro padrão da média (Cowan et al, 2000). Uma vez caracterizado este gesto, indivíduos com SDFP e outras patologias podem ser comparados a este padrão de normalidade e podem ser avaliados e reavaliados clinicamente, devendo o terapeuta ter como foco alcançar os valores de normalidade ao final da reabilitação destes indivíduos.

Neste sentido, propôs-se neste trabalho caracterizar o movimento de subir escadas visando construir um padrão de normalidade com a menor variabilidade possível e que seja suficientemente amplo para servir como referência ao estudo de um grupo de indivíduos com SDFP. Com o intuito de aumentar a reprodutibilidade dos dados, foi utilizada uma escada que se aproximou o máximo possível da condição fisiológica normal. Para permitir a comparação com o grupo patológico, testou-se a reprodutibilidade dos dados eletromiográficos para os músculos do quadríceps, uma vez que estes são considerados como alterados neste grupo de indivíduos com relação ao normal. Assim, foi possível identificar quais parâmetros são capazes de identificar alterações no grupo SDFP em relação ao padrão de normalidade estabelecido.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral.

Estudar as características do sinal eletromiográfico que se diferenciam em indivíduos com SDFP comparados aos indivíduos normais durante a subida de escadas, visando constituir uma metodologia para identificar indivíduos com SDFP, estudar suas causas e possibilitar ao terapeuta propor formas de tratamento e prevenção.

2.2. Objetivos específicos.

- Caracterizar os indivíduos normais apresentando um padrão de normalidade para os sinais de EMG;
- verificar a reprodutibilidade e variabilidade dos sinais de EMG e seleccionar os parâmetros mais confiáveis;
- comparar estatisticamente os grupos com e sem dor, para verificar quais parâmetros são capazes de detectar alterações no grupo com SDFP;
- testar a acurácia diagnóstica do protocolo de avaliação clínica.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Considerações sobre a subida de escadas.

Este tópico da revisão teve como principal objetivo realizar um levantamento das pesquisas que visaram entender o comportamento motor durante a subida e/ou descida de escadas, não apenas com grupos de indivíduos com dor femoropatelar, mas de maneira geral.

Escadas são frequentemente consideradas como um obstáculo e são a maior causa de quedas e acidentes na população idosa (STACOFF et al., 2005). Subir e descer escadas estão entre as cinco atividades relatadas como aquelas que ficam mais difíceis com o aumento da idade; limitações nas atividades de vida diária são consideradas como um marco inicial para o processo de incapacidade entre os idosos saudáveis. Em pesquisa recente, dentre 310 indivíduos com 70 anos ou mais de idade, clinicamente saudáveis, 140 relataram dificuldades para subir e 83 para descer escadas (VERGHESE et al., 2008).

Além disso, a atividade de subir ou descer escadas resulta em uma maior sobrecarga sobre a articulação femoropatelar e, assim, está frequentemente associada aos sintomas da SDFP (CROSSLEY et al., 2004). Em casos de lesão do ligamento cruzado anterior, acredita-se que durante a subida de escadas a atividade dos músculos do quadríceps deve ser diminuída para reduzir a demanda do ligamento (THAMBYAH; THIAGARAJAN; HONG, 2004). Indivíduos com disfunções nos membros inferiores podem utilizar uma série de estratégias, como modificações na cinemática do quadril e tornozelo, redução da velocidade da marcha e alteração do controle neuromotor, para minimizar as forças de reação e a dor nas articulações, como na articulação femoropatelar. Entendendo a importância da escada nas atividades de vida diária, nesta revisão bibliográfica buscou-se analisar quais parâmetros têm sido estudados durante a execução deste movimento.

Cinemetria, antropometria, eletromiografia e dinamometria, são técnicas utilizadas pela biomecânica com vistas a analisar, caracterizar e melhor entender o movimento humano. A cinemetria é o nome dado ao conjunto de métodos que se ocupam em monitorar o posicionamento dos segmentos corporais em função do tempo em diferentes tipos de movimento. Já a antropometria consiste em avaliar os indivíduos com relação ao peso, altura, índice de massa corpórea e centro de massa (MORAES, 2000). Neste trabalho, destaque especial foi dado à eletromiografia.

A eletromiografia (EMG) é uma das principais técnicas utilizadas pela biomecânica. Pode-se definir EMG como uma técnica de registro e monitoração dos potenciais de ação das membranas de fibras musculares em contração e que permite o estudo da função muscular por meio da análise dos sinais elétricos (FARINA, MERLETTI, 2000; DE LUCA, 2002). O sinal de EMG pode ser submetido, basicamente, a dois tipos de análises: no domínio do tempo e da frequência. A análise no domínio do tempo permite a visualização do padrão de ativação muscular durante uma contração e, as comparações entre diferentes tipos de contrações, exercícios e sobrecargas. Uma das principais aplicações da análise no domínio do tempo consiste em correlacionar a amplitude da atividade eletromiográfica com a força muscular (BERNARDI et al., 1999). A análise no domínio da frequência é aplicada principalmente ao estudo das alterações fisiológicas relacionadas à fadiga muscular (KRIVICKAS et al., 1996; LINNAMO et al., 2000) e, também, é relacionada às modificações no recrutamento de unidades motoras durante variações no nível da força muscular, em condição isométrica (BERNARDI et al., 1996).

Assim, avaliação com EMG revela tanto a ação muscular específica de membros inferiores durante o gesto proposto como a atuação global do corpo durante este movimento, ou seja, como o corpo se comporta com relação ao equilíbrio tanto muscular como global durante a subida e/ou descida de escada, o que reflete diretamente nas características de comportamento motor dos indivíduos avaliados. Desta maneira, dados de EMG são úteis para caracterizar o comportamento motor dos membros inferiores em indivíduos normais com vistas a determinar se na SDFP há desequilíbrio muscular.

Mandeville et al. (2007) compararam indivíduos com osteoartrite de joelho, antes e depois de artroplastia total, com indivíduos clinicamente normais, com o objetivo de verificar os efeitos da artroplastia na caminhada e na subida de degraus com relação aos parâmetros cinéticos e cinemáticos. Para avaliar a subida de degraus utilizaram uma escada de três degraus de 18 cm de altura e 25 cm de profundidade, com uma plataforma de força no primeiro degrau. Nesta pesquisa, foi observada uma maior contribuição do quadril em relação ao joelho nos indivíduos com osteoartrite quando comparados a indivíduos controles, tanto antes como após a cirurgia. Porém, os autores relatam que os resultados foram limitados pela alta variabilidade dos dados cinéticos em ambos os grupos.

Para comparar jovens e idosos durante a descida de degraus, Mian et al. (2007) utilizaram uma escada de três degraus, com 17 cm de altura, com o intuito de verificar os

ângulos máximos e mínimos da pelve, quadril, joelho e tornozelo, bem como a amplitude total do movimento. Nota-se que houve diferença entre os grupos nos parâmetros analisados, mas com um coeficiente de variação considerável. Por exemplo, para o máximo de rotação interna-externa de quadril, a média para o grupo de jovens é de $-0,9^\circ$, com desvio-padrão de $6,5^\circ$; e nos indivíduos idosos, a média é de $3,4^\circ$, com desvio-padrão de $8,3^\circ$.

Com o objetivo de verificar se indivíduos com SDFP usam possíveis adaptações durante a subida e descida de escadas, Reis et al. (2009) compararam nove indivíduos com diagnóstico de dor fêmoro-patelar com nove indivíduos controles durante a subida e descida de três degraus de 19 cm de altura. Concluíram que indivíduos com dor possuem menor ângulo de flexão de joelho durante a subida e possuem menor velocidade e cadência tanto na subida quanto na descida. Os autores relatam que apesar do estudo ter detectado alterações significativas na cinemática, talvez houvesse a necessidade de utilizar um grupo maior de indivíduos para caracterizar melhor o padrão de marcha dos mesmos e assim poder comparar com indivíduos patológicos.

Também para avaliar diferentes estratégias adotadas por indivíduos com dor femoropatelar, Grenholm et al. (2009) analisaram por meio de um sistema de imagens, 17 mulheres jovens com dor e 17 controles durante a descida de três degraus de 16 cm de altura. Foi observada diminuição na velocidade angular do joelho e aumento na flexão plantar, tanto no membro de apoio quanto no membro de balanço. Estes dados sugeriram que os estudos não devem estar focados apenas no joelho afetado, mas uma análise mais global que envolva os dois membros precisa ser realizada.

Bolglia et al. (2008) coletaram dados cinemáticos do quadril e do joelho e mensuraram a força dos músculos do quadril de 18 indivíduos com dor femoropatelar e 18 indivíduos assintomáticos. Neste estudo, submeteram os voluntários a cinco subidas e descidas de dois degraus de 20 cm de altura e observaram que apesar dos indivíduos com dor femoropatelar apresentarem fraqueza dos músculos do quadríceps, não houve diferença em relação aos dados cinemáticos quando comparados aos indivíduos do grupo controle. Estes autores também relatam que uma das limitações do estudo foi a alta variabilidade dos dados, havendo necessidade de mais estudos.

Outros autores que concordam que mais estudos devem ser realizados ao notarem que os seus dados também mostram uma alta variação individual são Salsich et al. (2001). Eles compararam a cinética da extremidade inferior durante a subida e descida de escada em dez

indivíduos com dor femoropatelar e dez indivíduos sem dor. A escada de teste foi constituída por dois degraus de 20,5 cm de altura acima do solo, onde estava embutida a plataforma de força. Apesar da variação nos dados, foi possível concluir que indivíduos com dor apresentam menor pico do momento extensor do joelho, não havendo diferenças para as articulações do quadril e tornozelo.

Algumas pesquisas buscaram também respostas acerca dos parâmetros musculares envolvidos na subida e/ou descida de degraus. Hinman et al. (2002) utilizaram eletromiografia de superfície e um sistema de análise de imagens para identificar o início da ativação do músculo vasto lateral (VL) do quadríceps juntamente com dados cinemáticos da articulação do joelho durante a subida de escada. Para a pesquisa os autores utilizaram uma escada com dois degraus de 15 cm de altura e avaliaram 25 indivíduos com osteoartrite de joelho e 33 controles que realizaram cinco subidas e descidas consecutivas. Verificaram que existe atraso no início da ativação do vasto lateral na descida da escada; e com relação à amplitude de movimento do joelho, observou-se que as amplitudes são semelhantes, com exceção da flexão na fase inicial do apoio, que é menor nos indivíduos com dor na descida dos degraus.

Brindle et al. (2003) tinham como objetivo identificar diferenças nos padrões de ativação muscular entre indivíduos com dor anterior no joelho e controles com relação à ativação do glúteo médio, vasto lateral e vasto medial oblíquo (VMO) durante a subida e descida de escada. Para isso, avaliaram 16 indivíduos com dor anterior no joelho e 12 indivíduos controles durante cinco tentativas de subida e descida de três degraus com 18 cm de altura. Perceberam diferença temporal significativa nos padrões de ativação eletromiográfica: o glúteo médio mostrou-se atrasado e com tempo de ativação menor nos indivíduos com dor em relação aos assintomáticos; com relação aos vastos, não houve diferença. Apesar dos autores não elucidarem este fato, nota-se nos resultados que obtiveram desvios-padrão altos, por exemplo, o início de ativação do glúteo médio para o grupo com dor na subida dos degraus foi de $-88,1 \pm 110,3$ ms.

Como a maioria dos estudos visando entender a subida e descida de escada chega a resultados bastante variáveis, algumas pesquisas foram desenvolvidas com o objetivo de testar a reprodutibilidade dos dados para possibilitar futuras comparações. Para testar essa reprodutibilidade nas medidas do tempo de ativação dos vastos medial e lateral durante subida e descida de degraus, Cowan et al. (2000) submeteram dez indivíduos assintomáticos a avaliações que foram realizadas pelo mesmo pesquisador em duas ocasiões separadas por uma

semana. Os indivíduos foram submetidos à análise de EMG e imagem durante cinco subidas e descidas de dois degraus de 20 cm de altura. Os resultados mostraram que para uma população normal são necessários pelo menos 12,2 ms de diferença entre os inícios de ativação do VMO e VL na subida e 11,5 ms na descida para demonstrar que houve diferença significativa entre estes tempos. Mesmo neste trabalho, que visou à reprodutibilidade, os autores relatam que houve uma grande variação individual, sugerindo também a necessidade de mais pesquisas. Também com vistas a caracterizar a normalidade, mas em relação aos dados dinâmicos, Costigan et al. (2002) avaliaram 35 indivíduos jovens e saudáveis durante a subida de um degrau de 20 cm de altura constituído por uma plataforma de força. Nesta pesquisa traçaram curvas médias para os ângulos e momentos articulares que podem ser usadas para comparações com diferentes grupos de indivíduos. Em 2007, Protopapadaki et al. avaliaram as características cinéticas e cinemáticas de 33 indivíduos jovens e saudáveis durante a subida e a descida de quatro degraus de 18 cm de altura em três tentativas. E também discutem fundamentando no ponto de haver uma alta variabilidade intra-individual dos dados, tanto na subida quanto na descida, havendo a necessidade de mais estudos para controlar melhor todos os parâmetros.

Em 1997, Yu et al. testaram a reprodutibilidade de dados dinâmicos e cinemáticos da extremidade inferior durante a subida e descida de degraus de 18 cm de altura em indivíduos clinicamente saudáveis. Perceberam que à medida que o indivíduo fosse alcançando degraus mais superiores (terceiro em relação ao primeiro) durante a subida, a reprodutibilidade aumentava; e o mesmo durante a descida, ao passar do primeiro para o terceiro degrau também era observado um aumento da reprodutibilidade. Porém, esta reprodutibilidade ainda não era tão boa quanto à da marcha. Estes autores sugeriram que uma possível causa para esta baixa reprodutibilidade seria um aumento na variação da performance motora para o ajuste do controle do movimento; ou seja, no primeiro degrau o indivíduo precisa ajustar o controle motor para iniciar um ato; e no terceiro degrau, este precisa realizar o controle para mudar o gesto, uma vez que após o terceiro degrau da subida, o indivíduo era orientado a descer três degraus à sua frente, de maneira contínua, até alcançar novamente o solo, quando deveria parar após uma breve caminhada. Os autores sugerem que se mais degraus fossem incluídos após o terceiro degrau da subida e da descida, seria possível obter um aumento na reprodutibilidade dos dados e que é importante iniciar o gesto continuamente após uma breve caminhada e realizar também esta breve caminhada ao terminar, para refletir o movimento habitual.

3.2. Considerações sobre a SDFP.

A síndrome da SDFP pode ser definida como uma dor anterior ou peripatelar e constitui uma das desordens mais comuns no joelho encontradas em clínicas ortopédicas, sendo a sua incidência de 10 a 28% na população (NG et al., 2008; LIN et al., 2010). Estudos revelam que a SDFP apresenta elevada incidência e compromete seriamente o cotidiano dos indivíduos portadores desta patologia (BOLING et al., 2009; HARBAUGH et al., 2010; LIN et al., 2010). Frequentemente a SDFP é diagnosticada em pessoas entre 10 e 35 anos de idade e atinge de 2 a 3 vezes mais as mulheres do que os homens (EARL; VETTER, 2007; NG et al., 2008). Um estudo que monitorou 446 estudantes diagnosticados com SDFP, selecionados aleatoriamente, em um período de 7 anos, demonstrou que 18,1% dos indivíduos eram homens e 33,2% eram mulheres. Também se observou que 30% deles tinham experimentado dor retropatelar nos últimos anos e 18% deles pararam de praticar atividades físicas em decorrência do desconforto no joelho (EARL; VETTER, 2007). Na prática clínica, a SDFP compreende de 25% a 40% de todos os problemas de joelho tratados nas clínicas de medicina do esporte, afetando 1 em cada 4 indivíduos fisicamente ativos (EARL; VETTER, 2007; BOLING et al., 2009; COPPACK et al., 2011; FELICIO et al., 2011; WOOD et al., 2011). Um estudo que analisou pacientes com SDFP em um período de 4 a 18 anos depois da primeira consulta, revelou que 91% dos indivíduos ainda se queixavam de dor no joelho e 36% apresentavam restrições funcionais (BOLING et al., 2009). Além disso, evidenciou-se uma associação dos portadores da SDFP com o desenvolvimento de osteoartrite patelofemoral (UTTING et al., 2005). Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) a osteoartrite no joelho é a quarta principal causa de incapacidade funcional em mulheres e a oitava em homens (METSAVAHT et al., 2011). A SDFP está ainda associada com o desenvolvimento de patologias de maior grau de limitação funcional como a tendinite peripatelar e bursites (NG et al., 2008). Com base nesses dados, pode-se considerar a SDFP como um problema de saúde pública, pois a execução de atividades diárias tais como, subir e descer escadas e rampas, agachamentos, permanecer sentado por tempo prolongado e a prática esportiva será severamente limitada a médio e longo prazo (BOLING et al., 2009; LIN et al., 2010).

Não há consenso sobre o diagnóstico e as alterações encontradas em indivíduos com SDFP; entende-se que isso seja reflexo da etiologia multifatorial da SDFP. As prováveis

causas da síndrome incluem sobrecarga, problemas biomecânicos e disfunção muscular (COOK et al., 2012). As alterações biomecânicas aparecem frequentemente relacionadas ao mau alinhamento do mecanismo extensor do joelho, sendo que podem ser decorrentes de uma anteversão no fêmur, joelho valgo, patela alta, aumento do ângulo Q, rotação tibial externa ou desequilíbrio da ação muscular (ORTIZ; MICHEO, 2011). Todos estes fatores levam a uma alteração do trajeto da patela no sulco troclear. Para o perfeito alinhamento troclear, condições anatômicas ideais devem ser garantidas, associadas ao equilíbrio muscular dinâmico, uma vez que uma força muito grande ou muito pequena pode alterar o movimento da patela, causando um estresse adicional nos tecidos moles. Se esse estresse excede a elasticidade do tecido, podem ocorrer microtraumas, inflamação e dor (COLLADO; FREDERICSON, 2010).

Na literatura, as alterações biomecânicas sugeridas na SDFP foram divididas em três grupos: disfunção do quadríceps, mau alinhamento estático e mau alinhamento dinâmico (EARL; VETTER, 2007; COLLADO; FREDERICSON, 2010). Sabe-se que a patela é diretamente estabilizada pela parte distal do quadríceps, especialmente pelos vastos medial e lateral. Forças laterais na patela são produzidas pelo VL, bíceps femoral, glúteos e tensor da fáscia lata. Enquanto que forças mediais são geradas exclusivamente pelo VM. Sugere-se que uma fraqueza ou atraso na ativação do VM cause um deslocamento lateral da patela, irritando os tecidos moles da articulação (VAN TIGGELEN et al; 2009). Para verificar se há um desequilíbrio entre o VM e o VL, e se essa disfunção do quadríceps é um dos fatores etiológicos da SDFP, muitos autores têm estudado a ativação destas porções por meio da eletromiografia de superfície.

Recentemente foi realizado um estudo de revisão sobre os métodos empregados para avaliar a atividade muscular do VM e VL e, apesar da grande variação metodológica entre os estudos analisados, observaram-se diferenças em relação à amplitude e ao tempo de ativação do VM em relação ao VL na comparação entre indivíduos clinicamente saudáveis e sujeitos com SDFP, confirmando a hipótese de que existe uma disfunção no quadríceps em indivíduos portadores da síndrome (BOLGLA et al; 2010). No entanto, em uma revisão sistemática realizada por Chester e colaboradores (2008), verificou-se que alguns estudos não observaram diferença na ativação do VM e/ou VL na comparação entre grupo controle e grupo patológico. Entretanto, este resultado pode ser explicado pela variedade de tarefas executadas e/ou pelos métodos de coleta e processamento dos dados (CHESTER et al; 2008).

Com esta revisão bibliográfica foi possível perceber que há uma alta variação nos dados e os resultados de diferentes autores não coincidem, tanto em relação à subida e descida de degraus, quanto em relação à caracterização da SDFP. Tal variação pode ocorrer devido aos diferentes procedimentos metodológicos aplicados, diferentes tamanhos das escadas com relação ao número e altura dos degraus ou simplesmente pelo fato de não existir um padrão de normalidade, como existe para a marcha no plano. Desta maneira, tornou-se viável a realização de um estudo que buscasse por um padrão metodológico para a avaliação biomecânica durante a subida de escadas visando à caracterização de indivíduos normais durante este movimento, a fim de conseguir comparar indivíduos com SDFP com este padrão de normalidade. A hipótese é que, após testes de variabilidade e reprodutibilidade, possam ser detectados os parâmetros úteis para a avaliação de indivíduos com SDFP.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Voluntários.

Para a execução do protocolo experimental foram selecionados 62 indivíduos do sexo feminino, com características antropométricas semelhantes, sedentárias ou praticantes de atividade física em nível recreacional (tabela 1). Os indivíduos foram divididos em dois grupos, sendo o primeiro composto por voluntárias com diagnóstico médico de síndrome fêmoropatelar e o segundo por voluntárias sem sinais e sintomas de SDFP. As implicações éticas que envolvem os procedimentos propostos neste trabalho foram submetidas para a análise do Comitê de Ética em Pesquisa da FCT/UNESP, tendo recebido parecer favorável, conforme processo número 32/2010 (anexo A). Apenas após as voluntárias receberem explicações sobre a participação na pesquisa e assinarem um termo de consentimento livre e esclarecido (anexo B), o protocolo experimental foi iniciado.

Tabela 1. Comparação estatística das características antropométricas dos voluntários.

Grupo	Idade (anos)	Peso (kg)	Altura (m)
SDFP	22,65 ± 2,08	61,79 ± 10,65	1,64 ± 0,06
Controle	21,35 ± 2,96	58,22 ± 8,34	1,63 ± 0,05
p-valor	0,07	0,148	0,711

4.1.1. Grupo SDFP.

O grupo de estudo, aqui denominado grupo SDFP, foi composto por 23 voluntárias com diagnóstico de SDFP, idade média de 22,65 ± 2,08 anos, 61,79 ± 10,65 kg e altura de 1,64 ± 0,06 m. Além do diagnóstico médico, os indivíduos foram submetidos a um protocolo de avaliação da dor para se enquadrarem nos critérios de inclusão desta pesquisa, conforme exposto no item 4.2.

4.1.2. Grupo controle.

O grupo controle foi constituído de 39 voluntárias sem sinais ou sintomas da SDFP, com idade média de $21,35 \pm 2,96$ anos, $58,22 \pm 8,34$ kg e $1,63 \pm 0,05$ m de altura, todas com dominância direita, determinada pela preferência de chute. Para confirmar a condição de normalidade e excluir qualquer alteração osteomuscular que prejudicasse o gesto executado, as voluntárias do grupo controle foram igualmente submetidas ao protocolo de avaliação.

4.2. Protocolo de avaliação.

Para garantir a condição de normalidade dos indivíduos saudáveis, as voluntárias foram submetidas a um protocolo de avaliação (anexo C) que consistiu de: avaliação subjetiva da presença de dor patelofemoral por meio de questionários; avaliação clínica de sinais e sintomas; aplicação de testes específicos para a SDFP e para a articulação patelofemoral de maneira geral e avaliação funcional. As voluntárias do grupo SDFP foram submetidas a um protocolo mais específico para a SDFP (anexo D), após os avaliadores terem excluído alterações osteomusculares secundárias à síndrome, bem como outras alterações como lesão de menisco e ligamento. A aplicação do protocolo específico para SDFP foi realizada por três fisioterapeutas em momentos distintos e um avaliador externo avaliou os resultados e incluiu ou não os indivíduos no grupo SDFP. Os critérios de inclusão e exclusão para ambos os grupos de estudo estão expostos na tabela 2.

Tabela 2. Critérios de inclusão e exclusão para constituição dos grupos de estudo (Kuriki et al., 2011)

Critérios de inclusão do grupo SDFP	<p>Diagnóstico médico;</p> <p>Dor retropatelar ou anterior no joelho durante pelo menos duas das seguintes atividades: sentar por tempo prolongado, subir escadas, agachar, correr, ajoelhar, e saltar;</p> <p>Dor à palpação patelar;</p> <p>Sintomas por no mínimo 1 mês, de início insidioso e sem relação com acidente traumático;</p> <p>Nível de dor de no mínimo 3 em uma escala visual analógica de dor de 10cm na última semana;</p> <p>Presença de pelo menos 3 dos seguintes sinais clínicos: sinal de Clarke positivo, teste de McConnell positivo, teste de Waldron positivo, sinal de Zohler positivo, ângulo Q superior a 18°, teste de compressão de Noble positivo, patela em posição lateral ou medial;</p> <p>Mulheres com idade entre 18 e 30 anos;</p> <p>Capazes de executar normalmente as atividades de vida diária;</p> <p>Assinar um termo de consentimento livre e esclarecido.</p>
Critérios de exclusão do grupo SDFP	<p>Outras patologias específicas do joelho, como gonartrose, lesão ligamentar, lesão de menisco, lesão do tendão patelar, degeneração articular, osteoartrite ou dor referida vinda da coluna;</p> <p>Cirurgia no joelho;</p> <p>História de deslocamento ou subluxação patelar;</p> <p>Tratamentos no joelho como artroscopia, uso de anti-inflamatórios, analgésicos, anestésicos, acupuntura ou fisioterapia durante os últimos 6 meses;</p> <p>Presença de doenças neurológicas e processos inflamatórios.</p>
Critérios de inclusão no grupo controle	<p>Nenhuma dor nos joelhos no último ano;</p> <p>Nenhum problema de saúde local ou sistêmico, incluindo dor crônica;</p> <p>Nenhuma cirurgia prévia nos joelhos;</p> <p>Não usar analgésicos regularmente;</p> <p>Idade entre 18 e 30 anos;</p> <p>Assinar um termo de consentimento livre e esclarecido.</p>

4.3. Escada de teste.

Para eliminar o efeito da adaptação ao movimento e atendendo às recomendações de Yu et al. (1997), para a execução do procedimento experimental, foi construída uma escada com sete degraus de 18cm de altura, 28cm de profundidade e 1m de largura (figuras 1 e 2) (NBR 9077/1993), antes do primeiro degrau e após o último, foram construídas plataformas de caminhada de 2m, para que o movimento não se iniciasse e terminasse de maneira brusca. No quarto degrau foi acoplada uma plataforma de força de maneira não visível aos voluntários.

Figura 1. Esquema mostrando a configuração da escada de teste e o posicionamento da plataforma de força.

Figura 2. Escada utilizada para a coleta de dados

4.4. Instrumentação.

Para a coleta dos dados eletromiográficos foi utilizado o eletromiógrafo modelo ADS1000-AC1160, da Lynx® com filtro *Butterworth* passa-banda entre 20 e 500 Hz, amplificador com ganho de 1000 vezes, CMRR (Common Mode Rejection Ratio) maior que 80dB, impedância de 2012Ω e frequência de aquisição de 4000 Hz. Eletrodos bipolares com 10 mm de diâmetro e superfície de Ag/AgCl foram posicionados nas porções medial e lateral

do quadríceps: VM e VL separados entre si por 20 mm (figura 3). Para padronização, o posicionamento dos eletrodos foi realizado por meio da localização do ponto motor e os eletrodos foram fixados 2 cm abaixo deste local, priorizando a região do ventre muscular. Neste estudo as coletas de dados foram realizadas em dois dias para testar a reprodutibilidade dos dados; desta maneira, para reduzir a variabilidade das medidas inerentes ao posicionamento dos eletrodos foi elaborado um sistema de gabarito referenciado por pontos anatômicos da patela e do quadril do sujeito. Os pontos motores eram identificados e posteriormente eram marcados em uma transparência sobreposta à coxa do voluntário (Figura 4), os pontos de referência para o posicionamento da transparência foram uma linha traçada entre o centro da patela e a espinha ilíaca ântero-superior e a borda superior da patela. No retorno do sujeito para uma nova seção de teste, bastou alinhar o gabarito com a marcação da borda superior da patela e com o traço entre a espinha ilíaca ântero-superior e o centro da patela. Após o correto alinhamento do gabarito a marcação dos pontos motores era realizada e, posteriormente, era preparada a pele do sujeito e os eletrodos eram fixados.

Figura 3. Eletrodos nos músculos VM e VL

Figura 4. Sistema de gabarito para remarcação dos pontos no segundo dia de coleta.

Para delimitar o período em que a voluntária estava com o membro inferior de interesse (dominante ou sintomático) em contato com a escada, foi utilizada uma plataforma de força triaxial da marca Bertec®. Os sinais provenientes da plataforma e da eletromiografia foram captados e sincronizados no módulo condicionador de sinais do próprio EMG. Todos os canais apresentaram ganho final de 1000 vezes e frequência de amostragem de 4000Hz. A aquisição e o armazenamento dos sinais em arquivos de dados foram feitos através do software Bioinspector 1.8, também da Lynx®.

4.5. Procedimento experimental.

Antes da coleta de dados propriamente dita, o ambiente e as voluntárias foram preparados. O ambiente foi controlado em relação à temperatura, iluminação e organização dos instrumentos de medida. As voluntárias vestiram short de ginástica, e com os eletrodos posicionados nos músculos pré-definidos, após tricotomia, abrasão e limpeza da pele, foram orientadas a treinar a atividade de subir a escada, a fim de se familiarizar com o procedimento. Estando o sujeito seguro para começar, foi dado início às coletas de dados.

Inicialmente, as voluntárias foram submetidas ao teste de contração voluntária isométrica máxima (CVIM), para normalização posterior dos dados. Para este teste as voluntárias foram posicionadas em uma cadeira extensora da marca Vitally®, com o joelho do membro inferior de teste fixado em 45°. As voluntárias foram orientadas a executar a máxima força possível durante seis segundos, dos quais seriam aproveitados os dois segundos intermediários, em que o sinal apresentava maior estacionariedade. O teste foi repetido três vezes e foi realizada a média das três contrações.

As voluntárias executaram uma caminhada de 2m até chegar à escada e, a partir daí, de maneira contínua, subiram os degraus, iniciando com o membro inferior contralateral ao dominante (no caso das voluntárias do grupo controle) ou com o membro assintomático (nas voluntárias do grupo SDFP), de modo a tocar o quarto degrau com o membro dominante ou sintomático. A subida foi realizada com alternância dos membros inferiores, velocidade e

ritmo auto-controlados, de maneira a assemelhar-se ao máximo à atividade habitual do sujeito. Ao final do último degrau também continuaram o movimento com uma caminhada de 2m, numa plataforma que constituiu o último degrau da escada. Cada voluntária repetiu o movimento 10 vezes. A mesma avaliação foi repetida em um segundo dia, separado do primeiro por no mínimo 48 horas e no máximo uma semana para permitir o cálculo dos coeficientes de confiabilidade.

4.6. Processamento dos sinais EMG.

Inicialmente, como as coletas foram realizadas em uma escada de 7 degraus, com uma breve caminhada prévia e posteriormente à escada, houve ativação do quadríceps em diferentes momentos, especialmente no segundo, quarto e sexto degraus, quando houve extensão efetiva do joelho; em alguns casos, pôde ser observada ativação durante a caminhada também (figura 5). Desta forma, como os sinais da plataforma e da EMG foram coletados em sincronia, foi utilizado um algoritmo para cortar o sinal EMG de modo que fosse analisado apenas o período referente ao tempo em que o indivíduo esteve com o membro de análise em contato com a plataforma de força (figura 6), marcado a partir do início da atividade da componente vertical da força de reação do solo (F_z). Em seguida, os dados de EMG foram filtrados com filtro passa-banda de 20 a 500 Hz. E, posteriormente, processados utilizando o software MatLab®, no qual alguns algoritmos foram desenvolvidos especificamente com o intuito de obter algumas informações a respeito do sinal nos domínios do tempo e da frequência. No domínio do tempo foi utilizado o envoltório linear do sinal, obtido por meio da retificação do sinal em onda completa e posterior filtragem pela aplicação de um filtro passa-baixa tipo *butterworth* de ordem 4 e frequência de corte de 50 Hz; e os parâmetros analisados foram:

- análise do início da ativação muscular (*onset* automático): foram determinados os locais onde o sinal de cada músculo (VMO e VL) desviam da linha de base, obtida em 200 ms antes do início da atividade, mais do que três desvios-padrão, por um tempo mínimo de 25 ms; e,

em seguida, foi calculada a defasagem entre os músculos (COWAN et al, 2002). Este parâmetro é mostrado na figura 7;

- *onset* visual: manualmente foram determinados os momentos em que a avaliadora julga terem sido iniciados os sinais de cada músculo (figura 7). Posteriormente, assim como para o *onset* automático, foi calculada a defasagem entre os músculos;

- correlação cruzada: este algoritmo também prevê o atraso entre os sinais, uma vez estabelece a correlação entre os sinais dos diferentes músculos e assim permite saber como um sinal desloca-se em relação ao outro, levando-se em consideração o tempo e a forma do sinal como um todo;

- início-pico de ativação: para cada músculo, o algoritmo estabelece o momento no qual a intensidade de ativação é máxima (figura 7) e, então, é determinado quanto tempo foi decorrido desde o *onset* até este momento;

- tempos medianos da contração muscular: para cada músculo foi determinado o tempo que divide o sinal em duas partes iguais em relação à intensidade de ativação;

- intensidade da contração muscular: a intensidade da contração muscular foi determinada pela RMS obtida do envoltório linear dos sinais normalizado no tempo e na amplitude pela contração voluntária isométrica máxima;

- duração da contração muscular: devido à dificuldade em marcar o final de ativação de maneira automática, pois há uma oscilação do sinal em torno da linha de base no final do movimento, foi marcado manualmente o final da ativação e subtraído do *onset* para determinar a duração da contração;

- co-ativação muscular: o algoritmo consiste em determinar a quantidade de sinal (porcentagem) que ativa simultaneamente nos diferentes músculos. A co-ativação foi determinada por meio de dois métodos, o primeiro consistiu em plotar os dois músculos e traçar a curva de intersecção entre estes músculos, verificando a porcentagem de sinal que se encontrava abaixo desta curva (FONSECA et al; 2001); e no segundo método, a co-ativação foi determinada por meio da correlação cruzada, que indica a porcentagem de sinal comum entre os dois músculos por meio do r^2 (WINTER, 2009).

Figura 5. Exemplo de sinal EMG bruto do músculo VM durante a realização da coleta.

Figura 6. Exemplo do sinal selecionado com relação à Fz, referente ao quarto degrau da escada.

Figura 7. Exemplo de sinal EMG do VMO, com os tempos de início automático, início visual e máximo destacados. E. linear refere-se a envoltório linear.

Para a análise do sinal no domínio da frequência, primeiramente foram determinadas a densidade espectral de potência (PSD), que demonstra qual amplitude do sinal encontra-se em determinadas faixas de frequência; e a distribuição espectral da frequência (SDF), que é a integral normalizada do espectro de potência. Após a obtenção da PSD e da SDF, determinou-se qual a frequência mediana da amostra, que consiste na frequência na qual a área do espectro de potência é dividida em duas partes iguais; ou seja, o centro geométrico da PSD.

4.7. Análise estatística dos dados.

Para caracterizar o gesto de subir escadas, todos os dados anteriormente explicitados foram analisados com o intuito de verificar quais dos parâmetros possui menor variabilidade e são reprodutíveis entre os dias, devendo ser analisados em indivíduos com SDFP. A análise estatística foi conduzida utilizando o software SPSS versão 18.0 para Windows (*Statistical Package for the Social Sciences*). Foram utilizadas as medidas do coeficiente de correlação intraclassa ($ICC_{2,k}$), mínima diferença detectável (MDD) e erro padrão da medida (EPM). Os parâmetros que apresentaram reprodutibilidade de moderada a muito alta, com baixa variabilidade dos dados, foram considerados confiáveis para a comparação inter-grupos; assim, para estes parâmetros, foi realizada a comparação estatística entre os grupos, utilizando o teste t para amostras não pareadas, após ter sido constatada a normalidade dos dados, considerando significativo um p-valor < 0,05.

Os valores considerados para descrever o grau de reprodutibilidade foram os mesmos utilizados nos estudos de Mathur et al. (2005) e Kellis e Katis (2008), em que: 0,00 a 0,25 – indicam pequena reprodutibilidade, 0,26 a 0,49 – pobre reprodutibilidade, 0,50 a 0,69 – indicam moderada reprodutibilidade, 0,70 a 0,89 – indicam alta reprodutibilidade e 0,90 a 1,00 – indicam reprodutibilidade muito alta.

O EPM foi calculado por meio da raiz quadrada da variância do erro, possuindo assim a mesma unidade de medida da variável testada. Valores baixos de EPM refletem uma maior confiabilidade das medidas, pois indicam maior precisão (BOLGLA, 2010). O EPM

normalizado foi calculado pela divisão do EPM absoluto pela média, entre os dois dias para os parâmetros avaliados, e multiplicados por 100 para obter a porcentagem da média (WEIR, 2005; MATHUR, 2005). Para determinar o valor de *onset* que caracteriza um atraso de um músculo em relação ao outro, foi calculado o IC95% (), como sugerido por Cowan et al. (2000).

A MDD indica a mínima diferença que deve ser observada em um reteste, com 95% de precisão, para que essa diferença seja considerada verdadeira. A MDD é expressa como uma porcentagem da média geral do parâmetro avaliado () (WEIR, 2005).

4.8. Teste de acurácia diagnóstica.

Conhecidos os parâmetros capazes de diferenciar indivíduos com e sem SDFP, é possível testar a acurácia diagnóstica do protocolo de avaliação clínica. Para tal são utilizados os testes de sensibilidade, especificidade, valores preditivo positivo (PV+) e negativo (PV-), razão de verossimilhança positiva (LR+) e negativa (LR-) (PORTNEY, 2009).

Para a classificação de verdadeiro positivo e negativo e falso positivo e negativo utilizou-se como padrão de referência as variáveis eletromiográficas que apresentaram diferença estatística significativa no Teste t (com normalidade indicada pelo Teste de Levene's). Posteriormente definiu-se uma faixa de normalidade a partir do intervalo de confiança de 95% do grupo controle. Conhecendo o intervalo de confiança é possível identificar os indivíduos verdadeiros e falsos negativos, bem como os verdadeiros e falsos positivos que incluíram os grupos de estudo. Assim, com os valores inferiores e superiores deste intervalo caracterizou-se a condição de normalidade e os dados que não se encontravam neste intervalo eram considerados como portadores da SDFP. Após identificar se os sujeitos eram portadores da SDFP ou saudáveis, pela variável EMG, cruzaram-se as informações com o protocolo de avaliação e foram realizados os testes de sensibilidade, especificidade, PV+ e PV- e LR+ e LR-.

5. RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos após a aplicação do protocolo experimental e análise dos dados explicitados no capítulo anterior. Para melhor entendimento, os resultados apresentados estão divididos conforme a análise realizada.

5.1. Reprodutibilidade dos dados.

Inicialmente, os dados foram tratados em relação à reprodutibilidade. Entende-se que alguma variação seja inerente ao próprio movimento. Porém, considera-se que são bons para análise posterior – comparação entre os grupos – aqueles parâmetros que se reproduzem em dias distintos de coleta. Para tanto, foi aplicado o ICC (modelo 2,k), como proposto no capítulo “Material e Métodos” para todas as variáveis. Ainda, como elucidado no capítulo anterior, percebeu-se a importância de se calcular o EPM e a MDD para confirmar a acurácia destes dados, esperando-se valores baixos de variação para as variáveis consideradas reprodutíveis. Os resultados relativos ao ICC, ao EPM e à MDD para o grupo controle são apresentados na tabela 3. E os mesmos resultados para o grupo SDFP são mostrados na tabela 4.

Tabela 3. Valores de coeficiente de correlação intraclasse (ICC), erro padrão da medida (EPM) e mínima diferença detectável (MDD) para o grupo controle.

Parâmetro	ICC	EPM	MDD
Onset visual (ms)	0,71	5,52	15,30
Onset automático (ms)	0,67	9,84	27,27
Correlação cruzada (ms)	0,64	4,39	12,15
Início-pico VM automático (ms)	0,23	21,81	60,42
Início-pico VL automático (ms)	0,46	19,40	53,75
Início-pico VM visual (ms)	0,57	17,92	49,63
Início-pico VL visual (ms)	0,59	19,27	53,38
Duração VM (ms)	0,85	47,34	131,12
Duração VL (ms)	0,85	44,42	13,03
Tempo mediano (ms) VM	0,71	43,13	116,70
Tempo mediano VL (ms)	0,71	44,36	122,87
Intensidade VM (un)	0,85	0,24	0,67
Intensidade VL (un)	0,66	0,16	0,44
Coativação (%)	0,91	0,03	0,09
Coativação correlação cruzada (%)	0,72	0,03	0,09
Fmed VM (Hz)	0,63	7,05	19,52
Fmed VL (Hz)	0,83	6,40	17,74

As unidades de medida referem-se ao EPM e MDD, tendo em vista que o ICC é um índice adimensional. A medida un indica unidade normalizada.

Tabela 4. Valores de coeficiente de correlação intraclasse (ICC), erro padrão da medida (EPM) e mínima diferença detectável (MDD) para o grupo SDFP.

Parâmetro	ICC	EPM	MDD
Onset visual (ms)	-0,08	12,10	33,52
Onset automático (ms)	0,77	4,56	12,62
Correlação cruzada (ms)	0,66	4,62	12,79
Início-pico VM automático (ms)	0,09	37,23	103,13
Início-pico VL automático (ms)	0,57	37,23	103,12
Início-pico VM visual (ms)	0,21	39,57	109,62
Início-pico VL visual (ms)	0,65	42,21	116,92
Duração VM (ms)	0,84	53,83	149,11
Duração VL (ms)	0,89	45,22	125,25
Tempo mediano (ms) VM	0,81	55,06	152,51
Tempo mediano VL (ms)	0,78	63,99	177,24
Intensidade VM (un)	0,85	0,15	0,42
Intensidade VL (un)	0,44	0,24	0,68
Coativação (%)	0,57	0,08	0,21
Coativação correlação cruzada	0,93	0,03	0,09
Fmed VM (Hz)	0,82	5,80	16,08
Fmed VL (Hz)	0,89	5,26	14,56

As unidades de medida referem-se ao EPM e MDD, tendo em vista que o ICC é um índice adimensional. A medida un indica unidade normalizada.

5.2. Determinação das variáveis de interesse.

Para a próxima etapa, que consistiu na análise comparativa entre os grupos de estudo, selecionamos as variáveis que apresentaram ICC acima de 0,5 (reprodutibilidade moderada a muito alta), com valores de EPM e MDD baixos.

Percebe-se pela tabela 4 que as três maneiras de calcular o *onset* apresentam reprodutibilidade considerada moderada. Porém os menores valores de variabilidade (EPM e MDD) foram encontrados para o *onset* calculado por meio da correlação cruzada, coincidindo com dados anteriormente publicados pelo nosso grupo de pesquisa (KURIKI et al.; 2011). Assim, como no presente estudo houve um aumento do tamanho amostral, evidencia-se que a técnica de determinação do *onset* com menor variação é a de correlação cruzada, devendo ser esta a técnica utilizada em trabalhos futuros que tenham o intuito de calcular o início de ativação. Com relação à marcação visual do *onset*, percebe-se que para o grupo controle houve uma boa reprodutibilidade, porém, devido à variação, não foi possível determinar o ICC para o grupo SDFP. O que pode ser explicado devido ao fato de que a determinação visual tem uma grande interdependência com o observador, que pode, por exemplo, ser tendencioso na marcação. Desta forma, apesar de ter mostrado uma boa reprodutibilidade no grupo controle, o *onset* visual não foi considerado um parâmetro bom para ser utilizado na comparação entre os grupos. Sugere-se para os próximos estudos que tiverem interesse em utilizar a marcação visual, que sejam cegados os avaliadores, para diminuir a possibilidade dessa interferência avaliador-teste.

Quando a variável estudada foi o tempo decorrido do início até o pico de ativação de cada músculo, foi observada uma reprodutibilidade moderada apenas quando este tempo era calculado a partir do *onset* visual no grupo controle e apenas para o músculo VL no grupo SDFP, por estes motivos, o tempo início-pico também não pode ser considerado uma variável útil na comparação entre os grupos. Duração do sinal, tempo mediano e intensidade de ativação apresentaram boas medidas de reprodutibilidade, indicando serem parâmetros interessantes para determinar diferenças entre os grupos.

Com relação à co-ativação, como explicado no capítulo anterior, pode ser determinada de duas maneiras. A melhor reprodutibilidade com o menor EPM foi observada na co-

ativação calculada por meio da correlação cruzada, sendo esta a variável considerada para a próxima etapa da análise. A frequência mediana apresentou reprodutibilidade acima de 0,5 para ambos os grupos em ambos os músculos estudados, assim, também foi um parâmetro selecionado para a próxima fase.

5.3. Comparação entre os grupos.

Como determinado na fase anterior da análise, foram selecionados para esta fase os seguintes parâmetros: onset pela correlação cruzada, duração do sinal, tempo mediano, intensidade de ativação, co-ativação calculada por correlação cruzada e frequência mediana. Estes parâmetros foram comparados entre os grupos de estudo utilizando o teste t para amostras não pareadas, como explicitado no capítulo “Material e Métodos”, para esta comparação foram considerados os dados obtidos na coleta do dia 1. Na tabela 5 são apresentados os resultados de média, desvio padrão e p-valor desta comparação.

Tabela 5. Valores de média ($\pm$ desvio-padrão) dos parâmetros selecionados para cada grupo e p-valor da comparação (dados do dia 1).

Parâmetro	Grupo controle Média ($\pm$SD)	Grupo SDFP Média ($\pm$SD)	p-valor
Correlação cruzada (ms)	5,73 (6,78)	6,26 (4,88)	0,74
Duração VM (ms)	686,14 (92,25)	683,06 (104,08)	0,90
Duração VL (ms)	692,35 (87,19)	696,77 (97,29)	0,85
Tempo mediano VM (ms)	622,92 (60,90)	725,86 (98,53)	0,00*
Tempo mediano VL (ms)	623,62 (64,54)	732,72 (105,41)	0,00*
Intensidade VM (un)	0,71 (0,45)	0,66 (0,29)	0,10
Intensidade VL (un)	0,54 (0,24)	0,51 (0,21)	0,06
Coativação correlação cruzada (%)	84,38 (4,73)	79,95 (7,46)	0,01*
Fmed VM (Hz)	55,43 (11,10)	57,44 (12,42)	0,51
Fmed VL (Hz)	54,10 (11,49)	56,77 (12,95)	0,40

* Indica diferença estatística significativa ($p < 0,05$).

5.4. Determinação da quantidade de indivíduos com atraso na ativação.

Conforme descrito por Cowan et al. (2000), a melhor maneira de se determinar o valor de *onset* que caracteriza atraso na ativação, é pela correção do EPM para 95% da amostra, sendo calculado o intervalo de confiança (IC): . Assim, determinamos que, considerando o onset calculado pela correlação cruzada, o valor de 95%IC foi de 8,60 ms para o grupo controle e 9,05 ms para o grupo SDFP, considerando a população analisada. Assim, foi possível quantificar os indivíduos que apresentaram ativação simultânea dos dois músculos ou com atraso na ativação; esta quantificação está mostrada na tabela 6.

Tabela 6. Quantidade de sujeitos (%) em cada grupo que apresentou ativação prévia de VM, VL, ou ativação simultânea dos músculos.

Grupo	VM antes	VL antes	Simultâneo
Grupo controle	2 (5,12%)	0	37 (94,87%)
Grupo SDFP	1 (4,34%)	3 (13,04%)	19 (82,60%)

5.5. Teste de acurácia diagnóstica.

Para o teste de acurácia diagnóstica do protocolo de avaliação da SDFP utilizou-se como referência padrão o tempo mediano e a co-ativação muscular, pois foram estas as variáveis que apresentaram diferença significativa entre os grupos e distribuição normal conforme os testes estatísticos. Os valores de intervalo de confiança para 95% da amostra (IC95%), verdadeiros negativos, falsos negativos, verdadeiros positivos, falsos positivos, sensibilidade, especificidade, PV+, PV-, LR+ e LR- estão discriminados na tabela 7.

Tabela 7. Valores do teste de acurácia diagnóstica.

Resultado	Tempo mediano	Co-ativação muscular
Verdadeiro negativo	19	17
Falso negativo	20	22
Verdadeiro positivo	23	16
Falso positivo	0	7
Sensibilidade	53,48%	42,10%
Especificidade	100%	70,83%
PV+	100%	69,56%
PV-	48,71%	43,58%
LR+	-	1,44
LR-	0,4652	0,8174

- Indica a impossibilidade de se obter um resultado.

6. DISCUSSÃO

Como já ilustrado no capítulo de Introdução, as alterações biomecânicas encontradas na SDFP frequentemente estão relacionadas ao mau alinhamento do mecanismo extensor do joelho (ORTIZ; MICHEO, 2011). Sugere-se que uma fraqueza ou atraso na ativação do VM cause um deslocamento lateral da patela, irritando os tecidos moles da articulação e levando a dor. Para entender se há este desequilíbrio entre a ação do VM e do VL, e se essa disfunção do quadríceps é um dos fatores etiológicos da SDFP, muitos autores tem estudado a ativação destas porções por meio de EMG, avaliando a amplitude e o tempo de ativação entre os vastos medial e lateral do quadríceps. Porém, algumas revisões bibliográficas relatam que existe controvérsia nos resultados, alguns estudos encontram diferenças no padrão de ativação, porém outros estudos não encontram estas diferenças. Esta divergência nos resultados pode ser devido aos diferentes métodos empregados para coleta e análise dos dados, bem como às diferentes tarefas executadas (BOLGLA et al., 2010; CHESTER et al., 2008). Tendo em vista esta divergência nos resultados e, sabendo que a maioria dos estudos analisou o *onset* para tentar diferenciar indivíduos com SDFP de indivíduos sem dor e, que, nem todos os autores conseguiram realizar esta diferenciação, foi proposto neste estudo avaliar outros parâmetros que podem ser extraídos do sinal EMG a fim de detectar se algum deles é capaz de identificar indivíduos com SDFP. A partir dos resultados obtidos pela aplicação do protocolo de coleta e das análises propostas, neste capítulo, propõe-se descrever e discutir mais detalhadamente os dados a fim de entender o que eles de fato representam.

6.1. Reprodutibilidade dos parâmetros obtidos do sinal EMG.

A variação encontrada nos dados de estudos prévios nos leva a entender a necessidade de um estudo de reprodutibilidade. Sabe-se que atividades dinâmicas tendem a apresentar uma movimentação relativa entre os eletrodos e a pele durante a sua realização, o que contribui para a variação dos resultados; outro fator que pode levar a essa variação é o reposicionamento dos eletrodos no segundo dia de coleta, quando este é o caso. Neste contexto, inicialmente, entende-se que a comparação entre os grupos apenas poderia ser realizada caso as variáveis de interesse apresentassem boa reprodutibilidade. Foram

encontrados dois estudos que analisaram a reprodutibilidade de parâmetros eletromiográficos durante a atividade em escada em indivíduos com SDFP, sendo que o primeiro analisou a reprodutibilidade do *onset* e o segundo da intensidade de ativação muscular (BOLGLA et al 2010; COWAN et al; 2000). Ambos encontraram uma boa reprodutibilidade, sugerindo que estes parâmetros poderiam ser utilizados na comparação entre os grupos. Porém, conforme descrito na revisão de literatura, Yu et al. (1997), sugerem que para analisar o movimento de subida ou descida de escada, existe a necessidade de se utilizar uma escada com mais de cinco degraus. Ambos os artigos aqui citados utilizaram escadas de dois degraus. Assim, mesmo tendo verificado que, segundo estes artigos, há reprodutibilidade do *onset* e da intensidade, concluímos que fosse necessário verificar a reprodutibilidade dos mesmos parâmetros numa escada maior, bem como analisar outros parâmetros que pudessem ser extraídos do sinal EMG.

Os parâmetros extraídos do sinal EMG e analisados com relação à reprodutibilidade foram: onset, tempo decorrido do início até o pico de ativação, duração da contração, tempo mediano da contração, intensidade do sinal, co-ativação muscular e frequência mediana. Destes parâmetros apenas o tempo decorrido do início até o pico de ativação apresentou uma pobre reprodutibilidade. Assim, confirma-se que o protocolo experimental, bem como o tamanho da escada estão adequados para a avaliação dos indivíduos durante a subida de degraus. Além disso, confirma-se que o sistema de gabarito utilizado para remarcar os eletrodos no segundo dia é confiável e pode ser reproduzido em outros estudos que envolvam um re-teste em dia diferente de coleta, uma vez que alguns artigos discutem o uso de canetas dermatográficas para marcar os pontos de colocação como uma limitação (GRUET et al., 2010; KELLIS; KATIS, 2008; LAPLAUD et al; 2006).

6.2. Onset.

Um dos principais parâmetros rotineiramente avaliados nos indivíduos com SDFP e que alguns artigos julgam ser o diferencial nestes pacientes continua sendo o *onset* (PAL et al., 2011), porém, ainda há controvérsias com relação ao método de obtenção do mesmo

(WONG, 2009). Assim, testamos a reprodutibilidade das três técnicas mais utilizadas e verificamos que os três métodos de determinação do *onset* são reprodutíveis. Em artigo anterior publicado pelo nosso grupo de pesquisa, verificamos que o menor erro padrão era encontrado no *onset* calculado pela correlação cruzada quando analisada uma amostra de 22 indivíduos clinicamente saudáveis e 11 indivíduos com diagnóstico de SDFP (KURIKI et al. 2011). No estudo atual, novamente foi calculado o erro, porém com uma amostra maior, para verificar se o mesmo padrão seria encontrado. De fato, a técnica com menor o erro padrão embutido foi a de correlação cruzada, seguida pelo visual e automático. Como a técnica visual apresenta uma grande interdependência com o observador que realiza a marcação, sugerimos que estudos que busquem avaliar o *onset*, o façam utilizando a correlação cruzada. Para o caso específico da SDFP, obtivemos que três dos 23 indivíduos avaliados apresentaram atraso na ativação do VM, o que não foi capaz de diferenciar o grupo SDFP do grupo controle. Assim, apesar de reprodutível, para a avaliação de pacientes com SDFP a análise do início de ativação não pode ser considerada a melhor forma de possível diagnóstico. A mesma conclusão foi obtida por Cavazzuti et al. (2010), porém, sem previamente avaliar a reprodutibilidade.

6.3. Demais variáveis temporais.

Ainda dentro do domínio temporal do sinal EMG, investigamos outros parâmetros que são menos estudados na SDFP, mas que acreditamos que possam ter influência no mau alinhamento patelar durante a extensão do joelho, como o tempo decorrido do início até o pico do sinal, a duração da contração muscular, o tempo mediano do sinal, a intensidade de ativação e a co-ativação muscular, tendo em vista que possa não haver um atraso no início de ativação propriamente dito, mas em outros desses fatores, o que também predisporia a uma alteração do equilíbrio da ação muscular. Dentre esses fatores, apresentaram boa reprodutibilidade a duração do sinal, a intensidade de ativação, a co-ativação e o tempo mediano. Todas as variáveis consideradas reprodutíveis foram utilizadas para a comparação entre o grupo controle e o grupo SDFP, a fim de verificar se, além do diagnóstico médico,

alguns desses parâmetros seria capaz de diferenciar o indivíduo com dor. O tempo mediano do sinal e a co-ativação muscular conseguiram determinar a diferença entre os grupos.

Com relação ao tempo mediano, ele ocorreu anteriormente tanto na porção medial quanto na porção lateral do quadríceps no indivíduos do grupo controle. Considerando que o tempo mediano é o tempo que separa o sinal em duas partes iguais, com relação à intensidade do sinal, e, que a duração da contração muscular foi semelhante para ambos os grupos, esse atraso do tempo mediano do grupo SDFP em relação ao grupo controle indica que nos indivíduos normais há maior concentração de sinal no início da contração muscular, enquanto que nos indivíduos com dor, o sinal se distribui mais ao longo do tempo. Para um perfeito alinhamento da patela durante a extensão do joelho deve haver uma ação sinérgica das componentes horizontais de força dos músculos VM e VL (considerando a posição anatômica), para que não haja medialização ou lateralização da patela e consequente dor, como pode ser entendido na figura 8, que mostra a disposição dos vetores de força das componentes superficiais do quadríceps atuantes na patela. Caso exista uma fraqueza ou atraso na ativação do VM, ocorre um deslocamento lateral da patela, irritando os tecidos moles da articulação (VAN TIGGELEN et al., 2009). Neste estudo observamos que não existe um atraso na ativação da musculatura medial, bem como esta não apresenta intensidade inferior à musculatura lateral; porém, quando analisamos o tempo mediano, que infere o mecanismo pelo qual o sinal se comporta ao longo do tempo, percebemos que existe um padrão diferente dos indivíduos normais. Assim, apesar de não haver uma diferença entre os inícios de ativação dos músculos, os indivíduos com dor patelofemoral apresentam uma lacuna no controle neuromotor, que faz com que a atividade muscular seja diferente daquele padrão encontrado nos indivíduos clinicamente saudáveis.

Outro padrão que se mostrou alterado nos indivíduos com dor foi a co-ativação muscular. A co-ativação representa a quantidade de sinal que é ativada, simultaneamente, em ambos os músculos. Essa medida tem sido utilizada para avaliar a qualidade da coordenação motora, o estágio de aprendizado motor e o grau de estabilidade dinâmica articular (FONSECA et al., 2001). Para avaliar a estabilidade articular, alguns estudos vêm sendo conduzidos mensurando a co-ativação entre a musculatura agonista e antagonista (FONSECA et al., 2006; LUSTOSA et al., 2011; BESIÉ et al., 2009). Como já observado e esquematizado na figura 8, para um perfeito alinhamento da patela deve haver sinergismo entre os músculos do quadríceps, esse sinergismo refletiria num alto grau de co-ativação da musculatura. Porém, no presente estudo, observamos que os indivíduos considerados

cl clinicamente saudáveis apresentaram 84,4% de ativação conjunta, enquanto que os indivíduos com dor apresentaram 79,9%. Este fator, juntamente ao observado anteriormente, que não existe uma diferença no início ou na intensidade de ativação entre os grupos, mas sim no padrão de ativação ao longo do tempo, fica confirmado quando olhamos para a co-ativação muscular. Assim, a menor quantidade de ativação conjunta observada no grupo SDFP indica que há um menor sinergismo dos músculos avaliados, consequentemente menor grau de estabilidade articular, o que predispõe estes indivíduos à dor.

Figura 8. Esquema das forças atuantes na patela. VL: vasto lateral, RF: reto femoral, VM: vasto medial, pt: tendão patelar.

6.4. Análise do sinal no domínio da frequência.

Ainda, pouco explorados para entender mecanismos de controle neuromotor, os parâmetros do sinal EMG no domínio da frequência estão frequentemente relacionados a alterações fisiológicas em processos de fadiga muscular, bem como à velocidade de despolarização das unidades motoras. O parâmetro de frequência aqui analisado foi a frequência mediana, que se mostrou reprodutível em ambos os dias de coleta, e mais elevada no grupo SDFP para ambos os músculos avaliados, porém, estatisticamente, não foi possível distinguir os grupos utilizando esta variável. Sabe-se que a frequência mediana é um

parâmetro bastante generalista, pois avalia espectro de maneira global; talvez, numa próxima etapa, para entender se há alterações fisiológicas, seja interessante considerar outras variáveis no domínio da frequência, como dividir o sinal em bandas de frequência, com o objetivo de olhar para faixas específicas do espectro ou, ainda, uma maneira mais refinada de entender se há diferença na frequência, seria implementar uma análise tempo-frequência.

6.5. Teste de acurácia diagnóstica.

O protocolo de avaliação foi elaborado com base nos diversos estudos encontrados com avaliação de indivíduos com SDFP. Tendo em vista que estes estudos continuam considerando a SDFP como uma patologia de etiologia multifatorial, muitos testes clínicos são aplicados na avaliação clínica, mas pouco se sabe a respeito da capacidade destes testes em diagnosticar a síndrome. Nijs et al. (2006) investigaram a acurácia diagnóstica de cinco testes físicos utilizados para diagnosticar a SDFP e encontraram baixos valores nas razões de verossimilhança. Cook e colaboradores (2012) realizaram uma revisão sobre os melhores testes para avaliação da SDFP; dentre 22 testes clínicos, apenas seis apresentaram valores satisfatórios de acurácia diagnóstica. Como os mesmos testes foram avaliados em diferentes estudos e apresentaram valores discrepantes de acurácia, não é possível afirmar que estes testes sejam realmente sensíveis para o diagnóstico da síndrome. De acordo com os autores, a falta de um grupo controle, ou a falta de uma referência padrão confiável podem ser consideradas como limitações para os estudos incluídos nesta revisão. No presente estudo, houve a preocupação de analisar a confiabilidade dos parâmetros obtidos para cada grupo, para, posteriormente, verificar quais destes parâmetros era capaz de diferenciar indivíduos com e sem a síndrome. Conhecendo as variáveis biomecânicas reprodutíveis e capazes de identificar a diferença entre os grupos, estas foram utilizadas como referência padrão para realizar os testes de acurácia diagnóstica do protocolo de avaliação utilizado com relação a estas ferramentas biomecânicas. Desta forma, as lacunas sugeridas por Cook et al. (2012) foram supridas, uma vez que foi implementado o grupo controle e que a ferramenta biomecânica pode ser considerada uma boa referência padrão.

Tanto em relação ao tempo mediano como em relação à co-ativação muscular, o protocolo clínico aplicado apresentou altos valores de especificidade, com baixos valores de sensibilidade. Isso significa dizer que a ferramenta de avaliação clínica é específica para encontrar indivíduos sem sinais e sintomas da SDFP em um grupo que é, de fato, considerado como clinicamente saudável na avaliação biomecânica. Porém, esta mesma ferramenta de avaliação não é sensível, o que permite dizer que a capacidade dela em identificar um indivíduo com SDFP dentro de uma população considerada doente segundo a avaliação biomecânica não é tão boa.

Neste estudo, testes de confiabilidade para as ferramentas biomecânicas foram realizados; assim, as variáveis biomecânicas utilizadas como referência para o teste de acurácia diagnóstica podem ser consideradas como boas referências. Desta maneira, entende-se que o protocolo de avaliação utilizado ainda não está completamente refinado para o diagnóstico da SDFP, devendo ser incorporados ou retirados alguns testes. Sugere-se que para uma próxima etapa da pesquisa item a item do protocolo de avaliação sejam avaliados com relação à acurácia diagnóstica.

6.6. Considerações finais e aplicação clínica.

Neste estudo analisamos o sinal EMG de uma forma global, extraindo a quantidade máxima de variáveis no domínio do tempo com o objetivo de caracterizar o sinal previamente, para, posteriormente, comparar um grupo de indivíduos saudáveis com um grupo de indivíduos com diagnóstico de SDFP. Após essa análise conseguimos inferir que pesquisas futuras que tenham o objetivo de verificar alterações biomecânicas utilizando EMG de superfície durante a subida de escadas devam se ater às seguintes variáveis: *onset* obtido pela correlação cruzada, duração da contração, tempo mediano da contração, intensidade de ativação e co-ativação muscular, tendo em vista que estas foram as variáveis que apresentaram reprodutibilidade e, assim, são consideradas confiáveis para a avaliação biomecânica. Com o objetivo específico de entender as alterações biomecânicas em indivíduos com SDFP sugerimos que devem ser analisados o tempo mediano e a co-ativação

muscular, pois foram os parâmetros capazes de diferenciar indivíduos com SDFP de controles saudáveis.

Como as duas variáveis que se mostraram alteradas nos indivíduos com SDFP refletem o padrão de ativação muscular ao longo do tempo de contração, indicando que existe um menor grau de estabilidade na articulação patelofemoral, sugerimos que a abordagem clínica não deve se basear apenas em exercícios de fortalecimento do quadríceps e alongamentos dos músculos dos membros inferiores, como usualmente é indicado pela literatura (HARVIE et al., 2012), mas em exercícios que busquem coordenar a atividade dos vastos medial e lateral, buscando melhorar a qualidade do movimento e aumentar a co-ativação muscular, utilizando exercícios de coordenação motora e propriocepção.

7. CONCLUSÃO

Remetendo aos objetivos: “Estudar as características do sinal eletromiográfico que se diferenciam em indivíduos com SDFP comparados aos indivíduos normais durante a subida de escadas, visando constituir uma metodologia para identificar indivíduos com SDFP, estudar suas causas e possibilitar ao terapeuta propor formas de tratamento e prevenção”. Para alcançar os objetivos, inicialmente os dados EMG foram testados com relação à reprodutibilidade, posteriormente, os dados considerados reprodutíveis foram comparados entre os grupos de estudo e foi testada a acurácia diagnóstica do protocolo de avaliação clínica com relação aos dados EMG; os dados foram discutidos a fim de se entender como cada resultado pode influenciar a dor e a dinâmica articular.

Com relação aos testes de reprodutibilidade, conclui-se que os parâmetros do sinal EMG reprodutíveis no gesto proposto são: *onset*, duração da contração muscular, tempo mediano da contração, intensidade do sinal, co-ativação muscular e frequência mediana. Desta forma, estes parâmetros são úteis para a caracterização do gesto de subida de escadas. Para conhecer os parâmetros confiáveis para a avaliação dos indivíduos com SDFP sugere-se que sejam usados o tempo mediano e a co-ativação muscular, pois foram as variáveis capazes de diferenciar estes indivíduos daqueles clinicamente saudáveis.

A acurácia diagnóstica do protocolo de avaliação mostrou alta especificidade, porém baixa sensibilidade. O que permite concluir que os testes clínicos utilizados ainda não são sensíveis o suficiente para detectar a presença da síndrome quando comparados às referências biomecânicas consideradas como padrão. Assim, este protocolo deve ser revisto, mais testes devem ser incluídos e outros excluídos e o protocolo deve ser novamente testado quanto à acurácia.

Alterações no tempo mediano e na co-ativação muscular em indivíduos com diagnóstico de SDFP, indicam uma alteração no controle neuromotor durante a subida de escada. Isso sugere que a abordagem clínica deva passar por treinos de equilíbrio, coordenação e propriocepção, para melhorar a estabilidade articular durante a realização de atividades dinâmicas.

De maneira sintética, pode-se concluir que, com este estudo, foi possível entender quais variáveis biomecânicas são de fato importantes para a avaliação de indivíduos com SDFP e devem ser utilizadas de agora em diante. Bem como quais fatores devem ser pensados pelo terapeuta na intervenção clínica.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS¹

¹ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

BERNARDI, M.; SOLOMONOW, M.; NGUYEN, G.; SMITH, A.; BARATTA, R. Motor unit recruitment strategy changes with skill acquisition. **European Journal Applied Physiology**, v.74, n.1/2, p.52-59, 1996.

BERNARDI, M.; FELICI, F.; MARCHETTI, M.; MONTELLANICO, F.; PIACENTINI, M.F.; SOLOMONOW, M. Force generation performance and motor unit recruitment strategy in muscles of contralateral limbs. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.9, n.2, p.121-130, 1999.

BESIER, T.F.; FREDERICSON, M.; GOLD, G.E.; BEAUPRÉ, G.S.; DELP, S.L. Knee muscle forces during walking and running in patellofemoral pain patients and pain-free controls. **Journal of Biomechanics**, v.42, n.7, p.898-905, 2009.

BOLGLA, L.A.; MALONE, T.R.; UMBERGER, B.R.; UHL, T.L. Hip strength and hip and knee kinematics during stair descent in females with and without patellofemoral pain syndrome. **Journal of Orthopaedics & Sports Physical Therapy**, v. 38, n. 1, p. 12-18, 2008.

BOLGLA, L.A.; MALONE, T.R.; UMBERGER, B.R.; UHL, T.L. Reliability of electromyographic methods used for assessing hip and knee neuromuscular activity in females diagnosed with patellofemoral pain syndrome. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 20, p. 142-147, 2010.

BOLING, M.C.; PADUA, D.A.; MARSHALL, S.W.; GUSKIEWICZ, K.; PYNE, S.; BEUTLER, A. A Prospective Investigation of Biomechanical Risk Factors for Patellofemoral Pain Syndrome. **The American Journal of Sports Medicine**, v.37, n.11, p.2108-2116, 2009.

BRINDLE, T.J.; MATTACOLA, C.; MCCRORY, J. Electromyographic changes in the gluteus medius during stair ascent and descent in subjects with anterior knee pain. **Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc**, v. 11, p. 244-251, 2003.

CAVAZZUTI, L.; MERLO, A.; ORLANDI, F.; CAMPANINI, I. Delayed onset of electromyographic activity of vastus medialis obliquus relative to vastus lateralis in subjects with patellofemoral pain syndrome. **Gait & Posture**, v.32, n.3, p.290-295, 2010.

CHESTER, R.; SMITH, T.O.; SWEETING, D.; DIXON, J.; WOOD, S.; SONG, F. The relative timing of VMO and VL in the aetiology of anterior knee pain: a systematic review and meta-analysis. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v.9, n.64, 2008.

COLLADO, H.; FREDERICSON, M. Patellofemoral pain syndrome. **Clinics in sports medicine**, v.29, p.379-398, 2010.

COOK, C.; MABRY, L.; REIMAN, M.P.; HEGEDUS, E.J. Best tests/clinical findings for screening and diagnosis of patellofemoral pain syndrome: a systematic review. **Physiotherapy**, v.98, n.2, p.93-100, 2012.

COPPACK, R.J.; ETHERINGTON, J.; WILLS, A.K. The Effects of Exercise for the Prevention of Overuse Anterior Knee Pain. **The American Journal of Sports Medicine**, v.39, n.5, p.940-948, 2011.

COSTIGAN, P.A.; DELUZIO, K.J.; WYSS, U.P. Knee and hip kinetics during normal stair climbing. **Gait and Posture**, v. 16, p. 31-37, 2002.

COWAN, S.M.; BENNELL, K.L.; HODGES, P.W. The test-retest reliability of the *onset* of concentric and eccentric vastus medialis obliquus and vastus lateralis electromyographic activity in a stair stepping task. **Physical Therapy in Sports**, v. 1, p. 129-136, 2000.

COWAN, S.M.; BENNELL, K.L.; CROSSLEY, K.M.; HODGES, P.W.; MC CONNELL, J. Physical therapy alters recruitment of the vasti in patellofemoral pain syndrome. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 34, n. 12, p. 1879-1885, 2002.

CROSSLEY, K.M.; COWAN, S.M.; BENNELL, K.L.; MCCONNELL, J. Knee flexion during stair ambulation is altered in individuals with patellofemoral pain. **Journal of Orthopaedic Research**, v. 22, p. 267-274, 2004.

DE LUCA, C. J. **Surface electromyography: Detection and Recording**. DelSys Incorporated, 2002.

EARL, J.E.; VETTER, C.S. Patellofemoral Pain. **Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America**, v.18, n.3, p.439-458, 2007.

FARINA, D.; MERLETTI, R. Comparison of algorithms for estimation of EMG variables during voluntary isometric contractions. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.10, n.5, p.337-350, 2000.

FELICIO, L.R.; BAFFA, A.D.P.; LIPORACCI, R.F.; SAAD, M.C.; OLIVEIRA, A.S.D.; BEVILAQUA-GROSSI, D. Analysis of patellar stabilizers muscles and patellar kinematics in anterior knee pain subjects. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.21, n.1, p.148-153, 2011.

FONSECA, S.T.; SILVA, P.L.P.; OCARINO, J.M.; URSINE, P.G. Análise de um método eletromiográfico para quantificação de co-contração muscular. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v.9, n.3, p.23-30, 2001.

FONSECA, S.T.; VAZ, D.V.; AQUINO, C.F.; BRÍCIO, R.S. Muscular co-contraction during walking and landing from a jump: Comparison between genders and influence of activity level. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.16, p.273-280, 2006.

GRENHOLM, A.; STENSDOTTER, A.; HÄGER-ROSS, C. Kinematic analyses during stair descent in young women with patellofemoral pain. **Clinical Biomechanics**, v.24, p.88-94, 2009.

GRUET, M.; VALLIER, J.M.; MELLY, L.; BRISSWALTER, J. Long term reliability of EMG measurements in adults with cystic fibrosis. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.20, n.2, p.305-312, 2010.

HARBAUGH, C.M.; WILSON, N.A.; SHEEHAN, F.T. Correlating femoral shape with patellar kinematics in patients with patellofemoral pain. **Journal of Orthopaedic Research**, v.28, n.7, p.865-872, 2010.

HARVIE, D.; O'LEARY, T.; KUMAR, S. A systematic review of randomized controlled trials on exercise parameters in the treatment of patellofemoral pain: what works? *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, v.4, p.383-392.

HINMAN, R.S.; BENNELL, K.L.; METCALF, B.R.; CROSSLEY, K.M. Delayed *onset* of quadriceps activity and altered knee joint kinematics during stair stepping in individuals with knee osteoarthritis. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 83, p. 1080-1086, 2002.

KELLIS, E.; KATIS, A. Reliability of EMG power-spectrum and amplitude of the semitendinosus and biceps femoris muscles during ramp isometric contractions. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.18, n.3, p.351-358, 2008.

KRIVICKAS, L.S.; NADLER, S.F.; DAVIES, M.R.; PETROSKI, G.F.; FEINBERG, J.H. Spectral analysis during fatigue: Surface and fine wire electrode comparison. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, v.75, n.1, p.15-20, 1996.

KURIKI, H.U.; AZEVEDO, F.M.; NEGRAO FILHO, R.F.; ALVES, N. Comparison of different analysis techniques for the determination of muscle *onset* in individuals with patellofemoral pain syndrome. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.21, n.6, p.982-987, 2011.

LAPLAUD, D.; HUG, F.; GRÉLOT, L. Reproducibility of eight lower limb muscles activity level in the course of an incremental pedaling exercise. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.16, n.2, p.158-166, 2006.

LIN, F. et al. In vivo patellar tracking induced by individual quadriceps components in individuals with patellofemoral pain. **Journal of Biomechanics**, v.43, n.2, p.235-241, 2010.

LINNAMO, V.; BOTTAS, R.; KOMI, P. V. Force and EMG power spectrum during and after eccentric and concentric fatigue. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.10, n.5, p.293-300, 2000.

LUSTOSA, L.P.; OCARINO, J.M.; ANDRADE, M.A.P.; PERTENCE, A.E.M.; BITTENCOURT, N.F.N.; FONSECA, S.T. Muscle co-contraction after anterior cruciate ligament reconstruction: Influence of functional level. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.21, p.1050-1055, 2011.

MANDEVILLE, D.; OSTERNIG, L.R.; CHOU, L. The effect of total knee replacement on dynamic support of the body during walking and stair ascent. **Clinical Biomechanics**, v. 22, p. 787-794, 2007.

MATHUR, S.; ENG, J.J.; MACINTYRE, D.L. Reliability of surface EMG during sustained contractions of the quadriceps. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.15, n.1, p.102-110, 2005.

METSAVAHT, L.; LEPORACE, G.; SPOSITO, M.M.M.; RIBERTO, M.; BATISTA, L.A. Qual o melhor questionário para avaliar os aspectos físicos de pacientes com osteoartrite no joelho na população brasileira? *Revista Brasileira de Ortopedia*, v.46, p.256-261, 2011.

MIAN, O.S.; THOM, J.M.; NARICI, M.V.; BALTZOPOULOS, V. Kinematics of stair descent in young and older adults and the impact of exercise training. **Gait and Posture**, v. 25, p. 9-17, 2007.

MORAES, J.C.T.B. Instrumentação para análise da biodinâmica do movimento humano. In: AMADIO, A.C. **A biodinâmica do movimento humano e suas relações interdisciplinares**. São Paulo: Estação Liberdade, 2000. p.269.

NG, G.Y.F.; ZHANG, A.Q.; LI, C.K. Biofeedback exercise improved the EMG activity ratio of the medial and lateral vasti muscles in subjects with patellofemoral pain syndrome. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.18, n.1, p.128-133, 2008.

NIJS, J.; VAN GEEL, C.; VAN DER AUWERA, C.; VAN DE VELDE, B. Diagnostic value of five clinical tests in patellofemoral pain syndrome. **Manual Therapy**, v.11, n.1, p.69-77, 2006.

ORTIZ, A.; MICHEO, W. Biomechanical evaluation of the athlete's knee: from basic science to clinical application. **American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation**, v.3, p.365-371, 2011.

PAL, S.; DRAPER, C.E.; FREDERICSON, M.; GOLD, G.E.; DELP, S.L.; BEAUPRE, G.S.; BESIER, T.F. Patellar Maltracking Correlates With Vastus Medialis Activation Delay in Patellofemoral Pain Patients. **American Journal of Sports Medicine**, v.39, n.3, p.590-598, 2011.

PORTNEY, L.G.; WATKINS, M.P. **Foundations of clinical research: applications to practice**. 3.ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2009.

PROTOPAPADAKI, A.; DRECHSLER, W.I.; CRAMP, M.C.; COUTTS, F.J.; SCOTT, O.M. Hip, knee, ankle kinematics and kinetics during stair ascent and descent in healthy young individuals. **Clinical Biomechanics**, v. 22, p. 203-210, 2007.

REIS, J.G.; COSTA, G.C.; CLIQUET JUNIOR, A.; PIEDADE, S.R. Análise cinemática do joelho ao subir e descer escada na instabilidade patelofemoral. **Acta Ortop Bras**, v. 17, n. 3, p. 152-154, 2009.

SALSICH, G.B.; BRECHTER, J.H.; POWERS, C.M. Lower extremity kinetics during stair ambulation in patients with and without patellofemoral pain. **Clinical Biomechanics**, v. 16, p. 906-912, 2001.

STACOFF, A.; DIEZI, C.; LUDER, G.; STÜSSI, E.; QUERVAIN, I.A.K. Ground reaction forces on stairs; effects of stair inclination and age. **Gait and Posture**, v. 21, p. 24-38, 2005.

THAMBYAH, A.; THIAGARAJAN, P.; HONG, J.G.C. Knee joint moments during stair climbing of patients with anterior cruciate ligament deficiency. **Clinical Biomechanics**, v. 19, p. 489-496, 2004.

UTTING, M.R.; DAVIES, G.; NEWMAN, J.H. Is anterior knee pain a predisposing factor to patellofemoral osteoarthritis? **The Knee**, v.12, n.5, p.362-365, 2005.

VAN TIGGELEN, D.; COWAN, S.; COOREVITS, P.; DUVIGNEAUD, N. WITVROUW, E. Delayed Vastus Medialis Obliquus to Vastus Lateralis Onset Timing Contributes to the Development of Patellofemoral Pain in Previously Healthy Men. **The American Journal of Sports Medicine**, v.37, n.6, p.1099-1105, 2009.

VERGHESE, J.; WANG, C.; XUE, X.; HOLTZER, R. Self-Reported Difficulty in Climbing Up or Down Stairs in Nondisabled Elderly. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 89, n.1, p.100-104, 2008.

YU, B.; KIENBACHER, T.; GROWNEY, E.S.; JOHNSON, M.E.; AN, K. Reproducibility of the kinematics and kinetics of the lower extremity during normal stair climbing. **Journal of Orthopaedic Research**, v. 15, n. 3, p. 348-351, 1997.

WEIR, J.P. Quantifying Test-Retest Reliability Using the Intraclass Correlation Coefficient and the SEM. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v.19, n.1, p.231-240, 2005.

WINTER, D.A. **Biomechanics and motor control of human movement**. New Jersey: Wiley, 2009. p.370.

WONG Y. Recording the vastii muscle *onset* timing as a diagnostic parameter for patellofemoral pain syndrome: fact or fad?, **Physical Therapy in Sport**, v. 10, p. 71-74, 2009.

WOOD, L.; MULLER, S.; PEAT, G. The epidemiology of patellofemoral disorders in adulthood: a review of routine general practice morbidity recording. **Primary Health Care Research & Development**, v.12, n.2, p.157-164, 2011.

ANEXO A. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Caracterização de parâmetros biomecânicos durante a subida de degraus

Nome do voluntário: _____

Endereço: _____

Telefone: _____

As informações contidas neste prontuário foram fornecidas pela aluna Heloyse Uliam Kuriki, objetivando firmar acordo escrito mediante o qual o voluntário da pesquisa autoriza sua participação com pleno conhecimento da natureza dos procedimentos e riscos a que se submeterá, com capacidade de livre arbítrio e sem qualquer coação.

1. **DESCONFORTOS OU RISCOS ESPERADOS:** os voluntários não serão submetidos a riscos durante o período experimental, realizarão uma atividade física de um período breve, não trazendo sobrecarga ao seu aparelho cardio-respiratório. O registro da atividade elétrica dos músculos do quadríceps será realizado por meio de eletrodos adesivos fixados à pele. Para a adequada fixação será realizada tricotomia (raspagem dos pêlos) no local de colocação do eletrodo utilizando lâminas descartáveis.
2. **INFORMAÇÕES:** o voluntário tem a garantia de que receberá a resposta a qualquer pergunta ou esclarecimento de qualquer dúvida quanto aos procedimentos, riscos, benefícios e outros assuntos relacionados à pesquisa por parte da pesquisadora supracitada.
3. **MÉTODOS ALTERNATIVOS EXISTENTES:** como método utilizado para captação da atividade elétrica dos músculos será por meio de eletrodos de superfície, um método alternativo existente seria o de eletrodos de agulha (método invasivo) que ao nosso modo de ver é inviável e desnecessário.
4. **RETIRADA DO CONSENTIMENTO:** o voluntário tem a liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo.
5. **ASPECTO LEGAL:** elaborado de acordo com as diretrizes e normas regulamentadas de pesquisa envolvendo seres humanos atendendo à resolução nº 196 de 10 de outubro de 1996, do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde – Brasília – DF. Qualquer dúvida, ou se sentir necessidade, o voluntário poderá entrar em contato com o Comitê de Ética local, por meio dos telefones (18) 3229 5388 ramal 5466 (Sidney Siqueira Leirião, secretário) ou 3229 5365 ramal 202 (Profa. Dra. Edna Maria do Carmo, coordenadora).
6. **GARANTIA DO SIGILO:** a pesquisadora assegura a privacidade dos voluntários quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa.

7. LOCAL DA PESQUISA: a pesquisa será desenvolvida no Laboratório de Fisioterapia Aplicada ao Movimento Humano, na Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNESP, localizado à Rua Roberto Simonsen, 305, Presidente Prudente/ SP.
8. BENEFÍCIOS: ao participar desta pesquisa os voluntários não terão nenhum benefício direto. Entretanto, esperamos que este estudo traga informações importantes a respeito do comportamento neuromuscular normal e assim resulte em benefícios ao tratamento de indivíduos com disfunções neuromotoras.
9. PAGAMENTO: o voluntário não terá nenhum tipo de ônus por participar desta pesquisa, bem como nada será pago por sua participação.
10. TELEFONE DE CONTATO: Heloyse Uliam Kuriki: (18) 9732 4343/ 3229 5388, ramal 5416; ou Prof. Dr. Neri Alves: (18) 3229-5388, ramal 5430.
11. CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO:

Eu, _____, após a leitura e compreensão deste termo de informação e consentimento, entendo que minha participação é voluntária, e que posso sair a qualquer momento do estudo, sem prejuízo algum. Confirmando que recebi uma cópia desse termo de consentimento e autorizo a execução do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo no meio científico.

* NÃO ASSINE ESTE TERMO SE TIVER ALGUMA DÚVIDA A RESPEITO.

Presidente Prudente, ____ de _____ de 20__

SOMENTE PARA O RESPONSÁVEL PELO PROJETO

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste voluntário ou seu representante legal como condição para a participação nesse estudo.

Presidente Prudente, ____ de _____ de 20__

ANEXO B. Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa

Presidente Prudente, 07 de maio de 2010.

Interessado (a): Prof. Dr. **Neri Alves**.

Assunto: Projeto de Pesquisa intitulado: "Caracterização de Parâmetros Biomecânicos durante a Subida de Degraus", a ser desenvolvido pela fisioterapeuta Heloyse Uliam Kuriki sob orientação do Prof. Dr. **Neri Alves**.

Processo 32/2010

Decorrente do exposto, este Comitê considera o projeto **APROVADO**.

Informamos, ainda, que diante do cronograma do desenvolvimento da pesquisa, ficam estabelecidas as datas de, 14/02/2012 para encaminhamento de um relatório parcial e a data de 10/09/2013, o prazo para encaminhamento ao CEP de um **relatório final** sucinto (vide modelo na página da FCT), sendo que os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), assinados, deverão permanecer em poder do orientador da pesquisa pelo período mínimo de 5 anos após o encerramento do estudo, para eventual fiscalização da CONEP.

Atenciosamente.

Prof. Dra. Edna Marie do Carmo
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa
FCT - Unesp - Presidente Prudente

Faculdade de Ciências e Tecnologia
Comitê de Ética em Pesquisa
Rua Roberto Simonsen, 305 - CEP 19060-900 - Presidente Prudente - SP
Tel. 18 3229-5388/5466 e-mail – cep@fct.unesp.br

ANEXO C. Protocolo de avaliação

IDENTIFICAÇÃO:

Nome: _____
 Peso: _____ Kg Altura: _____ m Idade: _____ DN: _____
 Endereço: _____ Nº _____
 Bairro: _____ telefone: () _____
 Atividade física: () de competição; () recreacional; () de fim de semana; () sedentário.
 Profissão atual: _____ anterior: _____
 Dominância: () direito () esquerdo
 Diagnóstico médico: _____ () joelho direito () joelho esquerdo
 Data da avaliação ____/____/____ Examinador: _____

ANAMNESE:

Queixa principal: _____
 H.D.A./H.D.P.: _____

História de trauma ou lesão na articulação do joelho: () sim () não
 Qual? _____
 Faz uso de algum medicamento? () sim () não Qual? _____
 Presença de dor no joelho ou em alguma parte do corpo?
 () sim () não local: _____
 Presença de dor no joelho: () em repouso () em atividade
 Presença de dor na articulação fêmoro-patelar no último mês? (Cowan et al. 2001)
 () não () sim () difusa () localizada
 Limitação da patologia: () não limitante () limitante Especificar: _____
 Presença de dor em condições funcionais: (Cowan et al. 2002; Loudon et al. 2002)
 () agachamento por tempo prolongado () subir ou descer escadas
 () ajoelhar-se () correr
 () permanecer muito tempo sentado () contração isométrica do quadríceps
 () praticar esportes

Dor fêmoro-patelar na última semana: (Cowan et al. 2001)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ausência total de dor					pior dor que você já teve					

() sem dor () fraca () moderada () forte () violenta () insuportável

Dor no dia de hoje:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ausência total de dor					pior dor que você já teve					

() sem dor () fraca () moderada () forte () violenta () insuportável

EXAME CLÍNICO:

Testes funcionais: 30s (Cowan et al. 2002; Loudon et al. 2002)

Agachamento bilateral 90°

ANTES:

() sem dor () fraca () moderada () forte () violenta () insuportável

DURANTE:

() sem dor () fraca () moderada () forte () violenta () insuportável

Descer Degrau de 25cm

ANTES:

() sem dor () fraca () moderada () forte () violenta () insuportável

DURANTE:

() sem dor () fraca () moderada () forte () violenta () insuportável

MEDIDA DE COMPRIMENTO DOS MEMBROS INFERIORES

	MEMBRO INFERIOR DIREITO	MEMBRO INFERIOR ESQUERDO
MEDIDA REAL (cm)		
MEDIDA APARENTE (cm)		

PERIMETRIA DA MUSCULATURA DA COXA

A partir da linha articular	JOELHO DIREITO	JOELHO ESQUERDO
10 cm		
20 cm		

JOELHO

	JOELHO DIREITO	JOELHO ESQUERDO
ÂNGULO Q		
SINAL DA BAIONETA		

COMPRESSÃO DE NOBLE		
ARCO DE MOVIMENTO Teste de Mconnel modificado		

PATELA

	PATELA DIREITA	PATELA ESQUERDA
MOBILIDADE PATELAR	() normal () hipermóvel () hipomóvel	() normal () hipermóvel () hipomóvel
PALPAÇÃO DAS FACETAS/ BORDAS	() medial () lateral () superior () inferior	() medial () lateral () superior () inferior
APREENSÃO	() positivo () negativo	() positivo () negativo
COMPRESSÃO	() positivo () negativo	() positivo () negativo
CREPITAÇÃO (Teste de Waldron)	() positivo () negativo	() positivo () negativo
PRESENÇA DE DERRAME	() positivo () negativo	() positivo () negativo

TESTES COMPLEMENTARES

JOELHO	MEMBRO INFERIOR DIREITO	MEMBRO INFERIOR ESQUERDO
GAVETA ANTERIOR	() positivo () negativo	() positivo () negativo
GAVETA POSTERIOR	() positivo () negativo	() positivo () negativo
SOBRESSALTO	() positivo () negativo	() positivo () negativo
STRESS VALGO	() positivo () negativo	() positivo () negativo
STRESS VARO	() positivo () negativo	() positivo () negativo
TESTE DE APLEY	() positivo () negativo	() positivo () negativo

TORNOZELO	MEMBRO INFERIOR DIREITO	MEMBRO INFERIOR ESQUERDO
TORÇÃO TIBIAL LATERAL		
ALINHAMENTO PERNA- CALCANHAR-ângulo do retropé.	() valgo () varo () normal	() valgo () varo () normal

RETRAÇÃO MUSCULAR	MEMBRO INFERIOR DIREITO	MEMBRO INFERIOR ESQUERDO
GASTROCNÊMIO	() sem retração () com retração	() sem retração () com retração
ISQUIOTIBIAIS	() sem retração () com retração	() sem retração () com retração
PROVA DE THOMAS	() iliopsoas retraído () reto femoral retraído	() iliopsoas retraído () reto femoral retraído
PROVA DE OBER	() sem retração () com retração	() sem retração () com retração

FORÇA MUSCULAR	MEMBRO INFERIOR DIREITO	MEMBRO INFERIOR ESQUERDO
QUADRÍCEPS FEMORAL		
ISQUIOTIBIAIS		
ADUTORES		
ABDUTORES		
FLEXORES DO QUADRIL		
EXTENSORES DO QUADRIL		

ANEXO D. Protocolo de avaliação para SDFP

Identificação

Nome: _____
 Data da avaliação ____/____/____ Examinador: _____

Exame clínico

I) Presença de dor de no mínimo 2 na articulação fêmoro-patelar no último mês e de início insidioso?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ausência total de dor							pior dor que você já teve			

() não: 0 pontos () sim: 1 ponto

II) Presença de dor em pelo menos 3 condições funcionais?

() agachamento por tempo prolongado	() subir ou descer escadas
() ajoelhar-se	() correr
() permanecer muito tempo sentado	() contração isométrica do quadríceps
() praticar esportes	

() não: 0 pontos () sim: 1 ponto

III) Apresenta dor retropatelar de no mínimo 2 no agachamento bilateral à 90°?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ausência total de dor							pior dor que você já teve			

() não: 0 pontos () sim: 1 ponto

IV) Apresenta dor de no mínimo 2 na descida de degrau de 25cm?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ausência total de dor							pior dor que você já teve			

() não: 0 pontos () sim: 1 ponto

V) O indivíduo apresenta 3 sinais e sintomas clínicos positivos no mesmo membro?

	Membro direito	Membro esquerdo
Ângulo Q superior à 18°	() positivo () negativo	() positivo () negativo
Sinal da baioneta	() positivo () negativo	() positivo () negativo
Compressão de noble	() positivo () negativo	() positivo () negativo
Arco de movimento Teste de McConnel modificado	() positivo () negativo	() positivo () negativo
Dor na palpação das facetas/ bordas da patela	() positivo () negativo	() positivo () negativo
Apreensão	() positivo () negativo	() positivo () negativo
Compressão (Clarke Test)	() positivo () negativo	() positivo () negativo
Crepitação (Teste de Waldron)	() positivo () negativo	() positivo () negativo
Prova de Ober	() positivo () negativo	() positivo () negativo
Torção tibial lateral	() positivo () negativo	() positivo () negativo
Pronação subtalar	() positivo () negativo	() positivo () negativo
Hipermobilidade patellar	() positivo () negativo	() positivo () negativo

() não: 0 pontos () sim: 1 ponto

Total de pontos:

() >4: positivo para SDFP

() <4: negativo para SDFP