Universidade de São Paulo

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto

DIEGO JOSÉ ARGENTON TELAROLLI

**Análise cinemática e baropodométrica de tornozelo e pé durante diferentes tarefas
funcionais para avaliação do valgo dinâmico de joelho**

Ribeirão Preto – São Paulo

2017

DIEGO JOSÉ ARGENTON TELAROLLI

**Análise cinemática e baropodométrica de tornozelo e pé durante diferentes tarefas
funcionais para avaliação do valgo dinâmico de joelho**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa
de Pós Graduação em Reabilitação e Desempenho
Funcional da Faculdade de Medicina de Ribeirão
Preto da Universidade de São Paulo

Área de concentração: Fisioterapia

Orientadora: Profa. Dra. Débora Bevilaqua Grossi

Versão corrigida: A versão original encontra-se disponível tanto na biblioteca da Unidade
que aloja o Programa, quanto na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD).

Ribeirão Preto – São Paulo

2017

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada à fonte.

Telarolli, Diego José Argenton

Análise cinemática e baropodométrica de tornozelo e pé durante diferentes tarefas funcionais para avaliação do valgo dinâmico de joelho. Ribeirão Preto, 2017.

74 p.: il.; 30 cm

Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Fisioterapia.

Orientadora: Bevilaqua-Grossi, Débora.

1. Joelho.
2. Tornozelo.
3. Pé.
4. Tarefas funcionais.
5. Instabilidade articular.

Diego José Argenton Telarolli

Análise cinemática e baropodométrica de tornozelo e pé durante diferentes tarefas funcionais para avaliação do valgo dinâmico de joelho.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre.

Aprovado em:

Banca examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, pelo esforço e dedicação de uma vida toda,
com o intuito e os sacrifícios para ver a felicidade
e sucesso de seus filhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, a São José e a Nossa Senhora....

Pela oportunidade da vida, pela proteção de todos os dias e de tantas idas e vindas... Sou grato por me guiarem por toda a vida, por sempre que precisei confortar meu coração e minha alma!

Pela benção de Deus sobre toda essa oportunidade. Por São José guiar todo o processo desse trabalho, pois um pai nunca abandona seus filhos, e, por Maria, Nossa Senhora cobrir-nos e proteger-nos com seu manto por toda a vida, nossa Mãe.

Aos meus pais Cinara e Marco, mais um passo em minha carreira que só foi possível graças a vocês. Obrigado por tudo o que fizeram por mim, por todos os esforços, por toda a dedicação, pelo empenho, pela ajuda... Desde me escutar ler alguns parágrafos da dissertação centenas de vezes, aguentar meu humor, me acalmar e me apoiar sempre que precisei e imaginei que não fosse possível. Só nós sabemos o quanto foi importante esta caminhada e o quanto foi difícil. Nesse período escolhemos um caminho a percorrer, no meio dele enfrentamos uma grande dificuldade, porém juntos conseguimos superar e este é um dos troféus que vocês merecem. É, sempre foi e sempre será por vocês.... Obrigado por muitas das vezes deixarem os seus sonhos para possibilitar que realizemos os nossos. Amo vocês.

Ao meu irmão Thiago Telarolli, muito obrigado por toda a ajuda, por toda a curiosidade que nos desafia a cada dia, muito obrigado pela parceria. Pela ajuda na coleta, na escrita, nos pensamentos e em tantos outros momentos, sua ajuda foi e é essencial. Obrigado por ser amigo e solícito em todas as ocasiões que precisei. Tenho orgulho do homem e profissional que se tornou, obrigado pelo carinho e confiança que deposita em mim, com toda certeza é um combustível que nos move, estamos juntos. Amo você.

A minha namorada Mariana Galon, por estar presente ao meu lado, com certeza no momento mais difícil desta caminhada! Minha parceira, companheira e confidente, você me ajudou muito em inúmeras oportunidades. Obrigado por escolher estar ao meu lado nesse momento, obrigado por entender a distância, as ausências, por me aguentar de mau humor e por sempre me fazer enxergar um lado bom em qualquer que seja a situação, pelo carinho, pela compreensão e apoio, Te amo!

A minha família agradeço por toda a confiança, por depositarem tanto crédito de que eu conseguiria. O Café na casa da Vó, os churrascos de família na casa do Tio e as festas de família na casa da Tia me revigoram a cada oportunidade. Obrigado por sempre me apoiarem e estarem sempre presentes!

Aos meus amigos, obrigado por me entenderem, por me incentivar, por todo o carinho, compreensão e ajuda de diversas maneiras. Sempre foi muito confortante a maneira como me trataram sempre que precisei de uma palavra amiga, um churrasco ou uma bronca, vocês sempre estiveram presentes. Muito Obrigado!!!

Aos amigos do Núcleo Sinapse de Araraquara, onde cresço e amadureço a cada dia. Meu sincero agradecimento a vocês, Eduardo Duci, você em especial, meu parceiro pelo longo período de parceria, aturando minhas loucuras e acreditando nos meus “planos”. Aos amigos Guilherme Mello e Gabriel Bombarda, é por alimentar nosso sonho de um futuro melhor que me desdobrei como só vocês vivenciaram, obrigado por tudo! Pelo carinho, compreensão, pela ajuda inúmeras vezes e por me aturar de mau humor, estressado e chateado. Obrigado Amigos!!!

Aos colegas da Prefeitura de Araraquara, representada por Rene Benacci e Ronialdo de Almeida, amigos, conselheiros e incentivadores de longa data. Foi uma honra e um prazer dividir longos anos o dia a dia com vocês, foi de onde sai para iniciar esse sonho do mestrado e vocês me entenderam e apoiaram! Obrigado.

Aos colegas de trabalho da Clínica Collucci de Fisioterapia em Ribeirão Preto por todo o carinho e companheirismo.

A minha orientadora Prof. Dra. Débora Bevilaqua Grossi, obrigado pela oportunidade, pela confiança e por todos os ensinamentos pessoais e profissionais. Muito obrigado por todas as conversas, pelo carinho e todo o tempo disponível além, é claro, de toda a paciência. Serei eternamente grato pela confiança e pela oportunidade que me foi dada.

Ao Dr. Tenysson Will de Lemos, agradeço por todo ensinamento, paciência, disposição e ajuda em todas as horas que precisamos, foi muito importante durante todo o processo.

Ao Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Santiago por toda a ajuda durante esse processo, além de abrir as portas do seu laboratório para que pudéssemos realizar todas as coletas.

A minha parceira desde o início Ana Cristina Corrêa Cervi, muito obrigado pela maneira que me acolheu e por toda a ajuda desde menores e menos importantes situações até momentos cruciais, pelos ensinamentos, compreensão e parceria.

Aos alunos de IC que foram muito importantes para realização do estudo, Abel Chinaglia, Marina Zazini, José Luiz Vieira e Maria Luiza Funari, obrigado por toda a paciência, pela compreensão, pelos aprendizados. Nossa parceria e amizade serão muito duradouras, foi um enorme prazer conhecer e trabalhar com vocês.

Aos colegas de laboratório, pela convivência e por toda a ajuda e paciência em todos os momentos. Obrigado pela contribuição, carinho e aprendizado profissional e pessoal.

Aos voluntários da pesquisa pelo empenho, disposição e ajuda.

A faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, pelo acolhimento e oportunidade da realização do curso de Pós-Graduação.

Resumo:

TELAROLLI, D.J.A. **Análise cinemática de tornozelo e pé durante diferentes tarefas funcionais para avaliação do valgo dinâmico de joelho.** 2017. 75 p. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2017.

O valgo dinâmico de joelho é amplamente relacionado à disfunção e ao mau alinhamento postural e membros inferiores. No entanto, não está estabelecido como o valgo dinâmico de joelho está associado às adaptações cinemáticas de tornozelo e pé e ao comportamento das cargas plantares durante atividades funcionais. **Objetivo:** Comparar a amplitude articular de dorsiflexão do tornozelo, adução e abdução de retropé, pronação e supinação de subtalar, bem como avaliar a área e a pressão plantar total e do mediopé em diferentes tarefas funcionais utilizadas na avaliação do valgo dinâmico de joelho em indivíduos clinicamente saudáveis de ambos os sexos a partir da avaliação cinemática e baropodométrica. O objetivo foi correlacionar o valor do pico de valgo dinâmico de joelho com as amplitudes de tornozelo, com a área e pressão plantar do pé nestas tarefas. **Materiais e métodos:** Foram incluídos 30 voluntários sem histórico de lesão ou trauma nos membros inferiores, sendo 15 homens e 15 mulheres. Os voluntários tiveram o membro inferior dominante avaliado na realização de cinco diferentes tarefas funcionais: descida de degrau, *single leg step down*, agachamento unipodálico, aterrissagem unipodálica e *drop vertical jump*. Para a avaliação cinemática foi utilizado o sistema Vicon (Centennial, CO, EUA) com um total de 34 marcadores refletivos bilateralmente, para observação das variáveis cinemáticas tridimensionais de joelho, tornozelo e pé. A área e a pressão plantar foram obtidas do Baropodômetro Matscan System (Tekscan®, South Boston, MA, EUA). Para as análises dos dados cinemáticos e baropodométricos foram considerados o momento do pico de valgo de joelho nas diferentes tarefas funcionais realizadas. **Resultados:** As amplitudes de dorsiflexão de tornozelo ($P =$

0,489), adução e abdução do retropé ($P = 0,0791$), pronação e supinação de retropé ($P = 0,163$) e pronação e supinação da articulação subtalar ($P = 0,305$) não foram diferentes entre nenhuma das tarefas realizadas. Quanto as variáveis de área e pressão plantar total do pé, as tarefas de agachamento unipodálico e a descida de degrau apresentaram os maiores valores em comparação as tarefas de aterrissagem unipodálica ($p = 0,005$ e $0,027$; $ES = 0,66$), *drop vertical jump* ($p = 0,001$ e $p = 0,001$; $ES = 0,38$) e *single leg step down* ($p = 0,01$ e $p = 0,007$; $ES = 0,43$). Os menores valores foram observados na tarefa de *drop vertical jump* com diferenças observadas para todas as tarefas ($p < 0,05$). Já para as variáveis de pressão plantar do mediopé, a maior pressão foi observada na tarefa de descida de degrau que foi diferente de todas as tarefas ($p < 0,005$), exceto a tarefa de agachamento unipodálico ($p = 0,13$ es= $0,306$) e as menores pressões foram encontradas na tarefa do *drop vertical jump* que apresentou diferenças para a tarefa de agachamento unipodálico ($p = 0,028$ es= $0,485$), aterrissagem unipodálica ($p = 0,006$ es= $0,687$) e descida de degrau ($p = 0,001$ es= $0,257$), porém não apresentou diferenças quando comparada a tarefa de *single leg step down* ($p = 0,374$ es= $0,170$). As variáveis de pico de valgo dinâmico de joelho apresentaram baixa correlação com as variáveis de pronação da articulação subtalar, área e pressão total e do mediopé. **Conclusão:** As tarefas funcionais avaliadas não apresentam diferença na cinemática de tornozelo e pé. A tarefa de descida de degrau levou a uma maior área de contato e maior pressão plantar do pé e a tarefa de *drop vertical jump* apresentou menor área de contato e menor pressão plantar do pé. Não houve correlação do pico de valgo dinâmico de joelho, com as amplitudes de tornozelo e pé, bem como a área e a pressão plantar do pé.

Palavras - chave: Joelho; Tornozelo; Pé; Testes funcionais; Instabilidade Articular.

ABSTRACT

TELAROLLI, D.J.A. **Kinematic analysis of the ankle and foot during different functional tasks to evaluate the dynamic value of knee.** 2017, 75 p. Dissertation (masters degree) - Medical School of Ribeirão Preto, University of São Paulo, Ribeirão Preto, 2017.

Dynamic knee valgus is largely related to the dysfunction and poor postural alignment of this articulation. However, isn't established how dynamic knee valgus can be associated with ankle and foot kinematic adaptations and the behavior of the plantar loads during functional activities. **Objective:** To compare the joint amplitude of ankle dorsiflexion, adduction and abduction of rearfoot, pronation and supination of midfoot, as well as to evaluate the total and midfoot area and pressure in different functional tasks used in the evaluation of dynamic knee valgus in clinically healthy individuals of both sexes from the kinematic and baropodometric evaluation. Besides that, the goal was to correlate the value of the dynamic knee valgus peak with the ankle amplitudes, with the foot area and foot pressure in these tasks. **Materials and methods:** It included 30 volunteers with no history of injury or trauma in the lower limbs, 15 men and 15 women. The volunteers had the dominant lower limb evaluated in performing five different functional tasks: step descent, single leg step down, single leg squat, unipodal landing and drop vertical jump. For the kinematic evaluation, the Vicon system (Centennial, CO, USA) with a total of 34 markers were used bilaterally to observe the three-dimensional knee, ankle and foot kinematics variables. The area and plantar pressure were obtained from the Matscan System Baropodometer (Tekscan®, South Boston, MA, USA). For the analysis of the kinematic and baropodometric data, the moment of the knee valgus peak was considered in the different functional tasks performed. **Results:** Results: The amplitudes of ankle dorsiflexion ($P = 0.489$), adduction and abduction of the rearfoot ($P = 0.0791$), pronation

and supination of the rearfoot ($P = 0.163$) and pronation and supination of the subtalar joint ($P = 0.305$) did not differ between any of the tasks performed. Regarding the variables of area and total foot pressure of the foot, the tasks of unipodal squatting and stair descent presented the highest values in comparison to the tasks of unipodal landing ($p = 0.005$ and 0.027 ; $ES = 0.66$), drop vertical jump ($P = 0.001$ and $p = 0.001$, $ES = 0.38$) and single leg step down ($p = 0.01$ and $p = 0.007$, $ES = 0.43$). The lowest values were observed in the drop vertical jump task with differences observed for all tasks ($p < 0.05$). For the midfoot plantar pressure variables, the greatest pressure was observed in the task of stair descent that was different from all tasks ($p < 0.005$), except for the one-legged squat task ($p = 0.13$ and 0.306) ($P = 0.028$ $es = 0,485$), unipodal landing ($p = 0,006$ $es = 0,687$), and lowering of the step ($p = 0.001$ $es = 0.257$), but did not present differences when compared to single leg step down task ($p = 0.344$ $es = 0.170$). The variables of dynamic knee dynamic valgus presented a low correlation with the variables of pronation of the subtalar joint, area and total pressure and midfoot. **Conclusion:** The functional tasks evaluated don't present differences in ankle and foot kinematics. The task of step descent led to a greater area of contact and greater plantar pressure and the task of drop vertical jump had a lower area of contact and lower foot pressure of the foot. There was not a correlation of the dynamic knee valgus peak with the ankle and foot amplitudes, as well as foot area and pressure.

Key words: Knee; Ankle; Foot; Functional tests; Joint Instability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Representação dos pontos anatômicos referente aos 17 marcadores refletivos unilateralmente: No fêmur, em trocânter maior (1) e epicôndilos medial (2) e lateral (3), na perna, em tuberosidade da tíbia (4), cabeça da fíbula (5), maléolos lateral (6) e medial (7) e tendão (8) e osso calcâneo (9) e no pé em base (10) e cabeça (11) do primeiro, base (12) e cabeça (13) do segundo e base (14) e cabeça (15) do quinto metatarso, além do ponto médio do navicular (16) e hálux (17).	30
Figura 2: Colocação dos marcadores refletivos bilateral, trocânter maior, epicôndilo medial e lateral do fêmur, cabeça da fíbula, tuberosidade de tíbia, maléolos medial e lateral, tendão calcâneo, calcâneo, base e cabeça do primeiro metatarso, base e cabeça do segundo metatarso, base e cabeça do quinto metatarso e navicular, todos os pontos foram posicionados bilateralmente.	31
Figura 3: Imagem extraída da plataforma de pressão, com a divisão das áreas e pressões plantares dos pés, em retropé (Rearfoot - A), mediopé (Midfoot - B), antepé (Forefoot - C) e área total (somatória das três áreas - A + B + C).	33
Figura 4: Montagem da área de coleta, ao nível do solo se encontra a plataforma de força BERTEC (A), dentro do caixote se encontra a plataforma de força AMTI ACCUGAIT (B) e sobre o caixote e a plataforma de força foi posicionado o Baropodômetro (C).	34
Figura 5: Ambiente de coleta para a tarefa de descida de degrau. Voluntário posicionado para início da tarefa de Descida de degrau e durante a realização da tarefa, sobre os dispositivos de mensuração, plataforma de força e baropodômetro (A).	38
Figura 6: Ambiente de coleta para a tarefa de <i>single leg step down</i> . Voluntário em posição inicial para a tarefa de <i>single leg step down</i> e durante a realização da tarefa sobre os dispositivos de mensuração, plataforma de força e baropodômetro (A).	39
Figura 7: Ambiente de coleta para a tarefa de agachamento unipodálico. Voluntário posicionado para início da tarefa de agachamento unipodálico e durante a realização da tarefa, sobre os dispositivos de mensuração, plataforma de força e baropodômetro (A).	40
Figura 8: Ambiente de coleta para a tarefa de aterrissagem unipodálica. Voluntário posicionado para início da tarefa de agachamento unipodálico e durante a realização da tarefa, sobre os dispositivos de mensuração; Plataforma de força e baropodômetro (A).	41
Figura 9: Ambiente de coleta para a tarefa de <i>drop vertical jump</i> . Voluntário posicionado para início da tarefa de <i>drop vertical jump</i> e durante a realização da tarefa, sobre os dispositivos de mensuração, plataforma de força e baropodômetro (A).	42
Figura 10: Média dos valores angulares do pico de valgo nas tarefas funcionais. Letras iguais representam tarefas sem diferença significativa ($P > 0,05$) e letras diferentes significam diferenças entre as tarefas ($P < 0,05$).	45
Figura 11: Média dos valores angulares de dorsiflexão de tornozelo no pico de valgo de joelho nas tarefas funcionais. Não foram apresentadas diferenças entre as tarefas ($p = 0,489$).	46

Figura 12: Média dos valores angulares de pronação e supinação de retropé no pico de valgo de joelho nas tarefas funcionais, valores angulares negativos valores de pronação de retropé ($p = 0,163$).	46
Figura 13: Média dos valores angulares de adução e abdução do retropé no pico de valgo de joelho nas tarefas funcionais, valores angulares positivos são valores de adução de tornozelo e valores negativos valores de abdução de tornozelo. Não foram apresentadas diferenças entre as tarefas ($p = 0,791$).	47
Figura 14: Média dos valores angulares de pronação e supinação da articulação subtalar no pico de valgo de joelho nas tarefas funcionais, valores angulares positivos são valores de supinação de mediope e valores negativos valores de pronação de mediope. Não foram observadas diferenças entre as tarefas ($p = 0,305$).	48
Figura 15: Média e desvio padrão dos valores de área plantar total do pé em (cm ²) no pico de valgo de joelho nas tarefas funcionais. Letras iguais representam tarefas sem diferença significativa ($P > 0,05$) e letras diferentes significam diferenças entre as tarefas ($P < 0,05$). 49	
Figura 16: Média e desvio padrão dos valores de área plantar de mediope em (cm ²) no pico de valgo de joelho nas tarefas funcionais. Letras iguais representam tarefas sem diferença significativa ($P > 0,05$) e letras diferentes significam diferenças entre as tarefas ($P < 0,05$).	50
Figura 17: Média e desvio padrão dos valores de pressão plantar total em kilopascal (kpa) nas tarefas funcionais. Letras iguais representam tarefas sem diferença significativa ($P > 0,05$) e letras diferentes significam diferenças entre as tarefas ($P < 0,05$).	51
Figura 18: Média e desvio padrão dos valores de pressão plantar do mediopé em kilopascal (kpa) nas tarefas funcionais. Letras iguais representam tarefas sem diferença significativa ($P > 0,05$) e letras diferentes significam diferenças entre as tarefas ($P < 0,05$).	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização da amostra, dados antropométricos e questionário internacional da atividade física.	28
Tabela 2: Correlação de Pearson entre pico de valgo dinâmico de joelho, pronação subtalar, área plantar do mediopé e pressão plantar do mediopé.	53
Tabela 3: Correlação de Pearson entre a pronação subtalar, área plantar do mediopé e pressão plantar do mediopé.	53
Tabela 4: Correlação de Pearson entre área plantar total do pé e do mediopé e pressão plantar total do pé e do mediopé.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

HC	Hospital das Clínicas
FMRP	Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto
USP	Universidade de São Paulo
LAPOMH	Laboratório de Análise da Postura e do Movimento Humano
LABIOCOM	Laboratório de Biomecânica e Controle Motor
EEFERP	Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
IPAQ	Questionário Internacional de Atividade Física
NAP	Núcleo de Apoio a Pesquisa em Doenças Crônicas Degenerativas
ANOVA	Teste de Análise de Variância
ES	Tamanho de Efeito

Sumário:

1	INTRODUÇÃO:	18
2	OBJETIVOS:	26
	2.1 Objetivo Principal:	26
	2.2 Objetivos Específicos:	26
3	MATERIAIS E MÉTODOS:	27
	3.1 Aspectos Éticos:	27
	3.2 Caracterização da Amostra:	27
	3.3 Equipamentos Utilizados:	28
	3.3.1 Sistema VICON de Captura Cinemática:	29
	3.3.2 Plataforma de pressão Baropodometria:	32
	3.3.3 Plataforma de força:	33
	3.4 Processamento de dados:	34
	3.5 Procedimentos:	37
	3.5.1 Teste de descida de degrau	38
	3.5.2 Single leg step down	39
	3.5.3 Agachamento Unipodálico	39
	3.5.4 Aterrissagem Unipodálica	40
	3.5.5 Drop vertical jump	41
	3.6 Análise Estatística:	42
4	RESULTADOS:	44
	4.1 Tornozelo:	45
	4.2 Retropé	46
	4.3 Articulação Subtalar:	47
	4.4 Área plantar:	48
	4.5 Pressão plantar:	50
	4.6 Correlação:	52
5	DISCUSSÃO:	55
6	CONCLUSÃO:	63
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	64
	APÊNDICE I:	69
	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)	69
	ANEXO I:	73
	Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ) – Versão Brasileira curta	73

1 INTRODUÇÃO

Devido altas demandas funcionais, as disfunções e lesões ortopédicas na articulação do joelho são cada vez mais frequentes na população, tanto em atletas de alto rendimento, praticantes de atividade física ou mesmo indivíduos sedentários. Estima-se que a incidência anual nos Estados Unidos esteja entre 200.000 e 400.000 lesões na articulação do joelho (UTTURKAR et al., 2003; MURPHY; CONNOLLY; BEYNNON, 2003).

O mau alinhamento tem uma maior contribuição para o aumento da incidência e do risco de lesões de membros inferiores, pelo aumento da demanda articular durante movimentos de agachamentos, saltos e aterrissagens (HEWETT; MYER, 2011), como observado nas lesões do ligamento cruzado anterior (LEE; POWERS, 2013), na síndrome da dor fêmoropatelar (PETERSEN et al., 2014) principalmente em indivíduos do sexo feminino (FORD et al., 2015).

Em mulheres nota-se maior incidência destas lesões, associada a maiores alterações nas estratégias funcionais para estabilidade postural, com uma maior variação do padrão de contato inicial com o solo e maiores angulações de flexão e valgo de joelho (HUGHES, 2014; HOLE, 2013).

Um achado biomecânico relevante relacionado à disfunção e ao mau alinhamento postural dos membros inferiores, que vem sendo amplamente discutido e difundido na literatura, é o colapso medial do joelho ou valgo dinâmico de joelho (HEWETT et al., 2005; WILLSON; DAVIS, 2008; POWERS, 2010).

O Valgo dinâmico de joelho é descrito e caracterizado por movimentos combinados nos planos transversal e frontal da articulação do joelho e que envolve rotação interna do fêmur, adução do quadril, abdução e rotação externa da tíbia e

também eversão do tornozelo e pé (LEE; POWERS, 2013; POWERS, 2010).

A análise biomecânica da articulação do joelho durante a tarefa de agachamento revelou que em cadeia cinética fechada ao longo da flexão, a rotação externa do fêmur atinge cerca de 30 graus e o valgo de joelho chega a uma angulação de 5 graus em relação à tíbia, o fêmur tende a rodar externamente durante a flexão e internamente durante a extensão, acompanhando o movimento da tíbia, concluindo o que seria um movimento normal de agachamento (ESCAMILHA, 2001).

Além da biomecânica do movimento de agachamento, já foram estabelecidos valores normativos de valgo dinâmico para outras duas tarefas funcionais diferentes sendo que, para a tarefa de *drop vertical jump* foram encontrados como valores de normalidade uma amplitude de 7 a 13 graus para mulheres e 3 a 8 graus para homens e para a tarefa de descida de degrau uma amplitude de 5 a 12 graus para mulheres e 1 a 9 graus para homens, quando avaliados em indivíduos assintomáticos, de ambos os sexos entre 18 a 28 anos (MUNRO; HERRINGTON, 2014).

Apesar de ser um movimento fisiológico que ocorre em tarefas em cadeia cinética fechada, durante a realização de algumas tarefas funcionais como saltos e agachamentos, o movimento de valgo dinâmico do joelho pode ser exacerbado e tem sido associado às lesões dos membros inferiores crônicas e agudas (ESCAMILHA, 2001).

Com o intuito de avaliar o valgo dinâmico e assim rastrear exacerbações de movimento e possíveis disfunções dos membros inferiores, vários testes são descritos e utilizados na literatura. Os principais testes são os testes de descida de degrau (TAKEDA et al., 2014), *single-leg step down* (EARL; MONTEIRO; SNYDER, 2007), aterrissagem unipodálica (DINGENEN et al., 2014), agachamento unipodálico (HOLLMAN et al., 2014) e *drop vertical jump* (MUNRO; HERRINGTON, 2010).

A dinâmica dos movimentos do tronco (KRISTIANSUND & KROSSHAUG, 2013) e do quadril (DONOHUE et al., 2015) como estratégias de compensação durante tarefas de agachamento estão bem estabelecidas na literatura, seu comportamento tem sido muito estudado quando relacionados ao valgo dinâmico do joelho (NAKAGAWA et al., 2012). Apesar de notória a importância das articulações do tornozelo e pé para a estabilidade dos membros inferiores nas atividades de cadeia cinética fechada, tais como a marcha (TATEUCHI et al., 2011) ainda não está estabelecido como a articulação do tornozelo e a articulação subtalar, se comportam em diferentes tarefas utilizadas para avaliação do valgo dinâmico.

Durante o movimento de agachamento, os pés ficam fixos ao solo com a flexão do joelho sendo acompanhado por um movimento de dorsiflexão da articulação do tornozelo (SCHACHT, 2014). Uma redução na amplitude de movimento de dorsiflexão de tornozelo esta associada a um movimento reduzido de flexão da articulação do joelho, o que pode reduzir o desempenho tarefas funcionais de membros inferiores (ARAI; MIAKI, 2013; SCHACHT, 2014).

Porém, quando avaliadas somente no plano frontal a amplitude de dorsiflexão de tornozelo não teve impacto na biomecânica da articulação do joelho, sugerindo que outros fatores tais como a pronação podem ser os responsáveis por alterações na biomecânica dos membros inferiores (ARAI; MIAKI, 2013; SCHACHT, 2014). Além da dorsiflexão de tornozelo, a articulação subtalar realiza uma pronação, sendo considerado um movimento triplanar que é composto por uma eversão do calcâneo, adução e flexão tálus e rotação interna de tibia (ROCKAR, 1995; CHUTER; JANSE DE JONGE, 2012; BRODY, 1982).

A pronação da articulação subtalar é descrita na literatura como a associação presente entre a rotação interna da tibia e o movimento de valgo dinâmico do joelho,

que pode ocorrer como forma de acomodação do arco do pé durante o decorrer das tarefas de agachamento (SCHACHT, 2014).

A cinemática articular do pé é considerado uma avaliação com grande grau de complexidade, uma vez que os segmentos do pé e suas amplitudes são pequenos e ocorrem simultaneamente nos três planos de movimento. Um movimento de pronação normal durante o contato do pé com o solo foi observada com uma angulação de 6 a 7 graus de pronação. A hiperpronação é definida como a pronação, que é excessiva ou prolongada fazendo com que o pé permaneça na posição de pronação máxima de maneira prolongada ou não retorne a posição original (TIBERIO, 1987; KHAMIS; YIZHAR, 2007).

Esse movimento combinado da pronação da articulação subtalar leva a uma rotação interna do membro inferior (ROCKAR, 1995; TIBERIO, 1987), levando a uma posteriorização da cabeça do fêmur, ocorrendo uma redução funcional do comprimento do membro inferior (ROCKAR, 1995; KHAMIS; YIZHAR, 2007; GURNEY, 2002).

O posicionamento articular do pé tem influência no alinhamento dos membros inferiores (BARWICK; SMITH; CHUTER; JANSE DE JONGE, 2012; RESENDE et al., 2015) no alinhamento pélvico (KHAMIS; YIZHAR, 2007) podendo até estar relacionado com disfunções posturais da coluna (PINTO et al., 2008).

A rotação excessiva do navicular é citada também como fator determinante para um mau alinhamento dos membros inferiores, identificada originalmente como "*miserable malignment syndrome*", durante atividades em cadeia cinética fechada (TIBERIO, 1987).

A pronação excessiva da articulação subtalar tem sido identificada e associada ao desenvolvimento de inúmeras patologias dos membros inferiores, como as lesões de

ligamento cruzado anterior e a síndrome da dor fêmoropatelar (PINTO et al., 2008; GROSS et al., 2007) através de um modelo de acoplamento dinâmico de distal para proximal entre o pé, joelho e quadril, desenvolvendo uma cadeia compensatória no sentido ascendente (BARWICK; SMITH; CHUTER; JANSE DE JONGE, 2012).

A mobilidade do pé tem uma forte associação com os movimentos de joelho e tornozelo durante tarefas de agachamento, especificamente quando observado a área de mediopé, pelo fato do tálus estar firmemente estabilizado pela pinça do tornozelo e a tarefa de agachamento ser realizada em cadeia cinética fechada (CHUTER; JANSE DE JONGE, 2012; BRODY, 1982; SCHACHT, 2014).

O contato do pé com o solo durante tarefas funcionais faz com que haja uma pronação excessiva da articulação subtalar para acomodação do pé com o solo, porém esse padrão de pronação excessiva só foi observado durante a tarefa de "*single leg step down*" em comparação a tarefa de aterrissagem unipodálica (SCHACHT, 2014). Estes aumentos da posição de pronação subtalar de maneira induzida, resultaram no aumento da rotação interna do joelho e quadril, correlacionando assim a pronação subtalar ao valgo dinâmico de joelho. Já valores aumentados de supinação subtalar de forma induzida resultaram na rotação externa de joelho e quadril (DUVAL et al., 2010; KHAMIS; YIZHAR, 2007).

Após o contato inicial do pé com o solo, há acomodação do arco longitudinal medial e o contato dos metatarsos com o solo é mais presente (SILVA; MACIEL; SERRÃO, 2015), sendo assim a pronação excessiva da articulação subtalar é acompanhada do desabamento do arco longitudinal medial e maior contato do mediopé com o solo (CHUTER; JANSE DE JONGE, 2012; BRODY, 1982). Essa acomodação do arco longitudinal medial é responsável pela flexibilidade do pé, acomodação e

suporte de carga, induzindo aumentos da pressão exercida no pé e da área de contato do pé com o solo (KHAMIS; YIZHAR, 2007; PANTANO et al., 2005; RAZAK et al., 2012).

Portanto, além da avaliação cinemática do tornozelo e pé, o estudo da área e pressão plantar também pode ajudar no entendimento da mecânica destas articulações durante tarefas funcionais de membros inferiores.

A pressão plantar é caracterizada como forma de interação entre a superfície de apoio do pé e o solo, e é utilizada na avaliação da marcha (RAZAK et al., 2012), na prevenção de lesões (BONATO, 2003), no controle do equilíbrio postural (RODGERS, 1988), nos diagnósticos de disfunções em membros inferiores e outras aplicações clínicas.

Investigações entre os movimentos rotacionais dos membros inferiores avaliados por cinemática da articulação do pé, em conjunto com as forças exercidas no pé durante a marcha de indivíduos saudáveis avaliados por baropodometria, apresentaram níveis moderados de correlação nos planos sagital e transversal entre as técnicas de avaliação baropodométrica com subdivisão em retopé, mediopé e antepé comparadas a cinemática do tornozelo e pé com modelo segmentado (GIACOMOZZI; LEARDINI; CARAVAGGI, 2014).

Alguns estudos já avaliaram alterações no posicionamento dos pés acompanhados à pronação excessiva da articulação subtalar, porém de forma induzida, resultando em mau alinhamento da tíbia, no sentido da rotação medial, aumentando significativamente o ângulo de eversão do calcâneo e rotação interna da tíbia, acompanhada por uma transferência de carga para o compartimento medial do pé, o que aumentaria a área e a pressão medial. (ARAI; MIAKI, 2013; TATEUCHI et al., 2011).

Não há um consenso sobre a pressão exercida no pé em tarefas de cadeia cinética fechada e a sua influência no posicionamento do joelho, porém quando correlacionados a momento do deslocamento medial da articulação do joelho e a medialização da pressão, foi encontrado uma forte associação entre a adução do joelho e a uma medialização da pressão plantar de retropé e mediopé, durante a marcha. Sugerindo que uma medialização da pressão plantar do pé está diretamente relacionada à posição da articulação do joelho e pode influenciar o momento adutor da articulação do joelho quando observado em indivíduos saudáveis (FERRIGNO et al., 2016).

Apesar da grande importância descrita na literatura e das várias hipóteses e estudos que diretamente ou indiretamente observaram algum tipo de alteração da articulação subtalar, ainda não há um consenso sobre o comportamento cinésiológico quando relacionadas às compensações cinemáticas do movimento de valgo dinâmico do joelho.

Não é de conhecimento na literatura atual algum estudo que tenha relacionado integração entre a cinemática e as análises da área e da pressão plantar das articulações do tornozelo e pé, especialmente em diferentes tarefas funcionais. Tais dados podem favorecer o entendimento das compensações cinemáticas nas articulações do tornozelo e pé, oriundas do valgo dinâmico de joelho.

Portanto avaliar a cinemática de tornozelo e pé de indivíduos saudáveis durante tarefas funcionais, assim como a área e a pressão plantar durante a realização destas tarefas é importante para identificar os padrões de movimento de cada tarefa realizada, sua demanda funcional e assim subsidiar a tomada de decisões clínicas, colaborando nos processos de prevenção e tratamento dos indivíduos.

A hipótese é que o valgo dinâmico de joelho sofra influências das articulações de tornozelo e pé, quando avaliado em diferentes tarefas funcionais. E que quando

comparadas as tarefas funcionais, encontra-se um padrão de que quanto mais desafiadoras forem estas tarefas maiores adaptações relacionadas ao valgo dinâmico do joelho será exigido, o que demandará diferentes compensações ao nível das articulações do tornozelo e pé.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Principal

Comparar a amplitude de dorsiflexão do tornozelo, adução e abdução de retropé, pronação e supinação da articulação subtalar, a área e a pressão plantar total do pé e do mediopé durante o pico de valgo dinâmico de joelho nas tarefas funcionais de descida de degrau, agachamento unipodálico, aterrissagem unipodálica, *single leg step down* e *drop vertical jump* em indivíduos sedentários clinicamente saudáveis de ambos os sexos.

2.2 Objetivos Específicos

Correlacionar os valores de pico de valgo dinâmico de joelho com os valores de pronação da subtalar, valores de área e de pressão plantar do pé.

Correlacionar os valores da área e pressão total do pé com os valores de área e pressão do mediopé momento do pico de valgo dinâmico de joelho.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Aspectos Éticos

O projeto foi aprovado ao Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (HC - FMRP/USP) pelo numero 1313666/2015. A pesquisa foi realizada no Laboratório da Análise da Postura e Movimento Humano (LAPOMH) e no Laboratório de Biomecânica e Controle Motor (LaBioCoM) da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto (EEFERP) desta Faculdade.

Todos os voluntários que aceitaram participar do estudo assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido TCLE (APÊNDICE 1), em que foram esclarecidos sobre os direitos quanto à liberdade de participação e desistência, o direito de identidade preservada e a ausência de riscos oferecidos, conforme previsto na Resolução 466/2012 do CNS.

3.2 Caracterização da Amostra

Os voluntários foram triados e recrutados por conveniência dentro da Universidade de São Paulo no Campus da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FMRP/USP) e no Campus da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto (EEFERP/USP). O convite para a participação foi de forma verbal e com divulgação por meio de cartazes.

Foram incluídos na pesquisa indivíduos assintomáticos de ambos os sexos sem histórico de lesão prévia em membros inferiores e sem dor nas articulações dos joelhos, tornozelos e/ou pés, com idade entre 18 e 35 anos.

Foram excluídos da pesquisa voluntários que apresentaram índices de

classificação de atividade física, muito ativos ou sedentários quando aplicado o Questionário Internacional de Atividade Física - IPAQ (APÊNDICE 2) de forma curta (MATSUDO et al., 2001), além de voluntários que apresentaram dor osteomuscular, histórico de lesão em membros inferiores ou tivessem sido submetidos a um tratamento cirúrgico em membros inferiores há menos de seis meses.

Em uma breve entrevista com os voluntários, foram coletadas informações como dados pessoais e antropométricos, tais como massa, altura, histórico familiar, histórico de lesões associadas e pregressas, uso de medicamentos contínuos e dominância de membros.

Foram avaliados 33 (trinta e três) voluntários, sendo 18 do sexo masculino e 15 do sexo feminino; 3 (três) voluntários do sexo masculino foram excluídos por serem classificados como muito ativos 2 (dois) voluntários e sedentário 1 (um) voluntário (MATSUDO et al., 2002). Dessa forma 30 voluntários participaram da etapa de análise de dados, com média de idade de 18,86 (5,60) anos, com massa média de 61,260 (19,460) quilogramas e estatura média de 163,82 (49,14) centímetros (Tabela 1).

Tabela 1: Caracterização da amostra, dados antropométricos e questionário internacional da atividade física.

Características	Sujeitos (30)
Idade (anos), Média (Desvio padrão)	18,86 (5,6)
Massa (kg), Média (Desvio padrão)	61,260 (19,46)
Estatura (cm), Média (Desvio padrão)	163,82 (49,14)
Ativos (%)	20%
Irregularmente ativos (%)	80%

3.3 Equipamentos Utilizados

3.3.1 Sistema VICON de Captura Cinemática

Para a análise da cinemática, foi utilizado o *Software* VICON MOTIONS ANALYSIS SYSTEM (Centennial, CO, EUA), alocado no Laboratório de Biomecânica e Controle Motor (LaBioCoM) da Escola de Educação Física e Esportes de Ribeirão Preto (EEFERP). Um total de trinta e quatro (34) marcadores anatômicos refletivos de vinte milímetros (20mm) foram posicionados em proeminências ósseas nos membros inferiores seguindo protocolo para obtenção dos pontos relacionados aos ângulos de joelho, com marcadores bilaterais em trocânter maior do fêmur, epicôndilo lateral do fêmur, epicôndilo medial do fêmur (CAPPOZZO et al., 2005) (Figura 1).

Foi utilizado um modelo modificado para obtenção dos ângulos de perna, tornozelo e pé, sendo posicionados os pontos bilateralmente em cabeça da fíbula, tuberosidade da tíbia, maléolo medial, maléolo lateral, base do calcâneo, ponto médio do tendão calcâneo, superior a cabeça do segundo metatarso, superior a base do segundo metatarso, medialmente a cabeça do primeiro metatarso, medialmente a base do primeiro metatarso, lateralmente a cabeça do quinto metatarso, lateralmente a base do quinto metatarso, medialmente a falange proximal do hálux e ponto médio do navicular (LEARDINI et al., 2007; PORTINARO et al., 2014) (Figura 1).

Figura 1: Representação dos pontos anatômicos referente aos 17 marcadores refletivos unilateralmente: No fêmur, em trocânter maior (1) e epicôndilos medial (2) e lateral (3), na perna, em tuberosidade da tíbia (4), cabeça da fibula (5), maléolos lateral (6) e medial (7) e tendão (8) e osso calcâneo (9) e no pé em base (10) e cabeça (11) do primeiro, base (12) e cabeça (13) do segundo e base (14) e cabeça (15) do quinto metatarso, além do ponto médio do navicular (16) e hálux (17).

Para o processamento dos dados da cinemática, uma captura estática dos marcadores foi realizada com o voluntário em posição ortostática, sempre na mesma orientação para a calibração dos marcadores e para que posteriormente pudesse ser utilizada como referencial anatômico de calibração com o sistema de coordenadas global do laboratório (Figura 2).

Figura 2: Colocação dos marcadores refletivos bilateral, trocânter maior, epicôndilo medial e lateral do fêmur, cabeça da fibula, tuberosidade de tíbia, maléolos medial e lateral, tendão calcâneo, calcâneo, base e cabeça do primeiro metatarso, base e cabeça do segundo metatarso, base e cabeça do quinto metatarso e navicular, todos os pontos foram posicionados bilateralmente.

As variáveis de interesse do estudo foram: o pico de abdução do joelho, o qual foi considerado o pico de valgo dinâmico do joelho e as variáveis cinemáticas de dorsiflexão do tornozelo, adução e abdução do retropé e a pronação e supinação da articulação subtalar no momento do pico de valgo dinâmico de joelho.

As variáveis angulares em questão obtidas nas articulações de joelho, tornozelo e subtalar foram calculados em relação ao respectivo segmento proximal do membro inferior dominante com base no sistema de coordenadas local do laboratório no momento do pico do valgo dinâmico de joelho. As angulações cinemáticas apresentadas para a articulação do joelho são apresentadas com a flexão descrita como valores negativos e extensão descrita como valores positivos. Os movimentos de abdução de joelho são descritos como valores negativos e as angulações de adução como valores positivos, já em relação ao movimento de rotação os valores de rotação interna são

descritos positivamente e os valores de rotação externa negativamente.

Para a articulação do tornozelo as angulações cinemáticas apresentadas foram a dorsiflexão descrita como valores positivos, os movimentos de abdução do retropé foram descritos como valores negativos e as angulações de adução como valores positivos.

Para a articulação subtalar as angulações cinemáticas apresentadas foram a descritas como uma pronação referenciada com valores negativos e supinação descrita como valores positivos.

3.3.2 Plataforma de pressão

A área de pressão plantar e a distribuição de cargas plantares, foram obtidas a partir do Baropodometro Matscan System (Tekscan®, South Boston, MA, EUA). Para as análises dos dados baropodométricos foram observadas as variáveis de interesse da área e da pressão plantar do pé durante o pico de valgo de joelho nas diferentes tarefas funcionais realizadas. As análises das áreas e das pressões plantares foram realizadas após uma classificação e subdivisão do pé em área total do pé, antepé, mediopé e retropé (GIACOMOZZI; LEARDINI; CARAVAGGI, 2014) (Figura 3). A área plantar foi calculada em centímetros quadrados, sendo considerada toda a área de contato da face plantar com o solo independente de sua pressão e a pressão plantar foi calculada em kilopascal sendo considerada uma média de pressão entre todos os capacitores acionados. O antepé foi considerado desde o contato distal dos artelhos até a linha da cabeça dos metatarsos, formando um retângulo (Figura 3A), o mediopé foi constituído a partir da linha da cabeça dos metatarsos até o início do contato do calcâneo (Figura 3B), o retropé foi constituído desde a linha do início do contato do

calcâneo até o máximo contato caudal do calcâneo (Figura 3B) a somatória das três subdivisões foi considerada a área plantar total do pé (Figura 3).

Figura 3: Imagem extraída da plataforma de pressão, com a divisão das áreas e pressões plantares dos pés, em retopé (Rearfoot - A), mediopé (Midfoot - B), antepé (Forefoot - C) e área total (somatória das três áreas - $A + B + C$).

3.3.3 Plataforma de força

Os dados de força de reação do solo foram utilizados como forma de sincronização dos dados cinemáticos. Para as diversas análises foram utilizadas duas plataformas de força de acordo com a necessidade de cada tarefa. Uma plataforma marca BERTEC (Columbos, OH, U.S.A.) foi posicionada ao nível do solo e foi utilizada para as tarefas funcionais de agachamento unipodálico, aterrissagem unipodálica e *drop vertical jump* e uma plataforma modelo AMTI ACCUGAIT (Waltham Street, Watertown, MA, USA) que foi posicionada sobre de um degrau de 20 centímetros, foi utilizada para as tarefas funcionais de descida de degrau e *single leg step down* (LEE; POWERS, 2013) (Figura 4).

Figura 4: Montagem da área de coleta, ao nível do solo se encontra a plataforma de força BERTEC (A), dentro do caixote se encontra a plataforma de força AMTI ACCUGAIT (B) e sobre o caixote e a plataforma de força foi posicionado o Baropodômetro (C).

Todos os dados cinemáticos foram calculados e sincronizados pela fase de aterrissagem das tarefas, sendo considerado como início da tarefa o primeiro toque na plataforma de força. A fase de aterrissagem foi definida então, a partir do contato do pé com o solo (plataforma de força e plataforma de pressão) até a retirada do pé nas tarefas de descida de degrau e *drop vertical jump* ou até a máxima flexão do joelho (pico de flexão) nas tarefas de *single leg step down*, Agachamento unipodálico e aterrissagem unipodálica.

3.4 Processamento de dados

O processamento dos dados cinemáticos foi realizado utilizando o *software* VICON NEXUS 1.8.5 no qual foram reconstruídos tridimensionalmente os marcadores refletivos, o sistema é composto de oito câmeras MX-T-40S com quatro megapixels de resolução espacial com uma frequência de amostragem de 250 Hz. Para a obtenção das coordenadas tridimensionais dos marcadores anatômicos refletivos, os dados cinemáticos foram filtrados utilizando-se um filtro Butterworth passa-baixa de quinta ordem, com frequências de corte de 8 Hz para todas as tarefas realizadas, após análise

de resíduos. O filtro *Pattern* para interpolação foi utilizado durante a reconstrução das coordenadas tridimensionais e após a reconstrução completa dos marcadores os dados foram exportados em arquivos C3D para as devidas análises utilizando rotinas criadas no *software* MatLab (Mathworks Inc., Natick, MA, USA), elaboradas com o auxílio do técnico do Laboratório de Análise da Postura e Movimento Humano (LAPOMH) e especialista do Laboratório do Núcleo de Apoio a Pesquisa em Doenças Crônicas Degenerativas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (NAP - FMRP-USP).

Para o cálculo dos ângulos de Euler da articulação do joelho foram construídos os sistemas de referência local de coordenadas anatômicas da coxa e da perna conforme orientações de CAPPOZZO et al. (2005) e para o cálculo dos ângulos de Euler da articulação do tornozelo e pé foram construídos os sistemas de referência local de coordenadas conforme adaptações do protocolo de PORTINARO et al. (2014) e LEARDINI et al. (2007), utilizando as definições do sistema de coordenadas articulares recomendadas pela *International Society of Biomechanics* (WU et al., 2002; GOOD; SUNTAY, 1983). Para a reconstrução das bases do fêmur foram utilizados os marcadores do trocânter maior do fêmur e os epicôndilos medial e lateral do fêmur, o eixo Y foi formado entre o centro de rotação da cabeça do fêmur calculado a partir do ponto do trocânter maior e um ponto médio entre os dois epicôndilos medial e lateral seguindo orientação cranial, utilizando os mesmos pontos anatômicos descritos anteriormente, o eixo Z foi definido a partir de um plano perpendicular ao plano formado anteriormente, apontando uma orientação à direita e o eixo X foi determinado a partir de um plano perpendicular aos outros dois eixos, porém, orientado anteriormente (WU et al., 2002; GOOD; SUNTAY, 1983).

A base da perna foi reconstruída a partir dos marcadores da tuberosidade da tíbia, cabeça da fíbula, maléolo medial e maléolo lateral. A partir de um ponto médio

entre os dois maléolos, com orientação cranial a cabeça da fíbula foi constituído a partir de um plano o eixo Y, a partir dos mesmos pontos descritos anteriormente foi constituído um plano perpendicular ao plano anterior, formando o eixo Z com orientação para a direita, o eixo X foi constituído a partir de uma linha perpendicular ao eixo Z com orientação no sentido anterior (WU et al., 2002; GOOD; SUNTAY, 1983).

Para a constituição da base do antepe, foram utilizados os marcadores dos pontos anatômicos da cabeça do quinto metatarso, cabeça do primeiro metatarso e a base do segundo metatarso. Para a constituição da base do mediopé foram utilizados os pontos anatômicos da quinto metatarso, do segundo metatarso e o ponto do tubérculo do navicular. Uma linha foi referenciada entre o ponto da cabeça do primeiro metatarso e o ponto da cabeça do quinto metatarso, onde foi determinado o eixo Y com orientação para a direita, a partir do eixo Y foi determinado um plano perpendicular com orientação anterior para a determinação do eixo X formando um ângulo reto de 90 graus entre os dois eixos e para a determinação do eixo Z foi constituída uma reta perpendicular aos outros dois eixos com orientação cranial (LEARDINI et al., 2007; PORTINARO et al., 2014). Utilizando os marcadores anatômicos do segundo metatarso, do quinto metatarso e do osso navicular foram constituídas as bases do retropé. (LEARDINI et al., 2007; PORTINARO et al., 2014).

Quanto às áreas de pressão plantar e as distribuições de cargas plantares, foram obtidos a partir do Baropodometro Matscan System (Tekscan®. South Boston, MA, EUA), equipamento retangular de 50 centímetros de comprimento e 40 centímetros de largura, com 8 bits de resolução e com uma frequência de amostragem de 100 Hz, pertencente ao Núcleo de Apoio a Pesquisa em Doenças Crônicas Degenerativas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (NAP - FMRP-USP) alocado no Laboratório

de Biomecânica e Controle Motor (LaBioCoM) Escola de Educação Física e Esportes de Ribeirão Preto (EEFERP).

Para o processamento dos dados baropodométricos, uma captura estática bipodálica foi realizada com o voluntário em posição ortostática para calibração das pressões plantares com valores de referência de peso de cada voluntário. Posteriormente, essa calibração foi utilizada como referencial anatômico de calibração para as análises das tarefas realizadas. As tarefas de descida de degrau, *single leg step down* e agachamento unipodálico foram calibrados na função de caminhada do aparelho de mensuração com sensibilidade normal, já as atividades de aterrissagem unipodálica e *drop vertical jump* que envolvem saltos, a calibração foi realizada na função pontual do aparelho e com uma menor sensibilidade para evitar a saturação dos dados de picos plantares.

3.5 Procedimentos:

Em um único encontro o voluntário realizou as cinco tarefas funcionais, com dificuldades diferentes em uma ordem pré-determinada por conveniência pela longa duração da montagem do ambiente de coleta, calibração dos aparelhos e preparação do voluntário. Durante as tarefas foram coletadas as variáveis cinemáticas tridimensionais de joelho, tornozelo e pé e as variáveis baropodométricas das pressões plantares de maneira simultânea, embora a coleta de dados tenha sido bilateral, somente os dados de membro inferior dominante foram utilizados na análise.

Todos os testes funcionais foram realizados de maneira individual e independentes, em um ambiente com iluminação e climatização adequadas, após familiarização com os mesmos. Os voluntários realizaram três repetições válidas para cada teste com intervalo de trinta segundos entre as tentativas, e um intervalo de um minuto entre as tarefas para descanso. Os voluntários se encontravam descalços, com

uma vestimenta adequada para análise e observação das articulações desejadas. Os testes foram conduzidos por um grupo de avaliadores treinados. As avaliações foram iniciadas por comandos de voz padronizados e foram consideradas inválidas quando ocorresse algum tipo de compensação do membro contra lateral tocando o solo ou perdendo a posição assumida para teste, durante qualquer fase da análise na realização de qualquer uma das tarefas.

3.5.1 Teste de descida de degrau

O teste foi realizado com o voluntário iniciando a tarefa no topo de uma escada de três degraus com 20 centímetros de altura cada um dos mesmos. O indivíduo se encontrava em posição ortostática bipodálica e foi instruído por comando de voz a descer os degraus de maneira natural, sendo que deveria iniciar o movimento de descida com a perna contra lateral, tocando assim o último dos três degraus, com a perna a ser testada. Local onde se encontravam posicionadas a plataforma de força AMTI ACCUGAIT e o baropodômetro (A) (Figura 5).

Figura 5: Ambiente de coleta para a tarefa de descida de degrau. Voluntário posicionado para início da tarefa de Descida de degrau e durante a realização da tarefa, sobre os dispositivos de mensuração, plataforma de força e baropodômetro (A).

3.5.2 Single leg step down

O teste foi realizado com o voluntário em posição inicial acima de um degrau de 20 centímetros de altura onde se mantinha em posição ortostática bipodálica e se encontravam posicionados sobre a plataforma de força que se encontrava dentro do caixote foi posicionada o baropodômetro (A). O voluntário foi instruído por comando de voz a tocar levemente o solo à frente do degrau com a perna contralateral, mantendo a perna a ser testada sobre a plataforma e logo em seguida retornando à posição inicial de teste (Figura 6).

Figura 6: Ambiente de coleta para a tarefa de *single leg step down*. Voluntário em posição inicial para a tarefa de *single leg step down* e durante a realização da tarefa sobre os dispositivos de mensuração, plataforma de força e baropodômetro (A).

3.5.3 Agachamento Unipodálico

O teste foi realizado com o voluntário em posição inicial de maneira ortostática bipodálica com os membros inferiores na largura dos ombros e os membros superiores cruzados ao peito. Após comando de voz, o voluntário foi instruído a realizar apoio unipodálico com a perna a ser testada e a realizar um único agachamento numa cadência de dois segundos para a flexão e dois segundos para o retorno ou extensão, estando com o membro a ser testado sobre o baropodômetro; neste teste a plataforma

de força se encontrava no nível do solo sob o tablado (A) (Figura 7).

Figura 7: Ambiente de coleta para a tarefa de agachamento unipodálico. Voluntário posicionado para início da tarefa de agachamento unipodálico e durante a realização da tarefa, sobre os dispositivos de mensuração, plataforma de força e baropodômetro (A).

3.5.4 Aterrissagem Unipodálica

O teste foi realizado com o voluntário em posição ortostática com apoio bipodálico, com posição de início sobre um caixote de 40 (quarenta) centímetros de altura. Após comando de voz, o voluntário foi instruído a realizar um “passo a frente”, aterrissando no solo de maneira unipodálica com o membro a ser testado, sendo esta aterrissagem com o membro a ser testado sobre os dispositivos de mensuração, neste teste a plataforma de força e o baropodômetro se encontravam no nível do solo (A) (Figura 8).

Figura 8: Ambiente de coleta para a tarefa de aterrissagem unipodálica. Voluntário posicionado para início da tarefa de agachamento unipodálico e durante a realização da tarefa, sobre os dispositivos de mensuração; Plataforma de força e baropodômetro (A).

3.5.5 Drop vertical jump

O teste foi realizado com o voluntário em posição ortostática com apoio bipodálico e membros inferiores alinhados a largura do quadril, o voluntário se encontrava posicionado acima de uma plataforma de 40 (quarenta) centímetros de altura. Após comando de voz, o voluntário foi instruído a dar um “passo a frente” e aterrissar no solo de maneira bipodálica sobre os dispositivos de mensuração e imediatamente após a queda, saltar na posição vertical o mais alto possível aterrissando novamente no solo, sobre os dispositivos de mensuração, neste teste a plataforma de força e o baropodômetro se encontravam no nível do solo (Figura 9).

Figura 9: Ambiente de coleta para a tarefa de *drop vertical jump*. Voluntário posicionado para início da tarefa de *drop vertical jump* e durante a realização da tarefa, sobre os dispositivos de mensuração, plataforma de força e baropodômetro (A).

3.6 Análise Estatística

Os dados foram analisados quanto à distribuição estatística e esfericidade com os testes de Shapiro-Wilk e Mauchly, respectivamente. Sendo feita a correção de esfericidade quando necessária, quando violada a esfericidade pelos valores de Greenhouse-Geisser e Lower-bound (HINKLE; JURS; WIESMA, 1988).

Para a avaliação dos dados da cinemática tridimensional e das análises baropodométricas da área e da pressão plantar dos pés os modelos utilizados foram os testes de variância ANOVA de medidas repetidas e posteriormente foram aplicados o *Post Hoc* de Bonferroni para comparação entre as médias, utilizado para examinar a comparação entre tarefas no pico de valgo dinâmico do joelho com nível de significância em 5%.

Após foi realizada a comparação par a par das variáveis que apresentaram valores significativos no teste de variância ANOVA, também para identificação de diferenças entre as tarefas no pico de valgo dinâmico do joelho com nível de

significância em 5%, também foi realizado o cálculo para o tamanho de efeito da amostra.

Para verificar as relações entre o pico de valgo dinâmico do joelho e o pico da pronação subtalar em cada tarefa funcional foi utilizada uma correlação de Pearson. Também para analisar a relação entre os valores de pico de valgo de joelho e os valores de área e pressão plantar durante o pico de valgo de joelho em cada tarefa funcional, além disso para analisar a área e pressão total e do mediopé foi realizada uma correlação de Pearson. Sendo considerados valores de correlação, alta $r > 0,7$, moderada $0,6 < r < 0,7$ e baixa $r < 0,6$ (HINKLE; JURS; WIESMA, 1988).

Todas as análises foram realizadas utilizando o *Software Statistical Package for Social Science for Windows –SPSS* versão 20 (SPSS Inc, Chicago,USA).

4 RESULTADOS

Os valores do pico de valgo dinâmico de joelho em cada tarefa estão apresentados na Figura 10. A seguir serão apresentados os valores de amplitude separadamente nos seguimentos tornozelo, retropé e articulação subtalar.

Os valores de pico de valgo dinâmico de joelho foram diferentes entre as tarefas realizadas ($F = 16,352$ $ES = 0,952$ $P < 0,001$). Quando realizada a comparação par a par identificamos que a tarefa de *drop vertical jump* apresentou maiores valores de pico de valgo dinâmico de joelho entre as tarefas, apresentando diferenças para as tarefas de agachamento unipodálico, aterrissagem unipodálica e *single leg step down* ($p < 0,05$), porém sem diferença para a tarefa de descida de degrau ($p > 0,05$). Os menores valores foram observados na tarefa de aterrissagem unipodálica, com diferença para as tarefas de agachamento unipodálico ($p = 0,001$), descida de degrau ($p < 0,001$), *drop vertical jump* ($p = 0,001$) e *single leg step down* ($p = 0,004$). De forma intermediária encontramos as tarefas de agachamento unipodálico, descida de degrau e *single leg step down*, que não apresentaram diferença entre si ($p > 0,05$) (Figura 10).

Figura 10: Média dos valores angulares do pico de valgo nas tarefas funcionais. Letras iguais representam tarefas sem diferença significativa ($P > 0,05$) e letras diferentes significam diferenças entre as tarefas ($P < 0,05$).

4.1 Tornozelo

Em nenhuma das tarefas avaliadas os voluntários realizaram a flexão plantar de tornozelo. Os valores de dorsiflexão do tornozelo não apresentaram diferenças significativas entre as tarefas funcionais avaliadas. ($F = 0,565$ ES = 0,182 $P = 0,489$) (Figura 11).

Figura 11: Média dos valores angulares de dorsiflexão de tornozelo no pico de valgo de joelho nas tarefas funcionais. Não foram apresentadas diferenças entre as tarefas ($p = 0,489$).

4.2 Retropé

Para a variável de pronação e supinação de retropé, também não foram observadas diferenças significativas entre as tarefas. ($F = 1,783$ ES = 0,065 $P = 0,163$). No entanto, foram observados padrões diferentes de movimento entre as tarefas na realização da adução e abdução do retropé. Nas tarefas de agachamento unipodálico, *drop vertical jump* e *single leg step down* os voluntários realizaram a adução do retropé. Por outro lado, foi observada a abdução de retropé para as tarefas de aterrissagem unipodálica e descida de degrau, Figura 12.

Figura 12: Média dos valores angulares de pronação e supinação de retropé no pico de valgo de joelho nas tarefas funcionais, valores angulares negativos valores de pronação de retropé ($p = 0,163$).

Para a variável de adução e abdução de retropé, também não foram observadas diferenças significativas entre as tarefas. ($F = 2,332$ ES = 0,207 $P = 0,791$). No entanto, foram observados padrões diferentes de movimento entre as tarefas na realização da adução e abdução do retropé. Nas tarefas de agachamento unipodálico, *drop vertical*

jump e *single leg step down* os voluntários realizaram a adução do retropé. Por outro lado, foi observada a abdução de retropé para as tarefas de aterrissagem unipodálica e descida de degrau, Figura 13.

Figura 13: Média dos valores angulares de adução e abdução do retropé no pico de valgo de joelho nas tarefas funcionais, valores angulares positivos são valores de adução de tornozelo e valores negativos valores de abdução de tornozelo. Não foram apresentadas diferenças entre as tarefas ($p = 0,791$).

4.3 Articulação Subtalar

Foi observado que os voluntários realizaram em todas as tarefas a pronação da articulação subtalar, com exceção da tarefa de *drop vertical jump* cujo movimento realizado foi de supinação da subtalar, no entanto as médias das variáveis de pronação e supinação não apresentaram diferenças entre as tarefas ($F = 3,841$ ES = 0,293 $P = 0,305$), Figura 14.

Figura 14: Média dos valores angulares de pronação e supinação da articulação subtalar no pico de valgo de joelho nas tarefas funcionais, valores angulares positivos são valores de supinação de mediope e valores negativos valores de pronação de mediope. Não foram observadas diferenças entre as tarefas ($p = 0,305$).

4.4 Área plantar

A análise dos dados de área plantar total do pé (cm^2) revelaram diferenças entre as tarefas ($F = 8,304$ ES = 0,948 $P = 0,002$). Quando realizada a comparação par a par, os maiores valores de área plantar total do pé foram observados nas tarefas de agachamento unipodálico e descida de degrau sem diferença entre elas ($p > 0,005$), com diferenças para as tarefas de aterrissagem unipodálica, *drop vertical jump* e *single leg step down* ($p < 0,005$). As tarefas de aterrissagem unipodálica e *single leg step down*, além de apresentar menores valores que as tarefas de agachamento unipodálico e descida de degrau, apresentaram diferenças para a tarefa de *drop vertical jump* ($p < 0,005$). Os menores valores foram observados para a tarefa de *drop vertical jump*, com diferenças observadas para todas as tarefas ($p < 0,05$), Figura 15.

Figura 15: Média e desvio padrão dos valores de área plantar total do pé em (cm²) no pico de valgo de joelho nas tarefas funcionais. Letras iguais representam tarefas sem diferença significativa ($P > 0,05$) e letras diferentes significam diferenças entre as tarefas ($P < 0,05$).

A análise dos dados de área plantar do mediopé revelaram diferenças entre as tarefas ($F = 14,206$ ES = 0,921 $P = 0,010$). Foram observados a partir da comparação par a par, maiores valores de área plantar do mediopé para as tarefas de agachamento unipodálico e descida de degrau sem diferença entre elas ($p > 0,005$). As tarefas de agachamento unipodálico e descida de degrau apresentaram valores significativamente maiores de área plantar em comparação as tarefas de aterrissagem unipodálica, *drop vertical jump* e *single leg step down* ($p < 0,05$). Ainda em relação a área plantar do mediopé, foram observados menores valores para a tarefa de *drop vertical jump*, que apresentou diferenças para todas as tarefas ($p < 0,05$). De maneira intermediária estão as tarefas de aterrissagem unipodálica e *single leg step down* que não apresentaram diferenças entre si ($p > 0,05$), porém com diferenças para as demais tarefas realizadas ($p < 0,05$), Figura 16.

Figura 16: Média e desvio padrão dos valores de área plantar de mediopé em (cm²) no pico de valgo de joelho nas tarefas funcionais. Letras iguais representam tarefas sem diferença significativa ($P > 0,05$) e letras diferentes significam diferenças entre as tarefas ($P < 0,05$).

4.5 Pressão plantar

A pressão plantar total do pé medida em kpa também foi diferente entre as tarefas avaliadas ($F = 14,846$ $ES = 0,488$ $P = 0,001$). Foram observados quando realizada a comparação par a par, os maiores valores para as tarefas de aterrissagem unipodálica e descida de degrau quando comparadas às demais tarefas, sem diferença entre as duas tarefas ($p > 0,005$). A tarefa de descida de degrau por sua vez, não apresentou diferenças para as tarefas de *drop vertical jump* e *single leg step down* ($p > 0,05$). Os menores valores foram observados na tarefa de agachamento unipodálico que apresentou diferenças para as tarefas de aterrissagem unipodálica ($p < 0,001$), descida de degrau ($p = 0,016$) e *drop vertical jump* ($p = 0,037$), porém sem diferença observada quando em comparação a tarefa de *single leg step down* ($p > 0,05$), Figura 17.

Figura 17: Média e desvio padrão dos valores de pressão plantar total em kilopascal (kpa) nas tarefas funcionais. Letras iguais representam tarefas sem diferença significativa ($P > 0,05$) e letras diferentes significam diferenças entre as tarefas ($P < 0,05$).

A pressão plantar de mediopé medida em kpa também foi diferente entre as tarefas avaliadas ($F = 9,534$ ES = 0,826 $P = 0,001$). Foram observados quando realizada a comparação par a par, valores maiores para a tarefa de descida de degrau quando comparadas às demais tarefas ($p < 0,005$). A tarefa de aterrissagem unipodálica foi diferente de todas as tarefas ($p < 0,005$), exceto a tarefa de agachamento unipodálico ($p > 0,005$). Os menores valores foram observados na tarefa de *drop vertical jump* que apresentou diferenças para a tarefa de agachamento unipodálico, aterrissagem unipodálica e descida de degrau ($p < 0,05$), porém não apresentou diferenças quando comparada a tarefa de *single leg step down* ($p > 0,005$). Já as tarefas de agachamento unipodálico e *single leg step down* não apresentaram diferenças entre si ($p > 0,005$), Figura 18.

Figura 18: Média e desvio padrão dos valores de pressão plantar do mediopé em kilopascal (kpa) nas tarefas funcionais. Letras iguais representam tarefas sem diferença significativa ($P > 0,05$) e letras diferentes significam diferenças entre as tarefas ($P < 0,05$).

4.6 Correlação

Para as correlações entre valores de pico de valgo dinâmico de joelho e a pronação da articulação subtalar foram encontrados valores de correlação fraca e sem significância estatística.

Já para as correlações envolvendo os valores de pico de valgo dinâmico de joelho e a área plantar do mediopé e a pressão plantar do mediopé, os valores de pico de valgo dinâmico do joelho e pronação apresentaram correlações fracas para todas as tarefas e sem significância estatística (Tabela 2).

Tabela 2: Correlação entre pico de valgo dinâmico de joelho, pronação subtalar, área plantar do mediopé e pressão plantar do mediopé nas diferentes tarefas funcionais.

	Agachamento	Aterrissagem	Descida de degrau	Drop Jump	Step Down
Pico de Valgo X Pronação subtalar	-0,08	0,02	-0,14	0,10	-0,03
	(p = 0,66)	(p = 0,92)	(p = 0,46)	(p = 60)	(p = 0,86)
Pico de Valgo X Área Mediopé	-0,13	0,36	-0,45	0,23	-0,14
	(p = 0,29)	(p = 0,66)	(p = 0,74)	(p = 0,37)	(p = 0,56)
Pico de Valgo X Pressão Mediopé	0,24	0,38	0,17	0,13	-0,04
	(p = 0,86)	(p = 0,48)	(p = 0,20)	(p = 0,37)	(p = 0,65)
*Valor de p < 0,05		Correlação de Pearson com nível de significância com Alfa de 5%			

Foi observada também para os valores de correlação entre as variáveis de pronação da articulação subtalar, a área de mediopé e a pressão do mediopé apenas uma correlação significativa entre a pronação da articulação subtalar e a área de mediopé na tarefa de *drop vertical jump*, sendo está uma correlação moderada e positiva, Tabela 3.

Tabela 3: Correlação entre a pronação subtalar, área plantar do mediopé e pressão plantar do mediopé nas diferentes tarefas funcionais.

	Agachamento	Aterrissagem	Descida de degrau	Drop Jump	Step Down
Pronação subtalar X Área Mediopé	-0,14	-0,06	-0,17	-0,45*	0,01
	(p = 0,60)	(p = 0,44)	(p = 0,99)	(p = 0,01)	(p = 0,62)
Pronação subtalar X Pressão Mediopé	0,09	-0,26	0,11	-0,02	0,24
	(p = 0,65)	(p = 0,96)	(p = 0,09)	(p = 0,66)	(p = 0,24)
*Valor de p < 0,05		Correlação de Pearson com nível de significância com Alfa de 5%			

As correlações entre os valores de área plantar total e área plantar de mediopé apresentaram valores de fortes e positivas correlações para todas as tarefas realizadas. Os valores de pressão plantar total e pressão plantar de mediopé apresentaram correlações forte e positiva para a tarefa de descida de degrau, moderada e positiva correlação para as tarefas de agachamento unipodálico e *single leg step down*, e correlações fracas para as tarefas de aterrissagem unipodálica e *drop vertical jump*,

Tabela 4.

Tabela 4: Correlação entre área plantar total do pé e do mediopé e pressão plantar total do pé e do mediopé nas diferentes tarefas funcionais.

	Agachamento	Aterrissagem	Descida de degrau	Drop Jump	Step Down
Área total X Área Mediopé	0,75*	0,85*	0,63*	0,81*	0,91*
	(p = 0,01)	(p = 0,01)	(p = 0,01)	(p = 0,01)	(p = 0,01)
Pressão Total X Pressão Mediopé	0,49*	0,33	0,84*	-0,19	0,55*
	(p = 0,01)	(p = 0,08)	(p = 0,01)	(p = 0,32)	(p = 0,01)
*Valor de P abaixo de 0,05		Correlação de Pearson com nível de significância com Alfa de 5%			

5 DISCUSSÃO

A análise cinemática do tornozelo e pé revelou que não há diferenças nas amplitudes desses segmentos na comparação entre as tarefas funcionais para avaliação do valgo dinâmico. A tarefa de descida de degrau revelou maiores valores de área e de pressão plantar, já os menores valores foram encontrados para a tarefa de *drop vertical jump*. As tarefas de agachamento unipodálico e aterrissagem unipodálica apresentaram valores intermediários e não apresentaram um padrão em relação à área e pressão plantar. Nenhuma das tarefas apresentou correlação para os valores de pico de valgo dinâmico de joelho aos valores de pronação da subtalar e aos valores de área e pressão plantar. A maioria dos estudos comparou o valgo dinâmico do joelho em duas das cinco tarefas (EARL; MONTEIRO; SNYDER, 2007; LEWIS et al., 2015; HERRINGTON, 2014) em indivíduos com algumas patologias específicas tais como síndrome da dor fêmoropatelar ou lesão de ligamento cruzado anterior com indivíduos controles (HEWETT et al., 2005; POWERS, 2003; TAKEDA et al., 2014). As variáveis avaliadas na maioria das vezes está associadas à biomecânica de tronco (KRISTIANSUND, KROSSHAUG, 2013), quadril (DONOHUE et al., 2015) e joelho (NAKAGAWA et al., 2012), porém sem abordar a cinemática de tornozelo e pé ou a análise da área e da pressão plantar nestas tarefas.

Os dados em questão não apresentaram diferenças para as variáveis de dorsiflexão de tornozelo, adução e abdução de retropé e pronação da articulação subtalar no momento do pico de valgo dinâmico de joelho quando comparadas as cinco tarefas realizadas. Portanto, os mesmos sugerem que a cinemática de tornozelo e pé não sofre variação nas diversas tarefas funcionais, quando avaliadas no pico de valgo dinâmico do joelho. Uma vez que, mesmo com graus de exigências diferentes durante a

realização das tarefas, a pronação subtalar não apresentou diferença no pico de valgo dinâmico. Esta associação entre o pico de valgo e pronação por sua vez, foi observada em outras tarefas, como durante as fases do ciclo da marcha (CHUTER; JANSE DE JONGE, 2012; TATEUCHI et al., 2011).

A análise da pronação subtalar durante a marcha já está estabelecida, porém estudos anteriores que avaliaram essa pronação evidenciaram a necessidade de identificar o movimento de pronação subtalar também em outras tarefas, tais como, subida e descida de degraus, saltos e agachamentos (KHAMIS; YIZHAR, 2007). Os estudos relacionados ao posicionamento dos membros inferiores nessas diversas tarefas não levam em consideração os achados da articulação do tornozelo e pé (POWERS, 2010; DOS REIS et al., 2015). A tarefa da descida de degrau é a tarefa que mais se assemelha a marcha do ponto de vista biomecânico, onde existe uma sincronia entre a pronação subtalar, o movimento de rolamento da articulação subtalar e a estabilidade da pinça maleolar que ocorre no membro inferior em atividades realizadas em cadeia cinética fechada. (TATEUCHI et al., 2011; ROCKAR, 1995).

Portanto ainda há uma escassez na literatura em relação à interação dos movimentos do pé relacionados aos movimentos do membro inferior quando observamos tarefas funcionais específicas, exceto quando relacionados a tarefa de marcha (NESTER, 2000; REISCHL et al., 1999). Essa escassez é identificada pela ausência de definição do acoplamento de todo o membro inferior (NESTER, 2000; REISCHL et al., 1999). Uma vez que a cinemática da articulação subtalar é considerada complexa, pois os segmentos dos pés e suas amplitudes de movimento são pequenos, com movimento ocorrendo simultaneamente em três diferentes planos.

Recentemente, vários modelos biomecânicos foram desenvolvidos recentemente para a cinemática do pé, no entanto a integração de uma avaliação do pé ainda é limitada.

Uma revisão bibliográfica sobre a mecânica do tornozelo e pé constatou a existência de um mecanismo de acoplamento dos membros inferiores, porém identificou procedimentos e metodologias ineficazes para verificar estas relações, o que poderia ser a explicação desta falta de interação entre a biomecânica do tornozelo e a biomecânica das articulações proximais dos membros inferiores tais como o joelho (SOUZA et al., 2010).

Na revisão realizada por SOUZA et al (2010) , quando observada a biomecânica dos membros inferiores, o pé foi considerado um único segmento rígido e avaliado, com conjuntos de marcadores que atualmente não são recomendados na tentativa de minimizar erros metodológicos (SOUZA et al., 2010). Já em nosso estudo, foi utilizado uma segmentação das articulações do pé que seguiu as recomendações atuais, visando a minimização destes erros observados (WU et al, 2002), porém em atividades diferentes das já realizadas com esse conjunto de marcadores e esse tipo de segmentação (PORTINARO et al., 2014).

Portanto a associação descrita entre as amplitudes de valgo dinâmico de joelho e de pronação da subtalar, pode ocorrer como forma de acomodação do arco do pé durante a realização de tarefas funcionais, observadas pelo comportamento normal das pressões plantares (RAZAK et al., 2012) e a dinâmica normal do pé durante tarefas funcionais (RODGERS, 1988), quando comparadas entre duas tarefas em situação de pronação induzida (ARAI; MIAKI, 2013), em tarefas unipodálicas e bipodálicas (PINTO et al., 2008) e durante a marcha (RESENDE et al., 2015).

A pronação subtalar é descrita na literatura como uma associação presente entre a rotação interna da tíbia e o movimento de valgo dinâmico do joelho (MOKHTARZADEH et al., 2013). Pois a diminuição da mobilidade articular dos membros inferiores durante tarefas em cadeia cinética fechada está altamente relacionada a um aumento das pressões plantares dos pés, aumentando assim o deslocamento do centro de pressão do joelho medialmente e aumentando o valgo da articulação do joelho (TIBERIO, 1987; GIACOMOZZI; LEARDINI; CARAVAGGI, 2014).

Os maiores valores de pressão e área plantar do pé na tarefa de descida de degrau pode ser atribuído à acomodação do arco longitudinal medial, que é mais presente e ocorre no contato dos metatarsos com o solo inicialmente e em tarefas que permitem um movimento de rolamento da articulação do tornozelo (SILVA; MACIEL; SERRÃO, 2015).

Essa acomodação do arco longitudinal medial deve-se além do melhor contato da região dos metatarsos com o solo, à congruência gerada pela pinça maleolar e a posição estável do tálus quando em dorsiflexão, associando assim a grande estabilidade da articulação tornozelo a uma pronação do pé e rotação interna da tíbia. (SILVA; MACIEL; SERRÃO, 2015; ARAI; MIAKI, 2013). No estudo em questão, esta associação é evidenciada na tarefa de descida de degrau, onde ocorre um aumento na amplitude de pico de valgo dinâmico de joelho seguido de aumentos de área e de pressão plantar como forma de acomodação em tarefas de cadeia cinética fechada como já evidenciado para atividades de pronação induzida (ARAI; MIAKI, 2013).

As tarefas de agachamento unipodálico e aterrissagem unipodálica, apresentam aumentos significativos nos ângulos de rotação interna do joelho e valgo dinâmico de

joelho durante atividades de pronação induzida, quando comparadas as atividades sem a pronação induzida (TATEUCHI et al., 2011), nossos resultados não concordam com o que encontrado mesmo sendo duas situações diferentes com e sem a pronação induzida como realizado no trabalho em questão. Não foi possível identificar um padrão de aumento da área e pressão plantar do pé além de não apresentar diferenças para a pronação da articulação subtalar em ambas as tarefas, evidenciando pouca acomodação em comparação a todas as tarefas.

O que pode explicar os resultados para a tarefa de aterrissagem unipodálica de acordo com os dados encontrados na literatura é o fato da tarefa de aterrissagem unipodálica realizar uma tentativa de acomodação do valgo dinâmico de joelho (LEE; POWERS, 2013), porém com valores menos exacerbados e menores valores de pico de valgo dinâmico de joelho (SCHMITZ et al., 2004) e assim sofrer uma menor acomodação da área e da pressão plantar no mediopé, quando comparada as outras tarefas realizadas. Sendo assim, as tarefas de aterrissagem unipodálica e agachamento unipodálico, podem ser consideradas tarefas funcionais intermediárias, quando comparadas as cinco tarefas funcionais realizadas.

A tarefa de *drop vertical jump* é considerada uma tarefa de grande exigência e utilizada corriqueiramente na prática clínica, diretamente associada à síndrome da dor fêmoropatelar (NAKAGAWA et al., 2012; POWERS, 2010). Tal tarefa pode ser considerada uma tarefa desafiadora, pois dentre as tarefas avaliadas foi a que apresentou maiores valores de valgo dinâmico de joelho acompanhado de valores de supinação da articulação subtalar e uma menor acomodação da área e da pressão plantar do pé, sendo um padrão incomum comparado às outras tarefas em questão.

O padrão de pronação encontrado nas tarefas e a diminuição da área e pressão podem ser explicados pelas estratégias de compensações descritas na literatura para controle da pronação excessiva, ocasionada pelo momento rotacional da tíbia e da alteração de controle proximal, que podem estar relacionados uma maior velocidade de execução da tarefa aumentando as forças de impacto e absorção após o salto bipodálico (LEE; POWERS, 2013).

O movimento de supinação da articulação subtalar leva a rotação externa da tíbia, o que evidencia a diminuição da área e pressão plantar durante a realização da tarefa de *drop vertical jump*, gerando uma menor acomodação do tornozelo e pé (LEE; POWERS, 2013; SCHMITZ et al., 2004). Por conta dessa rotação externa da tíbia, existe uma maior congruência da articulação do tornozelo, posicionando a articulação do tornozelo e a articulação subtalar em uma posição mais estável, o que de maneira biomecânica não permite uma melhor acomodação e transmissão de carga entre o membro inferior como um todo, para o tornozelo e pé (ESCAMILHA, 2001; TIBÉRIO, 1987). Sendo assim a tarefa de *drop vertical jump* pode ser considerada a tarefa com maior exigência funcional e maior transmissão de carga para a articulação do joelho quando avaliado no pico de valgo dinâmico, por encontrar esse padrão biomecânico com menor dissipação de energia e menor acomodação quando comparado à tarefa de descida de degrau.

A tarefa de *drop vertical jump* é a única tarefa realizada de maneira bipodálica, apesar de sua grande variabilidade na maneira de execução, nossos resultados concordam com que encontraram maiores valores angulares de valgo de joelho nessa tarefa em comparação com a tarefa *single leg step down*. Porém, nossos resultados e os resultados encontrados por EARL; MONTEIRO; SNYDER (2007), quando comparados

aos resultados encontrados por TAYLOR et al (2016) não apresentam uma concordância, demonstrando que tarefas de aterrissagem bipodálica apresentaram menores valores de valgo dinâmico de joelho quando comparadas as tarefas de aterrissagem unipodálica (TAYLOR et al, 2016).

Uma forte correlação entre a cinemática de tornozelo e pé e os valores de pressão dos pés foi encontrada quando observados para valores de marcha por GIACOMOZZI; LEARDINI; CARAVAGGI (2014), porém não foi evidenciado em nossos dados uma correlação entre as variáveis de pico de valgo dinâmico e pronação subtalar. No estudo atual quando avaliadas as tarefas funcionais no pico de valgo dinâmico, foi evidenciado que o momento do pico de valgo dinâmico do joelho não se correlaciona com a pronação subtalar, a pressão e a área total e do mediopé. Sendo assim o que se aplica para a marcha, não pode ser extrapolado para as tarefas funcionais realizadas, podendo afirmar que não há uma interação entre o comportamento de acomodação do pé e o pico de valgo dinâmico do joelho.

Os padrões observados durante a avaliação das tarefas é importante para avaliação clínica e escolha da tarefa a ser utilizada no processo de reabilitação. As diversas tarefas avaliadas têm diferentes graus de dificuldade e compensações, sendo assim as tarefas podem ser escolhidas e executadas conforme a necessidade e fase de tratamento, além é o objetivo do profissional quando realizada a tarefa.

A tarefa de aterrissagem unipodálica é a tarefa menos desafiadora quando observamos o pico de valgo dinâmico de joelho, porém apresenta menores acomodações das pressões plantares. A tarefa de descida de degrau pode ser considerada a tarefa que permite maiores acomodações, mesmo que com maiores valores de valgo dinâmico de joelho, sendo considerada uma tarefa desafiadora, porém com uma tendência a maior

distribuição e dissipação de energia para todo o membro inferior. Já a tarefa de *drop vertical jump*, também pode ser considerada uma das tarefas de maior exigência quanto ao pico de valgo dinâmico de joelho, sendo a única tarefa que apresenta uma tendência a supinação de tornozelo dentre as tarefas e é a tarefa que sofre menores acomodações de área e pressão plantar do pé no momento do pico de valgo dinâmico de joelho.

Embora a avaliação do valgo dinâmico seja mais evidente e tenha maior importância na reabilitação de disfunções da articulação do joelho, a pronação da articulação subtalar juntamente com as cargas plantares dos pés podem ser utilizados de maneira progressiva, referente à suas acomodações e necessidades de intervenção, seja para avaliação ou para treinamento funcional nos diferentes estágios da reabilitação de tornozelo e pé, quando apresentadas maiores ou menores níveis de acomodação.

Nosso trabalho é pioneiro na avaliação das cargas cinéticas plantares e o do comportamento cinemático de tornozelo e pé em diferentes tarefas funcionais mais utilizadas na prática clínica para a avaliação do valgo dinâmico.

Portanto melhorar o entendimento da cinemática de tornozelo e pé, assim como o comportamento das cargas plantares dos pés durante atividades funcionais em indivíduos assintomáticos pode auxiliar na tomada de decisão clínica para escolha da tarefa mais indicada durante a avaliação do valgo dinâmico, quando há interesse em observar as articulações do tornozelo e pé.

6 CONCLUSÃO

- As tarefas avaliadas não apresentam diferenças cinemáticas durante o pico de valgo dinâmico de joelho nas amplitudes de dorsiflexão do tornozelo, adução e abdução de retropé, pronação e supinação de retropé e da articulação subtalar em indivíduos sedentários clinicamente saudáveis de ambos os sexos.
- A área e a pressão plantar total do pé e do mediopé durante o pico de valgo dinâmico de joelho foi diferente entre as tarefas funcionais realizadas em indivíduos sedentários clinicamente saudáveis de ambos os sexos.

A tarefa de *drop vertical jump* é a tarefa com menores valores de pressão a área plantar do pé, gerando menores acomodações no pico de valgo dinâmico de joelho.

A tarefa de descida de degrau é a tarefa com maiores valores das pressões e áreas plantares do pé, gerando maiores acomodações no pico de valgo dinâmico de joelho.

- Não há uma interação entre o pico de valgo dinâmico de joelho, a pronação da articulação subtalar e as pressões e áreas plantares do pé em nenhuma das tarefas funcionais realizadas.
- Foram encontradas fortes e positivas interações entre valores da área e pressão total do pé com os valores de área e pressão do mediopé momento do pico de valgo dinâmico de joelho em todas as tarefas funcionais realizadas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAI T.; MIAKI H. Influence of static alignment of the knee, range of tibial rotation and tibial plateau geometry on the dynamic alignment of “knee-in” and tibial rotation during single limb drop landing. **Clinical Biomechanics**, **28**, 642–648, 2013.

BARWICK A.; SMITH J.; CHUTER V. The relationship between foot motion and lumbopelvic–hip function: A review of the literature. **The Foot** **22**, 224–231, 2012.

BONATO P. Wearable sensors/systems and their impact on biomedical engineering. **IEEE Eng. Med. Biol. Mag.** **22**, 18–20, 2003.

BRODY D. M. Techniques in the evaluation and treatment of the injured runner. **Orthopaedic Clinical North American** **13**:558, 1982.

CAPPOZZO A. et al. Human movement analysis using stereophotogrammetry Part 1: theoretical background. **Gait and Posture** **21**, 186–196, 2005.

CHUTER V. H.; JANSE DE JONGE X. A. K. Proximal and distal contributions to lower extremity injury: A review of the literature. **Gait and Posture** **36**, 7–15, 2012.

DINGENEN B. et al. The reliability and validity of the measurement of lateral trunk motion in two-dimensional video analysis during unipodal functional screening tests in elite female athletes. **Physical Therapy in Sport**, **15**, 117-123; 2014.

DONOHUE M. et al. Differences and correlations in knee and hip mechanics during single-leg landing, single-leg squat, double-leg landing, and double-leg squat tasks. **Research in Sports Medicine: An International Journal**; **23**, 394-411, 2015.

DOS REIS A. C. et al. Kinematic and Kinetic Analysis of the Single-Leg Triple Hop Test in Women With and Without Patellofemoral Pain. **Journal of Orthopaedic Sports Physical Therapy**, **45**, 10: 799-807; 2015.

DUVAL K. et al. The mechanical relationship between the rear foot, pelvis and low-back. **Gait & Posture** **32**, 637-640, 2010.

EARL J. E.; MONTEIRO S. K.; SNYDER K. R. Differences in lower extremity kinematics between a bilateral drop vertical jump and a single leg step down. **Journal of Orthopaedic Sports Physical Therapy**, **37**, 5: 245-52; 2007.

ESCAMILHA R. F. Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. 0195-9131/01/3301-0127, 2001.

FERRIGNO C. et al. A reduction in the knee adduction moment with medial thrust gait is associated with a medial shift in center of plantar pressure. **Medical Engineering and Physics** **000**, 1–7, 2016.

FORD K. R. et al. An evidence-based review of hip-focused neuromuscular exercise interventions to address dynamic lower extremity valgus. **Journal of Sports Medicine** **6**, 291–303, 2015.

GIACOMOZZI C.; LEARDINI A.; CARAVAGGI, P. Correlates between kinematics and baropodometric measurements for an integrated in-vivo assessment of the segmental foot function in gait. **Journal of Biomechanics**, May 2014.

GROD E.S.; SUNTAY W.J. A joint coordinate system for the clinical description of three-dimensional motions: application to the knee. **Journal Biomech Engineering**. 105 2: 136-44, 1983.

GROSS K. G. et al. Varus foot alignment and hip conditions in older adults. **Arthritis Rheum** 6:2933–8, 2007.

GURNEY B. Leg length discrepancy. **Gait and Posture** 15:195–206, 2002.

HERRINGTON L. Knee valgus angle during single leg squat and landing in patellofemoral pain patients and controls. **Knee**. 21, 514–517, 2014.

HEWETT T. E. et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in females athletes: a prospective study. **The American Journal of Sport Medicine** 33, 492-501, 2005.

HEWETT T. E.; MYER G. D. The mechanistic connection between the trunk, hip, knee, and anterior cruciate ligament injury. **Exercise and Sport Sciences Reviews**; 39, 4: 161-6; 2011.

HINKLE D.; JURIS S.; WIESMA W. Applied Statistics for the Behavioral Sciences. 2nd ed. Boston: Houghton Mifflin, 1988.

HOLE M. The Relationship of Previous Knee Injuries and Medial Knee Collapse During Squat and Jump Tasks in Division I Collegiate Female Athletes. **Research Papers, Paper 372**, 2013.

HOLLMAN J. et al. Frontal and transverse plane hip kinematics and gluteus maximus recruitment correlate with frontal plane knee kinematics during single-leg squat tests in women. **Clinical Biomechanics** 29; 468-474; 2014.

HUGHES G.; WALKINS J.; OWEN N. Gender differences in lower limb frontal plane kinematics during landing. **Sports Biomechanics** 10 September 2014, 09:44

KHAMIS S.; YIZHAR Z. Effect of feet hyperpronation on pelvic alignment in a standing position. **Gait & Posture** 25, 127–134, 2007.

KRISTIANSUND E., KROSSHAUG T. Comparison of drop jumps and sport-specific sidestep cutting: implications for anterior cruciate ligament injury risk screening. **The American Journal of Sports Medicine**; vol.41; 2013.

LEARDINI et al. Rear-foot, mid-foot and fore-foot motion during the stance phase of gait. **Gait & Posture** 25, 453–462, 2007.

LEE S. P.; POWERS C. Fatigue of the hip abductors results in increased medial–lateral Center of pressure excursion and altered peroneus longus activation during a unipedal landing task. **Clinical Biomechanics** 28, 524–529, 2013.

LEWIS C. L. et al Differences in Lower Extremity and Trunk Kinematics between Single Leg Squat and Step Down Tasks. **PLoS ONE. 10: 1371; 2015.**

MATSUDO S. et al. Questionário internacional de atividade física (IPAQ): estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil International physical activity questionnaire (IPAQ): study of validity and reability in Brazil. **Revista Brasileira Ciência e Movimento. 06, 2, 05-18, 2001.**

MATSUDO S. et al. Nível de atividade física da população do Estado de São Paulo: análise de acordo com o gênero, idade, nível socioeconômico, distribuição geográfica e de conhecimento / Physical activity level of São Paulo State population: an analysis based on gender, age, socioeconomic status, demographics and knowledge. **Revista Brasileira Ciência e Movimento, 10, 4, 41-50, 2002.**

MOKHTARZADEH H. et al. Contributions of the Soleus and Gastrocnemius muscles to the anterior cruciate ligament loading during single-leg landing. **Journal of Biomechanics. 46, 1913–1920, 2013.**

MUNRO A.; HERRINGTON L. The effect of videotape augmented feedback on drop jump landing strategy: Implications for anterior cruciate ligament and patellofemoral joint injury prevention. **The Knee, 2014.**

MURPHY D. F.; CONNOLLY D. A. J.; BEYNNON B. D. Risk factors for lower extremity injury: A review of the literature. **Br. Journal Sports Medicine 37, 13-29, 2003.**

NAKAGAWA T. H. et al. Trunk, Pelvis, Hip, and Knee Kinematics, Hip Strength, and Gluteal Muscle Activation During a Single-Leg Squat in Males and Females With and Without Patellofemoral Pain Syndrome. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy; 42, 491-501; 2012.**

NESTER C. The relationship between transverse plane leg rotation and transverse plane motion at the knee and hip during normal walking. **Gait Posture 12, 251–256, 2000.**

PANTANO K. J. et al. Differences in peak knee valgus angles between individuals with high and low Q-angles during a single limb squat. **Clinical Biomechanics 20. 9; 966–972, 2005.**

PETERSEN W. et al. Patellofemoral pain syndrome. **Knee Surg Sports Traumatology Arthroscopy 22:2264–2274, 2014.**

PINTO R. Z. A. et al. Bilateral and unilateral increases in calcaneal eversion affect pelvic alignment in standing position. **Manual Therapy 13, 513–519. 2008.**

PORTINARO N. et al. Modifying the Rizzoli foot model to improve the diagnosis of pes-planus: application to kinematics of feet in teenagers. **Journal of Foot and Ankle Research 7:57, 2014.**

POWERS C. M. The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. **Journal Orthopaedic Sports Physical Therapy 33; 639-646; 2003.**

- POWERS C. M. The Influence of Abnormal Hip Mechanics on Knee Injury: A Biomechanical Perspective. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy** **40**, 2. 2010.
- RAZAK A. H. A. et al. Foot Plantar Pressure Measurement System: A Review. **Sensors** **12**, 9884-9912, 2012.
- REISCHL S. F. et al. Relationship between foot pronation and rotation of the tibia and femur during walking. **Foot and Ankle** **20**, 513–520, 1999.
- RESENDE R. A. et al. Increased unilateral foot pronation affects lower limbs and pelvic biomechanics during walking. **Gait & Posture** **41**, 395–401, 2015.
- ROCKAR Jr. P. A. The subtalar joint: anatomy and joint motion. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy** **21** (6), 361–72. 1995.
- RODGERS M. Dynamic biomechanics of the normal foot and ankle during walking and running. **Physical Therapy** **68**, 1822–1830, 1988.
- SCHACHT E. S. Effect of Ankle Dorsiflexion Range of Motion on Knee Biomechanics: Implications for Patellofemoral Pain Syndrome. **The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, 2014.
- SCHMITZ R. J. et al. Kinematic analysis of functional lower body perturbations. **Clinical Biomechanics** **19**, 1032–1039, 2004.
- SILVA R. S.; MACIEL C. D.; SERRÃO F. V. The effects of forefoot varus on hip and knee kinematics during single-leg squat. **Manual Therapy** **1-5**, 2015.
- SOUZA T. R. et al. Temporal couplings between rearfoot–shank complex and hip joint during walking. **Clinical Biomechanics** **25**, 745–748, 2010.
- TAKEDA K. T. et al. Kinematic motion of the anterior cruciate ligament deficient knee during functionally high and low demanding tasks. **Journal of Biomechanics** Vol. **47**: pages 2526–2530; 2014.
- TATEUCHI et al. Effects of calcaneal eversion on three-dimensional kinematics of the hip, pelvis and thorax in unilateral weight bearing. **Human Movement Science** **30**, 566–573, 2011.
- TAYLOR J. B. et al. Biomechanical Comparison of Single- and Double-Leg Jump Landings in the Sagittal and Frontal Plane. **Orthopaedic Journal Sports Medicine** Vol. **4**; 2016.
- TIBÉRIO D. The Effect of Excessive Subtalar Joint Pronation on Patellofemoral Mechanics: A Theoretical Model. **The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy** Vol **9**, Num **4**, 1987.
- UTTURKAR G. M. et al. The Effects of a Valgus Collapse Knee Position on In Vivo ACL Elongation. **Ann Biomedical Eng.** **41**(1): 123–130. Jan 2013.

WILLSON J.; DAVIS I. Lower extremity mechanics of females with and without patellofemoral pain across activities with progressively greater task demands. **Clinical Biomechanics** Vol. 23: pages 203–211; 2008.

WU G. et al. ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion—part I: ankle, hip, and spine. **Journal of Biomechanics** 35: 543–548, 2002.

APÊNDICE I: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/2012)

Eu,.....RG.....

Data de nascimento:/...../.....

Endereço:.....

Bairro:.....Cep:.....

Cidade:.....Tel.:..... Data:

O senhor(a) está sendo convidado para participar da pesquisa intitulada: “Análise cinética, cinemática e baropodometrica de pé, tornozelo e joelho durante diferentes tarefas funcionais para avaliação do valgo dinâmico.”, coordenado e desenvolvido pela Profª. Drª. Débora Bevilaqua Grossi sendo conduzida pelo aluno/pesquisador responsável.

No caso de dúvidas pertinentes a essa pesquisa contatar:

Pesquisador Responsável Diego José Argenton Telarolli, pelo telefone para contato: (16) 99710-7538, e-mail: diegotelarolli@usp.com.br

Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (16) 3602-2228 para dúvidas éticas.

A análise da postura e do alinhamento corporal são muito importantes pois nos fornecem informações na avaliação de uma doença ou na evolução de um tratamento,

melhorando assim a função e possibilitando o retorno as atividades esportivas e do dia a dia. O objetivo deste trabalho é analisar e comparar em as compensações do tornozelo e do joelho por atividade da musculatura que estabiliza o tornozelo e a pressão plantar do pé em diferentes atividades que são usadas na clínica para avaliação do movimento do joelho, vinculado ao Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor da FMRP-USP.

Espera-se, com este estudo, avançar no conhecimento no assunto, estabelecendo novas possibilidades de tratamento para patologias relacionadas à articulação do joelho. Com esse intuito, o participante da pesquisa será esclarecido(a) antes e durante o desenvolvimento da pesquisa, com informação prévia sobre a intervenção, tendo plena liberdade de se recusar a participar ou retirar-se da mesma, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma.

Caso concorde em participar da pesquisa serão realizados os seguintes procedimentos em 1 único dia de teste: Onde irá realizar uma entrevista inicial; Após serão realizadas cinco atividades (descer uma escada com 3 degraus; agachar somente com uma perna; saltar de um degrau e cair com uma perna somente; ficar em pé sobre um degrau com a perna dominante e tocar o chão com a outra perna; pular de um degrau com as duas pernas e logo após a aterrissagem pular o mais alto que conseguir, aterrissando novamente com as duas pernas). O tempo total da sessão de teste é de cerca de 60 minutos. As sessões são feitas de forma individual, em sala com iluminação e climatização adequadas.

Este estudo tem como benefício oferecer ao participante da pesquisa um maior conhecimento sobre avaliações biomecânicas do membro inferior feitas pela fisioterapia, podendo detectar desequilíbrios musculares e desalinhamentos corporais

que geram patologias na articulação do joelho, além de contribuir para o avanço do conhecimento nesta área e das terapias de tratamento.

Os testes realizados podem causar dores musculares passageiras por conta do esforço físico após a atividade. Então, o pesquisador responsável se compromete a orientar e a esclarecer as dúvidas e questionamentos para melhoria deste sintoma, cuja recuperação é espontânea e não requer medicamento ou busca do serviço de saúde. Além disso, em caso de infortuna lesão, os pesquisadores se responsabilizarão por oferecer o tratamento adequado ao indivíduo pelo tempo necessário à recuperação da lesão.

O pesquisador compromete-se a garantir o sigilo e a privacidade quanto aos seus dados pessoais e coletados e de exames, assegurando-lhe absoluto sigilo e privacidade durante todas as fases da pesquisa e após a realização da mesma. O participante da pesquisa tem direito à indenização e suporte em caso de danos decorrentes da pesquisa segundo as leis vigentes no país, caso se faça necessário. Caso necessite será concedido ressarcimento de despesas com o seu deslocamento até o local da pesquisa.

DECLARO, na condição de participante dessa pesquisa, que fui devidamente esclarecido pelos pesquisadores e após ter entendido, consinto voluntariamente em participar desta pesquisa.

Você está recebendo uma via deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinada pelos pesquisadores.

Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (16) 3602-2228 para dúvidas éticas

Prof^aDr^a Débora Bevilaqua Grossi, Coordenadora da Pesquisa. Curso de Fisioterapia - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - FMRP: (16) 3315-4413 - deborabg@fmrp.usp.br

Pesquisador responsável, Diego José Argenton Telarolli, pelo telefone para contato: (16) 3315-0737 (16) 99710-7538, e-mail: diegotelarolli@usp.com.br

Nome do Participante: _____ Assinatura: _____

Data: _____

Nome do Pesquisador: _____ Assinatura: _____

Data: _____

ANEXO I: QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA (IPAQ) – VERSÃO BRASILEIRA CURTA

1.

QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA

– FORMA CURTA –

Nome: _____
 Data: ____/____/____ Idade : ____ Sexo: F () M ()
 Você trabalha de forma remunerada: () Sim () Não
 Quantas horas você trabalha por dia: _____
 Quantos anos completos você estudou: _____
 De forma geral sua saúde está:
 () Excelente () Muito boa () Boa () Regular () Ruim

Para responder as questões lembre que:

- atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar **MUITO** mais forte que o normal
- atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar **UM POUCO** mais forte que o normal

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza **por pelo menos 10 minutos contínuos** de cada vez:

1a. Em quantos dias de uma semana normal, você realiza atividades **VIGOROSAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que faça você suar **BASTANTE** ou aumentem **MUITO** sua respiração ou batimentos do coração.

dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

1b. Nos dias em que você faz essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gasta fazendo essas atividades por dia?
 horas: _____ Minutos: _____

2a. Em quantos dias de uma semana normal, você realiza atividades **MODERADAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que faça você suar leve ou aumentem **moderadamente** sua respiração ou batimentos do coração (**POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA**)

dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

2b. Nos dias em que você faz essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gasta fazendo essas atividades por dia?

horas: _____ Minutos: _____

3a. Em quantos dias de uma semana normal você caminha por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

3b. Nos dias em que você caminha por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gasta caminhando por dia?

horas: _____ Minutos: _____

4a. Estas últimas perguntas são em relação ao tempo que você gasta sentado ao todo no trabalho, em casa, na escola ou faculdade e durante o tempo livre. Isto inclui o tempo que você gasta sentado no escritório ou estudando, fazendo lição de casa, visitando amigos, lendo e sentado ou deitado assistindo televisão.

Quanto tempo por dia você fica sentado em um dia da semana?

horas: _____ Minutos: _____

4b. Quanto tempo por dia você fica sentado no final de semana?

horas: _____ Minutos: _____