

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA

**ASSOCIAÇÃO ENTRE A ESPESSURA DE MÚSCULOS LATERAIS DO
ABDÔMEN, RESISTÊNCIA MUSCULAR E O VALGO DINÂMICO DO
JOELHO DURANTE O AGACHAMENTO UNIPODAL: DIFERENÇA ENTRE
OS SEXOS**

Henrique Flores Bayer

Porto Alegre

2020

Henrique Flores Bayer

**ASSOCIAÇÃO ENTRE A ESPESSURA DE MÚSCULOS LATERAIS DO
ABDÔMEN, RESISTÊNCIA MUSCULAR E O VALGO DINÂMICO DO
JOELHO DURANTE O AGACHAMENTO UNIPODAL: DIFERENÇA ENTRE
OS SEXOS**

Monografia apresentada à Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Jean Marcel Geremia.

Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Rodrigues.

Porto Alegre

2020

Henrique Flores Bayer

**ASSOCIAÇÃO ENTRE A ESPESSURA DE MÚSCULOS LATERAIS DO
ABDÔMEN, RESISTÊNCIA MUSCULAR E O VALGO DINÂMICO DO
JOELHO DURANTE O AGACHAMENTO UNIPODAL: DIFERENÇA ENTRE
OS SEXOS**

Conceito final:

Porto Alegre, ____ de _____ de 2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. _____ - UFRGS

Orientador - Prof. Dr. Jeam Marcel Geremia – UFRGS

RESUMO

O excessivo valgo dinâmico do joelho parece apresentar relação com várias lesões no membro inferior. Alterações no complexo tronco-pelve-quadril têm sido apontadas como um dos mecanismos proximais relacionados ao excessivo valgo dinâmico do joelho. Uma das alterações mecânicas observadas é o aumento na inclinação lateral do tronco durante atividades unilaterais. Alterações nos músculos laterais do tronco, em especial o oblíquo externo, o oblíquo interno e transverso do abdome, podem levar a uma redução do controle do tronco durante atividades funcionais. No entanto, a relação entre parâmetros morfológicos e funcionais dos músculos laterais do abdômen e a presença de valgo dinâmico em homens e mulheres não estão claros. O objetivo do estudo foi verificar a associação entre a espessura e resistência dos músculos laterais do abdômen com o valgo dinâmico do joelho durante a realização do agachamento unipodal em homens e mulheres saudáveis. Quarenta e seis participantes (n = 27 homens; n = 19 mulheres) foram submetidos à seguintes avaliações: (i) espessura de músculos laterais do abdômen (ΣEM_{FLT}) [oblíquo externo + oblíquo interno + transverso do abdome]; (ii) ângulo de projeção no plano frontal (APPF) do joelho durante o agachamento unipodal e (iii) resistência dos flexores laterais durante o teste de prancha lateral. Não observamos associação significativa do APPF do joelho com a ΣEM_{FLT} (homens: $r=0.120$, $p=0.954$; mulheres: $r=0.223$, $p=0.358$) e com o tempo de prancha lateral (homens: $r=0.087$, $p=0.667$; mulheres: $r=0.319$, $p=0.184$). Também não observamos associação entre a ΣEM_{FLT} e o tempo de prancha lateral em homens ($r=-0.285$; $p=0.149$), porém observamos associação moderada, positiva e significativa em mulheres ($r=0.530$; $p=0.020$). Ainda, foi realizada uma correlação parcial usando o IMC como variável controle nas medidas envolvendo a ΣEM_{FLT} , onde foi encontrado o mesmo comportamento. Portanto, tais resultados, podem indicar que a prescrição de exercício pode ser diferente entre homens e mulheres visando uma melhora (i.e. diminuição) do valgo dinâmico a partir do fortalecimento dos músculos laterais do abdômen e, conseqüentemente, diminuindo o risco de lesões em membros inferiores.

Palavras-chave: espessura muscular; tronco; APPF; resistência muscular; core; agachamento unipodal;

ABSTRACT

Excessive dynamic knee valgus and its implications for different lower limb injuries are already widely found in the literature. Its association with the thickness and resistance of the lateral abdomen muscles and how it can influence the presence of dynamic valgus in men and women still needs further studies. The objective of the study was to verify the association between the thickness and neuromuscular resistance of the lateral abdomen muscles with the dynamic valgus of the knee during the performance of single leg squat in healthy men and women, in addition to verifying whether the thickness of the lateral abdomen flexors is associated with lateral plank test for both sexes. Forty-six participants (n = 27 men; n = 19 women) underwent the following assessments: (i) thickness of the lateral flexor muscles of the abdomen (ΣEM_{FLT}) [external oblique + internal oblique + transverse abdomen]; (ii) angle of projection in the frontal plane (FPPA) of the knee during the single leg squat and (iii) resistance of the lateral abdomen flexors during the lateral plank test. We did not observe a significant association between the FPPA of the knee and the ΣEM_{FLT} (men: $r = 0.120$, $p = 0.954$; women: $r = 0.223$, $p = 0.358$) and with the time on the side plank (men: $r = 0.087$, $p = 0.667$; women: $r = 0.319$, $p = 0.184$). We did not observe a significant association between the APPF of the knee and the ΣEM_{FLT} (men: $r = 0.120$, $p = 0.954$; women: $r = 0.223$, $p = 0.358$) and with the time on the side plank (men: $r = 0.087$, $p = 0.667$; women: $r = 0.319$, $p = 0.184$). We also did not observe an association between ΣEM_{FLT} and side plank time in men ($r = -0.285$; $p = 0.149$), but we observed a moderate, positive and significant association in women ($r = 0.530$; $p = 0.020$). In addition, a partial correlation was performed using the BMI as a control variable in the measurements involving the ΣEM_{FLT} , where the same behavior was found. With the results found, we can think of different training prescriptions for men and women, aiming at an improvement of the dynamic valgus from the strengthening of the lateral abdominal muscles and, consequently, decreasing the risk of injuries in the lower limbs.

Keywords: muscle thickness; trunk; core; knee FPPA; neuromuscular resistance;

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – APRESENTAÇÃO E INTRODUÇÃO	6
1.1 APRESENTAÇÃO	6
1.2 INTRODUÇÃO	7
CAPÍTULO 2 – ARTIGO ORIGINAL FORMATADO PARA SUBMISSÃO NA REVISTA <i>PHYSICAL THERAPY IN SPORT</i>	9
INTRODUÇÃO	11
MATERIAIS E MÉTODOS	12
Participantes	12
Desenho do estudo	13
Avaliação antropométrica e nível de atividade física	13
Avaliação da espessura dos músculos abdominais laterais	13
Ângulo de projeção no plano frontal do joelho durante agachamento unipodal	14
Resistência dos flexores laterais de tronco durante o teste de prancha lateral	15
Análise Estatística	15
RESULTADOS	16
DISCUSSÃO	18
CONCLUSÃO	21
CAPÍTULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
REFERÊNCIAS	23

CAPÍTULO 1 – APRESENTAÇÃO E INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

As atividades diárias e esportivas costumam exigir grande estabilidade, principalmente dos músculos do centro do corpo, o “core”. Esta estabilidade central auxilia na otimização de movimentos realizados pelas estruturas distais do corpo e alterações no complexo do core estão relacionadas ao excessivo valgo dinâmico do joelho, e este apresenta relação com diferentes lesões nos membros inferiores e na coluna lombar.

Os músculos laterais do tronco, especificamente o oblíquo externo (OE) e oblíquo interno (OI), e transverso do abdome (TrA), quando apresentam alterações, podem levar a uma menor estabilidade corporal durante a realização de atividades funcionais. Os níveis de força e resistência destes músculos podem influenciar no alinhamento dos membros inferiores. Além disso, déficits em parâmetros neurais (e.g. capacidade de ativação muscular) e morfológicos (e.g. quantidade de tecido contrátil do músculo esquelético) podem justificar esta relação, visto que tais parâmetros são importantes para a produção de força e resistência muscular. No entanto, poucos estudos buscaram relacionar estes parâmetros, principalmente os morfológicos, de componentes do core com o valgo dinâmico do joelho.

Outro ponto de grande interesse está nas diferenças observadas em parâmetros musculares entre os sexos. Mulheres parecem ter maior desalinhamento de membros inferiores, menor espessura dos músculos do core, menor força e resistência dos flexores laterais do tronco quando comparadas aos homens. No entanto, pouco se sabe sobre a relação entre a estabilidade dinâmica, resistência e estrutura dos músculos do tronco em homens e mulheres. A presente monografia apresenta uma introdução, juntamente com uma revisão da literatura, sobre a relação entre a espessura e resistência dos músculos flexores laterais do tronco, com foco no OE, OI e TrA, e o valgo dinâmico do joelho e um estudo experimental de associação sobre como estas variáveis se relacionam entre os sexos. O estudo experimental seguiu a formatação da revista *Physical Therapy in Sport* <disponível em: <https://www.elsevier.com/journals/physical-therapy-in-sport/1466-853x/guide-for-authors?aaref=>>>.

1.2 INTRODUÇÃO

O movimento humano envolve um sistema complexo, composto de diferentes atividades neuromusculares acontecendo de maneira simultânea, tanto para a manutenção da postura estática, da estabilidade dinâmica e do movimento voluntário (1). O movimento humano requer grande estabilidade do corpo, tanto para as práticas de vida diária quanto para atividades esportivas (1). Quando exposto à altas demandas, o corpo pode apresentar deficiências na estabilidade, podendo alterar a mecânica de movimento, o que pode aumentar o risco de lesões nos membros superiores (2) e inferiores (3, 4).

O complexo tronco-pelve-quadril, também conhecido como “core”, apresenta grande papel na estabilização do corpo (3, 5). O core é composto por 29 pares de músculos que auxiliam na estabilização da coluna, pelve e na otimização de movimento realizados pelas extremidades do corpo (6). Neste sentido, alterações no core têm sido relacionadas com o excessivo valgo dinâmico do joelho (7), sendo esta alteração comumente associada com a perda da estabilidade dinâmica encontrada em diferentes lesões de membros inferiores (7-12). Além disso, o valgo dinâmico do joelho também parece ser influenciado por fatores como o nível de atividade física (13), índice de massa corporal (14) e sexo (15).

A estabilidade corporal promovida pelo core, durante a realização de diferentes atividades, depende de parâmetros relacionados à força, resistência, flexibilidade e controle motor (1, 16). Assim, déficits nestes parâmetros podem aumentar a exposição do indivíduo à sobrecargas na coluna e membros (17). Déficits no controle neuromuscular dos músculos oblíquo externo (OE), oblíquo interno (OI) e transverso do abdome (TrA), componentes do core, podem levar a um movimento menos controlado do tronco durante atividades funcionais (18). Além disso, alguns estudos encontraram associação entre os níveis de força dos músculos OE, OI e TrA com o alinhamento de membros inferiores e valgo dinâmico do joelho (19-21). Déficits em componentes morfológicos e/ou neurais podem justificar essa relação, visto que são componentes chave para a produção de força (22). Embora a importância dos componentes neurais dos músculos flexores laterais do tronco já foi abordada em alguns estudos (23-25), a influência de parâmetros morfológicos dos músculos OE, OI e TrA no valgo dinâmico do joelho não foi estabelecida na literatura.

Compreender os parâmetros relacionados ao valgo dinâmico excessivo de joelho é de grande interesse e um dos pontos relevantes é entender a diferença entre os sexos e isso pode afetar o valgo dinâmico, tanto em componentes morfológicos, mecânicos e

neurais. Mulheres parecem ter maior desalinhamento de membros inferiores (26), menor espessura dos músculos do core (27), menor força (21) e resistência (28) dos flexores laterais do abdômen quando comparadas aos homens. Sendo a que resistência parece não ter relação com a espessura muscular em ambos os sexos (29, 30).

Embora os parâmetros de força dos flexores laterais do tronco seja relacionado com o valgo dinâmico (21, 24, 31), pouco é encontrado na literatura sobre a forma com que estes parâmetros se correlacionam em homens e mulheres. A resistência neuromuscular do tronco parece estar relacionada com o valgo dinâmico somente em mulheres (7). No entanto, pouco se sabe sobre a relação destes músculos e seu papel em homens e mulheres, o que poderia resultar em estratégias diferentes entre os sexos quando o objetivo do programa de treinamento for as musculaturas do core ou a correção do excessivo valgo dinâmico do joelho.

Assim, o objetivo do presente estudo foi verificar a associação entre a espessura, resistência neuromuscular dos flexores laterais do tronco e o alinhamento dos membros inferiores durante o agachamento unipodal em homens e mulheres saudáveis, buscando verificar se estas variáveis se associam de forma diferentes entre os sexos. Além disso, buscamos verificar se a espessura dos músculos laterais do abdômen se associa com o tempo de prancha lateral em ambos os sexos.

**CAPÍTULO 2 – ARTIGO ORIGINAL FORMATADO PARA SUBMISSÃO NA
REVISTA *PHYSICAL THERAPY IN SPORT***

**ASSOCIAÇÃO ENTRE A ESPESSURA DE MÚSCULOS LATERAIS DO
ABDOMEN, RESISTÊNCIA MUSCULAR E O ÂNGULO DE PROJEÇÃO NO
PLANO FRONTAL DO JOELHO DURANTE O AGACHAMENTO UNIPODAL:
DIFERENÇAS ENTRE SEXOS**

RESUMO

Objetivos: Verificar a associação entre a espessura e resistência muscular dos músculos laterais do abdômen com o valgo dinâmico do joelho durante a realização do agachamento unipodal em homens e mulheres saudáveis e verificar se a espessura dos músculos laterais do abdômen se associa com o tempo de prancha lateral em ambos os sexos. **Desenho do Estudo:** Estudo transversal de correlação. **Participantes:** 46 avaliados (27 H e 19 M). **Principais desfechos avaliados:** (1) Espessura de músculos laterais do abdômen (ΣEM_{FLT}) [oblíquo externo + oblíquo interno + transverso do abdome]; (2) Ângulo de projeção no plano frontal (APPF) do joelho durante agachamento unipodal; (3) Resistência dos músculos laterais do abdômen no teste de prancha lateral. **Resultados:** Não observamos associação significativa do APPF do joelho com a ΣEM_{FLT} (homens: $r=0.120$, $p=0.954$; mulheres: $r=0.223$, $p=0.358$) e com o tempo de prancha lateral (homens: $r=0.087$, $p=0.667$; mulheres: $r=0.319$, $p=0.184$). Também não observamos associação entre a ΣEM_{FLT} e o tempo de prancha lateral em homens ($r=-0.285$; $p=0.149$), porém observamos associação moderada, positiva e significativa em mulheres ($r=0.530$; $p=0.020$). Ainda, foi realizada uma correlação parcial usando o IMC como variável controle nas medidas envolvendo a ΣEM_{FLT} , onde foi encontrado o mesmo comportamento. **Conclusão:** Podemos pensar em diferentes prescrições de treinamento para homens e mulheres, visando uma melhora, diminuição, do valgo dinâmico a partir do fortalecimento dos músculos laterais do abdômen, core e, conseqüentemente, diminuindo o risco de lesões em membros inferiores.

Palavras-chave: espessura muscular; tronco; APPF; resistência muscular; core; agachamento unipodal;

ASSOCIATION BETWEEN LATERAL TRUNK FLEXORS MUSCLE THICKNESS, TRUNK ENDURANCE AND KNEE FRONTAL PLANE PROJECTION ANGLE DURING SINGLE LEG-SQUAT: A COMPARISON BETWEEN SEXES

Objectives: To verify the association between the muscular thickness and resistance of the lateral abdomen muscles with the knee dynamic valgus during the performance of the single leg squat in healthy men and women and to verify if the thickness of the lateral abdominal muscles is associated with the lateral plank time in both sexes. **Design:** Cross-sectional correlation study. **Participants:** 46 subjects (27 man and 19 women). **Main outcome measures:** Thickness of the lateral abdominal muscles (ΣEM_{FLT}) [external oblique + internal oblique + transverse abdomen]; (2) Angle of projection in the frontal plane (APPF) of the knee during single leg squatting; (3) Resistance of the lateral abdominal muscles in the side plank test. **Results:** We did not observe a significant association between the knee FPPA and the ΣEM_{FLT} (men: $r = 0.120$, $p = 0.954$; women: $r = 0.223$, $p = 0.358$) and with the time on the side plank (men: $r = 0.087$, $p = 0.667$; women: $r = 0.319$, $p = 0.184$). We did not observe an association between ΣEM_{FLT} and side plank time in men ($r = -0.285$; $p = 0.149$), but we observed a moderate, positive and significant association in women ($r = 0.530$; $p = 0.020$). In addition, a partial correlation was performed using the BMI as a control variable in the measurements involving the ΣEM_{FLT} , where the same behavior was found. **Conclusion:** We can think of different training prescriptions for men and women, aiming at an improvement, decrease, of the dynamic valgus from the strengthening of the lateral muscles of the abdomen, core and, consequently, decreasing the risk of injuries in the lower limbs.

Key-words: muscle thickness; trunk; core; knee FPPA; neuromuscular resistance;

INTRODUÇÃO

O core é uma estrutura composta por 29 pares de músculos localizados no complexo tronco-pelve-quadril, os quais auxiliam na estabilização da coluna vertebral e pélvis, bem como atuam na otimização de movimentos funcionais realizados pelas estruturas distais (6). Esta estabilização durante diversas atividades depende de parâmetros de força, resistência, flexibilidade e controle motor (16). Quando um desses componentes apresenta algum déficit, aumenta-se a exposição do indivíduo a sobrecargas na coluna e nos membros (17).

Neste sentido, as mudanças no complexo tronco-pelve-quadril têm sido apontadas como um dos mecanismos proximais relacionados ao excessivo valgo dinâmico do joelho (7), alteração comumente relacionada à perda de estabilidade dinâmica e encontrada em diversas lesões de membro inferior, como dor patelofemoral (7, 8), ruptura de ligamento cruzado anterior (9), dor lombar crônica (10, 11) e entorses de tornozelo (12). Uma das alterações mecânicas observadas é o aumento na inclinação lateral do tronco durante atividades unilaterais, que se mostrou positivamente associada com o valgo dinâmico do joelho (32). Embora a estrutura do core seja composta por diferentes músculos, alterações nos músculos laterais do tronco, em especial oblíquo externo (OE), oblíquo interno (OI) e transverso do abdômen (TrA), podem levar a uma redução do controle do tronco durante atividades funcionais (18).

Assim, diversos estudos têm observado que os níveis de força e resistência destes músculos parecem influenciar no grau de alinhamento dos membros inferiores (19-21). Diante disto, déficits de componentes neurais e/ou morfológicos destes músculos podem justificar esta relação, visto que são componentes chave para a produção de força (22). A importância dos componentes neurais dos flexores laterais já vem sendo discutida (23-25), visto que a ativação prévia dos músculos estabilizadores é chave na mobilidade distal e funcional dos membros. No entanto, os aspectos morfológicos destes músculos e seu impacto sobre a estabilidade dinâmica ainda são pouco estudados, em que observamos não haver esta associação em uma amostra composta por homens e mulheres saudáveis (33) e em mulheres com dor patelofemoral (34)

Existe um crescente interesse em compreender os parâmetros relacionado ao excessivo valgo dinâmico do joelho, devido a estar altamente relacionada a lesões em membros inferiores (7, 35). Um dos pontos relevantes é a diferença entre os sexos em diversos parâmetros mecânicos e neuromusculares. Neste sentido, foi observado que mulheres parecem apresentar maior desalinhamento de membros inferiores (26), menor

força dos flexores laterais do tronco (21) e menor espessura dos músculos do core (27) e menor resistência dos músculos flexores laterais (28) comparado aos homens. Ainda, essa maior resistência dos músculos flexores laterais do tronco em homens, não parece ter relação com a espessura dos músculos do centro do corpo (29, 30) em ambos os sexos. No entanto, embora parâmetros de força dos flexores laterais do tronco pareçam relacionados com o valgo dinâmico do joelho (21, 24, 36), a literatura é escassa quanto a forma com que estes parâmetros se relacionam em homens e mulheres(33). Ainda, até o presente momento, a resistência neuromuscular do tronco parece estar relacionada com o valgo dinâmico somente em mulheres (7), e pouco se sabe se a estrutura desses músculos apresenta papel semelhante em homens e mulheres, podendo resultar em estratégias diferentes entre os sexos quando o foco dos programas de treinamento for a musculatura do core.

Diante disso, o objetivo do presente estudo é verificar se existe associação entre a espessura, resistência neuromuscular dos flexores laterais de tronco e o alinhamento dos membros inferiores durante a realização do agachamento unipodal em homens e mulheres saudáveis, buscando verificar se estas variáveis se associam de forma diferente entre os sexos. Um segundo objetivo é verificar se a espessura dos músculos laterais do abdômen se associa com o tempo de prancha lateral em ambos os sexos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Participantes

O presente estudo foi realizado utilizando um desenho transversal que buscou verificar associação entre a espessura dos músculos laterais do abdômen (somatório das espessuras dos músculos OE, OI e TrA), tempo em prancha lateral até a exaustão e o alinhamento do membro inferior durante a realização do agachamento unipodal em homens e mulheres saudáveis. Para isso, foram avaliados 46 participantes (n = 27 homens; n = 19 mulheres), recrutados por conveniência, que não apresentavam limitações físicas ou histórico positivo de lesões no tronco e nos membros inferiores nos últimos seis meses. Todos os participantes responderam um questionário inicial e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, previamente aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da universidade (número: 3.446.338).

Desenho do estudo

Todos os protocolos foram realizados em um único dia. O procedimento de avaliação foi composto por: (i) anamnese e avaliação do nível de atividade física por meio do Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ); (ii) avaliação antropométrica; (iii) medidas de espessura dos músculos laterais do abdômen; (iv) mensuração do ângulo de projeção no plano frontal do joelho durante o agachamento unipodal e (v) resistência dos flexores laterais de tronco durante o teste de prancha lateral.

Avaliação antropométrica e nível de atividade física

A massa corporal foi mensurada por meio de uma balança (Welmy; modelo 110H) e a estatura foi avaliada por meio de um estadiômetro (Altuxata). As medidas de massa corporal e estatura foram utilizadas para o cálculo do índice de massa corporal [IMC = massa corporal (kg)/estatura (m)²]. O nível de atividade física habitual foi mensurado por meio do Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ versão curta) (37).

Avaliação da espessura dos músculos abdominais laterais

Para mensuração da espessura muscular foi utilizado um dispositivo portátil de ultrassom B-mode (Infinity 5 V, sonda array, 7,5MHz, 53mm). Os indivíduos foram posicionados de forma supina em uma maca e foram orientados a permanecerem totalmente relaxados durante todo o processo de avaliação da espessura muscular. A sonda foi posicionada em um ângulo de 60° em relação a linha vertical, partindo da borda anterossuperior da espinha ilíaca até a altura do umbigo, aproximadamente no mesmo ângulo de orientação das fibras do oblíquo externo (38). A sonda do ultrassom foi coberta com gel de transmissão solúvel em água e foram obtidas três imagens de cada músculo. As espessuras dos músculos, do lado dominante [determinado pelo membro escolhido para chutar uma bola (34)], foram obtidas por um único avaliador com experiência em avaliações de ultrasonografia, medindo a distância entre as aponeuroses profundas e superficiais, por meio de cinco pontos em toda a extensão visível do músculo, utilizando o software Kinovea (*Kinovea Organization, France*). O valor médio obtido pelas três imagens de cada um dos músculos foi o utilizado para as análises, essas medidas se mostraram com alto grau de reprodutibilidade (33) (Figura 1). O somatório da espessura de cada um dos músculos (ΣEM_{FLT}) foi utilizado como representativo dos músculos

laterais do abdômen, similar a estudos prévios com outros grupos musculares (39, 40).

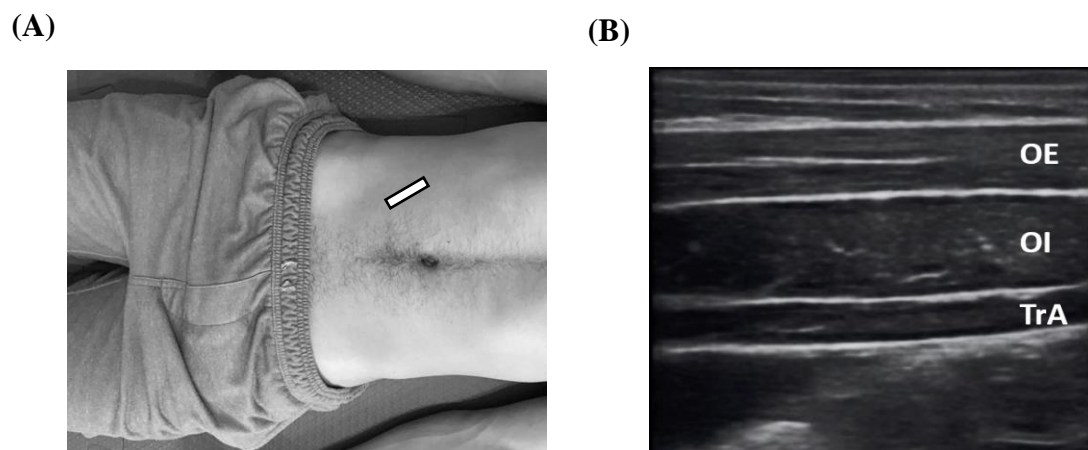


Figura 1: Representação do posicionamento da sonda (A) e medida de ultrassom dos músculos oblíquo externo (OE), oblíquo interno (OI) e transverso do abdômen (TrA) (B).

Ângulo de projeção no plano frontal do joelho durante agachamento unipodal

Para a análise cinemática durante o agachamento unipodal foram fixados marcadores adesivos coloridos não-reflexivos nas bordas anterossuperiores das espinhas ilíacas, no centro da patela e entre os maléolos do membro inferior analisado. A determinação do membro inferior para as análises foi pelo membro dominante (34). Os sujeitos foram posicionados sobre uma marcação padronizada no solo. A partir do comando do avaliador, os participantes equilibravam o peso do corpo no membro preferido, flexionando o joelho do membro contralateral e cruzando os braços na altura do peito, mantendo o tronco ereto. Após a familiarização com a tarefa (i.e. três repetições da tarefa), os participantes realizaram cinco agachamentos unipodais em sequência, o mais profundo que conseguissem (33), com cadência controlada por um metrônomo (60 bpm). Para a análise foi utilizada a média de três repetições, sendo descartadas a primeira e a última.

Uma câmera digital (30 Hz, JVC EverioS GZ-MS110) foi posicionada no plano frontal, ficando a três metros de distância do avaliado. A excursão do ângulo de projeção no plano frontal (APPF) do joelho foi obtido a partir da diferença entre o ângulo externo formado entre a tíbia e o fêmur na posição inicial (em pé com apoio unipodal) e no final da fase excêntrica de movimento de cada repetição (20, 21, 41), que foi considerado o momento imediatamente anterior ao início da fase concêntrica. A determinação do final

da fase excêntrica e as medidas de angulação do joelho foram realizadas utilizando o software Kinovea (*Kinovea Organization, France*) (Figura 2).

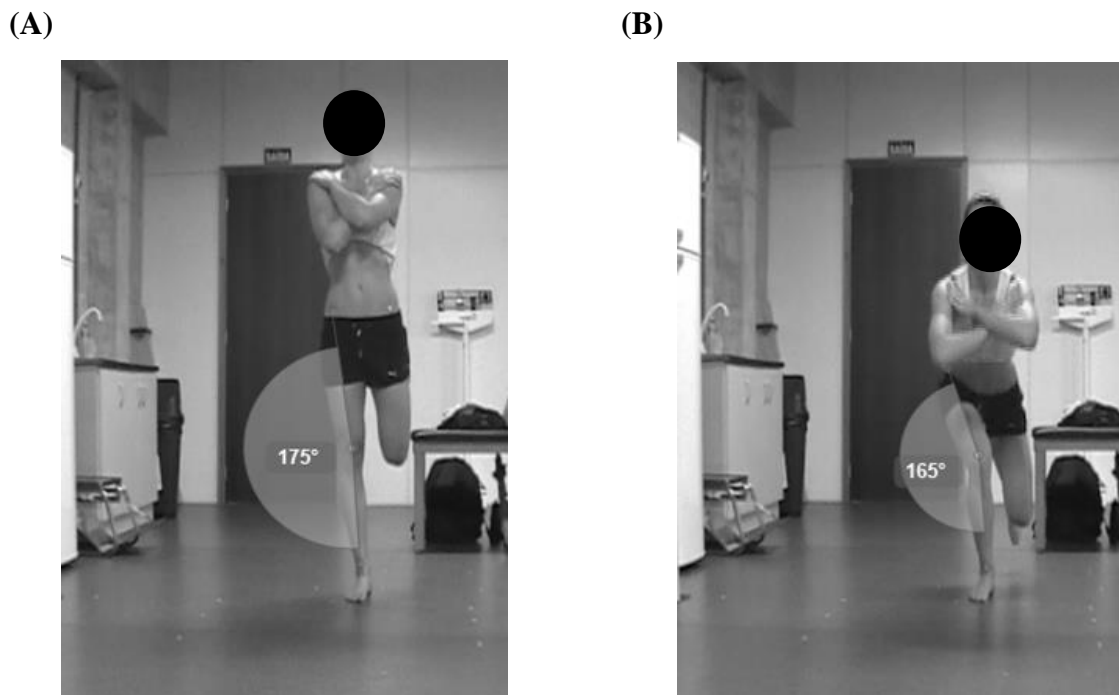


Figura 2: Medida do APPF do joelho durante o agachamento unipodal. A excursão foi obtida por meio da diferença entre a posição inicial (A) e a posição final (B).

Resistência dos flexores laterais de tronco durante o teste de prancha lateral

Para avaliar a resistência dos músculos flexores laterais do tronco, os participantes foram orientados a realizar o exercício de prancha lateral. O exercício consistiu na elevação da cintura pélvica e na sustentação do peso corporal em linha reta, apoiados sobre o antebraço do lado de apoio e dos pés. O membro superior do lado contralateral permanece ao lado do tronco. Os testes foram interrompidos quando os sujeitos não foram mais capazes de sustentar a posição. Foi realizada uma repetição, sem familiarização prévia, e o tempo, foi utilizado para as análises (42, 43).

Análise Estatística

Os dados de caracterização da amostra, de APPF do joelho, ΣEM_{FLT} e resistência dos flexores laterais foram apresentados em média e desvio-padrão. A normalidade dos

dados foi testada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Foi realizada uma correlação de Spearman para ambos os sexos entre: (i) o APPF do joelho e a ΣEM_{FLT} ; (ii) APPF do joelho e o tempo de prancha lateral; e (iii) tempo de prancha lateral e a ΣEM_{FLT} . Ainda, foi realizada uma correlação parcial usando o IMC como variável controle nas medidas envolvendo a ΣEM_{FLT} . Esta análise adicional foi incluída baseado nas indicações realizadas por Springer et al. (44), que sugerem a inclusão do IMC como covariável em análises envolvendo a espessura dos músculos laterais do abdômen. Correlações (positivas ou negativas) acima de 0,9 indicam uma correlação muito forte; de 0,7 a 0,9 indica uma correlação forte; de 0,5 a 0,7 indica uma correlação moderada; de 0,3 a 0,5 indica uma correlação fraca e de 0 a 0,3 indica uma correlação desprezível (33). O nível de significância adotado foi de 5%. As análises foram realizadas no software SPSS 20.0.

RESULTADOS

Participaram do estudo um total de quarenta e seis indivíduos, sendo 19 mulheres e 27 homens. A descrição da amostra e os resultados obtidos nas avaliações estão apresentadas abaixo (Tabela 1)

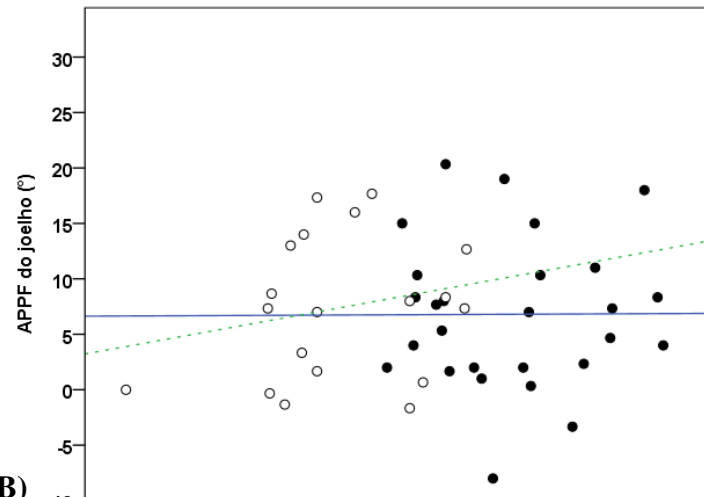
Tabela 1: Características e valores descritivos das avaliações realizadas

	Homens (n=27)	Mulheres (n=19)
Idade (anos)	25,62 ± 4,87	24,52 ± 5,78
Massa corporal (Kg)	77,69 ± 11,97	62,13 ± 5,21
Estatura (m)	1,75 ± 9,18	1,62 ± 5,30
IMC (kg/m²)	25,44 ± 4,07	23,50 ± 2,82
Atividade física (met.min.sem)	4028,74 ± 2745,23	3835,28 ± 4220,76
APPF do joelho (°)	6,80 ± 6,72	7,35 ± 6,46
ΣEM_{FLT} (cm)	3,08 ± 0,44	2,16 ± 0,45
Tempo em prancha lateral (s)	102,77 ± 30,95	69,11 ± 42,08

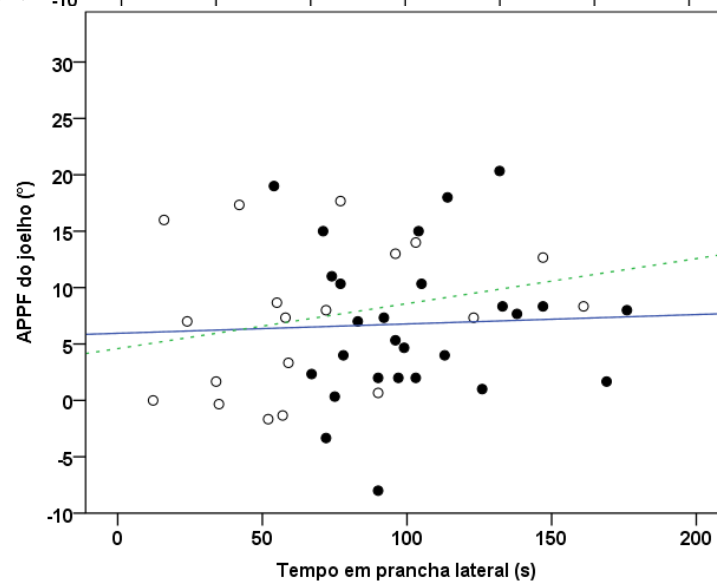
Não foram encontradas associações significativas do APPF do joelho com a ΣEM_{FLT} (homens: $r=0.120$, $p=0.954$; mulheres: $r=0.223$, $p=0.358$) e o tempo de prancha lateral (homens: $r=0.087$, $p=0.667$; mulheres: $r=0.319$, $p=0.184$). Em relação à associação entre a ΣEM_{FLT} e o tempo de prancha lateral, não observamos associação nos homens ($r=-$

0,285; $p=0,149$). No entanto, observamos uma associação moderada, positiva e significativa nas mulheres ($r=0,530$; $p=0,020$) (Figura 2). Quando controlamos as associações envolvendo a ΣEM_{FLT} pelo IMC, o mesmo comportamento dos resultados foi encontrado (Tabela 2).

(A)



(B)



(C)

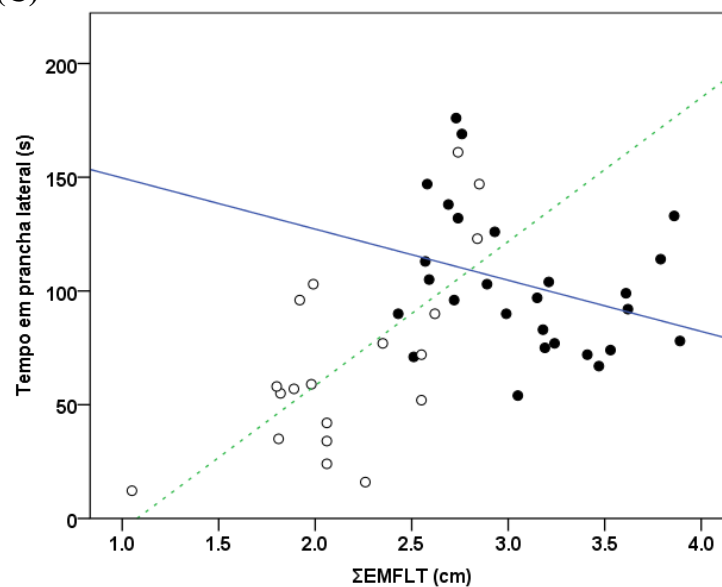


Figura 2: Associação entre o ângulo de projeção no plano frontal (APPF) do joelho e a espessura dos músculos laterais do abdômen (ΣEM_{FLT}) (A), tempo em prancha lateral (B) e entre o tempo em prancha lateral e o ΣEM_{FLT} (C). Os pontos pretos representam os homens e os brancos as mulheres. A linha fechada representa o comportamento dos homens; a linha pontilhada o comportamento das mulheres.

Tabela 2: Associação parcial [controlada pelo índice de massa corporal (IMC)] entre a espessura dos músculos laterais do abdômen (ΣEM_{FLT}), o ângulo de projeção no plano frontal (APPF) do joelho e o tempo em prancha lateral.

Variável independente	Sexo	ΣEM_{FLT}	
		r	p
APPF do joelho	Homens	0.012	0.953
	Mulheres	0.326	0.186
Tempo em prancha lateral	Homens	-0.286	0.157
	Mulheres	0.683	0.002

DISCUSSÃO

Nossos resultados observaram que: (i) não foi observada associação entre a espessura dos músculos laterais do abdômen, tempo de prancha lateral e o desalinhamento do membro inferior mensurado pelo APPF do joelho em homens e mulheres; (ii) observamos uma associação moderada e forte (quando controlado pelo IMC) entre a espessura dos músculos laterais do abdômen e o tempo de prancha lateral somente em mulheres.

É importante ressaltar que o excessivo valgo dinâmico do joelho é originado a partir de um conjunto de alterações cinemáticas no complexo tronco-pelve-quadril, como a inclinação ipsilateral do tronco, queda contralateral da pelve e adução do quadril, resultando em uma excessiva abdução do joelho (45, 46). Desta forma, os grupos musculares atuantes para contrabalancear estas alterações parecem exercer um papel importante neste controle. Diante disso, a associação entre força máxima dos músculos extensores, rotadores externos e abdutores do quadril, além dos flexores laterais do tronco, com parâmetros cinemáticos do plano frontal já foi observada por estudos prévios

(20, 21, 24, 36). Quanto à resistência dos flexores laterais do tronco mensurada por meio do tempo em prancha lateral, ela foi associada negativamente ao grau de rotação interna do quadril durante a corrida em mulheres (47). Ainda, resultado semelhante foi observado para o valgo dinâmico em uma amostra mista saudável (com tendência observada somente em mulheres) durante a descida frontal de degrau (7). Nosso estudo não observou associação entre o tempo de prancha lateral e o APPF do joelho durante o agachamento unilateral em ambos os sexos. Uma possível explicação para a falta de associação é a diferença entre as tarefas entre os estudos, visto que a estabilidade dinâmica é tarefa-dependente e os padrões de movimento entre o agachamento unipodal e a descida de degrau são diferentes, principalmente no tronco e na pelve (48)

A capacidade de produção de força apresenta forte associação com a espessura muscular (49, 50). Além disso, diversos estudos têm demonstrado associação entre a espessura muscular e parâmetros cinemáticos em diferentes tarefas e populações (51-53). Embora tenha sido observado que a menor espessura dos músculos flexores laterais do tronco está relacionado com maior intensidade de dor em mulheres com dor patelofemoral (54) e que esta condição musculoesquelética apresente maior valgo dinâmico do joelho durante o agachamento unipodal comparado a pessoas saudáveis (55), poucos estudos buscaram associar a espessura muscular e o valgo dinâmico do joelho. Tais estudos não observaram associação entre a espessura dos músculos OE, OI e TrA com o APPF do joelho em uma amostra composta por homens e mulheres saudáveis (33), bem como entre a espessura do músculo OE e o APPF do joelho em mulheres saudáveis e com dor patelofemoral (34). Desta forma, nossos resultados vão ao encontro dos achados anteriores, em que a espessura dos músculos laterais do abdômen não parece estar associada com o valgo dinâmico do joelho em homens e mulheres separadamente. Ao controlarmos a correlação pelo IMC, conforme sugerido por estudo prévio (44), o mesmo resultado se manteve. Com isso, teorizamos que a contribuição neural dos músculos do core seja mais relevante em comparação com os parâmetros morfológicos, visto que a esta importância já vem sendo destacada por estudos prévio (23-25), e a ativação prévia dos músculos estabilizadores é chave na mobilidade distal e funcional dos membros (23, 25).

O maior controle neuromuscular do tronco resulta em alterações no alinhamento de membros inferiores (56) e a presença de dor se mostra impactante nas ativações precoces das musculaturas estabilizadoras em mulheres (23). No entanto, a ativação do músculo OE não esteve associada com o valgo dinâmico do joelho em mulheres com e

sem dor patelofemoral (24). A partir disso, embora seja observada associação entre a inclinação lateral do tronco e o valgo dinâmico do joelho (24), os resultados obtidos pelo nosso estudo combinados com os estudos citados anteriormente, indicam que os componentes neurais e morfológicos dos músculos abdominais não são responsáveis pelas alterações cinemáticas dos membros inferiores na realização da tarefa, independentemente do sexo.

Embora a espessura dos músculos do quadril não pareça estar relacionada com a estabilidade dinâmica do joelho em pessoas saudáveis (33) e com dor patelofemoral (34), o papel da ativação e a relação com mudanças na mecânica de movimento dos membros inferiores tem recebido mais atenção na literatura. Foi observado que uma menor ativação do glúteo máximo foi associado com elevados valores de valgo dinâmico do joelho em mulheres (57) e com maior rotação interna do quadril em homens (58). Diante destes resultados, parece que parâmetros de ativação do músculo glúteo máximo influenciam a estabilidade dinâmica do membro inferior em ambos os sexos.

Nosso segundo objetivo foi observar a associação entre a espessura dos flexores laterais do tronco e o tempo até a exaustão em prancha lateral. Nossos resultados observaram que mulheres com maior espessura dos músculos laterais do abdômen tendem a apresentar maior resistência neuromuscular, o que não foi observado nos homens. Ainda, ao controlarmos a análise pelo IMC, a correlação passou de moderada para forte em mulheres. Estudos prévios não observaram associação entre a espessura de OE, OI e TrA e o tempo de prancha lateral em uma amostra mista (29, 30). É importante ressaltar que a prancha lateral exige a ação de outros músculos como o quadrado lombar, os abdutores de quadril e o latíssimo do dorso (30). Diante disso, uma das possibilidades é a maior exigência dos músculos do membro superior em homens, uma vez que dor ou fadiga nesta região é mais comumente reportada em homens como um dos fatores limitadores do exercício, embora as razões para este fato não sejam claras, enquanto nas mulheres, dor e fadiga no abdômen ou no quadril é a razão mais reportada (59), o que poderia em parte justificar os resultados. No entanto, mais estudos são necessários para confirmar estes achados.

Até o presente momento, este é o primeiro estudo que buscou verificar a importância da estrutura e função dos músculos abdominais laterais na estabilidade dinâmica em homens e mulheres separadamente, uma vez que mulheres parecem apresentar maior desalinhamento comparado aos homens (26). Ainda, é importante salientar que, apesar da contribuição importante dos músculos proximais (20, 21, 24), as

articulações e músculos do tornozelo e pé influenciam significativamente a cinemática de movimento dos membros inferiores (60). Embora não tenha sido observada essa associação em mulheres saudáveis e com dor patelofemoral (34), estudos futuros devem verificar se este comportamento também acontece em homens. A partir dos nossos resultados, programas de treinamento com o intuito de aumentar a espessura dos flexores laterais e o tempo até a exaustão em prancha lateral não parecem gerar melhorias no alinhamento do membro inferior durante o agachamento unipodal. No entanto, é necessário verificar se estes resultados também se mantêm em outras tarefas com componente unipodal, como corrida, saltos, aterrissagem e descida de degraus. Ainda, o uso da prancha lateral isométrica e progressiva no tempo de sustentação para o aumento da massa muscular dos flexores laterais, com especial atenção aos oblíquos e transversos parece ser mais indicada para as mulheres.

Quanto às limitações, podemos apontar que: (i) a utilização de medida cinemáticas 2D que, apesar de comumente utilizada na literatura, negligencia as alterações que podem ocorrer no plano transversal e podem ser prejudiciais à articulação do joelho (61); (ii) a não avaliação da espessura muscular do glúteo máximo devido a sua associação com o controle dos membros inferiores (57, 58); (iii) a ausência de medidas de ativação dos flexores laterais durante a prancha lateral, o que poderia auxiliar na compreensão da associação observada com a espessura somente em mulheres e (iv) o não questionamento das razões de interrupção no teste de prancha lateral, o que poderia auxiliar na interpretação do resultado observado (59).

CONCLUSÃO

Nossos resultados não observaram associação significativa entre o ângulo de projeção frontal do joelho, a espessura dos flexores laterais do tronco e o tempo até a exaustão em prancha lateral em homens e mulheres. Além disso, parece haver uma associação entre a espessura dos músculos flexores laterais do tronco e o tempo até a exaustão em prancha lateral somente em mulheres.

CAPÍTULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo verificar a associação entre a espessura e resistência neuromuscular dos flexores laterais do tronco com o alinhamento dos membros inferiores durante a realização do agachamento unipodal, além de verificar se a espessura muscular se associa com o tempo em prancha lateral em ambos os sexos.

Os resultados mostraram não haver associação significativa entre APPF do joelho e ΣEM_{FLT} e entre APPF do joelho e o tempo de prancha lateral em ambos os sexos. Além disto, em homens não houve associação entre ΣEM_{FLT} e o tempo de prancha lateral, em mulheres encontramos associação moderada, significativa e positiva nesta associação.

O estudo nos apresenta uma associação que pode ser importante para a prescrição do treinamento. O treinamento para mulheres e homens, visando uma menor produção do valgo dinâmico do joelho, pode ser diferente, buscando um foco maior nos flexores laterais do tronco, ou no core como um todo, para amenizar esse possível desequilíbrio corporal em mulheres durante a realização de atividades diárias e esportivas.

Além disso, mais estudos podem ser realizados buscando entender melhor as associações entre a espessura dos músculos do core e o excessivo valgo dinâmico do joelho em homens e mulheres, e explorar diferentes possibilidades de treinamento do core, ou dos músculos laterais do abdômen, para a diminuição do mesmo, diminuindo o risco de lesões em membros inferiores.

REFERÊNCIAS

1. Bouisset S, Do MC. Posture, dynamic stability, and voluntary movement. *Neurophysiol Clin.* 2008;38(6):345-62.
2. Silfies SP, Ebaugh D, Pontillo M, Butowicz CM. Critical review of the impact of core stability on upper extremity athletic injury and performance. *Braz J Phys Ther.* 2015;19(5):360-8.
3. Leetun DT, Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM. Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(6):926-34.
4. De Blaiser C, Roosen P, Willems T, Danneels L, Bossche LV, De Ridder R. Is core stability a risk factor for lower extremity injuries in an athletic population? A systematic review. *Phys Ther Sport.* 2018;30:48-56.
5. Borghuis J, Hof AL, Lemmink KA. The importance of sensory-motor control in providing core stability: implications for measurement and training. *Sports Med.* 2008;38(11):893-916.
6. Akuthota V, Ferreira A, Moore T, Fredericson M. Core stability exercise principles. *Curr Sports Med Rep.* 2008;7(1):39-44.
7. Burnham JM, Yonz MC, Robertson KE, McKinley R, Wilson BR, Johnson DL, et al. Relationship of Hip and Trunk Muscle Function with Single Leg Step-Down Performance: Implications for Return to Play Screening and Rehabilitation. *Phys Ther Sport.* 2016;22:66-73.
8. Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM. Hip strength in females with and without patellofemoral pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2003;33(11):671-6.
9. Mendiguchia J, Ford KR, Quatman CE, Alentorn-Geli E, Hewett TE. Sex differences in proximal control of the knee joint. *Sports Medicine.* 2011;41(7):541-57.
10. Crasto C, Montes AM, Carvalho P, Carral JC. Abdominal muscle activity and pelvic motion according to active straight leg raising test results in adults with and without chronic low back pain. *Musculoskelet Sci Pract.* 2020;50:102245.
11. Narouei S, Barati Ah, Akuzawa H, Talebian S, Ghiasi F, Akbari A, et al. Effects of core stabilization exercises on thickness and activity of trunk and hip muscles in subjects with nonspecific chronic low back pain. *Journal of Bodywork and Movement Therapies.* 2020;24(4):138-46.
12. Northeast L, Gautrey CN, Bottoms L, Hughes G, Mitchell ACS, Greenhalgh A. Full gait cycle analysis of lower limb and trunk kinematics and muscle activations during walking in participants with and without ankle instability. *Gait Posture.* 2018;64:114-8.
13. Glaviano NR, Saliba S. Association of altered frontal plane kinematics and physical activity levels in females with patellofemoral pain. *Gait Posture.* 2018;65:86-8.
14. Li JS, Tsai TY, Clancy MM, Li G, Lewis CL, Felson DT. Weight loss changed gait kinematics in individuals with obesity and knee pain. *Gait Posture.* 2019;68:461-5.
15. Nakagawa TH, Moriya É, Maciel CD, Serrão AF. Frontal plane biomechanics in males and females with and without patellofemoral pain. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(9):1747-55.
16. Waldhelm A, Li L. Endurance tests are the most reliable core stability related measurements. *Journal of Sport and Health Science.* 2012;1(2):121-8.
17. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *Journal of spinal disorders.* 1992;5:383-.
18. Gardner-Morse MG, Stokes IA. The effects of abdominal muscle coactivation on lumbar spine stability. *Spine.* 1998;23(1):86-91.
19. Jamison ST, McNally MP, Schmitt LC, Chaudhari AM. The effects of core muscle activation on dynamic trunk position and knee abduction moments: implications for ACL injury. *J Biomech.* 2013;46(13):2236-41.
20. Stickler L, Finley M, Gulgin H. Relationship between hip and core strength and frontal plane alignment during a single leg squat. *Phys Ther Sport.* 2015;16(1):66-71.
21. Willson JD, Ireland ML, Davis I. Core strength and lower extremity alignment during single leg squats. *Medicine and science in sports and exercise.* 2006;38(5):945-52.

22. Sale DG, Martin JE, Moroz DE. Hypertrophy without increased isometric strength after weight training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1992;64(1):51-5.
23. Biabanimoghadam M, Motealleh A, Cowan SM. Core muscle recruitment pattern during voluntary heel raises is different between patients with patellofemoral pain and healthy individuals. *The Knee*. 2016;23(3):382-6.
24. Nakagawa TH, Maciel CD, Serrão FV. Trunk biomechanics and its association with hip and knee kinematics in patients with and without patellofemoral pain. *Man Ther*. 2015;20(1):189-93.
25. Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: a prospective biomechanical-epidemiologic study. *Am J Sports Med*. 2007;35(7):1123-30.
26. Cronström A, Creaby MW, Nae J, Ageberg E. Gender differences in knee abduction during weight-bearing activities: A systematic review and meta-analysis. *Gait Posture*. 2016;49:315-28.
27. Tahan N, Khademi-Kalantari K, Mohseni-Bandpei MA, Mikaili S, Baghban AA, Jaberzadeh S. Measurement of superficial and deep abdominal muscle thickness: an ultrasonography study. *J Physiol Anthropol*. 2016;35(1):17.
28. Jalayondeja W, Kraingchieocharn S. Trunk Extensor, Flexor and Lateral Flexor Endurance Time in Sedentary Workers Aged 20-49 Years. *J Med Assoc Thai*. 2015;98 Suppl 5:S23-8.
29. Rajabzadeh F, Taghipour M, Pourahmadi MR, Arab AM. Relationship between flexion-rotation test and ultrasound thickness measurement of the abdominal muscles. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2016;29:643-8.
30. Taghipour M, Rajabzadeh F, Arab A. The Relationship Between the Side-Lying Endurance Test and Ultrasound Thickness Measurement for Abdominal Muscles. *Jentashapir Journal of Health Research*. 2015;6.
31. Bittencourt NF, Ocarino JM, Mendonça LD, Hewett TE, Fonseca ST. Foot and hip contributions to high frontal plane knee projection angle in athletes: a classification and regression tree approach. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2012;42(12):996-1004.
32. Weltin E, Mornieux G, Gollhofer A. Influence of Gender on Trunk and Lower Limb Biomechanics during Lateral Movements. *Res Sports Med*. 2015;23(3):265-77.
33. Fitarelli L, Ramos G, Scudiero F, Rabello R, Rodrigues R. Core muscles thickness is not associated with knee frontal plane projection angle during single-leg squat in healthy people. *Gait & Posture*. 2020;80:292-7.
34. Rodrigues R, Souza da Rocha E, Klein KD, Sonda FC, Pompeo KD, Frasson VB, et al. PROXIMAL AND DISTAL MUSCLE THICKNESS IS DIFFERENT IN WOMEN WITH PATELLOFEMORAL PAIN BUT IS NOT ASSOCIATED WITH KNEE FRONTAL PLANE PROJECTION ANGLE. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2020.
35. Della Villa F, Buckthorpe M, Grassi A, Nabiuzzi A, Tosarelli F, Zaffagnini S, et al. Systematic video analysis of ACL injuries in professional male football (soccer): injury mechanisms, situational patterns and biomechanics study on 134 consecutive cases. *Br J Sports Med*. 2020.
36. Bittencourt NF, Ocarino JM, Mendonca LD, Hewett TE, Fonseca ST. Foot and hip contributions to high frontal plane knee projection angle in athletes: a classification and regression tree approach. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 2012;42(12):996-1004.
37. Benedetti TRB, Antunes PdC, Rodriguez-Añez CR, Mazo GZ, Petroski ÉL. Reprodutibilidade e validade do Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ) em homens idosos. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2007;13:11-6.
38. Brown SH, McGill SM. A comparison of ultrasound and electromyography measures of force and activation to examine the mechanics of abdominal wall contraction. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2010;25(2):115-23.

39. Geremia JM, Baroni BM, Lanferdini FJ, Bini RR, Sonda FC, Vaz MA. Time course of neuromechanical and morphological adaptations to triceps surae isokinetic eccentric training. *Phys Ther Sport*. 2018;34:84-91.
40. Baroni BM, Rodrigues R, Franke RA, Geremia JM, Rassier DE, Vaz MA. Time course of neuromuscular adaptations to knee extensor eccentric training. *International journal of sports medicine*. 2013;34(10):904-11.
41. Willson JD, Davis IS. Utility of the frontal plane projection angle in females with patellofemoral pain. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 2008;38(10):606-15.
42. Baldon ReM, Piva SR, Scattone Silva R, Serrão FV. Evaluating eccentric hip torque and trunk endurance as mediators of changes in lower limb and trunk kinematics in response to functional stabilization training in women with patellofemoral pain. *Am J Sports Med*. 2015;43(6):1485-93.
43. Huxel Bliven KC, Anderson BE. Core stability training for injury prevention. *Sports Health*. 2013;5(6):514-22.
44. Springer BA, Mielcarek BJ, Nesfield TK, Teyhen DS. Relationships among lateral abdominal muscles, gender, body mass index, and hand dominance. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2006;36(5):289-97.
45. Nakagawa TH, Moriya ET, Maciel CD, Serrao FV. 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. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 2012;42(6):491-501.
46. Baldon Rde M, Serrao FV, Scattone Silva R, Piva SR. Effects of functional stabilization training on pain, function, and lower extremity biomechanics in women with patellofemoral pain: a randomized clinical trial. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 2014;44(4):240-A8.
47. Schmitz A, Russo K, Edwards L, Noehren B. Do novice runners have weak hips and bad running form? *Gait & posture*. 2014;40(1):82-6.
48. Lewis CL, Foch E, Luko MM, Loverro KL, Khuu A. Differences in Lower Extremity and Trunk Kinematics between Single Leg Squat and Step Down Tasks. *PloS one*. 2015;10(5).
49. Stock MS, Mota JA, Hernandez JM, Thompson BJ. Echo intensity and muscle thickness as predictors Of athleticism and isometric strength in middle-school boys. *Muscle & nerve*. 2017;55(5):685-92.
50. Jones EJ, Bishop PA, Woods AK, Green JM. Cross-sectional area and muscular strength: a brief review. *Sports Med*. 2008;38(12):987-94.
51. Zhang X, Schutte KH, Vanwanseele B. Foot muscle morphology is related to center of pressure sway and control mechanisms during single-leg standing. *Gait & posture*. 2017;57:52-6.
52. Guadagnin EC, Priario LAA, Carpes FP, Vaz MA. Correlation between lower limb isometric strength and muscle structure with normal and challenged gait performance in older adults. *Gait & posture*. 2019;73:101-7.
53. Emami F, Yoosefinejad AK, Razeghi M. Correlations between core muscle geometry, pain intensity, functional disability and postural balance in patients with nonspecific mechanical low back pain. *Medical engineering & physics*. 2018;60:39-46.
54. Briani RV, Waiteman MC, de Albuquerque CE, Gasoto E, Segatti G, Oliveira CB, et al. Lower Trunk Muscle Thickness Is Associated With Pain in Women With Patellofemoral Pain. *J Ultrasound Med*. 2019;38(10):2685-93.
55. Scholtes SA, Salsich GB. A Dynamic Valgus Index that combines hip and knee angles: assessment of utility in females with patellofemoral pain. *International journal of sports physical therapy*. 2017;12(3):333-40.
56. Sasaki S, Tsuda E, Yamamoto Y, Maeda S, Kimura Y, Fujita Y, et al. Core-Muscle Training and Neuromuscular Control of the Lower Limb and Trunk. *J Athl Train*. 2019;54(9):959-69.

57. Hollman JH, Galardi CM, Lin IH, Voth BC, Whitmarsh CL. 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 (Bristol, Avon)*. 2014;29(4):468-74.
58. Nguyen AD, Shultz SJ, Schmitz RJ, Luecht RM, Perrin DH. A preliminary multifactorial approach describing the relationships among lower extremity alignment, hip muscle activation, and lower extremity joint excursion. *Journal of athletic training*. 2011;46(3):246-56.
59. Greene PF, Durall CJ, Kernozek TW. Intersession reliability and concurrent validity of isometric endurance tests for the lateral trunk muscles. *Journal of sport rehabilitation*. 2012;21(2):161-6.
60. Wyndow N, De Jong A, Rial K, Tucker K, Collins N, Vicenzino B, et al. The relationship of foot and ankle mobility to the frontal plane projection angle in asymptomatic adults. *Journal of foot and ankle research*. 2016;9:3.
61. Sorenson B, Kernozek TW, Willson JD, Ragan R, Hove J. Two- and Three-Dimensional Relationships Between Knee and Hip Kinematic Motion Analysis: Single-Leg Drop-Jump Landings. *Journal of sport rehabilitation*. 2015;24(4):363-72.