

ALTERAÇÕES BIOMECÂNICAS NOS TESTES FUNCIONAIS DE MMII EM ATLETAS: REVISÃO DE ESCOPO

BIOMECHANICAL CHANGES ON FUNCTIONAL TESTS OF LOWER LIMBS IN ATHLETES: SCOPE REVIEW

Keila Victória Rangel Pinheiro Villar¹, Ana Lúcia Barbosa Góes²

¹ Acadêmica do curso de fisioterapia na Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública (EBMSP), Salvador, BA – Brasil. ORCID: 0000-0002-8565-7153

² Fisioterapeuta, Doutora em Medicina e Saúde Humana, Professora dos cursos de Fisioterapia e Educação Física da Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública (EBMSP) e Professora do curso de Fisioterapia da Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador, BA – Brasil. ORCID: 0000-0003-2486-0876

Autor para correspondência: keilavillar18.1@bahiana.edu.br

RESUMO

INTRODUÇÃO: A avaliação biomecânica e funcional é a ferramenta essencial no esporte como forma de investigar alterações e fatores de risco relacionados às lesões. Os testes funcionais se aproximam do gestual esportivo dos atletas e são usados para avaliar as condições de um atleta esportivo e prevenir lesões relacionadas ao esporte. Evitar lesões em atletas faz com que tenham maior rendimento durante as competições e reduza o tempo de afastamento. **OBJETIVO:** Descrever as alterações biomecânicas apresentadas nos testes funcionais em atletas, e como objetivo secundário de descrever as associações entre as variáveis biomecânicas nos testes funcionais em atletas. **METODOLOGIA:** Revisão de escopo que sumarizou estudos transversais relacionados a alterações biomecânicas e testes funcionais em atletas nas bases de dados PubMed, SciELO, LILACS, Google Acadêmico e busca ativa nas referências, estudos excluídos que relatou sobre patologias associadas (fratura, luxação e entorse), lesões e atletas que estavam em reabilitação. **RESULTADOS:** Foram encontrados 2081 artigos na literatura e após os critérios foram 13 estudos selecionados, que associaram as alterações biomecânicas nos testes funcionais em atletas. A maior parte dos estudos utilizaram a variável biomecânica APPF (ângulo de projeção no plano frontal do joelho - valgo dinâmico) e a variável funcional o SEBT (Star Excursion Balance Test) e suas variações. **CONCLUSÃO:** Foi observado que podem existir relações entre a alteração da biomecânica e a realização de testes funcionais em atletas. Mas ainda são desfechos controversos e incertos, pois os achados de alterações da biomecânica não necessariamente impactam no desempenho dos testes funcionais.

Palavras-chave: Biomecânica; Testes funcionais; Atletas

ABSTRACT

INTRODUCTION: Biomechanical and functional assessment is the essential tool in sport as a way to investigate changes and risk factors related to injuries. Functional tests approximate the sports gesture of athletes and are used to assess a sports athlete's condition and prevent sports-related injuries. Avoiding injuries in athletes makes them perform better during competitions and reduces the time away from work.

OBJECTIVE: Describe the biomechanical alterations presented in the functional tests in athletes, and as a secondary objective to describe the associations between the biomechanical variables in the functional tests in athletes. **METHODOLOGY:** Scope review that summarized cross-sectional studies related to biomechanical alterations and functional tests in athletes in the data base Pubmed, SciELO, LILACS, Google Scholar and references, excluding studies that reported about associated pathologies (fracture, dislocation and sprain), lesions and athletes who was in rehabilitation.

RESULTS: There were 2081 articles found in the literature e after the criteria were 13 selected studies, which associated biomechanical alterations in functional tests in athletes. Most of the studies used the biomechanical variable FPPA (frontal plane projection angle - dynamic valgus) and the functional variable the SEBT (Star Excursion Balance Test) and its variations. **CONCLUSION:** It was observed that there may be relationships between the alteration of biomechanics and the performance of functional tests in athletes. But these are still controversial and uncertain outcomes, as the findings of biomechanical changes do not necessarily impact the performance of functional tests.

Key words: Biomechanics; Functional Tests; Athletes

INTRODUÇÃO

A biomecânica é uma disciplina que se dedica a análise física do movimento humano, ou seja, o estudo das características do aparelho locomotor humano¹. A análise da biomecânica é indispensável e crucial no esporte, pois está diretamente ligada ao desempenho, rendimento, gestual e a performance dos atletas¹. A alteração desta está relacionada a um dano musculoesquelético que envolve a mobilidade articular, força, flexibilidade, propriocepção, assimetrias e controle neuromuscular.^{2,3}

A avaliação biomecânica e funcional é a ferramenta essencial no esporte como forma de investigar alterações e fatores de risco relacionados às lesões, para assim, tentar preveni-las, favorecendo manutenção do condicionamento e a melhora do desempenho dos atletas de alta performance. Isso é importante porque é cada vez maior o número de atletas que sofrem lesões em seus respectivos esportes.⁷

As alterações biomecânicas são diferenças na biomecânica que podem ocorrer na postura e no movimento pelas assimetrias e parâmetros fora do esperado, dada por

um desequilíbrio no sistema neuromuscular. O que podem impactar no desempenho, rendimento, gestual, performance e risco de lesões nos atletas.⁷

Lesões no ligamento cruzado anterior são frequentemente reportadas em competições esportivas e em atletas de alto rendimento. Nos Estados Unidos, 80.000 a 250.000 atletas jovens entre 15 e 25 anos sofrem esse tipo de lesão a cada ano⁴. Só na Associação nacional das escolas americanas, anualmente, 1 milhão de estudantes jogam basquetebol. E a cada ano a estimativa é de 23% de lesões em geral e dessas 65% ocorrem nos membros inferiores, especialmente na articulação do joelho⁵.

O histórico de lesões dos atletas tem sido sugerido como um fator de risco para lesões futuras⁶. Dois estudos, um ensaio clínico e um estudo de corte transversal, trouxeram em seus resultados a associação entre lesões prévias e novas lesões em jogadoras de futebol^{7,8}. Evitar a primeira ocorrência de lesão se faz mais necessário ainda para diminuir recorrências.

Testes funcionais são testes que se aproximam do gestual esportivo dos atletas, em que o teste simula atividades ou tarefas que são desempenhadas quando o atleta está em jogo, tais como saltos, agachamentos, corridas com mudanças de direção entre outros. São usados para avaliar as condições de um atleta esportivo e prevenir lesões relacionadas ao esporte⁹, dentre eles os mais comuns são o “Hop Test” e o “Star Excursion Balance Test” (SEBT).

O Hop Test, vertical ou horizontal, é composto pela fase de impulsão e de aterrissagem¹⁰. Biomecanicamente, é representado pela tarefa da aterrissagem unipodal que está envolvida com a atividade das mudanças de direções específicas de cada modalidade e o que demanda da ativação excêntrica dos músculos da cadeia póstero-lateral¹⁰.

Já no SEBT e suas variações, é um teste utilizado para avaliar o equilíbrio postural do atleta ao realizar apoio unipodal em uma perna e fazer o máximo possível deslocamento contralateral nas direções Anterior (ANT), Póstero-Medial (PM) e Póstero-Lateral (PL)¹¹, além disso precisa da movimentação dos diversos segmentos do corpo e de mobilidade articular para atingir o objetivo¹². Esses testes são usados para predizer o risco de lesão esportiva, pois baixo condicionamento físico, controle

sensorio-motor (proprioceptivo) insuficiente e padrão de movimento inadequado, gestual esportivo, são fatores vitais nas lesões esportivas ⁹.

Evitar lesões em atletas é uma condição que os especialistas vem se debruçando há muito tempo, porque, além de envolver a saúde física das pessoas, fazendo com que o atleta renda mais e por mais tempo nas competições, pode evitar o afastamento dos mesmos para tratamento, que pode chegar a seis semanas ou mais, a depender da lesão. Essa condição leva a perdas de jogos, renda e até campeonatos ⁶. Com isso, o objetivo desse estudo foi de descrever as alterações biomecânicas apresentadas nos testes funcionais em atletas, e como objetivo secundário de descrever as associações entre as variáveis biomecânicas nos testes funcionais em atletas.

MÉTODOS

Trata-se de uma revisão de escopo em que busca “Sumarizar artigos sobre as alterações biomecânicas nos testes funcionais em atletas” através de estudos do tipo ‘Observacional/Transversal’. Os artigos utilizados foram selecionados das bases de dados do PubMed (*MEDLINE database*), SciELO (Scientific Electronic Library Online), LILACS (Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde) e Google Acadêmico e busca ativa das referências dos artigos selecionados. A busca ativa dos artigos foram no período de agosto de 2021 a maio de 2022.

Foram preconizados artigos com estudos transversais que descrevessem sobre a possível associação entre as alterações biomecânicas e testes funcionais (“Step Down Test”, “Star Excursion Balance Test”, “Y Balance Test” e “Hop Test”) em atletas. Os testes funcionais são definidos como testes realizados a partir de gestuais próximos dos gestual esportivo dos atletas. Já estes últimos foram definidos como praticante esportivo das diversas modalidades referidos nos estudos.

Os critérios de exclusão na busca foram patologias associadas (fratura, luxação, entorse), referissem a alguma lesão ou se o atleta estivesse em fase de reabilitação. Foram considerados artigos em inglês ou português.

A estratégia de busca na base de dados PUBMED, utilizando descritores e os operadores booleanos: “((((((Lower Limb Biomechanic*) OR (Lower Limb Kinematic*))

AND (Step Down)) OR (Star Excursion Balance Test)) OR (Y Balance Test)) OR (Hop Test))". E os filtros utilizados foram: "Full Text", "Observacional Study".

RESULTADOS

Obtiveram-se 2081 artigos na literatura nas bases de dados selecionadas que se aproximaram do objetivo da estratégia de busca, porém 13 artigos atenderam e se associaram aos critérios de elegibilidade da busca, cujo objetivo era associar alterações biomecânicas com os testes funcionais. A seleção dos artigos estão expressos abaixo na **Figura 1**.

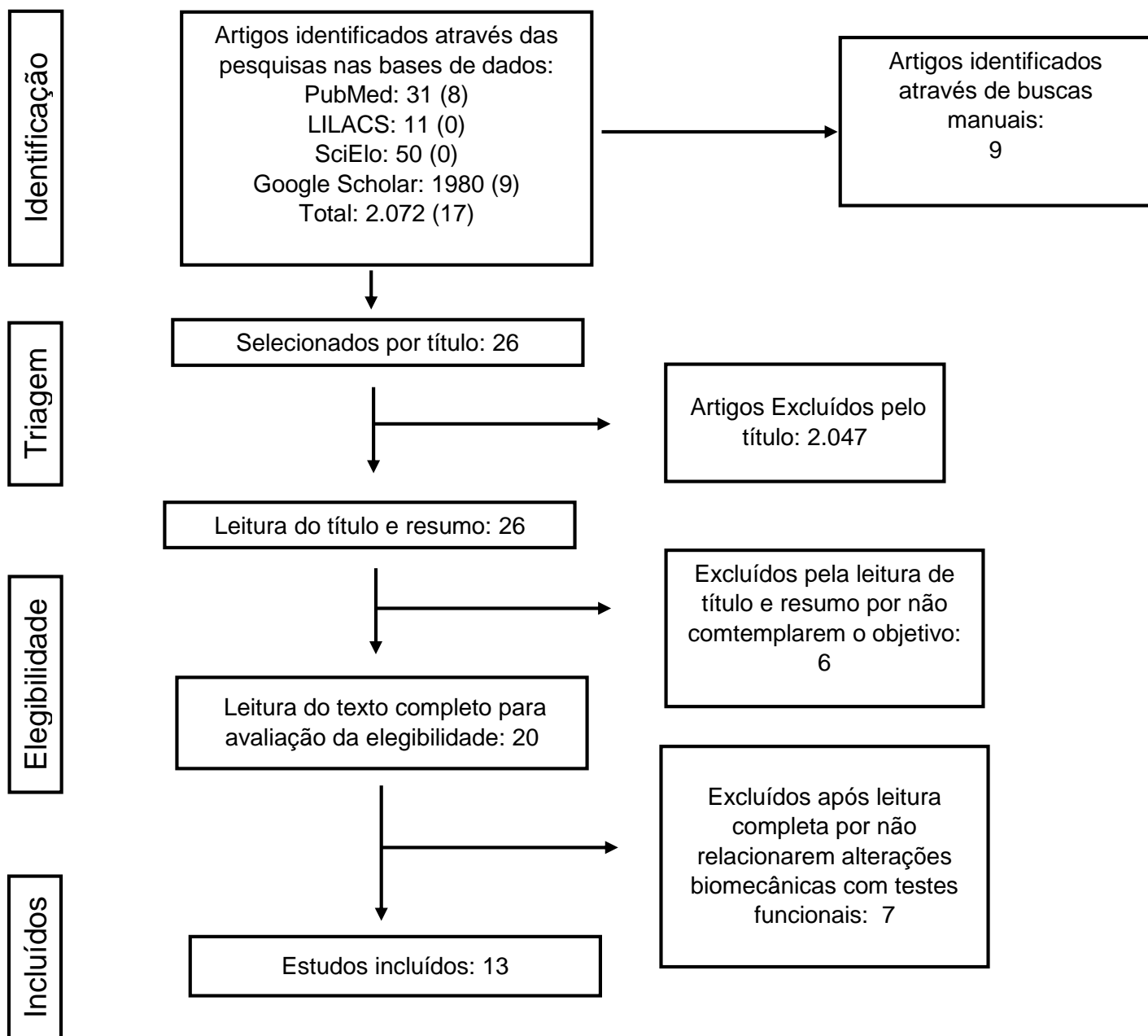


Figura 1. Fluxograma dos artigos que foram selecionados de acordo com o objetivo de relacionar alterações biomecânicas com os testes funcionais.

As variáveis biomecânicas abordadas nos artigos encontrados envolviam mobilidade e força muscular. E as variáveis dos testes funcionais abordaram padrão de movimento, sobrecarga e agilidade dos atletas.

Dos 13 artigos elencados em relação as variáveis biomecânicas, quatro abordam o ângulo de projeção do plano frontal do joelho (APPF), também conhecido como valgo dinâmico ^{13,14, 15 e 16}, três estudos abordam força de joelho ^{17,10,18} e quadril ^{12,10,18}, dois estudos abordam a Força do tornozelo ^{10,18} e Ângulo de tornozelo ^{11, 15, 7}, e para as demais variáveis apenas um artigo citado para cada uma e foram elas: o COP ¹¹, Ângulo de quadril ¹², Ângulo de joelho ¹², Força de abdômen ¹⁴, Força de valgo do joelho ¹⁷, Força de rotação interna do joelho ¹⁷, Estabilidade rotatória do FMS ⁹, Flexão de tronco do FMS ⁹, , Hipermobilidade geral ¹⁹, Tipos de pés ²⁰, Isocinética de joelho ⁷, Teste de força isométrica de glúteo médio ⁷ e Testes de estabilidade de tronco ⁷.

Já em relação as variáveis dos testes funcionais, Star Balance Teste e suas variações foram as variáveis mais citadas com oito artigos ^{11, 12, 9, 19, 14, 20, 15, 17, 7}, seguidas por Salto Vertical ^{13,10,20} e Step Down ^{13, 15, 16} cada um com três artigos, Salto horizontal contabilizando dois artigos ^{10,18}. Os próximos testes foram citados apenas uma vez em seus respectivos artigos: Teste de Agilidade T ⁹, Single Leg Stand ¹⁹, Agachamento unipodal ¹⁴, Teste de Dash de 40 jardas ²⁰ e Triplo Hop Teste ¹⁵.

Ao associar as variáveis biomecânicas e funcionais tomando como base o APPF, pode-se afirmar que não há diferença nos valores deste ângulo ao se relacionar sexo, idade e dominância; e houve um aumento de 4,5 ° neste ângulo durante Salto Vertical quando comparado ao Step Down ¹³. O APPF não modifica SEBT no lado dominante ^{14,15}, porém tem atuação no lado não dominante para deslocamento anterior ¹⁴ e para o teste total ¹⁵. Ainda em relação a dominância, o APPF pode modificar o Triplo Hop Teste, o Step Down Lateral e o Lunge teste no lado dominante ¹⁵. Para o lado não dominante, além do SEBT, o APPF modifica o Step Down Lateral ¹⁵. O APPF é maior no sexo feminino, porém não está relacionado ao Drop Pélvico no Step Down ¹⁶. O APPF não correlacionou com a força abdominal no SEBT e no Single Leg Stand ¹⁴.

A força do joelho esteve presente nas análises de aterrissagem tanto uni ^{17, 18} quanto bipodal ¹⁸, e foi observada pelo YBT ¹⁷ e como nos saltos horizontal ^{10, 18} e vertical ¹⁰. Quanto maior o pico de força do joelho maior a distância pósteromedial, quanto maior o pico de força de rotação interna maior a distância anterior e não houve correlação entre o pico de força do valgo de joelho e o resultado geral do YBT ¹⁷. Observou-se que no salto horizontal existe maior absorção de força pelo joelho do que em quadril e tornozelo, o que leva a um maior trabalho desta articulação ¹⁰. A maior absorção de força pelos extensores de joelho tanto no contato inicial como na aterrissagem total está relacionada ao maior aumento do valgo dinâmico tanto na aterrissagem bipodal como na unipodal ¹⁸. No salto vertical, a força de absorção da articulação do joelho é menor em relação a quadril e tornozelo, porém a força da articulação do joelho é maior que a do quadril ¹⁰.

Considerando a força de quadril, o pico de força desta articulação é maior que a do joelho na fase de impulsão do salto horizontal ¹⁰. Já na aterrissagem, a força de absorção de quadril é maior que a de tornozelo, o que leva a um aumento do trabalho desta articulação ¹⁰. Quanto menor a absorção da força pelos extensores de quadril na aterrissagem total, maior o valgo dinâmico. Essa mesma associação pode ser observada para os flexores plantares ¹⁸. Já para o mSEBT quanto maior a força dos extensores de quadril, maiores serão as distâncias Pósteromedial (PM), Pósterolateral (PL) e o índice composto ¹².

Na fase de impulsão do salto horizontal, o pico de força do tornozelo é maior que a do quadril ¹⁰. O mesmo acontece no salto vertical e foi possível observar que a força no tornozelo tem maior contribuição do que a do quadril ¹⁰. Na fase de aterrissagem bipodal do salto horizontal, uma menor absorção da força dos flexores plantares levou a um aumento do valgo dinâmico ¹⁸.

Maior ângulo de tornozelo direito pode aumentar a distância PM no SEBT ¹¹. Quanto menor o ângulo de tornozelo (observado pelo Lunge Teste) maior o valgo dinâmico (observado no APPF) no lado da perna dominante ¹⁵. A área do Centro de Pressão (COP - gravidade) da perna direita modifica a distância anterior de forma proporcional ¹¹

Em corredores com alto risco de lesão menor flexão de quadril aumenta distância anterior, maior flexão de quadril aumenta distância PM do SEBT ¹². Para esta mesma população, um aumento da flexão de joelho leva a um aumento da distância anterior e aumento da distância PL ¹². Já nesta mesma direção PL não houve significância segundo Ortega ¹¹.

A força do abdômen não se correlacionou com SEBT e o FPPA durante SLS em ambas as pernas ¹⁴. O pico de força do valgo do joelho não obteve correlação com YBT e quanto menor o pico de força da rotação interna maior a deslocamento Anterior (ANT) ¹⁷.

Quanto menor estabilidade rotatória no Functional Movement Screenig (FMS), maior a distância PL do SEBT ⁹. E quanto menor flexão de tronco no FMS, maior agilidade no teste T de agilidade⁹. A hipermobilidade geral levou a um menor tempo no SLS e a menores valores de distância no SEBT, com exceção apenas das direções Posterior (POST) e PM ¹⁹. O pé cavo obteve maiores valores de deslocamento no SEBT, menor tempo de Sprint no Teste de Dash de 40 jardas e maior distância no salto vertical ²⁰.

As modalidades apresentadas nos artigos foram: Netball (2), Corrida de curta distância, Atletismo júnior, Corredores com alto risco de lesão, Voleibol (4), Basquete (3), Handball, Atletas amadores, Futebol (2), Futsal. A tabela com todos os dados mais explícitos no quadro abaixo.

Quadro 1: Artigos que relacionaram alterações biomecânicas com testes funcionais em atletas, entre os anos 2015 e 2021

Autor/Ano	Objetivo	Método	Resultados
<i>Soper et al., 2015</i>	Compara o desempenho em uma série de testes funcionais de controle de movimento entre participantes com e sem GJH (Hiper mobilidade das articulações em geral).	27 netballers; 19,3±3,7 anos Goniometria Single Leg Stand SEBT Questionário Score Beighton	Prevalência de hiper mobilidade = 63%. Single Leg Stand Test= menor tempo no grupo hiper móvel (p>0,05) SEBT: menores valores de distância no grupo hiper móvel com exceção das direções posterior e postero medial (p>0,05)
<i>Sudhakar et al., 2018</i>	Explorar as relações entre vários arcos do pé, equilíbrio dinâmico e desempenho de velocidade em corredores de curta distância	30 corredores masculinos curta distância; média de 22 anos por grupo. Amostra foi dividida em três grupos: pé plano, neutro e cavo. SEBT 40 Yard Dash Test (Teste de Dash de 40 jardas) Salto Vertical	SEBT: Pé plano 72±9,3 Pé neutro 79,1±6,4 Pé cavo 84,7±2,3 (p<0,01) 40 Yard Dash Test (Sprint): Pé plano 6,7±0,5 Pé neutro 5,9±0,7 Pé cavo 5,3±0,4 (p<0,01) Salto Vertical: Pé plano 41,9±3,8 Pé neutro 45,9±2,5 Pé cavo 49±4,4 (p<0,01)
<i>Affandi et al., 2019</i>	Avaliar a relação entre força do core e equilíbrio dinâmico e ângulo de projeção no plano frontal do joelho (FPPA) durante SLS em atletas juniores masculinos	32 homens atletas júnior; entre 13 e 18 anos Critérios de inclusão: atletas que apresentaram valores normais de FPPA (entre 3 e 8 graus) no salto vertical Single Leg Squat (Agachamento unipodal) Prancha modificada (tempo) SEBT	Prancha modificada = média 113,37±19,96s A força do abdômen não se correlacionou com FPPA durante SLS em ambas as pernas (p>0,05) A força do abdômen não apresentou correlação com SEBT (p>0,05). SEBT na direção ântero-medial da perna não dominante apresentou moderada correlação com FPPA (r=0,37) (p>0,05) SEBT da perna dominante não apresentou correlação com FPPA (P>0,05)
<i>Santos et al., 2019</i>	Relação entre a cinemática do tronco e	39 participantes entre 18 e 60 anos Extensores de tronco	- Menor flexão de quadril e maior flexão de joelho do membro de suporte de corredores com alto risco de lesão foram

	dos membros inferiores e a força com o desempenho no mSEBT de corredores com alto risco de lesão	Flexores laterais do tronco Abdutores do quadril Rotadores externo do quadril Extensores do quadril mSEBT	associadas com a maior distância de alcance ANT no mSEBT ($r = 0.67$; $p < 0.01$) - Maior flexão de quadril foi associado com maior alcance PM ($r=0.39$; $p=0.01$) e maior flexão de joelho foi associado com maior alcance PL ($r= 0.48$; $p=0.01$). - A força dos extensores de quadril do membro de suporte foi associada com o alcance PM ($r = 0.37$; $r^2= 0.14$; $p = 0.017$), o alcance PL ($r=0.33$; $p=0.04$) e o índice composto (ANT+PL+PM) ($r=0.40$; $p=0.01$)
<i>Paz et al., 2019</i>	Testar se a FPPA do joelho mudou em função do membro, sexo ou atividade, e se os efeitos associados a qualquer um desses fatores eram dependentes sobre os outros	29 H e 31 M; 13.6 ± 1.1 anos Drop Vertical Jump (Salto Vertical) Step Down Test Análise cinemática bidimensional	Não houve diferença significativa entre tarefa, membro e sexo ($p=0.52$), entre tarefa e sexo ($p=0.07$), entre tarefa e membros ($p=0.89$) ou membros e sexo ($p=0.35$). O FPPA do joelho foi 4,5 graus maior durante a DVJ quando comparada à SDT ($p=0,01$) Entre tarefas e sexo, o FPPA do joelho não foi maior para o membro preferido versus o membro não preferido.
<i>Chang et al., 2020</i>	Investigar as relações entre FMS, SEBT e resultados de testes de aptidão física e examinar as diferenças nessas avaliações em grupos com alto e baixo risco de lesão esportiva	32 atletas Junior (volei, basquete e handball); $16:06 \pm 0:21$ anos FMS SEBT Agility T Test Injury Risk Determination	Não houve diferença entre os grupos de maior e menor risco de lesão ao realizar os testes Correlação negativa entre o alcance PL do SEBT e a estabilidade rotatória do FMS ($r = -0,23$ e $p=0,03$). O teste T de agilidade ($r=-0,57$ e $p=0,006$) demonstrou correlação negativa com a flexão de tronco FMS;
<i>Ortega et al., 2020</i>	Quais fatores de movimento e equilíbrio mais contribuem para alcançar a assimetria de	36 participantes: 20 basquete homens (20.1 ± 1.3) e 16 vôlei mulheres (19.6 ± 1.2) Comprimento da perna	ANT: - A área do COP lado direito ($p= 0,015$) foi preditor significativo PM:

	distância durante o teste SEBT em atletas universitários da Divisão I	Teste estático e centro funcional da articulação do quadril SEBT: 3 direções com 120° de diferença entre eles. Anterior, pósteromedial e pósterolateral	- O ângulo máximo do tornozelo direito foi preditor individual significativo ($p=0,023$) PL: - Não teve significância
<i>Boey et al., 2020</i>	Investigar se os momentos do joelho durante a fase de aceitação de peso de um salto unipodal para a frente para distância máxima foram correlacionados com os escores de alcance no Y-Balance Test (YBT)	22 mulheres netballers; 23,2±3,8 anos Single-leg Jump Landing for Maximal Distance Single-leg Hop Test Valores cinemáticos e cinéticos do joelho YBT	Aterrissagem Unipodal: O pico de força do joelho teve forte correlação com a direção PM ($r=0,56$) ($p<0,01$) O pico de força da rotação interna de joelho teve correlação moderada e negativa com a direção ANT ($p<0,05$) O pico de força do valgo do joelho não obteve correlação com YBT ($p>0,05$)
<i>Kotsifaki et al., 2021</i>	Identificar, comparar e interpretar diferenças biomecânicas específicas dos membros inferiores ou semelhanças entre um salto vertical e horizontal durante a fase de propulsão e aterrissagem para avaliar ou treinar características funcionais específicas	20 homens; 28,9±3,6 anos Vertical Hop Test (Salto Vertical) Horizontal Hop Test (Salto Horizontal)	Fase de impulsão: Salto horizontal: Pico de força do tornozelo foi maior que quadril ($d=3,23$) e joelho ($d=5,38$) ($p<0,01$) Pico de força do quadril foi maior que o de joelho ($d=3,15$) ($p<0,01$) Não houve diferença entre força gerada no quadril e de tornozelo, porém ambas foram maiores que a força gerada no joelho ($p<0,01$) Salto Vertical: O pico de força do tornozelo foi maior que o do quadril ($d=1,54$) e do joelho ($d=1,38$) ($p,0,01$) A força do tornozelo teve maior contribuição para a impulsão do que a articulação do quadril ($d=0,42$) ($p<0,05$)

			<p>Fase de aterrissage:</p> <p>Salto horizontal:</p> <p>O pico da força de absorção do joelho foi maior que a do quadril (d=1,49) e do tornozelo (d=3,18) (p<0,1)</p> <p>O pico da força de absorção do quadril foi maior que a do tornozelo (d=1,58) (p<0,1)</p> <p>O trabalho da articulação do joelho foi maior do que a do quadril (d= 3, 59) e do joelho (d=5,22) (p<0,01)</p> <p>O trabalho da articulação do quadril foi maior que a do tornozelo (d= 1,99) (p<0,01)</p> <p>Salto Vertical:</p> <p>Não houve diferença entre o pico da força de absorção de tornozelo e quadril (p>0,05), no entanto o pico da força de absorção do joelho foi menor que a de quadril (d= 0,60) e do tornozelo (d=0,90) (p<0,01)</p> <p>Não houve diferença entre o trabalho da articulação de tornozelo em relação ao quadril ou joelho (p>0,05)</p> <p>A força da articulação do joelho foi levemente maior do que a do quadril (d=0,34) (p<0,05)</p>
<p><i>Dadfar et al., 2021</i></p>	<p>Comparar estratégias de MEA de extremidades inferiores nos planos de movimento sagital e frontal nas fases IC e TL de tarefas SLL e DLL em participantes do sexo feminino exibindo DKV (Valgo Dinâmico) durante a puberdade</p>	<p>28 meninas entre 10 e 14 (12,41±2,04) anos, com história regular de prática de vôlei ou basquete</p> <p>Critérios de inclusão: apresentar valgo dinâmico no SLS</p> <p>Single Leg Landing Test (Salto horizontal unipodal)</p> <p>Double Leg Landing Test (Salto horizontal bipodal)</p>	<p>Aterrissagem unipodal</p> <p>Força de absorção dos extensores de joelho no contato inicial (r=0,61) e na aterrissagem total (r=0,53) apresentou correlação positiva para aumento do ângulo do valgo dinâmico de joelho (p<0,01)</p> <p>Força de absorção dos extensores de quadril na aterrissagem total (r=-0,51) e dos flexores plantares de tornozelo (r=-0,48) apresentaram correlação negativa com aumento do angulo valgo dinâmico do joelho</p> <p>Aterrissagem bipodal:</p>

			<p>Força de absorção dos extensores de joelho no contato inicial ($r=0,6$) e na aterrissagem total ($r=0,53$) obtiveram correlação positiva com o aumento do ângulo do valgo dinâmico do joelho</p> <p>Força de absorção dos flexores plantares ($r= -0,40$) obteve correlação negativa com aumento do ângulo do valgo dinâmico do joelho</p>
<i>Stoelben et al., 2021</i>	Investigar se o desempenho em testes clínicos pode prever o ângulo e o momento do joelho no plano frontal durante saltos de queda bilaterais	51 Atletas amadores homens, entre 18 e 30 anos; $24\pm 3,0$ anos FPPA SEBT Triplo Hop Teste Step Down Lunge Test (ADM de dorsiflexão)	O FPPA da flexão de joelho máxima pode ser predito pelo Triplo Hop Teste, Step Down Lateral e pelo Lunge Test para o membro dominante e pelo SEBT e Step Down Lateral para o membro não dominante
<i>Silva et al., 2021</i>	Avaliar o alinhamento do joelho no plano frontal e o equilíbrio pélvico durante a descida de um degrau comparando atletas de futebol feminino e masculino	38 indivíduos, 19 H ($16,4\pm 0,69$) anos e 19 M ($15,9\pm 1,43$) anos; FPPA Drop Pélvico (Step Down)	<p>Masculino: FPPA $3,91\pm 2$ graus Drop Pelvico 9 ± 3 cm</p> <p>Feminino: FPPA $9,42\pm 1,65$ graus Drop Pelvico $9,67\pm 3,25$ cm</p> <p>Não houve correlação entre FPPA e Drop Pelvico para ambos os sexos</p>
<i>Silva et al., 2021 (b)</i>	Avaliar o perfil biomecânico e nível de simetria entre os membros de atletas de futebol e futsal feminino do Distrito Federal	63 atletas de alto rendimento de futsal (67%) e 31 de futebol (33%) 14 a 44 anos Lunge Test Teste de força isométrica de glúteo médio Isocinética do joelho	<p>Dominância das atletas, 88,29% das jogadoras eram destros</p> <p>Houve diferença entre os membros para a rotação interna do quadril ($p=0,02$)</p> <p>Pico de torque de flexão do joelho ($p<0,001$)</p> <p>Relação I/Q ($p=0,02$)</p> <p>Na direção pósterolateral do Y Balance Test ($p<0,001$)</p>

		Y Balance Test (YBT) Testes de estabilidade de tronco	
--	--	--	--

Legenda: Teste estático e centro funcional da articulação do quadril: Teste utilizando marcadores para indicar os segmentos do corpo, usando medidas cinemáticas da postura. O centro funcional do quadril foi medido através dos movimentos do quadril em vários planos, a fim de obter valores das amplitudes.

- (m)SEBT: Star Excursion Balance Test (modificado) - COP: Centro de Pressão - ANT: Anterior - PM: Pósterio-Medial - PL: Pósterio-Lateral - FPPA: Ângulo de projeção no plano frontal - DVJ: Drop Vertical Jump - SDT: Step Down Test - FMS: Functional Movement Screen - SLS: Single Leg Squat - YBT: Y Balance Test - MEA: Absorção de Energia Mecânica - IC: Contato Inicial - TL: Aterrissagem Total - SLL: Single-Leg Landing - DLL: Double-Leg Landing - DKV: Valgo dinâmico do joelho - Relação I/Q: relação dos ísquiostibiais e quadríceps

p≤0,05

DISCUSSÃO

Este estudo teve a proposta de sumarizar artigos que relacionasse as alterações biomecânicas com testes funcionais em atletas. Os estudos revelaram que podem existir relações entre a alteração da biomecânica e a realização de testes funcionais em atletas, o que pode influenciar no desempenho esportivo nas mais diversas modalidades.

O APPF do joelho é o nome técnico para o que se convencionou denominar de valgo dinâmico de joelho no Brasil. Este ângulo parece ser maior no sexo feminino, com a diferença média de 4, 5°¹⁶. Corroborando com esse achado o estudo de Wojtys²¹ encontrou que as mulheres apresentam maiores picos de rotação interna da perna em relação aos homens, o que causa menor ativação muscular protetora e maior risco de lesão ligamentar. As razões para as diferenças biomecânicas já estão bastante documentadas na literatura, quanto a anatomia, questões hormonais e neuromusculares^{22,23}. Isso porque envolve estrutura corporal (alinhamento, tamanho), condicionamento físico, ciclo menstrual com as fases foliculares e ovulares que são mais sensíveis, frouxidão ligamentar, dimensão da fossa intercondilar, força muscular, além da interação do sapato com a superfície²⁴.

Apesar das alterações biomecânicas, anatômicas, hormonais e de proteção muscular, evidentes entre sexos, essas condições parecem não afetar o desempenho dos testes funcionais. Paz¹³ não encontrou diferenças no teste de salto vertical e no Step Down na comparação entre sexo, idade e dominância. Em adição, Barber-westin²⁵ também não encontrou diferença no Single Leg Hop Test e no Drop Jump Test, entre sexo e idade ao analisar atletas jovens entre 9 e 17 anos, ou seja, não houve diferença no desempenho dos testes.

A forma como a dominância pode ou não interferir nas alterações biomecânicas ou no desempenho dos testes funcionais ainda é uma incógnita, com resultados controversos. No lado dominante, o APPF não modificou SEBT¹⁴, porém pode modificar o Triplo Hop Test, o Step Down Lateral e o Lunge Test¹⁵. Já no lado não dominante, o APPF modificou o deslocamento ANT no SEBT¹⁴, o SEBT

total e o Step Down Lateral ¹⁵. Apesar dos autores não apresentarem explicações para seus achados, o estudo narrativo de Virgile ²⁶ traz que um membro preferido na realização de uma tarefa/teste, não necessariamente será o mesmo preferido ao realizar outros. E nem será sempre o superior ao desempenhar performance de equilíbrio, força, salto ou sprint. Essa reflexão reforça o pensamento atual de se trabalhar as assimetrias entre os membros, independente dessas diferenças estarem presentes no membro dominante/preferido ou não ⁷.

Considerando mobilidade articular, o Lunge Test avalia a amplitude de dorsiflexão da articulação do tornozelo e observou-se que menor ADM de dorsiflexão gera maior APPF/ valgo dinâmico ¹⁵ e que maior ADM de dorsiflexão aumenta deslocamentos no SEBT ¹¹. Além da mobilidade de dorsiflexão, existem outros fatores que podem influenciar o APPF do joelho, como por exemplo a condição neuromuscular. Sabe-se que maior absorção de força pelos extensores de joelho (Quadríceps) pode gerar aumento do APPF no momento da aterrissagem uni/bipodal ¹⁸.

Adicionalmente, o pico de força de rotação interna de joelho determina o quanto o joelho roda internamente ao aceitar carga como ocorre no YBT ou na aterrissagem ²⁷. A flexão de joelho na aceitação do peso e a consequente contração excêntrica do quadríceps e do vasto medial, produz rotação interna de joelho ²⁸. A rotação diminui quando, em contraposição, o bíceps femoral contrai com intensidade suficiente para equilibrar as forças, diminuindo, assim, o pico de força de rotação interna do joelho, o que, por sua vez, aumenta o deslocamento anterior no YBT ¹⁷.

O aumento da absorção de força pelos flexores plantares (gastrocnêmico/ sóleo) diminui o APPF/valgo dinâmico, devido a compensação da absorção de força pelos extensores de joelho na fase de TL comparado com o IC. Considerando que a população do estudo de Dadfar ¹⁸ é de atletas do sexo feminino com valgo dinâmico, é possível hipotetizar que a força de absorção dos flexores plantares do tornozelo esteja diminuída. Ainda sobre o valgo dinâmico, a força do abdômen não influenciou essa condição nos testes SEBT e SLS ¹⁸. O próprio autor (Affandi) faz uma reflexão crítica sobre a discrepância de sua amostra em relação aos diferentes níveis de condicionamento dos atletas, a presença de

ambos os sexos, a triagem dos testes e os tipos de testes feitos para avaliar a força do abdômen. Ele justifica que a população estudada por ele foi limitada (só atletas masculinos), que poderia ter utilizado a tecnologia 3D para a análise do SLS e o dispositivo isocinético na avaliação da força do core ¹⁴. A força dos extensores de quadril aumenta deslocamentos no mSEBT. Isso é explicado pelas estratégias adotadas pelos corredores para contrabalançar os efeitos do movimento do membro de balanço e centro de massa corporal para manter o equilíbrio durante a realização do teste ¹².

Sobre a força do abdômen, a literatura sugere que os músculos abdominais que estabilizam a coluna lombar aumentam o deslocamento no SEBT ²⁹ pois dão apoio para os movimentos de membros inferiores. O resultado diferente do estudo de Affandi ¹⁴ pode ser devido à população estudada ser do sexo masculino, com alto nível de condicionamento físico e foram triados para não ter na amostra pessoas com valgo dinâmico excessivo, o que comprometeu a associação entre força abdominal e APPF ¹⁴.

Para entender melhor a correlação de forças que ocorrem nos membros inferiores durante o desempenho de testes funcionais, como YBT, saltos horizontais e verticais, com apoio uni ou bipodal, se faz necessário abordar todas as articulações envolvidas e suas interações. Tomando os saltos, horizontais ou verticais, para análise e considerando a fase de impulsão, observa-se uma sequência de atuação nas articulações, iniciando com o pico de força no quadril, seguindo para joelho e tornozelo, respectivamente ¹⁰. Essa sequência se altera na fase de aterrissagem e a depender do tipo de salto.

Quanto a validade dos testes funcionais citados, não foram encontrados artigos que relatassem sobre a validação, somente artigos citando que os testes são validados e qual o objetivo dos mesmos. Seria interessante a validação dos testes para dar maior confiabilidade para os avaliadores.

Na aterrissagem do salto horizontal, o tornozelo e quadril iniciam a absorção, mas a maior parte do trabalho é feita pelo joelho. Já no salto vertical, existe maior atuação do tornozelo, seguido pelo joelho e quadril, quase simultaneamente ¹⁰.

A proporção da atuação dessas articulações, nas fases de impulsão e aterrissagem, também difere de acordo com o tipo de salto. No salto horizontal, na fase de impulsão, o quadril é responsável por gerar 44,3% da força de impulsão, o joelho 12,9% e o tornozelo, 42,8%. Na fase de aterrissagem, o quadril absorve 23,9% da força, o joelho, 64,7% e o tornozelo, 11,4% ¹⁰.

Para o salto vertical, os valores se alteram na fase de impulsão, em que o quadril gera 31,2% da força de impulsão, o joelho 34,1% e o tornozelo, 34,7%. E mantem alguma similaridade com a aterrissagem, com o quadril absorvendo 29,2% da força, o joelho, 34,3% e o tornozelo, 36,5% ¹⁰.

A área do COP da perna direita modifica a distância anterior de forma proporcional ¹¹. A explicação é dada pelas estratégias adotadas para contrabalançar os efeitos do movimento do membro de balanço e do centro de massa corporal para manter o equilíbrio durante o mSEBT, ao fazer extensão de quadril ¹².

Em corredores com alto risco de lesão, menor flexão de quadril aumenta distância anterior, maior flexão de quadril aumenta distância PM ¹². Para esta mesma população, um aumento da flexão de joelho leva a um aumento da distância anterior e aumento da distância PL ¹². Isso acontece pelos extensores do quadril serem recrutados para resistir ao momento de flexão externa do quadril resultante da força da gravidade que atua no tronco e na pelve e pela anteriorização do tronco e da pelve em comparação com o eixo do quadril ¹².

Quanto menor estabilidade rotatória no FMS, maior a distância PL do SEBT ⁹. O que não é favorável no desempenho do teste pois se torna uma compensação negativa, com aumento de forças adversas no movimento rotatório de tronco. Com isso foi sugerido no artigo que sejam avaliadas a estabilidade do core para manter a estabilidade postural durante a performance do movimento de extremidades. Outro achado relacionado ao tronco no FMS diz que quanto menor flexão de tronco, maior resposta no teste T de agilidade, assim uma melhor estabilidade do músculo do core e controle do equilíbrio dinâmico do deslocamento anterior, melhor será a performance de agilidade ⁹.

A hipermobilidade geral levou a um menor tempo no SLS e a menores valores de distância no SEBT, com exceção apenas das direções POST e PM. O déficit observado no controle postural entre participantes hipermóveis podem ser atribuídos a déficits proprioceptivos. Estudos anteriores indicaram que o exercício melhora significativamente o equilíbrio e a propriocepção em indivíduos hipermóveis ¹⁹.

O pé cavo obteve maiores valores de deslocamento no SEBT, menor tempo de Sprint no Teste de Dash de 40 jardas e maior distância no salto vertical. Isso pode ser explicado por que o pé cavo tem contato mais rápido do antepé e gasta menos tempo no retropé nas fases de apoio do que pé plano. Esses dados sugerem que atletas com pé cavo podem ser possíveis candidatos para desempenho de corrida em velocidade e equilíbrio dinâmico como atividades em geral. Isso pode ser um achado muito importante para os atletas com o pé plano, já que pode levar a algumas lesões por uso excessivo que afetam o desempenho da velocidade e o equilíbrio dinâmico desses atletas. O estudo sugeriu que, se os problemas do arco do pé forem diagnosticados mais cedo, podem diminuir as lesões em atividades atléticas e esportivas ²⁰.

Este estudo teve também a perspectiva de incentivar novos trabalhos, por ainda ser necessária a investigação mais aprofundada sobre esses achados e seus impactos. Além de uma maior amostra e melhor comparação entre as duas populações de forma mais homogênea.

IMPLICAÇÕES CLÍNICAS E FUNCIONAIS

Essas informações trazem implicações clínicas importantes, pensando em sobrecarga ligamentar de joelho. Na fase de impulsão, o joelho apresenta maior atuação e conseqüente sobrecarga de contração na impulsão, no salto vertical e na fase de aterrissagem, o joelho terá maior sobrecarga para absorção de forças, no salto horizontal. Para se avaliar o joelho como um todo, o ideal é que tanto o salto horizontal como o vertical sejam avaliados para determinação prognóstica.

Menor ADM de dorsiflexão, maior absorção de força pelo quadríceps/vasto medial, menor intensidade de contração do bíceps femoral e menor absorção de força pelos flexores plantares são condições que podem aumentar o APPF.

Uma avaliação clínica completa deve considerar as possíveis assimetrias entre os membros inferiores e tronco independente da dominância ou preferência tanto para as variáveis biomecânicas quanto para as variáveis funcionais.

Os examinadores devem avaliar a estabilidade de tronco dos atletas ao realizarem o SEBT.

Este estudo sugere que profissionais que trabalham com avaliação acompanhem os atletas para verificar possível associação entre pé plano e lesão por *overuse*.

CONCLUSÃO

A partir da análise dos estudos, foi observado que podem existir relações entre a alteração da biomecânica e a realização de testes funcionais em atletas. Mas ainda são desfechos controversos e incertos, pois os achados de alterações da biomecânica não necessariamente impactam no desempenho dos testes funcionais.

REFERÊNCIAS

1. Amadio AC, Serrão JC. A biomecânica em educação física e esporte . Rev Bras Educ Fís Esporte [Internet]. 1 de dezembro de 2011 [citado 15 de junho de 2022];25(spe):15-24. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rbefe/article/view/16839>
2. Amadio AC, Duarte M. Fundamentos biomecânicos para a análise do movimento humano. 1996. 162 p.
3. Liporaci RF, Saad M, Grossi DB, Riberto M. Clinical Features and isokinetic Parameters in Assessing Injury Risk in elite Football Players. Int J Sports Med. 2019;40(14):903–8.
4. Yazdi H, Torkaman A, Ghahramani M, Moradi A, Nazarian A, Ghorbanhoseini

- M. Short term results of anterior cruciate ligament augmentation in professional and amateur athletes. *J Orthop Traumatol*. 2017;18(2):171–6.
5. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a Predictor of Lower Extremity Injury in High School Basketball Players. <https://doi.org/10.2519/jospt20062244> [Internet]. 2006 Dec 1 [cited 2022 May 7];36(12):911–9. Available from: <https://www.jospt.org/doi/abs/10.2519/jospt.2006.2244>
 6. Hägglund M, Waldén M, Magnusson H, Kristenson K, Bengtsson H, Ekstrand J. Injuries affect team performance negatively in professional football: An 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *Br J Sports Med*. 2013;47(12):738–42.
 7. Silva, Pedro Nunes ; Vicente, Bruno Rodrigues; Santos DM dos;, Rocha, Yago Rean de Lima; Oliveira, Arlane Carvalho; Borges, José Humberto Souza; Júnior, Paulo Lobo; Oliveira M. Avaliação Biomecânica De Atletas De Futebol E Futsal Feminino. 2021;125–36.
 8. Nilstad A, Andersen TE, Bahr R, Holme I, Steffen K. Risk factors for lower extremity injuries in elite female soccer players. *Am J Sports Med*. 2014;42(4):940–8.
 9. Chang WD, Chou LW, Chang NJ, Chen S. Comparison of Functional Movement Screen, Star Excursion Balance Test, and Physical Fitness in Junior Athletes with Different Sports Injury Risk. *Biomed Res Int* [Internet]. 2020 [cited 2022 Apr 14];2020. Available from: </pmc/articles/PMC7136771/>
 10. Kotsifaki A, Korakakis V, Graham-Smith P, Sideris V, Whiteley R. Vertical and Horizontal Hop Performance: Contributions of the Hip, Knee, and Ankle. *Sports Health* [Internet]. 2021 Mar 1 [cited 2022 Apr 14];13(2):128–35. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33560920/>
 11. Ortega SL, Ibarra S, Pierce R, Levy S, Gombatto SP. Kinematic and kinetic factors associated with leg reach asymmetry during the Star Excursion Balance Test in division I athletes. *Phys Ther Sport* [Internet]. 2020;45:63–70. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2020.05.012>

12. Santos L, Pinheiro P, Melo J De, Franco N, Bittencourt N, Rezende T, et al. Brazilian Journal of Lower limb kinematics and hip extensors strengths are associated with performance of runners at high risk of injury during the modified Star Excursion Balance Test. *Brazilian J Phys Ther* [Internet]. 2019;(xx). Available from: <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2019.07.011>
13. Paz GA, Maia M de F, Santana HG, Miranda H, Lima V, Willson JD. Knee frontal plane projection angle: A comparison study between drop vertical jump and step-down tests with young volleyball athletes. *J Sport Rehabil*. 2019;28(2):153–8.
14. Affandi NF, Mail MSZ, Azhar NM, Shaharudin S. Relationships between core strength, dynamic balance and knee valgus during single leg squat in male junior athletes. *Sains Malaysiana*. 2019;48(10):2177–83.
15. Society I, Conference S. COMBINATIONS OF CLINICAL TESTS PREDICT FRONTAL PLANE KNEE ANGLE AND MOMENT IN BILATERAL DROP JUMP Karine JV Stoelben¹ , Andressa L Lemos¹ , Evangelos Pappas² , Felipe P Carpes¹ University of Pampa , Urugaiana , RS , Brazil ²The University of Wollongong ,. 2021;168–71.
16. Silva FM Da, Canêz DB, Madeira AR, Ferreira GD. Dynamic Knee Alignment and Pelvic Balance: Comparison Regarding Gender in Young Soccer Athletes. *Rev Bras Ortop* [Internet]. 2021 Jun 4 [cited 2022 May 13];56(2):175–80. Available from: <http://www.scielo.br/j/rbort/a/V84PcswydRfGmmxtNjcX37b/?format=html&lang=en>
17. Boey D, Lee MJ. THE RELATIONSHIP BETWEEN Y-BALANCE TEST SCORES AND KNEE MOMENTS DURING SINGLE-LEG JUMP-LANDING IN NETBALL. *Int J Sports Phys Ther* [Internet]. 2020 Oct [cited 2022 May 13];15(5):722. Available from: [/pmc/articles/PMC7575156/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34811156/)
18. Dadfar M, Soltani M, Novinzad MB, Raahemifar K. Lower extremity energy absorption strategies at different phases during single and double-leg landings with knee valgus in pubertal female athletes. *Sci Reports* 2021 111 [Internet].

2021 Sep 1 [cited 2022 May 13];11(1):1–10. Available from:

<https://www.nature.com/articles/s41598-021-96919-y>

19. Soper K, Simmonds J V., Kaz Kaz H, Ninis N. The influence of joint hypermobility on functional movement control in an elite netball population: A preliminary cohort study. *Phys Ther Sport*. 2015 May 1;16(2):127–34.
20. Sudhakar S, Kirthika SV, Padmanabhan K, Kumar GM, Nathan CVS, Gopika R, et al. Impact of various foot arches on dynamic balance and speed performance in collegiate short distance runners: A cross-sectional comparative study. *J Orthop [Internet]*. 2018;15(1):114–7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jor.2018.01.050>
21. Wojtys EM, Huston LJ, Schock HJ, Boylan JP, Ashton-Miller JA. Gender Differences in Muscular Protection of the Knee in Tor... : *JBJS [Internet]*. 2003 [cited 2022 Jun 5]. p. 782–9. Available from: https://journals.lww.com/jbjsjournal/Abstract/2003/05000/Gender_Differences_in_Muscular_Protection_of_the.2.aspx
22. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS, Colosimo AJ, Mclean SG, et al. Biomechanical Measures of Neuromuscular Control and Valgus Loading of the Knee Predict Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Female Athletes A Prospective Study. 2005;45229:492–501.
23. Ruedl G, Webhofer M, Helle K, Strobl M, Schranz A, Fink C, et al. The American Journal of Sports Medicine Leg Dominance Is a Risk Factor for Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Recreational Skiers. 2012;
24. Arendt, Elizabeth; Dick R. Knee Injury Patterns Among Men and Women in Collegiate Basketball and Soccer. 1993;694–701.
25. Barber-westin SD, Noyes FR, Galloway M. Jump-Land Characteristics and Muscle Strength Development in Young Athletes A Gender Comparison of 1140 Athletes 9 to 17 Years of Age. :375–84.
26. Virgile A, Bishop C. A Narrative Review of Limb Dominance : Task Specificity

and the Importance of Fitness Testing. 2021;92–5.

27. Earl JE, Hertel J. Lower-Extremity Muscle Activation During the Star Excursion Balance Tests. :93–104.
28. L D, K G, H S. Correlation of the Y-Balance Test with Lower-limb Strength of Adult Women. 2014;50–2.
29. Kahle NL, Gribble PA. Core Stability Training in Dynamic Balance Testing Among Young, Healthy Adults. Athl Train Sport Heal Care. 2009 Jan;1(2):65–73.