

Bárbara Messias Gosling

**EFEITOS DO MOVIMENTO DE MEMBROS INFERIORES E TRONCO NA
SOBRECARGA ARTICULAR E PERFORMANCE DURANTE O SAQUE DO TÊNIS:**
uma revisão da literatura

Belo Horizonte

Universidade Federal de Minas Gerais

Escola De Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

2018

Bárbara Messias Gosling

**EFEITOS DO MOVIMENTO DE MEMBROS INFERIORES E TRONCO NA
SOBRECARGA ARTICULAR E PERFORMANCE DURANTE O SAQUE DO TÊNIS:**
uma revisão da literatura

Trabalho acadêmico apresentado ao curso de pós graduação em Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de pós graduada em Fisioterapia Ortopédica e Traumatológica.

Orientadora: Joana Hornestam

Belo Horizonte

Universidade Federal de Minas Gerais

Escola De Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

2018

RESUMO

O saque é um dos golpes mais importantes do tênis. Ele é diretamente associado a um bom desempenho do jogador e pode ser decisivo em uma partida. Entretanto, o saque possui uma execução complexa, seguindo uma sequência de movimentos, o que se relaciona com a cadeia cinética. Esta, por sua vez, permite a geração e transferência de energia pelos segmentos corporais, levando a um bom desempenho esportivo ou, por falhas, ao aparecimento de lesões. O presente estudo teve como objetivo verificar na literatura os efeitos causados pelos membros inferiores e pelo tronco durante o saque no tênis. Para tal, foram realizadas buscas de artigos nas bases científicas PubMed, Medline, PEDro, Scielo e Lilacs nos idiomas português e inglês. Os termos a seguir foram utilizados na busca, bem como suas devidas combinações: transferência de energia, biomecânica, membros inferiores, tronco, saque e tênis. Foram encontrados 77 estudos e escolhidos 15 estudos entre 2007 e 2017 com abordagens de tenistas jovens e adultos e análise do uso dos membros inferiores e do tronco durante o saque. Em conclusão, foram encontradas fortes evidências de que os membros inferiores e o tronco são fundamentais para um saque de alta velocidade bem como fatores causais para lesões em tenistas.

Palavras-chave: Transferência de energia. Tênis. Saque. Desempenho. Lesões.

ABSTRACT

The tennis serve is one of most important strokes in tennis, directly associated with a good performance and can be crucial in a tennis match. However, tennis serve has a complex execution, with a sequence of movements and related to kinetic chain. This, allows the generation and energy transfer throughout the body, related to a good performance or some injuries. For that, we researched the PubMed, Medline, PEDro, Scielo and Lilacs databases using words both in English and Portuguese: energy transfer, biomechanics, lower limbs, trunk, tennis serve. The combinations of this words were used. So, we found 77 studies and choose 15 studies between 2007 and 2017 that showed up discussions and results about lower limbs and trunk in the tennis serve with tennis players. In conclusion, we found strongly evidences that lower limbs and trunk are important to achieve a high velocity serve and could be a factor to injuries in tennis players.

Keywords: Energy transfer. Tennis serve. Performance. Injuries.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	9
3 RESULTADOS	11
4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	15
5 CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS.....	25

1 INTRODUÇÃO

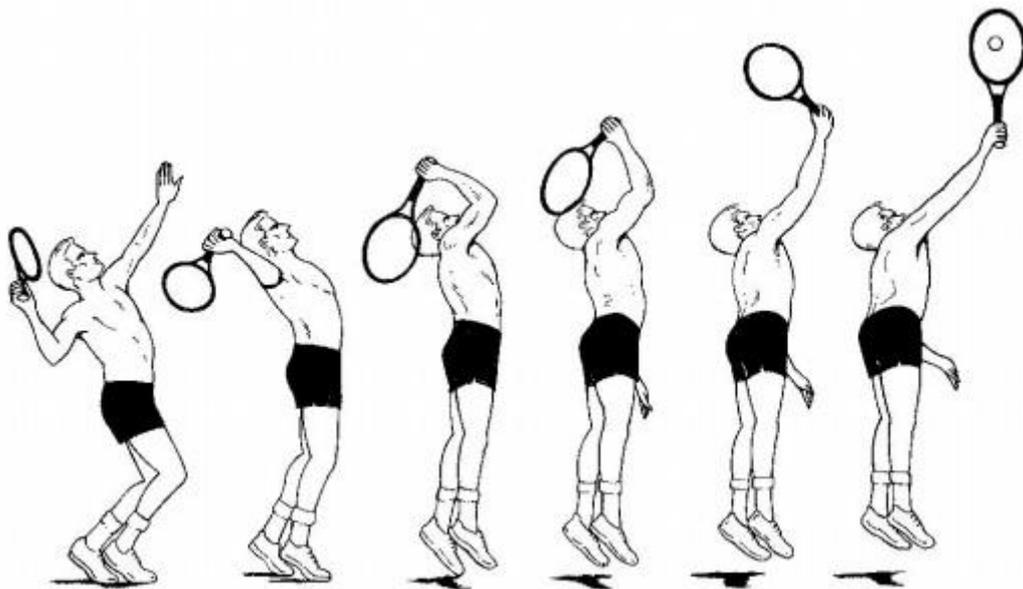
O saque é um dos golpes mais importantes do jogo de tênis (CASTRO; ISHIZAKI *et al.*, 2006). Um bom saque confere ao jogador vantagem diante de seu adversário, possibilitando ditar o ritmo do jogo (JOHNSON *et al.*, 2006). Entretanto, a execução do saque é complexa e de difícil domínio, uma vez que os braços prescrevem padrões de movimento e ritmos diferentes entre si e devem sincronizar-se aos movimentos dos membros inferiores e do tronco (ELLIOTT; KILDERY *et al.*, 1983). Este golpe segue normalmente uma sequência de movimentos (cadeia cinética) que começa com o movimento de membros inferiores, seguido de rotações de tronco e movimentos com membros superiores (ELLIOTT *et al.*, 2003). Segundo Kibler *et al.* (1995), 51% da energia cinética total e 54% da força total observada durante o saque no tênis são geradas nos membros inferiores, quadris e tronco. A cadeia cinética permite geração, adição e transferência de energia mecânica entre segmentos que podem otimizar a performance esportiva (ex: com o aumento da velocidade da bola) e minimizar a chance de sobrecarga (ELLIOTT *et al.*, 2006; ELLIOTT *et al.*, 2003; MARTIN *et al.*, 2014).

Para Martin *et al.* (2014), a transferência de energia refere-se à transmissão de energia mecânica de um segmento para outro. De acordo com Nascimento *et al.* (2010), os grupos musculares atuam sinergicamente para manter adequadas rigidez e estabilidade articular para permitir transmissão de energia entre os diversos segmentos corporais. Estudos indicam que uma tensão produzida por um determinado músculo não é unicamente transmitida para seu respectivo tendão, mas também pode ser transmitida para tecidos conectivos dentro e ao redor do músculo, assim como para fâscias (HUIJING *et al.*, 2009; PURSLOW *et al.*, 2010; SMEULDERS and KREULEN *et al.*, 2007; YUCESOY *et al.*, 2010). Carvalhais *et al.* (2012) demonstraram que com ativação do latíssimo do dorso, há transferência de energia para o glúteo máximo, aumentando assim, a rigidez de quadril. Da mesma forma, Neptune *et al.* (2001) mostraram a contribuição do músculo sóleo na aceleração e potência de pernas e tronco durante a marcha.

Kibler *et al.* (2004) descreveram que para uma função motora eficiente é necessária ativação adequada da cadeia cinética, para então atingir o desempenho máximo com menor risco de lesão. Johnson *et al.* (2006) sugeriram que, pela

perspectiva da performance esportiva, uma transmissão de energia adequada durante o saque do tênis permite a produção de maior velocidade de bola, o que se relaciona com o sucesso do jogo. O movimento de saque é desenvolvido através de uma sequência coordenada e específica de forças, que são favorecidas pelas posições e movimentos do corpo (KIBLER *et al.*, 2013), vistos na figura 1. Existem estratégias para coordenação dos segmentos corporais que otimizam a geração de alta velocidade em membros superiores, aumentando assim a velocidade da raquete e a velocidade da bola, após o contato raquete-bola no golpe (ELLIOT *et al.*, 1995). É na fase de preparação do saque que essas estratégias são iniciadas. Durante esta fase, é importante que haja flexão de joelhos e rotação de tronco nos 3 planos de movimento para acúmulo de energia, que será então transferida para o tronco, membros superiores e enfim para a raquete (MARTIN *et al.*, 2014; ELLIOTT *et al.*, 1995; KOMI *et al.*, 1984).

Figura 1 – Sequência de imagens do saque do tênis do início do balanceio de membros inferiores até o contato com a bola



ELLIOT *et al.* (1994).

O uso inadequado dos segmentos corporais na produção desta força pode levar à uma transferência ineficiente de energia pela cadeia cinética, resultando em lesões musculoesqueléticas (ELLENBECKER *et al.*, 2006). Um déficit de flexo-

extensão de joelho durante o saque pode sobrecarregar estruturas superiores (ELLIOT *et al.*, 2003). Da mesma forma o tronco é uma ligação fundamental na produção e transferência de energia dos membros inferiores para os membros superiores e, sendo assim, uma desordem cinemática pode ser um forte potencial para o risco de lesões em tronco no tênis (TUBEZ *et al.*, 2015).

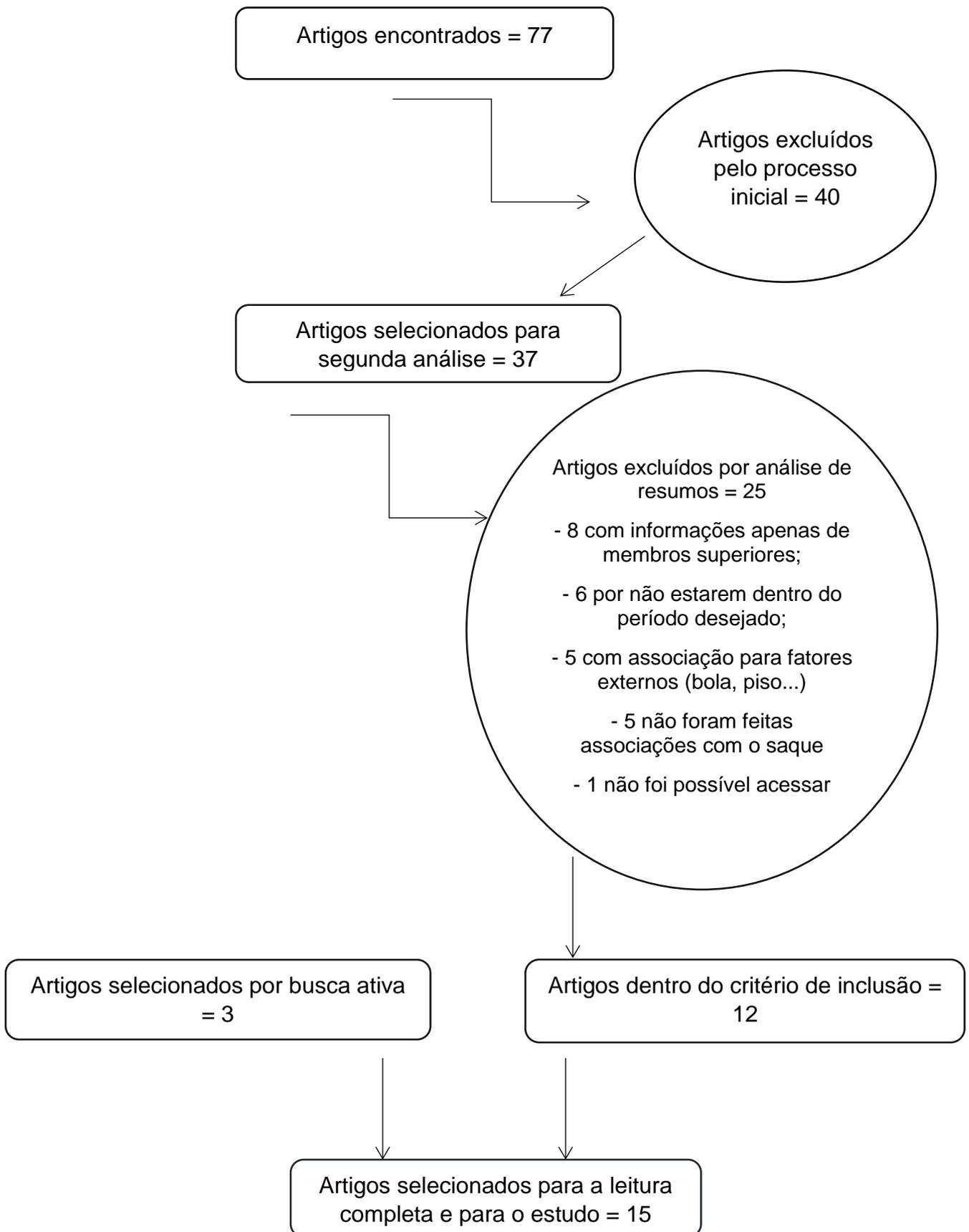
De acordo com Elliot *et al.* (2006), o sucesso no tênis é muito afetado pela técnica do jogador e a biomecânica desempenha um papel fundamental nisto. Todos os gestos esportivos têm uma estrutura mecânica importante e as lesões do esporte têm, principalmente, causas mecânicas. Para Martin *et al.* (2014), o entendimento da geração e transmissão de energia entre os segmentos corporais durante o saque é de grande interesse para tenistas, treinadores e profissionais da saúde.

O objetivo deste estudo foi, portanto, fornecer uma visão geral da relação entre a quantidade e qualidade dos movimentos de membros inferiores e do tronco e sua relação com o risco de lesão e performance esportiva durante o saque no tênis.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo é uma revisão da literatura descritiva, que realizou pesquisa nas bases de dados virtuais Pubmed, Medline, PEDro, Scielo e Lilacs, nos idiomas português e inglês, utilizando a combinação das palavras chave: transferência de energia (*energy transfer*), saque (*serve*) e tênis (*tennis*); biomecânica (*biomechanics*), saque (*serve*) e tênis (*tennis*); membros inferiores (*lower limbs*), tênis (*tennis*) e saque (*serve*); tronco (*trunk*), tênis (*tennis*) e saque (*serve*). Foi usado o conector E/AND.

O processo inicial de seleção dos artigos foi pela avaliação dos títulos com a exclusão de artigos duplicados e, em segunda análise, leitura dos resumos para escolha para leitura completa. Ainda, foi feita uma busca ativa nos periódicos *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* e *Journal of Biomechanics*, com o uso dos mesmos descritores acima. Os critérios de inclusão adotados para a seleção dos artigos foram: (1) população (tenistas jovens e adultos), (2) intervenção (influência dos membros inferiores e do tronco no saque do tênis) (3) estudos entre 2007 e 2017 (4) proposta (desempenho e lesão). A figura 2 apresenta a metodologia da seleção dos estudos.



3 RESULTADOS

Os 15 estudos selecionados foram agrupados abaixo (TABELA 1) de acordo com os principais dados.

Tabela 1 – Características dos estudos selecionados.

AUTOR/ANO	OBJETIVO	AMOSTRA	NÍVEL POPULAÇÃO	INSTRUMENTO	CONCLUSÃO
Baiget <i>et al.</i> , 2016	Analisar a relação entre os níveis máximos de força isométrica de membros superiores e inferiores e a velocidade do saque bem como desenvolver um modelo prático baseado nessa informação.	12	Alto nível	Radar de velocidade e máquina para força máxima	Nenhuma das variáveis quantitativas analisadas (força máxima de MMII, tronco, punhos, cotovelo, ombros) foram significativamente relacionadas com a velocidade do saque.
Campbel <i>et al.</i> , 2013	Quantificar e comparar a cinemática da coluna lombar durante o saque bem como a velocidade da raquete e posição da bola, em atletas com e sem histórico de dor lombar.	20	Adolescentes	Sistema de análise de movimento	A região lombar recebe uma carga significativa durante o saque, principalmente no que se refere às forças de flexão lateral de tronco, podendo ser um dos mecanismos para a causa da dor lombar na população tenista.
Campbel <i>et al.</i> , 2014	Comparar a cinemática da coluna lombar, pelve, tronco e membros inferiores de atletas de tênis com e sem histórico de dor lombar durante o saque.	20	Adolescentes	Sistema de análise 3D de movimento	É necessário um programa de prevenção para dor lombar e melhora da mobilidade geral, já que jogadores com dor lombar apresentaram mobilidade de tronco reduzida e atraso na extensão de joelhos durante a fase de aceleração do saque.

Chow <i>et al.</i> , 2009	Avaliar a cinemática do tronco e atividade muscular durante três tipos de saque do tênis.	19	Intermediário e avançado	Câmeras de vídeo	Atletas que realizam uma maior hiperextensão de tronco estão mais susceptíveis às lesões em coluna.
Girard <i>et al.</i> , 2007	Investigar a influência de um movimento restrito do joelho durante o saque em jogadores de diferentes níveis de desempenho	30	Iniciantes, intermediário e avançado	Sistema de radar, câmeras de vídeos e talas para imobilização	A movimentação de joelhos é importante para um saque eficiente, sendo que jogadores mais experientes possuem maior velocidade de saque do que jogadores menos experientes, devido à força de membros inferiores.
Girard <i>et al.</i> , 2010	Analisar os padrões de posicionamento de pés durante dois tipos de saque de tênis.	7	Avançado	Aparelho de medição da pressão plantar	O posicionamento dos pés interfere na produção de forças durante o saque. 80% da carga total do pé posicionado à frente concentra-se em região de antepé.
Kovacs <i>et al.</i> , 2011	Verificar a efetividade de um novo modelo de análise o gesto do saque e destacar a importância de desenvolver uma força e uma transferência de energia efetiva de membros inferiores para toda a cadeia cinética.			Dados de estudos de 1980-2010	A velocidade do saque é determinada pela flexão de punho e rotação medial de ombros e está relacionado com a inclinação da pelve, rotação de coluna vertebral e balanceio de membros inferiores.

Martin <i>et al.</i> , 2014	Investigar a relação entre a qualidade e a magnitude da transmissão de energia, velocidade da bola e a cinética das estruturas dos membros superiores e comparar o fluxo de energia durante os saques entre jogadores lesionados e não lesionados.	19	Avançado	Sistema de captura de movimento opto eletrônico	A transferência de energia imprópria durante o saque do tênis do tronco para a raquete pode diminuir a velocidade da bola e aumentar lesões em membros superiores
Murata e Fujii <i>et al.</i> , 2014	Investigar o fluxo de energia do tronco durante o saque.	8	Universitário	Sistema de captura de movimento	É importante que os membros inferiores sofram uma rotação o mais rápido possível para transferir energia para movimento de raquete.
Reid <i>et al.</i> , 2008	Examinar a relação entre a mecânica da articulação do ombro e a coordenação dos membros inferiores no saque de alto desempenho.	12	Alto nível	Sistema de análise de movimento 3D	A adequada movimentação de membros inferiores possibilita aos jogadores desenvolverem uma alta velocidade de raquete durante o saque
Reid <i>et al.</i> , 2012	Avaliar se a cinemática do saque com uso do joelho é compatível com os motivos para incorporar sua aplicação na prática.	8	Adolescentes	Sistema análise de movimentos, marcadores com refletores e câmeras.	Mudanças na cinemática do tronco, braço de saque e bola contribuíram para o aumento do ângulo da raquete durante o saque com o uso do joelho.
Sgró <i>et al.</i> , 2013	Abordar a influência do movimento de joelho em jogadores de tênis de diferentes níveis durante o saque.	12	Iniciantes, intermediário e avançado	Câmeras digitais de radar e estação multimídia para análises 2D	A movimentação da articulação de joelho e a propriocepção são importantes para um saque com maior velocidade e altura de bola.

Subijana <i>et al.</i> , 2009	Desenvolver um modelo de corpo mecânico aplicado ao tênis, levando em consideração a transferência de energia entre os segmentos e a raquete e uma ferramenta biomecânica que possa ser aplicada por treinadores durante o processo de treinamento técnico.	2	Alto nível	Fotogrametria 3D	Os movimentos dos membros inferiores, principalmente joelhos e tornozelos, são fundamentais na execução de saques com altas velocidades.
Sweeney <i>et al.</i> , 2012	Investigar as associações entre membros inferiores, pelve, tronco e a cinemática da raquete em saques de alto desempenho.	10	Alto nível	Sistema de análise de movimento opto reflexivo com 12 câmeras infravermelhas	Os membros inferiores e variáveis do tronco são importantes para a alta velocidade da raquete durante o saque.
Tubez <i>et al.</i> , 2015	Investigar a relação da ação do tronco durante o saque para hipotetizar lesões abdominais.	1	Avançado	Sistema 3D de análise do movimento	A transmissão de energia incompleta dos membros inferiores para o tronco é compensada por contrações abdominais influenciando na velocidade do saque e aumentando risco de lesões.

4 DISCUSSÃO

Em análise detalhada e direcionada para os objetivos do presente estudo, podemos dividir a busca em dois grupos, um com foco para lesões e outro para desempenho.

1) Direcionamento para lesões

Dos 15 estudos selecionados, 5 tiveram foco principal em análise de lesões, conforme tabela (TABELA 2) a seguir:

Tabela 2 – seleção de artigos com foco final em lesão.

ESTUDO	OBJETIVO	CONCLUSÃO
Campbel <i>et al.</i> , 2013	Quantificar e comparar a cinemática da coluna lombar durante o saque bem como a velocidade da raquete e posição da bola, em atletas com e sem histórico de dor lombar	A região lombar recebe uma carga significativa durante o saque, principalmente no que se refere às forças de flexão lateral de tronco, podendo ser um dos mecanismos para a causa da dor lombar na população tenista.
Campbel <i>et al.</i> , 2014	Comparar a cinemática da coluna lombar, pelve, tronco e membros inferiores de atletas de tênis com e sem histórico de dor lombar durante o saque	É necessário um programa de prevenção para dor lombar e um programa de melhora da mobilidade geral para melhor adaptação da técnica do saque, já que jogadores com dor lombar apresentaram mobilidade de tronco reduzida e atraso na extensão de joelhos durante a fase de aceleração do saque.
Chow <i>et al.</i> , 2009	Avaliar a cinemática do tronco e atividade muscular durante três tipos de saque do tênis	Atletas que realizam uma maior hiperextensão de tronco estão mais susceptíveis às lesões em coluna.
Martin <i>et al.</i> , 2014	Investigar a relação entre a qualidade e a magnitude da transmissão de energia, velocidade da bola e a cinética das estruturas dos membros superiores e comparar o fluxo de energia durante o saque entre jogadores lesionados e não lesionados	A transferência de energia imprópria durante o saque do tênis do tronco para a raquete pode diminuir a velocidade da bola e aumentar lesões em membros superiores.
Tubez <i>et al.</i> , 2015	Investigar a relação da ação do tronco durante o saque para hipotetizar lesões abdominais	A transmissão de energia incompleta dos membros inferiores para o tronco é compensada por contrações abdominais influenciando na velocidade do saque e aumentando risco de lesões.

Campbell e colaboradores, em dois estudos distintos, analisaram a dor lombar na população tenista, com objetivos bastante similares de comparar a cinemática da coluna lombar durante o saque em atletas com e sem dor lombar. No primeiro, em 2013, foi sugerido que há uma ênfase, durante o treinamento, em uso de membros inferiores durante a fase de aceleração do saque, o que pode aumentar a

carga em coluna lombar. Em conclusão final, a região lombar sofre uma sobrecarga durante o saque do tênis, incluindo a necessidade de forças de flexão lateral de tronco oito vezes maior do que durante uma corrida, sendo um potencial para lesão e dor em coluna vertebral. Em comparação, o grupo com histórico de dor lombar utiliza mais da flexão lateral de tronco durante a fase de aceleração do saque do que o grupo sem dor. Isto pode estar associado à diferentes estratégias de controle motor e técnica de saque no tênis. Deve-se investigar se tal conclusão está relacionada com a dor prévia, representando uma resposta adaptativa à condição ou se mesmo antes do início da dor havia tal compensação. Em outro estudo, em 2014, resultados demonstraram que a coluna lombar baixa move em sincronia com a pelve e, assim, o movimento de membros inferiores provavelmente contribui para a mudança da inclinação pélvica. Em comparação dos grupos com histórico de dor e sem dor lombar, o grupo com dor apresentou uma maior inclinação pélvica, com assimetria, durante a movimentação para o saque, além de ter apresentado menor mobilidade de tronco do que o grupo sem dor. Assim, alterando a posição da pelve, como por exemplo, ajustes em extensão dos joelhos ou alinhamento dos pés dos jogadores, pode reduzir o potencial de sobrecarga em pelve e conseqüente coluna lombar. Não houve relação da dor com a velocidade do saque. Concluiu-se que é necessária uma abordagem em termos de prevenção para a dor lombar, considerando a redução da mobilidade de tronco. Os dois estudos foram limitados apenas a uma população específica e pode não ser aplicável a pessoas de outras idades e/ou mulheres.

A movimentação e ativação muscular de coluna vertebral durante o saque no tênis foi analisada por Chow *et al.* (2009). Concluiu-se que durante a fase de aceleração, é esperada uma alta carga em coluna lombar devido à postura de hiperextensão de tronco. Com o centro de gravidade localizado atrás da coluna lombar, a atividade de reto abdominal (co-contração) pode aumentar a carga em lombar e levar à stress nocivo em estruturas locais. A estabilização em coluna lombar durante o saque, por flexão e inclinação lateral, tem associação com a ativação de oblíquos abdominais internos e externos. Pela ação dos eretores de coluna, é sugerido que a coluna lombar sofre grandes cargas de compressão durante a fase de desaceleração do saque. Além da carga compressiva, a hiperextensão e flexão lateral de tronco durante várias fases do saque podem causar forças de cisalhamento em coluna lombar e, como consequência, à lesões e dor lombar.

Martin *et al.* (2014) analisaram a transferência de energia entre os segmentos corporais, raquete e bola e entre jogadores lesionados e não lesionados durante o saque. Os achados confirmaram que falhas na transferência de energia podem gerar mais carga em articulações distais para compensar a energia dissipada ao longo da cadeia cinética. Nas fases cruciais do saque, há uma baixa qualidade na transferência de energia do tronco para a mão, em jogadores lesionados, podendo ser uma causa para de lesões articulares de membros superiores. Estes achados podem ser contribuintes para traçar um programa de prevenção de lesões e para a melhora do desempenho esportivo.

Em um estudo de caso, Tubez *et al.* (2015), buscaram a relação entre mecanismo de lesão e biomecânica durante o saque e concluiu que a transferência de energia incompleta das pernas para a pelve pode ser compensada por uma forte contração abdominal, podendo ser uma explicação para mecanismos de lesão. A inclinação anterior de pelve provoca uma tensão em isquiossurais, que pode explicar o movimento inadequado de membros inferiores e a incompleta transferência de energia, induzindo um aumento da lordose lombar e, como compensação, uma forte contração abdominal e aumento da rotação lateral de ombros, podendo ser um risco para lesões em ombros e região central

2) *Direcionamento para desempenho*

Dos 15 estudos, 10 tiveram foco principal em análise de desempenho, conforme abordagem abaixo (TABELA 3).

Tabela 3 – seleção de artigos com foco em análise de desempenho.

ESTUDO	OBJETIVO	CONCLUSÃO
Baiget <i>et al.</i> ,2016	Analisar a relação entre os níveis máximos de força isométrica de membros superiores e inferiores e a velocidade do saque bem como desenvolver um modelo prático baseado nessa informação	Nenhuma das variáveis quantitativas analisadas (força máxima de MMII, tronco, punhos, cotovelo, ombros) foram significativamente relacionadas com a velocidade do saque. O nível máximo de força isométrica de rotação medial de ombros está altamente relacionado com a velocidade do saque.

Girard <i>et al.</i> , 2007	Investigar a influência de um movimento restrito do joelho durante o saque em jogadores de diferentes níveis de desempenho	A movimentação de joelhos é importante para um saque eficiente, sendo que jogadores mais experientes possuem maior velocidade de saque do que jogadores menos experientes, devido à força de membros inferiores.
Girard <i>et al.</i> , 2010	Analisar os padrões de posicionamento de pés durante dois tipos de saque de tênis.	O posicionamento dos pés interfere na produção de forças durante o saque. 80% da carga total do pé posicionado à frente concentra-se em região de antepé.
Kovacs <i>et al.</i> , 2011	Verificar a efetividade de um novo modelo de análise o gesto do saque e destacar a importância de desenvolver uma força e uma transferência de energia efetiva de membros inferiores para toda a cadeia cinética.	A velocidade do saque é determinada pela flexão de punho e rotação medial de ombros e está relacionado com a inclinação da pelve, rotação de coluna vertebral e balanceio de membros inferiores.
Murata e Fujii <i>et al.</i> , 2014	Investigar o fluxo de energia do tronco durante o saque	É importante que os membros inferiores sofram uma rotação o mais rápido possível para transferir energia para movimento de raquete.
Reid <i>et al.</i> , 2008	Examinar a relação entre a mecânica da articulação do ombro e a coordenação dos membros inferiores no saque de alto desempenho.	A adequada movimentação de membros inferiores possibilita aos jogadores desenvolverem uma alta velocidade de raquete durante o saque.
Reid <i>et al.</i> , 2012	Avaliar se a cinemática do saque com uso do joelho é compatível com os motivos para incorporar sua aplicação na prática.	Mudanças na cinemática do tronco, braço de saque e bola contribuíram para o aumento do ângulo da raquete durante o saque com o uso do joelho.
Sgró <i>et al.</i> , 2013	Abordar a influência do movimento de joelho em jogadores de tênis de diferentes níveis durante o saque	A movimentação da articulação de joelho e a propriocepção são importantes para um saque com maior velocidade e altura de bola.
Subijana <i>et al.</i> , 2009	Desenvolver um modelo de corpo mecânico aplicado ao tênis, que levaria em consideração a transferência de energia entre os segmentos e a raquete e uma ferramenta biomecânica que possa ser aplicada por treinadores.	Os movimentos dos membros inferiores, principalmente joelhos e tornozelos, são fundamentais na execução de saques com altas velocidades.
Sweeney <i>et al.</i> , 2012	Investigar as associações entre membros inferiores, pelve, tronco e a cinemática da raquete em saques de alto desempenho	Os membros inferiores e variáveis do tronco são importantes para a alta velocidade da raquete durante o saque.

Baiget *et al.* (2016) concluíram que a análise isolada de força máxima de membros inferiores, tronco, punho, extensão de cotovelo e ombro, flexão de cotovelo e ombro, rotação lateral de ombros não foram diretamente relacionadas à velocidade do saque. A conclusão final foi que a combinação das forças isométricas máximas de

rotação medial de ombro e flexão de ombro estão fortemente associadas com a velocidade do saque. Contudo, o posicionamento para o teste de força isométrica máxima em membros superiores foi estabelecida de uma maneira que os participantes foram posicionados de modo a restringir movimentos em articulações distais, com o uso de faixas e alturas específicas dos bancos, sendo realizado de modo estático. Considerando o conceito de cadeia cinética apresentado e o movimento do saque do tênis, é visto que a velocidade da bola depende de uma série de fatores, como coordenação, força, flexibilidade além de que outros grupos musculares podem contribuir para a velocidade da bola. No estudo, poderiam ter sido incluídas outras variáveis de força, como a rotação de tronco ou a estabilidade central. Assim, sem associar a isometria de flexores e rotadores mediais de ombros à outras variáveis, não é fator preditor para desempenho, enfatizando a importância de uma cadeia cinética eficiente.

Em dois estudos distintos, Girard *et al.* (2007 e 2010), confirmaram que os membros inferiores influenciam na eficiência do saque. Em seu primeiro estudo, em uma comparação do saque com amplitude normal de joelho e com amplitude restrita, concluiu que a movimentação completa de joelhos é um fator contribuinte para a eficiência do saque. A flexão de joelho antes da extensão é um pré requisito para um bom saque. Jogadores mais experientes realizaram saques com maior velocidade do que jogadores iniciantes, estando relacionado com a força de membros inferiores. Assim, é importante o direcionamento do treino de força de membros inferiores para um melhor desempenho final. Em seu segundo estudo, Girard *et al.* (2010) verificou a diferença do posicionamento dos pés durante o saque e concluiu que, ambos pés posicionados a frente e atrás estão recebendo cargas plantares de modo diferente, de acordo com o tipo de saque ou postura adotada. Em comparação entre os dois tipos de saque, no saque caracterizado como *foot back* (manutenção da distância dos pés durante a execução do saque), foi visto uma sobrecarga em região medial de calcanhar e em região medial de antepé. No saque caracterizado como *foot up* (aproximação dos pés durante a execução do saque), foi visto uma sobrecarga em região anterior e lateral de antepé e em região lateral de mediopé. Assim, 80% da carga total do pé posicionado à frente, concentra-se em hálux, dedos e antepé, sugerindo que o pé da frente proporciona a estabilidade para permitir o momento rotacional durante o saque. No pé posicionado atrás, a carga distribui-se de forma

mais igual, sugerindo ser uma base para a produção de força e o ponto de partida da cadeia cinética que parte do solo para membros inferiores, tronco, membros superiores e raquete. Dentro do conceito de cadeia cinética, considerando que a análise da pressão plantar é o início da transferência de energia, qualquer modificação na posição dos pés pode modificar o momento linear e angular gerado pelos membros inferiores ao tronco, para os membros superiores e para a raquete. Informações sobre pressões plantares podem ajudar no treinamento e na escolha do tênis. Não é possível usar as informações para outros esportes devido à diferença do gesto esportivo, movimentação e até mesmo o piso da quadra em questão.

Kovacs *et al.* (2011) analisaram um modelo descritivo do saque do tênis, englobando 8 fases distintas e relacionou com a transferência de energia nos segmentos corporais. A velocidade da bola não é diferente para as técnicas de saque *foot up* e *foot back*. Em comparação, a técnica *foot back* necessita de uma maior extensão de joelho do membro posicionado à frente. Já em relação ao membro posicionado atrás, há uma maior extensão de joelho na técnica *foot up*. Uma maior força de reação vertical do solo é relacionada com a velocidade angular da extensão de joelho do membro posicionado atrás. As forças de reação do solo resultam em um impulso assimétrico, que eleva a raquete do membro superior dominante, o que prepara o jogador para uma força explosiva para o contato raquete bola. Este movimento transfere energia dos membros inferiores para os superiores e, para conseguir a posição ideal, é necessária uma boa flexibilidade para flexão lateral de tronco e uma boa estabilidade de *core*. Nesta fase de preparação, acontece uma hiperextensão, flexão lateral de tronco e rotação de tronco, com uma alta ativação muscular da região central, demonstrado por estudos eletromiográficos. Para o início da fase de aceleração do saque, há um aumento da força de reação do solo, o que aumenta a atividade muscular em vastos medial e lateral e gastrocnêmio bem como a musculatura de tronco. Grande parte da produção de energia durante o saque acontece em membros inferiores e tronco. A aceleração da raquete antes do impacto na bola é acompanhada por uma rápida rotação de coluna lombar, o que transfere o torque para os segmentos vertebrais. Ao contato da bola, a velocidade é determinada pela rotação medial de ombro e flexão de punho. Em fase de desaceleração, onde é necessário o controle excêntrico, há uma assimetria em ativação da musculatura da região central, especialmente para oblíquos abdominais. Os eretores da espinha

apresentam-se altamente ativos nesta fase. Em conclusão, a velocidade do saque está relacionada com o balanceio de pernas durante a fase de preparação. Saques eficientes utilizam a rotação lateral de ombro e a inclinação da pelve para armazenar energia potencial para a velocidade e rotação durante a fase de aceleração. A aceleração da raquete antes do impacto com a bola é acompanhada de uma rotação de coluna lombar.

A transferência de energia do tronco durante o saque foi investigada por Murata e Fujii *et al.* (2014) e observou-se que a energia em fases finais do saque é gerada pelas duas pernas e pelo braço esquerdo. O braço direito adquire energia após a geração da energia de rotação de tronco. Assim, é importante que ocorra uma rápida rotação de tronco pela ação de membros inferiores. A coluna lombar recebe energia rotacional da perna direita e energia de translação da perna esquerda, sugerindo diferentes ações das duas pernas. Os achados podem ser contribuintes para um melhor direcionamento do treinamento e, então, melhora do desempenho esportivo além da assimetria existente ser um possível fator de risco para lesões, podendo ser um guia para a preparação física.

Reid e seus colaboradores, em dois estudos distintos (2008 e 2012), associaram o uso dos segmentos corporais durante o saque. Em seu primeiro estudo, concluiu que sem um balanceio adequado de pernas, os jogadores estão menos aptos a desenvolverem altas velocidades em saque, considerando a extensão de joelhos e a velocidade angular de extensão de joelho do membro posicionado atrás durante o saque. Além disso, a análise comparável da cinética da articulação do ombro evoluiu a partir da análise biomecânica dos membros inferiores nas diferentes técnicas do saque. Contrariando achados anteriores, a relação entre movimentação de membros inferiores e a carga em ombros não é tão alta. Isto pode estar associado ao fato de que deve-se considerar o tronco, lembrando do conceito de cadeia cinética. Talvez seja necessário estudos direcionados para verificar a relação tronco – ombro. No segundo estudo, achados informaram que, a movimentação de membros inferiores, especialmente a perna de posicionada mais atrás, é importante para a rotação de tronco durante o saque.

Sgró *et al.* (2013) em um estudo com atletas de diversos níveis técnico mostraram que jogadores classificados como avançados utilizam mais da flexão de

joelho do membro posicionado à frente do que jogadores de outros níveis, como uma estratégia para obter um saque mais eficiente. Assim, concluiu-se sobre a importância da propriocepção da articulação do joelho durante o saque, confirmando hipóteses anteriores de que os membros inferiores são importantes para um melhor saque. Os autores consideraram a velocidade da bola pós impacto com a raquete e a altura da bola como parâmetros para definirem um saque eficiente. Confirmaram que características físicas e nível de desempenho da técnica são a chave para um melhor saque, o que está diretamente associado ao tempo de treinamento e, portanto, aprimoramento da técnica.

A transferência de energia em diversos momentos do saque foi explicada por Subijana *et al.* (2009), concluindo que a redução de energia em membros inferiores e no tronco está relacionada ao aumento da energia em membros superiores durante fases iniciais do saque; a redução de energia em membros superiores e tronco está associada ao aumento da energia em segmentos distais de membros superiores (antebraço, mão, raquete) durante fases medias do saque e a desaceleração de membros inferiores está relacionada ao aumento de energia nas mãos e raquete durante fase final do saque. O estudo pode explicar a transferência de energia de membros inferiores para os membros superiores. O critério adotado para definir a eficiência de um saque foi a velocidade. Em suma, concluiu-se que os membros inferiores, principalmente joelhos e tornozelos, são fundamentais na execução de um bom saque. Foi determinado um modelo para a transferência de energia no saque do tênis, mas deve-se sempre levar em conta a biomecânica de cada atleta bem como sua técnica específica, aplicando a teoria ao treinamento. Em suma, concluiu-se que os membros inferiores, principalmente joelhos e tornozelos, são fundamentais na execução de um bom saque.

Sweeney *et al.* (2012) investigaram a relação de membros inferiores, pelve, tronco e a cinemática da raquete durante o saque e achados mostraram que o movimento vertical e o pico de velocidade do ombro em relação ao quadril sugerem que o tronco exerce um papel importante na movimentação de ombros. Na mesma lógica, foi encontrado uma relação entre velocidades de quadril e ombro, confirmando hipóteses de que os membros inferiores atuam na criação de uma força vertical no saque. O membro inferior posicionado atrás correspondendo ao mesmo lado que o braço que segura a raquete, contribui para um impulso vertical do tronco. Concluiu-

se, então, que os membros inferiores e o tronco atuam de forma importante para atingir um saque de alta velocidade.

5 CONCLUSÃO

Dos 15 estudos utilizados para análises, conclui-se que foram encontradas fortes associações e influências dos movimentos dos membros inferiores e do tronco para a execução do saque, sendo estas relacionadas ao desempenho do atleta e à ocorrência de lesões em segmentos do corpo humano, principalmente em coluna lombar. Especialmente, foi achado a relação da amplitude de movimento dos joelhos; tanto flexão quanto a extensão durante determinadas fases do saque, a

movimentação de pelve e movimentação de coluna vertebral (inclinações laterais e hiperextensões de tronco) com a eficiência do saque, com a maioria dos estudos considerando a velocidade de saque como parâmetro qualificador. Esses resultados podem otimizar o treinamento de tenistas, tanto na capacidade técnica quanto física, a fim de obter um gesto esportivo de melhor qualidade, com ganhos na performance e prevenção de lesão.

REFERÊNCIAS

BAIGET, Ernest *et al.* The Relationship Between Maximum Isometric Strength and Ball Velocity in the Tennis Serve. **Journal of human kinetics**, v. 53, n. 1, p. 63-71, 2016.

CAMPBELL, Amity *et al.* Back pain in tennis players: a link with lumbar serve kinematics and range of motion. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 46, n. 2, p. 351-357, 2014.

CAMPBELL, Amity *et al.* Lumbar loading in the elite adolescent tennis serve: link to low back pain. **Med Sci Sports Exerc**, v. 45, n. 8, p. 1562-8, 2013.

CASTRO, Mara SA; ISHIZAKI, M. T. **Tênis: Aprendizagem e treinamento**. São Paulo, Ed Phorte, 2006.

CHOW, John W.; PARK, Soo-An; TILLMAN, Mark D. Lower trunk kinematics and muscle activity during different types of tennis serves. **BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation**, v. 1, n. 1, p. 24, 2009.

DO CARMO CARVALHAIS, Viviane Otoni *et al.* Myofascial force transmission between the latissimus dorsi and gluteus maximus muscles: an in vivo experiment. **Journal of biomechanics**, v. 46, n. 5, p. 1003-1007, 2013.

ELLENBECKER, T. S. The relationship between stroke mechanics and injuries in tennis. **USTA High performance journal**, v. 8, n. 2, p. 8-9, 2006.

ELLIOTT, B. Biomechanics and tennis. **British journal of sports medicine**, v. 40, n. 5, p. 392-396, 2006.

ELLIOTT, Bruce; KILDERRY, Rob. **The art and science of tennis**. William C Brown Pub, 1983.

ELLIOT B.C., MARSHALL R.N., NOFFAL G.J. Contributions of upper-limb segment rotations during the power serve in tennis. **J. Appl. Biomech.**, v.11, p.433-442, 1995.

ELLIOTT, B., MARSH, T. & BLANKSBY, B. Three-dimensional Analysis of the Tennis Serve. **Int. J. Sport. Biome**, v.2, p.260-271, 1986.

ELLIOTT, B. *et al.* Technique effects on upper limb loading in the tennis serve. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 6, n. 1, p. 76-87, 2003.

GIRARD, Olivier *et al.* Plantar pressures in the tennis serve. **Journal of sports sciences**, v. 28, n. 8, p. 873-880, 2010.

GIRARD, Olivier; MICALLEF, Jean-Paul; MILLET, Grégoire P. Influence of restricted knee motion during the flat first serve in tennis. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 3, p. 950, 2007.

HUIJING, Peter A. Epimuscular myofascial force transmission: a historical review and implications for new research. International Society of Biomechanics Muybridge Award Lecture, Taipei, 2007. **Journal of biomechanics**, v. 42, n. 1, p. 9-21, 2009.

JOHNSON, C. D.; MCHUGH, M. P. Performance demands of professional male tennis players. **British journal of sports medicine**, v. 40, n. 8, p. 696-699, 2006.

KIBLER, W. B. Biomechanical analysis of the shoulder during tennis activities. **Clinics in sports medicine**, v. 14, n. 1, p. 79-85, 1995.

KIBLER, W. Ben; SCIASCIA, Aaron. Kinetic chain contributions to elbow function and dysfunction in sports. **Clinics in sports medicine**, v. 23, n. 4, p. 545-552, 2004.

KIBLER WB, KUHN JE, WILK KE, SCIASCIA AD, MOORE SD, LAUDNER KG et al. The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology - 10 year update. **The Journal of Arthroscopy**; v.29, p.141-161, 2013.

KOMI, Paavo V. Physiological and biomechanical correlates of muscle function: effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 12, n. 1, p. 81-122, 1984.

KOVACS, Mark; ELLENBECKER, Todd. An 8-stage model for evaluating the tennis serve: implications for performance enhancement and injury prevention. **Sports Health**, v. 3, n. 6, p. 504-513, 2011.

LÓPEZ DE SUBIJANA, Cristina; NAVARRO, Enrique. Kinetic energy transfer during the serve. **Journal of Human Sport and Exercise**, v. 4, n. II, 2009.

MARTIN, Caroline *et al.* Energy flow analysis during the tennis serve: comparison between injured and noninjured tennis players. **The American journal of sports medicine**, v. 42, n. 11, p. 2751-2760, 2014.

MURATA, Munenori; FUJII, Norihisa. Mechanical energy flow at the trunk in tennis serve. INTERNATIONAL CONFERENCE OF BIOMECHANICS IN SPORTS, 32. 2014.

NASCIMENTO, Lucas Rodrigues *et al.* Biomecânica aplicada ao voleibol: Análise do complexo do ombro e implicações para avaliação e desempenho. **Ter Man**, v. 8, p. 376-83, 2010.

NEPTUNE, R. R.; KAUTZ, S. A.; ZAJAC, F. E. Contributions of the individual ankle plantar flexors to support, forward progression and swing initiation during walking. **Journal of biomechanics**, v. 34, n. 11, p. 1387-1398, 2001.

PURSLOW, Peter P. Muscle fascia and force transmission. **Journal of bodywork and movement therapies**, v. 14, n. 4, p. 411-417, 2010.

REID, Machar; ELLIOTT, Bruce; ALDERSON, Jacqueline. Lower-limb coordination and shoulder joint mechanics in the tennis serve. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 40, n. 2, p. 308-315, 2008.

REID, Machar *et al.* Effect of a common task constraint on the body, racket, and ball kinematics of the elite junior tennis serve. **Sports Biomechanics**, v. 12, n. 1, p. 15-22, 2012.

SGRÒ, F. *et al.* Analysis of Knee Joint Motion in Tennis Flat Serve Using Low-Cost Technological Approach. In: **International Workshop on Computer Science in Sports (IWCSS)**. p. 250-254, 2013.

SMEULDERS, Mark JC; KREULEN, Michiel. Myofascial force transmission and tendon transfer for patients suffering from spastic paresis: a review and some new observations. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 17, n. 6, p. 644-656, 2007.

SWEENEY, Matthew; REID, Machar; ELLIOTT, Bruce. Lower limb and trunk function in the high performance tennis serve. **Asian Journal of Exercise and Sports Science**, v. 9, n. 1, p. 13-20, 2012.

TUBEZ, François *et al.* Biomechanical Analysis of Abdominal Injury in Tennis Serves. A Case Report. **Journal of sports science & medicine**, v. 14, n. 2, p. 402, 2015.

VAN GHELUWE, B.; HEBBELINCK, M. The kinematics of the service movement in tennis: A three-dimensional cinematographical approach. **Biomechanics IX-B**, p. 521-526, 1985.

YUCESOY, Can A. Epimuscular myofascial force transmission implies novel principles for muscular mechanics. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 38, n. 3, p. 128-134, 2010.