

TENSIOMIOGRAFIA UTILIZADA PARA A AVALIAÇÃO DE JOGADORES DE VÔLEI DE PRAIA DE ALTO NÍVEL

APARELHO LOCOMOTOR
NO EXERCÍCIO E NO ESPORTE



Artigo Original

THE TENSIOMYOGRAPHY USED FOR EVALUATING HIGH LEVEL BEACH VOLLEYBALL PLAYERS

David Rodríguez Ruiz¹
Miriam Esther Quiroga Escudero¹
Dario Rodríguez Matoso¹
Samuel Sarmiento Montesdeoca¹
José Losa Reyna¹
Yves de Saá Guerra¹
Gloria Perdomo Bautista¹
Juan Manuel García Manso¹

1. University of Las Palmas de Gran Canaria

Correspondência:

Campus Universitario de Tafira, s/n
Edificio de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte - 35017
Las Palmas de Gran Canaria
drodriguez@def.ulpgc.es

RESUMO

Objetivo: Esta investigação tem por objetivo coletar dados sobre rigidez muscular, as propriedades mecânicas e contráteis dos músculos utilizando a TMG em jogadores de vôlei de praia de alto nível, assim como demonstrar a utilidade deste método para a avaliação dos músculos responsáveis pela flexão e extensão do joelho. **Métodos:** A investigação foi conduzida com um grupo de 24 jogadores de vôlei de praia os quais participaram do Torneio Europeu Nестea – Master Espanhol realizado nas Ilhas Grã-Canárias em maio de 2009. O método de estudo utilizado foi comparação de casos individuais de vários atletas com a finalidade de verificar a utilidade deste método em esportes. Os músculos analisados foram: vasto lateral (VL), vasto medial (ML), reto femoral (RF) e bíceps femoral (BF). **Resultados:** As informações coletadas nos certificam sobre o alto grau de utilidade deste método para avaliação da rigidez muscular e equilíbrio entre estruturas musculares de atletas. Contudo, a validade e reconstrução dos resultados estão condicionadas a um severo protocolo de avaliação. Além disso, os seguintes critérios devem ser considerados: individualidade (o perfil do atleta) e especificações (características do esporte). **Conclusões:** A aplicação da TMG em jogadores de alto nível revela a existência de importantes diferenças dependendo de suas funções em jogo (defesa, bloqueio ou alternância entre ambas as posições), as ações técnicas, a posição em quadra (direita-esquerda) e o histórico de lesões médicas.

Palavras-chave: tensiomiografia, avaliação muscular, simetrias, vôlei de praia, rigidez.

ABSTRACT

Objective: The aim of this investigation is to obtain information about muscle stiffness, the mechanic and contractile properties of the muscles using the TMG with high level beach volleyball players as well as to demonstrate the usefulness of this method to evaluate the muscles in charge of the knee flexion and extension. **Methods:** The investigation was carried out with a group of 24 beach volleyball players who took part in the Nестea European Championship Tour - Spanish Master held in the Gran Canaria, May 2009. The method of study used was a comparison of the individual cases of various athletes to ascertain the usefulness of this method in sports. The muscles which were analyzed are: vastus lateralis (VL), vastus medialis (ML), rectus femoris (RF) and biceps femoris (BF). **Results:** Thus, with the information collected we can state the high level of usefulness of this method for the evaluation of muscle stiffness and balance between muscle structures of athletes. However, the validity and reconstruction of the results are conditioned to a strict protocol of evaluation. Moreover, the following criteria should be considered: individuality (the athlete's profile) and specifications (sport characteristics). **Conclusions:** The application of the TMG to high level players reveals the existence of important differences depending on their different roles in the game (defence, blocker or alternating both roles), the technical actions, the position on court (right-left) and the medical history of injuries.

Keywords: tensiomyography, evaluation of the muscles, symmetries, beach volleyball, stiffness.

INTRODUÇÃO

O 'boom' do vôlei de praia teve origem nos Jogos Olímpicos de Atlanta em 1996. Tal esporte exige uma grande variedade de técnicas, ações exercidas em areia seca e fofa as quais são parecidas com as exercidas no vôlei de quadra (*sprints*, mudanças de direção, saltos verticais...). Durante cada partida, acontecem em média 85 ações diferentes em aproximadamente 42-45 minutos de jogo^{1,2}. Devido às características do jogo, existem certas colocações específicas e posições básicas que são comuns a todos os atletas. Sendo assim³, citam

a posição de agachamento central como um elemento prévio para as ações de bloqueio e como uma posição de defesa em quadra.

A premissa básica do treinamento físico é desenvolver uma estrutura muscular sólida e equilibrada com a finalidade de otimizar as atividades técnicas e reduzir o possível risco de lesões durante a partida. Um aspecto considerado por todos os treinadores no vôlei de praia é a superfície instável da areia^{3,4}.

O número reduzido de jogadores por partida, sendo este de dois jogadores no time, exige que a área defendida por cada jogador seja

maior (32m²/jogador) acrescido ao fato de que eles não podem ser substituídos por um outro jogador, aumenta as necessidades de condicionamento em comparação com o vôlei de quadra. O número de vezes que o jogador entra em contato com a bola é alto apesar da superfície dificultar movimentos rápidos⁵⁻⁷ mencionam que esta atividade acontece em condições climáticas desfavoráveis (dias nublados ou ensolarados, temperatura do ar, velocidade do ar, temperatura da areia e umidade).

Em relação ao ponto de vista mecânico, devemos enfatizar o chamado “mecanismo triplo de extensão” (extensão das articulações do tornozelo, joelho e quadril). Este acontece para que o corpo seja impulsionado em direção à bola de forma rápida e eficiente. De acordo com Smith⁶, os jogadores utilizam esta técnica para saltar e se moverem o mais rapidamente possível na direção da bola. De qualquer maneira, o fato de estarem jogando na areia limita as ações dos músculos envolvidos no tornozelo e altera significativamente os movimentos da técnica. Além disso, jogadores e técnicos devem levar em consideração tal fato uma vez que ele determina a forma e aplicação da força, tempo e magnitude de força de voo e a altura do salto vertical^{8,9}.

Tais razões fazem com que uma avaliação precisa, individualizada e localizada das estruturas musculares especialmente envolvidas nas atividades do vôlei de praia seja necessária. A tensiomiografia (TMG) seria utilizada neste caso como um instrumento para disponibilizar informações sobre a musculatura que nos auxilia a prevenir desequilíbrios, ou sobrecarga na musculatura, os quais poderiam ser produzidos por ações técnicas repetidas. Pfirrmann *et al*¹⁰ mencionam que estes casos são possíveis razões para muitas lesões que reduzem o rendimento dos atletas ou mesmo levam à deficiência.

A TMG é um método de diagnóstico não invasivo o qual não necessita de nenhum esforço da parte do indivíduo ao qual ele é aplicado. Ela é utilizada como uma ferramenta para avaliação da rigidez, as características mecânicas e a capacidade de contração das estruturas musculares de superfície analisadas¹¹⁻¹⁴. Ela mede as alterações geométricas (deslocamentos radiais) que ocorrem no ventre muscular durante a contração. Em seguida, os resultados obtidos expressos como deslocamento de sensor versus tempo de atividade são utilizados para determinar a rigidez e o equilíbrio entre estruturas musculares, cadeias musculares (flexão – extensão) ou extremidades (direita – esquerda).

O objetivo da presente investigação é utilizar a TMG como um instrumento de mensuração das características mecânicas dos músculos de jogadores de vôlei de praia com a finalidade de demonstrar a validade deste método para avaliação da musculatura envolvida com a articulação flexora-extensora do joelho. Além disso, pretende-se determinar se os resultados obtidos são suficientemente precisos para usar a TMG na detecção de patologias, assimetrias e perfis específicos de jogadores. Fica entendido que os dados obtidos são afetados por potenciais lesões, ações técnicas específicas e a posição do jogador (defesa, bloqueio de posições alternativas de jogo durante a partida) e a área de jogo onde a maioria das atividades é realizada (esquerda ou direita).

MÉTODOS

Amostra

Vinte e quatro jogadores foram examinados (10 mulheres; 5 de alto nível internacional e 5 de nível internacional. 14 homens; 5 de alto nível internacional, 2 de nível internacional e 7 de nível nacional), todos participantes do Torneio Europeu Nестea- Master Espanhol, ocorrido na ilha Grã-Canária em 2009 (tabela 1). Os músculos mais importantes a serem estudados foram: vasto lateral (VL), vasto medial (ML), reto femoral (RF) e bíceps femoral (BF).

Todos os participantes foram informados sobre os possíveis riscos associados ao estudo e assinaram consentimentos escritos aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da ULPGC, seguindo os critérios da Declaração de Helsinki para pesquisa em humanos.

Tabela 1. Características morfológicas da amostra.

Jogadores	Idade	Peso corporal	Altura	IMC	Gordura %
	(anos de idade)	(Kg)	(cm)	(Kg/m ²)	
Homens (n=14)	25,14 +/- 6,27	87,50 +/- 5,87	190,71 +/- 5,12	24,06 +/- 1,14	9,54 +/- 1,34
Mulheres (n=10)	25,20 +/- 6,23	68,90 +/- 4,09	176,70 +/- 4,55	22,08 +/- 1,24	12,24 +/- 1,10

Procedimentos experimentais

A TMG tem um detector sensorial de pressão magnética o qual é colocado perpendicularmente sobre o ventre muscular do músculo selecionado^{11,15,16}. A pressão deve ser a recomendada pelos fabricantes¹⁷. Para produzir a contração muscular, aplicamos estímulos elétricos crescentes de um milissegundo¹⁸⁻²⁰ através de dois eletrodos localizados nas extremidades do ventre do músculo (não nos tendões).

A reprodutibilidade do método e validade do protocolo experimental utilizadas pela TMG têm sido investigadas em diferentes estudos^{12,20-26}

Uma vez que a avaliação do músculo selecionado é finalizada, informações numéricas sobre a magnitude dos movimentos radiais das fibras musculares transversais são obtidas^{11,20}. Os resultados são apresentados no gráfico (figura 1): deslocamento radial máximo do ventre muscular (Dm), tempo de contração (Tc), Tempo de Delay (Td), Tempo de sustentação (Ts) e Tempo de relaxamento (Tr).

O deslocamento radial máximo (Dm) é representado pelo movimento radial do ventre muscular expresso em milímetros. Ele apresenta e avalia a rigidez do músculo, com variações entre sujeitos e a maneira como seus grupos musculares se desenvolveram no treinamento. Resultados baixos, comparados com a média, demonstram alta massa muscular e rigidez²⁷, enquanto que resultados baixos representam falta de massa muscular ou alta fadiga muscular^{14,17,22,28-30}. O tempo de delay (reação ou ativação - Td) da estrutura muscular analisada representa o tempo que este levou para alcançar 10% do movimento total. Contudo, ele dependerá do predomínio da fibra nesta estrutura de músculo esquelético, seu estado de fadiga³⁰ e seu grau de ativação³¹. O tempo de contração (Tc) é obtido pela determinação do tempo de intervalo do fim do tempo de reação (10% Dm) até 90% da deformação máxima. O tempo de sustentação (duração da contração - Ts) é o tempo teórico que a contração é mantida. Com a TMG, este pode ser calculado (Ts) pela determinação do intervalo de tempo, já que a deformação inicial atinge 50% de seu valor máximo, até os valores de deformação durante

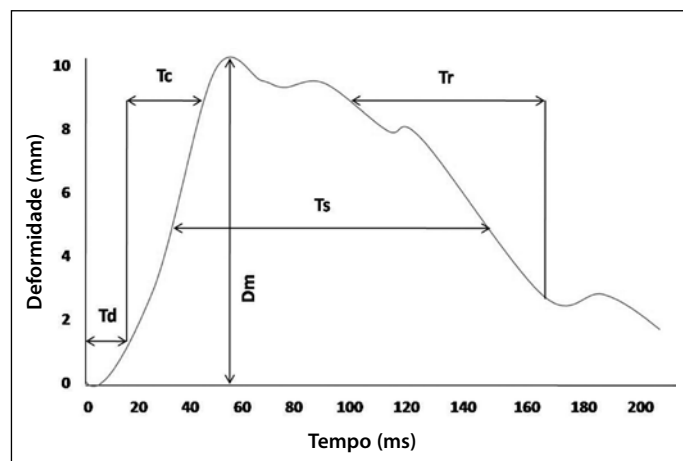


Figura 1. Este gráfico apresenta a resposta do bíceps femoral a uma largura de impulso elétrico de 1 ms e uma amplitude de 110 mA utilizadas com uma TMG. Dm representa a deformação muscular máxima. Td é o tempo de reação ao impulso. Tc é o tempo de contração em intervalos entre 10 e 90 % de movimento. Ts é a duração da contração. Tr é o tempo de relaxamento.

o tempo de relaxamento o qual retorna a 50% da deformação máxima. O tempo de relaxamento (T_r), o tempo no qual a resposta do músculo diminui de 90% para 50% D_m , oferece informações sobre os níveis de fadiga. De qualquer maneira, se os resultados forem maiores do que a média do indivíduo, há indicação de fadiga. Neste caso, existe uma importante correlação entre o movimento do ventre muscular e os processos de contração muscular²¹.

RESULTADOS

Estatística descritiva por deslocamento radial máximo do ventre muscular (D_m), tempo de contração (T_c), Tempo de delay (T_d), Tempo de sustentação (T_s) e Tempo de relaxamento (T_r) para os sujeitos estudados é fornecida na Tabela 2.

DISCUSSÃO

As informações obtidas nos parâmetros D_m , T_d , T_c , T_s e T_r nos permitem analisar as propriedades do músculo, dependendo do tipo de fibra²¹, a simetria (lateral ou funcional) entre as extremidades³²⁻³³, os níveis de fadiga muscular^{28-30,34}, ou transtornos anatômicos^{28,35,36}. Estes e outros aspectos complementares são o que tentamos explicar nas seções seguintes.

TMG e ações técnicas

A partir da amostra analisada, os valores do BF de ambas as pernas são mais baixos do que os obtidos a partir dos músculos extensores do joelho (VM, RF e VL). Uma massa muscular alta do músculo isquiotibial pode ocorrer devido a duas ações técnicas frequentes em jogadores de vôlei de praia; posição inicial de recepção (articulação do quadril, dobrada) e o salto vertical explosivo (a cadeia muscular extensora o ativa). Tal fato é especialmente percebido em jogadores experientes. Uma massa muscular excessiva produz um abalo no equilíbrio desta, levando a uma assimetria entre os músculos extensores e flexores do joelho, causando dor na articulação do joelho (tabela 3).

Tabela 3. Um exemplo de simetria funcional da articulação do joelho e possíveis patologias associadas a 10 sujeitos (5 homens e 5 mulheres). Os dados em itálico apresentam os mais importantes.

Jogadores	Simetria funcional		Dor na perna
	Direita	Esquerda	
Masculino 1	60%	80%	Perna direita
Masculino 2	70%	92%	Perna direita
Masculino 3	89%	71%	Perna esquerda
Masculino 4	58%	71%	Perna direita
Masculino 5	82%	89%	Não
Feminino 1	75%	88%	Perna direita
Feminino 2	91%	48%	Perna esquerda
Feminino 3	51%	60%	Ambas
Feminino 4	53%	71%	Perna direita
Feminino 5	78%	76%	Não

A conexão entre agonista e antagonista durante movimentos flexores-extensores da articulação o joelho está apresentada na tabela como a porcentagem de simetria funcional. Valores normais estão por volta de 65% ou mais^{28,33,35}. Esses valores são utilizados por estes autores como referência, coletados em uma investigação conduzida com indivíduos que praticam atividade física com moderação. Contudo, eles devem ser utilizados como um guia, apesar de podermos observar na tabela 3 que existem jogadores com valores de simetria funcional mais altos. Neste contexto, valores de simetria podem ser atribuídos a dois fatores diferentes:

- Fadiga excessiva ou rigidez do músculo BF;
- Falta de tônus ou fadiga muscular dos músculos extensores da articulação do joelho (VM, RF, VL).

Por exemplo, o indivíduo chamado de masculino 1 (tabela 3) possui uma D_m de 4.1 mm em seu BF de sua perna direita e 6.6 mm em sua perna esquerda. Esses resultados podem ser positivos ou negativos

Tabela2. Resultados da estatística descritiva por T_c , D_m , T_d , T_s e T_r de VM, RF, VL e BF obtidos a partir de sujeitos da amostra.

		Perna direita					Perna esquerda					
		T_c [ms]	D_m [mm]	T_d [ms]	T_s [ms]	T_r [ms]	T_c [ms]	D_m [mm]	T_d [ms]	T_s [ms]	T_r [ms]	
MASCULINO (n=14)	VM	Média	28,2	8,5	21,3	166,7	64,3	26,4	8,4	21,2	177,5	58,8
		DP	+/- 15,5	+/- 2,0	+/- 1,0	+/- 24,2	+/- 41,7	+/- 10,3	+/- 1,5	+/- 1,7	+/- 24,0	+/- 42,3
		Médio	22,7 - 76,8	5,9 - 12,8	19,8 - 23,1	130,7 - 185,4	33,6 - 153,9	21,7 - 57,6	7 - 10,5	18,4 - 23,3	130,3 - 223,5	33,3 - 155,9
	RF	Média	29,2	9,2	23,1	61,7	25,3	31,3	9,2	23,6	64,0	26,0
		DP	+/- 4,7	+/- 3,2	+/- 2,5	+/- 51,1	+/- 45,2	+/- 5,5	+/- 3,1	+/- 1,8	+/- 45,3	+/- 43,1
		Médio	22,1 - 37,7	6,6 - 17,9	20,4 - 27,2	37,7 - 186,1	11,7 - 137,9	25,9 - 44,8	5,1 - 16,8	19,4 - 26,2	47,2 - 185,4	16 - 150,7
	VL	Média	26,3	5,6	20,7	50,1	18,4	24,7	6,4	21,0	51,7	19,9
		DP	+/- 3,2	+/- 1,4	+/- 2,4	+/- 40,8	+/- 36,8	+/- 4,3	+/- 1,1	+/- 2,0	+/- 36,2	+/- 31,8
		Médio	21,8 - 31,8	3,3 - 8,4	17,9 - 24,3	33,5 - 155,7	9,9 - 127,5	20,3 - 34,8	4,5 - 7,9	18,9 - 25	37,1 - 138,5	10,1 - 103,6
	BF	Média	25,7	3,9	19,4	211,4	56,3	24,2	4,3	20,3	130,6	37,6
		DP	+/- 15,6	+/- 2,4	+/- 4,1	+/- 42,5	+/- 55,4	+/- 12,4	+/- 2,3	+/- 3,1	+/- 70,7	+/- 27,4
		Médio	15,5 - 68,9	2 - 9,6	14,3 - 28,3	174,8 - 310,1	33,6 - 220,6	13,7 - 59,5	2,1 - 10,1	15 - 26,9	24 - 297	7,7 - 107,4
FEMININO (n=10)	VM	Média	24,9	7,6	20,7	174,7	74,7	26,4	6,5	20,2	174,5	55,4
		DP	+/- 10,8	+/- 1,2	+/- 1,4	+/- 18,9	+/- 51,5	+/- 11,1	+/- 2,0	+/- 1,1	+/- 27,9	+/- 51,7
		Médio	20,2 - 57	6,4 - 9,9	18,7 - 22,6	145,3 - 213,6	40,1 - 163,2	20 - 29,4	4,9 - 11,8	19,1 - 21,3	150,5 - 209,7	31,6 - 167,7
	RF	Média	28,3	8,0	23,2	71,2	29,1	28,7	8,0	22,9	93,1	39,5
		DP	+/- 5,8	+/- 2,3	+/- 2,0	+/- 36,6	+/- 33,9	+/- 4,4	+/- 1,7	+/- 2,0	+/- 49,9	+/- 42,7
		Médio	19,5 - 39,7	6 - 13,3	19,4 - 25,8	53,7 - 146,1	17,9 - 110,6	22,5 - 36,8	5,2 - 10,6	18,9 - 26,3	43,1 - 171,9	22,2 - 129,3
	VL	Média	24,6	5,6	20,4	42,3	14,1	24,4	5,5	19,9	42,5	14,9
		DP	+/- 1,2	+/- 1,2	+/- 2,2	+/- 28,7	+/- 25,9	+/- 2,2	+/- 1,0	+/- 1,7	+/- 16,8	+/- 15,0
		Médio	23,2 - 26,9	4,4 - 8,2	17,6 - 23,2	32,2 - 128,6	9,1 - 94,5	21,6 - 28	4,7 - 7,6	17,9 - 22,6	33 - 62,9	8,4 - 57,4
	BF	Média	37,6	5,7	22,0	209,6	76,2	32,2	6,4	23,8	195,9	50,4
		DP	+/- 17,5	+/- 2,7	+/- 2,4	+/- 77,4	+/- 30,1	+/- 16,0	+/- 2,0	+/- 2,4	+/- 32,6	+/- 14,1
		Médio	18,4 - 69,6	2,8 - 10	18,5 - 24,9	150,8 - 420,3	56,4 - 123,5	16,7 - 70,1	3 - 9,9	20,2 - 27	150,8 - 249,9	29,6 - 73,9

apesar de ser um sinal de um bom tônus muscular. Por outro lado, se compararmos e considerarmos a extensa musculatura, há indicação de um possível risco de lesão para o jogador. Os valores da RF são muito altos para este tipo de jogadores (perna direita: 17,9 mm, perna esquerda: 16,8 mm). Os valores moderados que apresentam essa característica indicam assimetria funcional, causando as frequentes dores lombares que o jogador vem sentindo.

Os valores de Dm do VL e VM informam sobre o nível de simetria funcional da articulação do joelho. Dor patelar e tendinite na rótula podem ser causadas por instabilidade no joelho. Se considerarmos as informações sobre feminino 1 da tabela 3, podemos observar que ela pode estar sentindo dor na sua perna direita, apesar dos valores simetria serem aceitáveis, 75% perna direita e 88% perna esquerda. Analisando a relação entre VM e VL, concluímos que o problema pode ser causado por um possível desequilíbrio entre eles (49 % perna direita e 85 % perna esquerda).

TMG e sua função técnica

O BF é frequentemente requisitado em ações defensivas e em movimentos específicos durante competições. Os valores do Dm pertencentes a jogadores de longo prazo deste esporte (para categorias masculina e feminina) mostram que estes são mais baixos em especialista em defesa. Em nossa amostra, os especialistas em defesa possuem valores de Dm entre 2 e 4 mm. Mas em contrapartida, os especialistas em bloqueio, os quais oscilam entre a posição de defesa e bloqueio, apresentam valores em torno de 4 e 8 mm. Estudos prévios enfatizam o valor de referência de Dm 8,17 mm em sujeitos não treinados³³, enquanto jogadores de futebol variam entre 3 e 8 mm³⁵.

TMG e a posição ocupada pelo jogador em quadra

As funções exercidas pelos jogadores determinam um envolvimento maior de certas estruturas musculares. Devemos acrescentar a estas considerações a posição que eles assumem em quadra e as funções que eles exercem.

Se revisarmos a duração de contração (Ts) da amostra nos daremos conta de que os jogadores que competem em duplas apresentam níveis de fadiga mais altos em seus VL (tabela 4).

TMG e prevenção de lesões

A possibilidade de que a TMG contribua para a prevenção de lesões é elevada. A priori, isso nos dá oportunidade de determinar situações de alto risco para futuras lesões musculares. A interpretação nestes casos exige um alto nível de experiência por parte do avaliador já que os resultados da TMG em alguns casos apresentam semelhanças entre os estados ideais de rendimento e estados de alto risco com potencial para lesão.

Por exemplo, após um sessão de treinamento intenso é bem comum encontrar os seguintes valores em BF: Ts e Td altos e Tc e Dm baixos. Estas circunstâncias são óbvias porque as estruturas musculares estão em condições ótimas para exercer um trabalho mecânico eficiente, mas também é certo que exista um alto nível de fadiga, o qual poderia envolver um risco para a integridade do músculo. Nestas circunstâncias onde os músculos apresentam elevada rigidez é necessário massageá-los ou alongá-los (tabela 5).

Uma outra aplicação em vôlei de praia, assim como em outros esportes, é a detecção de fadiga muscular, para a qual é necessário utilizar mais de uma variante da TMG para conduzir um diagnóstico personalizado para cada sujeito. Do nosso ponto de vista, consideramos que com altos níveis de fadiga, o tempo de reação (Td) deva ser alto, o encurtamento da velocidade do músculo (Dm/Tc) baixo e a duração da contração (Ts) alta. De qualquer jeito, devemos ser cautelosos com os resultados, especialmente com os valores de encurtamento de velocidade porque

Tabela 4. Exemplo do tempo de manutenção da contração de 4 duplas de vôlei de praia (2 homens e 2 mulheres) para a análise de seus VL dependentes de suas posições em quadra.

Partner	Jogadores	Tempo de sustentação (Ts - ms)		Posição na quadra
		Direita	Esquerda	
A	Masculino 1	129,2	116,8	Esquerda
	Masculino 2	36	39,7	Direita
B	Masculino 3	41,2	38,4	Esquerda
	Masculino 4	61,3	79,1	Direita
C	Feminino 1	128,6	44	Esquerda
	Feminino 2	43,1	62,9	Direita
D	Feminino 3	41,9	34,2	Esquerda
	Feminino 4	36,1	42,6	Direita

Tabela 5. Relação entre Ts com Td, Tc e Dm de BF obtida a partir dos sujeitos da amostra (2 homens e 2 mulheres).

BF	Direita				Esquerda				
	Jogador	Tc (ms)	Dm (mm)	Td (ms)	Ts (ms)	Tc (ms)	Dm (mm)	Td (ms)	Ts (ms)
M1		18,4	4,1	22	202,9	31,1	6,6	20,7	242,8
M2		32,9	2,9	16	199,9	28,3	2,6	15	234,1
F1		29,8	5,2	21,8	249,5	28,4	8,8	25,4	215,1
F2		18,4	3,8	19	420,3	16,7	3	20,2	249,9

podemos nos deparar com fadiga relacionada com Dm alta ou baixa.

Dm baixa pode ser causada devido às ações de alta velocidade que podem ser derivadas de altos níveis de rigidez muscular. Se a Dm aumenta muito esta pode estar relacionada com um estado de fadiga crônica ou fraqueza muscular. Um outro aspecto a ser considerado é que não é possível fazer comparações entre sujeitos sem valores informativos e cada um deles durante seu treinamento habitual ou competições, uma vez que o tempo de contração irá depender das características do músculo analisado e tempo de contração alto parece estar relacionado com um número maior de fibras de tipo 1³¹.

TMG, controle de lesões e recuperação

A TMG pode fornecer dados sobre o progresso e efetividade da recuperação das lesões. Para tal, utilizamos dois exemplos do estudo: os processos de recuperação de um ligamento cruzado rompido e fibras partidas do BF.

Ligamento cruzado rompido; o atleta focou sua recuperação no fortalecimento dos isquiotibiais de sua perna machucada (perna esquerda). Apesar de seu equilíbrio morfológico (diâmetro de coxa de sua perna dominante 55,6cm; não dominante 54,6cm) sua resposta muscular indica que existem sérias assimetrias. Por exemplo, sua simetria funcional (músculos flexores-extensores) foi desequilibrada em seu lado direito (53%) e há assimetria entre VM e VL da outra perna (48%).

No caso do atleta com fibras musculares partidas da perna esquerda: este atleta focou sua recuperação em treinamento de hipertrofia: mesmo assim ele ainda apresentava anomalias em BF de ambas as pernas (tabela 6).

Tabela 6. Esta tabela mostra os resultados da TMG aplicada a um jogador de vôlei de praia o qual possuía um BF funcional desequilibrado.

	Direita					Esquerda				
	Tc (ms)	Dm (mm)	Td (ms)	Ts (ms)	Tr (ms)	Tc (ms)	Dm (mm)	Td (ms)	Ts (ms)	Tr (ms)
VM	23,6	6,4	18,7	145,3	117,9	29,4	5,5	19,3	166,7	32,1
RF	31,4	6,9	22,3	56,7	21	34,2	6,6	21,6	109,4	57,1
VL	24,1	5,2	19	43,1	15	24	4,9	17,9	62,9	34,7
BF	35,4	2,8	18,5	197,9	56,4	70,1	8	24,2	168,4	63,2

A tabela 6 apresenta transtornos mecânicos e nervosos em ambos os BF. Podemos especificamente observar que a perna esquerda apresenta valores mais altos de Tc, Dm e Td do que a perna direita. Além disso, o atleta apresentava desequilíbrio da massa muscular em ambas as pernas (diâmetro da perna direita 66cm, e 62cm perna machucada).

CONCLUSÕES

Os dados obtidos dos sujeitos em nossa amostra nos permite confirmar que a TMG é uma técnica altamente útil para a avaliação de estruturas de rigidez muscular e equilíbrio muscular de atletas. Contudo, devemos lembrar que a validade e reprodutibilidade dos resultados estão condicionadas a protocolos de avaliação rígidos. Além disso, devemos considerar que a interpretação dos dados deve respeitar os critérios

de individualidade (o perfil do atleta) e especificidades (características do esporte). A aplicação em uma amostra de voleibol de praia de alto nível mostra a existência de diferenças relevantes devido as diferentes funções de cada jogador (defesa, bloqueio ou alternância entre ambas as funções), as ações técnicas, a posição em quadra (direita-esquerda) e o histórico de lesões do jogador.

AGRADECIMENTOS

À Federação Real Espanhola de Voleibol pela colaboração.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

1. Giatsis G. The effect of changing the rules on score fluctuation and match curation in the FIVB women's beach volleyball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 2003, 3(1): 57-64.
2. Giatsis G, Zetou E. The influences of regulation changes on the fluctuation of score of the beach volleyball games. *Inquiries in Sport & Physical Education*, 2003, 1: 43-48.
3. Hömberg S., Papageorgiou A. *Handbook for beach Volleyball*. Aachen: Meyer & Meyer Verlag. 1994.
4. Miyama M., Nosaka N. Influence of surface on muscle damage and soreness induced by consecutive drop jumps. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2004, 18(2): 206-211.
5. Bredeweg S. The elite volleyball athlete. In Reeser, J.C. and Bahr, R. (eds.), *Handbook of Sports Medicine and Science*. Volleyball. Massachusetts: Blackwell Science. 2003: 183-191.
6. Smith R. Movement in the Sand: Training Implications for Beach Volleyball. *Strength and Conditioning Journal*, 2006, 28(5): 19-21.
7. Zetou E, Vernadaki Z, Mountaki F, Giatsis G, Lapidis K. (2006). Common practices of beachvolleyball players regarding fluid, supplements and nutrition intake during a tournament. *Physical Training* (2006). http://ejms.com/pt/2006pt/ptart_Zetou_0406.html (accessed 12 jun 2009)
8. Bishop D. A comparison between land and sand-based tests for beach volleyball assessment. *Journal of Sport Medicine and Physical Fitness*, 2003, 43(4): 418-423.
9. Giatsis G, Kollias I, Panoutsakopoulos V, Papaikovou G. Biomechanical differences in elite beach volleyball players in vertical squat jump on rigid and sand surfaces. *Sports Biomechanics*, 2004, 3(1): 145-148.
10. Pfirrmann C.W.A., Jost B., Pirkl C., Aitzetmüller G., Lajtai G. Quadriceps tendinosis in professional beach volleyball players: sonographic findings in correlation with clinical symptoms. *Eur Radiol* 2008, 18: 1703-1709.
11. Valencic V, Knez N. Measuring of skeletal muscles dynamic properties. *Artific Org*. 1997, 21: 240-242.
12. Dahmane R, Knez N, Valencic V, Erzen I. Tensiomyography, a non-invasive method reflecting the percentage of slow muscle fiber in human skeletal muscles. *Book of Abstract: Life Sciences 2000*, Gozd Martuljek, Slovenia, September 28th to October 1st, 2000, pp./str. 29.
13. Valencic V, Djordjevic S, Knez N, Dahmane R, Coh M, Jurcic-Zlobec B, Praprotnik U, Simunic B, Kersevan K, Bednarik J, Gomina, N. Contractile properties of skeletal muscles detection by tensiomyographic measurement method. 2000 Pre-Olympic Congress, Brisbane, Australia, Abstract 507, 2000.
14. Valencic V, Knez N, Simunic B. Tensiomyography: Detection of skeletal muscle response by Means of radial muscle belly displacement. *Biomedical Engineering*, 2001, 1: 1-10.
15. García-Manso JM, Rodríguez-Matoso D, Sarmiento S, De Saa Y, Vaamonde D, Rodríguez-Ruiz D y da Silva-Grigoletto, ME. La tensiomiografía como herramienta de evaluación muscular en el deporte. *Rev Andal Med Deporte* 2010. 3:98-102.
16. Rodríguez-Matoso, D.; Rodríguez-Ruiz, D.; Quiroga, M.E.; Sarmiento, S.; De Saa, Y. y García-Manso, J.M. Tensiomiografía, utilidad y metodología en la evaluación muscular. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. 2010. 10 (40): 620-629.
17. Dahmane R, Valencic V, Knez N, Erzen I. Evaluation of the ability to make non-invasive estimation of muscle contractile properties on the basis of the muscle belly response. *Medical and Biological Engineering Computing*, 2001, 39: 51-55.
18. Knez N, Valencic V. Proceedings of the ninth Electrocehnl and Computer Science Conference ERK 2000, 21-23, September 2000, Portoroz, Slovenia. Ljubljana : IEEE Region 8, Slovenian section IEEE, 2000, Vol. B, pp. 301-304.
19. Valencic V. Method for selective and non-invasive detection of skeletal muscles contraction process. *International Application Published under the Patent Cooperation Treaty (PCT)*. Nº WO 02/074167 A1. 2002.
20. Simunic B. Model of longitudinal contractions and transverse deformations in skeletal muscles. *Doctoral Thesis*. Ljubljana. 2003.
21. Belic, A, Knez, N, Karba, R y Valencic, V. Validation of the human muscle model. *Proceedings of the 2000 Summer Computer Simulation Conference*, 16. - 20. July 2000, Vancouver, British Columbia. Session 1: Issues on Whole Body Modeling.
22. Krizaj D, Simunic B, Zagar, T. Short-term repeatability of parameters extracted from radial displacement of muscle belly. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2008, 18: 645-651.
23. Rodríguez-Matoso D, Rodríguez-Ruiz D, Sarmiento S, Vaamonde D, Da Silva-Grigoletto ME, García-Manso JM. Reproducibility of muscle response measurements using tensiomyography in a range of positions. *Rev Andal Med Deporte* 2010;3:81-6
24. Simunic B, Valencic V. Non-invasive selective measurement of m. vastus medialis and m. vastus lateralis contractile properties at different knee angles. *Proceedings of the tenth Electrocehnl and Computer Science Conference ERK 2001*, 24. - 26. September 2001, Portoroz, Slovenia. Ljubljana : IEEE Region 8, Slovenian section IEEE, 2001, Vol. B, 363-366.
25. Tous-Fajardo J, Moras G, Rodríguez-Jiménez S, Usach R, Doutres DM, Maffiuletti NA. Inter-rater reliability of muscle contractile property measurements using non-invasive tensiomyography. *J Electromyogr Kinesiol* 2010. 20:761-6.
26. Carrasco, L., Sañudo, B., de Hoyo, M., Pradas, F. y da Silva, ME. Effectiveness of low-frequency vibration recovery method on blood lactate removal, muscle contractile properties and on time to exhaustion during cycling at VO2max power output. *Eur. J. Appl. Physiol*. 2011. 111:2271-2279.
27. Pisot R, Narici MV, Simunic B, De Boer M, Seynnes O, Jurdana M, Biolo G, Mekjavic IB. Whole muscle contractile parameters and thickness loss during 35-day bedrest. *Eur J Appl Physiol*. 2008. 104(2): 409-414.
28. Simunic, B., Rozman, S., Pisot, R. Detecting the velocity of the muscle contraction. *III International Symposium of New Technologies in Sports*. Sarajevo, 2005.
29. Smith, U.; Hunter, A. The Effect of Titanic Stimulated Induced Fatigue on the Relationship between TMG and Force Production of the Gastrocnemius Medialis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2006. 38(5) Supplement; S179-S180.
30. García-Manso JM, Rodríguez-Ruiz D, Rodríguez-Matoso D, de Saá Y, Sarmiento S, Quiroga ME. Assessment of muscle fatigue after an ultraendurance triathlon using Tensiomyography (TMG). *J Sport Sci* 2011; 29:619-25.
31. Dahmane R, Djordjevic S, Simunic B, Valencic V. Spatial fiber type distribution in normal human muscle. *Chemical and tensiomyographical evaluation*. *Journal of Biomechanics*, 2005, 38: 2451-2459.
32. Zagorc M, Karpiljuk D, Friedl M. Analysis of functional loads of top sport dancers. In: Milanovic, D. (ed), *Proceedings of the 2nd International Scientific Conference "Kinesiology for the 21st century"*. Dubrovnik. University of Zagreb. 1999, 240-243.
33. Rusu L, Calina M, Avramescu E, Paun E, Vasilescu M. Neuromuscular investigation in diabetic polyneuropathy. *Romanian Journal of Morphology and Embryology*. 2009, 50 (2): 283-290.
34. Grabljevec K, Simunic B, Kersevan K, Krizaj D, Kosorok V, Gregoric M. Detection of contractile properties of chronically spastic muscles in subjects after traumatic brain injury with tensiomyography (TMG) method. *Rehabilitation sciences in the new millennium challenge for multidisciplinary research: collection of works presented at the 8th congress of European federation for research in rehabilitation*, Ljubljana, Slovenia; 2004. p. 139-143.
35. Lukic D. La tensiomiografía al servicio del deportista. *Taller del II Congreso Internacional Universitario sobre las Ciencias de la Salud y el Deporte*. Universidad San Pablo CEU. Madrid, 2003.
36. Rodríguez-Ruiz, D., Rodríguez-Matoso, D., Quiroga, M.E., Sarmiento, S., García-Manso, JM y Da Silva-Grigoletto ME. Study of mechanical characteristics of the knee extensor and flexor musculature of volleyball players, *European Journal of Sport Science* 2011. iFirst: 1-7. DOI:10.1080/17461391.2011.568633.