



ANÁLISE BIOMECÂNICA DOS MOVIMENTOS DO VOLEIBOL
SENTADO:
UM ESTUDO ELETROMIOGRÁFICO SOBRE O DESLOCAMENTO

Naiara Regina Asmar Gomes
Calixto Júnior de Souza

RESUMO

O Voleibol Sentado (VS) é uma modalidade paralímpica onde atletas amputados ou com outras limitações motoras jogam sentados. Esta pesquisa busca identificar e analisar eletromiograficamente a ação dos músculos envolvidos no momento do deslocamento do VS em diferentes direções (para frente, para trás e para o lado) e nas situações: sem e com bola, com o intuito que o treinamento fique mais específico, prevenindo lesões e favorecendo o aprimoramento técnico. Para captação do sinal eletromiográfico foi utilizado eletrodo bipolar EMG Brasil Systems, através do software DataQ[®] (USA) conectado um microcomputador portátil. Diante do desempenho das variáveis eletromiográficas FM, FMax e RMS na coleta. Notou-se diferenças de ativação muscular dependentes do comprometimento motor.

Palavras-chave: Eletromiografia; Voleibol Sentado; Esporte Paralímpico.

INTRODUÇÃO

O esporte paralímpico vem tomando novos rumos no Brasil em que este está se tornando uma das maiores potências mundiais. Estudos sobre formação de jovens atletas, recursos humanos, avaliação, preparação física dentre outros, tem como subsídios a comprovação de melhorias na prática com o intuito de almejar resultados.

Ao se tratar do voleibol sentado (VS) no campo do esporte de alto nível, é fundamental obter uma percepção acerca dos fatores físicos que influenciam na qualidade e potência de cada fundamento executado pelos atletas, no ambiente dos treinos e competições permitindo avaliações preventivas a serem adotadas causando uma melhora expressiva no desempenho esportivo.

A vivência empírica e assimilações com o voleibol tradicional (VT) faz com que este desempenho seja superficial, minimizando a contribuição na qual o esporte exige, além da pouca bibliografia abordando o assunto. Na procura da literatura sobre métodos biomecânicos gerais, Santos e Guimarães (2002) fizeram análises quantitativas de parâmetros biomecânicos em atletas paralímpicos de provas de atletismo e natação, utilizando a cinemetria. Já Assumpção et al.(2007) avaliaram a influência do



deslocamento como fator desencadeador de dores em atletas da Seleção Brasileira feminina de VS. Em relação ao comportamento eletromiográfico seja de qualquer grupo muscular, não foram encontradas referências que indicassem os movimentos e funções no que se refere à prática do VS.

Este estudo é pertinente a partir do momento em que é perceptível que as ações eletromiográficas estão diretamente ligadas a ativação dos músculos exigidos. O fundamento aqui analisado é o deslocamento, pois diferentemente do VT em que a ação de deslocar pode ser juntamente executada com outra, no VS são realizadas em diferentes momentos, por isso ser considerado um fundamento.

Esta pesquisa busca identificar e analisar eletromiograficamente a ação dos músculos no momento do deslocamento do VS em diferentes direções (para frente, para trás e para o lado) e situações: sem e com bola. Estas informações são relevantes na medida em que permite o aprimoramento técnico e físico dos atletas.

Tem-se como objetivo analisar a contribuição e padrões eletromiográficos dos músculos que compõe o mecanismo do voleibol sentado durante a execução com e sem bola dos movimentos de deslocamento. De forma específica analisar eletromiograficamente a ação dos músculos trapézio, deltóide e tríceps no momento do deslocamento do VS em diferentes direções (para frente, para trás e para o lado) e situações (sem e com bola) observando se no deslocamento com bola há uma maior ativação dos músculos analisados.

Para tal é preciso dar enfoque a alguns dos principais músculos da cintura escapular responsáveis para a execução desse fundamento. Esses músculos foram selecionados de acordo com a participação durante o ciclo do deslocamento e pela facilidade de captação do sinal eletromiográfico.

O estudo aprofundado do registro da atividade eletromiográfica permite a investigação de como esses músculos são utilizados em determinado movimento, seu nível de ativação muscular, a intensidade e duração da solicitação muscular, dando assim suporte para o objetivo e necessidade de cada atleta.

Sendo assim foi pertinente trazer um estudo mais aprofundado sobre esse esporte, sua forma de classificação funcional específica, regras que o diferem do VT, e



dinâmica de jogo englobando habilidades dos jogadores e seu fundamento analisado, o deslocamento.

CLASSIFICAÇÃO FUNCIONAL DOS ATLETAS QUE PRATICAM O VOLEIBOL SENTADO

No esporte paralímpico em geral há uma classificação funcional na qual a função é agrupar os atletas de acordo com sua capacidade física e funcional. De acordo com a CBVD (2012), considera tanto a deficiência quanto a funcionalidade – sistema híbrido de classificação. O diagnóstico é para provar a disfunção anatômica ou funcional, não sendo o determinante para a classificação (Manual de Classificação Funcional, s/d).

Nesta perspectiva, o processo de análise consiste em convocar o atleta inscrito na competição para a classificação, no qual é entrevistado e examinado antes do início da competição, exames complementares e laudos podem ser apresentados para facilitar a classificação.

O voleibol sentado possui seu próprio manual e sistema de classificação, regido pela WOVD, destinado a detectar a elegibilidade de um atleta para competir, bem como colocar o atleta na classe apropriada.

Os tipos de deficiência elegíveis segundo a WOVD (apud CBVD, 2012) do VS são: amputações, força muscular diminuída, movimentos articulares restritos, instabilidade das articulações, diminuição do equilíbrio e coordenação.

Segundo Macedo (2005), pode competir atletas amputados, principalmente de membros inferiores (muitos deles são vítimas de acidentes de trânsito) e pessoas com outros tipos de deficiência locomotora (sequelas de poliomielite, paralisia infantil, por exemplo), os chamados “LesAutres”.

A classificação do VS preconiza função para prática do esporte especificamente e não a de diagnosticar uma deficiência física ou funcional. Deste modo é possível que pessoas sem deficiência (como a sociedade e o sistema de saúde reconhece) possam ser elegíveis para pratica do voleibol sentado e algumas deficiências inelegíveis para este esporte.



Internacionalmente, os atletas podem receber quatro tipos de status no qual se encaixa a classificação, que são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1: Quadro de classificação funcional dos atletas paraolímpicos com base no Manual de Classificação funcional.

STATUS	DEFINIÇÃO
<ul style="list-style-type: none">D (Disabled): Elegível	Capacitado a jogar voleibol sentado; quando a atleta recebe esse status não pode ser modificado.
<ul style="list-style-type: none">MD (Minimally Disabled): Elegibilidade Mínima	Baseados no impacto da limitação real dos fundamentos no voleibol tradicional e em distinguir entre as classes de deficientes e pessoas com deficiência mínima.
<ul style="list-style-type: none">Inelegível	Não entra no quadro de aptos a jogar voleibol sentado.
<ul style="list-style-type: none">Com Revisão	Cedido aos jogadores com deficiência flutuante, ou seja, que pode vir a mudar com o tempo; ou aquele que a classificação não é clara, podendo o classificador observar o jogador na competição, a fim de confirmar a sua classificação.

Há também a classificação considerando todos os fundamentos do voleibol sentado, deslocamento, simulação de situações reais de jogo, grau de comprometimento para prática do voleibol secundário a lesão específica em questão.

A BIOMECÂNICA DO ESPORTE E SEUS PRINCIPAIS PARÂMETROS

O corpo humano é a máquina mais complexa já conhecida pela ciência, entender seus mistérios e funcionalidades requer um estudo aprofundado de todos os componentes que fazem seus sistemas operarem em completa sincronização.



Quando falamos do sistema muscular, a biomecânica é uma técnica científica eficiente em compreender os fatores desde a locomoção até eventos neurofisiológicos.

A biomecânica do esporte é uma disciplina científica dos quais os movimentos desportivos são descritos e explicados à luz de conceitos e métodos mecânicos (SANTOS e GUIMARÃES, 2002).

Através da sistematização dos seus objetivos, tem-se uma visão geral das tendências atuais da pesquisa e da importância nos vários ramos do esporte, como o escolar, de lazer e de rendimento (MENZEL, 1997).

Portanto, a biomecânica do esporte que se dedica ao estudo do corpo humano e do movimento esportivo em relação às leis e princípios físicos-mecânicos, incluindo os conhecimentos anatômicos e fisiológicos do corpo humano (AMADIO et al, s/d)

Certos métodos de estudos servem para comprovar, melhorar, descobrir novas possibilidades e evoluções do esporte. Em sua pesquisa, Amadio et al.(s/d, p.6) explicam o papel da biomecânica no esporte:

No sentido mais amplo de sua aplicação, ainda é tarefa da biomecânica das atividades esportivas a caracterização e otimização das técnicas de movimento através de conhecimentos científicos que delimitam a área de atuação da ciência, que tem no movimento esportivo seu objeto de estudo, considerando-se ainda que a biomecânica do esporte integra outras áreas da ciência que, possuem igualmente no movimento esportivo, a definição do seu objeto de estudo.

Os métodos de medição de parâmetros quantitativos biomecânicos mais utilizados são a antropometria, a cinemetria, a dinamometria e a eletromiografia.

Considerado um dos métodos mais acessível, na antropometria são obtidas as medidas inerciais do corpo do atleta, onde são usados desde a fita métrica, balanças, paquímetros digitais. Essas medidas são necessárias para a normalização dos dados, para a personalização dos modelos físico-matemáticos e para os métodos de simulação (AMADIO et al, s/d).

Segundo Amadio et al (1996 apud SANTOS e GUIMARAES et al., 2002, p. 93), a cinemetria é um método de medição cinemática que busca a partir da aquisição de imagens da execução do movimento, observar o comportamento de variáveis



dependentes, tais como: velocidade, deslocamento, posição e orientação do corpo e de suas partes.

A dinamometria engloba todos os tipos de medidas de força e pressão. As forças mensuráveis são as forças externas, transmitidas entre o corpo e o ambiente, seu instrumento básico é a plataforma de força que mede a força de reação do solo e o ponto de aplicação desta força (AMADIO, s/d. et al.).

O último, a eletromiografia, é uma técnica de monitoramento da atividade elétrica das membranas excitáveis, representando a medida do potencial de ação. Pode ser descrita como uma técnica que envolve a colocação de eletrodos na pele, sob o músculo, para monitorar os impulsos neurais dos mesmos. Características desse método serão discutidas no decorrer do próximo tópico.

ELETROMIOGRAFIA

A eletromiografia é um parâmetro biomecânico capaz de captar a ligação entre sistema neural e muscular através da sua padronização de coleta do sinal. Consiste no estudo dos movimentos dos músculos através dos sinais elétricos emitidos pelos mesmos. Esses sinais são captados por meio de eletrodos¹, sendo muito suscetíveis a variações e interferências não relacionadas diretamente com o movimento muscular (NAKASHIMA, 2003).

A mesma autora (2003, p.9) relata a existência de dois tipos de eletrodos: os invasivos (de fio e/ou de agulha) e os eletrodos superficiais. Os invasivos são capazes de detectar potenciais de ação de uma única unidade motora, além de serem indicados para estudo de músculos profundos.

Neste estudo utilizaremos eletrodos superficiais, sendo aderidos à pele, constitui uma superfície de detecção que capta a corrente na pele através da interface pele-eletrodo (MARCHETTI e DUARTE, 2006). Considerado um método seguro, fácil e não invasivo, registra a atividade elétrica do músculo quando esse realiza contração, ou seja, o sinal eletromiográfico capta o potencial de ação do músculo analisado.

⁴ O eletrodo é um dispositivo no qual capta ou detecta o sinal eletromiográfico. A superfície de detecção entra em contato direto com o tecido, podendo ser feita por um ou dois eletrodos (monopolar ou bipolar).



Para a realização da coleta de dados, existem alguns parâmetros que devem ser acertados para a aquisição do sinal eletromiográfico, como a distância entre os eletrodos e seu posicionamento, além da preparação da pele.

A distância é definida de centro a centro entre as áreas condutivas, pois pode afetar o comprimento de bandas de frequências e amplitude do sinal eletromiográfico. A recomendação do SENIAM (Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles) entre os eletrodos é de 20 mm.

Quanto ao posicionamento, os eletrodos devem ser distribuídos sobre o ponto médio do ventre muscular e entre a zona de inervação e a região tendinosa (MERLETTI E PARKER, 2006, p.15).

Esforços devem ser realizados para determinar que o sinal dos músculos analisados não seja contaminado por ruídos advindos da movimentação dos fios e dos músculos vizinhos. Selecionando o tamanho do eletrodo adequado, distância intereletrodos e localização das gravações sobre o músculo devem ser cuidadosamente planejadas, especialmente quando se trabalha em áreas onde o músculo é estreito e estão firmemente reunidos, ou quando se trabalha com os músculos finos, por exemplo, trapézio (ISEK).

A eletromiografia indica o estímulo neural para o sistema muscular ou por grupos musculares sinérgicos ativos em determinado movimento voluntário através da ação muscular, assim sendo do potencial de ação.

Berne e Levy (1996, pg. 35) descrevem o potencial de ação como:

Uma variação rápida do potencial de membrana, seguida pelo retorno ao potencial de repouso da membrana. O potencial de ação é a base para a capacidade de transmissão de sinais das células nervosas.

Cada potencial de ação começa com uma mudança brusca no potencial de repouso da membrana (normalmente negativo) para um potencial positivo e, em seguida, termina com uma alteração de volta para o potencial negativo (MORAES, 2010).



A atividade mecânica do músculo é procedida pela excitação dos nervos e das fibras musculares esqueléticas. Essa produção de corrente elétrica acontece porque em todas as células ocorrem processos metabólicos que produzem uma diferença líquida na concentração de íons positivos e negativos entre o lado de dentro e do lado de fora de cada célula. (SMITH et al, 1997).

Cada vez que o músculo é estimulado, a parte ativa se carrega negativamente em relação à parte inativa e a diferença de potencial que se estabelece produz uma corrente elétrica (PINI, 1983), que se manifesta como potenciais de ação de unidades motoras, e que é graficamente registrada como eletromiograma (FORTI, 2005).

Este instrumento é um método não invasivo de medir os sinais elétricos gerados pela despolarização das membranas das células musculares, que viabiliza o estudo da unidade motora e possibilita a avaliação do controle de ativação muscular, do início e da duração do estímulo mioelétrico e estabelece o desempenho das unidades motoras.

A mensuração das medidas eletromiográficas são baseadas na diferença de potencial elétrico originado em um músculo em comparação a um ponto de referência, o eletrodo terra. Este eletrodo permite o cancelamento do efeito de interferência do ruído elétrico externo, como o causado por luzes fluorescentes, instrumentos de radiofusão, equipamentos de diatermia, e outros aparelhos elétricos. O eletrodo terra é um eletrodo superficial em placa, aderido à pele próximo aos eletrodos registradores, que deve ser posicionado sobre alguma extremidade óssea (PORTNEY, 1993).

MATERIAIS E MÉTODOS

LOCAL DE REALIZAÇÃO

O estudo será realizado no Laboratório de Bioengenharia e Biomecânica (Labioeng) da Faculdade de Educação Física da Universidade Federal de Goiás.

CARACTERIZAÇÃO DOS SUJEITOS PARTICIPANTES



Os voluntários do estudo foram selecionados entre indivíduos atletas de ambos os sexos, de duas equipes goianas de vôlei sentado, sendo um grupo heterogêneo quanto à idade (± 39 anos), à altura ($\pm 1,72$), massa corporal (± 72 kg) e comprometimento motor dados expostos conforme mostra a tabela 2.

Tabela 2: Características da amostragem

Indivíduo	Idade (Anos)	Altura (m)	Massa (Kg)	Comprometimento Motor
N1	45	1,75	82	Amputação transtibial bilateral
N2	26	1,67	61	Amputação transfemoral esquerda
N3	45	1,78	67	Amputação transfemoral esquerda
N4	42	1,71	78	Sequela poliomielite esquerda

ELETROMIÓGRAFO

Para captação do sinal eletromiográfico foi utilizado eletrodo bipolar EMG Brasil Systems junto com gel condutor, fixado com fita adesiva e cola de silicone. Os eletrodos foram acoplados ao eletromiógrafo EMG Brasil Systems® como mostra a Figura 2. Ao eletromiógrafo foi conectado um microcomputador portátil para captação, armazenamento e análise do sinal através do software DataQ® (USA).



Figura 1: Eletromiógrafo e Eletrodo Bipolar EMG Brasil Systems. Fonte: o autor



A coleta dos dados eletromiográficos foi obtida através da fixação do eletrodo na musculatura a ser estudada, trapézio, tríceps braquial e deltóide. Foi seguida a orientação do SENIAM para posicionamento do eletrodo na região de maior incidência dos disparos da musculatura escolhida. Os músculos foram selecionados de acordo com a participação durante o ciclo de deslocamento e pela facilidade de captar o sinal EMG.

PREPARAÇÃO DA PELE

Para maior captação do sinal EMG, e reduzir a interferência do sinal, foram realizados tricotomia (raspagem prévia) dos pelos da região onde foi fixado o eletrodo, limpeza do local com álcool para remoção de células mortas, o que poderia alterar o sinal EMG. Para que o eletrodo captasse o sinal com maior eficiência foi umedecido com gel condutor entre o eletrodo e a pele do voluntário.

POSICIONAMENTO DOS ELETRODOS

Foi seguida a orientação recomendada pelo SENIAM para obter uma melhor da captação do sinal EMG, conforme ilustra as figuras 3,4 e 5.

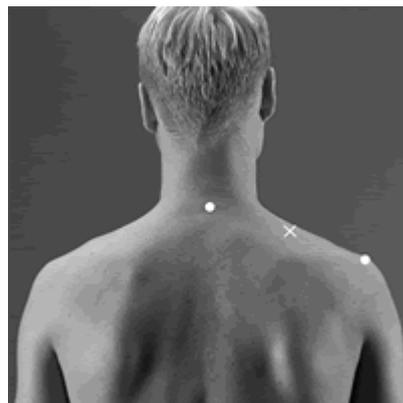


Figura 2: Ponto de fixação do eletrodo para melhor captação do sinal EMG para o trapézio, segundo o SENIAM. Fonte: Senian.org

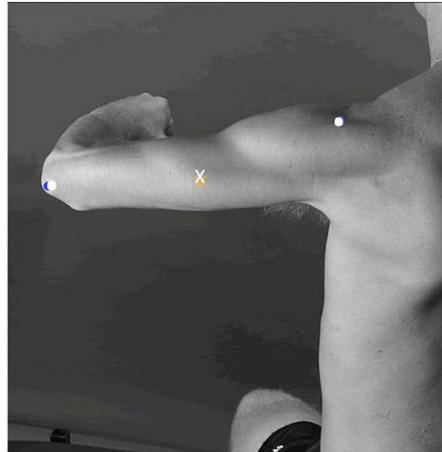


Figura 3: Ponto de fixação do eletrodo para melhor captação do sinal EMG para o tríceps, segundo o SENIAM. Fonte: Seniam.org

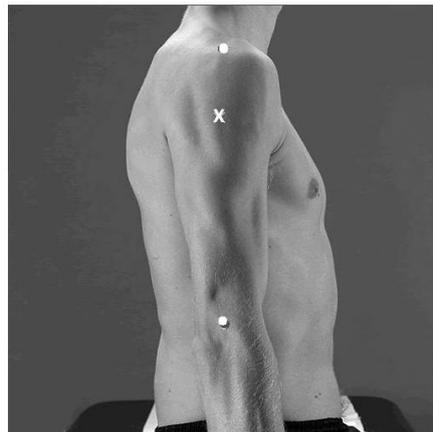


Figura 4: Ponto de fixação do eletrodo para melhor captação do sinal EMG para o deltoide, segundo o SENIAM. Fonte: Seniam.org

FIXAÇÃO DOS ELETRODOS

A fixação do eletrodo na pele do voluntário foi realizada com fita adesiva transpassada, selada as bordas com cola de silicone e fita esparadrapo, ainda na localização do fio foi espalhado vaselina sólida para repelir a água caso entrasse sob a proteção. Foi fixado eletrodo de referência no punho do voluntário para captação do sinal diferencial, conforme mostra a figura 6.



Figura 5: Modo de colocação dos eletrodos e a aplicação de um teste em um dos voluntários da amostra respectivamente. Fonte: O autor.

VARIÁVEIS ANALISADAS

Através do sinal EMG podemos analisar três variáveis importantes, frequência média (FMed), máxima (FM) e RMS (Root Mean Square). Com a FMed é possível determinar o conteúdo de frequência do sinal EMG, ou seja analisar a contração do músculo durante toda a atividade.

O RMS é um método de quantificação que determina a raiz da média dos quadrados. O RMS fornece um sinal praticamente instantâneo da intensidade do sinal de EMG (CRAM et al.,1998).

A FM e o RMS tem uma relação direta se comparada as suas funções, pois enquanto a primeira refere-se ao pico de ativação da unidade motora a segunda analisa o comportamento muscular ao longo do tempo, ou seja, a amplitude do sinal. A amplitude é um indicador da magnitude da atividade muscular, produzida predominantemente por aumentos na atividade das unidades motoras e em sua taxa de disparo (ROBERTSON, 2004 apud MARCHETTI & DUARTE, 2006, P.16).

O PROTOCOLO



Os valores de RMS, FMed. e FM do sinal eletromiográfico foram extraídos a cada seis movimentos em três tentativas, analisando os respectivos músculos: trapézio, deltóide e tríceps do membro dominante.

O teste consistiu que os atletas realizassem o movimento do deslocamento lateral (direito e esquerdo), seguido frente e trás e finalmente o do ataque, simulando o movimento. Logo após a simulação, as mesmas ações foram repetidas com bola. No deslocamento lateral foi adicionado o toque, no momento do deslocamento para frente o atleta executava o toque, um deslocamento para trás seguido de uma manchete. No ataque, a bola era lançada próxima a rede com o atleta em movimentos consecutivos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados e discutidos os resultados obtidos segundo os procedimentos descritos anteriormente. Os dados estão organizados de maneira a apresentar: a frequência media de ativação do músculo (Méd); frequência de ativação máxima (Máx) e o RMS durante os deslocamentos específicos do vôlei sentado sem bola e com bola. Os dados apresentados representam a média dos sujeitos analisados e de todas as tentativas para cada condição analisada, conforme mostra a tabela 2. A discussão dos resultados será apresentada, da seguinte forma: Deslocamento de Ataque, Deslocamento Frente/Trás e Deslocamento Lateral.

Tabela 3: Valores médios das variáveis analisadas durante os deslocamentos específicos do voleibol sentado.

Deslocamento			Trapézio		Deltóide		Tríceps	
			SB	CB	SB	CB	SB	CB
Ataque	Méd.	0.147	0.058	0.080	1.101*	0.592*	0.047	
	Máx.	1.405	3.877	2.930*	4.581*	2.380	2.878	
	RMS	0.297	0.153	0.370	0.253	0.338	0.476*	
Frente/	Méd.	0.096	0.058	0.090	0.062	0.063	0.048	
	Máx.	1.585	1.070	2.748*	1.635	1.975*	1.660*	



Média	Atrás	RMS	0.321	0.299	0.325	0.335	0.286	0.308
Geral	Lateral	Méd.	0.097	0.068	0.098	0.105	0.052	0.046
		Máx.	1.272*	1.502*	1.520*	2.179*	1.961*	1.948*
		RMS	0.278	0.257	0.277	0.329	0.231	0.242

Legenda: SB: sem bola; CB: com bola. *Valores considerados expressivos

DESLOCAMENTO DE ATAQUE

Durante o movimento de ataque (deslocamento de ataque) o músculo tríceps apresentou maior frequência de ativação Med durante a realização do movimento sem bola. Esse aumento de frequência pode ser justificado com relação à ação muscular do trapézio que é de elevação do ombro e de rotação da escápula que são movimentos fundamentais durante a realização do ataque (DÂNGELO E FATTINI, 2004) deixando para o tríceps gerar a força, já que o VS não possui o salto e a rotação do braço, dado observado na variável de RMS com bola.

O músculo deltóide apresentou maior ativação de unidades motoras, conforme mostra os valores apresentado na tabela 3 nas duas situações propostas, com bola e sem bola. Pode-se correlacionar essa ativação com a função cinesiológica deste músculo que é de movimentar o braço, e durante o movimento de ataque a elevação do braço até 90° é de extrema importância para eficiência do ataque através da cortada (HAMILL,2012).

Relacionando-os, o trapézio e o deltóide agem sinergicamente com suas três porções. O trapézio eleva, roda e estabiliza a escápula, enquanto o deltóide age como principal na elevação do braço.

DESLOCAMENTO FRENTE/ATRÁS

Esse deslocamento acontece quando o jogador apoia as duas mãos ao lado do quadril e com o calcanhar fixo no chão e encolhe as pernas (no presente estudo a maioria dos sujeitos eram amputados, então esse movimento não teve o auxílio deste encolhimento das pernas) e desloca-se para frente e para trás. Quando o mesmo irá



receptionar a bola ele realiza a técnica do toque ou da manchete, fazendo com que os membros superiores comportem da seguinte forma: os braços ficam unidos, as mãos são forçadas para baixo, fletindo levemente e os cotovelos e os ombros são levados para cima.

Portanto nesse fundamento apresentou um valor significativo nas frequências de ativação máxima (Max) dos músculos Deltóide e Tríceps tanto realizado com bola e sem bola, esse valor justifica-se pela ação cinesiologia executada por estes músculos durante a execução do movimento de deslocamento. Onde o músculo deltóide irá executar a movimentação do ombro durante o deslocamento e na técnica da manchete e o tríceps irá executar a extensão do cotovelo no momento de execução do deslocamento e do toque na bola acima da cabeça (HAMILL,2012).

DESLOCAMENTO LATERAL

A fase de deslocamento acontece da mesma forma que foi descrita anteriormente no deslocamento Frente/Atrás, portanto quando o sujeito irá receptionar a bola ele irá executar o toque simples, onde os cotovelos deverão estar numa posição que permite que os polegares fiquem apontados um para o outro para a recepção e impulsão da bola.

Neste fundamento todos os músculos apresentam valores significativos nas frequências máximas (Máx) durante a execução deste fundamento com bola e sem bola, devido as suas ações musculares desempenhadas na execução deste fundamento que é: o músculo deltóide ficará responsável pela movimentação do braço durante o deslocamento e na elevação do braço até 90° quando executar o toque simples; o músculo Trapézio irá realizar a extensão da cabeça no momento em que o sujeito for realizar o toque simples dando direcionamento ao movimento e o músculo Tríceps irá realizar a extensão do cotovelo tanto no movimento de deslocamento quanto na execução da técnica (HAMILL, 2012).

Fazendo uma análise em todas as atuações do músculo trapézio, notou-se que a frequência média do deslocamento para frente e atrás, e no lateral na variável de RMS SB devido à porção superior levanta os ombros e participa da rotação da escápula,



desempenha importante papel em todos os movimentos que implicam tração e levantamento, além de impedir a queda do tronco quando os braços estão apoiados. Por possuir suas fibras transversalmente, aproxima a escápula da coluna vertebral, principalmente durante movimentos dos braços para os lados e para trás.

O Tríceps (media SB e RMS CB-ataque; máxima FA SB e CB; máxima lateral SB)

O tríceps braquial tem um importante papel na execução do deslocamento e seus demais fundamentos. Além de esse músculo ajudar na extensão do cotovelo movimento observado no momento do deslocamento quando o corpo é empurrado para cima seja em qualquer direção ele tem papel fundamental no ataque, ou seja, é um músculo bastante fadigado já que estas ações são as mais repetidas durante uma partida.

Em relação ao ombro, na posição de antevessão com elevação, a porção longa leva o braço para baixo e para trás (deslocamento para trás). Este músculo aproxima o tronco do braço, quando este se encontra fixado (deslocamento lateral).

O deltóide foi um dos músculos que mais teve ação em todas as variáveis, nas máximas do deslocamento SB e CB de ataque, RMS do frente e atrás, e na média do lateral, isso significa que em todos os movimentos do braço esse músculo está envolvido, seja na função de músculo principal, sinergista ou antagonista. Essa relação acontece devido as suas funções das suas porções (anterior, média, posterior) que levanta o braço para frente, para trás e lateralmente.

DESLOCAMENTO COM BOLA E SEM BOLA

Com relação à execução do movimento propriamente dita, notou-se que a simulação do movimento sem bola requisita a memória motora, havendo ativação. Essa memória motora vem da reprodução sucessiva do movimento que, com determinado tempo o atleta vai adquirindo e sistematizando.

Na tabela 3 podemos analisar que em alguns momentos essa ativação foi até maior do que o deslocamento com bola, fato que pode ser explicado pela maior amplitude, contato com o solo e pela interação com forças externas quando uma técnica é inserida. Essa troca de força se dá pela perda de energia cinética quando o corpo entra



em contato com a bola, tendo que frear e ainda dar direção para que o gesto seja bem executado.

Outro fator interessante é que alguns músculos apresentam maior ativação com bola devido a sua participação em ambas as ações, no deslocamento e na execução da técnica ou fundamento, como pode ser observado no tríceps (extensão do cotovelo no deslocamento e no ataque).

CONCLUSÃO

Diante do desempenho das variáveis eletromiográficas FM, FMax e RMS na coleta, conclui-se que os músculos trapézio, deltóide e tríceps apresentam uma distinção quanto sua competência de resistência, força e função, o que permite um melhor direcionamento de treinamento.

O músculo trapézio tem maior função como estabilizador. Se não há uma estabilidade eficiente, outros músculos devem se reorganizar para execução do movimento, nem sempre eficaz. Deve-se então intensificar o treinamento desse músculo em todas as suas porções, com exercícios que trabalhem a retração e depressão da escápula, bastante executados no VS.

Nota-se que o treinamento físico no VS é bastante direcionado aos músculos deltóide e tríceps, esquecendo-se do trapézio. As lesões musculares geralmente ocorrem quando existe um desequilíbrio muscular entre a ação concêntrica e ação excêntrica.

Há diferenças significativas nos deslocamentos com e sem bola, isso se deve a amplitude e o tempo de bola. Trabalhar com essas duas situações traz ao atleta benefícios de automatização do movimento, melhoria da resposta motora (sem bola) além de aproximar das situações de jogo e tempo de reação (com bola).

Notou-se diferenças de ativação muscular dependentes do comprometimento motor.

O treinamento físico deve enfatizar o fortalecimento de trapézio e deltóide, e um trabalho de força e potência do tríceps.

Futuros estudos devem considerar uma análise mais aprofundada da fadiga muscular da cintura escapular, além da análise eletromiográfica do impacto no ombro



de apoio do ataque e do abdômen como estabilizador do tronco, e o posicionamento das mãos nos tipos de deslocamentos.

BIOMECHANICAL ANALYSIS OF MOVEMENTS OF SITTING VOLLEYBALL:
A STUDY ON DISPLACEMENT ELECTROMYOGRAPHIC

ABSTRACT

The Sitting Volleyball (VS) is a Paralympic sport where athletes amputees or with other motor limitations play seated. This research aims to identify and analyze electromyographically the action of the muscles involved when moving the VS in different directions (forward, backward and sideways) and situations: with and without the ball, in order that training becomes more specific, preventing injuries and promoting the technical improvement. To capture the electromyographic signal was used bipolar electrode EMG Systems Brazil, through software Dataq® (USA) connected to a portable microcomputer. Given the performance of electromyographic variables FM, and RMS FMax gathering. We noticed differences in muscle activation-dependent motor impairment.

Keywords: Electromyography; Sitting Volleyball; Paralympic Sport.

ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LOS MOVIMIENTOS DE VOLEIBOL SENTADO:
UN ESTUDIO SOBRE DESPLAZAMIENTO ELECTROMIOGRÁFICA

RESUMEN

El Voleibol Sentado (VS) es un deporte paralímpico, donde los atletas amputados o con limitaciones motoras otros juegan sentados. Esta investigación tiene como objetivo identificar y analizar electromiográficamente la acción de los músculos que intervienen cuando se mueve el VS en diferentes direcciones (hacia delante, hacia atrás y hacia los lados) y situaciones: con y sin el balón, con el fin de que la formación se hace más específico, la prevención de lesiones y promoción de la mejora técnica. Para capturar la señal electromiográfica se utilizó electrodo bipolar EMG Sistemas de Brasil, a través de software DATAQ® (EE.UU.), conectado a un microordenador portátil. Dado el desempeño de las variables electromiográficas FM, y la recopilación de RMS FMax. Nos dimos cuenta de las diferencias en el deterioro del motor de activación muscular-dependiente.

Palabras clave: Electromiografía, Sentado Voleibol, Deportes Paralímpicos.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADIO, A.C. *Metodologia Biomecânica para o Estudo das Forças Internas ao Aparelho Locomotor: Importância e aplicações no movimento humano.* [Arquivo de texto].

_____. *Introdução à Biomecânica para Análise do Movimento Humano: Descrição e Aplicação dos Métodos de Medição.* 37p.

ASSUMPCÃO, AC. A; MACEDO, A. R; ALVES, AP. *Prevalência de dor em atletas da Seleção Brasileira de Voleibol Paraolímpico e sua relação com o deslocamento em quadra e fundamentos do voleibol.* 2007. *Fisioterapia Brasil* 2007;8(3):178-82 – mai/jun 2007

BERNE, R.M; LEVY, M.N. *Fisiologia.* 3ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996

CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE VOLEIBOL PARA DEFICIENTES. *História do Voleibol Sentado.* 2012. [Arquivo de texto].

_____. *Manual de Classificação Funcional.* 2012. [Arquivo de texto].

CRAM, J.R.; KASMAN, G. S.; HOLTZ, J. *Introduction to surface electromyography.* ed. Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers, Inc., 1998.

COSTA, A.M; SOUSA, S.B. *Educação física e esporte adaptado: história, avanços e retrocessos em relação aos princípios da integração/inclusão e perspectivas para o século XXI.* *Revista Brasileira de Ciência e Esporte, Campinas,* v.25, n.3, p. 27-42, maio 2004.

DÂNGELO, L.G; FATTINI, C.A. *Anatomia Humana Sistemica e Segmentar.* Rio de Janeiro: Atheneu, 2ª Edição, 671 p. 2004.

FORTI, F. *Análise do sinal eletromiográfico em diferentes posicionamentos, tipos de eletrodos, ângulos articulares e intensidades de contração.* 2005. 146f. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) Curso de Pós Graduação em Fisioterapia, Universidade Metodista de Piracicaba, São Paulo.

HAMILL, J. *Bases biomecânicas do movimento Humano.* 3ª Edição. São Paulo. Editora Manole 2012.

ISEK. *International Society of Electrophysiology and Kinesiology.* Disponível em: <<http://www.isek-online.org/>> Acesso em: 20 dez. 2012.

MACEDO, C. D. *Análise das características do jogo de Voleibol Sentado a partir da recepção do serviço.* Porto: Ed. Autor, 2005. 139 p. Dissertação de Mestrado em Ciências do Desporto na área de Actividade Física Adaptada apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto, 2005.

MARCHETTI, P. H.; DUARTE, M. *Instrumentação Eletromiográfica.* 2006. Laboratório de Biofísica, Escola de Educação Física e Esporte. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

MENZEL, H. J. *Conceito de pesquisa e do ensino da biomecânica no esporte.* *Revista brasileira de ciência e movimento,* 1997;8:52-8.

MERLETTI, R.; PARKER, P.A. *Electromyography: physiology, engineering and noninvasive applications.* S.l.: IEEE Press, 2004.

MORAES, N.N. *Desenvolvimento e implementação de um sensor híbrido não invasivo de eletromiografia e mecanomiografia para registros de potenciais de ação de uma*



unidade motora. 2010. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Faculdade de Engenharia Elétrica. UFU, Uberlândia, 2010.

NAKASHIMA, GY. *Aplicação do Filtro de Wiener para Tratamento de Sinais Eletromiográficos*. São Carlos, 2003, 59 p. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo.

PARREIRAS, L.A.M. *Análise dos fatores que influenciam a qualidade de vida de atletas paraolímpicos de treinamento e competição*. 2008. 96 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais.

PORTNEY, L. Eletromiografia e testes de velocidade de condução nervosa. In: O'SULLIVAN, S.B.; SCHIMITZ, T.J. *Reabilitação física: avaliação e tratamento*. São Paulo: Manole, 1993. p. 183-223.

PINI, M. C. *Fisiologia esportiva*. 2a ed. - Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1983.

SANTOS, S. S.; GUIMARAES, F.J.S. *Avaliação biomecânica de atletas paraolímpicos brasileiros*. Revista Brasileira de Medicina do Esporte, v. 8, n.3, mai./jun. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbme/v8n3/v8n3a05.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2013.

SENIAM. *Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles*. Disponível em: <http://www.seniam.org/> Acesso em: 10 jan. 2013.

SMITH, L.; WEISS, E. L.; LEHMKUHL, L. D.. *Cinesiologia clínica de Brunnstrom*. 5ªed. São Paulo: Manole, 1997.

WEINECK, J. *Anatomia aplicada ao esporte*. 3.ed. São Paulo: Manole, 1986. 210 p.

WOVD. *Rules of the Game-Text File- Official Sitting Volleyball Rules -2009 – 2012*.