

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Adriano Donin Neto

**ATIVIDADES MUSCULARES PRIMÁRIAS E SECUNDÁRIAS NA EXTENSÃO
HORIZONTAL DE OMBRO: UM ESTUDO DE REVISÃO**

Porto Alegre
2011

Adriano Donin Neto

**ATIVIDADES MUSCULARES PRIMÁRIAS E SECUNDÁRIAS NA EXTENSÃO
HORIZONTAL DE OMBRO: UM ESTUDO DE REVISÃO**

Monografia apresentada ao Departamento de Educação Física da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Educação Física.

Orientadora: Prof^a Cláudia Silveira Lima

Porto Alegre
2011

RESUMO

Estudos cinesiológicos, que identificam funções musculares nos movimentos, foram amplamente estudados durante o século XX. A identificação das funções primárias e secundárias pode ser realizada através de vários métodos. Muitos desses métodos são dedutivos, e foram de grande importância para a evolução das metodologias hoje utilizadas. A eletromiografia é o método mais utilizado na atualidade para analisar os movimentos do ponto de vista cinesiológico, por permitir visualizar e quantificar o envolvimento muscular durante a execução dos movimentos. Os músculos são classificados em primários e secundários do movimento conforme a sua participação nas ações articulares. Os objetivos deste estudo são, por meio da revisão de literatura, entender as formas como os músculos são classificados em primário e secundário e avaliar o nível de participação muscular dos músculos que atuam na ação de extensão horizontal. Para isto, foram consultados os sites de busca *Scopus*, *Scielo*, *Pubmed*, *Portal de Periódico CAPES* e *Google Acadêmico*, bem como pesquisa direta na biblioteca da Escola de Educação Física da UFRGS. Os termos utilizados isoladamente ou em conjunto foram cinesiologia, eletromiografia, ombro, extensão horizontal, abdução horizontal, primário e acessório. A revisão de literatura envolveu artigos, livros, monografias em língua inglesa e portuguesa. Entre os livros que envolvem cinesiologia e biomecânica, alguns descrevem os métodos para determinação da participação muscular nos diferentes movimentos articulares, porém não especificam qual deles foi considerado no livro. Outros apenas classificam os músculos em primário e secundário e alguns apenas citam os músculos que podem contribuir com o movimento, sem classificá-los. É possível fazer inferências a partir da análise destes músculos em diferentes contextos de pesquisa como análise de gestos desportivos, exercícios terapêuticos e exercícios de treino de força. A falta de maiores informações dificulta a determinação de programas de treinamento e reabilitação, pois esses programas podem levar à participação de músculos em determinado movimento, que não estavam dentro da proposta inicial do profissional. Além disso, os músculos podem estar sendo ativados em maiores ou menores proporções do que as anteriormente planejadas pelo profissional durante treinamento ou reabilitação proposta.

Palavras-chave: cinesiologia, eletromiografia, ombro, extensão horizontal, primário e acessório.

ABSTRACT

Kinesiological studies, which identify muscle function in movement, have been widely studied during the 20th century. Identification of prime and secondary functions can be performed by various methods. Many of these methods are deductive, and had great importance for development of the nowadays methodologies. Electromyography is the most common method currently used to analyze movements in kinesiology terms, that allows visualize and quantify muscle involvement during the execution of movements. Muscles are classified into motion prime and secondary depending on its participation in joint actions. The objectives of this study are, by reviewing literature, to understand the ways in which muscles are classified into prime and secondary, and to evaluate the level of participation of the muscles involved in the horizontal extension action. For this, we queried the search websites Scopus, SciELO, PubMed, Portal de Periódicos CAPES and Google Scholar, as well as direct research in the library of Escola de Educação Física at UFRGS. Terms used alone or together were kinesiology, electromyography, shoulder horizontal extension, horizontal abduction, prime and accessory. The literature review involved articles, books, monographs in English and Portuguese. Among the books that involves kinesiology and biomechanics, some describe the methods for determination of muscle involvement in the various joint movements, but do not specify which one was considered in the book. Others just classify the prime and secondary muscles and some just cite the muscles that can contribute to the movement, without classifying them. It is possible to make inferences from the analysis of these muscles in different research contexts such as analysis of sports movements, therapeutic exercise and strength training exercises. The lack of more information difficult to determine training and rehabilitation programs because these programs can lead to participation in a particular muscle movement, which were not within the professional's initial proposal. In addition, the muscles can be activated larger or smaller proportions than those previously planned by the professional during training or rehabilitation proposal.

Keywords: kinesiology, electromyography, shoulder, horizontal extension, prime and accessory.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Composição gráfica do vetor de força resultante do músculo peitoral maior, associada com a ativação de cada uma de suas partes, clavicular e esternocostal..... 102
- Figura 2 - Decomposição vetorial da força resultante produzidas pela ativação do deltóide acromial **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 3 - Representação vetorial das forças que agem no antebraço quando mantido horizontalmente, com o braço vertical e uma carga de 2Kgf na palma da mão. (a) diagrama livre do antebraço e da mão (b) determinação da cadeia vetorial da força de reação articular do cotovelo. **Erro! Indicador não definido.**3
- Figura 4 - Linha de ação dos músculos representadas por vetores de força. (a) e (b), vista posterior da articulação do ombro, (c) vista superior. N^o que representa o vetor de força de cada músculo: (1) supraespinal, (2) subescapular, (3) infraespinal, (4) redondo menor, (5) porção curta do bíceps, (6) feixes do deltóide..**Erro! Indicador não definido.**4

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de referências utilizadas, em números totais e percentual ... **Erro!**
Indicador não definido.0

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

%	Percentual
CIVM	Contração Isométrica Voluntária Máxima
EMG	Eletromiografia
EsEF	Escola de Educação Física
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UM	Unidade motora(s)
EENM	Estimulação Elétrica Neuromuscular
AVC	Acidente Vascular Cerebral
EFCA	Exercícios com a extremidade distal fixa e carga externa axial
ELCR	Exercícios de extremidade livre com carga externa rotacional

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	09
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	100
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	111
3.1 MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA FUNÇÃO MUSCULAR	111
3.1.1 REPRESENTAÇÃO DO DIRECIONAMENTO DAS FIBRAS POR MEIO DE VETORES DE FORÇA.....	111
3.1.2 DISSECAÇÃO DE CADÁVERES.....	115
3.1.3 ESTIMULAÇÃO DE MÚSCULOS ISOLADOS ATRAVÉS DE CORRENTE ELÉTRICA E OBSERVAÇÃO DOS MOVIMENTOS RESULTANTES	116
3.1.4 PALPAÇÕES E EMG (métodos <i>in vivo</i>).....	11
3.1.5 DISCUSSÃO DOS MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA FUNÇÃO MUSCULAR	119
3.2 EMG E ATIVAÇÃO DA MUSCULATURA DO OMBRO Erro! Indicador não definido.0	
3.2.1 COMPORTAMENTO MUSCULAR EM DIFERENTES SOBRECARGAS	111
3.2.2 COMPORTAMENTO MUSCULAR EM DIFERENTES EXERCÍCIOS.....	22
3.2.3 EMG E EXTENSÃO HORIZONTAL DE OMBRO.....	24
3.2.4 DISCUSSÃO DA EMG E ATIVAÇÃO DA MUSCULATURA DO OMBRO	
FUNÇÃO ESTABILIZADORA DA MUSCULATURA DO OMBRO	26
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS.....	299

1 INTRODUÇÃO

Estudos cinesiológicos, que identificam funções musculares nos movimentos, foram amplamente estudados durante o século XX. De acordo com Rasch e Burke (1977), a identificação das funções primárias e secundárias, pode ser realizada através de vários métodos: (1) Estudar as condições sob as quais um músculo atua, mediante o emprego de um esqueleto articulado, observando os pontos de inserção muscular, direção de tração das fibras, braços de alavancas, entre outros; (2) Tracionar os músculos parcialmente dissecados de um cadáver observando os movimentos resultantes, (3) Estimulação de músculos isolados através de corrente elétrica e observação dos movimentos resultantes, (4) O estudo de indivíduos que tenham perdido a função de certos músculos para determinar em que movimentos ocorre a perda de força e que músculos passam a ser utilizados na tentativa de substituição dos músculo comprometidos; (5) Estudar o corpo vivo normal para determinar os músculos que se contraem em certos movimentos por meio de palpação; (6) Avaliar a atividade muscular por meio de eletromiografia.

Muitos desses métodos são dedutivos, e foram de grande importância para a evolução das metodologias hoje utilizadas. A eletromiografia é o método mais utilizado na atualidade para analisar os movimentos do ponto de vista cinesiológico, por permitir visualizar e quantificar o envolvimento muscular durante a execução dos movimentos. Apesar destes métodos oferecerem informações para classificação muscular, poucos estudos dividem os músculos em primários e secundários dos movimentos, apenas descrevem o nível de participação muscular sem, necessariamente, classificá-los.

A princípio, os músculos são classificados em primários e secundários do movimento conforme a sua maior ou menor participação nas ações articulares. A forma como é feita essa classificação dos músculos fica pouco clara na literatura, e também quais os níveis de ativação das musculaturas em movimentos articulares específicos do ombro, como por exemplo, no movimento de extensão horizontal. Em função disso, os objetivos deste estudo são, por meio da revisão de literatura, entender as formas como os músculos são classificados em primário e secundário e avaliar o nível de participação muscular dos músculos que atuam na ação de extensão horizontal.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo é caracterizado como uma revisão de literatura. Com a finalidade de obter material para a realização desta revisão de literatura foram identificadas e localizadas as fontes para coleta de dados. Os sites de busca utilizados foram *scopus*, *scielo*, *pubmed*, portal de periódico CAPES e Google Acadêmico, bem como pesquisa direta na biblioteca da Escola de Educação Física da UFRGS. Os termos utilizados isoladamente ou em conjunto foram *kinesiology*, *electromyography*, *shoulder*, *horizontal extension*, *horizontal abduction*, *prime and accessory* e o seu correspondente em português. O número de artigos encontrados relacionados ao tema foi de 2018, dentre eles apenas 54 tinham as características que iam ao encontro aos objetivos dessa revisão. A revisão de literatura envolveu além dos artigos, livros e monografias em língua inglesa e portuguesa. O período de busca não foi limitado devido à pequena produção científica relacionada ao assunto até o momento.

Nas referências utilizadas temos uma totalidade de 66, dentre elas 54 artigos, 10 livros, uma monografia, e uma referência online. Nos artigos encontrados 34 são dos últimos 10 anos.

Tabela 1 – Número de referências utilizadas, em números totais e percentuais

	Artigos antes de 2001	Artigos após 2001	Livros	Monografias	Online
Números	20	34	10	1	1
%	30,3	51,5	15,1	1,5	1,5

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA FUNÇÃO MUSCULAR

De acordo com Rasch e Burke (1977), a identificação das funções primárias e secundárias, podem ser realizadas através de vários métodos: (1) Estudar as condições sob as quais um músculo atua, mediante o emprego de um esqueleto articulado, observando os pontos de inserção muscular, direção de tração das fibras, braços de alavancas, entre outros; (2) Tracionar os músculos parcialmente dissecados de um cadáver observando os movimentos resultantes, (3) Estimulação de músculos isolados através de corrente elétrica e observação dos movimentos resultantes, (4) O estudo de indivíduos que tenham perdido a função de certos músculos para determinar em que movimentos ocorre a perda de força e que músculos passam a ser utilizados na tentativa de substituição dos músculo comprometidos; (5) Estudar o corpo vivo normal para determinar os músculos que se contraem em certos movimentos por meio de palpação; (6) Avaliar a atividade muscular por meio de eletromiografia.

No texto a seguir serão abordados estudos que descrevem com maiores detalhes estes métodos exemplificando-os em alguns músculos ou movimentos.

3.1.1 REPRESENTAÇÃO DO DIRECIONAMENTO DAS FIBRAS POR MEIO DE VETORES DE FORÇA.

Os estudos relacionados à representação do direcionamento das fibras por meio de vetores levam em consideração a linha de ação muscular a partir da sua origem e inserção, e com base nesse direcionamento, concluíam as suas possíveis ações.

Enoka (2001) reforça essa possibilidade quando afirma que algumas características físicas da força, representadas por um vetor fixo, que possui módulo, direção e sentido, seriam úteis na análise de movimento humano, uma vez que podem ser usadas para determinar o efeito resultante de várias forças em ação sobre um objeto ou segmento corporal. Em relação ao músculo, o vetor de força representaria a linha de ação do músculo, onde a direção e o sentido da ação seriam indicados pelo posicionamento do vetor. A Figura 1 mostra o vetor de força

resultante do músculo peitoral maior determinado a partir da linha de ação de força de cada uma de suas partes, clavicular e esternocostal.

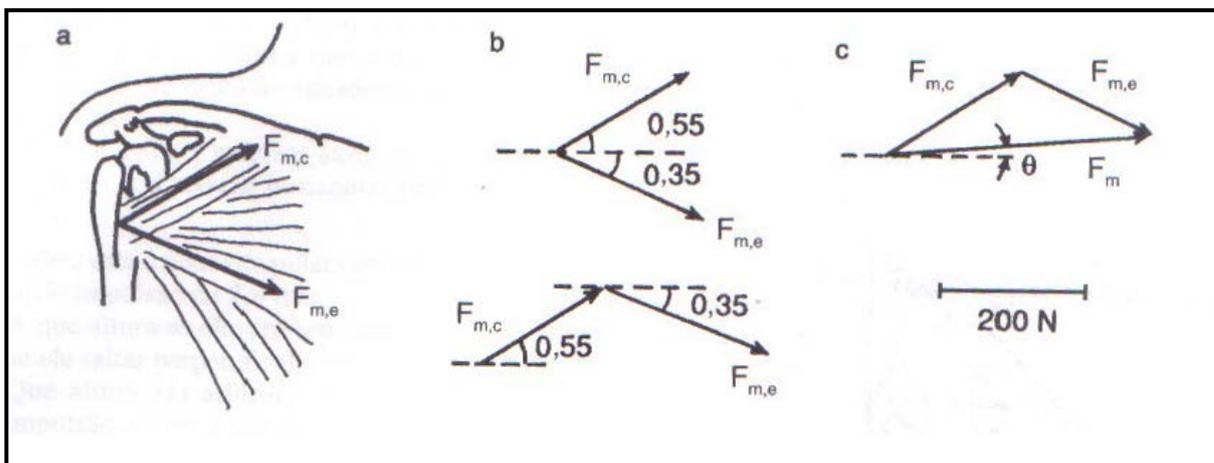


Figura 1. Composição gráfica do vetor de força resultante do músculo (F_m) peitoral maior, associada com a ativação de cada uma de suas partes, clavicular ($F_{m,c}$) e esternocostal ($F_{m,e}$) (adaptado de Enoka, 2001, pg. 34).

A figura 2, também de Enoka (2001) já apresenta um processo de decomposição gráfica das forças internas do músculo deltóide acromial, demonstrando através desse método as possíveis ações do músculo na articulação do ombro (abdução e tração da cabeça do úmero na cavidade glenóide) a partir de seu vetor de força resultante.

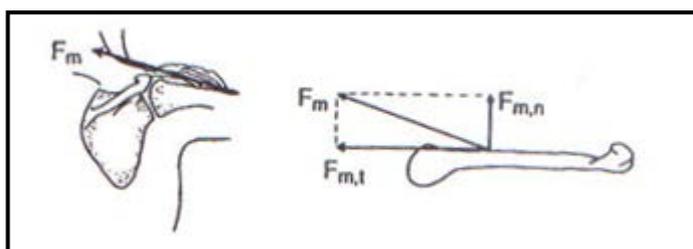


Figura 2. Decomposição vetorial da força resultante (F_m) produzidas pela ativação do deltóide acromial. (adaptado de Enoka, 2001, pg. 34)

Ao utilizar essa forma de representação é preciso ter presente que o arranjo das fibras dentro do músculo influencia a função muscular (Hall, 1991). A orientação das fibras dentro do músculo e as formas pelas quais as fibras se inserem nos tendões variam consideravelmente entre os músculos do corpo humano, e isso afeta

a força da contração muscular e o arco do movimento através dos quais o grupo muscular pode mover um segmento corporal. Por esse motivo, os diferentes tipos de disposição de fibras musculares podem influenciar em suas atividades, e, por conseqüência, é um dos fatores determinantes das musculaturas como primárias ou acessórias em determinadas ações. A magnitude e a direção da força produzida por um músculo em movimento depende das forças componentes produzidas pelas várias porções do músculo (Watkins, 1999).

Na análise do movimento humano, os vetores de força são usados para representar as forças internas e também externas que agem sobre o corpo. Watkins (1999) apresenta uma representação de forças internas e externas que agem para o movimento da articulação do cotovelo. A ação das duas porções do músculo bíceps braquial, o braquial, e outros sinergistas para flexão de cotovelo são representadas na figura 3.

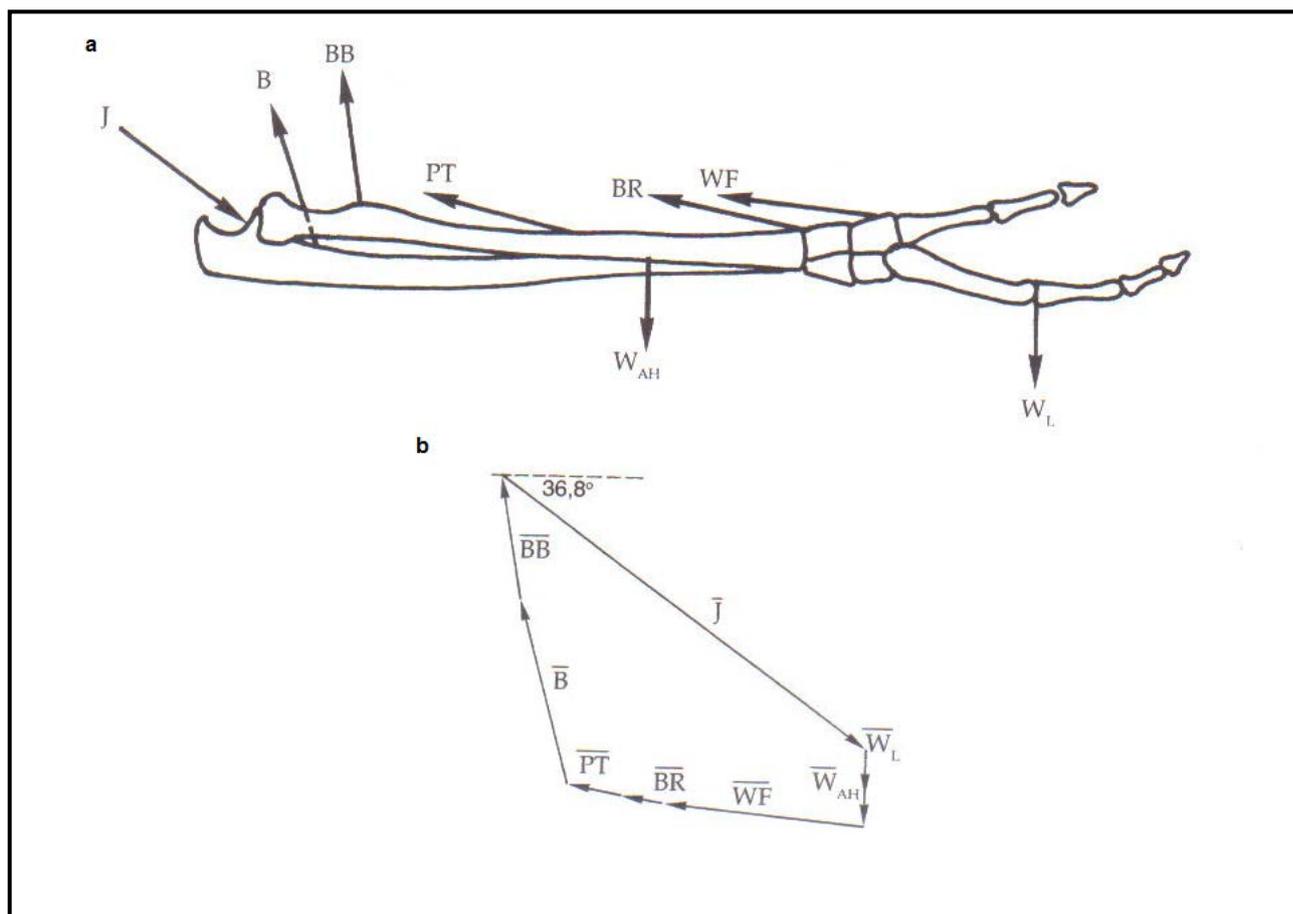


Figura 3. Representação Vetorial das forças que agem no antebraço quando mantido horizontalmente, com o braço vertical e uma carga de 2Kgf na palma da mão. (a) diagrama livre do antebraço e da mão (b) determinação da cadeia vetorial da força de reação articular do cotovelo. (adaptado de Watkins, 1999, pg. 291)

Kapandji (1980) também utiliza em suas figuras algumas representações das ações musculares através do uso de vetores. A sua discussão sobre participação muscular e os movimentos articulares resultantes é fundamentada na linha de ação do músculo representada pelos vetores de força (figura 4).

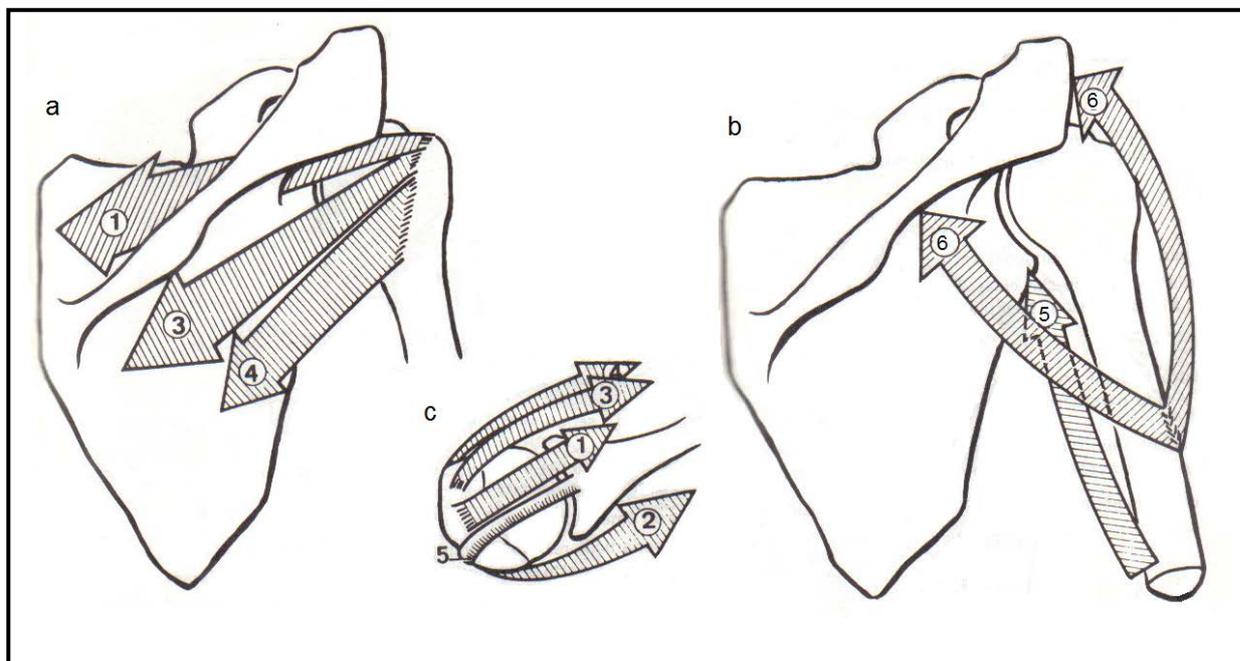


Figura 4. Linha de ação dos músculos representadas por vetores de força. (a) e (b), vista posterior da articulação do ombro, (c) vista superior. N° que representa o vetor de força de cada músculo: (1) supraespinal, (2) subescapular, (3) infraespinal, (4) redondo menor, (5) porção curta do bíceps, (6) feixes do deltóide. (adaptado de Kapandji, 1980, pg. 41)

A representação vetorial é uma das formas dedutivas mais utilizadas para determinação da ação muscular. No entanto, há também na literatura outros métodos como o de estímulos de músculos isolados através de corrente elétrica e observação dos movimentos resultantes que foi aplicado nas pesquisas de Duchenne (apud. Rasch; Burke, 1977). Estudos de indivíduos que tenham perdido a função de certos músculos para determinar a perda de força e o movimento resultante, também são formas de pesquisa da ação muscular, mas é difícil obter uma quantidade suficiente de indivíduos para estudar determinados músculos de uma maneira sistêmica (Rasch & Burke, 1977).

3.1.2 DISSECAÇÃO DE CADÁVERES

A tração dos músculos parcialmente dissecados, observando o movimento resultante, ou análise das mudanças nos braços de alavanca na tentativa de determinar a ação de músculos esqueléticos em cadáveres também foram técnicas utilizadas para determinar as ações musculares.

Muraki *et al.* (2006), utilizou nove cadáveres para fazer a tração dos músculos supraespinal, Infraespinal e deltóide espinal para medir o nível de alongamento de cada um, diante de determinados movimentos. Isso permite entender melhor o funcionamento do sistema musculoesquelético bem como estudar a arquitetura e a mecânica do músculo, o que pode viabilizar algumas conclusões acerca de sua função, porém, os outros músculos da articulação foram retirados nos cadáveres, isso torna o método ainda mais específico, não visando a atividade *in vivo* e analisando a articulação de forma global.

Um exemplo de dissecação de cadáveres em uma técnica *in vitro* é o *Acland's Video Atlas of Human Anatomy*, uma série de vídeos lançados em DVD ou para acesso online, do professor Robert D. Acland, da Divisão de Plástica e Cirurgia Reconstructiva, do Departamento de Cirurgia da Escola de Medicina da Universidade de Louisville. O professor utiliza cadáveres embalsamados para ilustrar muitos dos aspectos anatômicos. Um dos aspectos demonstrado nos vídeos é a função de cada músculo das principais articulações do corpo humano. Um instrumento em forma de pinça é utilizado para fazer a tração de cada músculo, essa ação passiva resulta em um movimento articular que pode ser observado.

Otis *et al.* (1994), segue um pouco essa linha de pesquisa, porém, o autor não se utiliza de um modelo de tração muscular. Nesse estudo dez cadáveres congelados foram dissecados e uma medição experimental da excursão dos músculos do manguito rotador e do deltóide foi feita para, através de uma análise de regressão múltipla, mensurar as mudanças no braço de alavanca de cada um dos músculos estudados durante os movimentos de abdução e rotação do ombro.

Também com o objetivo de determinar as mudanças no braço de alavanca muscular no decorrer do movimento, Hughes *et al.* (1998) comparou dois modelos de mensuração do braço de alavanca para os músculos supraespinal, infraespinal e subescapular durante o movimento de abdução do ombro, também usando dez

cadáveres para serem dissecados. O estudo concluiu que houve uma diferença significativa entre os dois métodos de estimação.

Um estudo de Gatti *et al.* (2007) que teve por objetivo comparar modelos preditivos e experimentais de braços de alavanca para a musculatura do manguito rotador durante abdução do ombro, onde braços de alavanca foram obtidos a partir de 6 modelos matemáticos (preditivos) e 7 estudos experimentais dos músculos supraespinal, redondo menor e subescapular. Nesse estudo concluiu-se que todos os modelos preditivos geraram braços de alavanca que, geralmente, estiveram dentro do intervalo dos dados medidos experimentalmente. Então, há um acordo quantitativo entre modelos de previsão e experimentais. Segundo Kuechle *et al.* (1997) estudos como estes são importantes visto que o torque gerado pelos músculos depende do braço de alavanca destes, portanto, em conjunto com medidas eletromiográficas, a mensuração do braço de alavanca pode prover informações para determinar que músculos atuam para desencadear um determinado movimento em uma articulação.

3.1.3 ESTIMULAÇÃO DE MÚSCULOS ISOLADOS ATRAVÉS DE CORRENTE ELÉTRICA E OBSERVAÇÃO DOS MOVIMENTOS RESULTANTES

O método de eletroestimulação muscular começou a ser difundida no século XIX pelo médico francês Guillaume Duchenne, considerado pai da eletroterapia, que acreditava que por meio de eletroestimulação poderia retratar a real ação de um músculo (Dehail *et al.* 2008). Este método, por volta de 1960 passou a ser utilizado no campo da medicina física e reabilitação (Dolhem, 2008). As técnicas utilizadas por Duchenne começaram a ganhar maior atenção em estudos relacionados à musculatura devido ao maior esclarecimento da área de eletrofisiologia.

As limitações desse tipo de estudo são a difícil aplicabilidade, pois fica restrita apenas aos músculos superficiais e também não é capaz de determinar as ações sinérgicas dos movimentos. A eletroestimulação muscular produz a contração por um estímulo nervoso transcutâneo. Essa contração pode ser produzida diretamente, através da despolarização dos motoneurônios, ou indiretamente, através da despolarização de aferências sensoriais (Dehail *et al.* 2008). Essa contração decorrente da eletroestimulação acabaria por gerar um movimento articular, auxiliando assim na descoberta da função dos músculos.

Estudos como o de Baker e Paker (1986), utilizaram o método de estimulação elétrica neuromuscular (EENM) e tinha como objetivos descrever os usos da estimulação elétrica neuromuscular (EENM) da articulação do ombro e detalhar os efeitos de um programa de EENM na subluxação dessa articulação. Foi utilizado tratamento com estimulação do deltóide espinal e supraespinal durante seis semanas na tentativa de reduzir a subluxação de ombro. O artigo conclui que estimulação elétrica, quando feita de forma correta, fornece ao terapeuta uma técnica de tratamento eficaz para evitar a subluxação de ombro.

Outro estudo que utiliza essa técnica por meio da despolarização de aferências sensoriais, ou seja, pelo método de estimulação do nervo é o de Wilson *et al.* (2011), que fez um estudo de caso com um paciente com sequela de acidente vascular cerebral (AVC). Uma sonda única intramuscular foi colocada por via percutânea no músculo deltóide. O sujeito foi tratado 6 horas por dia durante 3 semanas e a sonda foi removida. Foi observada uma diminuição da dor no paciente e substancial melhoria na qualidade de vida.

Tais pesquisas nos levam a crer que a estimulação elétrica é uma técnica utilizada mais na área da reabilitação na tentativa de aumentar os níveis de contração muscular, porém pode contribuir para análise cinesiológica dos movimentos.

3.1.4 PALPAÇÃO E ELETROMIOGRAFIA (métodos *in vivo*)

Os métodos anteriormente citados não reproduzem com exatidão a ação muscular *in vivo*, apesar desses métodos apresentarem limitações, eles foram de grande importância para evolução das metodologias hoje utilizadas (Buchanan *et al.* 1986; Araújo e Amadio, 1996).

A palpação e a eletromiografia permitem uma análise mais detalhada do movimento. A técnica da palpação consiste em palpar o músculo durante a execução de movimentos para identificar quando ele está ativo ou relaxado, porém a sua aplicação é limitada por não permitir avaliar os músculos mais profundos do corpo humano. A eletromiografia surge como um método que possibilita a análise de músculos superficiais e profundos, e sua evolução a tornou o principal instrumento de investigação cinesiológica.

O estudo de Imman *et al.* (1944), que analisou a ação de músculos do ombro, constitui o marco inicial dos estudos eletromiográficos modernos (Silva, 2009). De acordo com Basmajian e De Luca (1985), que desenvolveram importantes pesquisas na área da eletromiografia, essa técnica é considerada o estudo da função muscular através da averiguação do sinal elétrico que emana de um músculo em atividade. Para Rasch e Burke (1977) a eletromiografia é o registro da excitação muscular pelo sistema nervoso. Merletti e Parker (2004) definem o sinal eletromiográfico como manifestação bioelétrica gerada por músculos esqueléticos que realizam o movimento. Portney (1993) considera a eletromiografia como o estudo da atividade da unidade motora. Para Soderberg e Knutson (2000), a eletromiografia, enquanto técnica consiste na recolha, processamento e posterior quantificação da atividade elétrica desenvolvida num músculo a partir da estimulação voluntária ou involuntária de um conjunto de unidades motoras específicas. Segundo Lima e Pinto (2007) o sinal elétrico que se propaga pelas UM diante de uma contração muscular é captado e representado graficamente pela EMG, permitindo, dessa forma, identificar os músculos ativados durante um determinado exercício e determinar, ainda que de forma indireta, a intensidade da contração muscular.

A EMG pode ser realizada por uma espécie de sonda, o eletrodo, que geralmente é empregado em uma configuração bipolar, podendo ser superficial, com eletrodos colocados na superfície cutânea do músculo a ser investigada ou profunda, com um eletrodo inserido diretamente no músculo por meio do uso de uma agulha (Basmajian e De Luca, 1985). Não há diferença entre o método de eletromiografia superficial e o método de eletromiografia profunda no nível de atividade dos músculos monitorados (Orozco-Levi *et al.* 1995). Porém, de acordo com Lima e Pinto (2007) existem limitações nas duas formas, a EMG de profundidade é uma técnica invasiva, restringindo-se mais a estudos de natureza clínica, e a EMG de superfície permite a captação somente dos músculos superficiais.

Existem alguns fatores que interferem no sinal EMG, dentre eles o comprimento muscular, pois este afeta o sinal em função da participação dos componentes elásticos do músculo na contração muscular e da possibilidade de menor ou maior ligação entre as proteínas contráteis. Para a grande maioria dos músculos quanto maior for o comprimento muscular, maior é a contribuição do componente elástico e menor das pontes cruzadas protéicas na produção de força.

A EMG não capta o trabalho mecânico produzido pelo componente elástico; então, na medida que aumenta a participação desse componente e diminui a participação das pontes cruzadas, o sinal EMG diminui. Por outro lado, quanto maior o encurtamento muscular, maior é a sobreposição de pontes cruzadas e, portanto, maior é a dificuldade de produção de trabalho mecânico o que torna necessário o recrutamento de maior número de UM e, conseqüentemente, maior magnitude do sinal EMG (Lima e Pinto, 2007).

Outro fator que interfere no sinal EMG é a sobrecarga externa imposta ao músculo, o aumento da sobrecarga acarretará em uma ativação de mais unidades motoras e em um aumento na freqüência de disparo de potenciais de ação, elevando a amplitude do sinal EMG (Lima e Pinto, 2007)

O sinal eletromiográfico contém informações fisiológicas no domínio do tempo (amplitude) e no domínio da freqüência (média, mediana ou moda) (Cramer *et al.*, 2007). A amplitude e freqüência do sinal eletromiográfico de superfície tem sido utilizada para identificar padrões de ativação muscular, com diferentes intensidades de força, associados com a fadiga muscular esquelética (Jakobi *et al.*, 2000; Stout *et al.*, 2000; Jakobi *et al.*, 2001; Stevenson; Dudley, 2001a,b; Stout *et al.*, 2006; Cramer *et al.*, 2007).

Em estudos de função muscular, a eletromiografia tem sido um procedimento amplamente utilizado para avaliar diferentes parâmetros como: atividades de unidades motoras (Lochynski *et al.*, 2007; Saboisky *et al.*, 2007), limiar anaeróbico (Paavolainen *et al.*, 1994; Glass *et al.*, 1997; Lucía *et al.*, 1999), relaxamento neuromuscular (Shin *et al.*, 2004; Voerman *et al.*, 2004; Labyt *et al.*, 2006), fraqueza muscular (Hjortskov *et al.*, 2005; Nie *et al.*, 2007), aprendizagem motora (Yiu *et al.*, 2005; Van dijk *et al.*, 2006; Cramer *et al.*, 2007b), doenças neuromusculares (Vorgerd *et al.*, 2000; Shabo *et al.*, 2007; Stübgen, 2007) e biomecânica muscular (Rodrigues *et al.*, 2003; Maffiuletti *et al.*, 2006; Don *et al.*, 2007).

3.1.5 DISCUSSÃO DOS MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA FUNÇÃO MUSCULAR

Ao analisar os estudos envolvendo os métodos de determinação da função muscular percebe-se que a maioria envolve análises mais dedutivas. Estudos relacionados à representação do direcionamento das fibras por meio de vetores levando em consideração a linha de ação muscular a partir da sua origem e

inserção, e com base nesse direcionamento, concluir as suas possíveis ações é uma das formas dedutivas mais utilizadas para determinação da ação muscular (Enoka, 2001; Watkins, 1999; Kapandji, 1980). A tração dos músculos parcialmente dissecados, observando o movimento resultante, ou análise das mudanças nos braços de alavanca na tentativa de determinar a ação de músculos esqueléticos em cadáveres também foram técnicas utilizadas para determinar as ações musculares (Muraki *et al.*, 2006; Otis *et al.*, 1994; Hughes *et al.*, 1998; Gatti *et al.*, 2007). A eletroestimulação muscular, que produz a contração muscular por meio de estímulo nervoso transcutâneo, acabaria por gerar um movimento articular, auxiliando assim na descoberta da função dos músculos. Tal técnica é atualmente muito empregada em propostas de reabilitação (Baker e Paker, 1986; Wilson *et al.*, 2011).

Os métodos anteriormente citados não reproduzem com exatidão a ação muscular *in vivo* e não oferecem informações importantes para uma análise cinesiológica como a fase do movimento que um determinado músculo entra em ação, quando sua participação é finalizada e a duração da sua participação (Souza, 1958). Em função disso, a maneira considerada mais adequada de realizar uma análise cinesiológica é estudar o movimento no corpo vivo normal, por isso, a palpação e a eletromiografia são consideradas as abordagens mais próximas da realidade. A EMG surge como um método que possibilita a análise de músculos superficiais e profundos, e sua evolução a tornou o principal instrumento de investigação cinesiológica.

3.2 EMG E ATIVAÇÃO DA MUSCULATURA DO OMBRO

Nos trabalhos que envolvem EMG de ombro, podemos identificar alguns fatores que podem influenciar na ativação das musculaturas envolvidas, e assim, também influenciar suas ações primárias ou secundárias nos movimentos. Dentre eles as diferentes sobrecargas impostas no exercício, diferentes formas de execução do exercício, a variação nas classificações dos exercícios, e a função estabilizadora da musculatura do ombro.

3.2.1 COMPORTAMENTO MUSCULAR EM DIFERENTES SOBRECARGAS

Lima e Pinto (2007) relatam que a sobrecarga pode alterar a sinergia muscular. Um aumento na sobrecarga estimulará a ativação não só dos músculos considerados motores primários do movimento em questão, mas também dos músculos considerados motores secundários deste movimento.

Alpert *et al.* (2000) compararam a atividade EMG do deltóide e dos músculos do manguito rotador com o aumento crescente de sobrecargas e aumento na velocidade de execução do movimento. A atividade EMG dos músculos cresceu a cada aumento de sobrecarga no primeiros 90° de abdução, enquanto diminuiu a cada aumento de sobrecarga nos últimos 30°. Houve um aumento significativo da atividade EMG nos primeiros 60° de abdução do ombro, enquanto nos últimos 60° desse mesmo movimento, a atividade diminuiu quando duplicada a velocidade.

O trabalho de Orozco-Levi *et al.* (1995) investigou a atividade do músculo Latíssimo do Dorso em diferentes sobrecargas inspiratórias. O músculo Latíssimo do Dorso não é considerado um motor primário ou secundário na respiração, porém, o estudo demonstra que o músculo teve uma ativação de 32% com relação a sua CIVM de adução de ombro na sobrecarga inspiratória máxima. Os dados desse estudo podem nos levar a crer que se há um incremento na sobrecarga inspiratória, esse músculo pode vir a ter uma função acessória na inspiração.

O estudo de Wattanaprakornkul *et al.* (2011) teve por objetivo avaliar a atividade eletromiográfica (EMG) dos músculos trapézio superior, trapézio inferior, deltóide acromial, supraespinal, infraespinal, peitoral maior, serrátil anterior, latissimo do dorso e subescapular em exercícios de flexão e extensão do ombro. Exercícios de flexão e extensão foram realizados a 20%, 50% e 70% da carga máxima dos sujeitos da coleta. Os resultados do estudo demonstraram que a atividade dos músculos aumentava à medida que havia um incremento da carga

Rodrigues *et al.* (2007) tiveram por finalidade quantificar a atividade de músculos do ombro (peitoral maior clavicular, deltóide clavicular e espinal e latíssimo do dorso), e propor uma forma quantitativa de classificar a função muscular dessa articulação. De acordo com seus resultados os autores classificam tanto latíssimo do dorso quanto deltóide espinal como motores primários da função de extensão de ombro. Apesar do movimento analisado não ser de extensão horizontal, neste estudo os autores estabelecem um critério para definir músculos motores primários e

secundários do movimento. Músculos com um aumento de ativação muscular relativo a 50% ou mais da CIVM foram classificados como motores primários, e os músculos com atividades abaixo disso foram considerados secundários.

3.2.2 COMPORTAMENTO MUSCULAR EM DIFERENTES EXERCÍCIOS

Há na literatura, pesquisas onde são comparadas diferentes formas de execução de exercícios. O trabalho de Signorile e Zink (2002) faz essa comparação durante a execução do exercício de puxada no treino de força, para isso os autores investigaram os efeitos, em músculos do ombro, de quatro posições comuns da radioulnar ao executar a puxada. A atividade das musculaturas como, por exemplo, o latíssimo do dorso, deltóide espinal e redondo maior se modifica de acordo com a modificação da forma como é executado o exercício.

O estudo de Lehman *et al.* (2004) que tinha como objetivo avaliar diferentes atividades para ativar o músculo latíssimo do dorso, utilizou-se de quatro diferentes exercícios, dois que envolviam adução de ombro e diferenças na pegada (puxada pronada ou supinada) e movimentos de extensão de ombro (Remada Baixa) com adução e abdução da escápula de forma conjunta e isometricamente. Segundo o autor, a atividade do latíssimo do dorso foi maior durante a remada baixa sentada com as escápulas em abdução do que a atividade encontrada durante as puxadas. A abdução e adução das escápulas não influenciou a atividade do latíssimo do dorso durante o exercício remada baixa sentada e a supinação do antebraço não teve influência na atividade do latíssimo durante as puxadas. Porém, quando são comparadas as atividades de dois exercícios onde há um diferente posicionamento do ombro, ocorre também uma mudança na ativação muscular.

No estudo de Gil Coury *et al.* (1998) foi avaliada a atividade eletromiográfica de músculos do ombro em exercícios executados com diferentes posições de ombro e cotovelo. Os resultados demonstram que a atividade EMG foi significativamente afetada pela postura e as maiores atividades musculares ocorreram quando os músculos tinham que atuar em mais de um movimento ao mesmo tempo.

Dilman *et al.* (1994) apud. Oliveira *et al.* (2006), compararam exercícios realizados: 1) com a extremidade fixa e com carga, representando o extremo da cadeia cinética fechada; 2) exercícios com extremidade livre e sem carga, como sendo o extremo da cadeia cinética aberta e; 3) exercícios com extremidade livre e

com carga, representando uma área intermediária entre a cadeia cinética aberta e fechada. Para os autores exercícios biomecanicamente similares teriam atividades eletromiográficas comparáveis em grupos musculares primários e que a quantidade de carga presente na extremidade seria mais relevante para essa similaridade que o fato do segmento estar fixo ou móvel durante a execução dos exercícios.

O estudo de Oliveira *et al.* (2005) teve como objetivo avaliar a influência da direção da carga e condição da extremidade na atividade elétrica de músculos da cintura escapular e membro superior durante a realização de exercícios com a extremidade distal fixa e carga externa axial (EFCA) e extremidade livre com carga externa rotacional (ELCR), onde foram avaliados os músculos tríceps do braço, bíceps do braço, peitoral maior, trapézio e deltóide por meio de EMG de superfície. O estudo demonstrou em seus resultados que exercícios de mesma classificação (EFCA ou ELCR) promovem níveis semelhantes de atividade eletromiográfica em alguns dos músculos estudados.

Outros estudos ressaltam a constante função de estabilização articular da musculatura do ombro na execução de diferentes exercícios. O estudo de Wattanaprakornkul *et al.* (2011) tinha por objetivo analisar e comparar os níveis de ativação muscular do ombro e seus padrões de recrutamento durante os exercícios de flexão e extensão, tendo como ponto central a atividade dos músculos do Manguito Rotador para estabilidade articular. A atividade eletromiográfica (EMG) dos músculos trapézio superior, trapézio inferior, deltóide acromial, supraespinal, infraespinal, peitoral maior, serrátil anterior, latíssimo do dorso e subescapular foram registradas. Os autores concluem que durante a flexão e extensão, os músculos do manguito rotador são recrutados sob todas as condições de carga para evitar possíveis deslocamentos ântero-posteriores da cabeça do úmero causados pelo torque de flexão e extensão produzidos pelos músculos.

Além disso, artigos que envolvem gestos esportivos com atividade vigorosa do ombro, apresentam uma grande atividade das musculaturas do ombro, principalmente das musculaturas responsáveis pela estabilidade dessa articulação como o manguito rotador e até mesmo o deltóide, nas fases de desaceleração do movimento (Rokito *et al.*, 1998; Escamilla & Andrews, 2009).

3.2.3. EMG E EXTENSÃO HORIZONTAL DE OMBRO

Os músculos que atuam na extensão horizontal do ombro são deltóide acromial, deltóide espinal, infraespinal, redondo menor, latíssimo do dorso e redondo maior. Rasch e Burke (1977) os classificam em músculos motores primários (deltóide acromial, deltóide espinal, infraespinal e redondo menor) e motores secundários (latíssimo do dorso e redondo maior) do movimento de extensão horizontal.

A denominação de músculo motor primário ou secundário de um movimento é utilizada para destacar a diferença de envolvimento muscular para uma mesma ação articular. Alguns músculos são considerados mais importantes para determinados movimentos articulares e outros apresentam uma menor participação (Watkins, 1999). Watkins (1999) considera que os músculos motores primários e os sinergistas contribuem, respectivamente, com aproximadamente 60% e 40% do momento total produzido no exercício.

Os estudos, na sua maioria, não classificam os músculos como primários e secundários, apenas descrevem o nível de atividade muscular apresentada na execução do gesto motor analisado.

Escamilla e Andrews (2009) apresentam um artigo de revisão de análise EMG, envolvendo as principais atividades desportivas que preconizam a movimentação da articulação do ombro, principalmente durante atividades de arremesso ou em que o indivíduo efetua o gesto com a mão acima da cabeça. A ativação muscular do deltóide acromial, deltóide espinal, infraespinal, redondo menor e latíssimo do dorso foram avaliadas no arremesso do baseball, onde o músculo deltóide acromial apresentou ativações em média de 9% da CIVM durante a fase de preparação do gesto, onde ocorre uma leve hiperextensão e abdução do ombro; enquanto em fases mais críticas de desaceleração após gesto vigoroso e veloz de rotação interna, extensão e flexão horizontal de ombro associados, houve um incremento para 59% da CIVM. Fato semelhante ocorreu no músculo latíssimo do dorso, que apresentou em média um percentual de ativação de 12% de uma CIVM na fase de preparação do gesto e, em fases de aceleração e produção de força e velocidade, chegou a um percentual de 88% de uma CIVM. Para músculos como o infraespinal e redondo menor, sua menor ativação também ocorreu na fase de preparação (11 e 5% de CIVM, respectivamente) e tiveram grandes ativações (74

e 71% de CIVM respectivamente) na fase inicial de aceleração em que a rotação externa de ombro e a flexão horizontal ocorrem de forma conjunta. O infraespinal e o redondo menor são considerados motores primários da extensão horizontal e rotação externa, nessa fase há uma ação vigorosa de flexão horizontal, e a atividade elevada do infraespinal e do redondo menor pode ser explicada pela sua ação excêntrica no controle do movimento de flexão horizontal.

Estudos como os de Rokito *et al.* (1998), que descreveram os padrões de EMG e intensidades relativas de 8 músculos do ombro (deltóide clavicular, supraespinal, infraespinal, redondo menor, subescapular, redondo maior, latíssimo do dorso e peitoral maior esternocostal) durante o saque e a cortada do voleibol corroboram com os achados anteriores pois encontram atividades EMG sempre maiores durante a cortada (movimento mais vigoroso) do que durante o saque por cima sem salto. O infraespinal e o redondo menor tem uma ativação muito diferente ao comparar o saque com a cortada, o infraespinal tem uma atividade de 17% de uma CIVM durante o saque e de 60% na cortada, já o redondo menor tem 7% no saque e 39% na cortada, de acordo com o autor isso pode ser explicado pelo fato de que no saque há uma baixa atividade EMG dos músculos pela falta de um evento crítico, já no ataque a ação é mais vigorosa e há uma explosão de atividades nos músculos testados, inclusive do latíssimo do dorso e redondo maior que tiveram o seu pico de ativação na fase de aceleração do movimento, que é justamente a que envolve a extensão do ombro (57% e 65% da CIVM, respectivamente).

Outro estudo, porém com algumas características diferentes, foi o de Koyama *et al.* (2010), que teve por objetivo comparar a cinemática, o tempo e o sinal eletromiográfico (EMG) do latíssimo do dorso, deltóide espinal, serrátil anterior, cabeça curta do bíceps e cabeça lateral do tríceps durante exercícios de puxada aberta realizados em máquinas com um, dois ou três graus de liberdade para o movimento (tipo 1, o aparelho convencional, movimento no plano frontal; tipo 2, a adição de supinação e pronação da radioulnar e tipo 3, além da adição de pronosupinação da radioulnar ocorre a extensão e flexão horizontal de ombro). A amplitude EMG do latíssimo do dorso e do deltóide espinal foi maior que os demais músculos nas três máquinas. O sinal EMG do latíssimo do dorso não modificou significativamente de máquina para máquina. Em contraste, o sinal EMG do deltóide espinal aumentou significativamente entre o tipo 1 (movimento de adução do ombro) e o tipo 3 (adução associada a extensão horizontal).

3.2.4 DISCUSSÃO DA EMG E ATIVAÇÃO DA MUSCULATURA DO OMBRO

Os dados dos estudos que analisam o comportamento muscular em diferentes sobrecargas demonstram que o sinal EMG do músculo aumenta com o aumento da sobrecarga. Ainda é possível criar a hipótese de que um músculo secundário pode exercer um papel importante, semelhante ao primário em percentual de ativação, quando há um aumento da sobrecarga imposta ao movimento.

O tipo de movimento e a forma de execução de um mesmo movimento alteram a participação muscular do ombro. Alguns fatores que determinam essas mudanças são a velocidade de execução, onde nos movimentos mais velozes e explosivos a participação muscular é aumentada (Rokito *et al.*, 1998; Escamilla & Andrews, 2009). O posicionamento das articulações também interfere no nível de ativação muscular, podendo o músculo além de participar ajudando na ação também ser solicitado para estabilização articular.

Embora a EMG não seja uma ferramenta tão eficaz para predição dos níveis de produção de força durante atividades que exijam grandes velocidades de movimento e fadiga muscular (fato que ocorre nos movimentos desportivos), podemos observar que as musculaturas são mais ou menos ativadas em seus percentuais de CIVM, tanto quanto for maior ou menor a sua participação sinérgica, informação que contribui para determinar a ação primária ou secundária de um movimento.

As pesquisas, em sua grande maioria, não monitoram todos os motores primários, e tão pouco, os acessórios dos movimentos articulares, e há uma grande dificuldade de encontrar na literatura pesquisas relacionadas à análise EMG na ação de extensão horizontal de ombro, um exemplo disso é o estudo de Gatti *et al.* (2008), onde os movimentos avaliados foram os de abdução, adução, rotação interna, rotação externa, flexão e extensão, ou seja, praticamente todos os movimentos de ombro, apenas a flexão e extensão horizontal não foram analisadas. Vários são os artigos que monitoram os músculos responsáveis pela extensão horizontal, porém não os avaliam nesse movimento e sim em outros movimentos ou gestos desportivos que envolvem a articulação do ombro.

Quando analisamos estudos que tem o movimento de extensão horizontal, como em gestos desportivos, observa-se que as atividades primárias dos músculos

tem um maior nível de ativação muscular, como o que ocorre com os músculos latíssimo do dorso, infraespinal e redondo menor na pesquisa de Escamila e Andrews (2009).

No estudo de Koyama *et al.* (2010), também é possível observar a maior participação do deltóide espinal quando o movimento de extensão horizontal é associado ao de extensão do ombro. Apesar dos autores não discutirem especificamente as maiores ações musculares a partir de suas ações primárias e secundárias, é possível tecer algumas considerações a este respeito. O latíssimo do dorso tem função primária na adução e extensão do ombro e secundária na extensão horizontal (Rasch e Burke, 1977), como nos três aparelhos há uma movimentação do ombro no sentido dessas ações, a maior atividade EMG do latíssimo do dorso frente aos outros músculos se justifica. Da mesma forma a maior atividade do músculo deltóide espinal em relação aos demais pode ser justificada por ele ser considerado motor primário da extensão horizontal e acessório da extensão de ombro (Rasch e Burke, 1977) que ocorre nos movimentos analisados. Esse músculo é responsável pela ação de extensão horizontal de forma primária, e isso pode explicar a sua maior ativação EMG no exercício tipo 3 pela característica do movimento incluir a extensão horizontal, onde o mesmo é motor primário.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maneira considerada mais adequada de realizar uma análise cinesiológica é estudar o movimento no corpo vivo normal. A evolução da EMG a tornou o principal instrumento de investigação cinesiológica, sendo o método mais eficaz atualmente para identificar a ativação muscular por possibilitar a análise de músculos superficiais e profundos.

Entre os livros que envolvem cinesiologia e biomecânica, alguns descrevem os métodos para determinação da participação muscular nos diferentes movimentos articulares, porém não especificam qual deles foi considerado no livro. Outros apenas classificam os músculos em primário e secundário e alguns apenas citam os músculos que podem contribuir com o movimento, sem classificá-los.

Poucos estudos foram encontrados relacionando a participação muscular nos movimentos do ombro, mais especificamente na extensão horizontal. É possível fazer inferências a partir da análise destes músculos em diferentes contextos de

pesquisa como análise de gestos desportivos, exercícios terapêuticos e exercícios de treino de força. A falta de maiores informações dificulta a determinação de programas de treinamento e reabilitação, pois esses programas podem levar à participação de músculos em determinado movimento, que não estavam dentro da proposta inicial do profissional. Além disso, os músculos podem estar sendo ativados em maiores ou menores proporções do que as anteriormente planejadas pelo profissional durante treinamento ou reabilitação proposta.

REFERÊNCIAS

ACLAND, Robert D.. ***Acland's Video Atlas of Human Anatomy***,. Disponível em: <<http://aclandanatomy.com/index>>. Acesso em: 19 jun. 2011.

ALPERT, WS. Electromyographic analysis of deltoid and rotator cuff function under varying loads and speeds. ***Journal of Shoulder and Elbow Surgery***, Inglewood, p. 47-58, 2000.

ARAÚJO RC, AMADIO AC. Análise biomecânica da ativação das porções superficiais do músculo quadríceps femoral durante contrações excêntrica e concêntrica. ***Rev Bras Fisiot.*** 1996; 1(1): 13-20.

BAKER, Lucinda L.; PARKER, Karen. Neuromuscular Electrical Stimulation of the Muscles Surrounding the Shoulder. ***Physical Therapy***, Downey, California, v. 66, n. , p.1930-1937, dez. 1986.

BASMAJIAN JV, DE LUCA CJ. ***Muscles alive: their function revealed by electromyography***. 5 ed. Baltimore: Williams and Wilkins; 1985.

BUCHANAN TS, ALMDALE DPJ, LEWIS JL, RYMER WZ. Characteristics of synergic relations during isometric contractions of human elbow muscles. ***J Neurophysiol.*** 1986; 56(5): 1225-1241.

CRAMER SC, ORR EL, COHEN MJ, LACOURSE MG. Effects of motor imagery training after chronic, complete spinal cord injury. ***Exp. Brain Res.*** 2007b; 177(2): 233-242.

DON R, RANAVALO A, CACCHIO A, SERRAO M, COSTABILE F, IACHELLI M, CAMEROTA F, FRASCARELLI M, SANTILLI V. Relationship between recovery of calf muscle biomechanical properties and gait pattern following surgery for achilles tendon rupture. ***Clin Biomech (Bristol, Avon)***. 2007; 22(2): 211-220.

ENOKA, Roger M. ***Bases Neuromecânicas da Cinesiologia***. 2. ed. Cleveland: Manole, 2000. 449 p.

ESCAMILLA, Rafael F.; ANDREWS, James R.. Shoulder Muscle Recruitment Patterns and Related Biomechanics during Upper Extremity Sports. ***Sports Med.*** Usa, n., p.569-590, 2009.

GATTI, Christopher J. et al. Comparison of model-predicted and measured moment arms for the rotator cuff muscles. ***Clin Biomech***, Michigan, n. , p.639-644, jul. 2007.

GATTI, C. J. Evaluation of three methods for determining EMG-muscle force parameter estimates for the shoulder muscles. ***Clinical Biomechanics***, p. 166–174, 2008.

GIL COURY, H.; KUMAR, S.; NARAYAN, Y. An Electromyographic Study of Upper Limb Adduction Force with Varying Shoulder and Elbow Postures. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, p. 157–168, 1998.

GLASS C, KNOWLTON RG, SANJABI PB, SULLIVAN JJ. The effect of exercise induced glycogen depletion on the lactate, ventilatory and electromyographic thresholds. **J Sports Med Phys Fitness**. 1997; 37(1): 32-40.

HAKKINEN, K.; PARAKINEN, A.; KRAEMER, W. J.; HAKKINEN, A.; VALKEINEN, H.; ALEN, M. Selective muscle hypertrophy, changes in EMG and force, and serum hormones during strength training in older women. **Journal Applied Physiology**. (2001b), Vol. 91, pp. 569–580.

HALL, Susan. **Biomecânica Básica**. Northridge: Guanabara Koogan, 1991. 320 p.

HJORTSKOV N, ESSENDROP M, SKOTTE J, FALLENTIN N. The effect of delayed onset muscle soreness on stretch reflexes in human low back muscles. **Scand J. Med Sc Sports**. 2005; 15(6): 409-415.

HUGHES, R. E. Comparison of two methods for computing abduction moment arms of the rotator cuff. **Journal of Biomechanics**, Rochester, p. 157-160, 1998.

IMMAN VT, SAUNDERS JBM, ABBOTT LC. Observations on the function of the shoulder joint. **J. Bone Jt Surg**. 1944; 26(1): 1-30.

JAKOBI JM, RICE CL, CURTIN SV, MARSH GD. Contractile properties, fatigue and recovery are not influenced by short-term creatine supplementation in human muscle. **Exp Physiol**. 2000; 85: 451-460.

JAKOBI JM, RICE CL, CURTIN SV, MARSH GD. Neuromuscular properties and fatigue in older men following acute creatine supplementation. **Eur J. Appl. Physiol**. 2001; 84(4): 321-328.

KALMAR, J.M.; CAFARELLI, E. Central excitability does not limit post fatigue voluntary activation of quadriceps femoris. **Journal Applied Physiology**. (2006), Vol. 100, pp. 1757–1764.

KAPANDJI, I. A. **Fisiologia Articular**. 4. ed. S.a Paris: Manole, 1980. 202 p.

KENDALL, Florense Peterson et al. **Músculos Provas e Funções: Com Postura e Dor**. 5. ed. Barueri: Manole, 2007. 528 p.

KOYAMA, Yasushi et al. Enhancing the weight training experience: a comparison of limb kinematics and EMG activity on three machines. **Eur J Appl Physiol**, Colorado, n. , p.789-801, mar. 2010.

KUECHLE, K. David. Shoulder muscle moment arms during horizontal flexion and elevation. **Journal of Shoulder and Elbow Surgery**, Rochester, p. 429-439, 1997.

LABYT E, CASSIM F, SZURHAJ W, BOURRIEZ JL, DERAMBURE P. Oscillatory cortical activity related to voluntary muscle relaxation: influence of normal aging. **Clin. Neurophysiol.** 2006; 117(9): 1922-1930.

LEHMAN, G. J. Variations in muscle activation levels during traditional latissimus dorsi weight training exercises: An experimental study. **Dynamic Medicine**, 2004.

LEIS, A. A.; TRAPANI, V. C. **Atlas of electromyography**. Oxford, NY, Oxford University Press, (2000).

LIMA, S. C.; PINTO, S. R. **Cinesiologia e Musculação**. Porto alegre. Artmed, (2007).

LOCHYNSKI D, CELICHOWSKI J, KORMAN P, RAGLEWSKA P, Changes of motor unit contractile output during repeated activity. **Acta Neurobiol. Exp.** (Wars). 2007; 67(1): 23-33.

LUCÍA A, SÁNCHEZ O, CARVAJAL A, CHICHARRO JL. Analysis of the aerobic-anaerobic transition in elite cyclists during incremental exercise with the use of electromyography. **Br. J Sports Med.** 1999; 33(3): 178-185.

MAFFIULETTI NA, ZORY R, MIOTTI D, PELLEGRINO MA, JUBEAU M, BOTTINELLI R. Neuromuscular adaptations to electrostimulation resistance training. **Am J. Phys Med Rehabil.** 2006; 85(2): 167-175.

MERLETTI R, PARKER PA. Introduction. In: Merletti R, Parker PA. **Electromyography: physiology, engineering and non-invasive applications**. New Jersey: John Wiley & Sons; 2004. p. xv.

MERLETTI R, RAINOLDI A, FARINA D. Myoelectric manifestations of muscle fatigue. In: Merletti R, Parker PA. **Electromyography: physiology, engineering and non-invasive applications**. New Jersey: John Wiley & Sons; 2004. p. 233-258.

MURAKI, T. The effect of arm position on stretching of the supraspinatus, infraspinatus, and posterior portion of deltoid muscles: A cadaveric study. **Clinical Biomechanics**, p. 474–480, (2006).

NARICI M.; VROI, G. S.; LANDONI, L.; MINETTI A. E.; CERRETELLI, P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. **European Journal Applied Physiology**. (1989), Vol. 59, pp. 310-319.

NIE H, ARENDT-NIELSEN L, KAWCZYNSKI A, MADELEINE P. Gender effects on trapezius surface EMG during delayed onset muscle soreness due to eccentric shoulder exercise. **J. Electromyogr Kinesiol.** 2007; 17(4): 401-419.

Oliveira AS, Freitas CMS, Monaretti H, Ferreira F, Noguti R, Bérzin F. Avaliação eletromiográfica de músculos da cintura escapular e braço durante exercícios com carga axial e rotacional. **Rev Bras Med Esporte** 2006;12:1-5.

OROZCO-LEVI, M. Activity of latissimus dorsi muscle during inspiratory threshold loads. *European Respiratory Journal*, Barcelona, p. 441–445, 1995.

OTIS, J. C. Changes in the moment arms of the rotator cuff and deltoid muscles with abduction and rotation. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, New York, p. 667-676, 1994.

PAAVOLAINEN L, HÄKKINEN K, NUMMELA A, RUSKO H. Neuromuscular characteristics and fatigue in endurance and sprint athletes during a new anaerobic power test. *Eur. J Physiol Occup Physiol*. 1994; 69(2): 119-126.

PETROSKI, EL. *Antropometria técnicas e padronizações*. Sanat Maria. Palloti, 1999.

PORTNEY L. Eletromiografia e testes de velocidade de condução nervosa. In: Sullivan O, Susan B, Shmitz-Thomaz J. *Reabilitação Física: avaliação e tratamento*. 2 ed. São Paulo: Manole; 1993. p.183-223.

RASCH, Philip J.; BURKE, Roger K. *Cinesiologia e Anatomia Aplicada*. 5. ed. Philadelphia: Guanabara Koogan, 1977. 571 p.

RODRIGUES, A.M., RITZEL, C.H., KAROLCZAK, A.P.B., DIEFENTHAELER, F., GUIMARÃES, A.C.S., VAZ, M.A. Funcional Classification of Selected Shoulder Muscles by Eletromyography, *Revista Brasileira de Biomecânica*. , v.8, p.61 – 66, 2007.

RODRIGUES JA, BÜLL ML, DIAS GA, GONÇALVES M, GUAZZELLI JF. Electromyographic analysis of the pectoralis major and deltoideus anterior in the inclined "flying" exercise with loads. *Electromyogr. Clin. Neurophysiol*. 2003; 46(7-8): 441-448.

ROKITO, Andrew S. et al. Electromyographic analysis of shoulder function during the volleyball serve and spike. *Journal Of Shoulder And Elbow Surgery*, Inglewood, Ca, n, p.256-263, jun. 1998.

SABOISKY JP, BUTLER JE, WALSH LD, GANDEVIA SC. New display of the timing and firing frequency of single motor units. *J. Neurosci. Methods*. 2007; 162(1-2): 287-292.

SHABO G, PASMEN JW, VAN ALFEN N, WILLEMSSEN MA. The spectrum of polyneuropathies in childhood detected with electromyography. *Pediatr. Neurol*. 2007; 36(6): 393-396.

SHIN G, SHU Y, LI Z, JIANG Z, MIRKA G. Influence of knee angle and individual flexibility on the flexion-relaxation response of the low back musculature. *J. Electromyogr. Kinesiol*. 2004; 14(4): 485-494.

SIGNORILE, J.F., A.J. Zink, and S.P. Szwed. A comparative electromyographical investigation of muscle utilization patterns using various hand positions during the lat pull-down. *J. Strength Cond. Res.* 16(4):539–546. 2002.

SILVA, Daniela Cristina De Oliveira. *Avaliação Eletromiográfica e Força de Músculos do Membro Superior em Indivíduos Submetidos à Suplementação de Creatina*. 2009. 89 f. Tese (Doutorado) - Curso de Odontologia, Unicamp, Piracicaba Sp, 2009.

SODERBERG, G. L., KNUTSON, L. N., [A Guide for Use and Interpretation of Kinesiologic Electromyographic Data](#). *Physical Therapy*. May (2000), Vol. 80, No. 5.

SOUSA OM. Aspectos da arquitetura e da ação dos músculos estriados, baseada na eletromiografia. *Folia Clin. Biol.* 1958-1959; 28: 12-42.

STEVENSON SW, DUDLEY GA. Creatine loading, resistance exercise performance, and muscle mechanics. *J. Strength Cond. Res.* 2001a; 15(4): 413-419.

STEVENSON SW, DUDLEY GA. Dietary creatine supplementation and muscular adaptation to resistive overload. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2001b; 33(8): 1304-1310.

STOUT J, CRAMER J, MIELKE M, O'KROY J, TOROK D, ZOELLER R. Effects of twenty-eight days of beta-alanine and creatine monohydrate supplementation on physical working capacity at neuromuscular fatigue threshold. *J Strength Cond Res.* 2006; 20(4): 928-931.

STOUT J, ECKERSON J, EBERSOLE K, MOORE G, PERRY S, HOUSH T *et al.* Effect of creatine loading on neuromuscular fatigue threshold. *J. Appl. Physiol.* 2000; 88(1): 109-112.

STÜBGEN JP. Facioscapulohumeral muscular dystrophy: a quantitative electromyographic study. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 2007; 47(3): 175-182.

VAN DIJK H, VOERMAN GE, HERMENS HJ. The influence of stress and energy level on learning muscle relaxation during gross-motor task performance using electromyographic feedback. *Appl. Psychophysiol Biofeedback.* 2006; 31(3): 243-252.

VOERMAN GE, SANDSJÖ L, VOLLENBROEK-HUTTEN MN, GROOTHUISOUDSHOORN CG, HERMENS HJ. The influence of different intermittent myofeedback training schedules on learning relaxation of the trapezius muscle while performing a gross motor task. *Eur. J. Appl Physiol.* 2004; 93(1-2): 57-64.

VORGERD M, GREHL T, JAGER M, MULLER K, FREITAG G, PATZOLD T *et al.* Creatine therapy in myophosphorylase deficiency (McArdle disease): a placebo-controlled crossover trial. *Arch Neurol.* 2000; 57(7): 956-963.

WATKINS, JAMES. *Estrutura e Função do Sistema Musculoesquelético*. Glasgow: Artmed, 1999. 383 p.

WATTANAPRAKORE et al.. The rotator cuff muscles have a direction specific recruitment pattern during shoulder flexion and extension exercises. **J Sci Med Sport** (2011), doi:10.1016/j.jsams.2011.01.001

WILSON RD, BENNETT ME, LECHMAN TE, STAGER KW, CHAE J. Single-lead percutaneous peripheral nerve stimulation for the treatment of hemiplegic shoulder pain: a case report. **Arch Phys Med Rehabil** 2011;92:837-40.

YIU EM, VERDOLINI K, CHOW LP. Electromyographic study of motor learning for a voice production task. **J. Speech Lang Hear Res.** 2005; 48(6): 1254-1268.