

RÚBEN DE FARIA NEGRÃO FILHO

**ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA DA
ATIVIDADE ELÉTRICA DAS PORÇÕES DO
*M. RECTUS ABDOMINIS***

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Biologia e Patologia Buco-Dental (Área de Anatomia) da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, para obtenção do título de Doutor em Ciências.

**PIRACICABA
1999**

RÚBEN DE FARIA NEGRÃO FILHO

**ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA DA
ATIVIDADE ELÉTRICA DAS PORÇÕES DO
*M. RECTUS ABDOMINIS***

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Biologia e Patologia Buco-Dental (Área de Anatomia) da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador : Prof. Dr. FAUSTO BERZIN

Este exemplar foi devidamente corrigido,
de acordo com a Resolução CCPG-036/83
CPG, 09 / 08 / 1999
Assinatura do Orientador

**PIRACICABA
1999**

816418



UNIDADE	BC
N.º GERAL	UNICAMP
N.º	1238
V.	Es
TUBO BC	38599
PREC	229/99
	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
PREC.	R\$ 11,00
DATA	31/08/99
N.º CPD	

CM-00125821-2

N312a Negrão Filho, Rúben de Faria
Análise quantitativa e qualitativa da atividade elétrica das porções do *M. Rectus Abdominis*. / Rúben de Faria Negrão Filho. – Piracicaba, SP : [s.n.], 1999.
136p. : il.

Orientador : Prof. Dr. Fausto Berzin
Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas,
Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

I. Eletromiografia. 2. Músculos. 3. Exercícios físicos. 4. Contração muscular. I. Berzin, Fausto. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Ficha Catalográfica Elaborada pela Bibliotecária Marilene Gerello CRB / 8 – 6159, da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba / UNICAMP.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de DOUTORADO, em sessão pública realizada em 25 de Junho de 1999, considerou o candidato RUBEN DE FARIA NEGRÃO FILHO aprovado.

1. Prof. Dr. FAUSTO BERZIN

2. Prof. Dr. ALBERTO CARLOS AMADÍO

3. Prof. Dr. GILMAR DA CUNHA SOUSA

4. Prof. Dr. CARLOS ROBERTO HOPPE FORTINGUERRA

5. Prof. Dr. MAURO GONÇALVES

DEDICATÓRIA

Aos meus pais **Rúben de Faria Negrão** e **Aparecida Hailler Ferreira Negrão**, que ao direcionar seus filhos no caminho do saber, possam se sentir recompensados.

À minha esposa e companheira **Sílvia Helena Ferreira de Faria Negrão**, pela compreensão e incentivo nesta etapa de minha carreira.

A meus filhos, **João Vitor Ferreira de Faria Negrão** e **Renata Ferreira de Faria Negrão**, frutos do meu amor e estímulo de vida.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao Prof. **Fausto Berzin**, Professor Titular do Departamento de Morfologia da Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, pelo tempo dedicado à minha formação e pela certeza de poder continuar usufruindo de sua amizade e de seu conhecimento.

“..... um discípulo nunca pode imitar os passos de seu guia, pois cada um tem a sua maneira de ver a vida, de conviver com as dificuldades e com as conquistas. Ensinar é mostrar que é possível. Aprender é tornar possível a si mesmo.”

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao Prof. Dr. **Alberto Carlos Amadio**, coordenador do Laboratório de Biomecânica, da Escola da Educação Física da Universidade de São Paulo, que com muito despreendimento me acolheu, e com seu vasto conhecimento colaborou com este trabalho.

Ao amigo, Prof. **Carlos Eduardo do Santos Castro**, docente do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, cuja forma de ser e olhar a nossa profissão, continua sendo fonte de estímulo em minha vida profissional.

Ao amigo de caminhada, Prof. Dr. **Gilmar da Cunha Souza**, docente do Departamento de Morfologia da Universidade Federal de Uberlândia, companheiro de todas as horas, com quem dividi importante período de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Hermano M. F. Tavares, magnífico Reitor da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

Ao Prof. Dr. Antonio Wilson Sallum , digníssimo Diretor da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP.

À Profa. Dra. Altair Antoninha Del Bel Cury, digníssima Coordenadora do Curso de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP.

A Profa. Dra. Darcy de Oliveira Tozello, digníssima Coordenadora do Curso de Pós-Graduação em Biologia e Patologia Bucodental da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP.

Ao professores do Curso de Biologia e Patologia Bucodental da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos funcionários : João Batista Leite de Campos e Joelma Aparecida Macchi, pela colaboração e ajuda dispensada, e pela amizade compartilhada.

Ao Departamento de Fisioterapia da Faculdade e Ciências e Tecnologia da UNESP – Campus de Presidente Prudente, por conceder os afastamentos necessários para conclusão deste curso e em especial aos colegas que me substituíram durante este período.

Aos colegas do Curso de Biologia e Patologia Buco Dental, em especial à Débora Bevilaqua Grosso e Gilmar da Cunha Souza, pela amizade e companheirismo.

Aos amigos Zenon Silva e Rosana Ono, que participaram “mineiramente” nesta fase de minha vida.

Aos colegas de profissão Profa. Dra. Vanessa Monteiro Pedro e Profa. Dra. Claudia Regina Sgobbi de Faria, pela alegre convivência durante o curso.

Aos amigos de Piracicaba, especialmente os Professores Drs. Lourenço Correr Sobrinho e Mário Alexandre Coelho Sinhoreti, com quem tive a oportunidade de conviver e que representaram a forma acolhedora do povo piracicabano.

Ao meu sogro Dr. Joaquim Elcio Ferreira e minha sogra Professora Glória Vieira Ferreira, pela presença carinhosa e afetiva em minha vida.

Ao CAPES/PICDT (Programa Institucional de Capacitação Docente e Técnica) pelo apoio financeiro oferecido durante a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

SUMÁRIO

	Folha
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	01
RESUMO	09
ABSTRACT	13
INTRODUÇÃO	17
REVISÃO DA LITERATURA	23
PROPOSIÇÃO.....	49
MATERIAL E MÉTODOS	53
RESULTADOS	81
DISCUSSÃO	97
CONCLUSÕES	113
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
ANEXOS	125

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figuras		Folha
1	Eletrodo bipolar ativo de superfície para captação de sinal eletromiográfico.	34
2	Módulo condicionador de sinais analógicos, modelo MCS 1000 – V2, marca Lynx .	35
3	Aparelho de exercício abdominal, marca Reniar, usado no exercício isotônico de flexão e extensão do tronco, e a chave liga/desliga fixada ao aparelho para sinalizar o ciclo de atividade (chave 1 = início do ciclo, chave 2 = final da contração concêntrica, 3 = circuito amplificador + pilha 1.5 V).	37
4	Banco com encosto reclinável e ajustável para ângulos de 0, 15, 30, 45 e 60 graus, empregado para o exercício isométrico de flexão do tronco ereto.	38
5	Encosto do banco com abertura central e dispositivo em “L” com dois ganchos na face posterior, para fixação da célula de carga.	39
6	Cinta inter-escapular de náilon, almofadada na região de apoio na face anterior do ombro, com um gancho fixado na base de couro posicionado entre as escápulas.	40

- | | | |
|---|--|----|
| 7 | Célula de carga modelo MM, da Kratos, fixada nos ganchos do encosto do banco e da cinta inter-escapular. | 41 |
| 8 | Posição inicial do voluntário no aparelho de exercício abdominal. | 44 |
| 9 | Voluntário posicionado no banco de encosto reclinável para a realização do exercício isométrico de flexão do tronco ereto a 45 graus, com a tela do monitor posicionada para permitir o “feedback” visual. | 46 |

Gráficos

Folha

- | | | |
|---|--|----|
| 1 | Exemplo de registro da atividade elétrica (μV) das porções do <i>M. rectus abdominis</i> (de cima para baixo: superior, média e inferior esquerda; e superior, média e inferior direita) e dos sinais da chave liga/desliga (traçado inferior) durante o exercício isotônico de flexão e extensão do tronco. | 48 |
| 2 | Exemplo de registro da atividade elétrica (μV) das porções do <i>M. rectus abdominis</i> (de cima para baixo: superior, média e inferior esquerda; e superior, média e inferior direita) e dos sinais da célula de carga (Kgf) (traçado inferior) durante o teste de CIVM do exercício isométrico de flexão do tronco. (Seta indica o ponto do traçado de maior força). | 49 |

- 3 Exemplo de registro da atividade elétrica (μV) das porções do *M. rectus abdominis* (de cima para baixo: superior, média e inferior esquerda; e superior, média e inferior direita) e dos sinais da célula de carga (Kgf) (traçado inferior) durante o exercício isométrico de flexão do tronco ereto a 50% da CIVM. (No exemplo, o tempo de 1 segundo, dos 4 segundos registrados, foi selecionado). 51
- 4 Exemplo da seqüência do processamento do sinal: (de cima para baixo) 1 - sinal eletromiográfico puro; 2 – retificação total do sinal; 3 – envoltório linear sobre o sinal retificado; 4 – envoltório linear; e 5 – envoltório linear normalizado na base do tempo. 54
- 5 Padrão eletromiográfico da porção superior esquerda do *M. rectus abdominis* durante o exercício isotônico de flexão e extensão do tronco. O traçado representa a média, desvio padrão e o coeficiente de variação de 10 repetições realizadas pelo mesmo voluntário. A) não normalizado, e B) normalizado pelo pico da CIVM. 56
- 6 Padrão eletromiográfico da porção superior esquerda do *M. rectus abdominis* durante o exercício isotônico de flexão e extensão do tronco. O traçado representa a média, desvio padrão e o coeficiente de variação de 10 repetições realizadas pelo mesmo voluntário A) normalizado pelo pico da atividade, e B) normalizado pela média da atividade. 57

- 7 Média dos valores em porcentagem de atividade eletromiográfica dos lados esquerdo e direito das porções do *M. rectus abdominis*, dos 10 voluntários da amostra. 60
- 8 Média dos valores em porcentagem de atividade eletromiográfica das porções inferior, média e superior do lado esquerdo e do lado direito do *M. rectus abdominis*, dos 10 voluntários da amostra. 60
- 9 Médias dos valores em porcentagem de atividade eletromiográfica das porções inferior, média e superior do lado esquerdo do *M. rectus abdominis*, nos ângulos de 0 a 60°, dos 10 voluntários da amostra. 61
- 10 Médias dos valores em porcentagem de atividade eletromiográfica das porções inferior, média e superior do lado direito do *M. rectus abdominis*, nos ângulos de 0 a 60°, dos 10 voluntários da amostra. 61
- 11 Interação dos valores médios, em porcentagem da atividade elétrica, entre os lados direito e esquerdo, e as porções inferior, média e superior, dos 10 voluntários da amostra. 63
- 12 Interação dos valores médios, em porcentagem da atividade elétrica, entre o lado direito e esquerdo, e os ângulos de flexão, dos 10 voluntários da amostra. 63

- 13 Interação dos valores médios, em porcentagem da atividade elétrica entre as porções inferior, média e superior e os ângulos de flexão dos 10 voluntários da amostra. 64
- 14 Média dos valores (Volts) dos sinais da chave liga/desliga dos 10 voluntários, durante o movimento isotônico de flexão e extensão do tronco, de 0 a 100% da atividade. 65
- 15 Padrão eletromiográfico das porções superior direita (A) e esquerda (B) do *M. rectus abdominis* durante o exercício isotônico de flexão e extensão do tronco. 68
- 16 Padrão eletromiográfico das porções média direita (A) e esquerda (B) do *M. rectus abdominis* durante o exercício isotônico de flexão e extensão do tronco. 69
- 17 Padrão eletromiográfico das porções inferior direita (A) e esquerda (B) do *M. rectus abdominis* durante o exercício isotônico de flexão e extensão do tronco. 70
- 18 Sobreposição dos traçados (valores médios) das porções superior direita e esquerda (PSD, PSE), média direita e esquerda (PMD, PME) e inferior direita e esquerda (PID, PIE), obtidos durante o exercício isotônico de flexão e extensão do tronco, dos 10 voluntários. 71

Quadros **Folha**

- | | | |
|---|--|----|
| 1 | Perfil antropométrico básico dos voluntários (n = 10). | 32 |
|---|--|----|

Tabelas **Folha**

- | | | |
|---|---|----|
| 1 | Valores de F segundo os lados direito e esquerdo (a), as porções superior, média e inferior do <i>M. rectus abdominis</i> (b), os ângulos de flexão do tronco (0 a 60°) (c) e as interações entre essas três variáveis. | 62 |
|---|---|----|

- | | | |
|---|--|----|
| 2 | Tempo médio em milissegundos, das 10 repetições do movimento de flexão e extensão do tronco dos 10 voluntários, juntamente com a média, desvio padrão (SD) e coeficiente de variação (CV). | 65 |
|---|--|----|

- | | | |
|---|---|----|
| 3 | Coeficiente de variação (CV) de 10 repetições de cada voluntário durante o movimento isotônico de flexão e extensão do tronco, obtido da atividade elétrica das porções superior, média e inferior direita e esquerda do <i>M. rectus abdominis</i> . | 66 |
|---|---|----|

RESUMO

RESUMO

ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA DA ATIVIDADE ELÉTRICA DAS PORÇÕES DO *M. RECTUS ABDOMINIS*

Autor : Rúben de Faria Negrão Filho

Orientador : Prof. Dr. Fausto Berzin

O objetivo deste estudo foi investigar o comportamento do *M. rectus abdominis* através de análise quantitativa e qualitativa dos sinais eletromiográficos obtidos de suas porções superior, média e inferior durante atividade dinâmica e estática. Participaram deste estudo dez (10) voluntários, atletas, do sexo masculino, com idade variando de 16 a 21 anos (média = 17.8), sem história de disfunção músculo-esquelética. A atividade estática foi realizada através do exercício isométrico de flexão do tronco ereto em 5 diferentes ângulos e a atividade dinâmica foi realizada através do exercício isotônico de flexão e extensão do tronco a partir da posição supina. Para a análise do estudo quantitativo os valores da raiz quadrada da média obtidos dos traçados eletromiográficos durante os exercícios isométricos foram submetidos ao processo de normalização e expressos em porcentagem da contração isométrica voluntária máxima. Para o estudo qualitativo da atividade dinâmica os traçados eletromiográficos foram tratados através de retificação, envoltória linear e normalização, de forma que a curva resultante do processamento foi analisada comparativamente. Os resultados do estudo quantitativo mostraram que não existiu diferença estatisticamente significativa entre as diferentes porções do músculo. Na análise qualitativa dos gráficos observou-se um padrão de ativação elétrica comum para as diferentes porções do *M. rectus abdominis*, não sendo observado diferenças significativas no ângulo de inclinação de subida e descida do traçado durante o movimento isotônico de flexão e extensão do tronco.

Palavras-chaves: Eletromiografia, Músculos, Exercícios físicos, Contração muscular.

ABSTRACT

ABSTRACT

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE ANALYSIS OF ELECTRICAL ACTIVITY OF PORTIONS OF THE *M. RECTUS ABDOMINIS*

Author : Rúben de Faria Negrão Filho

Adviser : Prof. Dr. Fausto Berzin

The purpose of this study was to investigate the electrical behavior of the *Rectus abdominis* muscle by qualitative and quantitative analysis of the electromyographic signal obtained from its superior, medium and inferior portions during dynamic and static activities. Ten voluntaries (aged $X = 17.8$ years, $SD = 1.6$) athletic males were studied without history of muscle skeletal disfunction. The static activity was carried out by isometric exercise of the trunk erect flexion in five different angles and the dynamic activity by isotonic exercise of the trunk flexion-extension from supine position. For the quantitative analysis the root mean square values obtained in the electromyographic signal during the isometric exercises were normalized and expressed in maximum voluntary isometric contraction percentages. For the qualitative analysis of the dynamic activity the electromyographic signal was processed by full-wave rectification, linear envelope and normalization (amplitude and time), so that the resulting curve of the processed signal was submitted to descriptive graphic analysis. The results of the quantitative study show that there is not a statistical significant difference among the portions of the muscle. Qualitative analysis demonstrated two aspects: the presence of a common activation electric pattern in the portions of *Rectus abdominis* muscle and the absence of significant difference in the inclination angles in the activity electrical curve during the isotonic exercises.

Key Words: Electromyography, Muscles, Bodily exercises, Muscle contraction.

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

O *M. rectus abdominis*, como parte de um conjunto de músculos localizados na região abdominal, participa ativamente do sistema de estabilização da coluna lombar; cuja região é alvo freqüente de problemas das mais variadas naturezas.

KENDALL & McCREARY (1990), entendem que o exercício abdominal constitui parte importante da medicina preventiva. Para NORRIS (1993), os adultos iniciam exercícios abdominais com o objetivo de reduzir excesso de abdome e atletas freqüentemente sentem que um músculo abdominal forte é importante; o que torna os exercícios de fortalecimento abdominal extremamente populares para aptidão física e esportes.

Os estudos eletromiográficos sobre a participação dos músculos abdominais nas mais diferentes atividades funcionais do tronco, apontam no sentido de que: a) esses músculos não apresentam atividade na postura ortostática, b) de uma maneira geral os músculos abdominais participam em atividades relacionadas à compressão do abdome. Entretanto, como bem concluiu MCGILL (1991), o grau de participação desses músculos é baixa quando comparada à atividade específica de cada músculo, c) uma grande atividade elétrica dos músculos abdominais pode ser observada quando ocorre qualquer tendência de aproximação entre a pelve e o tronco.

As referências sobre estudos eletromiográficos especificamente dos músculos abdominais, durante exercícios físicos apontam dois caminhos: a) um no sentido de demonstrar o exercício mais eficiente em ativar os músculos abdominais; b) o outro, observar especificamente a atividade das porções do *M. rectus abdominis* durante exercícios físicos.

Com relação à primeira preocupação, quando os exercícios abdominais são prescritos em programas de reabilitação e prevenção de problemas posturais, tem sido demonstrado que o exercício abdominal realizado na posição supina com os membros inferiores flexionados, enrolando-se o tronco e coluna cervical, juntamente com a inclinação posterior da pelve é o exercício que além de proporcionar maior atividade elétrica dos músculos não produzem aumento da lordose lombar (HALPERN & BLECK, 1979; EKHOLM et al., 1979; GILLEARD & BROWN, 1994; SHIRADO et al., 1995).

Quando o objetivo é estabelecer a efetividade de cada tipo de exercício abdominal prescrito em programas de desenvolvimento de força, resistência e hipertrofia muscular, tem sido demonstrado que a participação dos músculos oblíquos interno e externo é mais intensa nos exercícios de rotação do tronco e que o *M. rectus abdominis* atua de forma mais eficaz durante a aproximação do tronco com a pelve (WALTERS & PARTRIDGE, 1957; FLINT, 1965; GUTIN & LIPETZ, 1971; GODFREY et al. 1977; GUIMARÃES & CRESCENTE, 1984; BANKOFF & FURLANI, 1984; FURLANI & BANKOFF, 1987; GUIMARÃES et al., 1991; MORAES et al., 1995; SARTI et al., 1996).

Com relação aos estudos que se preocuparam com a atividade específica do *M. rectus abdominis* e suas porções nota-se enorme controvérsia. A grande maioria dos trabalhos demonstrou diferenças de atividade elétrica entre as diferentes porções; entretanto, não existe concordância sobre onde e como ocorrem essas diferenças (WALTERS & PARTRIDGE, 1957; FLINT, 1965; GUTIN & LIPETZ, 1971; EKHOLM et al., 1979; GILLEARD & BROWN, 1994; MORAES et al. 1995; NEGRÃO FILHO, 1995; SARTI et al., 1996).

Esta falta de concordância sobre a atividade elétrica das porções do *M. rectus abdominis* nos diferentes tipos de exercícios físicos se deve, entre outras coisas, à dificuldade de se comparar os resultados, devido aos diferentes protocolos, equipamento de registro e a técnica de processamento do sinal utilizados para análise nos diferentes experimentos.

A preocupação com o estabelecimento de normas comuns a serem seguidas para coleta, registro, análise e interpretação de sinais eletromiográficos tem sido preocupação de pesquisadores. ACIERNO et al.(1995), apresentam um guia prático para uniformização de procedimentos a serem usados em estudos eletromiográficos, desta forma, atualmente existe consenso entre os pesquisadores, sobre a utilização de instrumentação adequada para coleta, registro e tratamento do sinal eletromiográfico.

Outra questão que tem sido descrita na literatura como crucial nos estudos eletromiográficos é a necessidade da normalização da amplitude do sinal elétrico quando se pretende fazer comparações entre diferentes músculos, sujeitos e dias de medidas. TÜRKER (1993), relata que várias tentativas tem sido realizadas para se conseguir a normalização do sinal elétrico, com variados graus de sucesso. Nos estudos eletromiográficos sobre a atividade das porções do *M. rectus abdominis*, constata-se que a grande maioria dos trabalhos não fizeram uso de procedimento de normalização.

Assim, uma proposta metodológica que leve em consideração os atuais conhecimentos sobre captação, registro, processamento e procedimento de normalização da atividade eletromiográfica, pode contribuir para um melhor entendimento da participação das porções na função do músculo.

REVISÃO DA LITERATURA

REVISÃO DA LITERATURA

O *M. rectus abdominis* localiza-se na face ventral do abdome, sendo separado de seu homônimo do lado oposto pela linha alba. Apresenta uma condição estrutural única em todo sistema músculo esquelético em razão das intersecções tendíneas, subdividindo-o em três ou quatro porções (ou ventres), inervadas por ramos do sétimo ao duodécimo nervos intercostais (onde o sétimo supre a porção acima da primeira intersecção tendínea, o oitavo, a porção entre a primeira e a segunda intersecção, e o nono, a porção entre as duas intersecções inferiores), sendo denominado de poligástrico (GRAY, 1995).

Como parte de um conjunto de músculos localizados na região abdominal do tronco, participa ativamente do sistema de estabilização da coluna lombar, cuja região é alvo freqüente de problemas das mais variadas naturezas. Além das lesões traumáticas, os desequilíbrios musculares são apontados freqüentemente como causa de condições incapacitantes que afetam indivíduos de praticamente todas as faixas etárias (NORRIS, 1995).

Neste sentido, KENDALL & McCREARY (1990), entendem que o exercício constitui parte importante da medicina preventiva e que o público tem sido bombardeado por programas de aptidão que incluem exercícios que supostamente são para reforçar os músculos abdominais.

Para NORRIS (1993), os adultos iniciam exercícios com o objetivo de reduzir excesso de abdome e atletas freqüentemente sentem que um músculo abdominal forte é importante; o que torna os exercícios de fortalecimento abdominal extremamente populares para aptidão física e esportes.

Desta forma, com o objetivo de compreender melhor a sua peculiaridade estrutural e o seu papel na estabilidade estática e dinâmica do conjunto lombopélvico, o *M. rectus abdominis*, juntamente com os músculos da parede antero-lateral do abdome, tem sido alvo de constantes investigações, desde os primeiros estudos de estimulação elétrica de DUCHENNE (1949) e os trabalhos eletromiográficos realizados por FLOYD & SILVER em 1950.

No decorrer dessas últimas cinco décadas, a literatura sobre o emprego da eletromiografia como instrumento de análise do comportamento dos músculos abdominais, pode ser considerada sob dois pontos de vista: no primeiro, existiu a preocupação em estudar o comportamento elétrico do *M. rectus abdominis*, conjuntamente com os outros músculos da parede antero-lateral do abdome, nas diferentes atividades funcionais no dia a dia envolvendo o tronco; e no segundo, houve a preocupação em investigar o comportamento elétrico dos músculos abdominais, considerando especificamente as porções que compõem o *M. rectus abdominis*, durante exercícios de fortalecimento muscular.

Estudos eletromiográficos realizados nos músculos abdominais nas diferentes atividades diárias envolvendo o tronco

Os estudos iniciais de FLOYD & SILVER (1950), foram realizados com o objetivo de determinar o padrão de atividade dos músculos da parede antero-lateral do abdome em várias atividades, tais como: elevação da cabeça, durante a manobra de Valsalva, respirando normalmente, em expiração forçada, tossindo, cantando, elevando os membros inferiores, etc., em posição supina e ortostática. Com relação ao *M. rectus abdominis* os resultados mostraram que sua atividade foi predominante

durante a elevação da cabeça, que envolvia movimento de flexão do tronco. Por outro lado, o padrão observado nas atividades envolvendo movimentos respiratórios, de contenção e compressão abdominal, mostraram ação predominante dos músculos oblíquos interno e externo. Durante a elevação dos membros inferiores observou-se atividade elétrica evidente de todos os músculos, demonstrando um padrão de atividade elétrica para estabilizar a pelve.

CAMPBELL & GREEN (1953 e 1955), apresentam o resultado de alguns trabalhos eletromiográficos realizados exclusivamente para determinar a função dos músculos abdominais em relação à pressão intra-abdominal e a respiração. A participação dos músculos abdominais foi evidente somente durante a expiração forçada, sendo os músculos oblíquos e o transversos mais importantes do que o reto do abdome durante esta atividade respiratória. Durante a respiração normal os músculos permanecem inativos independente da posição do corpo, supina ou ortostática. Vigorosa contração de todos os músculos ocorre durante manobras expiratórias voluntárias tal como expulsão da reserva de ar, ventilação voluntária máxima, tossir, vomitar, principalmente quando tendência de flexão do tronco ocorre simultaneamente.

KOEPKE et al. (1955), realizaram um estudo sobre a atividade dos músculos da respiração, incluindo os músculos da parede abdominal, usando eletrodos de agulha. Seus resultados relacionados ao papel dos músculos abdominais na respiração estão de acordo com os estudos anteriores, ou seja, os músculos abdominais foram mais ativos na expiração forçada, sendo que os oblíquos foram mais ativos do que o *M. rectus abdominis*.

PARTRIDGE & WALTERS (1959), realizaram um estudo para observar o padrão de comportamento de três porções do músculo oblíquo externo, fibras médias

do oblíquo interno e *M. rectus abdominis* durante movimentos do tronco em posições ereta e supina. Observaram pouca atividade elétrica dos músculos na postura ereta, a menos que algum tipo de resistência fosse adicionada ao movimento. Exceção ocorreu para o músculo oblíquo interno que manteve atividade constante durante a postura ereta e que também apresentava mais atividade na rotação do tronco. Já, durante a posição supina observou-se grande atividade para todos os músculos abdominais nos diferentes movimentos.

SHEFFIELD (1962), propôs um estudo para avaliar a atividade dos músculos abdominais em indivíduos normais durante a marcha, em atividades posturais e movimentos do tronco, na tentativa de comparar níveis de atividade muscular e discutir a significância clínica. Nenhum dos 10 indivíduos apresentou atividade elétrica nos músculos da parede abdominal durante a marcha em superfície plana. Essas observações levaram o autor a concluir que caminhar não é exercício adequado para manter ou fortalecer os músculos da parede abdominal. Por outro lado, intensa atividade elétrica foi observada, principalmente na porção superior do *M. rectus abdominis*, em exercícios realizados para sentar com os membros inferiores flexionados a 45° e para a sustentação dos mesmos quando elevados a ± 30 cm do solo. Ao final o autor estabeleceu a hipótese de se relacionar dor lombar com a fraqueza dos músculos abdominais para os indivíduos que normalmente não os exercitam; já que, as atividades diárias como caminhar não apresentam atividades elétricas que possibilitem manter ou fortalecer os músculos da parede abdominal.

CARMAN et al. (1972), após revisão de trabalhos anteriormente realizados, concluíram que poucos estudos eletromiográficos comparativos sobre os músculos abdominais haviam sido realizados. Apontaram também que a captação da atividade elétrica empregada, usando eletrodos de superfície, estaria sujeita a alguns

problemas, tais como: a possibilidade de captação da atividade de outros músculos pelo mesmo eletrodo, a posição dos músculos poderia variar em relação ao eletrodo devido ao seu movimento relativo sob a pele, a distância entre o eletrodo e o músculo poderia variar nos diferentes indivíduos, além da diferença de resistência elétrica dos tecidos. Desta forma, realizaram estudos no intuito de confrontar com outros já realizados, empregando para isto eletrodos de agulha, os quais seriam mais seletivos na captação individual de cada músculo da parede ântero-lateral do abdome. Registros foram obtidos em 19 indivíduos normais, nos músculos reto do abdome (porção superior e inferior), oblíquo externo e oblíquo interno (porção superior e inferior), sendo que os exercícios foram semelhantes aos realizados nos estudos anteriores tanto na posição supina como na ortostática (FLOYD & SILVER, 1950; SHEFFIELD, 1962). Os resultados foram semelhantes aos anteriormente realizados e interessantes observações puderam ser consideradas especificamente no músculo oblíquo interno, em razão da técnica de captação por eletrodos de agulha, que permitiu a captação individualizada das fibras superiores e inferiores.

MACHADO DE SOUSA & FURLANI (1974), preocuparam-se com o estudo individualizado e localizado da atividade elétrica das porções do *M. rectus abdominis*. As atividades foram realizadas nas posições supina e ortostática contemplando movimentos respiratórios, atividades de compressão abdominal, movimentos de tronco e de membros inferiores. De acordo com suas observações, o *M. rectus abdominis* não atua durante a respiração normal e não é considerado essencial para a inspiração forçada. No entanto, apresenta-se ativo ao final do movimento de expiração forçada, durante o esforço para tossir e no esforço de compressão abdominal. Intensa atividade foi observada durante os movimentos de flexão de

tronco e de membros inferiores realizados na posição supina, mas mostrou-se inativo ao realizar a flexão do tronco na posição ortostática.

MAYHEW et al. (1983), ao observarem indivíduos realizando levantamento de uma das pernas, verificaram em muitos deles, que a perna contralateral pressionava a superfície na tentativa de evitar a inclinação anterior da pelve e que pouca atividade dos músculos abdominais era observado. Assim, resolveram avaliar a participação dos extensores do quadril e da musculatura abdominal durante o levantamento unilateral da perna e determinar o padrão de estabilização pélvica durante esta atividade. Os resultados indicaram que a maioria dos indivíduos usou os dois grupos musculares para estabilizar a pelve, e um significativo aumento da atividade dos abdominais foi observado quando era pedido para os indivíduos relaxarem a perna contralateral. Desta forma, concluíram que o padrão de estabilização da pelve inclui atividade da perna contralateral, juntamente com os abdominais durante o levantamento unilateral da perna; mas, este padrão pode ser alterado de forma consciente.

HEMBORG et al. (1983), realizaram estudos para observar os efeitos do treinamento dos músculos abdominais, de indivíduos saudáveis, na pressão intra-abdominal em atividades de levantamento de peso envolvendo musculaturas do tronco. Observaram que, mesmo apresentando melhoras de desempenho após o treinamento os músculos abdominais poderiam participar pobremente no aumento da pressão intra-abdominal durante atividades de levantamento de peso. Este fato levou-os a sugerir que a falta de coordenação entre a atividade dos músculos abdominais e a pressão intra-abdominal poderia ter significado no desenvolvimento de hérnias inguinais. Nos levantamentos das pernas, a situação foi diferente com atividade

máxima dos músculos abdominais quando a pressão intra-abdominal também aumentava.

POPE et al. (1986), ao realizarem estudos eletromiográficos da musculatura lombar durante o desenvolvimento de torque de rotação, observaram atividade elétrica dos músculos abdominais durante o movimento de rotação do tronco associada à manobra de Valsalva, onde o *M. rectus abdominis* se apresentou bastante ativo. Isto levou os autores a sugerir que a contração simétrica do reto abdominal direito e esquerdo forma uma base estável para permitir com mais eficiência a geração de torque axial a partir dos músculos oblíquos.

GRESSWELL & THORSTENSSON (1989), desenvolveram um estudo sobre o papel da musculatura abdominal na elevação da pressão intra-abdominal e do torque durante atividades de contração isométrica máxima de flexão e extensão do tronco em ângulos de -30° a $+60^{\circ}$ graus, além da manobra de Valsalva associada à flexão e extensão do tronco. Os resultados mostraram que o aumento da pressão intra-abdominal pode ocorrer com muito pouca participação dos músculos abdominais durante atividades isométricas em extensão. Já a participação dos músculos oblíquos do abdome, no aumento da pressão intra-abdominal, pode ocorrer com maior atividade em relação ao *M. rectus abdominis* durante atividades isométricas de flexão do tronco; e, uma participação de todos os músculos abdominais associado ao aumento da pressão intra-abdominal ocorre quando a manobra de Valsalva é realizada associada a uma tentativa de flexão do tronco, momento em que a atividade do músculo reto do abdome suplanta a atividade dos músculos oblíquos.

McGILL (1991), em estudo semelhante ao realizado por POPE et al. (1986), relacionado à atividade eletromiográfica da musculatura abdominal e lombar durante a geração de torque axial do tronco em atividade isométrica e dinâmica, concluiu que a

atividade dos músculos durante o esforço máximo de rotação do tronco é menor do que a atividade máxima próprias de cada músculo, ou seja, o resultado da geração de torque axial máximo não é resultado de ativação de um músculo específico. No conjunto, alguns músculos atuam como estabilizadores como os eretores da espinha e o reto do abdome, enquanto os oblíquos, por apresentarem maior ativação elétrica, atuam no sentido de produzir a rotação do tronco.

O resultado desse conjunto de estudos eletromiográficos apresentados anteriormente, sobre a participação dos músculos abdominais nas mais diferentes atividades funcionais do tronco, aponta no sentido de que: a) esses músculos não apresentam atividades na postura ortostática (classificado funcionalmente como músculos fásicos – NORRIS, 1993); b) de maneira geral os músculos abdominais participam em atividades relacionadas à compressão do abdome (tais como a fase expiratória final, manobra de Valsalva, tossir, defecar, etc.), durante caminhada em subida, movimentos de rotação do tronco. Entretanto, como bem concluiu MCGILL (1991), o grau de participação desses músculos é baixa quando comparada à atividade específica de cada músculo; c) uma grande atividade elétrica dos músculos abdominais pode ser observada quando ocorre qualquer tendência de aproximação entre a pelve e o tronco, quer seja lateralmente (maior participação dos músculos oblíquos) ou anteriormente (maior participação do músculo reto do abdome), como por exemplo a elevação da cabeça durante a manobra de Valsalva.

Essas observações levam a entender a descrição funcional do *M. rectus abdominis* feita por KENDALL & McCREARY (1990) e NORRIS (1993), de que o músculo atua no sentido de aproximar o tronco da pelve, através do movimento isotônico de flexão do tronco ou de inclinação posterior da pelve; e também,

apresenta ação estabilizadora do conjunto tronco-pelve através da contração isométrica, permitindo movimentos de membros inferiores.

No entanto, e apesar do senso comum sobre a atuação do *M. rectus abdominis*, vários trabalhos foram realizados com a preocupação específica de estudar sua atividade, tanto de forma isolada (analisando a atividade das porções do músculo) como de forma conjunta com os músculos oblíquos interno e externo, nos mais diferentes tipos de exercícios abdominais que são normalmente incluídos em diversos programas de atividade física.

Estudos eletromiográficos realizados no músculo *M. rectus abdominis*, oblíquo interno e externo relacionados a exercícios físicos

Dentre esses estudos, alguns se propuseram estudar exercícios abdominais prescritos em programas de reabilitação e prevenção de problemas posturais voltados principalmente para a região lombo-sacral, enquanto outros tiveram como objetivo estabelecer a efetividade de cada tipo de exercício abdominal prescritos em programas de desenvolvimento de força, resistência e hipertrofia muscular.

WALTERS & PARTRIDGE (1957), apresentam um estudo sobre a ação dos músculos abdominais em várias posições e exercícios. Foram observados e analisados 3.360 registros eletromiográficos obtidos de dois indivíduos. Todos os exercícios foram realizados a partir da posição supina, usando o enrolamento do tronco no início do movimento de sentar-se. Além do clássico movimento de sentar-se com os membros inferiores estendidos, duas variações foram realizadas: primeiro, enrolamento do tronco com os membros inferiores flexionados a 90 graus elevando a 7ª vértebra cervical a 13 cm do solo; e segundo, acrescentou-se ao anterior a rotação

do tronco para direita e para a esquerda. Num segundo grupo de exercícios, também partindo da posição supina, os membros inferiores e a pelve realizaram movimentos de flexão. Por último, o exercício de aproximação do tronco com a pelve, onde os dedos das mãos tocavam a ponta dos pés. O resultado do trabalho apresentou três conclusões a respeito do M. reto do abdome: a) a posição do indivíduo durante o movimento de sentar-se e do enrolamento do tronco interfere na atividade desse músculo - "quando a ação dos flexores da coxa é minimizada, o *M. rectus abdominis* aumenta sua atividade elétrica, portanto, usa mais força para realizar o movimento"; b) durante contração isotônica a porção superior do músculo participa mais ativamente em atividades envolvendo a parte superior do corpo, e a sua porção inferior é mais ativa em exercícios com inclinação pélvica. Quando o músculo é usado para estabilização, a porção que se encontra mais distante do peso que está sendo levantado é que apresenta mais atividade elétrica; c) o movimento de sentar-se com suas variações e o movimento de aproximar o tronco da pelve são os mais efetivos exercícios para todos os músculos abdominais.

FLINT (1965), desenvolveu um interessante estudo, no intuito de verificar qual o tipo de exercício de sentar-se que melhor desenvolve a musculatura abdominal, comparando, eletromiograficamente, os músculos *rectus abdominis* e oblíquo externo, durante a realização de 10 variações do exercício de sentar-se. Em todos os exercícios, os indivíduos iniciavam o movimento na posição supina com o tronco a 0° , elevando-o até atingir 90° , e em seguida retornando à posição supina inicial a 0° . O padrão de ação dos músculos abdominais observado demonstrou que: a) nos estágios iniciais e finais os exercícios mostram fortes potenciais de ação dos músculos; b) os picos de maior amplitude ocorreram entre 30° e 45° graus do

movimento; c) uma queda da amplitude ocorre na fase média, entre 75^o e 90^o graus. Concluiu também que, as porções superior e inferior do *M. rectus abdominis* registraram diferenças na magnitude dos potenciais de ação sob certas condições: quando os pés estavam apoiados, a magnitude dos potenciais de ação foram consideravelmente maiores para a porção inferior e, inversamente, a porção superior apresentou maior magnitude desses potenciais quando os pés não estavam apoiados. Além disso, o autor estabeleceu que o *M. rectus abdominis* é o responsável pela flexão do tronco até 45^o e o seu retorno para a posição supina inicial, e durante a fase de 60^o a 90^o, a porção inferior permanece em contração parcial na tentativa de manter o tronco estável, para que ocorra a ação dos flexores da coxa, e a porção superior relaxa durante esta fase, permitindo que a ação da gravidade sustente a parte superior do tronco.

GUTIN & LIPETZ (1971), realizaram um estudo eletromiográfico do *M. rectus abdominis*, com o objetivo de verificar a intensidade de contração muscular em 10 tipos de exercícios, escolhidos por serem relativamente extenuantes. Isto porque, eles acreditavam que para a prescrição de exercícios para o desenvolvimento de força e resistência, era desejável o conhecimento sobre a intensidade dos vários movimentos. Assim, oito indivíduos atletas, do sexo masculino foram selecionados, e a atividade elétrica das porções superior e inferior do músculo foram captadas através de eletrodos de superfície. O resultado mostrou que, realmente, existe diferença na intensidade de atividade do músculo dependendo da posição estabelecida para sua realização, e dos 10 exercícios realizados, a maior atividade muscular do reto do abdome foi observado no exercício de flexão dos membros inferiores em direção ao tronco com o indivíduo suspenso no espaldar. Apesar dos autores não terem feito

nenhum estudo comparativo entre as duas porções do *M. rectus abdominis*, ficou evidenciado uma maior atividade da porção superior em todos os exercícios realizados, independente da posição estabelecida para cada um deles.

GODFREY et al. (1977), relataram que os estudos eletromiográficos tinham falhado para indicarem, com clareza, o valor das variações dos exercícios de sentar-se, em aumentar a atividade do músculo abdominal enquanto diminuía a atividade flexora da coxa; e que, uma variável que não tinha sido considerada nos trabalhos anteriores, era a velocidade de execução dos movimentos que pode ser um fator crítico quando se pretende comparar atividade elétrica dos músculos. Em razão disto, desenvolveram um estudo eletromiográfico onde os músculos abdominais de 17 indivíduos foram analisados em 8 variações do exercício de sentar-se; onde o movimento de elevação do tronco enrolado e estendido foi executado de forma lenta e rápida, com os pés apoiados e sem apoio. O resultado deste estudo indicou que os exercícios realizados de forma rápida resultam em maior atividade muscular, e que o *M. rectus abdominis* tem maior atividade durante a realização do movimento concêntrico de flexão do tronco, com os membros inferiores flexionados, sem apoio nos pés, momento em que os flexores da coxa estão menos ativos.

HALPERN & BLECK (1979), preocupados com as freqüentes indicações de exercícios abdominais para o fortalecimento muscular no tratamento de indivíduos com dor lombar, estudaram os tipos de exercício de sentar-se mais indicados. O objetivo era identificar qual dos exercícios proporcionaria maior atividade dos músculos *rectus abdominis* e oblíquos, e ao mesmo tempo provocaria menor grau de flexão da coluna lombar. Simultaneamente ao registro eletromiográfico, foram realizadas radiografias da coluna lombar, de forma a permitir uma correlação entre a atividade elétrica dos músculos abdominais e o ângulo de flexão. Os autores

observaram que o movimento de flexão do tronco até a elevação do ângulo inferior da escápula, proporcionou maior atividade dos músculos abdominais com o menor grau de flexão da coluna lombar; e concluíram para ativar adequadamente os músculos abdominais, não é necessário o movimento de sentar-se com flexão total da coluna lombar.

EKHOLM et al. (1979), considerando a importância do fortalecimento dos músculos abdominais para algumas situações da vida diária desenvolveram um trabalho com o propósito de investigar a efetividade de alguns exercícios empregados para o treinamento de força dos músculos abdominais em indivíduos com problemas de dor lombar. O grau de atividade das partes superior e inferior do *M. rectus abdominis*, durante variações do exercício de sentar-se, estava entre as questões a serem respondidas. Diferença significativa entre as porções superior e inferior do *M. rectus abdominis* foi observada somente durante o movimento de elevação do tronco na posição supina, estando posicionado para o início do exercício com o tronco abaixo da linha horizontal (30°) e os membros inferiores flexionados (90°). Desta forma, a pelve não se encontrava fixada pelos membros inferiores, e a porção superior do músculo apresentou maior atividade do que a porção inferior.

GUIMARÃES & CRESCENTE (1984), realizaram um estudo piloto sobre a atividade elétrica dos músculos *rectus abdominis* (porções superior e inferior) e reto da coxa em 11 tipos diferentes de exercícios abdominais. Os sinais eletromiográficos foram analisados, utilizando-se como parâmetro de avaliação a amplitude do sinal registrado. Com relação ao *M. rectus abdominis*, os resultados sugeriram que em 3 dos 5 casos estudados, o exercício de flexão simultânea do tronco e dos membros inferiores apresentaram maior atividade nas duas porções do músculo. Os outros resultados não apresentaram consistência, sugerindo, de acordo com os autores, que

diferentes indivíduos podem executar um mesmo exercício com diferente predominância dos músculos envolvidos.

BANKOFF & FURLANI (1984), estudaram a atividade dos músculos *rectus abdominis* (porção superior e inferior) e obliquo externo (porção anterior e posterior) nas posições supina, ortostática e sentada em vários movimentos de flexão do tronco e dos membros inferiores. Mesmo não tendo a preocupação de apresentar uma discussão voltada especificamente para as duas porções do *M. rectus abdominis*, eles observaram que a parte inferior do músculo esteve mais presente durante o exercício de elevação homolateral da perna. Em 1987 FURLANI & BANKOFF, ampliando seus estudos sobre a atividade elétrica dos músculos *rectus abdominis* e obliquo externo, realizaram um estudo eletromiográfico com objetivo de verificar o exercício mais eficiente para o fortalecimento da parede ântero-lateral do abdome. As três posições estabelecidas para os vários movimentos foram o decúbito lateral, sentado e a posição de joelhos. Os movimentos de elevação e abaixamento do tronco realizados na posição de decúbito lateral, com apoio nos membros inferiores, foram considerados como excelentes exercícios para região ântero-lateral do abdome, e observaram, também, que a porção superior do *M. rectus abdominis* mostrou predomínio sobre a inferior durante o exercício de elevação do tronco de zero para 45 graus.

BASMAJIAN & De LUCA (1985), apresentam no capítulo sobre os músculos da parede abdominal, uma abordagem geral envolvendo os vários aspectos funcionais do tronco. Ao abordarem, especificamente, o *M. rectus abdominis* em sua função de motor primário para os movimentos de flexão do tronco e inclinação pélvica, além da função estabilizadora da pelve, os autores se reportaram aos resultados apresentados por FLINT (1965), que observou: a) diferenças entre as porções superior e inferior em

resposta a diferentes movimentos; b) que a atividade do músculo ocorre durante a primeira metade do movimento de sentar-se; c) que o músculo é mais ativo durante o movimento concêntrico de elevação do tronco do que o movimento excêntrico de retorno à posição supina inicial. Reportou também, o resultado observado por GODFREY et al. (1977), onde o movimento executado de forma rápida é mais eficaz para produzir atividade máxima do músculo.

GUIMARÃES et al. (1991), estudaram a influência de doze diferentes exercícios abdominais nos potenciais de ação dos músculos *rectus abdominis* (porção superior e inferior) e reto da coxa, em 20 estudantes. Alegando possíveis problemas técnicos, nenhuma tentativa de comparar os resultados de diferentes regiões do músculo foi realizada, de forma que os resultados de cada porção do *M. rectus abdominis* foram apresentados separadamente. A porção superior do *M. rectus abdominis* apresentou menores potenciais de ação durante os dois movimentos de elevação dos membros inferiores, a partir da posição supina, do que os exercícios de elevação do tronco. Nenhuma diferença, estatisticamente significativa, foi observada entre os oito exercícios de elevação do tronco, apesar das diferentes formas de realização. Mesmo não apresentando diferença estatisticamente significativa, com relação aos movimentos de elevação do tronco, os dois movimentos com maiores potenciais de ação foram os exercícios de elevação dos membros inferiores em suspensão e o exercício de flexão simultânea do tronco e membros inferiores. Com relação à porção inferior os maiores potenciais de ação observados também ocorreram durante os movimentos de elevação dos membros inferiores na posição suspensa e o movimento de flexão simultânea do tronco e dos membros inferiores, só que essa diferença foi estatisticamente diferente dos dez outros exercícios, os quais não mostraram diferenças significantes entre si.

GILLEARD & BROWN (1994), desenvolveram um estudo com o objetivo de verificar a correlação da atividade elétrica dos músculos abdominais com a capacidade do indivíduo de manter a pressão da coluna lombar sobre uma superfície, durante o movimento de abaixamento dos membros inferiores. Dentre os valores obtidos para as porções do *M. rectus abdominis*, pode-se observar um grau de ativação maior para a porção inferior do músculo quando comparado com a porção superior.

MORAES et al. (1995), analisaram eletromiograficamente os músculos *rectus abdominis* e oblíquo externo do abdome de crianças praticantes de ginástica artística e ginástica rítmica desportiva, durante exercícios abdominais no solo e em prancha inclinada. Seus resultados demonstraram que potenciais de ação foram mais intensos para os dois músculos em angulações de 45° a 60° de flexão do tronco, e que a porção superior do *M. rectus abdominis* apresentou maior atividade elétrica do que a porção inferior.

SHIRADO et al. (1995), preocupados com o uso de exercícios para o tratamento de indivíduos com dor lombar crônica, desenvolveram um estudo para compreender o papel do alinhamento da cabeça e da pelve durante exercícios isométricos de flexão e extensão do tronco. Eles observaram que a flexão da coluna cervical somado à inclinação posterior da pelve por ação dos glúteos, resultaram não só numa melhor retificação da coluna lombar como também numa melhor ativação elétrica dos músculos abdominais e dorsais do tronco; tanto para o exercício isométrico de flexão como para o de extensão do tronco. Outro dado interessante foi a observação de uma maior atividade eletromiográfica do músculo oblíquo externo em relação ao *M. rectus abdominis* durante o exercício isométrico de flexão do tronco.

NEGRÃO FILHO (1995), estudou o comportamento elétrico de três porções do *M. rectus abdominis* de 10 indivíduos jovens atletas durante exercícios isotônicos e

isométricos de flexão do tronco e inclinação posterior da pelve. Seus resultados sugerem que para a grande maioria dos indivíduos estudados, as atividades funcionais do reto do abdome são realizadas com diferenças de atividade elétrica entre suas porções, apresentando uma tendência da porção superior em apresentar maior atividade elétrica do que as porções média e inferior. Constatou também, a ausência de um padrão de comportamento comum entre as três porções do músculo, dos indivíduos testados.

SARTI et al. (1996), realizaram estudos no sentido de comprovar o pressuposto teórico de que os exercícios de enrolamento do tronco e o de sentar são praticados para fortalecimento da porção superior do *M. rectus abdominis*; e que os exercícios de levantamento bilateral das pernas e o de inclinação posterior da pelve fortalecem a porção inferior do músculo. Neste estudo, indivíduos apresentando quatro porções do músculo foram escolhidos, de forma que as duas porções próximas ao apêndice xifóide foram consideradas como superiores, e as outras duas mais próximas da sínfise púbica foram consideradas inferiores. Seus resultados demonstraram que durante o exercício de enrolamento do tronco as porções superiores de todos os indivíduos foram mais ativas eletricamente do que as porções inferiores; já para o exercício de inclinação posterior da pelve, a atividade elétrica das porções inferiores foram mais ativadas do que as porções superiores somente para os indivíduos do grupo que conseguiram realizar corretamente o exercício. Concluíram que a qualidade de execução do exercício é determinante quando se pretende aumentar a atividade elétrica de qualquer uma das porções do *M. rectus abdominis*.

Neste conjunto de referências sobre os estudos eletromiográficos dos músculos abdominais durante exercícios físicos pode-se observar que os autores tiveram duas preocupações: a) uma no sentido de estudarem qual exercício seria

mais eficiente em ativar os músculos abdominais; b) a outra de observarem especificamente a atividade das porções do *M. rectus abdominis* durante exercícios físicos.

Com relação à primeira preocupação, aqueles autores que se propuseram a analisar exercícios abdominais prescritos em programas de reabilitação e prevenção de problemas posturais voltados principalmente para a região lombo-sacral (HALPERN & BLECK, 1979; EKHOLM et al., 1979; GILLEARD & BROWN, 1994; SHIRADO et al., 1995), demonstraram que o exercício abdominal realizado na posição supina com os membros inferiores flexionados, enrolando-se o tronco e coluna cervical (até a elevação da parte inferior das escápulas) juntamente com a inclinação posterior da pelve (com a contração dos glúteos) é o exercício que além de proporcionar maior atividade elétrica dos músculos não produzem aumento da lordose lombar, evitando danos às raízes nervosas da região lombar.

Já, os autores que tiveram como objetivo estabelecer a efetividade de cada tipo de exercício abdominal prescrito em programas de desenvolvimento de força, resistência e hipertrofia muscular (WALTERS & PARTRIDGE, 1957; FLINT, 1965; GUTIN & LIPETZ, 1971; GODFREY et al. 1977; GUIMARÃES & CRESCENTE, 1984; BANKOFF & FURLANI, 1984; FURLANI & BANKOFF, 1987; GUIMARÃES et al., 1991; MORAES et al., 1995; SARTI et al., 1996), demonstraram que: a participação dos músculos oblíquos interno e externo é mais intensa nos exercícios de rotação do tronco e que o *M. rectus abdominis* atua de forma mais eficaz durante a aproximação do tronco com a pelve; o exercício isotônico é mais eficiente em aumentar a atividade elétrica do músculo do que o isométrico, e que, quanto menor a participação dos flexores da coxa, maior atividade dos músculos abdominais; observaram ainda que

quanto maior a carga e quanto mais velocidade for imposta para a execução do exercício, maior será a atividade do músculo.

Estudos relacionados com a atividade específica do *M. rectus abdominis* e suas porções

Provavelmente, DUCHENNE (1949), foi quem primeiro se pronunciou a respeito das porções que compõem o músculo. Após estudos usando estimulação elétrica neuromuscular, estabeleceu que os vários segmentos do músculo reto do abdome poderiam se contrair individualmente. Contrapondo-se à proposição de DUCHENNE, VAZ et al. (1991) afirmaram que até a revisão de seu trabalho, nenhum autor havia mencionado ter verificado atividade elétrica em uma das porções e ausência em outra, quando da realização de exercícios abdominais; o que também pode ser confirmado na presente revisão de literatura.

MACHADO DE SOUSA & FURLANI (1974), relataram que as porções superior e inferior do *M. rectus abdominis* participam por inteiro, com intensidade progressiva durante o movimento do tronco.

A grande maioria dos trabalhos demonstrou diferenças de atividade elétrica entre as diferentes porções; entretanto, não existe concordância entre os autores sobre onde e como ocorrem essas diferenças. GUTIN & LIPETZ (1971), EKHOLM et al. (1979), MORAES et al. (1995), NEGRÃO FILHO (1995), observaram uma tendência da porção superior em apresentar maior atividade elétrica para todos os exercícios. GILLEARD & BROWN (1994), verificaram maior atividade da porção inferior durante o teste de abaixamento dos membros inferiores. Para WALTERS & PARTRIDGE (1957), no exercício de sentar com os pés apoiados a porção superior apresenta maior atividade; já, para FLINT (1965), sempre que os pés estiverem apoiados

durante a flexão do tronco, a porção inferior apresentará maior atividade. SARTI et al. (1996), concluíram que a porção superior é mais ativa durante o enrolamento do tronco, e que a porção inferior pode ser mais ativa durante a inclinação posterior da pelve.

Esta falta de concordância sobre a atividade elétrica das porções do *M. rectus abdominis* nos diferentes tipos de exercícios físicos se deve, entre outras coisas, à dificuldade de se comparar os resultados, devido aos diferentes protocolos, equipamento de registro e a técnica de processamento do sinal utilizados para análise nos diferentes experimentos.

Normatização de procedimentos para estudos eletromiográficos

A preocupação com o estabelecimento de normas comuns a serem seguidas para coleta, registro, análise e interpretação de sinais eletromiográficos tem sido preocupação de pesquisadores como BASMAJIAN & DeLUCA (1985), WINTER (1990), TÜRKER (1993), e, mais recentemente ACIERNO et al. (1995) apresentam um guia prático para uniformização de procedimentos a serem usados em estudos eletromiográficos. Desta forma, frente aos conhecimentos atuais pode-se observar, um consenso entre os pesquisadores, sobre a utilização de instrumentação adequada para coleta, registro e tratamento do sinal eletromiográfico.

Outra questão que tem sido descrita na literatura como crucial nos estudos eletromiográficos é a necessidade da normalização da amplitude do sinal elétrico, quando se pretende fazer comparações entre diferentes músculos, voluntários e dias de medidas. Isto decorre da grande variabilidade observada pelos pesquisadores

quando da análise dos traçados eletromiográficos obtidos tanto para diferentes indivíduos como para diferentes músculos.

CAVANAGH (1974), já mostrava-se preocupado com o uso da eletromiografia em estudos biomecânicos, demonstrando a dificuldade de se comparar a amplitude do sinal entre o músculo bíceps do braço esquerdo e direito durante contração isométrica, realizado em condições experimentais semelhantes.

Segundo MATHIASSEN et al. (1995), a amplitude do traçado eletromiográfico utilizando-se eletrodos de superfície é altamente sensível a fatores relacionados à configuração dos eletrodos, tais como a impedância eletrodo/pele, localização exata dos eletrodos e o espaçamento entre eles. Além disso, o eletromiograma de um músculo específico é influenciado por condições que diferem sistematicamente entre indivíduos, tais como a composição das fibras e a propriedade de filtro do tecido. Desta forma, comparações entre músculos requerem procedimentos de normalização que possam ser expressos em termos de um sinal obtido em condições padronizadas e reprodutíveis.

“Genericamente, normalizar um sinal significa uma tentativa de minimizar as diferenças entre indivíduos” (ERVILHA et al., 1998).

TÜRKER (1993), relata que várias tentativas tem sido realizadas para se conseguir a normalização do sinal elétrico, com variados graus de sucesso.

YANG & WINTER (1984), desenvolveram um estudo para determinar os efeitos de quatro diferentes métodos de normalização da amplitude do sinal eletromiográfico para análise da marcha. Os métodos foram os seguintes: 50% da contração isométrica voluntária máxima, eletromiograma por unidade de força isométrica, pico da atividade elétrica e a média da atividade. Usando o coeficiente de variação como método de verificação da variabilidade, eles observaram que a

normalização pelo pico ou pela média da atividade reduziram drasticamente a variabilidade inter-sujeitos. ERVILHA et al. (1998), em estudo semelhante, encontraram resultados que estão de acordo com os observados por YANG & WINTER (1984).

Por outro lado, KNUTSON et al. (1994), realizaram estudos do músculo gastrocnêmio, em atividade cíclica do tornozelo, com o objetivo de determinar o melhor procedimento de normalização, dentre os métodos mais comumente empregados nos estudos eletromiográficos, e que são os seguintes: contração isométrica voluntária máxima, o pico da atividade dinâmica e a média da atividade dinâmica. Os resultados apontaram a contração isométrica voluntária máxima como o procedimento padrão a ser usado para indivíduos adultos normais e com alteração ortopédica.

MATHIASSEN et al. (1995), num extenso artigo de revisão sobre o uso de procedimentos de normalização da amplitude do sinal eletromiográfico da porção superior do músculo trapézio em estudos ergonômicos, conclui que existe falta de consenso sobre o melhor procedimento. Apontam também que, freqüentemente, os relatos tem sido insuficientes sobre o procedimento de normalização empregado, o que tem dificultado a análise comparativa entre os diferentes estudos.

Nos estudos eletromiográficos sobre a atividade das porções do *M. rectus abdominis* constata-se que a grande maioria dos trabalhos revisados não fizeram uso de procedimento de normalização. VAZ et al. (1991), com base no artigo de CAVANAGH (1974), chegaram a sugerir que não se deve comparar a atividade elétrica da porção superior com a porção inferior do músculo reto do abdome de um mesmo exercício. Dentre todos os trabalhos, somente EKHOLM et al. (1979) e

GILLEARD & BROWN (1994), preocuparam-se com a normalização da amplitude do sinal.

Portanto, considerando que a falta de concordância entre os autores pesquisados, sobre a atividade elétrica das porções do M. reto do abdome durante exercícios físicos, pode estar relacionada à dificuldade de se comparar os resultados, devido aos diferentes protocolos, equipamento de captação e registro e principalmente a técnica de processamento e análise do sinal; entende-se que uma proposta que leve em consideração os atuais conhecimentos sobre a abordagem metodológica da atividade eletromiográfica, pode contribuir para um melhor entendimento da participação das porções na função do músculo.



PROPOSIÇÃO

PROPOSIÇÃO

Pretendeu-se neste estudo investigar o comportamento do *M. rectus abdominis* através das análises quantitativa e qualitativa dos sinais eletromiográficos obtidos de suas porções superior, média (supra-umbilicais) e inferior (infra-umbilical) durante o ciclo de atividade dinâmica, no exercício isotônico de flexão e extensão do tronco e da atividade estática no exercício isométrico de flexão do tronco ereto em diferentes ângulos.

MATERIAL E MÉTODOS

MATERIAL E MÉTODOS

Participaram deste estudo dez (10) voluntários jovens, saudáveis, do sexo masculino, com idade variando de 16 a 21 anos (média = 17.8, desvio padrão = 1.62, quadro 1), atletas da equipe de atletismo de Presidente Prudente. Os voluntários selecionados eram treinados, apresentando condicionamento físico de competição (nível nacional de competitividade), de forma que a musculatura da parede abdominal apresentava-se visualmente bem definida e delineada anatomicamente. A condição física dos indivíduos selecionados foi considerada no sentido de facilitar a localização das porções do músculo e garantir a adequada colocação dos eletrodos de captação, além de evitar a possibilidade da ocorrência de fadiga muscular durante os exercícios previstos.

Voluntários	Idade (anos)	Peso (kg)	Altura (m)
1	21	71	1.80
2	16	61	1.76
3	18	59	1.68
4	16	63	1.70
5	19	79	1.87
6	19	75	1.80
7	18	75	1.87
8	17	72	1.82
9	18	66	1.73
10	16	64	1.76
Média	17.8	68.5	1.78
Desvio Padrão	1.6	6.8	0.06

Quadro 1 – Perfil antropométrico básico dos voluntários (n = 10)

O músculo objeto de estudo foi o *M. rectus abdominis* direito e esquerdo, sendo obtido registro da atividade elétrica das porções superior, média (supra-umbilicais) e inferior (infra-umbilical), durante contração voluntária em atividade dinâmica (exercício isotônico) e estática (exercício isométrico) do tronco com a pelve fixa.

Para captação dos sinais elétricos foram utilizados seis eletrodos bipolares ativos de superfície (marca Delsys¹) (Figura 1), constituídos de duas barras de prata pura de 10mm de comprimento por 1mm de largura cada, posicionadas paralelamente e separadas entre si em 10mm, sendo encapsuladas num molde retangular de poliuretano (20mm de largura, 33mm comprimento e cinco de espessura).

Os eletrodos apresentam junto ao encapsulamento, um circuito pré-amplificador com ganho de 10 ($\pm 10\%$), CMRR (“common mode rejection ratio”) > 80dB, impedância de $10^{12} \Omega // 5pF$, corrente de polarização de entrada de $30 \times 10^{-12}A$ e taxa de ruído do sinal < $5\mu V$ pp. Os eletrodos foram conectados através de cabo coaxial de 1 m de comprimento, composto de quatro fios (sendo 1 fio para sinal de saída, 2 para alimentação e 1 fio terra).

Após a pré-amplificação nos eletrodos, os sinais eletromiográficos foram enviados para o módulo condicionador de sinais, modelo MCS 1000 – V2, da Lynx (Figura 2), com 16 canais de entrada e que foram configurados para receber sinais eletromiográficos, sinais de chave liga/desliga e sinais provenientes de célula de carga.

¹ Delsys Inc. P.º Box 81-138, Wellesley., MA 02181, USA, Fax (617) 237-2859



Figura 1 – Eletrodo bipolar ativo de superfície para captação de sinal eletromiográfico (Delsys).

Para os sinais eletromiográficos, os canais foram calibrados para um ganho final de 1000, com frequência de corte de 20 Hz no filtro passa alta e 500 Hz no filtro passa baixa (ACIERNO, 1995), realizada através de filtro analógico, tipo "Butterworth" de dois polos. Para os sinais provenientes da célula de carga e da chave liga/desliga dois canais foram calibrados para receber até 2V e 5V, respectivamente, além de uma frequência de 20 Hz passa baixa para os dois canais.

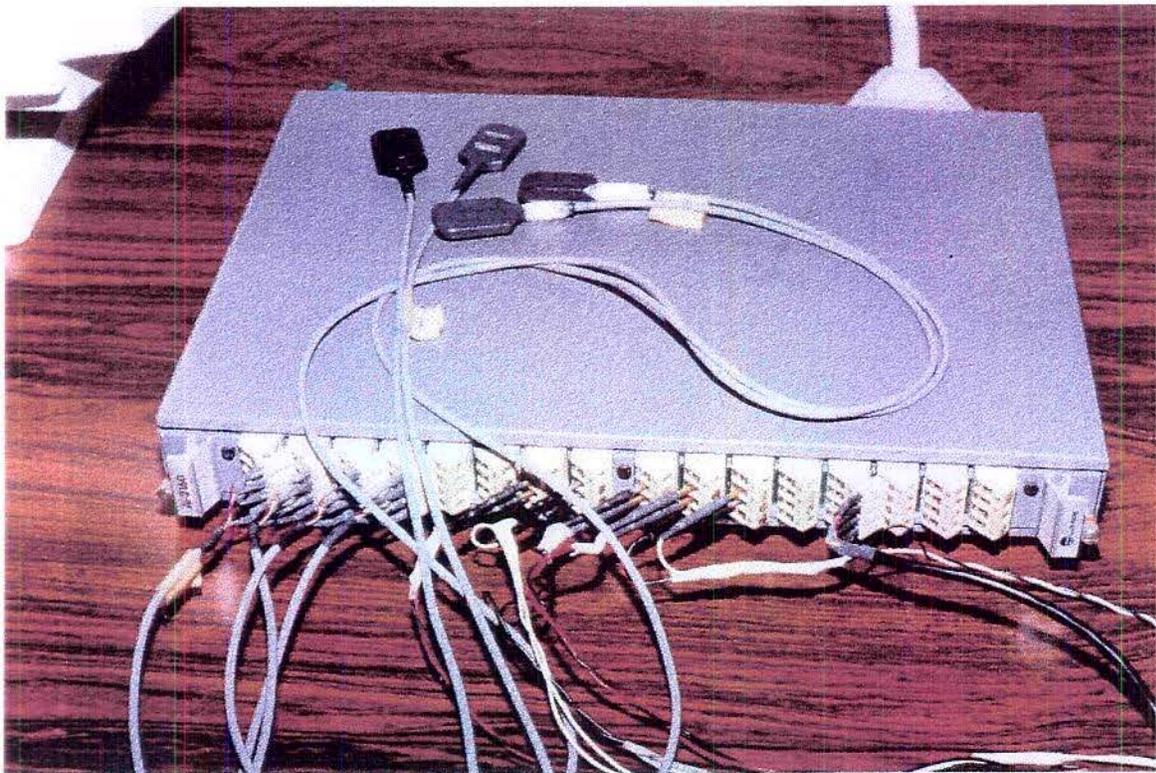


Figura 2 – Módulo condicionador de sinais analógicos, modelo MCS 1000 – V2, marca Lynx².

Todos os sinais analógicos foram amplificados e preparados para serem digitalizados através de uma placa de conversão de sinal analógico para digital (A/D) modelo CAD 12/36 da Lynx², de 12 bites de resolução, com 16 entradas analógicas, suporte DMA (Directy Memory Acess), permitindo a velocidade máxima de coleta de sinais independentemente da unidade central de processamento do microcomputador.

Para a aquisição e armazenamento em arquivos de dados dos sinais digitalizados foi utilizado o software Aqdados, também da Lynx², versão 4 para MS – DOS, que permite aquisição de até 32 canais analógicos, com frequência de amostragem e duração de ensaio programável, apresentação de até 8 canais simultaneamente na tela durante aquisição; e que permite tratamento dos dados após

² - Lynx Tecnologia Eletrônica Ltda. Rua Sales Junior, 476, Alto da Lapa - 05083-70, São Paulo - Brasil

aquisição e compatibilidade para formatos mais universais.

A captação das atividades elétricas das três porções (superior, média e inferior) do *M. rectus abdominis* direito e esquerdo foram realizadas de forma simultânea, tanto para a atividade dinâmica como a estática.

A atividade dinâmica foi realizada através do exercício isotônico de flexão (enrolamento) e extensão (desenrolamento) do tronco, a partir da posição supina, de forma que, o ciclo de atividade consistiu da contração concêntrica dos músculos abdominais movimentando a cabeça e parte superior do tronco em direção à pelve, seguido da contração excêntrica permitindo o retorno à posição inicial. Para a realização dessa atividade foi utilizado o aparelho de exercícios abdominais da marca Reniar¹ (Figura 3), construído em tubo de ferro, cuja disposição permite o apoio dos braços e um descanso para a cabeça, servindo para orientar o exercício dos músculos abdominais.

Neste aparelho foi acoplado um dispositivo composto de duas chaves liga/desliga, alimentada por uma pilha de 1.5 V, com a função de controlar o ciclo da atividade dinâmica, ou seja, o início e final do exercício isotônico de flexão e extensão do tronco. As chaves foram dispostas em linha, em um dos lados do tubo de ferro do aparelho, de forma que o acionamento da primeira chave emitia um sinal correspondente ao início da atividade de enrolamento do tronco (flexão). Já o acionamento da segunda chave sinalizava o final da contração concêntrica e o início do desenrolamento do tronco (extensão), e, cuja contração excêntrica teria seu final no momento do novo acionamento da primeira chave(1), finalizando o ciclo da atividade dinâmica de flexão e extensão do tronco.

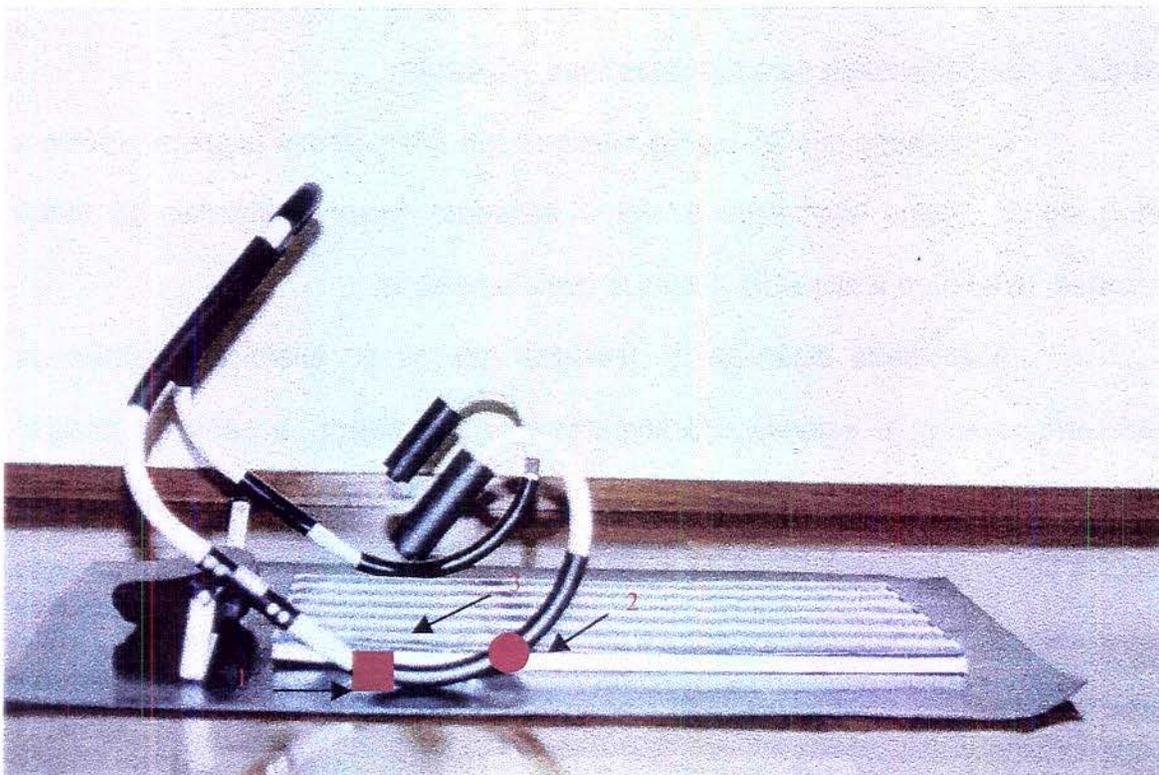


Figura 3 – Aparelho de exercício abdominal, marca Reniar, usado no exercício isotônico de flexão e extensão do tronco, e a chave liga/desliga fixada ao aparelho para sinalizar o ciclo de atividade (chave 1 = início do ciclo, chave 2 = final da contração concêntrica, 3 = circuito amplificador + pilha 1.5 V).

Os sinais emitidos pelas chaves liga/desliga foram conduzidos até o condicionador de sinal, simultaneamente aos sinais eletromiográficos.

A atividade estática foi realizada através do exercício isométrico de flexão do tronco ereto em diferentes ângulos (0, 15, 30, 45 e 60 graus), a partir da posição supina. Na realização dessa atividade utilizou-se de um banco com encosto reclinável (Figura 4) e ajustável aos diferentes ângulos pré-estabelecidos.

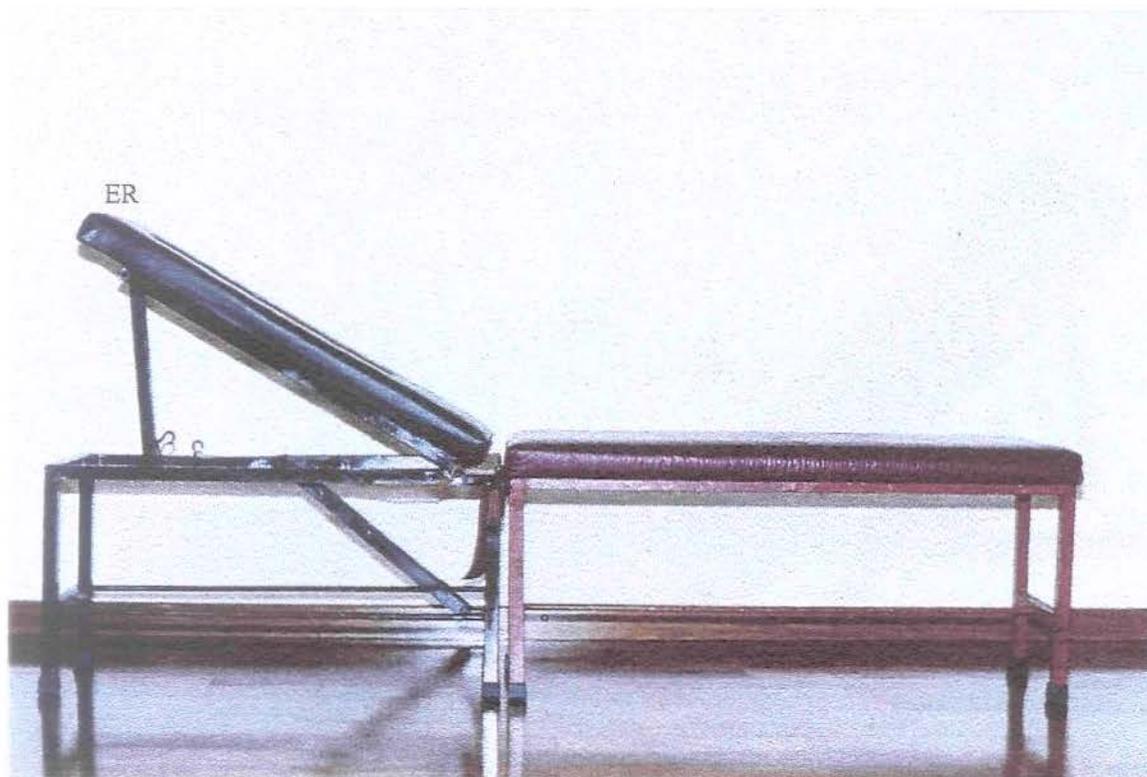


Figura 4 – Banco com encosto reclinável (ER) e ajustável para ângulos de 0, 15, 30, 45 e 60 graus, empregado para o exercício isométrico de flexão do tronco ereto.

O encosto reclinável (ER) do banco (Figura 5) foi construído com uma abertura central e um dispositivo mecânico em “L” (com dois ganchos soldados ↓↓), fixado na face posterior do encosto, que serviu para fixação da célula de carga ao encosto do banco; e ao voluntário através da abertura central do encosto.

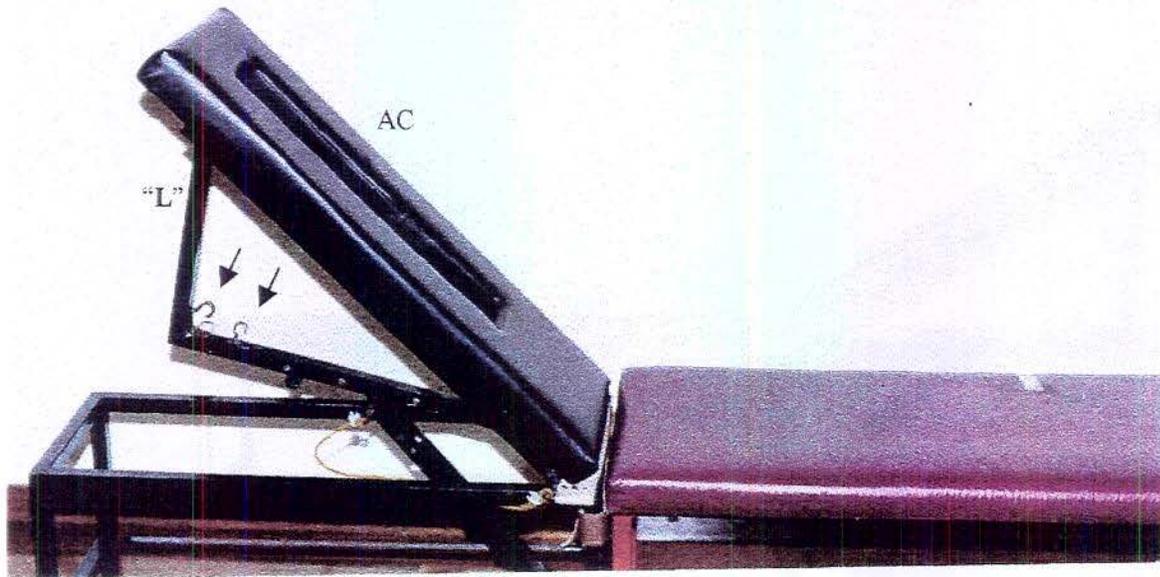


Figura 5 – Encosto do banco com abertura central(AC) e dispositivo em “L” com dois ganchos (↓↓) na face posterior, para fixação da célula de carga.

A fixação do voluntário à célula de carga, e conseqüentemente ao encosto do banco foi realizado através de uma cinta inter-escapular de nailon almofadada (Figura 6), com apoio bilateral na face anterior dos ombros e terminando no dorso em forma de “X” em uma base de couro. Nesta base de couro foi fixado um gancho centrado entre as escápulas na linha dos processos espinhosos, na altura da 4ª vértebra torácica.

Desta forma, a célula de carga foi empregada tanto para a fixação do voluntário ao encosto do banco como para a realização da medida de força desenvolvida durante o exercício isométrico de flexão do tronco nos diferentes ângulos.

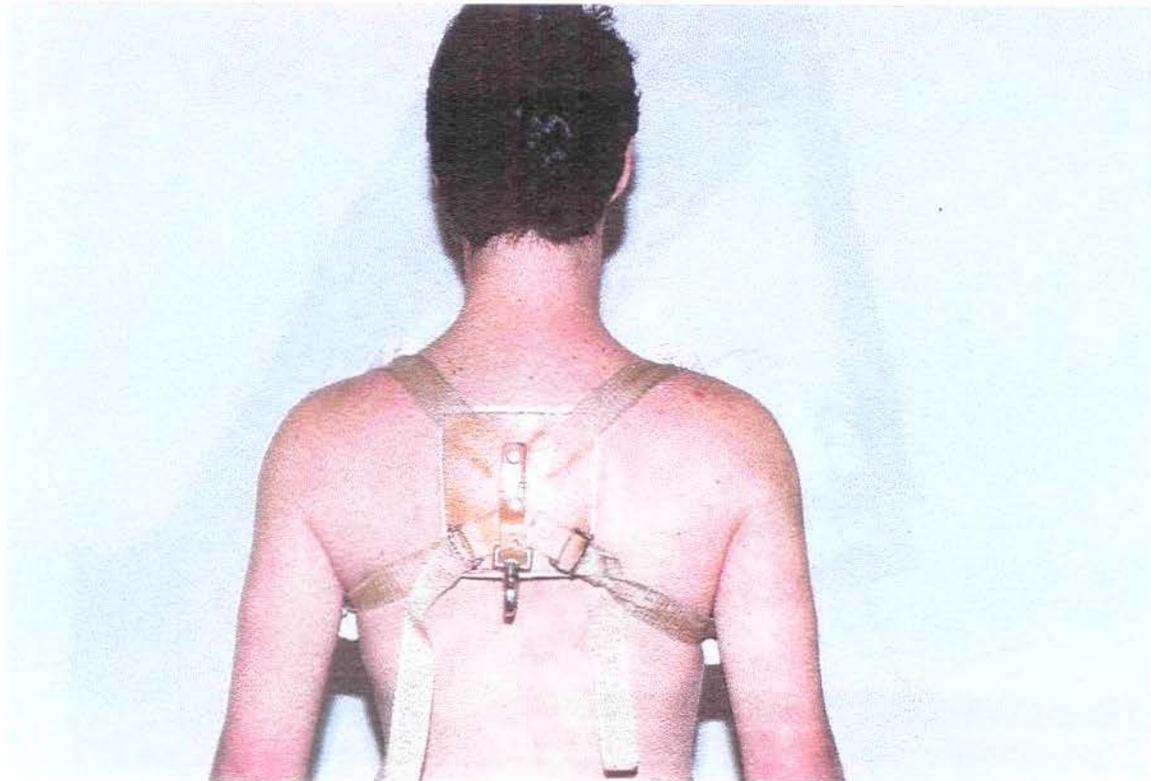


Figura 6 – Cinta inter-escapular de nylon, almofadada na região de apoio na face anterior do ombro, com um gancho fixado na base de couro posicionado entre as escápulas.

A célula de carga utilizada é do tipo universal com “strain gauge”, modelo MM da Kratos Dinamômetros (Figura 7), com capacidade nominal para até 100 Kgf, sinal de saída de 2.0 mV/V, construída em alumínio anodizado.

A fixação da célula aos ganchos foi realizada através de dois parafusos com argolas soldadas à cabeça do parafuso, cujas roscas permitiam ajustes específicos para cada voluntário.



Figura 7 – Célula de carga (CC) modelo MM, da Kratos³, fixada nos ganchos do encosto do banco e da cinta inter-escapular.

Os sinais emitidos pela célula de carga durante a tração exercida pelo exercício isométrico de flexão do tronco ereto foram conduzidos (simultaneamente aos sinais eletromiográficos) para um canal específico do condicionador de sinal, cuja calibração e amplificação permitiram leitura direta na tela do computador em quilogramas força (Kgf), servindo como “feedback” visual para os voluntários durante esse exercício.

³ Kratos Dinamômetros Ltda. Rua Dr. João Marques Maurício, n. 360, Embu, São Paulo, Brasil.

Procedimento

Antecedendo à coleta de dados foi elaborado um protocolo (anexo 1), cuja seqüência sistematizada de etapas basearam-se em estudo piloto, realizado com alguns voluntários escolhidos exclusivamente para esta fase do trabalho.

A parte inicial do protocolo de coleta de dados consistiu no preparo da sala de experimento, sendo a temperatura programada para ser mantida em 24 graus centígrados durante todo o experimento. Depois de preparado a disposição física do aparelho de orientação do exercício isotônico e do banco de encosto reclinável para o exercício isométrico, seguido da conexão dos sensores (chave liga/desliga) de controle do ciclo de atividade, da célula de carga e dos eletrodos de superfície ao módulo condicionador de sinais, passou-se à verificação do sistema de aquisição dos sinais.

A verificação do sistema de aquisição dos sinais foi realizada através do manuseio do "software" Aqdados e que seguiu a seguinte ordem: **a)** configuração dos canais de entrada, habilitando-se 8 canais, sendo 6 deles para sinais eletromiográficos (canais de 0 a 5, correspondentes às porções superior, média e inferior dos lados direito e esquerdo com amplitude de até 2000 μV), 1 canal para os sinais da célula de carga calibrados por regressão para leitura direta com amplitude de até 80 Kgf, e 1 canal para os sinais da chave liga/desliga com amplitude de até 5mV; **b)** ajuste da frequência de amostragem dos sinais estabelecida para 1000 amostragem/segundo em todos os 8 canais habilitados; **c)** escolha dos parâmetros de ensaio com tempo duração de 1 minuto e 30 segundos para coleta dos exercícios isotônicos de flexão e extensão do tronco e de 4 segundos para os exercícios

isométricos de flexão do tronco ereto, seguido da determinação do arquivo de destino no disco rígido; **d)** apresentação dos dados, que consistiu na configuração da tela de tratamento de dados estabelecida para visualização simultânea de 4 canais, sendo 3 deles configurados para sinais eletromiográficos e 1 deles configurado para os sinais da célula de carga ou da chave liga/desliga, de forma que a visualização (a ser realizada imediatamente a cada ensaio) pudesse ser realizada em dois momentos, isto porque em cada ensaio 7 canais eram acionados e o “software” Aqdados (versão 4) permite a visualização máxima de 4 canais ao mesmo tempo para uso da tela de tratamento dos dados; **e)** finalmente, executou-se um ensaio testando todos os canais habilitados, com apresentação simultânea na tela de ensaio do monitor, obtendo-se garantia de funcionamento adequado de todo o sistema de aquisição dos sinais.

O passo seguinte ao preparo da sala de experimento consistiu na preparação do indivíduo a ser testado. Esta etapa teve início com breve explanação sobre como seria realizado o experimento e então foi fornecido ao voluntário o Termo de Concordância (anexo 2), seguido do preenchimento da Ficha de Identificação (anexo 3).

Com o voluntário em traje apropriado (vestido apenas de sunga de banho) procedeu-se um treinamento no aparelho de exercício abdominal, que consistiu em posicioná-lo em decúbito dorsal, membros inferiores semi-flexionados (45 graus de flexão da articulação coxo-femural) com a planta dos pés apoiados confortavelmente ao solo (e, demarcados com fita adesiva), os braços apoiados no descanso de antebraço e as mãos fixas na alça do aparelho (figura 8).

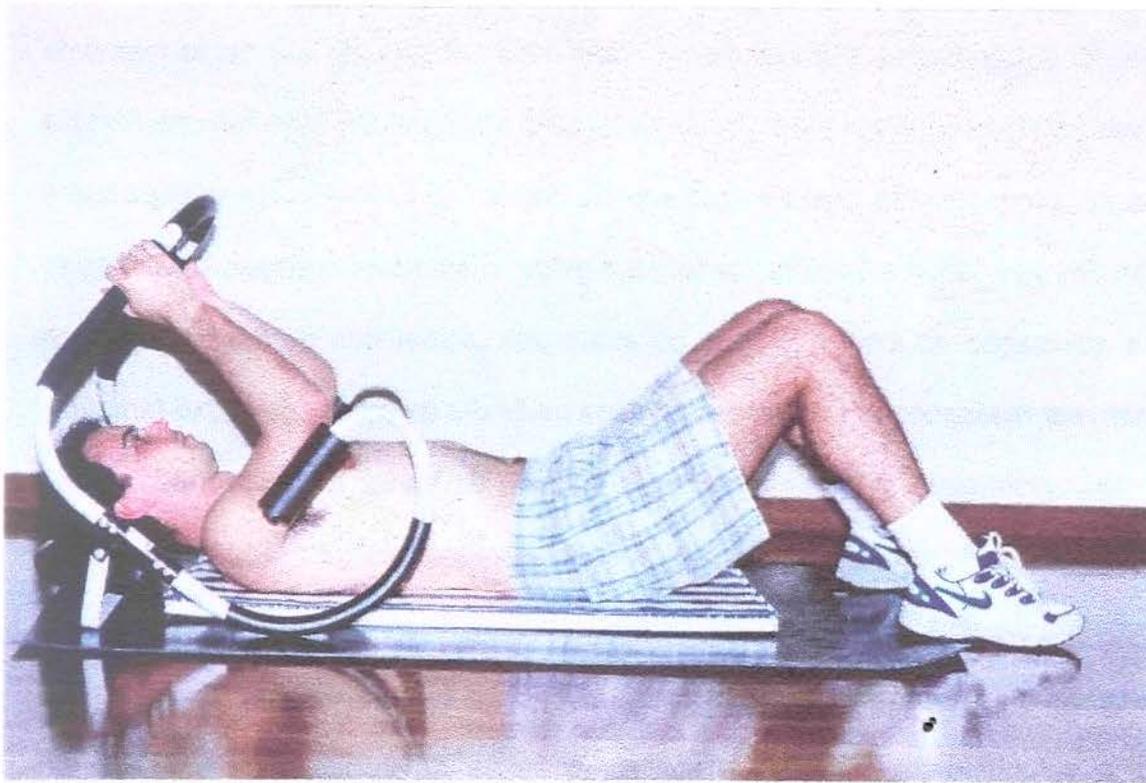


Figura 8 – Posição inicial do voluntário no aparelho de exercício abdominal.

No treinamento, o voluntário foi orientado a fletir a cabeça e o tronco, enrolando-os em direção à pelve até acionar o “click” sonoro da segunda chave liga/desliga controladora do final da contração concêntrica, e de forma continuada, retornar à posição supina inicial, acionando o “click” sonoro da primeira chave controladora do final da contração excêntrica, completando-se o ciclo de atividade dinâmica de flexão e extensão do tronco. Entre cada ciclo, uma pausa de 4 segundos foi estabelecida, sendo a velocidade e o ritmo de execução dos ciclos auto-controlados. Neste treinamento, um conjunto de ciclos foi realizado no sentido de estabelecer um ritmo constante de execução, própria de cada indivíduo.

Para o treinamento no banco de encosto reclinável, primeiro, o ângulo do encosto foi posicionado a 0 graus e com o indivíduo em posição supina os membros inferiores foram flexionados a 45 graus (tanto para a articulação coxo-femural como a do joelho), com a planta dos pés apoiada no banco. Em seguida, foi demarcada a posição dos pés com fita adesiva, de forma a evitar mudanças no ângulo estabelecido para a articulação do joelho, já que, os exercícios isométricos de flexão do tronco deveriam ser realizados em diferentes ângulos de flexão da articulação coxo-femural.

No treinamento propriamente dito, o encosto do banco foi posicionado em 45 graus, o voluntário preso ao encosto através da célula de carga fixada aos ganchos do encosto e da cinta inter-escapular, os pés apoiados no banco (posicionados na fita demarcada) e os braços cruzados à frente do tronco (Figura 9). Posicionado desta forma, o voluntário foi orientado a realizar a flexão do tronco, mantendo-o ereto durante todo o tempo de contração e a observar na tela do monitor o resultado da força exercida durante a contração, emitida pela célula de carga. Depois de algumas contrações, e já familiarizado com o “feedback” visual, foi estimulado verbalmente a realizar algumas contrações na tentativa de desenvolver a força máxima, treinando assim para o teste de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) que seria realizado posteriormente.

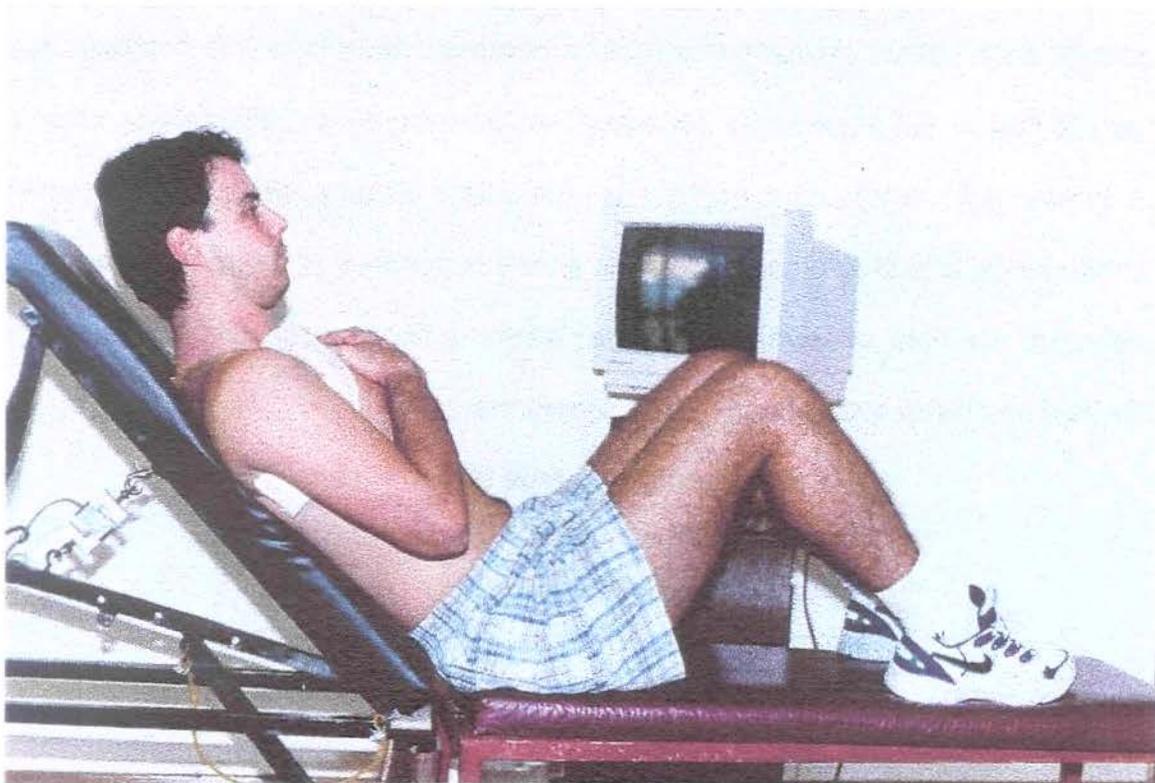


Figura 9 –Voluntário posicionado no banco de encosto reclinável para a realização do exercício isométrico de flexão do tronco ereto a 45 graus, com a tela do monitor posicionada para permitir o “feedback” visual.

Finalizado o treinamento das atividades dinâmica (exercício isotônico de flexão e extensão do tronco) e estática (exercício isométrico de flexão do tronco ereto), iniciou-se a colocação dos eletrodos de captação da atividade elétrica das porções do *M. rectus abdominis*. Com o indivíduo em decúbito dorsal foi realizada a limpeza da pele, na região de fixação dos eletrodos, a qual consistiu de tricotomia e retirada da gordura superficial da pele com algodão embebido em álcool, procedimentos estes realizados para evitar interferências e diminuir a impedância da pele.

O centro de cada uma das porções foi a localização estabelecida para fixação dos eletrodos de captação. Assim, para as porções superior e média (supra-

umbilicais), o centro foi determinado entre as intersecções tendíneas superior e inferior e as bordas medial (linha alba) e lateral de cada uma das porções. Para a porção inferior (infra-umbilical), considerou-se o centro entre a intersecção tendínea e a sínfise púbica longitudinalmente, e a linha alba e a borda lateral transversalmente. Uma vez determinado o centro de cada uma das porções os eletrodos foram fixados por meio de fitas adesivas (micropore) acompanhando o sentido longitudinal das fibras musculares, e dispostos da seguinte forma:

Porção superior esquerda (PSE) = canal 0
Porção média esquerda (PME) = canal 1
Porção inferior esquerda (PIE) = canal 2
Porção superior direita (PSD) = canal 3
Porção média direita (PMD) = canal 4
Porção inferior direita (PID) = canal 5

Conectados os cabos dos eletrodos ao condicionador de sinais, conforme descrito acima, foi realizado um ensaio com o indivíduo em repouso para confirmar a ausência de atividade elétrica do músculo e também para observar a existência de possíveis interferências, de forma que foi considerado adequado para início da coleta dos dados, quando o sinal observado, com o músculo em repouso, não ultrapassasse amplitudes de 50 μ V (para + ou -). Imediatamente após o ensaio em repouso, realizou-se outro ensaio com o músculo em atividade, com o objetivo de observar se os eletrodos estavam captando adequadamente a atividade elétrica do músculo. Encerradas as duas etapas preparatórias procedeu-se a coleta dos dados, com os voluntários realizando primeiro a atividade dinâmica e em seguida a atividade estática.

Durante a coleta de dados da atividade dinâmica os voluntários realizavam 10 repetições do exercício isotônico de flexão e extensão do tronco, mantendo um ritmo

de execução constante, a uma velocidade auto-controlada e um intervalo de 4 segundos entre cada repetição (ou ciclo). Nesta coleta estavam habilitados 7 canais, sendo 6 canais para sinais eletromiográficos e 1 canal para os sinais da chave liga/desliga (controladora de ciclo), além do tempo de duração total do ensaio de 1 minuto e 30 segundos (tempo previsto para a coleta das 10 repetições - Gráfico 1).

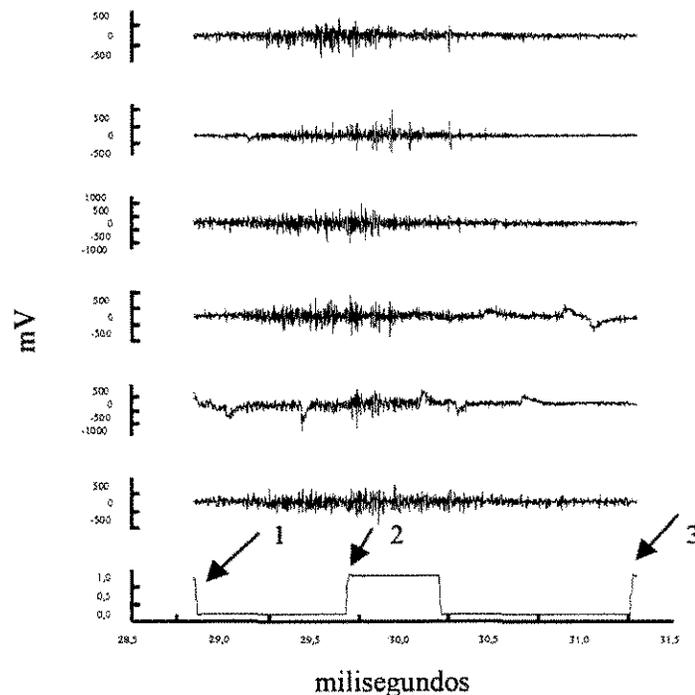


Gráfico 1 – Exemplo de registro da atividade elétrica (μV) das porções do *M. rectus abdominis* (de cima para baixo: superior, média e inferior esquerda; e superior, média e inferior direita) e dos sinais da chave liga/desliga (traçado inferior) durante o exercício isotônico de flexão e extensão do tronco. (seta 1 = início do ciclo, 2 = final da fase concêntrica, e 3 = final do ciclo).

Antecedendo à coleta dos dados da atividade estática foi realizado o teste CIVM. Este teste foi realizado com o voluntário posicionado no banco de exercícios com o encosto a 45 graus, conforme mostrado na Figura 9, tendo a tela do monitor

como "feedback" visual (dos sinais emitidos pela célula de carga). Em seguida, iniciou-se o teste de contração máxima com os pés do voluntário sendo apoiados, além de estímulo verbal de incentivo por parte do experimentador. Como 3 repetições foram realizadas, um intervalo de 1 minuto entre cada tentativa foi considerado. Durante esta coleta, 7 canais foram habilitados, sendo 6 deles para sinais eletromiográficos e 1 canal para os sinais da célula de carga (Gráfico 2).

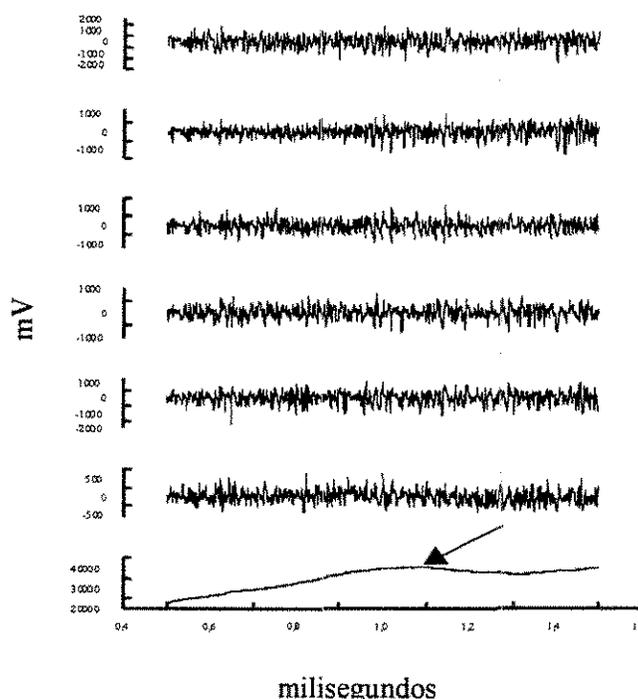


Gráfico 2 – Exemplo de registro da atividade elétrica (μV) das porções do *M. rectus abdominis* (de cima para baixo: superior, média e inferior esquerda; e superior, média e inferior direita) e dos sinais da célula de carga (Kgf) (traçado inferior) durante o teste de CIVM do exercício isométrico de flexão do tronco. (Seta indica o ponto do traçado de maior força).

Ao final de cada tentativa anotou-se, na ficha de registro de dados, o valor do pico máximo de força desenvolvida durante o teste de CIVM, sendo que o maior valor

observado foi considerado como referencial para padronizar a força muscular de cada indivíduo, a ser utilizada durante a realização dos exercícios isométricos de flexão do tronco, nos diferentes ângulos estabelecidos, sendo esta força padronizada em 50 % da CIVM para todos os indivíduos.

Além do valor de pico máximo de força obtido através da célula de carga, o valor da raiz quadrada da média (RMS) adquirido da atividade elétrica de cada uma das porções, durante o teste de CIVM, também foi anotado, pois foram consideradas para efeito da normalização dos dados eletromiográficos para os exercícios isométricos de flexão do tronco.

Durante a coleta de dados dos exercícios isométricos de flexão do tronco ereto, os voluntários foram posicionados conforme mostra a Figura 9, e realizaram 10 repetições em cada um dos cinco diferentes ângulos (0, 15, 30, 45 e 60 graus). Para cada repetição o voluntário foi orientado a manter a força de contração contínua e constante em 50 % da CIVM (obtida no teste de CIVM) durante 3 segundos (Gráfico 3), enquanto seus pés eram mantidos apoiados no banco por um ajudante. A duração do ensaio foi estabelecida para 4 segundos, de forma que, durante o primeiro segundo o voluntário aumentava sua força de contração até atingir os 50 % da CIVM, mantendo-a no tempo restante. Para orientar o indivíduo, uma marca, correspondente ao registro do sinal da célula de carga de 50 % da própria CIVM foi fixada na tela do monitor permitindo ao voluntário um referencial da força a ser desenvolvida durante o exercício.

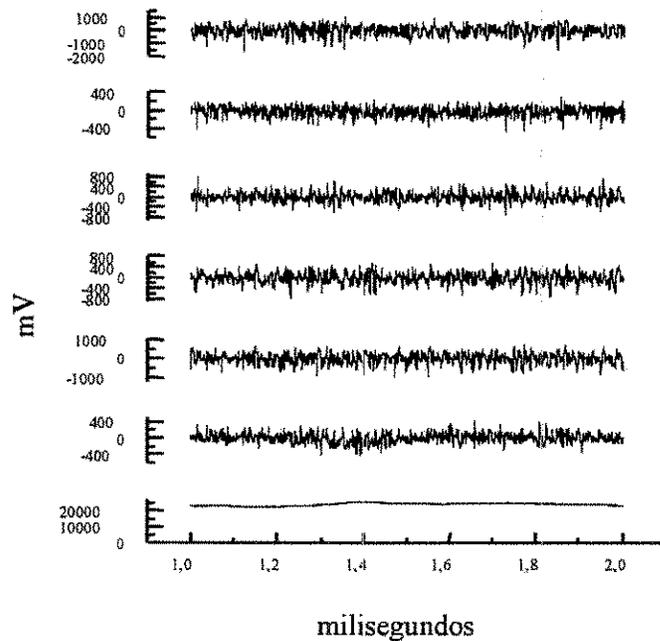


Gráfico 3 – Exemplo de registro da atividade elétrica (μV) das porções do *M. rectus abdominis* (de cima para baixo: superior, média e inferior esquerda; e superior, média e inferior direita) e dos sinais da célula de carga (Kgf) (traçado inferior) durante o exercício isométrico de flexão do tronco ereto a 50% da CIVM. (No exemplo um período de 1 segundo, dos 4 segundos registrados, foi selecionado).

Ao final de cada ensaio os sinais captados foram examinados na tela de tratamento de dados, no sentido de garantir a qualidade dos dados adquiridos. Os dados corretamente coletados foram arquivados em disco rígido para posterior manipulação e análise.

Tratamento dos dados

Ao final da coleta dos dados de cada voluntário, os traçados eletromiográficos foram submetidos a uma avaliação para seleção dos trechos a serem preparados para análise. Para a atividade dinâmica, durante os exercícios isotônicos de flexão e extensão, o trecho do traçado eletromiográfico selecionado foi estabelecido de acordo com os sinais emitidos pela chave liga/desliga (Gráfico 1). Já para a atividade estática, durante os exercícios de flexão do tronco, apenas 1 segundo do traçado eletromiográfico (dos 3 segundos coletados) foi selecionado para análise (Gráfico 3). Também foi selecionado um trecho do traçado obtido durante o teste de CIVM de 1 segundo, sendo 500 ms de cada lado do ponto de maior força muscular conseguida durante o teste (Gráfico 2 – ver seta).

Após a seleção dos trechos de todos os traçados eletromiográficos de cada voluntário terem sido realizadas, os mesmos foram submetidos a dois procedimentos distintos: a) Obtenção dos valores de RMS dos traçados referentes à atividade estática (exercícios isométricos de flexão do tronco) e do teste de CIVM para análise quantitativa, usando o “software” Aqdados; b) Processamento dos sinais dos traçados referentes à atividade dinâmica (exercícios isotônicos de flexão e extensão do tronco) para análise qualitativa usando o “software” Microcal Origin (versão 3.5).

Para o estudo quantitativo os valores de RMS obtidos dos exercícios isométricos foram submetidos ao processo de normalização, onde o maior valor de RMS das 3 tentativas realizadas para o teste de CIVM foi considerado como valor de referência (ou seja, o maior valor de RMS obtido no teste de CIVM foi considerado igual a 100% da atividade elétrica daquela porção do músculo), de forma que o valor

final da atividade elétrica de cada porção do músculo durante os exercícios isométricos de flexão do tronco foram expressos em porcentagem do valor de referência (TÜRKER, 1993). Considerando que cada indivíduo realizou 10 repetições em cada uma das cinco angulações estabelecidas, a média dos valores das 10 repetições (em porcentagem do valor de referência) foram consideradas para o estudo quantitativo (anexo – Quadro I); e que foram em seguida submetidos à análise de variância.

Para o estudo qualitativo da atividade dinâmica, todos os traçados eletromiográficos foram tratados para posterior comparação e análise, conforme preconizado por WINTER (1990). O processamento consistiu nas seguintes etapas: 1) Retificação total do sinal – também conhecido como retificação de onda completa, consiste na obtenção do valor absoluto do traçado eletromiográfico de forma que todos os sinais negativos são invertidos, passando desta forma, a possuir apenas sinais positivos; 2) Normalização da amplitude do sinal – procedimento que consiste em submeter os valores do sinal eletromiográfico retificado a um valor de referência, e que seja comum a todos os sinais, de forma a permitir comparações entre sujeitos, músculos, dias de medida, etc; e que neste caso foi empregado a média do sinal retificado da atividade dinâmica como valor de referência; 3) Envoltório linear – obtido a partir do traçado retificado, fazendo uso de um filtro (passa-baixa) digital com frequência de corte de 5 Hz (WINTER, 1990) e que resulta num envoltório que segue o contorno do sinal eletromiográfico; 4) Normalização da base de tempo – procedimento que tem como objetivo normalizar o tempo de atividade dos diferentes sinais coletados, onde o tempo do sinal é convertido em porcentagem de atividade (0 a 100%). Esta sequência de processamento do sinal pode ser observado no Gráfico 4.

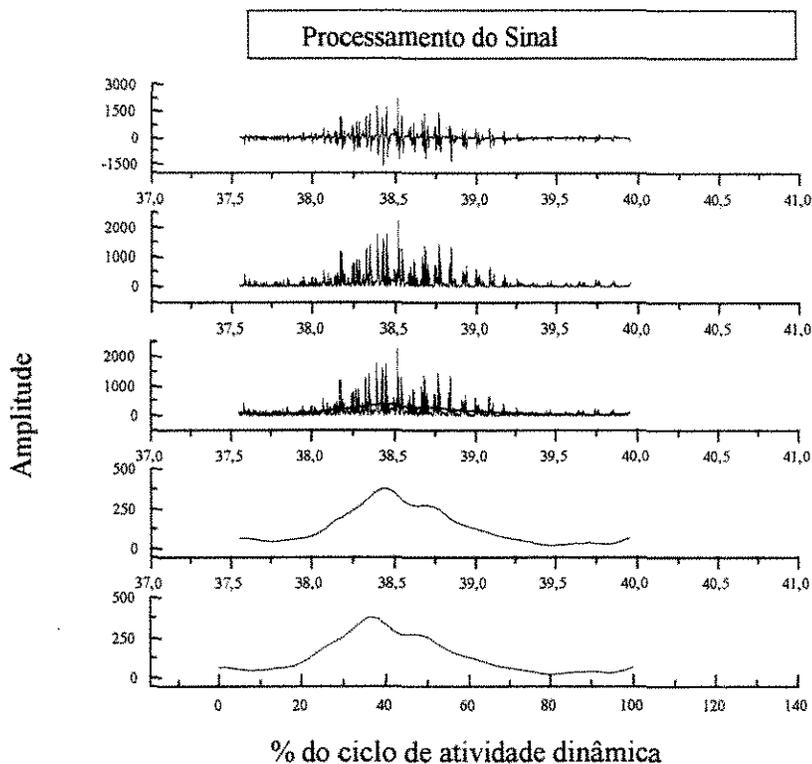


Gráfico 4 – Exemplo da seqüência do processamento do sinal: (de cima para baixo) sinal eletromiográfico puro; retificação total do sinal; envoltório linear sobre o sinal retificado; envoltório linear; e envoltório linear normalizado na base do tempo.

Após o processamento de cada traçado, como observado no gráfico 4, foi obtida a média dos 10 traçados de cada voluntário ($n=10$ repetições), de forma que o traçado obtido é representativo da atividade dinâmica (exercício isométrico de flexão e extensão) de cada voluntário da amostra. Em seguida, obteve-se a média dos traçados dos 10 voluntários, juntamente com o desvio padrão e o coeficiente de variação e que então, foram considerados para análise qualitativa da atividade de cada uma das porções do *M. rectus abdominis*.

Antes de se definir o referencial para a normalização da amplitude do sinal, foi realizado um estudo comparando os 3 fatores mais comuns de referência presentes na literatura (o valor do pico da CIVM, o valor do pico da atividade dinâmica e o valor

da média da atividade dinâmica) e o sinal não normalizado (ERVILHA et al. 1998). Neste estudo foi escolhido aleatoriamente a porção superior esquerda de um dos voluntários da amostra, sendo então, realizado o procedimento de normalização com base em cada um desses três fatores de referência, em cada uma das 10 repetições realizadas no exercício isotônico de flexão e extensão do tronco. Em seguida, para cada um dos fatores de referência, a média das 10 repetições (ou média das 10 curvas de atividade) foi obtida, juntamente com o desvio padrão e o coeficiente de variação. Finalmente, a referência para normalização da amplitude do sinal escolhida foi aquela que apresentou o menor coeficiente de variação (intra-sujeito), ou seja, a média da atividade dinâmica. Os resultados desse estudo podem ser observados nos gráficos 5 e 6.

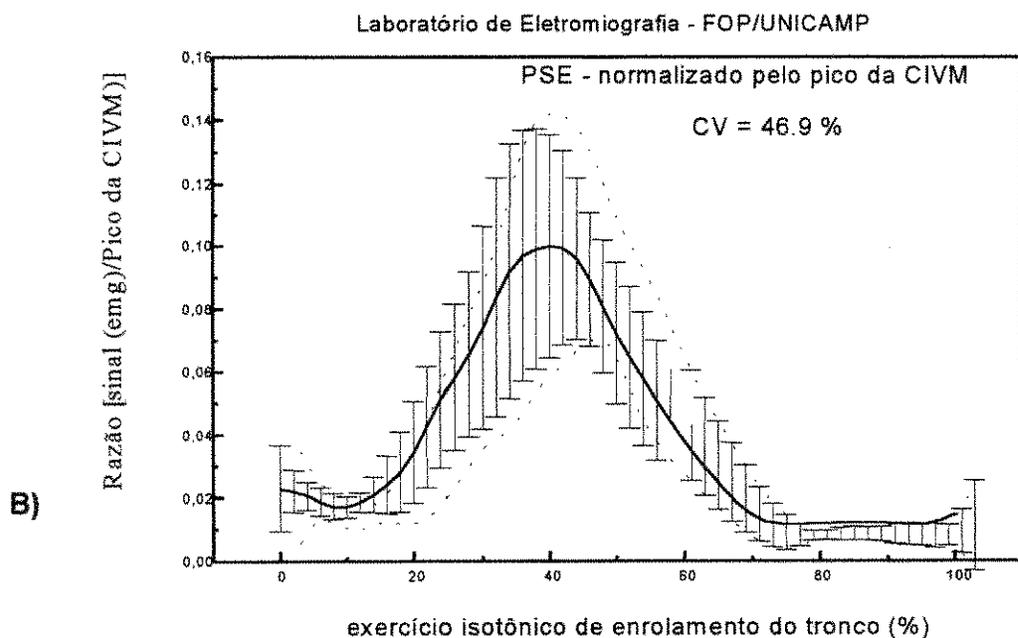
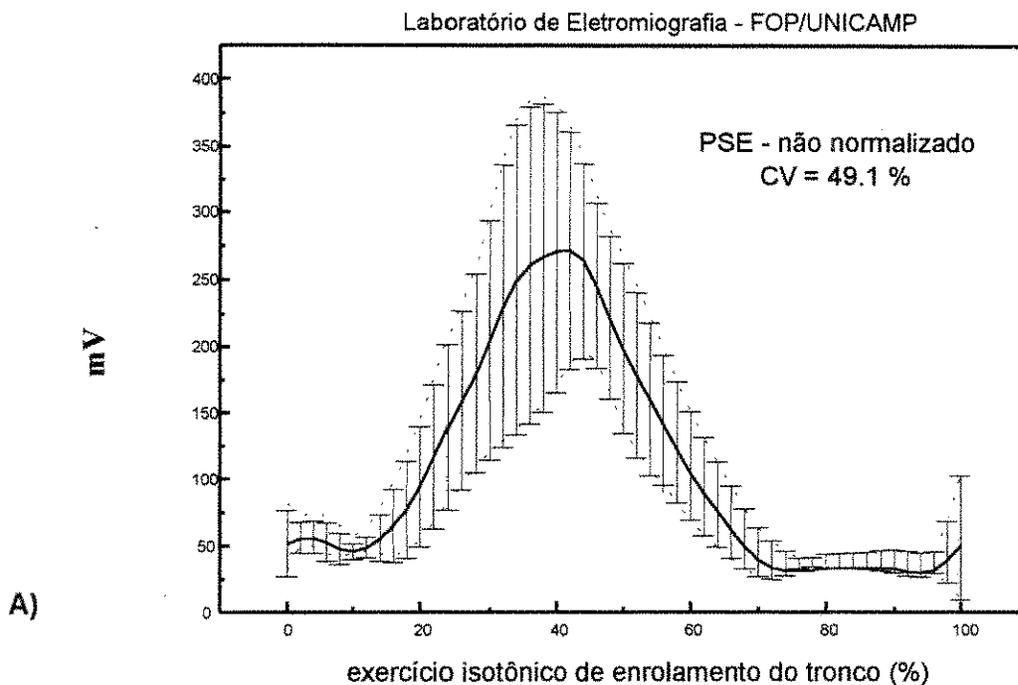
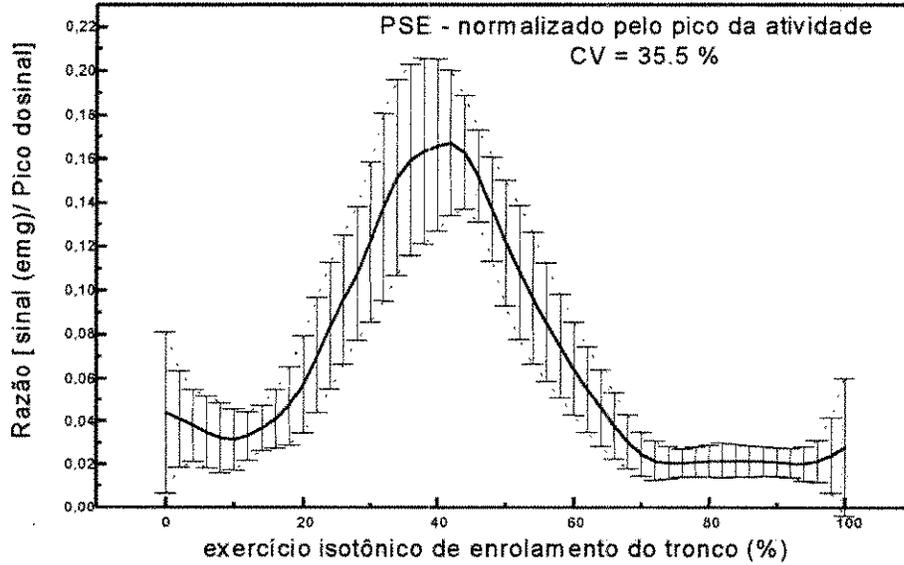
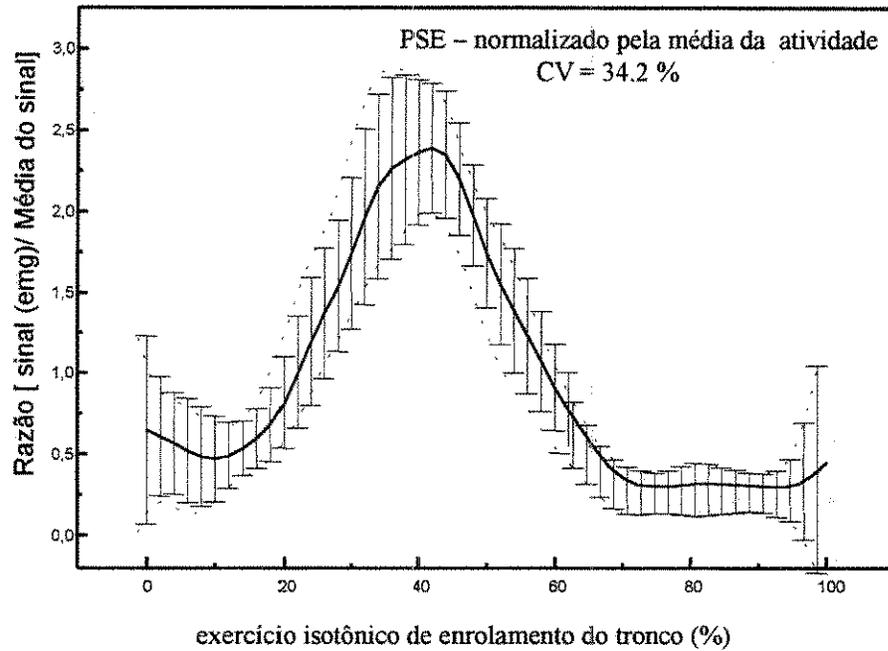


Gráfico 5 – Padrão eletromiográfico da porção superior esquerda do *M. rectus abdominis* durante o exercício isotônico de flexão e extensão do tronco. O traçado representa a média, desvio padrão e o coeficiente de variação de 10 repetições realizadas pelo mesmo voluntário. A) não normalizado, e B) normalizado pelo pico da CIVM.



A)



B)

Gráfico 6 – Padrão eletromiográfico da porção superior esquerda do *M. rectus abdominis* durante o exercício isotônico de flexão e extensão do tronco. O traçado representa a média, desvio padrão e o coeficiente de variação de 10 repetições realizadas pelo mesmo voluntário. A) normalizado pelo pico da atividade, e B) normalizado pela média da atividade.

RESULTADOS

RESULTADOS

A apresentação dos resultados obtidos neste estudo sobre a atividade elétrica das porções superior, média e inferior dos músculos retos do abdome direito e esquerdo durante contração voluntária em atividade estática (exercício isométrico) e dinâmica (exercício isotônico) do tronco com a pelve fixa, será feita de forma a contemplar aspectos quantitativos e qualitativos da atividade elétrica gerada pelos músculos.

Desta forma, os exercícios isométricos de flexão do tronco realizados em diferentes ângulos (0, 15, 30, 45 e 60°) a 50% da força de contração foram estabelecidos para serem estudados de maneira quantitativa, através da obtenção da raiz quadrada da média (RMS), do traçado eletromiográfico representante da atividade estática desenvolvida. Considerando que para efeito de comparação os valores de RMS foram normalizados pelo RMS da CIVM, a atividade elétrica gerada em cada porção do *M. rectus abdominis* foi expressa em porcentagem de atividade (anexo – Quadro I), e assim submetida à análise de variância (teste F).

Para a análise de variância foi considerado como interesse de estudo o comportamento entre três variáveis: a = lado esquerdo e direito do músculo; b = as porções superior, média e inferior; c = os ângulos de flexão (0 a 60°); cujos valores médios podem ser vistos nos Gráficos 7, 8, 9, e 10.

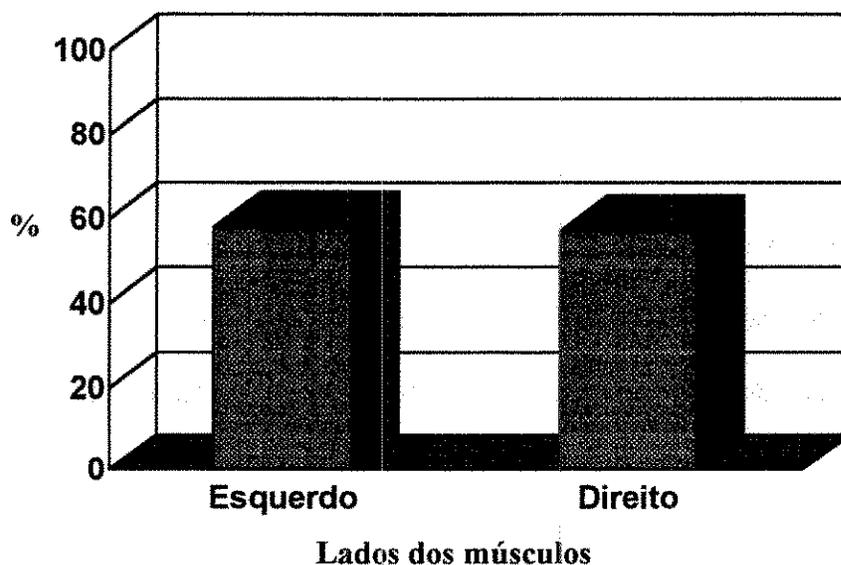


Gráfico 7 – Média dos valores em porcentagem de atividade eletromiográfica dos lados esquerdo e direito das porções do *M. rectus abdominis*, dos 10 voluntários da amostra.

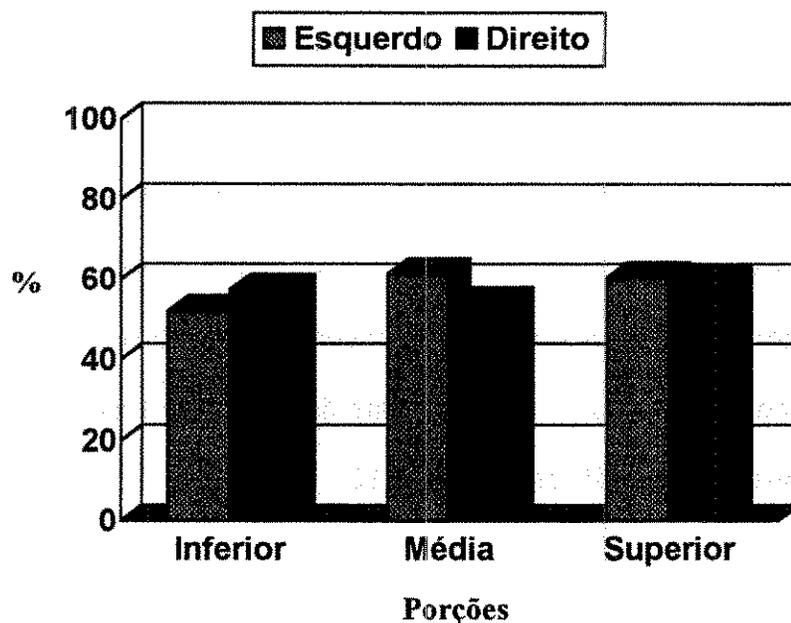


Gráfico 8 - Média dos valores em porcentagem de atividade eletromiográfica das porções inferior, média e superior do lado esquerdo e do lado direito do *M. rectus abdominis*, dos 10 voluntários da amostra.

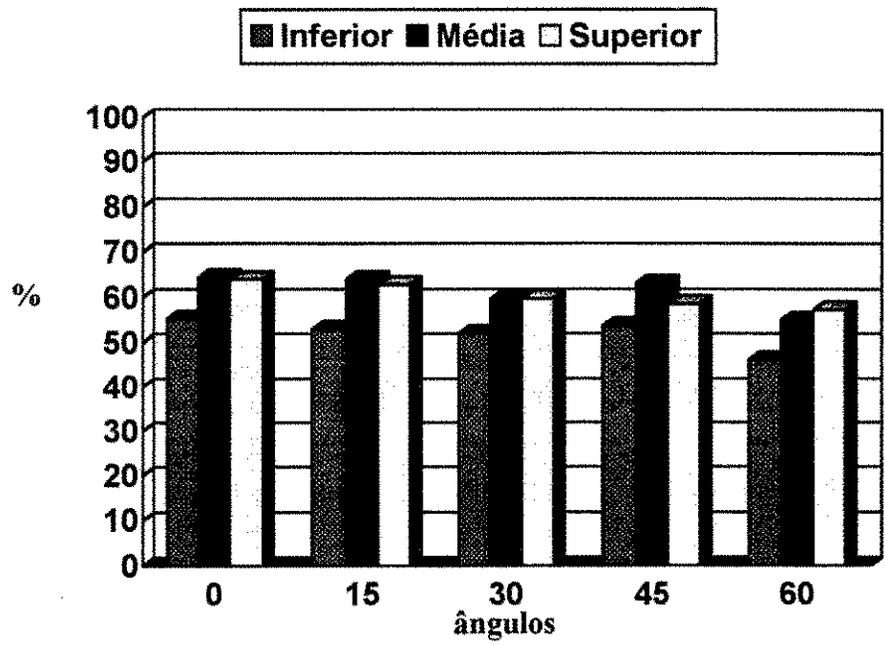


Gráfico 9 – Médias dos valores em porcentagem de atividade eletromiográfica das porções inferior, média e superior do lado esquerdo do *M. rectus abdominis*, nos ângulos de 0 a 60°, dos 10 voluntários da amostra.

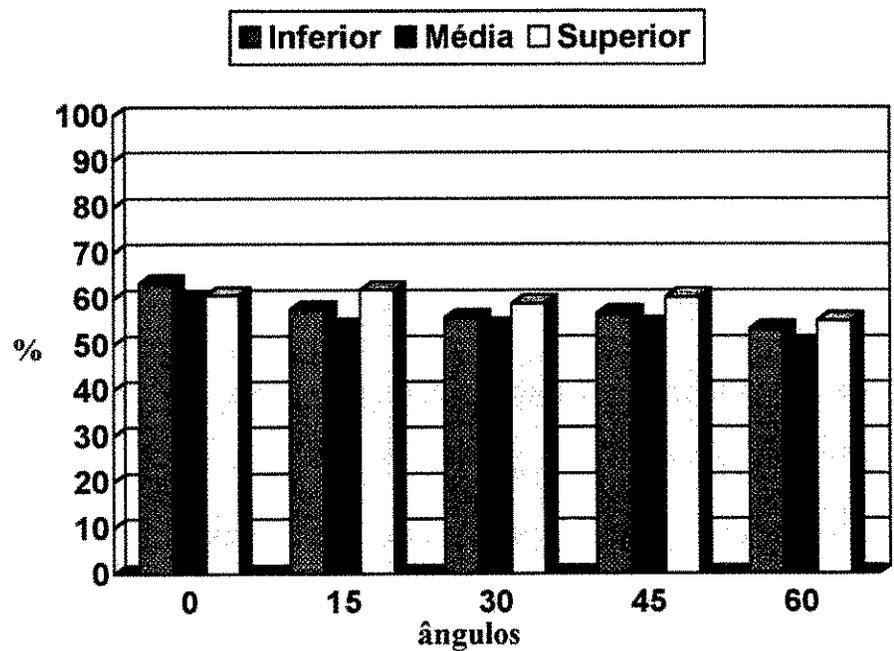


Gráfico 10 - Médias dos valores em porcentagem de atividade eletromiográfica das porções inferior, média e superior do lado direito do *M. rectus abdominis*, nos ângulos de 0 a 60°, dos 10 voluntários da amostra.

O resultado da análise de variância pode ser observado na Tabela 1, onde os valores de **F** são mostrados para cada uma das três variáveis e também para cada uma das interações de interesse do estudo.

Tabela 1 – Valores de **F** segundo os lados direito e esquerdo (a), as porções superior, média e inferior do *M. rectus abdominis* (b), os ângulos de flexão do tronco (0 a 60°)(c) e as interações entre essas três variáveis.

Fonte de Variação	F
a	0.22
b	2.19
c	1.83
a*b	3.10 *
a*c	0.03
b*c	0.06

a*b = interação entre o fator a e b; a*c = interação entre o fator a e c;
e b*c = interação entre o fator b e c.
(*) = diferença significativa

De acordo com os valores de **F** apresentados na Tabela 1, onde a análise de variância mostra que para um nível de significância de 5%, pode-se concluir que não existe diferença estatisticamente significativa entre os lados direito e esquerdo (a), assim como entre as porções superior, média e inferior (b) e entre os ângulos (c), quando analisados separadamente.

Entretanto, analisando as interações constata-se que entre a interação lado direito e esquerdo (a) e porções superior, média e inferior (b) do músculo é estatisticamente significativa, ou seja, caso ocorra uma alteração num dos lados do músculo terá efeito sobre suas porções, com isso o lado do *M. rectus abdominis* influi na atividade elétrica das porções (Gráfico 11).

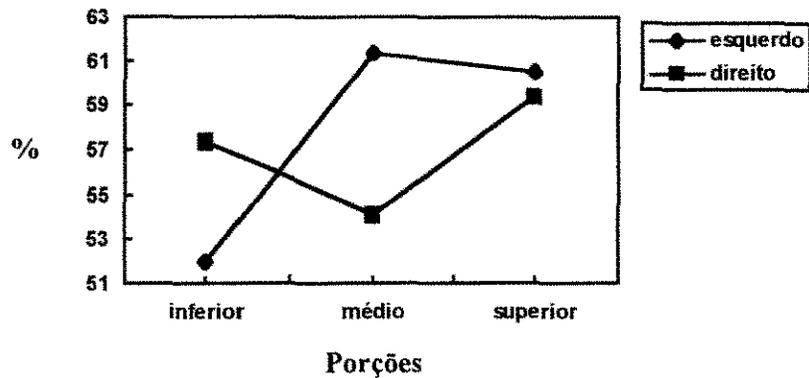


Gráfico 11 - Interação dos valores médios, em porcentagem da atividade elétrica, entre os lados direito e esquerdo, e as porções inferior, média e superior, dos 10 voluntários da amostra.

Já, a interação lado direito e esquerdo do músculo (a) e ângulo de flexão (c) constata-se que não é estatisticamente significativa, ou seja, caso ocorra uma alteração nos lados não terá efeito sobre os ângulos, com isso verificou-se que a atividade elétrica do lado esquerdo ou direito do músculo independe dos ângulos de realização do exercício de flexão isométrica do tronco (Gráfico 12).

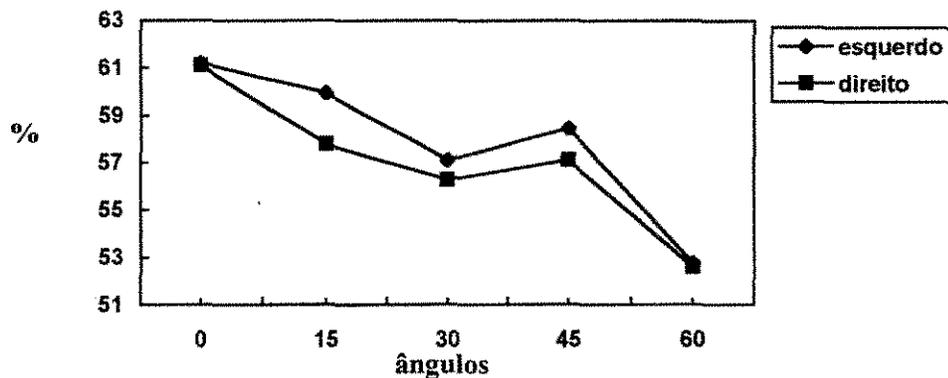


Gráfico 12 - Interação dos valores médios, em porcentagem da atividade elétrica entre o lado direito e esquerdo e os ângulos de flexão, dos 10 voluntários da amostra.

Da mesma forma, a interação porções superior, média e inferior do músculo (b) e ângulos de flexão constata-se que não é estatisticamente significativa, de forma que caso ocorra uma alteração nos ângulos não produzirá efeito sobre as porções, com isso, o fato de alterar o ângulo de execução da flexão isométrica do tronco, não altera a relação da atividade elétrica das porções do músculo (Gráfico 13).

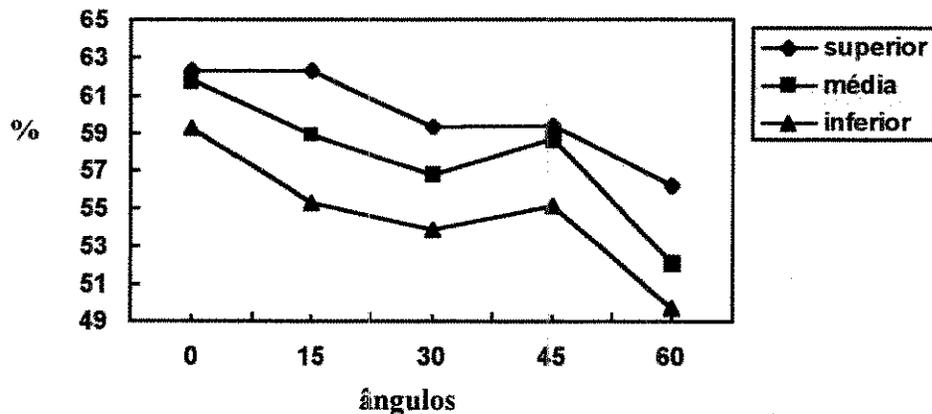


Gráfico 13 - Interação dos valores médios, em porcentagem da atividade elétrica, entre as porções inferior, média e superior e os ângulos de flexão, dos 10 voluntários da amostra.

Para a analisar qualitativamente a atividade elétrica das porções do *M. rectus abdominis*, foi escolhido o exercício isotônico de flexão e extensão do tronco que foi realizado com a ajuda de um aparelho controlador do ciclo do movimento, numa velocidade auto-controlada.

O Gráfico 14, mostra os sinais emitidos pelo aparelho controlador do ciclo do exercício (chave liga/desliga), durante o movimento isotônico de flexão e extensão do tronco. Observe que a fase concêntrica do movimento (flexão ou enrolamento do tronco) encontra-se entre 0 e 40% do ciclo total do movimento, e a porcentagem restante (60%) corresponde à fase excêntrica (extensão ou desenrolamento do tronco).

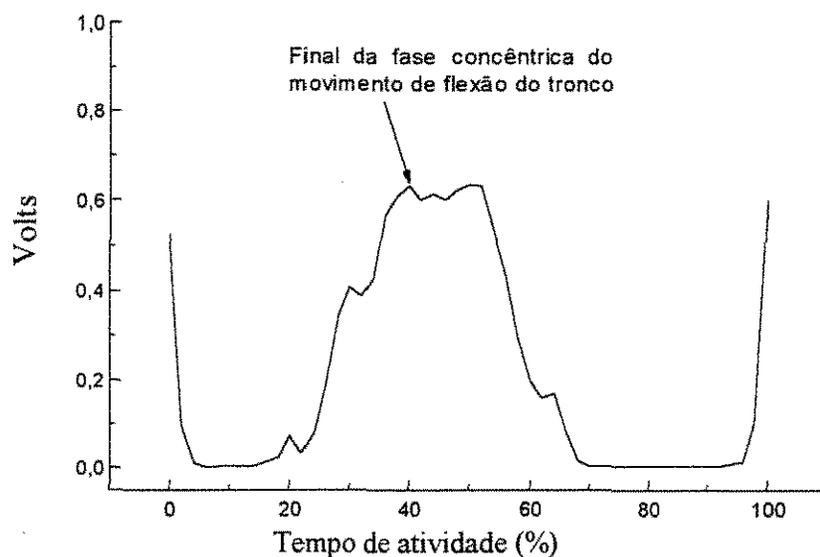


Gráfico 14 - Média dos valores (Volts) dos sinais da chave liga/desliga dos 10 voluntários durante o movimento isotônico de flexo-extensão, de 0 a 100% da atividade.

O resultado do tempo de execução do movimento de flexão e extensão do tronco que foi auto-controlada pelos voluntários pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2 – Tempo médio em milissegundos, das 10 repetições do movimento de flexão e extensão do tronco dos 10 voluntários, juntamente com a média, desvio padrão (SD) e coeficiente de variação (CV).

Voluntários	Médias	SD	CV (%)
1	1498.0	076.6	5.1
2	2526.5	099.8	3.9
3	2559.2	114.7	4.5
4	2406.6	136.9	5.7
5	3009.3	245.4	8.1
6	1921.7	121.5	6.3
7	1889.5	113.0	5.9
8	2429.2	244.8	10.1
9	2562.8	146.5	5.7
10	2209.6	186.5	8.4
Total Geral	2301.2	432.2	18.8

Observando a Tabela 2 podemos verificar que durante a realização do exercício isotônico de flexão e extensão do tronco, cuja velocidade foi auto-controlada, o coeficiente de variabilidade da velocidade de execução intra-indivíduos, foi de 3.9 % (voluntário 2) a 10.1% (voluntário 8); e o coeficiente de variação inter-indivíduos foi de 18.8%.

O resultado da variabilidade dos traçados eletromiográficos tratados das porções do *M. rectus abdominis*, obtidos da seqüência de movimentos isotônicos de flexão e extensão, de cada voluntário da amostra, pode ser observado através do coeficiente de variação mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 – Coeficiente de variação (CV) de 10 repetições de cada voluntário durante o movimento isotônico de flexão e extensão do tronco, obtido da atividade elétrica das porções superior, média e inferior direita e esquerda do *M. rectus abdominis*.

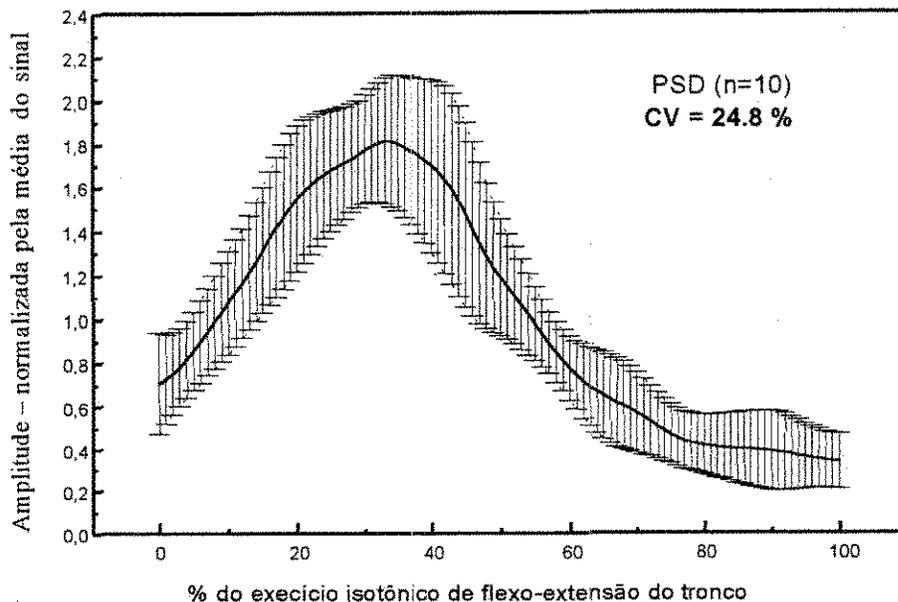
Indivíduos	PSE	PME	PIE	PSD	PMD	PID
1	36.0	29.2	19.7	34.6	44.7	76.2
2	59.8	23.1	16.8	32.2	24.7	19.0
3	21.7	15.7	26.9	20.2	20.1	26.3
4	31.7	22.6	25.0	27.3	31.0	20.1
5	35.4	27.2	35.5	32.2	29.8	57.1
6	15.5	18.8	43.4	12.2	25.3	37.8
7	30.2	27.8	42.9	17.0	46.6	43.0
8	14.8	30.7	16.6	22.8	42.8	17.2
9	15.7	19.6	46.9	18.1	27.9	22.9
10	43.6	21.0	20.2	25.3	20.7	20.7
média	30.4	23.6	29.4	24.2	31.4	34.0

Nesta tabela, podemos observar de uma maneira geral a ausência de uniformidade na variabilidade entre as porções dos voluntários estudados, com CV = 19.7% da PIE e CV = 76.2% da PID para o voluntário 1; CV = 16.8% da PIE e 59.8% da PSE para o voluntário 2. Entretanto, uma diferença menor entre os CVs pode ser

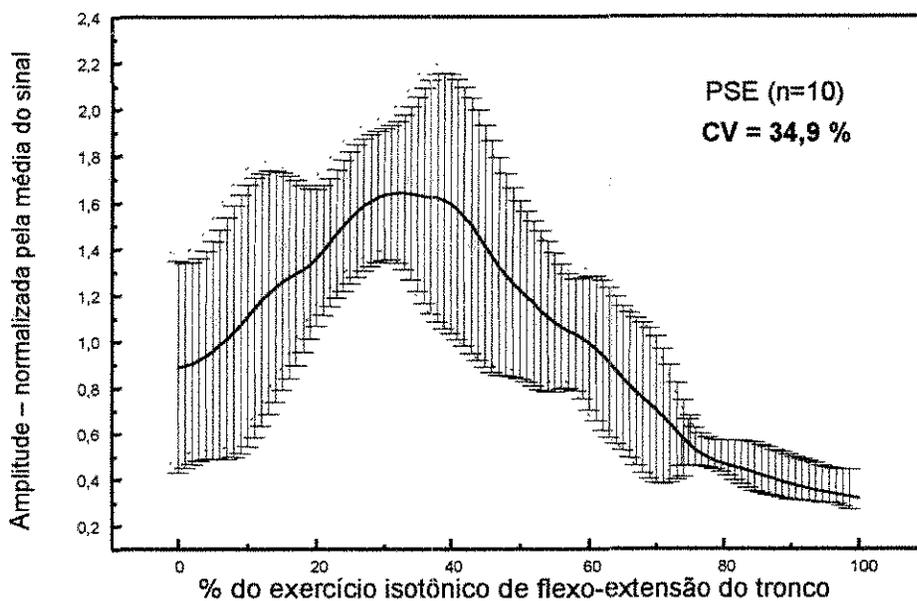
vista no voluntário 10 (CV = 43.6 da PSE e 20.2% da PIE); e principalmente no voluntário 3 (CV = 15.7% da PME e 26.9 da PIE).

O sinal eletromiográfico obtido durante a atividade dinâmica, após processamento, resultou num traçado representativo da atividade elétrica das porções do músculo durante o exercício isotônico, sendo expresso em amplitude de ativação e em tempo de atividade (em porcentagem da atividade realizada), que podem ser observados separadamente para cada uma das porções do *M. rectus abdominis* nos Gráficos 15, 16, e 17.

Observando os gráficos nota-se que a fase concêntrica do movimento (flexão ou enrolamento do tronco) situa-se entre 0 e 40% do ciclo para todas as porções estudadas, conforme demonstrado no gráfico 14, e apresenta uma inclinação mais acentuada do traçado se comparada à fase excêntrica do movimento (extensão ou desenrolamento do tronco); ou seja, os indivíduos realizaram a flexão do tronco num tempo menor e com maior intensidade de ativação elétrica das porções, do que a extensão do tronco que demandou um tempo maior de execução com menor intensidade de ativação elétrica.

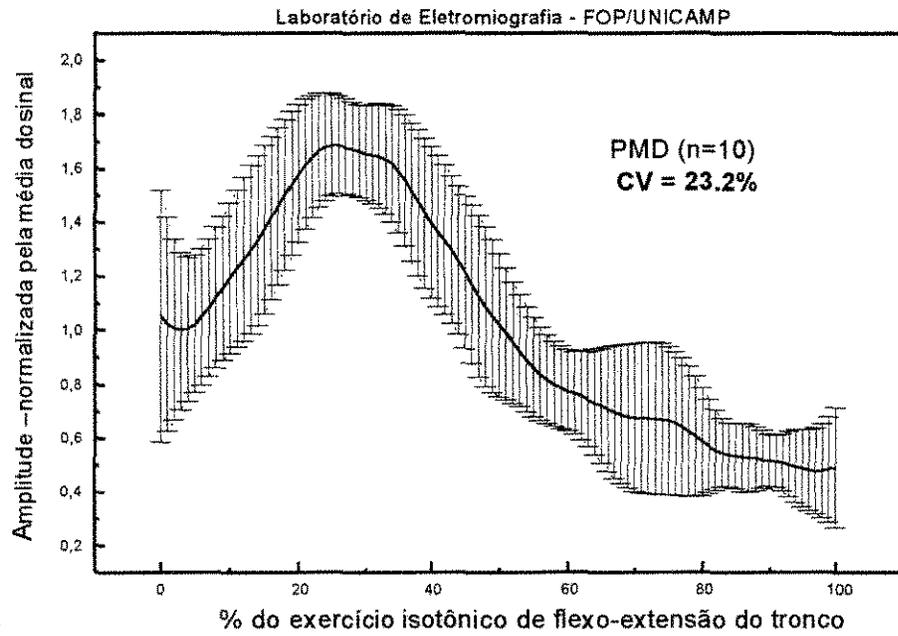


A)

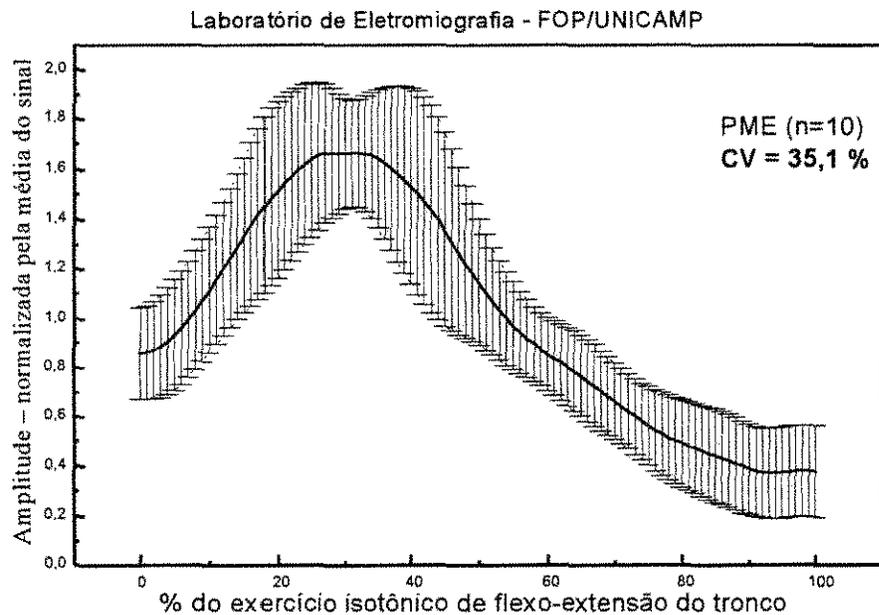


B)

Gráfico 15 – Padrão eletromiográfico das porções superior direita (A) e esquerda (B) do *M. rectus abdominis* durante o exercício isotônico de flexão e extensão do tronco.



A)



B)

Gráfico 16 - Padrão eletromiográfico das porções média direita (A) e esquerda (B) do *M. rectus abdominis* durante o exercício isotônico de flexão e extensão do tronco.

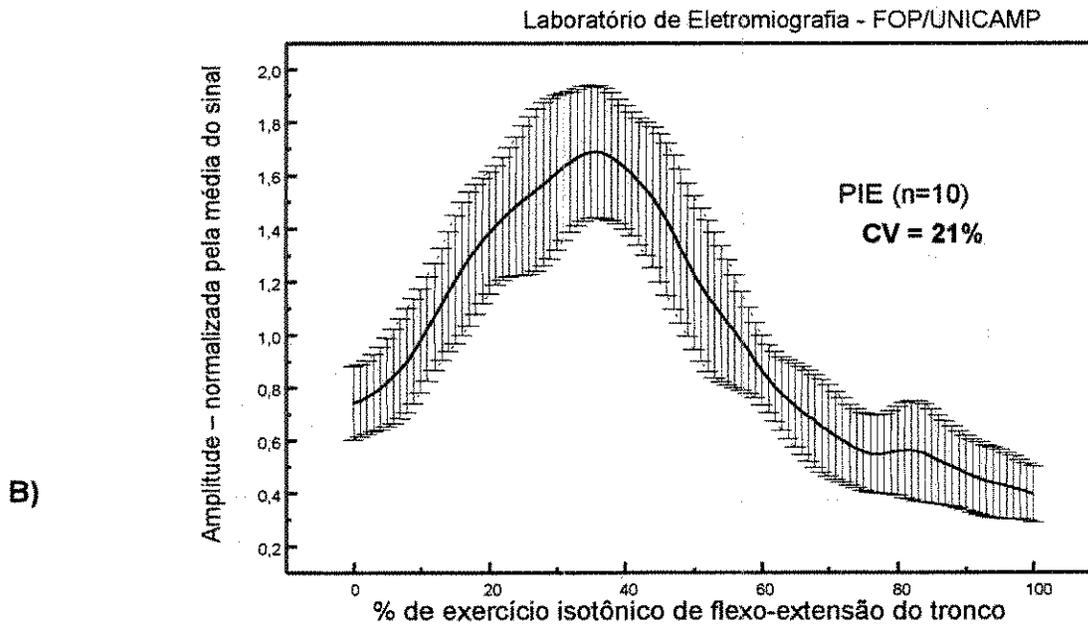
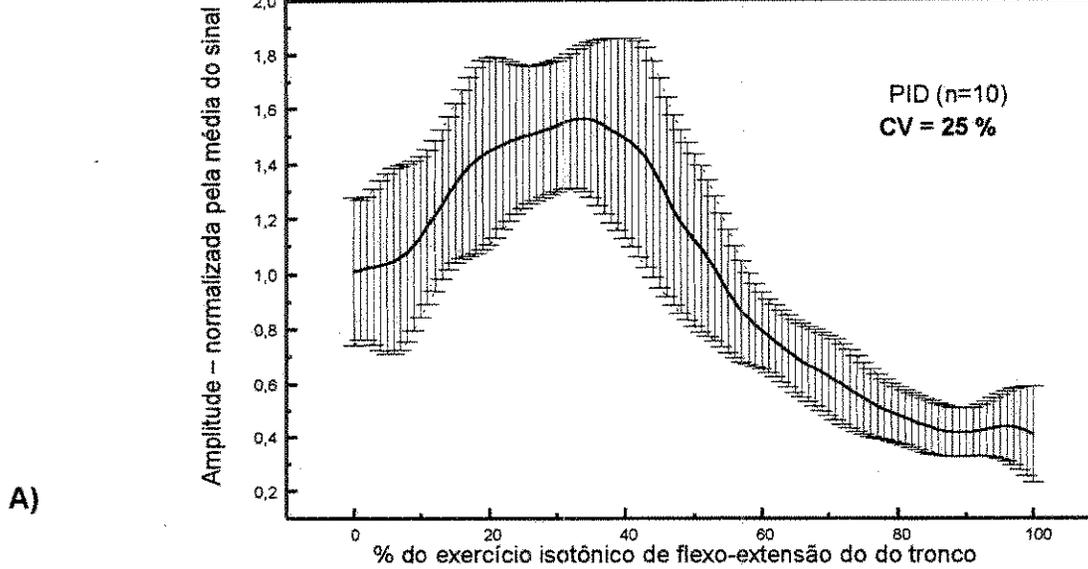


Gráfico 17 – Padrão eletromiográfico das porções inferior direita (A) e esquerda (B) do *M. rectus abdominis* durante o exercício isotônico de flexão e extensão do tronco.

Para observar o comportamento elétrico entre as porções superior, média, inferior direita e esquerda, durante o exercício isotônico de flexão e extensão do tronco, observe o Gráfico 18.

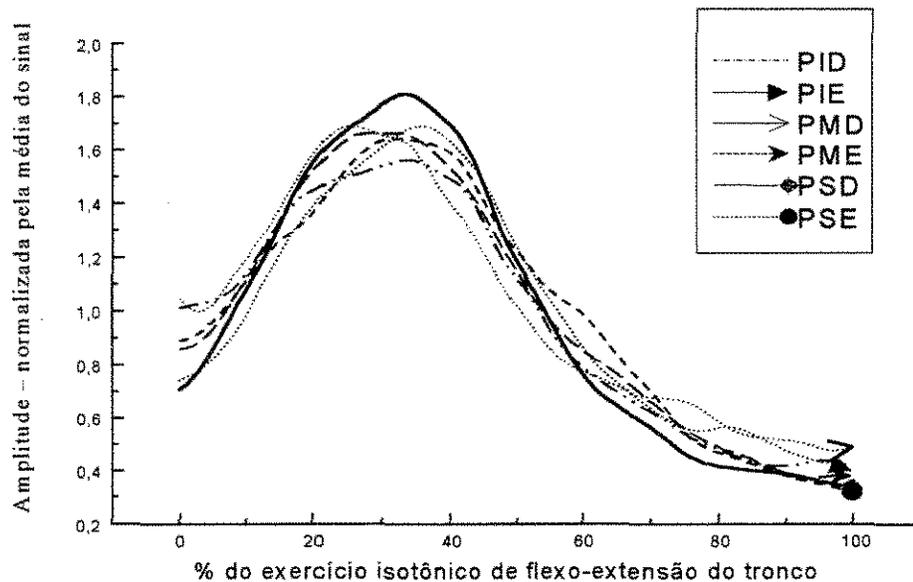


Gráfico 18 – Sobreposição dos traçados (valores médios) das porções superior direita e esquerda (PSD, PSE), média direita e esquerda (PMD, PME) e inferior direita e esquerda (PID, PIE), obtidos durante o exercício isotônico de flexão e extensão do tronco, dos 10 voluntários.

Pode-se observar no gráfico 18, um padrão de ativação elétrica comum entre as porções do *M. rectus abdominis* direito e esquerdo, durante a realização do exercício isotônico de flexão e extensão do tronco, não sendo observado diferenças significativas no ângulo de inclinação de subida do traçado (fase concêntrica), nem na descida do traçado (fase excêntrica); como também, não observa-se diferenças durante o período da atividade elétrica entre as porções; de forma que, para o exercício estudado, as porções do *M. rectus abdominis* atuam conjuntamente no sentido de realizar a atividade.

DISCUSSÃO

DISCUSSÃO

Durante a realização deste estudo pretendeu-se analisar o comportamento elétrico das porções do *M. rectus abdominis*, durante atividades estática (exercício isométrico de flexão do tronco em diferentes ângulos) e dinâmica (exercício isotônico de flexão e extensão do tronco), no sentido de melhor compreender como o músculo utiliza suas diferentes porções para realizar as importantes funções de flexionar o tronco aproximando o processo xifóide da sínfise púbica, e estabilizar o conjunto tronco-pelve para permitir a ação de outros músculos; uma vez que dúvidas sobre o padrão de atividade elétrica das porções ainda persistem na literatura revisada.

Antes de se estabelecer comparação sobre os resultados obtidos neste estudo com os estudos de outros autores, cabe discorrer sobre alguns aspectos metodológicos que foram estabelecidos no desenvolvimento do presente trabalho.

DA METODOLOGIA

Neste estudo, foi considerado três porções do *M. rectus abdominis* do lado direito e do lado esquerdo, denominadas de inferior, média e superior. Como porção inferior considerou-se aquela compreendida entre a sínfise púbica e a primeira intersecção tendínea (normalmente na altura do umbigo), como porção média aquela localizada entre a intersecção tendínea inferior e a imediatamente acima, e a porção superior compreendida entre a segunda e a terceira intersecção (no sentido caudal/cranial). Para o estabelecimento destas três porções considerou-se o fato de que, além de estarem presentes na maioria dos indivíduos são de fácil localização, permitindo fixação uniforme dos eletrodos. Da mesma forma, três porções do *M.*

rectus abdominis também foram consideradas nos estudos de MACHADO DE SOUSA & FURLANI (1974) e NEGRÃO FILHO et al. (1997).

Entretanto, o estabelecimento de três porções pode ser considerada como uma limitação deste estudo, uma vez que anatomicamente, uma quarta porção pode ser observada, a qual se localiza entre a intersecção tendínea mais superior e o processo xifóide. Somado à questão anatômica, a literatura apresenta pelo menos duas outras formas diferentes na determinação das porções a serem estudadas. Para SARTI et al. (1996), as duas porções caudais (abaixo do umbigo e aquela imediatamente acima) foram consideradas porção inferior do músculo, e as outras duas porções craniais (próxima e abaixo do processo xifóide) consideradas como porção superior; de forma que foram selecionados apenas aqueles indivíduos que apresentavam o *M. rectus abdominis* com quatro porções. Já, para a maioria dos autores pesquisados (WALTERS & PARTRIDGE, 1957; SHEFFIELD, 1962; FLINT, 1965; GUTIN & LIPETZ, 1971; CARMAN et al. 1972; EKHOLM et al., 1979; BANKOFF & FURLANI, 1984; FURLANI & BANKOFF, 1987; GUIMARÃES et al., 1991; GILLEARD & BROWN, 1994; e MORAES et al., 1995), o *M. rectus abdominis* também foi dividido em duas porções, só que apenas a porção localizada abaixo do umbigo foi considerada como inferior e as duas porções imediatamente acima da primeira intersecção tendínea consideradas porção superior, não sendo a quarta porção considerada em seus estudos.

Ainda sobre a Anatomia do *M. rectus abdominis*, outro aspecto importante diz respeito à presença de assimetrias entre as porções do músculo quando da comparação entre as porções do lado direito com o esquerdo. Considerando que este estudo se propôs a analisar o comportamento das porções nos dois lados do corpo, a

não uniformização da amostra é um fator a ser considerado na discussão dos resultados.

Com relação à escolha da atividade muscular estática, através do exercício isométrico de flexão, e da atividade dinâmica, através do exercício isotônico de flexão e extensão do tronco, o objetivo foi atender a dois pressupostos básicos da atividade funcional do *M. rectus abdominis*; ou seja, função de estabilização do conjunto tronco-pelve para permitir atividades de outros músculos e de outros segmentos do corpo e a função de aproximação do tronco com a pelve (KENDALL & McCREARY, 1990).

Durante o exercício isométrico de flexão do tronco estabeleceu-se que todos os voluntários realizariam a flexão do tronco, nos diferentes graus de flexão, usando 50% da força muscular máxima obtida para cada voluntário a 45 graus de flexão do tronco. Este procedimento objetivou a uniformização da amostra, de forma que a proposta de se analisar quantitativamente a amplitude da atividade elétrica entre as porções do músculo pudesse ser realizada com mais consistência, além do fato da atividade eletromiográfica obtida a partir de contrações isométricas ter sido a forma mais utilizada na literatura (DeLUCA, 1997), quando se pretende garantir maior consistência e reprodutibilidade no registro de uma determinada atividade elétrica. Portanto, acredita-se que neste sentido a proposta metodológica empregada tenha sido adequada, uma vez que se pretendeu analisar o comportamento das porções do músculo durante a função estabilizadora do conjunto tronco-pelve, cuja tarefa normalmente é realizada através da contração isométrica do *M. rectus abdominis*.

Para analisar o comportamento elétrico das porções do músculo durante a função de aproximar o tronco da pelve, que funcionalmente é realizada através de contração isotônica, inicialmente, cabe lembrar que a análise foi realizada durante a aproximação e o afastamento do tronco em relação à pelve (flexão e extensão do

tronco), portanto durante contração isotônica concêntrica e excêntrica do músculo; e como o ciclo de atividade de flexão e extensão foi realizado com os membros inferiores fletidos, pretendeu-se isolar a ação do *M. rectus abdominis* da ação dos músculos flexores da coxa.

Para orientar e controlar a realização do exercício isotônico de flexão e extensão do tronco foi empregado o aparelho de exercício abdominal (Figura 3), com um dispositivo eletrônico de controle de ciclo, não sendo observado nenhuma dificuldade de adaptação ao uso do aparelho pelos voluntários da amostra.

Com relação à velocidade de execução dos exercícios isotônicos foi proposto um ritmo lento e auto-controlado durante a realização dos mesmos, com um intervalo de 4 segundos entre cada repetição. Pode-se observar na Tabela 2, que a velocidade média de execução dos exercícios entre os 10 voluntários foi de 2.301 segundos, com um SD de 432 milissegundos e CV de 18.8%. O tempo de execução dos exercícios de cada voluntário (n=10 repetições) variou de CV = 3.9 % (voluntário 2) para CV = 10.1% (voluntário 8), demonstrando que o ritmo de execução dos exercícios de cada indivíduo manteve-se em nível de variabilidade abaixo de 10%, de forma que os indivíduos realizaram os exercícios isotônicos de flexão e extensão do tronco em ritmo relativamente constante; e, considerando-se que todos os dados foram normalizados na base de tempo, pode-se inferir que as variabilidades individuais teriam pouca influência numa análise qualitativa da atividade das porções do músculo.

Aspecto relevante em estudos eletromiográficos de superfície diz respeito à colocação dos eletrodos. Segundo DeLUCA (1997), para a determinação do padrão de atividade dos músculos não importa muito se a contração é isométrica ou isotônica, mas sim, determinar se existe atividade de músculos vizinhos interferindo no sinal do músculo em estudo.

Neste sentido a posição anatômica do *M. rectus abdominis* na parede anterior do abdome contribui favoravelmente para a especificidade do sinal adquirido. Existe pouca chance de contaminação do sinal, uma vez que os músculos vizinhos, oblíquos interno e externo e o transverso do abdome, encontram-se localizados, lateralmente e aproximadamente a seis centímetros do ponto de captação da atividade do músculo reto do abdome utilizado neste estudo. Da mesma forma, a possibilidade de contaminação do sinal entre as porções é pouco provável em razão da distância do posicionamento dos eletrodos de captação em cada uma das três porções.

Outro aspecto importante é a manutenção da qualidade do sinal elétrico gerado na superfície dos músculos até o momento de sua análise e interpretação final. Desta forma, o sistema envolvido no processo de captação, amplificação, filtragem, registro e processamento do sinal deve garantir a qualidade do sinal.

As bases teóricas que sustentam os aspectos envolvidos com a instrumentação utilizada, em estudos eletromiográficos, podem ser vistos, detalhadamente no livro texto de BASMAJIAN & DeLUCA (1985); e mais recentemente, ACIERNO et al.(1995) e DeLUCA (1997) além de reforçarem os escritos de BASMAJIAN & DeLUCA (1985), preocuparam-se em propor um guia de orientação atualizado para estudos eletromiográficos em biomecânica, com a intenção de normatizar procedimentos metodológicos de captação, registro e análise dos sinais elétricos que permitam comparações futuras entre os diferentes estudos. Como pode ser observado no capítulo de material e métodos do presente estudo, todas as recomendações propostas por ACIERNO et al.(1995) e DeLUCA (1985) foram integralmente consideradas.

Encerrando a discussão sobre aspectos metodológicos empregados no presente estudo, cabe tecer alguns comentários referentes aos procedimentos de

normalização utilizados no tratamento dos sinais eletromiográficos das porções do músculo.

O sinal eletromiográfico captado na superfície de um músculo representa a manifestação da ativação do sistema neuromuscular associado à contração muscular (BASMAJIAN & DeLUCA 1985). A amplitude do sinal é altamente sensível a fatores físicos relacionados à captação da atividade elétrica (configuração dos eletrodos, impedância eletrodo/pele, localização, etc), bem como às características anátomo-estruturais e fisiológicas próprias de cada músculo (área de secção transversa da fibra, tipo de fibra, esquema de recrutamento, etc) (MATHIASSEN et al., 1995). Portanto, qualquer tentativa de análise comparativa necessita de algum tipo de procedimento que normalize o sinal eletromiográfico.

Segundo ERVILHA et al. (1998), normalização é uma tentativa de minimizar as diferenças existentes entre músculos e indivíduos. Atualmente, é de senso comum entre os pesquisadores, considerar a normalização da atividade elétrica como um procedimento indispensável, quando se pretende comparar o sinal eletromiográfico entre músculos, indivíduos, dias de realização etc (YANG & WINTER, 1984; BASMAJIAN & DeLUCA, 1985; TURKER, 1993; KNUTSON et al., 1994; MATHIASSEN et al., 1995). Entretanto, a questão é que além de não existir uma definição sobre o melhor procedimento, a literatura apresenta diferentes métodos de normalização.

Neste estudo foi utilizado dois procedimentos distintos, sendo a contração isométrica voluntária máxima (CIVM) utilizada como referência para a normalização da atividade estática (exercício isométrico de flexão do tronco) e o valor médio da atividade para a normalização da atividade dinâmica (exercício isotônico de flexão e extensão do tronco).

No caso da normalização da atividade estática foi realizado o teste de contração isométrica voluntária máxima, sendo obtido dois valores: a) a maior força desenvolvida durante o teste, medida em kilograma-força e que serviu para normalizar a força a ser desenvolvida durante a execução dos exercícios isométricos de flexão do tronco nos diferentes ângulos (50% da força máxima); e b) a maior atividade elétrica obtida durante o teste, medida em microvolts utilizando a raiz quadrada da média (RMS) de um intervalo de 1 milissegundo, que serviu para normalizar a atividade elétrica obtida durante a realização dos exercícios isométricos.

Assim, a atividade elétrica de cada porção do músculo foi expressa em porcentagem da CIVM e então submetida a uma análise comparativa, de forma a comparar a quantidade de atividade elétrica obtida entre as porções; e por esta razão denominada de análise quantitativa.

A normalização pela CIVM tem sido considerada como uma representação quantitativa do sinal eletromiográfico, sendo o mais comum dos procedimentos de normalização (KNUTSON et al., 1994), principalmente quando empregado durante estudos em atividades estáticas (SODERBERG & COOK, 1983; SODERBERG et al. 1987). A crítica mais contundente contra o uso da CIVM, reside no fato de se ter dúvidas sobre a capacidade dos indivíduos de realmente desenvolver a contração máxima do músculo, além de ser impossível de ser obtida durante estudos em indivíduos que apresentem distúrbios ortopédicos ou neurológicos (que, obviamente não é o caso deste estudo).

Com relação a normalização da atividade dinâmica, KNUTSON et al. (1994), relatam que na última década, tem sido sugerido o uso de valores alternativos para a normalização quando se pretende comparar eventos de interesses dinâmicos e

estáticos. Dentre esses valores os mais utilizados são: a) porcentagem da CIVM, b) pico da atividade dinâmica e c) média da atividade dinâmica.

Neste estudo, utilizou-se como valor de referência a média da atividade, cuja definição ocorreu após a realização de estudo piloto, levando-se em conta a variabilidade intra-sujeito, onde os três fatores mais considerados na literatura foram levados em consideração.

Da mesma forma que ERVILHA et al. (1998), o coeficiente de variação (CV) foi empregado como índice de comparação, uma vez que, quanto menor o CV, maior a reprodutibilidade do fenômeno estudado (VIEIRA, 1991). Considerando que o objetivo da normalização é minimizar as diferenças entre músculos e indivíduos, o procedimento escolhido, através do menor CV, refletiu o método de normalização de melhor adequação, para a análise qualitativa do comportamento das porções do M. reto do abdome durante exercício isotônico de flexão e extensão do tronco proposta no presente estudo.

DOS RESULTADOS

A questão principal do presente estudo foi compreender de maneira mais abrangente possível o comportamento elétrico das porções do *M. rectus abdominis* durante atividades estática e dinâmica, considerando a metodologia atualmente disponível. Neste sentido, dois aspectos do sinal eletromiográfico no domínio do tempo foram considerados para análise da atividade: o quantitativo e o qualitativo.

Para o aspecto quantitativo, a atividade elétrica de cada porção do músculo durante os exercícios isométricos de flexão do tronco foi expressa em porcentagem de ativação, cujo valor de referência foi a contração isométrica voluntária máxima, sendo considerada como 100% da atividade para cada porção do músculo. Com este

procedimento pretendeu-se verificar a quantidade de atividade elétrica gerada em cada porção do músculo reto do abdome durante atividade estática.

O resultado da análise de variância realizada para os dados quantitativos nos mostra que, para um nível de significância de 5%, não existe diferença significativa entre as porções superior, média e inferior, entre os lados direito e esquerdo, e entre os diferentes ângulos (tabela 1). Significa dizer que para o conjunto dos voluntários da amostra, a quantidade de atividade elétrica gerada em cada porção do músculo durante os exercícios isométricos de flexão do tronco nos diferentes ângulos são semelhantes. Concordando com os resultados obtidos neste trabalho, CARMAN et al. (1972) observaram moderada atividade elétrica das porções superior e inferior durante a elevação da cabeça e atividade mais intensa das duas porções durante a sustentação das pernas elevadas a 45 graus na posição supina, sem verificar diferenças de ativação entre as porções. MACHADO DE SOUSA & FURLANI (1974) relataram que todas as porções do *M. rectus abdominis* estavam ativas durante a elevação dos membros inferiores na posição supina. Entretanto, em desacordo com os resultados deste estudo, SHEFFIELD (1962) e NEGRÃO FILHO et al. (1997), encontraram uma tendência da porção superior em apresentar maior atividade em exercícios semelhantes, durante elevação e sustentação dos membros inferiores; enquanto que para GILLEARD & BROWN (1994), a porção inferior foi mais ativa do que a porção superior durante o movimento de abaixamento dos membros inferiores.

Considerando-se que o exercício isométrico de flexão do tronco empregado neste estudo apresenta o mesmo tipo de contração do músculo para atividades relacionados à estabilização do conjunto tronco/pelve, ou seja, isometria, poderíamos inferir que as porções do músculo também deveriam atuar de forma semelhante (com respeito a quantidade de ativação) ao realizarem sua ação estabilizadora. Entretanto,

como demonstrado no confronto dos resultados de outros trabalhos, esta generalização não se mostrou verdadeira uma vez que, diferentes formas de ativação entre as porções foram observadas.

O que pode ser evidenciado no confronto entre os autores são as diferentes condições biomecânicas estabelecidas em cada um dos experimentos. Neste estudo, a contração isométrica das porções do *M. rectus abdominis* foi realizada com fixação da origem e da inserção do músculo sem movimento dos membros; enquanto que nos trabalhos de SHEFFIELD (1962) e NEGRÃO FILHO et al. (1997) a contração isométrica ocorreu com fixação apenas da inserção no tronco, ficando a origem do músculo, na sínfise púbica, na dependência do movimento de elevação dos membros inferiores ou da posição dos membros durante sua sustentação, respectivamente. Já, uma outra condição foi estabelecida nos estudos de GILLEARD & BROWN (1994), onde os indivíduos deveriam realizar o abaixamento dos membros inferiores mantendo a inclinação posterior da pelve.

Isto leva a acreditar que a ativação das porções do *M. rectus abdominis* na sua função de estabilizar o conjunto tronco/pelve, está diretamente relacionada às condições biomecânicas estabelecidas durante a realização de cada atividade funcional, de forma que, o músculo tenha condições de se adaptar às diferentes situações funcionais à qual o conjunto tronco/pelve é submetido no dia a dia, tornando-se mais eficiente.

Cabe ressaltar que na análise da interação entre as três variáveis em estudo (porções, ângulos e lados do músculo), os resultados mostraram que o lado do músculo influi na quantidade de atividade elétrica das porções em estudo, ou seja, caso ocorra uma alteração num dos lados do músculo terá efeito sobre suas porções (gráfico 11). Esse resultado pode ser justificado em razão das assimetrias observadas

entre os lados direito e esquerdo do músculo da amostra estudada, uma vez que durante a seleção, não houve a preocupação em uniformizar as características anatômicas dos lados do *M. rectus abdominis* de cada um dos voluntários da amostra. Embora esse fato possa ser considerado uma limitação deste estudo, entende-se que não compromete o conjunto dos resultados obtidos; no entanto, concorda com SARTI et al. (1996), no sentido de selecionar as amostras levando-se em consideração os aspectos anatômicos entre os lados direito e esquerdo do *M. rectus abdominis*.

Para a análise da atividade elétrica das porções do *M. rectus abdominis* considerando o aspecto qualitativo, o sinal eletromiográfico obtido de cada porção do músculo durante os exercícios isotônicos de flexão e extensão do tronco foi submetido a tratamento para posterior análise comparativa, cuja sequência de processamento do sinal pode ser observado no gráfico 4.

Com este procedimento, pretendeu-se analisar o comportamento da atividade elétrica gerada em cada porção do músculo no decorrer de um período determinado de tempo, correspondente ao ciclo completo do exercício isotônico de flexão e extensão do tronco. Portanto, o objetivo não era analisar o quanto de atividade foi gerada, mas como a atividade elétrica se comportou durante o tempo de realização do exercício.

Durante a execução do exercício isotônico de flexão e extensão do tronco pode-se observar uma fase concêntrica (flexão ou enrolamento do tronco - utilizando em média 40% do ciclo total do movimento) e uma excêntrica (extensão ou desenrolamento do tronco – realizada em média durante os 60% restante do ciclo), como mostrado no gráfico 14. Cabe lembrar (embora já tenha sido discutido anteriormente) que a execução desses exercícios foi realizada de forma auto-

controlada, cujo tempo médio de realização individual apresentou um CV que variou de 3.9% a 10.1% (tabela 2).

Ainda, antes de entrar na discussão propriamente dita sobre o resultado da análise qualitativa do ciclo de movimento isotônico, deve-se reportar à tabela 3. Esta tabela mostra o coeficiente de variabilidade (CV) médio das curvas obtidas para cada voluntário durante a execução das 10 repetições do mesmo exercício, onde a maioria dos valores encontram-se com CV abaixo de 50%.

Portanto, ao analisarmos o comportamento das curvas de atividade elétrica de cada porção durante o ciclo de movimento, deve-se considerar que: embora o indivíduo realize o mesmo exercício com velocidade relativamente constante, a atividade elétrica gerada nas porções do músculo responsável pelo movimento apresenta variabilidade (apesar dos procedimentos de normalização empregados no tratamento do sinal). Este grau de variabilidade tem sido aceito para estudo de eventos biológicos, principalmente quando se pretende analisar o padrão de atividade elétrica de músculos durante atividades funcionais cíclicas (WINTER, 1990; KNUTSON et al. 1994).

Neste estudo, o traçado representativo do comportamento das porções do *M. rectus abdominis* durante o exercício isotônico de flexão e extensão do tronco dos 10 voluntários da amostra pode ser observado, separadamente, para cada uma das porções e dos lados direito e esquerdo do músculo nos gráficos 15, 16 e 17; e de forma conjunta no gráfico 18.

Infelizmente, por falha na seleção do trecho a ser considerado para análise, o momento de início da ativação elétrica de cada porção do músculo acabou não sendo mostrada. Observe-se que o início do traçado mostrado nos gráficos (15 a 18) corresponde ao momento de ativação do primeiro clique da chave liga/desliga e não o

exato momento de início da atividade eletromiográfica das porções do músculo. Portanto, a atividade ocorrida entre o início da ativação das porções e o primeiro clique da chave liga/desliga não foi considerada na análise do comportamento do músculo, o que pode ser considerado mais um limite do presente estudo.

Analisando comparativamente o traçado representativo de cada porção pode-se verificar que existe um padrão comum de ativação entre as porções, tanto para a fase concêntrica (0 a 40%) como para a fase excêntrica (40 a 100%); ou seja, durante o ciclo de atividade dinâmica de flexão e extensão do tronco, as porções do músculo atuam conjuntamente na realização do exercício.

FLINT (1965), utilizando-se uma metodologia de análise do sinal que difere substancialmente daquela empregada neste estudo, apresenta um resultado gráfico da atividade das porções muito semelhante àquele obtido neste trabalho, onde se observa a presença de um padrão de atividade similar entre duas porções estudadas (porção superior e inferior); além disso, como o Autor utilizou uma abordagem quantitativa da amplitude do sinal, ele também relata diferença na magnitude do sinal entre as porções em função de determinadas circunstâncias estabelecidas durante a execução dos exercícios. Resultados semelhantes do ponto de vista quantitativo foi observado por NEGRÃO FILHO et al. (1997).

Também utilizando uma abordagem quantitativa na análise do comportamento de três porções do *M. rectus abdominis*, MACHADO DE SOUSA & FURLANI (1974), discordando das diferenças entre as porções relatadas por FLINT (1965), afirmam que as porções do músculo atuam por inteiro e com intensidade progressiva durante a flexão do tronco. Embora a afirmação de MACHADO DE SOUSA & FURLANI (1974) se pareça com os resultados obtidos neste estudo, é importante salientar que a abordagem utilizada foi qualitativa, de forma que ao relatar a presença de um padrão

de comportamento comum entre as porções, esta afirmação é de que todas as porções encontram-se ativas durante o movimento, sem no entanto afirmar o quanto de atividade cada porção apresentou no mesmo momento.

EKHOLM et al. (1979), desenvolveram um estudo abordando o aspecto qualitativo e quantitativo do sinal eletromiográfico, durante a atividade dinâmica de flexão do tronco, demonstrando tanto a presença de um comportamento comum das porções durante a atividade, como a possibilidade de existir diferenças de quantidade de ativação entre as porções do músculo.

Portanto, considerando os resultados observados neste estudo e no confronto com os trabalhos revisados, pode-se concluir que, durante atividades estáticas ou dinâmicas de flexão e extensão do tronco, todas as porções do *M. rectus abdominis* apresentam um padrão de atividade eletromiográfica comum; e podemos também considerar remota a possibilidade levantada por DUCHENNE (1949), sobre a contração individualizada de porções do músculo. Com relação à quantidade de atividade gerada em cada porção durante exercícios abdominais ou em outras atividades funcionais do tronco ou membros, acredita-se que quando o músculo atua como estabilizador do conjunto tronco-pelve ocorre uma tendência das porções não apresentarem diferenças acentuadas entre si; já para atuar no movimento de flexão e extensão do tronco entende-se que o comportamento das porções estão diretamente relacionadas com as condições biomecânicas estabelecidas e desta forma ocorreria uma adaptação da atividade das porções às exigências da atividade proposta.

CONCLUSÕES

CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia empregada neste estudo, sobre o comportamento elétrico das porções do *M. rectus abdominis*, podemos extrair as seguintes conclusões:

- 1 – Existe um comportamento comum da atividade elétrica das porções superior, média e inferior nos lados direito e esquerdo do *M. rectus abdominis*; ou seja, todas as porções do músculo são ativadas ao mesmo tempo durante a realização de atividades funcionais estáticas e dinâmicas.
- 2 – Nenhuma ativação isolada de uma das porções do *M. rectus abdominis* foi observada na amostra estudada.
- 3 – Nenhuma diferença na amplitude de ativação foi observada entre as porções direita e esquerda do *M. rectus abdominis* durante atividade estática nos diferentes ângulos de flexão do tronco.
- 4 – Um comportamento elétrico comum, porém com diferenças na amplitude de ativação entre as porções do *M. rectus abdominis* não pode ser descartada pelo presente estudo.
- 5 – O predomínio na amplitude de ativação de uma porção sobre as outras e a sua importância funcional deve ser objeto de estudos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACIERNO, S.P., BARATTA, R.V., SOLOMONOW, M. A practical guide to eletromyography for biomechanists. [S.L.]: Lousiana State University, 1995.
- BANKOFF, A.D.P., FURLANI, J. Electromyographic study of the rectus abdominis and external oblique muscles during exercises. Electromyogr. clin. Neurophysiol., Beauvechain, v.24, p.501-10, 1984.
- BASMAJIAN, J.V.; DeLUCA, C.J. Muscles alive: their functions revealed by electromyography. 5.ed. Baltimore: Willians & Wilkins, 1985. p.389-407.
- CAMPBELL, E.J.M., GREEN, J.H. The expiratory function of the abdominal muscles in man: An electromyographic study. J. Physiol. v.120, p.409-18, 1953.
- CAMPBELL, E.J.M., GREEN, J.H. The variations in intra-abdominal pressure and the activity of the abdominal muscles during breathing: a study in man. J. Physiol., v.122, p.282-90, 1953.
- CAMPBELL, E.J.M., GREEN, J.H. The behaviour of the abdominal muscles and the intra-abdominal pressure during quiet breathing and increased pulmonary ventilation: a study in man. J. Physiol., v.127, p.423-6, 1955.
- CARMAN, D.J., BLANTON, P.L., BIGGS, N.L. Electromyographic study of the anterolateral abdominal musculature utilizing indwelling electrodes. Am. J. phys. Med., Baltimore, v.51, n.3, p.113-29, 1972.
- CAVANAGH, P.R. Electromyography: its use and misuse in physical education. Johper., p. 61-4, 1974.
- DeLUCA, C.J. A use of surface electromyography in biomechanics. Journal of Applied Biomechanics., v.13, p.135-63, 1997.

- DUCHENNE, G.B. Physiology of Motion. Philadelphia: J.B. Lippincott Company, 1949.
- EKHOLM, J., ARBORELIUS, U., FAHLCRANTZ, A., et al. Activation of abdominal muscles during some physiotherapeutic exercises. Scand. J. Rehabil. Med., Stockholm, v.11, p.75-84, 1979.
- ERVILHA, U.F., DUARTE, M., AMADIO, A.C. Estudo sobre procedimentos de normalização do sinal eletromiográfico durante o movimento humano. Rev. Bras. Fisiot., v.3, n.1, p. 15-20, 1998.
- FLINT, M.M. Abdominal muscle involvement during the performance of various forms of sit-up exercise. Am. J. Phys. Med., v.44, n.5, p.224-34, 1965.
- FLOYD, W.F., SILVER, P.H.S. Electromyographic study of patterns of activity of the anterior abdominal wall muscles in man. J. Anat., London, v.84, p.132-45, 1950.
- FURLANI, J., BANKOFF, A.D.P. Electromyographic analysis of the rectus abdominis and external oblique muscles during exercises in lateral decubemce, sitting and kneeling positions. Electromyogr. clin. Neurophysiol., Beauvechain, v.27, p.265-72, 1987.
- GILLEARD, W.L., BROWN, J.M.M. An electromyographic validation of an abdominal muscle teste. Arch. phys. Med. Rehabil., Chicago, v.75, p.1002-7, 1994.
- GODFREY, K.E., KINDIG, L.E., WINDELL, E.J. Electromyographic study of duration of muscle activity in sit-up variations. Archs. phys. Med. Rehabil., Chicago, v.58, p.132-5, 1977.
- GRAY, H. Anatomia. 29.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995.

- GRESSWELL, A.G., THORSTENSSON, A. The role of the abdominal musculature in the elevation of the intra-abdominal pressure during specified tasks. Ergonomics, v.32, n.10, p.1237-46, 1989.
- GUIMARÃES, A.C.S., VAZ, M.A., CAMPOS, M.I.A., et al. The contribution of the rectus abdominis and rectus femoris in twelve selected abdominal exercises. J. Sport Med. phys. Fitness, Turim, v.31, n.2, p.222-30, 1991.
- GUIMARÃES, A.C.S., CRESCENTE, L.A.B. Eletromiografia de exercícios abdominais: um estudo piloto. Rev. Bras. de Ciências do Esporte, Rio de Janeiro, v.6, n.1, p.110-6, 1984.
- GUTIN, B., LIPETZ, S. An electromyographic investigation of the rectus abdominis in abdominal exercises. Res. Q. Am. Heth. Phy. Educ., v.42, n.3, p.256-63, 1971.
- HALPERN, A.A., BLECK, E.E. Sit-up exercises: an electromyographic study. Clin. Orthop., Philadelphia, n.145, p.172-8, 1979.
- HEMBORG, B., MORITZ, U., HAMBERG, J., LÖWING, H., AKESSON, I. Intraabdominal pressure and trunk muscle activity during lifting-effect of abdominal muscle training in healthy subjects. Scand. J. Rehab. Med. v.15, p.183-96, 1983.
- KENDALL, F.P., McCREARY, E.K. Músculos: provas e funções. 3.ed. São Paulo: Manole, 1990. p.205-369.
- KOEPKE, G.H., MURPHY, A. J., ERA, J. W., DICKINSON, D. G. An electromyographic study of some of the muscles used in respiration. Archs. phys. Med. Rehabil. p.217 – 22, 1955.
- KNUTSON, L.M., SODERBERG, G.L., BALLANTYNE, B.T., CLARKE, W.R. A study of various normalization procedures for within day electromyographic data. J. Electromyogr. Kinesil., v.4, n.1, p. 47-58, 1994.

- MACHADO DE SOUSA, O., FURLANI, J. Electromyographic study of the M. rectus abdominis. Acta Anat., Basel, v.88, p.281-98, 1974.
- McGILL, S.M. Electromyographic activity of the abdominal and low back musculature during the generation of isometric and dynamic axial trunk torque: Implications for lumbar mechanics. J. Orthop. Res., v.9, n.1, p.91-103, 1991.
- MATHIASSEN, S.E., WILKEL, J., HÄGG, G.M. Normalization of surface emg amplitude from the upper trapezius muscle in ergonomic studies. J. Electromyogr. Kinesiol., v.5, n.4, p.197-226, 1995.
- MAYHEW, T. P., NORTON, B.J., SAHRMANN S.A. Electromyographic study of the relationship between hamstring and abdominal muscles during a unilateral straight leg raise. Phys. Ther., v.63, n.11, p.1769-73, 1983.
- MORAES, A. C., BANKOFF, A.D.P., PELLEGRINOTTI, I.L., et al. Eletromyography analysis of the rectus abdominis and external oblique muscles of children 8 to 10 years old. Electromyogr. clin. Neurophysiol., v.35, p.425-30, 1995.
- NEGRÃO FILHO, R.F. Estudo eletromiográfico das porções do M. Rectus abdominis. Piracicaba: FOP/UNICAMP 94p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual de Campinas, 1995.
- NEGRÃO FILHO, R.F., BERZIN, F., SOUZA, G.C. Study electromyographic of the portions in the M. Rectus Abdominis. Electromyogr. clin. Neurophysiol., v.37, p.491-501, 1997.
- NOMINA anatômica; aprovada pelo Congresso Internacional de Anatomistas, 11., Cidade do México, 1980. 5.ed. Rio de Janeiro: Medsi, 1983. (Folheto)
- NORRIS, C.M. Abdominal muscle training in sport. Br. J. Sports Med., Loughborough, v.27, n.1, p. 19-27, 1993.

- NORRIS, C.M. Spinal stabilisation: muscle imbalance and the low back. Physiotherapy, v.81, n.3, p. 127-38, 1995.
- PARTRIDGE, M.J., WALTERS, C.E. Participation of the abdominal muscles in various movements of the trunk en man. The Phys. Ther. Rev., v.39, n12, p.791-800, 1959.
- POPE, M. H., ANDERSSON, G.B.J., BROMAN, H., SVENSSON, M., ZETTERBERG, C. Electromyographic studies of the lumbar trunk musculature during the development of axial torques. J. Orthop. Res., v.4, p.288-97, 1986.
- SARTI, M.A., MONFORT, M., FUSTER M.A., VILLAPLANA, L.A. Muscle activity in upper and lower rectus abdominus during abdominal exercises. Arch. phys. Med. Rehabil., v.77, p.1293-97, 1996.
- SHEFFIELD, F.J. Electromyographic study of the abdominal muscles in walking and other movements. Am. J. phys. Med., Baltimore, v.41, p.142-7, 1962.
- SHIRADO, O., ITO, T., KANEDA, K., STRAX, T.E. Eletromyographic analysis of four techniques for isometric trunk muscle exercises. Arch. phys. Med. Rehabil., v.76, p.225-9, 1995.
- SODERBERG, G.L., COOK T.M. An electromyographic analysis of quadriceps femoris muscle setting and straight leg raising. Phys. Ther., v.63, n.9, p.1434-38, 1983.
- SODERBERG, G.L., MINOR, S.D., ARNOLD, K., et al. Electromyographic analysis of knee exercises in healthy subjects and in patients with knee pathologies . Phys. Ther., v.67, n.11, p.1691-96, 1987.
- TÜRKER, K.S. Electromyography: some methodological problems and issues. Phys. Ther. v.73, n.10, p.698-710, 1993.

VAZ, M.A., GUIMARÃES, A.C.S., CAMPOS, M.I. Análise de exercícios abdominais: um estudo biomecânico e eletromiográfico. Rev. Bras. de Ciênc. e Movim., v.5, n.4, p.18-40, 1991.

VIEIRA, S. Introdução à bioestatística. 2.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1991.

WALTERS, C.E., PARTRIDGE, M.J. Electromyographic study of the differential action of the abdominal muscles during exercise. Am. J. phys. Med., Baltimore, v.36, p.259-68, 1957.

WINTER, D.A. The biomechanics and motor control of human movement. 2ed, John Wiley & Sons, 1990.

YANG, J.F., WINTER, D.A. Electromyographic amplitude normalization methods: improving their sensitivity as diagnostic tools in gait analysis. Arch. phys. Med. Rehabil., v.65, p. 517-21, 1984.

ANEXOS

ANEXO I

PROTOCOLO PARA COLETA DE DADOS

1 – Preparo da sala de experimento

- a - temperatura (24 graus)
- b – verificar aparelho de orientação para o exercício isotônico de flexo-extensão do tronco (aparelho de exercício abdominal):
 - . sensores de controle de ciclos (chave liga/desliga)
 - . tapete de apoio e colchonete
- c – verificar banco de encosto reclinável
 - . fitas de velcro para fixar as duas partes do banco
 - . célula de carga
 - . cinta inter-escapular de nylon
- d – limpeza dos eletrodos de superfície
- e – materiais complementares (disquetes, fita adesiva micropore, giletes para tricotomia, algodão, álcool, goniômetro, ficha de identificação e coleta de dados.
- f – verificação do sistema de aquisição de sinais
 - . Ensaio – configuração dos canais de entrada

Canal	Nome	Unidade	Limites Sup/inf	Fundo de escala
00	PSE	UV	2000/-2000	5 / -5 V
01	PME	UV	2000/-2000	5 / -5 V
02	PIE	UV	2000/-2000	5 / -5 V
03	PSD	UV	2000/-2000	5 / -5 V
04	PMD	UV	2000/-2000	5 / -5 V
05	PID	UV	2000/-2000	5 / -5 V
12	Chave l/d	MV	8 / -8	10 / -10
13	Célula de carga	Kg/f	80.000	10 / -10

(obs. Calibrar por regressão)

- . Frequência de amostragem da placa A/D (1000 Hz)
- . Parâmetros de ensaio
 - . comentário – nome do voluntário
 - . duração de 1'30" p/ exercício isotônico
 - . duração de 4" p/ exercício isométrico
 - . arquivo de destino - ex: R1isto

- . Apresentação dos dados
- . tipo de gráfico = x + y + z + w . t
 - x = canal 00 ou 03
 - y = canal 01 ou 04
 - z = canal 02 ou 05
 - w = canal 12 ou 13
- . tempo de coleta 1'30" ou 4"
- . ensaio – executando testes dos canais de aquisição com a apresentação da tela de ensaio (canais 00, 01, 02, 03, 04, 05 (eletromiografia), 12 (chave liga/desliga), 13 (célula de carga))

2 – Preparação do voluntário a ser testado

- . Explicação geral sobre o teste
- . Preenchimento: Termo de concordância, Ficha de identificação e registro dos dados.
- . Orientação sobre o teste
 - . treinamento no aparelho de exercício isotônico de flexo-extensão
 - . tempo de execução
 - . tempo de intervalo
 - . posição dos membros inferiores
 - . local dos sensores de ciclos
 - . treinamento no banco de exercício isométrico de flexão do tronco.
 - . posição do banco – 45 graus
 - . posição do voluntário
 - . fixação da célula de carga
 - . apresentação da tela de ensaio para o feedback visual
 - . colocação dos eletrodos
 - . localização do centro do músculo, tricotomia e limpeza da pele com álcool, fixação dos eletrodos com fita adesiva micropore:
 - . porção superior esquerda = canal 00
 - . porção média esquerda = canal 01
 - . porção inferior esquerda = canal 02
 - . porção superior direita = canal 03
 - . porção média direita = canal 04
 - . porção inferior direita = canal 05
 - . executar a coleta dos dados em repouso, verificando amplitude do sinal

- 3 – Coleta dos dados do exercício isotônico de flexo-extensão do tronco
- . verificar parâmetros de ensaio (habilitar chave liga/desliga, tempo de coleta em 1'30" e arquivo de destino)
 - . testar os sinais a serem adquiridos
 - . executar a coleta dos dados dos 10 movimentos
- 4 – Coleta de dados do exercício isométrico de flexão do tronco
- a) da contração isométrica voluntária máxima (CIVM)
- . posicionar o banco em 45 graus
 - . verificar os parâmetros de ensaio (habilitar o canal da célula de carga e desabilitar o canal da chave liga/desliga, tempo de registro = 4" e arquivo de destino)
 - . fixar a célula de carga e calibrar junto a tela de ensaio
 - . testar os sinais eletromiográficos a serem adquiridos
 - . executar a coleta dos dados da CIVM (verificar o resultado da coleta após cada uma das 3 tentativas e registrar o pico de força máxima)
 - . estabelecer a porcentagem da CIVM a ser usada nos exercícios seguintes.
- b) da coleta dos dados do exercício isométrico de flexão do tronco nas angulações de 0, 15, 30, 45 e 60 graus a 50% da CIVM
- . posicionar o ângulo do banco
 - . verificar parâmetros de ensaio
 - . verificar feedback visual
 - . executar coleta dos dados (verificando o resultado de cada coleta) das 10 tentativas em cada ângulo.
- 5 – Arquivar em disquete (linguagem ASC) e registrar o valor de cada traçado (RMS – raiz quadrada da média).

ANEXO II

Termo de Consentimento para Participação em Pesquisa Clínica

Nome do Voluntário: _____
Endereço: _____
Telefone para contato: _____
Cidade: _____ CEP: _____

As informações contidas neste prontuário foram fornecidas pelo Prof. Rúben de Faria Negrão Filho (Doutorando em Biologia e Patologia Buco-Dental FOP/UNICAMP), objetivando firmar acordo escrito mediante o qual, o voluntário da pesquisa autoriza sua participação com pleno conhecimento da natureza dos procedimentos e riscos a que se submeterá, com a capacidade de livre arbítrio e sem qualquer coação.

1. Desconforto ou Riscos Esperados: Os voluntários não serão submetidos a riscos durante o período experimental, pois irão apenas realizar uma atividade física de um período breve, não trazendo sobrecarga ao seu aparelho cardio-respiratório e registra a atividade elétrica do músculo reto do abdome através de eletrodos fixados à pele por fita adesiva, sendo esta antialérgica.

2. Informações: O voluntário tem garantia que receberá respostas a qualquer pergunta ou esclarecimento de qualquer dúvida quanto aos procedimentos, riscos, benefícios e outros assuntos relacionados com pesquisa. Também os pesquisadores supracitados assumem o compromisso de proporcionar informação atualizada obtida durante o estudo, ainda que esta possa afetar a vontade do indivíduo em continuar participando.

3. Métodos Alternativos Existentes: Como o método utilizado para captação da atividade elétrica do músculo será através de eletrodos de superfície, um método alternativo existente seria o de eletrodos de agulha (método invasivo), que ao nosso modo de ver, se torna inviável e desnecessário.

4. Retirada do Consentimento: o voluntário tem a liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo.

5. Aspecto Legal: Elaborados de acordo com as diretrizes e normas regulamentadas de pesquisa envolvendo seres humanos atendendo à Resolução n.º 196, de 10 de outubro de 1996, do Conselho Nacional de Saúde do Ministério de Saúde – Brasília – DF.

6. Garantia do Sigilo: Os pesquisadores asseguram a privacidade dos voluntários quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa.

7. Formas de Ressarcimento das Despesas decorrentes da Participação na Pesquisa: Serão ressarcidas despesas com eventuais deslocamentos.

8. Local da Pesquisa: A pesquisa será desenvolvida no Laboratório de Eletromiografia, FOP - UNICAMP, localizada na Av. Limeira, Piracicaba – SP.

9. Telefones dos Pesquisadores para Contato: Profº . Dr. Fausto Bérzin - (019) 430 5336 , Prof. Ms. Rúben de Faria Negrão Filho – (0182) 2211977.

10. Consentimento Pós-Informação:

Eu, _____, após leitura e compreensão deste termo de informação e consentimento, entendo que minha participação é voluntária, e que posso sair a qualquer momento do estudo, sem prejuízo algum. Confirmando que recebi cópia deste termo de consentimento, e autorizo a execução do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo no meio científico.

* Não assine este termo se ainda tiver alguma dúvida a respeito.

Piracicaba, de de 1998.

Nome (por extenso): _____

Assinatura: _____

1ª via: Instituição

2ª via: Voluntário

ANEXO III

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO E REGISTRO DOS DADOS

Nome _____ Idade _____
Peso _____ Altura _____

1 – Atividade elétrica em repouso (uV)

PSE	PME	PIE	PSD	PMD	PID

2 – Registro da Força de Contração Voluntária Máxima

R1 CVMI 1	R1 CVMI 2	R1 CVMI 3

3 – Determinação da porcentagem da força máxima = _____

4 – Registro da Atividade Elétrica da CVMI – RMS

Porções/ repet.	1	2	3
PSE			
PME			
PIE			
PSD			
PMD			
PID			

5 – Registro dos tempos do exercício isotônico

Determinação do tempo de cada um dos ciclos do exercício				
Nº do exerc.	T1	T2	Tempo de contração	Arquivo Isto
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

6 – Registro da Atividade Elétrica do exercício isotônico (RMS)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PSE										
PME										
PIE										
PSD										
PMD										
PID										

7 – Registro da Atividade Elétrica do exercício isométrico (RMS)

0º	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PSE										
PME										
PIE										
PSD										
PMD										
PID										

15°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PSE										
PME										
PIE										
PSD										
PMD										
PID										

30°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PSE										
PME										
PIE										
PSD										
PMD										
PID										

45°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PSE										
PME										
PIE										
PSD										
PMD										
PID										

60°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PSE										
PME										
PIE										
PSD										
PMD										
PID										

Quadro I – Valores médios de 10 repetições do exercício isométrico de flexão do tronco, de cada um dos 10 voluntários da amostra, expressos em porcentagem da atividade da contração isométrica voluntária máxima das porções superior (PSE), média (PME) e inferior esquerda (PIE), e superior (PSD), média (PMD) e inferior direita (PID), nos ângulos de 0 a 60°.

Ângulos	Sujeitos	PSE	PME	PIE	PSD	PMD	PID
0°	1	39,1	64,5	73,6	49,4	18,4	47,4
	2	56	67,2	43,9	39,2	53,7	51,5
	3	28,7	90,6	72,5	53,4	88,2	72,8
	4	91,5	72,8	48,1	0	0	36,5
	5	50,9	44,8	53,9	91,6	61,5	60,8
	6	58,6	26,7	49,5	68,6	56,3	51,1
	7	64,2	71,9	53,6	71,8	42,1	48,9
	8	42,8	94,8	87,8	70,6	66,4	83,2
	9	74,2	49,9	68,9	70,6	74,2	69,2
	10	82,8	69,2	72,3	55	72,8	61,3
15°	1	43,8	63,4	72,2	36,9	28,6	47,5
	2	42,8	63,6	37,6	36,2	46,1	46,9
	3	44,2	94,3	67,7	66,4	53,8	73,3
	4	59,9	63,3	44,1	0	43	41,6
	5	44,3	46,6	58,1	80,7	67,5	62,3
	6	62,5	35,3	57,2	68,4	56,3	60,2
	7	60,2	58,3	45,4	60	28,5	40
	8	36	97,5	89,3	42,9	56,4	95,7
	9	69,9	49,5	69,8	66,9	71,6	72,8
	10	73,9	67,5	68	60,3	75,8	58,2
30°	1	56	64,4	72,6	50,3	42,8	58,8
	2	31,2	45,8	30,3	27,4	36,6	41,6
	3	45,1	101,8	69,2	68,5	62,6	72,6
	4	67,7	56,9	43,7	0	43,1	43,6
	5	44,3	55,4	58,6	82,1	67	66,1
	6	62	45,1	54,5	70,2	58,8	57,8
	7	52,1	49,1	38,1	44,7	34,8	31
	8	35,5	77,1	73,8	39,7	52,6	75,2
	9	60	42,3	64,7	57,5	66,5	63,3
	10	81	60,3	76,1	62	64,2	64,3

- Continuação do quadro I

45°	1	67,3	55,5	58,4	47,1	65,4	48,2
	2	26,3	64,5	28,6	35,3	23,4	36,5
	3	36,2	103,1	61,4	63,2	51	73,3
	4	65,7	54,6	34,2	0	65,8	50
	5	39,9	62,7	76,1	89,5	70	76,2
	6	58,9	35,2	54,8	64,6	45,1	60,6
	7	59,2	54	44,6	47,4	50	43,7
	8	50,6	92,1	61,2	32,7	54,3	66,9
	9	60	34,1	66,2	63,7	64,8	65,7
	10	84,8	66,9	75,7	66,8	64,6	71,6
60°	1	28,8	50,6	48,6	32,2	56,7	43,9
	2	27,2	36,8	24,1	26,5	23,5	34,2
	3	31,1	93,2	63,9	59	44,6	59,8
	4	59	47,7	39,7	0	52,7	43,1
	5	35,7	57,3	74,4	83,2	73	75,3
	6	62,5	38,5	58,9	70,9	45,7	68,2
	7	42,2	44	37,8	51,1	41,6	34,7
	8	50,4	86,6	63,4	31,3	54,7	50,4
	9	59,1	31,3	67,9	55,9	56,5	64,1
	10	77,3	56,8	76,6	70,2	47,2	66,3

Obs. Considerando que não foi possível obter valor para a PSD do indivíduo 4, o mesmo foi excluído da amostra, somente para a análise quantitativa.