

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO**

PAULO ANDRÉ POLI DE FIGUEIREDO

**ANÁLISE ELETROMIOGRÁFICA DE
EXERCÍCIOS ABDOMINAIS REALIZADOS POR
MULHERES NO MEIO LÍQUIDO**

Porto Alegre, 2004

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO**

Paulo André Poli de Figueiredo

**ANÁLISE ELETROMIOGRÁFICA DE
EXERCÍCIOS ABDOMINAIS REALIZADOS POR
MULHERES NO MEIO LÍQUIDO**

Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do grau acadêmico de Mestre em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Luís Fernando Martins Kruehl

Porto Alegre, 2004

TRABALHO APRESENTADO EM BANCA E APROVADO POR:

Dr. ANTÔNIO CARLOS AMADIU

Dr. NOÉ GOMES BORGES JR.

Dr. ANTÔNIO CARLOS STRINGHINI GUIMARÃES

Conceito Final: A

Porto Alegre, 17 de junho, de 2004.

Professor Orientador: Prof. Dr. Luís Fernando Martins Kruehl

Aluno: Paulo André Poli de Figueiredo

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação pessoal e profissional:

À minha esposa, Tamar Finkelstein, pelo incentivo e carinho, não só neste trabalho como em nosso projeto de vida;

Aos meus pais, Sérgio Almeida de Figueiredo e Maria Virgínia Poli de Figueiredo, e a meus irmãos, pela formação e ambiente familiar;

Ao Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Krueel, pela amizade, incentivo profissional e confiança depositada neste projeto;

Ao Prof. Dr. Noé Gomes Borges Jr., pelo companheirismo, incentivo e dedicação dispensados neste trabalho;

Ao Prof. Dr. Antônio Carlos Guimarães, relator deste projeto, pela sua importante contribuição;

Ao colega Mnd. Michel Brentano, pela minha introdução na eletromiografia e pelo tempo e conhecimento dispensados neste projeto;

Aos colegas do Grupo de Pesquisa em Atividades Aquáticas, em especial à Mnd. Gabriela Black e Ms. Leonardo Tartaruga, pela contribuição na elaboração e coleta dos dados;

Aos colegas Cristine Alberton, Daniel Bagatine, Fernando Beltrami, Fernando Diffenteler, Gabriela Girardi e Mnd. Marcelo Coertjens, pela iniciativa e contribuição neste trabalho;

Ao Paulo Cabral, por seu auxílio na análise cinemática;

À Dr.^a Carla Tem Katen e ao Dr. Mario Wagner, pela contribuição na estatística;

A Dda. Flávia Martinez, por sua preciosa contribuição na discussão dos resultados;

Ao Prof. Dr. Jefferson Loss e à colega Ms Denise Soares, pelos ensinamentos e informações compartilhadas;

Aos participantes da amostra desta pesquisa, pela disponibilidade em colaborar;

Ao Prof. Dr. Aluizio Ávila, pelo apoio e portas abertas para este projeto;

À UDESC e ao seu Laboratório de Biomecânica, pelo interesse e material cedido para a coleta dos dados;

Aos alunos, professores e sócios Mnd. Ilana Finkelstein e Renata Pilla do Centro Físico Acqualità que, além de serem a aplicação direta do conhecimento adquirido, tiveram a iniciativa de participar deste projeto;

À Josemary Poli, por sua participação na diagramação e correção do texto;

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, aos funcionários, professores e colegas do curso de Pós Graduação ESEF-UFRGS, o meu agradecimento pela oportunidade.

RESUMO

ANÁLISE ELETROMIOGRÁFICA DE EXERCÍCIOS ABDOMINAIS REALIZADOS POR MULHERES NO MEIO LÍQUIDO

Autor: Paulo André Poli de Figueiredo

Orientador: Luiz Fernando Martins Kruehl

O objetivo deste trabalho foi verificar a atividade elétrica dos músculos oblíquo externo, reto femoral e das porções supra-umbilical e infra-umbilical do reto abdominal, durante a execução de determinados exercícios abdominais realizados no meio líquido. A amostra foi composta por 20 (vinte) mulheres adaptadas ao meio líquido, com idade entre 21 e 29 anos. A atividade elétrica foi coletada com eletrodos de superfície, sendo o sistema de coleta de dados previamente adaptado, evitando o contato com a água. O exercício de flexão de tronco até a posição sentada, realizado em seco, foi utilizado como referência, sendo o valor *root mean square* (RMS), da fase ascendente deste exercício, empregado para a normalização da amplitude do sinal coletado durante os demais exercícios. Flexões de tronco e de quadril foram realizadas no meio líquido, na posição horizontal, com o apoio de um tubo nos membros superiores e em um ritmo padrão, sendo dois destes exercícios também realizados em máxima velocidade. Foi utilizado ANOVA *two ways*, em cada músculo, pelos fatores exercícios e fase. Para melhor compreender a ativação em cada fase, utilizou-se ANOVA *one way* no valor da fase ascendente de cada músculo pelo fator exercício, assim como somente nos valores da fase descendente. Para verificar onde estavam as diferenças, utilizou-se o Post Hoc de Tukey. Os dados foram também normalizados no tempo, sendo apresentados gráficos da atividade eletromiográfica dos músculos durante todo o ciclo de cada exercício. Ao analisar os exercícios como um todo, constatou-se que os exercícios aquáticos em ritmo padrão possuem menor atividade que o de referência. Ao analisar a fase ascendente dos exercícios aquáticos em ritmo padrão, o músculo reto abdominal em todos os exercícios, e o oblíquo externo nos exercícios sem apoio são tão eficiente quanto o exercício referência, mostrando que a instabilidade da posição horizontalizada e a resistência ao movimento compensam a diminuição do peso hidrostático. Já na fase descendente, além de menor atividade, o padrão da atividade muscular modifica nos exercícios aquáticos, possivelmente, mantendo uma atividade de estabilização, enquanto outro grupo muscular é responsável pelo movimento. A realização do exercício em máxima velocidade apresentou uma grande atividade eletromiográfica dos músculos abdominais no meio líquido e, para o reto femoral, a amplitude de movimento foi muito importante para sua ativação. Dessa forma, a flexão de tronco em máxima velocidade é um exercício de grande atividade abdominal e baixa atividade dos flexores de quadril. As características das forças externas ao corpo, nos exercícios abdominais realizados no meio líquido, proporcionam uma situação única de redução de peso hidrostático, resistência ao movimento, apoio relativo e tendência de rotação para atingir o equilíbrio estável.

Palavras-chave: abdominais, eletromiografia, meio líquido, exercícios aquáticos.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

Autor: Paulo André Poli de Figueiredo

Orientador: Luiz Fernando Martins Kruehl

Título: Análise Eletromiográfica de Exercícios Abdominais realizados por mulheres no meio líquido

Dissertação de Mestrado

Porto Alegre, 17 de junho de 2004

ABSTRACT

AN ELETROMYOGRAPHIC ANALYSIS OF WOMEN ABDOMINAL EXERCISES UNDER WATER.

Author: Paulo André Poli de Figueiredo
Adviser: Luiz Fernando Martins Kruehl

The aim of this study was to analyse the electric activity of the external oblique, rectum femoral muscles and the supra and infraumbilical portions of the rectum abdominal muscles, during certain abdominal aquatic exercises. The sample was comprised of 20 women aging 21 to 29 years and adapted to aquatic environment. The electric activity data were obtained through surface electrodes, previously adapted to avoid the water interference. The trunk flexion exercise until the seated position, in dry environment, was used as a reference, being the root mean square value (RMS) of the upward phase of this exercise used to normalize the amplitude of the sign obtained during all the exercises. Trunk and hip flexions were preceded in water in horizontal position, supported by a tube on the upper members at a standard rhythm and at maximum speed. The Two Ways ANOVA statistical analysis was used for each muscle to verify the exercise and phase factors. The One Way ANOVA was used in the upward and downward phase of each muscle for the exercise factor to better understand the activation in each phase. The Tukey Post Hoc pointed out where the differences were. Data were normalized in time, being presented electromyographic activity graphics during every exercise cycle. An overall analysis showed the aquatic exercises in standard rhythm with lower activity than the reference. The upward phase in standard rhythm showed the external oblique muscles in unsupported exercises and the rectum abdominal muscles in all exercises as efficient as the reference exercise, showing that the horizontal position instability and the resistance to movement compensate the hydrostatic weight loss. The downward phase showed a lower and a different pattern of muscular activity during aquatic exercises, possibly keeping a stabilizing activity, while the other muscular group is responsible for the movement. Electromyography activity recognized great performance of the abdominal muscles in aquatic environment and, for the rectum femoral muscle, the movement amplitude is very important for its activation. Thus, trunk flexural activity in high speed is an exercise of great abdominal activity and low hip flexural activity. The characteristics of external forces to the body during abdominal aquatic exercises lead to a unique situation of hydrostatic weight reduction, resistance to movement, relative support and rolling tendency to reach stable equilibrium.

Keywords: Abdominal muscles, electromiography, aquatic environment, aquatic exercises.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
POS-GRADUATION PROGRAM ON HUMAN EXERCISES MOVEMENT SCIENCE

Author: Paulo André Poli de Figueiredo

Advisers: Dr. Luiz Fernando Martins Kruehl

Title: An Eletromiographic Analysis of Women Abdominal Exercises Under Water

Master

Porto Alegre, 17 de junho de 2004.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 O PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 Objetivo Geral	2
1.2.2 Objetivos Específicos	3
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 ATIVIDADE AQUÁTICA	4
2.2 ELETROMIOGRAFIA	7
2.2.1 Normalização da Intensidade	11
2.2.2 Fatores Influenciadores	13
2.2.2.1 Tipos de Eletrodo	13
2.2.2.2 Posição do Eletrodo	14
2.2.2.3 Velocidade de Execução	15
2.2.2.4 Superfície de Apoio	15
2.3 FUNÇÃO MUSCULAR	16
2.3.1 Músculos Abdominais	16
2.3.1.1 Músculo Oblíquo Externo	17
2.3.1.2 Músculo Reto Abdominal	17
2.3.2 Músculos Flexores do Quadril	18
2.3.2.1 Músculo Reto Femoral	19
2.3.3 Equilíbrio entre os Músculos Abdominais e os Flexores de Quadril	19
2.3.4 Análise da Função Muscular em Diferentes Exercícios	20
2.3.4.1 <i>Trunk Curl</i>	20
2.3.4.2 <i>Sit Up</i>	21
2.3.4.3 Elevação de Pernas	23
2.3.4.4 <i>V-Sit</i>	24
2.4 ELETROMIOGRAFIA E ATIVIDADES AQUÁTICAS OU NO MEIO LÍQUIDO	24
2.5 MÚSCULOS ABDOMINAIS E FLEXORES DE QUADRIL NA HIDROGINÁSTICA	26
3 METODOLOGIA	28
3.1 AMOSTRA	28
3.2 PROCEDIMENTO PARA SELEÇÃO DA AMOSTRA	28
3.3 TERMO DE COMPROMISSO	28
3.4 INSTRUMENTOS DE MEDIDAS	28

3.4.1	Fichas de Dados Individuais	29
3.4.2	Eletromiógrafo	29
3.4.3	Microcomputador	30
3.4.4	Eletrodos de Superfície	30
3.4.5	Curativo Adesivo	30
3.4.6	Silicone	30
3.4.7	Sistema de Filmagem	30
3.4.8	Adesivos Reflexivos	31
3.4.9	Alinhamento da Cinemática com a Eletromiografia	31
3.4.10	Piscina com Visores para Visão Subaquática	32
3.4.11	Redutor de Profundidade	32
3.4.12	Metrônomo	33
3.4.13	Aparelho de Som Portátil	33
3.4.14	Acquatubo	33
3.4.15	Estadiômetro	33
3.4.16	Balança	33
3.5	VARIÁVEIS	33
3.5.1	Variável Dependente	33
3.5.2	Variáveis Independentes	34
3.5.2.1	Exercício de Referência (REF)	34
3.5.2.2	Exercício de Referência em Velocidade Máxima (REF V_{MAX})	34
3.5.2.3	Exercício Tradicional com Apoio de Membros Inferiores (TCA)	35
3.5.2.4	Exercício Tradicional sem Apoio de Membros Inferiores (TSA)	35
3.5.2.5	Exercício Tradicional sem Apoio em Velocidade Máxima (TSA V_{MAX})	36
3.5.2.6	Exercício Sentado com Apoio de Membros Inferiores (SCA)	36
3.5.2.7	Exercício Sentado sem Apoio de Membros Inferiores (SSA)	36
3.5.2.8	Exercício Sentado sem Apoio em Velocidade Máxima (SSA V_{MAX})	37
3.5.2.9	Exercício Canivete (CAN)	37
3.5.3	Tratamento das Variáveis Independentes	37
3.5.4	Variável de Controle	38
3.6	ROTINAS E PROTOCOLOS	38
3.6.1	Caracterização da Amostra	38
3.6.2	Familiarização com os Exercícios Propostos	38
3.6.3	Configuração dos Dados do Eletromiógrafo	39
3.6.4	Isolamento do Eletromiógrafo	39
3.6.5	Preparação da Pele e Colocação dos Eletrodos	41
3.6.6	Isolamento dos Eletrodos	42
3.6.7	Contração Voluntária Máxima	43
3.6.7.1	Contração Voluntária Máxima da Porção Superior do Músculo Reto Abdominal	43
3.6.7.2	Contração Voluntária Máxima da Porção Inferior do Músculo Reto Abdominal	43
3.6.7.3	Contração Voluntária Máxima do Músculo Femoral	43
3.6.8	Ordem dos Exercícios	44
3.6.9	Registro das Imagens	44
3.7	ANÁLISE DOS DADOS DA FILMAGEM	45
3.7.1	Digitalização das Imagens Analógicas	45
3.7.2	Processamento de Arquivos de Imagem para Comparação com a Eletromiografia	45
3.7.3	Verificação dos Tempos das Execuções	45
3.8	ANÁLISE DOS DADOS DA ELETROMIOGRAFIA	47
3.8.1	Recorte e Valor RMS	48

3.8.2 Normalização em Amplitude	48
3.8.3 Normalização pelo Tempo	49
3.9 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO	49
3.10 DESENHO EXPERIMENTAL	50
3.11 TRATAMENTO ESTATÍSTICO	51
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	52
4.2 EXERCÍCIO REFERÊNCIA PRÉ X PÓS	52
4.3 ANÁLISE DOS EXERCÍCIOS	53
4.4 ANÁLISE DAS FASES	64
4.5 ANALISE TEMPORAL	74
CONCLUSÕES	84
SUGESTÕES	85
REFERÊNCIAS	86
ANEXOS	95
ANEXO A: APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA	96
ANEXO B: TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO	97
ANEXO C: FICHA DE DADOS INDIVIDUAIS	99
ANEXO D: MACRO UTILIZADA PARA A FILTRAGEM DO SINAL ELETROMIOGRÁFICO	100
ANEXO E: ESTATÍSTICA DESCRITIVA	101
ANEXO F: <i>POST HOC</i> TUKEY ENTRE OS EXERCÍCIOS	102
ANEXO G: <i>POST HOC</i> TUKEY EM CADA FASE DOS EXERCÍCIOS	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Eletromiógrafo marca Paromed Medizintechnik GMBH. 1. <i>Data Logger</i> ; 2. Sistema de baterias; 3. <i>Serial Port Cable</i> ; 4. <i>Memory card</i> ; 5. Pré-amplificador.....	29
Figura 2:	Sistema de filmagem do exercício de referência.....	31
Figura 3:	Sistema de filmagem dos exercícios aquáticos posicionados no visor da piscina (esquerda) e vídeo e monitor do mesmo sistema (direita).....	31
Figura 4:	Momento inicial da coleta eletromiográfica indicado, na filmagem, através de um sinal luminoso.....	32
Figura 5:	Redutor de profundidade.....	32
Figura 6:	Desenho esquemático do exercício de referência (REF).....	34
Figura 7:	Posição inicial e final do TCA.....	35
Figura 8:	Posição de maior flexão no TCA.....	35
Figura 9:	Posição inicial e final do TSA.....	35
Figura 10:	Posição de maior flexão no TSA.....	35
Figura 11:	Posição de maior flexão do SCA.....	36
Figura 12:	Posição de maior flexão do exercício SSA.....	36
Figura 13:	Posição de maior flexão no CAN.....	37
Figura 14:	Isolamento do pré-amplificador nos cabos.....	40
Figura 15:	Isolamento do Datalogger e do sistema de baterias.....	40
Figura 16:	Situação experimental do exercício TCA. Observam-se dois ajudantes, um para controlar o posicionamento do indivíduo e o outro para cuidar o equipamento.....	41
Figura 17:	Isolamento dos eletrodos.....	42
Figura 18:	Sinal luminoso indica início da coleta eletromiográfica; a ferramenta de abrir colchete indica que o tempo foi zerado.....	46
Figura 19:	Colchete determina frame de final da fase ascendente e início da fase descendente do exercício SSA.....	46
Figura 20:	Colchete determina frame de fim da fase descendente.....	47

Figura 21:	Recorte da fase ascendente, em azul e vermelho, e da fase descendente, em marrom e cinza.....	48
Figura 22:	Médias e desvios padrão, nos diferentes exercícios, da atividade eletromiográfica percentual da fase ascendente do exercício referência (%EMG) na porção superior do músculo reto abdominal (RAS). Retas A e B identificam dois grupos de exercícios significativamente diferentes ($P<0,05$).....	54
Figura 23:	Médias e desvios padrão, nos diferentes exercícios, da atividade eletromiográfica percentual da fase ascendente do exercício referência (%EMG) na porção inferior do músculo reto abdominal (RAI). Retas A, B, C e D identificam os grupos de exercícios significativamente diferentes ($P<0,05$).....	58
Figura 24:	Médias e desvios padrão, nos diferentes exercícios, da atividade eletromiográfica percentual da fase ascendente do exercício referência (%EMG) no músculo oblíquo externo (OE). Retas A, B, C e D identificam os grupos de exercícios significativamente diferentes ($P<0,05$).....	61
Figura 25:	Médias e desvios padrão, nos diferentes exercícios, da atividade eletromiográfica percentual da fase ascendente do exercício referência (%EMG) no músculo reto femoral (RF). Retas A, B e C identificam os grupos de exercícios significativamente diferentes ($P<0,05$).....	63
Figura 26:	Médias e desvios padrão da atividade eletromiográfica percentual da fase ascendente do exercício referência (%EMG) na porção superior do músculo reto abdominal (RAS), na fase ascendente dos diferentes exercícios. Retas A e B identificam dois grupos de exercícios significativamente diferentes ($P<0,05$).....	65
Figura 27:	Médias e desvios padrão da atividade eletromiográfica percentual da fase ascendente do exercício referência (%EMG), na porção superior do músculo reto abdominal (RAS), na fase descendente dos diferentes exercícios. Retas A, B e C identificam os grupos de exercícios significativamente diferentes ($P<0,05$).....	66
Figura 28:	Médias e desvios padrão da atividade eletromiográfica percentual da fase ascendente do exercício referência (%EMG) na porção inferior do músculo reto abdominal (RAI), na fase ascendente dos diferentes exercícios. Retas A, B, C e D identificam os grupos de exercícios significativamente diferentes ($P<0,05$).....	68
Figura 29:	Médias e desvios padrão da atividade eletromiográfica percentual da fase ascendente do exercício referência (%EMG) na porção inferior do músculo reto abdominal (RAI), na fase descendente dos diferentes exercícios. Retas A e B identificam os grupos de exercícios significativamente diferentes ($P<0,05$).....	69
Figura 30:	Médias e desvios padrão da atividade eletromiográfica percentual da fase ascendente do exercício referência (%EMG) do músculo oblíquo externo (OE), na fase ascendente dos diferentes exercícios. Retas A, B e C identificam os grupos de exercícios significativamente diferentes ($P<0,05$)...	71

Figura 31:	Médias e desvios padrão da atividade eletromiográfica percentual da fase descendente do exercício referência (%EMG) no músculo oblíquo externo (OE), na fase descendente dos diferentes exercícios. Retas A, B e C identificam os grupos de exercícios significativamente diferentes ($P < 0,05$)...	72
Figura 32:	Médias e desvios padrão da atividade eletromiográfica percentual da fase ascendente do exercício referência (%EMG) no músculo reto femoral (RF), na fase ascendente dos diferentes exercícios. Retas A, B e C identificam os grupos de exercícios significativamente diferentes ($P < 0,05$).....	72
Figura 33:	Médias e desvios padrão da atividade eletromiográfica percentual da fase ascendente do exercício referência (%EMG) no músculo reto femoral (RF), na fase descendente dos diferentes exercícios. Retas A, B e C identificam os grupos de exercícios significativamente diferentes ($P < 0,05$).....	73
Figura 34:	Atividade eletromiográfica (% do valor RMS fase ascendente do REF) nos músculos reto abdominal – porção superior (RAS) e inferior (RAI), oblíquo externo (OE) e reto femoral (RF), durante a fase ascendente e descendente dos exercícios realizados em seco: REF (A) e REFV _{MAX} (B).....	75
Figura 35	Atividade eletromiográfica (%EMG do valor RMS fase ascendente do REF) nos músculos reto abdominal – porção superior (RAS) e inferior (RAI) –, oblíquo externo (OE) e reto femoral (RF), durante a fase ascendente e descendente do exercício de flexão de tronco e quadril realizados no meio líquido: SCA (A), SSA (B), SSA V _{MAX} (C) e CAN (D)...	76
Figura 36:	Atividade eletromiográfica (%EMG do valor RMS fase ascendente do REF) nos músculos reto abdominal – porção superior (RAS) e inferior (RAI) –, oblíquo externo (OE) e reto femoral (RF), durante a fase ascendente e descendente dos exercícios de flexão de tronco realizados no meio líquido: TCA (A), TSA (B), TSA V _{MAX} (C).....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização da amostra: médias (χ), desvios padrão (DP), valores mínimo e máximo das variáveis idade, estatura, massa.....	52
Tabela 2: Número de amostras válidas (N), médias (χ), desvio padrão (DP), diferença PRÉ e PÓS e significância (P) dos valores obtidos nas porções superior (RAS) e inferior (RAI) do reto abdominal, do músculo oblíquo externo (OE) e do reto femoral (RF), na fase ascendente do exercício REF, antes (PRÉ) e depois (PÓS) dos exercícios aquáticos.....	53
Tabela 3: Análise de variância pelo fator exercício (EXER), fase e exercício X fase nas porções superior (RAS) e inferior (RAI) do músculo reto abdominal, nos músculos oblíquo externo (OE) e reto femoral (RF).....	53
Tabela 4: Média da atividade eletromiográfica (χ), desvio padrão (DP) e número de sujeitos (N) analisados nos diferentes exercícios nas fases ascendentes (1) e descendentes (2), no exercício com um todo (total) nas porções superior (RAS) e inferior (RAI) do músculo reto abdominal, no músculo oblíquo externo (OE) e no reto femoral (RF)....	102
Tabela 5: Média (χ), desvio padrão (DP) e número de sujeitos (N) nos diferentes exercícios (EXER), nas porções superior (RAS) e inferior (RAI) do músculo reto abdominal, nos músculos oblíquo externo (OE) e reto femoral (RF).....	103

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Desenho experimental.....	61
-------------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CAN	–	Canivete
CVM	–	Contração voluntária máxima
OE	–	Oblíquo externo
RA	–	Reto abdominal
RAI	–	Porção inferior do músculo reto abdominal
RAS	–	Porção superior do músculo reto abdominal
REF	–	Referência
REF V_{MAX}	–	Referência em velocidade máxima
RF	–	Reto femoral
<i>RMS</i>	–	<i>Root mean square</i>
SCA	–	Sentado com apoio de membros inferiores
SSA	–	Sentado sem apoio de membros inferiores
SSA V_{MAX}	–	Sentado sem apoio de membros inferiores em velocidade máxima
TCA	–	Tradicional com apoio de membros inferiores
TSA	–	Tradicional sem apoio de membros inferiores
TSA V_{MAX}	–	Tradicional sem apoio de membros inferiores em velocidade máxima

1 INTRODUÇÃO

1.1 O PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA

A análise e a avaliação do desempenho humano são os aspectos primordiais da cinesiologia que permitem desenvolver e testar novas teorias, selecionar movimentos efetivos e condições ambientais afins, com o objetivo de estabelecer critérios específicos de desempenho (Rasch; Burke, 1977).

A eletromiografia é o estudo da função muscular através da investigação do sinal elétrico que o músculo emana (Basmanjian; De Luca, 1985). Ela seduz pelo fato de proporcionar um fácil acesso aos processos fisiológicos que levam o músculo a gerar força e produzir movimento (De Luca, 1997), e sua utilização auxilia a compreensão da participação muscular nas atividades físicas e propicia um melhor entendimento da performance (Gowan et al., 1987), além de prevenir lesões e delinear estratégias de reabilitação (Moynes et al., 1986).

A musculatura abdominal é muito importante e, há muito, desperta grande interesse. Em 1950, Floyd e Silver já utilizaram a eletromiografia para estudar a participação dos músculos abdominais em atividades como levantar a cabeça (partindo da posição supina), respirar e outros movimentos. Desde então, diversos autores têm utilizado essa técnica para analisar a musculatura abdominal: Guimarães et al. (1991), em exercícios específicos; Norris (1993), no treinamento para esportes; e Lehman e McGill (2001a), na reabilitação. O interesse quanto a esta musculatura é tanto que levou o mercado a confeccionar aparelhos específicos, sendo, no entanto, sua maior eficiência questionada por Vaz et al. (1997).

Os estudos da musculatura abdominal buscam compreender o tipo de execução mais eficiente e segura. Marques e Pereira Filho (1999), em sua pesquisa, demonstram sua

preocupação em encontrar posturas que, além de preservarem as articulações, proporcionem as maiores sobrecargas possíveis e menores vantagens mecânicas, a fim de que os músculos focalizados sejam efetivamente desafiados e apresentem os melhores resultados.

Exercícios para a musculatura abdominal também têm sido propostos em atividades aquáticas. Bates e Hanson (1996), Koury (1996) e Routi, Morris e Cole (1997) relacionam os exercícios abdominais com a hidroterapia. White (1998) e Marques e Pereira Filho (1999) e Baum (2000) apresentam os exercícios abdominais na hidroginástica. Estes autores mostram, através de fotos, as posturas de trabalho e discutem a participação da musculatura abdominal, entretanto, não apresentam dados que quantifiquem a atividade muscular.

A quantificação da intensidade do exercício no meio líquido é bastante difícil, pois a resistência multidirecional que a água oferece e o efeito do empuxo criam uma situação externa única que irá influenciar diretamente as respostas fisiológicas e biomecânicas dos exercícios realizados neste meio. Essas duas características da água oferecem situações opostas em relação à intensidade dos exercícios realizados no meio líquido: a resistência ao movimento aumenta a intensidade dos exercícios, enquanto o efeito do empuxo tende a diminuir o peso hidrostático e, conseqüentemente, a intensidade dos exercícios.

Dessa forma, fica um questionamento sobre a eficiência dos exercícios abdominais realizados no meio líquido, assim como a inexistência de uma comparação da intensidade entre as diferentes posturas apresentadas. Pelo crescente número de pessoas atraídas para a prática de atividades aquáticas e a importância que a musculatura abdominal possui, surge o problema desta pesquisa: Qual a atividade elétrica dos músculos oblíquo externo, reto femoral e das porções superior e inferior do músculo reto abdominal, durante a execução de determinados exercícios realizados no meio líquido?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Verificar a atividade elétrica dos músculos oblíquo externo, reto femoral e das porções superior e inferior do reto abdominal, durante a execução de determinados exercícios realizados no meio líquido.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Verificar a atividade elétrica dos músculos oblíquo externo, reto femoral e das porções superior e inferior do reto abdominal na fase ascendente dos diferentes exercícios.
- b) Verificar a atividade elétrica dos músculos oblíquo externo, reto femoral e das porções superior e inferior do reto abdominal na fase descendente dos diferentes exercícios.
- c) Comparar a atividade elétrica dos músculos oblíquo externo, reto femoral e das porções superior e inferior do reto abdominal nos diferentes exercícios.
- d) Comparar a atividade elétrica dos músculos oblíquo externo, reto femoral e das porções superior e inferior do reto abdominal durante a fase ascendente nos diferentes exercícios.
- e) Comparar a atividade elétrica dos músculos oblíquo externo, reto femoral e das porções superior e inferior do reto abdominal durante a fase descendente nos diferentes exercícios.
- f) Analisar, qualitativamente, a atividade elétrica dos músculos oblíquo externo, reto femoral e das porções superior e inferior do reto abdominal durante o ciclo completo de cada exercício estudado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ATIVIDADE AQUÁTICA

A água oferece um meio único no qual as condições de redução do efeito da gravidade diminuem as forças de impacto nas articulações, enquanto criam resistência ao movimento (Pöyhönen et al., 2002). Essas características apontam para uma eficiência e segurança que fazem das atividades aquáticas uma opção, tanto na área terapêutica quanto no *fitness* e na performance.

As atividades aquáticas estão sendo aplicadas com diferentes objetivos. Tartaruga (2003) utilizou o *jogging* aquático como opção de treinamento no atletismo. Figueiredo (2001) apresentou o Ai Chi como uma técnica de relaxamento aquático. Routi, Morris e Cole (1997) desenvolveram a reabilitação aquática para diferentes populações, como, por exemplo, as portadoras de doenças reumáticas e cardiovasculares, entre outras. Pöyhönen et al. (2002) recomendaram o treinamento de resistência na água para condicionamento neuromuscular de pessoas saudáveis e consideraram, também, uma ferramenta efetiva para aquelas que apresentam capacidade limitada.

Têm sido aplicados, também, programas de treinamento de força, em diferentes grupos musculares: Müller (2002), a flexão horizontal de ombro; Barela (2002), a abdução e adução de quadril, flexão e extensão de cotovelos; Ambrosine (2003), a flexão e extensão de ombros e flexão e extensão de joelhos. Terret (2001), por sua vez, relatou, em seu trabalho, diferentes aplicações e influências do *fitness* aquático nos Estados Unidos, Europa, Japão, Austrália e Brasil, entre outros. Todos esses dados demonstram uma grande popularidade das atividades aquáticas.

Kruel (2000) salientou que as características do meio líquido modificam as respostas fisiológicas e biomecânicas dos indivíduos que praticam exercícios dentro d'água, quando comparados com os que realizam fora da água, pois todo o movimento é influenciado pelo meio em que ocorre.

No meio líquido, a relação entre a massa de um dado volume de uma substância e a massa do mesmo volume de água é denominada densidade relativa. A densidade relativa da água pura a 4°C é 1; um corpo, com densidade relativa menor do que 1, flutuará; e um corpo, com densidade relativa maior que 1, afundará na água (Skinner; Thomson, 1985).

Bates e Hanson (1996) citaram o Princípio de Arquimedes que afirma: “quando um corpo está, completa ou parcialmente, imerso em um líquido em repouso, ele sofre um empuxo para cima igual ao peso do volume de líquido deslocado”. A partir daí, os autores concluíram que a flutuação pode, dessa forma, assistir, resistir ou suportar o corpo. Essas forças assistem aos movimentos em direção à superfície da água e resistem ao movimento contrário à superfície. Quando a flutuação iguala a força da gravidade, todo movimento horizontal é dado como suportado.

Portanto, um corpo na água está submetido a duas forças em oposição: a gravidade, através do centro de gravidade, e o centro de flutuação do líquido deslocado. Quando o peso do corpo flutuante iguala-se ao peso do líquido deslocado, e o centro de flutuação e de gravidade estão na mesma linha vertical, o corpo é mantido em equilíbrio estável. Se os centros não estiverem na mesma linha vertical, as duas forças sobre o corpo farão com que ele gire até atingir uma posição de equilíbrio estável (Skinner; Thomson, 1985).

Quando um indivíduo está sem um apoio no fundo da piscina, o movimento de um membro ou de membros em uma determinada direção modificará as características de estabilização, e o indivíduo rolará até atingir um novo estado de equilíbrio.

No caso do posicionamento dos membros superiores, quando os braços estão ao lado do corpo, o equilíbrio é conseguido em uma posição inclinada; ao deslocar o braço para o lado da cabeça, o centro de gravidade se desloca para cima, e o corpo gira, atingindo o equilíbrio em uma posição mais horizontalizada. Também ocorre rotação do corpo devido ao movimento da cabeça. As pernas tendem a se movimentar no sentido oposto ao deslocamento da cabeça, isto é, quando a cabeça vai à frente, as pernas se deslocam para trás e, quando a cabeça vai para trás, as pernas se deslocam para frente. Portanto, durante os exercícios na

água, sem um apoio no fundo da piscina, qualquer modificação no posicionamento do corpo será compensado com uma tendência de giro, estando, assim, o indivíduo constantemente buscando o equilíbrio (Palmer, 1990).

Essas modificações de equilíbrio também são específicas de cada indivíduo. As diferenças anatômicas entre homens e mulheres contribuem para uma modificação do posicionamento dos centros de gravidade e de flutuação e, por fim, uma posição diferente de equilíbrio. Os homens aparecem em uma posição mais inclinada, e as mulheres, mais horizontalizada (Palmer, 1990).

A força do empuxo também tem um efeito importante quanto à diminuição do peso hidrostático. Segundo Krueel (1994), à medida que um corpo é imerso em um líquido em repouso, há uma maior participação do empuxo e maior diminuição do peso hidrostático, o que atenuaria a sobrecarga por peso e as forças de impacto. Essa diminuição é uma das características da água, citada por Sheldahl (1985), para indicar o exercício aquático a obesos.

Krueel (2000) apontou que a redução do peso hidrostático pode reduzir o custo energético para suportar o peso na água e, na realização de movimentos estacionários, provavelmente, menos unidades motoras são recrutadas para realizar o movimento no sentido vertical. Entretanto, é importante considerar o modo como o exercício é realizado. Darby e Yakle (2000) verificaram, em seus estudos, um aumento no custo calórico do exercício aquático com deslocamento, pelo aumento da resistência oferecida ao movimento na água.

A força de resistência, oposta à direção do objeto em movimento, foi definida por Pöyhönen et al. (2001a) como arrasto total. As propriedades viscosas da água formam redemoinhos que são chamados de “turbulência”. Geralmente, a massa de água, sugada atrás do objeto em movimento, é proporcional a seu tamanho e forma. Os autores acrescentaram que a relação entre a força de arrasto e a velocidade não é linear, de modo que o aumento do arrasto está em função do quadrado da velocidade (v^2).

Esta característica da água proporciona uma força externa única que modifica o padrão de atividade muscular nos exercícios realizados no meio líquido. Sharp e Costil (apud Platonov e Fessenko, 2003) demonstraram que, com o aumento da velocidade, obtém-se uma maior carga externa e, conseqüentemente, uma maior força muscular necessária para realizar o movimento; sendo assim, quanto maior a velocidade, maior é a atividade muscular nos exercícios realizados no meio líquido.

Catteau e Garoff (1988) apresentaram a fórmula para a resistência oferecida a um objeto em deslocamento no meio líquido: $R = KSV^2$, onde R = resistência; K = coeficiente de forma, S = área de Superfície frontal; e V = velocidade. Ruoti, Morris e Cole (1997) acrescentaram um coeficiente de viscosidade, salientando que quanto mais viscoso é o fluido, maior a força necessária para gerar movimento.

Toussaint e Hollander (1994) colocaram que a análise mecânica da natação revela o trabalho necessário para superar o arrasto e originar forças propulsivas e que, diferentemente das atividades em terra, a propulsão na natação não pode ser gerada contra um ponto fixo. Costil, Maglischo e Richardson (1992) atribuíram uma menor eficiência da natação aos esportes realizados em terra, ao fato de, na água, haver uma menor resistência propulsiva do que nas superfícies sólidas, assim como uma grande resistência ao avanço, visto que a água é 1000 vezes mais densa que o ar.

Para Costil, Maglischo e Richardson (1992) água é formada por moléculas que tendem a fluir e definem como fluxo laminar àquele que é contínuo, havendo, nessa situação, menor resistência; quando o fluxo é turbulento e irregular e as moléculas de água se movimentam em direções randômicas, a resistência é maior. Assim, as diferentes condições de fluxo são um aspecto importante das forças hidrodinâmicas que atuam no sistema locomotor.

Para analisar a influência das condições de fluxo na atividade muscular em exercício de extensão de joelho, Pöyhönen et al. (2001a) consideraram um único movimento contra água parada, enquanto que movimentos repetidos são realizados contra a água em fluxo. Ao analisarem essas situações, os autores concluíram que as propriedades do fluxo da água modificam a função neuromuscular. Durante as execuções repetidas, a redução da atividade agonista (quadríceps/isquiotibiais) ocorreu com uma surpreendente atividade antagônica precoce. Já na execução única, o nível de atividade antagonista foi baixo, com uma prolongada atividade dos músculos agonistas durante quase toda a amplitude de movimento.

2.2 ELETROMIOGRAFIA

A entrada de uma fibra muscular em ação é antecedida de uma corrente eletroquímica que percorre a sua membrana, gerando uma diferença de potencial entre as zonas ativas e inativas. Ao permitir a captação e tratamento dessas alterações mioelétricas, a eletromiografia

é um método utilizado num vastíssimo leque de áreas de investigação (Correia; Santos; Veloso, 1993).

No campo do desporto, da ergonomia e da reabilitação, há um grande esforço no sentido de quantificar a performance muscular do homem (Gertz et al., 1997). A quantificação do sinal eletromiográfico é foco de diversos estudos que buscam compreender a participação muscular em diferentes atividades físicas. Os aparatos utilizados na eletromiografia estão em constante evolução e, nos últimos anos, houve um grande esforço no sentido de identificar e atenuar as limitações de seu emprego. Nesse período, ocorreram aperfeiçoamentos da técnica de recolhimento, amplificação e processamento do sinal. De análises qualitativas dos dados brutos (Floyd; Silver, 1950) e medições da deflexão da pena que escrevia o sinal eletromiográfico (Girardin, 1973), surgiram análises realizadas por *softwares* específicos (Gertz et al., 1997) que possibilitaram uma melhor quantificação dos dados. Cada equipamento tem a sua própria característica que influencia na qualidade do sinal a ser analisado, assim como cada estudo exige uma metodologia específica para uma melhor compreensão do fenômeno estudado e maior segurança nos resultados; portanto, deve-se estar atento à padronização utilizada nas diferentes pesquisas.

Correia, Santos e Veloso (1993) colocaram que a análise meramente qualitativa do sinal eletromiográfico em bruto é insuficiente para as diversas utilizações experimentais em que a eletromiografia é utilizada. Segundo os autores, há dois tipos de técnicas de processamento utilizados na investigação cinesiológica: o processamento no domínio temporal, quando se está interessado na análise da amplitude do sinal eletromiográfico com base no tempo, como nos estudos de coordenação motora e sobre a relação eletromiografia/força; e o processamento no domínio da frequência, utilizado também em estudos de coordenação para determinação da frequência, tipo e sincronização do disparo das diferentes unidades motoras, ou em estudos sobre fadiga muscular.

No domínio do tempo, DeLuca (1997) afirmou que dois parâmetros são comumente utilizados: o valor *root-mean-square* (*RMS*) e a média do valor retificado. Há autores que consideram ambos apropriados, já que apresentam informações úteis quanto à amplitude do sinal. Para o sinal eletromiográfico, detectado em contrações voluntárias, o *RMS* pode ser mais apropriado, pois teria mais significado por representar a força do sinal. Araújo, Duarte e Amadio (1997) consideraram ser o valor *RMS* um bom indicador da magnitude do sinal. Por

sua vez, Lawrence e DeLuca (1983) utilizaram-no por considerá-lo como o melhor parâmetro para refletir a correlação fisiológica do comportamento das unidades motoras em contração.

Gertz et al. (1997) recomendaram o janelamento sobre o sinal eletromiográfico. Em sua pesquisa, criaram um “envelope *RMS* com janela móvel”, transformando o sinal em uma curva mais simples, bastante semelhante à força. Esse procedimento matemático consiste em calcular o valor *RMS* dos primeiros 2000 pontos (1 segundo) do sinal eletromiográfico original, gerando o primeiro ponto da nova curva. Em seguida, desconsidera-se esse ponto e calcula-se o valor *RMS* dos próximos 2000, obtendo-se o segundo ponto, e assim por diante. Os autores concluíram que a eletromiografia é um método apropriado para detectar variação de atividade muscular, mesmo ao trabalhar-se em condições pouco favoráveis. Poder-se-ia melhorar a estimativa do nível de força se: 1º) em vez de comparar um único ponto de uma curva, fosse usada a média de vários pontos de uma região próxima; 2º) em vez de trabalhar com uma única curva, se trabalhasse com a média de várias curvas.

O corpo humano pode ser definido, fisicamente, como um complexo sistema de segmentos articulares em equilíbrio estático ou dinâmico, em que o movimento é influenciado por forças internas e externas ao corpo (Ervilha; Amadio; Duarte, 1977). Visto que as forças externas que atuam no corpo criam situações diferentes a cada momento, para a análise eletromiográfica, é necessário identificar o movimento que está sendo realizado, para que, aproveitando melhor as informações obtidas na eletromiografia, divida-se o movimento em fases ou se determinem ângulos de ativação.

É bastante utilizada a dinamometria para a determinação dos ângulos de movimento. Diversos autores (Vailas, 1992; Hakkinen, 1992; Hakkinen et al., 1996; Hakkinen et al., 2001; Pöyhönen et al., 2002) empregaram essa técnica, pois, além da força gerada, é determinado o ângulo em que ela é exercida. Entretanto, é necessário um equipamento específico (dinamômetro) e não é possível o estudo do movimento em situações de campo.

Para o registro e controle das fases de movimento durante o andar, Ervilha, Amadio e Duarte (1997), em seus estudos, utilizaram o sinal da componente vertical da força de reação do solo, obtida através de duas plataformas de força dispostas em série. O intervalo correspondente à passagem do sujeito pelas duas plataformas de força foi analisado, tendo iniciado com o contato de um dos pés sobre a primeira plataforma e terminado com o primeiro contato do mesmo pé com a segunda plataforma. Nesse tipo de análise, algum tipo

de alinhamento entre os sistemas de coleta foi utilizado, e os autores apresentaram gráficos da atividade eletromiográfica numa curva que vai de 0 a 100% do ciclo da passada.

Ervilha, Duarte e Amadio (1998, 2001), também estudando a marcha, ao compararem o ambiente aquático e terrestre, empregaram um eletrogoniômetro com o objetivo de determinar o início e o fim do ciclo da passada. Em ambos os estudos, apresentaram dados da intensidade eletromiográfica e da variação angular da articulação do joelho, durante o ciclo completo da passada, que vai de 0 a 100% do ciclo total.

Este procedimento também foi utilizado por Konrad, Schmitz e Denner (2001) e Pardal et al. (2003) em exercícios abdominais, sendo a troca da fase ascendente para a descendente representada pelo valor encontrado a 50% do ciclo. De 0 a 50% do ciclo, os músculos abdominais agem concentricamente e de 50 a 100%, de forma excêntrica.

O uso da filmagem para a determinação das fases do movimento também ocorre em diferentes estudos de análise da performance. Ao analisar atividade funcional do joelho, Ciccotti et al. (1994) empregaram uma câmera posicionada a 90° do sujeito, com a filmagem e o sinal eletromiográfico sincronizados eletronicamente. Para padronizar as curvas, o estudo também apresentou os dados do ciclo completo, dividindo as fases das atividades. No caso da caminhada, subida e descida de rampa e de escadas, o ciclo total da atividade foi dividido em sete fases (*loading*, de 0 a 12%; *middle stance*, de 12 a 30%; *terminal stance*, de 30 a 50%; *preswing*, de 50 a 62%; *initial swing*, de 62 a 73%; *middle swing*, de 73 a 87%; e *terminal swing*, de 87 a 100%), enquanto que a corrida foi dividida em quatro fases (*stance*, de 0 a 35%; *early swing*, 35 a 50%; *middle swing*, de 50 a 85%; e *late swing*, de 85 a 100%).

A filmagem mostra-se bastante versátil e tem sido utilizada em diferentes atividades. No golfe, Pink, Perry e Jobe (1993) dividiram a tacada em cinco fases: *take away*, *forward swing*, *acceleration*, *early follow through* e *late follow through*. Essa divisão possibilitou a análise eletromiográfica dos músculos do tronco, através de gráficos da amplitude do sinal eletromiográfico, obtido em cada fase. Visto que a tacada é um movimento bastante rápido, é importante que a filmagem ocorra com uma frequência de amostragem bastante elevada. Neste estudo, foi utilizada uma câmera cinematográfica de 16mm, operada a 400 Hz. Apesar da velocidade da tacada do golfe, Jobe, Perry e Pink (1989) empregaram uma câmera operada a apenas 45 Hz. Essas diferenças na frequência de captação estão relacionadas à resolução exigida nas coletas. Num movimento rápido como o golfe, parece que quanto maior a

freqüência de amostragem, melhor. Já em movimentos mais lentos, uma menor freqüência de amostragem não teria uma grande influência.

Em atividades aquáticas, a filmagem também tem sido utilizada para determinar as fases do exercício e sincronizar com o sinal eletromiográfico. Pela maior resistência que a água oferece ao movimento, este não atinge velocidades tão rápidas quanto as alcançadas em seco. Na natação, a freqüência de 100 Hz tem sido bastante utilizada. Pink et al. (1991) analisaram a braçada do *crawl* em quatro fases, sendo, após, subdivididas em 12, 7, 4 e 2 intervalos, respectivamente. Ruwe et al. (1994) dividiram a braçada do peito em duas fases que foram subdivididas em 7 e 12 intervalos; Pink et al. (1992) e Perry et al. (1992), estudando o nado costas, dividiram a braçada em quatro fases, subdividindo-as em 7, 9, 3 e 5 intervalos. Nesses estudos, o percentual de atividade eletromiográfica foi calculado para cada subfase, sendo apresentado em tabelas com a média e desvio padrão de cada fase. Esses dados também foram apresentados de forma gráfica, permitindo uma melhor visualização.

Já em exercícios terapêuticos para o joelho na água, Pöyhönen et al. (2001a,b) utilizaram 25Hz e sincronizaram o vídeo com a eletromiografia, de modo que 1 frame representava a média de vinte coletas eletromiográficas.

Em estudos da musculatura abdominal, tem-se utilizado uma freqüência de amostragem para a filmagem não muito alta. Lariviere, Cagnon e Loisel (2000) utilizaram 30 Hz de freqüência de amostragem, normalizaram os envelopes eletromiográficos em relação ao tempo, apresentando, assim, a amplitude do sinal a cada 10% do ciclo de movimento. McGill, Yingling e Peach (1999) empregaram uma freqüência de amostragem de 25Hz e normalizaram os dados eletromiográficos no tempo, de forma que as curvas eram representadas de 0% a 100% do exercício. Assim, os autores valeram-se de gráficos com a média e desvios padrão para os diferentes exercícios.

A filmagem também serve como controle da qualidade do exercício. Vera Garcia, Grenier e McGill (2000) utilizaram-na para confirmar se o tronco se mantinha na correta posição.

2.2.1 Normalização da Intensidade

Por causa da inerente variabilidade da eletromiografia, as interpretações do sinal eletromiográfico requerem normalização do sinal para interpretações fisiológicas e

comparações entre músculos, entre o mesmo músculo em dias diferentes, e entre diferentes sujeitos (Lehman; McGill, 1999).

Ervilha, Amadio e Duarte (1997) colocaram que a normalização do sinal eletromiográfico tem sido descrita, na literatura, como crucial para comparações entre diferentes sujeitos, dias de medida, músculos ou estudos. No entanto, o valor de referência para a equação de normalização tem variado entre os diferentes trabalhos. Segundo os autores, a contração voluntária máxima (CVM) é o procedimento mais comum empregado para a normalização do sinal eletromiográfico; entretanto, nos últimos anos, investigadores têm sugerido outros procedimentos de normalização, particularmente quando o evento de interesse é dinâmico e não estático. Nesse estudo, foi analisado o procedimento de normalização pelo percentual da contração voluntária máxima, pelo pico do sinal eletromiográfico e pela média deste sinal, ambos durante a atividade dinâmica. O procedimento baseado na CVM apresentou coeficientes de variabilidade 40% mais altos do que os dos outros dois métodos estudados. Dessa forma, os autores concluíram que os melhores procedimentos de normalização são pela média do sinal eletromiográfico e pelo pico do sinal durante uma atividade dinâmica.

Lehman (2002) utilizou percentuais como valores de referência e também apresentou três possibilidades: o percentual da contração voluntária máxima, o percentual de uma contração submáxima, e o percentual da média das contrações. Nicholson (2000) criticou a utilização da CVM para normalizar dados em pacientes e sugeriu que ela pode aumentar os sintomas, assim como pessoas assintomáticas podem apresentar desconfortos ao completá-la. O autor salientou que 30 a 50% do público assintomático possui tomografia ou ressonância magnética com imagens, evidenciando o comprometimento da integridade do disco intervertebral. No estudo de Lehman e McGill (2001a), foi utilizado o pico da atividade em exercícios submáximos no procedimento de normalização, justificando a escolha pelo fato de a população envolvida ser formada por pacientes. Os achados de Allison, Godfrey e Robinson (1998) suportaram a utilização de esforços submáximos nos procedimentos de normalização.

Mesmo não estudando pacientes ou pessoas de risco, têm-se utilizado dados submáximos para a normalização da amplitude do sinal eletromiográfico. Ervilha, Duarte e Amadio (1998) empregaram o valor médio do sinal eletromiográfico obtido durante uma passada completa na caminhada. Warden, Wajswelner e Bennel (1999), analisando diferentes equipamentos para a musculatura abdominal, serviram-se de valores eletromiográficos detectados durante um exercício de referência realizado sem equipamento.

2.2.2 Fatores Influenciadores

Diversos são os fatores que influenciam o sinal eletromiográfico e devem ser levados em consideração ao se realizar a interpretação dos resultados, como o tipo de eletrodo, a preparação da pele, a posição do eletrodo, medidas antropométricas, posição dos membros e do corpo, superfície de apoio, velocidade de execução, tipo de contração, gênero do praticante, força muscular e treinamento, habilidade de execução fadiga, idade, problemas posturais, dor, entre outros. Serão ressaltados, a seguir, alguns aspectos referentes a esses fatores considerados importantes para este estudo.

2.2.2.1 Tipos de Eletrodo

Basmanjian e DeLuca (1985) colocaram que os eletrodos utilizados para estudos do comportamento humano são os de superfície e inserção. Cada um possui características específicas que influenciarão a qualidade do sinal eletromiográfico. Giroux e Lamontagne (1990), comparando eletrodos de superfície e de profundidade, em condições isométricas e dinâmicas, encontraram, em ambos, sinais estatisticamente similares. Entretanto, o coeficiente de variabilidade foi muito alto: 48 e 84% para condição isométrica e dinâmica, respectivamente.

Correia, Santos e Veloso (1993) apresentaram diversas razões para que a eletromiografia de profundidade seja muito pouco utilizada em áreas como a cinesiologia e o controle motor. Por outro lado, justificaram o uso da eletromiografia de superfície devido ao fácil manuseio e controle para o pesquisador, maior conforto para o executante e a possibilidade de uma análise global do comportamento dos músculos. Além disso, foi verificada uma maior reprodutibilidade dos sinais registrados com eletrodos de superfície do que com eletrodos de profundidade, ao se compararem sinais recolhidos no mesmo dia ou em dias diferentes.

Apesar do desconforto e das limitações da utilização, os eletrodos de profundidade têm sido utilizados por vários pesquisadores (Basmanjian, 1958; Pink; Perry; Jobe, 1993; Montgomery; Pink; Perry, 1994; Sapsford et al., 2001) para monitorar músculos profundos em que o eletrodo de superfície não consegue coletar o sinal. Keagy, Brumlik e Bergan (1966) inseriram eletrodos de fio elétrico, no psoas maior, em pacientes que entraram no hospital

para cirurgia lombar. Nessa situação, colocava-se o eletrodo diretamente no músculo e, após a recuperação dos pacientes, era realizada a pesquisa. Os resultados apresentados mostraram uma consistente atividade do psoas na fase do *swing* da caminhada, diferente da literatura que utilizou eletrodos de agulha, referindo uma ausência de atividade elétrica. Mesmo utilizando eletrodo de profundidade, Flint (1965) selecionou o íliaco para a medida da função do iliopsoas, pois inserir agulha no ventre do psoas maior representava perigo e dificuldades.

Ao analisar a função de um grupo muscular, é possível monitorar um músculo superficial como representante deste grupo e, assim, não se torna necessária a utilização de eletrodos de profundidades. Nos flexores de quadril, Godfrey, Kindig e Windell (1977) e Guimarães et al. (1991) utilizaram o reto femoral (RF) como representante dos flexores do quadril.

2.2.2.2 Posição do Eletrodo

O sítio de colocação dos eletrodos irá influenciar a variabilidade do sinal. Zedka, Kumar e Narayan (1997) compararam as distâncias de 2, 3, 4, 6 e 8 cm sobre o eretor da coluna e observaram que o aumento da distância intereletrodos elevava a amplitude média e a potência total, enquanto diminuía a frequência média do sinal.

As características e posição do eletrodo, em estudos envolvendo abdominais, têm variado bastante. Allison, Godfrey e Robinson (1998) utilizaram eletrodos com área de captação de 2 mm sobre o músculo reto abdominal (RA) direito, a 3 cm da linha média e 5 cm inferior ao processo xifóide, com distância intereletrodos de 35 mm. Ekhold et al. (1979) não citaram a distância intereletrodos e descreveram que os eletrodos da porção superior do músculo reto abdominal (RAS) foram colocados perto da linha média, entre a cicatriz umbilical e o processo xifóide, a porção inferior do músculo reto abdominal (RAI) foi monitorada imediatamente abaixo da cicatriz umbilical, e o músculo oblíquo externo (OE), entre a crista ilíaca e a costela inferior. Lehman e McGill (2001b) colocaram os eletrodos 3 cm da linha média do segundo ventre de cima para baixo e, no último ventre, a 3 cm da linha média, 2 cm abaixo da cicatriz umbilical. No músculo OE, o posicionamento ficou a 15 cm lateral à cicatriz umbilical, oblíquo 45° da horizontal. O diâmetro dos eletrodos era de 1 cm, com espaçamento intereletrodos de 2,5 cm. Para monitorar o músculo RF, Ricci, Marchetti e Figura (1981) colocaram os eletrodos no lado esquerdo, no terço proximal da coxa.

Apesar da escolha de diferentes tipos e posições, é consenso que, uma vez colocado o eletrodo, deve-se realizar toda a coleta no mesmo posicionamento e, mesmo assim, pode ocorrer modificação na área de detecção do sinal.

2.2.2.3 Velocidade de Execução

Ao começar o movimento com demasiada velocidade, podem ocorrer a flexão exagerada e brusca da região cervical e o balanceio compensatório da pelve (Calbet; Calbet, 1995), modificações de execução que irão alterar o padrão do sinal eletromiográfico.

Godfrey, Kindig e Windell (1977), analisando a influência da velocidade de execução, solicitaram aos sujeitos de sua pesquisa que realizassem o movimento da forma mais rápida e mais lenta possível. A falta de padronização da velocidade pareceu influenciar a duração da atividade muscular e a alta variabilidade do sinal, sugerindo discrepância nos resultados pela variação da cadência. Em estudo realizado por Gutin e Lipetz (1971), esta inabilidade de controlar a velocidade de contração foi citada como limitação.

Para controlar a velocidade de execução em exercícios abdominais, os autores têm utilizado sinais sonoros: Lipetz e Gutin (1970) controlaram, por meio de uma gravação; Sands e McNeal (2002), um computador programado com sinal auditivo; e Guimarães e Crescente (1984) empregaram um metrônomo;.

Ao utilizar o metrônomo para o controle do ritmo, deve-se levar em consideração a amplitude de movimento. Konrad, Schmitz e Denner (2001) fixaram o tempo de contração em dois segundos. Dessa forma, os exercícios de flexão de tronco, que possuíam uma menor amplitude que os de flexão de tronco e quadril, eram realizados em menor velocidade e, além disso, poderiam ocorrer dificuldades motoras para os sujeitos realizarem o movimento. Os autores observaram, em alguns exercícios, uma variabilidade de duração entre sujeitos de 12%.

2.2.2.4 Superfície de Apoio

A utilização de diferentes superfícies de apoio, abaixo do sujeito, em exercícios abdominais, influencia a atividade eletromiográfica. Vera-Garcia, Grenier e McGill (2000)

estudaram o efeito de diferentes superfícies de apoio na atividade da musculatura abdominal e observaram um aumento na atividade eletromiográfica. Nesse estudo, a realização do exercício, em superfícies instáveis, modificou a amplitude de ativação e a maneira pela qual o músculo se contrai por co-contração de estabilização da coluna e do corpo como um todo. Comparando a superfície estável com o exercício realizado sobre uma bola com os pés apoiados no chão – quando ocorre grande possibilidade de rolamento lateral –, a atividade do músculo RA dobrou, enquanto que a atividade do OE aumentou quatro vezes. Esses achados sugerem uma alta demanda no sistema de controle motor, pois, além da atividade agonista no movimento, a musculatura é solicitada para a estabilização.

2.3 FUNÇÃO MUSCULAR

2.3.1 Músculos Abdominais

Os músculos que produzem essencialmente os mesmos movimentos articulares podem ser agrupados. O grupo abdominal inclui os músculos RA, OE e oblíquo interno, que produzem, em conjunto, a flexão ântero-posterior e lateral da coluna, embora suas funções, na rotação, sejam diferentes (Rasch; Burke, 1977).

O correto mecanismo de ação da musculatura do tronco é importante ser entendido, pois habilita uma análise da segurança e eficiência das prescrições de treinamento. Também se justifica o interesse pela musculatura abdominal pela importância que a região apresenta. O tronco exerce função de movimento e de proteção aos feixes nervosos (Calais-Germain, 1991), transmite e divide forças para o segmento inferior, além de suportar o segmento superior (Cholewicki; McGill, 1996), e os músculos produzem o torque, mantêm a postura e estabilizam os segmentos vertebrais (Parnianpour, Richardson; Kippers, 2001). Isto mostra que a região é de fundamental importância tanto na postura como na prática de atividades físicas. Sua função tem sido foco de estudos no treinamento para esportes (Norris, 1993), em análise de desportos (Shaffer et al., 1993), na fisioterapia e reabilitação (Vezina; Hubley-Kozey, 2000), em atividades diárias (Gonçalves; Cerqueira, 2000) e prescrição de exercícios (Willett et al., 2001). Além dessas funções, os exercícios abdominais têm sido amplamente difundidos com o objetivo de melhoria dos padrões estéticos. Veloso (s.d.) citou que a melhora do *shape* da barriga é um critério de *status* social em nossa sociedade que dá muita importância a um corpo bonito.

O tronco pode efetuar movimento de flexão, extensão, inclinação lateral e rotação. Blandine (1992) considerou a mobilidade da coluna vertebral como o principal fator para o tronco poder efetuar movimentos nos três planos e lembrou que esses movimentos não possuem a mesma amplitude em todos os níveis vertebrais, dependendo de diversos fatores que variam segundo o nível, a forma das vértebras, a altura dos discos em relação à altura dos corpos e a presença das costelas. Pereira Filho (1995) salientou que a amplitude de movimento entre as vértebras é muito pequena, e o somatório da mobilidade entre várias vértebras é que proporciona uma maior liberdade de movimento como um todo.

Em relação à pelve, Rasch e Burke (1977) lembraram que a maioria dos movimentos tem a finalidade de alinhá-la, a fim de proporcionar maior facilidade ou amplitude de movimento para o tronco, ou para as extremidades inferiores. Acrescentaram, ainda, que os movimentos da pelve são considerados, com maior propriedade, como movimentos da coluna vertebral os quais ocorrem no nível da articulação lombossacra.

2.3.1.1 Músculo Oblíquo Externo

O músculo OE constitui a camada superficial da parede abdominal e está localizado lateralmente ao reto do abdômen, cobrindo as regiões anterior e lateral do abdômen (Smith; Weiss; Lehmkuhl, 1997). Sua origem está na face externa da 5ª à 12ª costela, inserção no lábio externo da crista ilíaca, ligamento inguinal, tubérculo púbico, crista púbica, linha alba, tomando parte na construção de parte da lâmina anterior da bainha do músculo RA (Sobotta, 2000). Kendall, McCreary e Provance (1995) citaram que, atuando bilateralmente, as fibras anteriores do músculo OE fletem a coluna vertebral, aproximando o tórax e a pelve anteriormente, suportam e comprimem as vísceras abdominais, deprimem o tórax e auxiliam a respiração, enquanto que as fibras laterais fletem a coluna vertebral, com influência principal na coluna lombar, inclinando a pelve anteriormente.

2.3.1.2 Músculo Reto Abdominal

Retos abdominal é um músculo superficial que apresenta duas partes, uma de cada lado da linha alva (Smith, Weiss; Lehmkuhl, 1997). Sobotta (2000) apresentou o músculo RA com origem na cartilagem costal da 5ª, 6ª, e 7ª costelas (face externa), processo xifóide e ligamento

costoxifóideo, estando sua inserção na crista e sínfise púbica. Kendall, McCreary e Provance (1995) citaram que a ação do RA consiste em flexionar a coluna vertebral, aproximando o tórax e a pelve anteriormente. Com a pelve fixada, o tórax move-se no sentido da pelve e, com o tórax fixado, a pelve se move no sentido do tórax. Na posição de pé, o músculo RA apresenta pouca atividade, mas, quando o tronco é inclinado para trás, torna-se mais ativo (Partridge; Walters, 1959).

A atividade do músculo RA é analisada por muitos autores de forma diferenciada nas regiões superior e inferior à cicatriz umbilical. Vaz, Guimarães e Campos (1991) lembraram que a observação deste músculo demonstra que, apesar de várias de suas fibras serem interrompidas por interseções tendíneas, outras cruzam tais interseções. Dessa forma, é improvável que se consiga ativar uma região sem ativar a outra.

Diversos autores (Flint; Gudgell, 1965; Martinez; Panego; Ortiz, 1996; Sarti et al., 1996; Negrão; Berzin; Souza, 1997; Warden; Wajswelner; Bennell, 1999; Vera-Garcia; Grenier; McGill, 2000; Willet et al., 2001) encontraram diferenças na atividade elétrica entre as porções do RA. Entretanto, as dificuldades ao comparar os resultados devido aos diferentes fatores influenciadores e à metodologia utilizada na eletromiografia fazem com que o assunto permaneça em discussão.

2.3.2 Músculos Flexores do Quadril

Um dos pontos mais importantes a serem levados em consideração é a função de sinergia do grupo muscular. Smith, Weiss e Lehmkuhl (1997) chamaram a atenção que a alavancagem dos músculos do quadril, em torno dos três eixos, muda com o ângulo articular, de tal modo que a eficácia (torque) de um músculo, para um certo movimento, pode aumentar ou diminuir. Apesar de a função do psoas poder ser diferenciada da função do íliaco, Basmajian (1958) referiu a função do iliopsoas, ao estudar o sinal eletromiográfico apenas do íliaco.

A ação combinada dos músculos ilipsoas, RF, sartório e tensor resultam em flexão pura. O torque isométrico dos flexores do quadril é máximo quando os músculos estão estirados e diminui com a flexão do quadril (Smith; Weiss; Lehmkuhl, 1997), estratégia bastante utilizada para diminuir a ação dos músculos flexores do quadril.

Analisando o grupo flexor do quadril, Andersson et al. (1997) estudaram a função do ilíaco, do músculo RF e sartório. Nesse estudo, os músculos apresentaram diferença de participação nos exercícios. A alta ativação do ilíaco e sartório com uma relativa baixa participação do músculo RF no levantamento de pernas, e a diminuição de sua atividade nos ângulos maiores no *sit up* com as pernas estendidas, em contraste com o ilíaco e sartório, levaram os autores a sugerir que o músculo RF não pode ser um representante dos flexores de quadril. Entretanto, McGill, Juker e Kropf (1997) determinaram que a eletromiografia de superfície do músculo RF melhor representa a atividade eletromiográfica de profundidade do psoas em diferentes flexões. Mesmo sabendo das limitações, diversos autores (Godfrey; Kindig; Windell, 1977; Ricci; Marchetti; Figura, 1981; Vaz; Guimarães; Campos, 1991; Calbet; Calbet, 1995, Konrad, Schmitz; Denner, 2001) utilizaram o músculo RF como representante dos flexores de quadril, pois é um músculo superficial e não necessita de métodos invasivos para as coletas eletromiográficas, sendo opção metodológica de várias pesquisas.

2.3.2.1 Músculo Reto Femoral

O músculo RF é superficial e ocupa o meio da coxa, tomando um trajeto direto para baixo (Smith; Weiss; Lehmkuhl, 1997). Sua origem está na espinha ilíaca ântero-inferior e sua inserção no tendão conjunto do quadríceps, situado na patela (margem proximal e lateral), tuberosidade da tíbia (sobre o ligamento da patela) e extremidade proximal da tíbia (região lateral da tuberosidade da tíbia sobre os retináculos da patela), conforme Sobotta (2000). A ação do músculo RF foi descrita por Kendall, McCreary e Provance (1995) como sendo a extensão do joelho e a flexão da articulação do quadril.

2.3.3 Equilíbrio entre os Músculos Abdominais e os Flexores de Quadril

Os movimentos do tronco realizados na posição em pé ou sentada (Partridge; Walters, 1959) e a caminhada (Sheffield, 1962) revelaram pouca atividade da musculatura abdominal. Já a participação do psoas mostrou uma regular e consistente atividade durante a caminhada (Keagy; Brumlik; Bergan, 1966). Essa função postural – ativa na estabilização e flexão do quadril do iliopsoas – também foi documentada por Basmanjian (1958), o que sugere que as pessoas apresentam uma tendência, nas atividades diárias, de desenvolverem mais a musculatura flexora do quadril do que a abdominal. Esse desequilíbrio entre a força dos

flexores de quadril e a musculatura abdominal foi apontado por Flint (1965) como um dos prováveis causadores das dores lombares. O músculo RA é antagônico aos eretores da coluna, e uma musculatura abdominal forte contribui para diminuir a carga nos eretores da coluna, reduzindo as forças de compressão nos discos intervertebrais, servindo como profilaxia de dores lombares (Ekholm et al., 1979). Sabendo dessa tendência de desequilíbrio e da importância da musculatura abdominal, diversos estudos, tanto na fisioterapia e reabilitação quanto no treinamento desportivo, têm proposto exercícios que maximizam o trabalho abdominal e minimizam a participação dos flexores de quadril (Girardin, 1973; Halpern; Bleck, 1979; Melo, 1983; McGill, 1995).

2.3.4 Análise da Função Muscular em Diferentes Exercícios

Um aspecto importante a ser levado em consideração na atividade muscular em exercício é o padrão respiratório. Campbell (1952), estudando a respiração, observou que, durante a expiração, não ocorre atividade até que o volume retorne ao nível de repouso, quando, então, a atividade aumenta pronunciadamente até a máxima expiração. Na inspiração, somente no final, ocorre uma atividade dos músculos RA e OE. Em ambas as situações, o músculo OE foi mais ativo que o RA. Resultados semelhantes foram encontrados por Koepke et al. (1955), sugerindo haver grande atividade do músculo OE na expiração de reserva.

2.3.4.1 Trunk Curl

O *trunk curl* é o exercício em que ocorre a flexão do tronco, sem flexão do quadril, ou seja, deve-se elevar o tronco até as escápulas saírem do chão, enrolando os segmentos vertebrais e mantendo a lombar no chão.

Somente o fato de elevar a cabeça do chão é suficiente para ativar o músculo RA; no entanto, pouca atividade foi observada no músculo OE (Campbell, 1952).

Halpern e Bleck (1979), analisando esse exercício, consideraram o RA como o músculo de maior participação. Evidencia ser o mais efetivo exercício abdominal, como também o mais seguro para a coluna lombar, pois dela requer pouco movimento. Reforçando

esse pensamento, Axler e McGill (1997) encontraram, no *trunk curl*, a melhor relação entre a atividade muscular abdominal e o custo de pressão na coluna.

Walters e Partridge (1957) indicaram que a realização do exercício *trunk curl*, com os joelhos flexionados e os pés não fixos, minimiza a participação dos flexores de quadril, forçando o músculo RA a uma maior participação. Por sua vez, no estudo de Ekholm et al. (1979), não foi encontrada diferença no nível de atividade do músculo RA com os joelhos fletidos e com os joelhos estendidos, enquanto que a atividade do OE foi menor com os joelhos estendidos.

Flint (1965) pesquisando o íliaco, Guimarães et al. (1991), o RF, e Andersson et al. (1997) estudando os músculos íliaco, RF e sartório, encontraram baixa atividade dos flexores de quadril no *trunk curl*. A baixa atividade dos flexores de quadril fez Konrad, Schmitz e Denner (2001) considerarem o *trunk curl* como um exercício que isola a atividade da musculatura abdominal.

A posição joelhos flexionados e pés não presos é apontada por Godfrey, Kindig e Windell (1977) como a melhor para maximizar a atividade abdominal e minimizar a atividade do músculo RF, pois, quando os pés estão presos e os joelhos estendidos, ocorre um aumento da atividade do RF.

3.3.4.2 *Sit Up*

Sit up é a ação de sentar-se a partir do decúbito dorsal.

Em experimentos realizados por Lipetz e Gutin (1970) e Negrão, Berzin e Souza (1997), a atividade da musculatura abdominal foi tão efetiva no *trunk curl* quanto no *sit up*. Já Andersson et al. (1997) encontraram valores um pouco maiores para o músculo RA no *sit up* que no *trunk curl*, demonstrando, além da atividade agonista, uma ação estabilizadora da pelve.

Ao realizar o *sit up* sem apoio nos pés, Flint (1965) observou uma maior atividade do músculo RA, enquanto Godfrey et al. (1977) encontraram uma maior atividade com os pés fixos. Walters e Partridge (1957) verificaram, no *sit up* com os pés presos, uma maior

participação na porção superior do músculo reto abdominal (RAS); com os pés livres, foi a porção inferior do músculo reto abdominal (RAI) que obteve a maior participação. Conflitando ainda mais essa questão, Guimarães et al. (1991) não acharam diferença na participação do músculo RA com a fixação dos pés.

No trabalho realizado por McGill (1995), o músculo RA demonstrou uma pequena diminuição de atividade quando era realizada a flexão dos joelhos; entretanto, Guimarães et al. (1991) não encontraram alteração significativa em diferentes posições de membros inferiores.

No exercício *sit up*, o movimento engloba, além da flexão do tronco, a do quadril, e se espera que a participação dos flexores de quadril seja maior no *sit up* que no *trunk curl*. Konrad, Schmitz e Denner (2001) observaram um aumento na atividade do músculo RF de 4,26% da contração voluntária máxima no *trunk curl*, para 32,18% no *sit up*, indicando um claro envolvimento dos flexores do quadril com o aumento da amplitude de movimento.

Flint (1965) colocou que o músculo RA é responsável primário pelo movimento nos ângulos iniciais e final do *sit up* (início e final do retorno), enquanto que o íliaco é responsável durante a fase intermediária do movimento (aproximadamente 45° de flexão ou mais). Smith, Weiss e Lehmkuhl (1997) concluíram que, na elevação para a posição sentada, os músculos flexores do pescoço e abdominais efetuam contrações concêntricas até que o tronco seja flexionado e, a seguir, eles mantêm contrações isométricas enquanto o iliopsoas se torna o motor primário para levantar o tronco e a pelve sobre o fêmur fixo. Ricci, Marchetti e Figura (1981) demonstraram, por eletromiografia, exatamente este raciocínio: ao realizar o *sit up*, a musculatura abdominal foi estressada até aproximadamente 170 e 180° (ângulo de realização do TC); a flexão acima deste ponto seria responsabilidade do RF e, possivelmente, pelos outros sinergistas.

Flint (1965), estudando o músculo íliaco, encontrou maior atividade com a fixação dos pés e com pernas estendidas. Godfrey, Kindig e Windell (1977) obtiveram resultados semelhantes estudando o músculo RF. Entretanto, para Guimarães et al. (1991), ao analisar o RF com os pés fixos, a maior atividade encontrada foi quando os joelhos estavam flexionados. Esse aumento da atividade do RF com os pés fixos fez com que Norris (1993) não recomendasse a realização do *sit up* com a fixação dos pés, pois pode contribuir para o desequilíbrio muscular do quadril e pelve, sendo um exercício perigoso para algumas pessoas.

McGill (1995) verificou atividade semelhante do músculo RF, independente da posição flexionada ou estendida dos joelhos. O autor comentou que a flexão dos joelhos encurtaria o psoas, transferindo maior responsabilidade para o momento do RF no quadril. No entanto, o encurtamento no quadril é compensado pelo alongamento no joelho, preservando o comprimento constante do músculo, assim como uma atividade mioelétrica estável nesta musculatura.

2.3.4.3 Elevação de Pernas

Este exercício consiste em manter a lombar no chão, realizando a flexão do quadril, elevando as pernas do chão. A elevação de pernas é um movimento de flexão pura do quadril que possibilita uma grande atividade dos músculos flexores do quadril. Isto foi evidenciado no estudo de Flint (1965), analisando o íliaco, e no de Keagy, Brumlik e Bergan (1966), com o psoas.

Kendall, McCreary e Provance (1995) salientaram que nenhum músculo abdominal cruza as articulações dos quadris, de modo que não são capazes de auxiliar diretamente no movimento de elevação de pernas, embora a força ou a debilidade desses músculos afete diretamente a posição do tronco e o modo pelo qual a pelve é estabilizada. A elevação de pernas, através da ação dos flexores dos quadris, exerce uma forte tração para baixo sobre a pelve ao incliná-la anteriormente. Os músculos abdominais tracionam para cima a pelve, buscando incliná-la posteriormente. Os autores acrescentaram que, se o indivíduo possui músculos abdominais fortes, as costas podem ser mantidas planas sobre a mesa, com os abdominais segurando a pelve em inclinação posterior, durante o movimento de elevação de pernas. Se os músculos abdominais são fracos, a pelve inclina-se anteriormente, quando as pernas são elevadas. À medida que a inclinação ocorre, as costas hiperestendem, muitas vezes causando dor.

Ao comparar a atividade da musculatura abdominal no exercício de elevação de pernas, Shields e Heiss (1997) encontraram grande contração dos músculos abdominais, quando era mantida a posição fixa da pelve. Entretanto, se os músculos abdominais não forem capazes de estabilizar as fixações proximais dos flexores do quadril, a pelve inclina-se anteriormente, e as vértebras lombares são tracionadas para hiperextensão (Smith, Weiss e Lehmkuhl, 1997). Gilleard e Brown (1994) analisaram um teste de força abdominal baseado

na capacidade de o indivíduo manter a posição pélvica em diferentes níveis de suspensão das pernas. Quando o indivíduo tem a musculatura abdominal fraca, ele não consegue estabilizar a lombar e esta irá hiperestender. Por causa dessa sobrecarga, Norris (1993) não recomendou esse tipo de exercício.

2.3.4.4 *V-Sit*

É a flexão do quadril com movimento simultâneo do tronco e das pernas, semelhante ao movimento de canivete.

Por realizar o movimento de flexão do quadril, movendo os dois segmentos (tronco e pernas), o *V-Sit* é um exercício de grande solicitação tanto para os músculos abdominais quanto para os flexores de quadril. Guimarães et al. (1991) encontraram, neste exercício, grande atividade tanto do músculo RA quanto do RF.

2.4 ELETROMIOGRAFIA E ATIVIDADES REALIZADAS NO MEIO LÍQUIDO

A utilização da eletromiografia no meio líquido está relacionada à necessidade de tecnologia específica e possíveis dificuldades de coleta.

O laboratório de Biomecânica do *Centinela Hospital Medical Center*, em Inglewood (Califórnia, USA), desenvolveu uma metodologia específica, publicando-se, a partir daí, diversos trabalhos (Pink et al., 1991; Pink et al., 1992; Perry et al., 1992; Ruwe et al., 1994) com análise eletromiográfica na natação. Em todos esses trabalhos, foram utilizados eletrodos de fio elétrico e, sobre eles, foram colocados adesivos transparentes impermeáveis (Bioclusive, Johnson & Johnson, New Brunswick, NJ). Os sinais foram transmitidos por um sistema de telemetria (modelo 42000-A, Bio-Sentry Telemetry, Torrance, CA), as baterias e os transmissores foram guardados em um jarro plástico, e os fios foram cuidadosamente lacrados no local de entrada, sendo este recipiente preso ao tórax dos nadadores. É importante salientar que, apesar da evolução nos eletrodos, a introdução destes no interior do músculo, com conseqüentes sensações dolorosas e derrame intramuscular, constituiu um fator invasivo não desprezível, quando o objetivo é estudar o comportamento motor em situações mais próximas possíveis da situação natural (Correia; Santos; Veloso, 1993).

Outro grupo que tem utilizado a eletromiografia para estudos no meio líquido é o da *University of Jyväskylä* e do *Central Hospital of Kymenlaakso*, na Finlândia. No trabalho de Pöyhönen et al. (2001b), foram utilizados eletrodos de superfície e um sistema de telemetria (ME 4000, Mega Electronics, Kuopio, Finland). Os autores citaram a posição dos eletrodos e a preparação da pele, mas não descreveram como foi realizado o isolamento do sistema ao meio líquido. Em outro trabalho, Pöyhönen et al. (2001a) utilizaram os mesmos procedimentos, citando apenas que os pares de eletrodos foram isolados por um adesivo resistente à água; entretanto, não colocaram a marca deste adesivo e nem descreveram o isolamento do sistema eletromiográfico.

No Brasil, Ervilha, Duarte e Amadio (1998), analisando a marcha humana dentro e fora da água, utilizaram eletrodos ativos diferenciais (*Delsys Inc*), ligados ao eletromiógrafo de dois canais (*Delsys Inc*) por um cabo de 1 m de comprimento. Este equipamento opera com uma bateria de 9 Volts e possui saídas coaxiais, podendo ser acoplado a um cinto ou à roupa do sujeito. Suas dimensões são de: 4 cm de altura; 6,5 cm de largura; 10 cm de comprimento; e massa de, aproximadamente, 230 g. Para preservar os eletrodos e amplificadores, os sujeitos caminharam vestindo uma roupa de mergulho, confeccionada em náilon e borracha (não foi citada a marca nem o modelo), evitando, assim, o contato com a água. Essa metodologia proporciona a tecnologia para o isolamento do sistema de aquisição de dados, mas pode modificar o padrão do movimento e a resistência ao deslocamento no meio líquido.

Apesar das dificuldades metodológicas, diversos estudos, no meio líquido, têm sido desenvolvidos. Moynes et al. (1986), Pink et al. (1991), Pink et al. (1992), Perry et al. (1992) e Ruwe et al. (1994) analisaram a natação; Pöyhönen et al. (2001a) e Pöyhönen et al. (2001b), exercícios de hidroterapia; Ervilha, Duarte e Amadio (1998), a marcha humana dentro e fora da água; Masumoto et al. (2002), a caminhada de costas na água; enquanto Mercer et al. (2002) estudaram a corrida em piscina funda (*deep water running*).

O fato de cada tipo de equipamentos necessitar de um isolamento específico fez com que Figueiredo et al. (2003) desenvolvessem uma metodologia para isolamento do sistema de eletromiografia de superfície para a coleta de dados em meio líquido. Os procedimentos foram testados e mostraram-se eficientes no isolamento, tanto dos equipamentos quanto dos eletrodos, o que permitiu a utilização da eletromiografia de superfície no meio líquido.

A modificação do meio justifica diferenças nas respostas fisiológicas e biomecânicas dos exercícios realizados no meio líquido. Ervilha, Duarte e Amadio (1998) encontraram diferenças qualitativas entre os padrões de intensidade do sinal eletromiográfico e diferença significativa no padrão de variação angular da articulação do joelho. Pöyhönen et al. (2001b), comparando a extensão e flexão do joelho fora e dentro da água, com e sem equipamento resistido, mostraram que, dentro da água, ocorre uma diminuição precoce da atividade concêntrica dos agonistas. Quando a atividade agonista era reduzida, a aceleração da água era suficiente para diminuí-la e aumentar a atividade antagonista para, no final do movimento, desacelerar. Além disso, como era esperado, a força em terra (máxima força isométrica e isocinética em um dinamômetro isocinético) foi maior que a de dentro da água (máximo esforço realizado contra a resistência da água), surpreendendo os autores que o pico de resistência, no movimento de flexão com equipamento, não diferiu das forças realizadas nas séries isocinéticas. Em outro estudo, Pöyhönen et al. (2002) colocaram que a similaridade entre o treinamento aquático e isocinético é causado pela velocidade, pois é o fator de controle da resistência dos movimentos.

2.5 MÚSCULOS ABDOMINAIS E FLEXORES DE QUADRIL NA HIDROGINÁSTICA

Marques e Pereira Filho (1999) citaram que, na hidroginástica, os músculos flexores do quadril trabalham com maior sobrecarga devido à resistência ao avanço que age sobre a grande superfície das pernas e coxas. Portanto, na parte aeróbica, este grupamento muscular seria bastante solicitado nas elevações de joelhos, polissapatos, chutes, cavalinhos e outros. Na parte localizada, deve-se, então, enfatizar os músculos antagonistas mais fracos para promover equilíbrio muscular. Os autores acrescentaram que alguns movimentos, há muito, vêm sendo recomendados, inadvertidamente, como exercícios que trabalham, predominantemente, o músculo RA, quando, na verdade, o motor primário é outro grupo muscular. É o que acontece, freqüentemente, com os exercícios que envolvem, ao mesmo tempo, flexão de tronco e de quadril.

Diversas posições são propostas para os exercícios destinados à musculatura do abdômen. Na área da terapia e reabilitação aquática, Bates e Hanson (1996) apresentaram exercícios na posição em pé, apoiado na borda da piscina, segurando elástico resistivo e empurrando diferentes flutuadores para baixo, entre outros. Ao tirar os pés do chão da piscina, o corpo precisa de algum apoio e, nesse caso, os autores sugeriram barras paralelas, bóias e

apoio nos membros superiores, na borda da piscina. Koury (1996) utilizou apoios de flutuadores nos membros inferiores para conseguir uma posição de decúbito dorsal, pés apoiados na borda da piscina para realizar a flexão de tronco (movimento semelhante ao TC) e apoios de pranchas nos braços para exercícios pendulares com o tronco.

Na linha do *fitness*, um flutuador (Acquatubo) para apoio em membros superiores é muito utilizado para os exercícios abdominais na piscina. Marques e Pereira Filho (1999) apresentaram diversos exercícios para a musculatura da cintura abdominal, sugerindo exercícios em decúbito dorsal com apoio de acquatubo, tanto em membros superiores, quanto em membros inferiores. Os autores nomearam como: a) tradicional, o abdominal que realiza somente a flexão de tronco sem movimento dos membros inferiores; e b) sentado, a flexão de tronco realizada até a posição sentado.

A intensidade da ação muscular não é quantificada nesses estudos e é um ponto importante de questionamento a ser respondido, pois diversos são os fatores que influenciam a atividade muscular nestes exercícios. O menor peso hidrostático do segmento a se movimentar exigiria uma menor força para o movimento? A tendência de desequilíbrio faria com que a musculatura tivesse uma maior participação estabilizadora? O que influenciaria o apoio de membros inferiores? A resistência ao avanço em exercícios abdominais proporcionaria uma resistência importante? Como se comportam esses exercícios com o aumento da velocidade? Estes são alguns pontos questionáveis sobre a influência das qualidades físicas da água nos exercícios abdominais realizados no meio líquido.

Apesar de esta revisão ter como objetivo buscar respostas a tais perguntas, não foi possível concluir sobre a ativação muscular nos exercícios abdominais realizados em meio líquido. Portanto, este trabalho está sendo desenvolvido para tentar quantificar a ativação da musculatura abdominal e reto femoral, verificando a efetividade destes exercícios para possibilitar a compreensão da cinesiologia dos exercícios abdominais em meio líquido.

3 METODOLOGIA

3.1 AMOSTRA

A amostra foi composta por 20 (vinte) mulheres não possuidoras de problemas físicos, adaptadas ao meio líquido, com idade entre 21 e 29 anos.

3.2 PROCEDIMENTO PARA SELEÇÃO DA AMOSTRA

Os alunos da graduação e pós-graduação em Educação Física da ESEF-UFRGS e alunos do Centro Físico Acqualità foram convidados, através de cartazes e comunicações verbais, a participar da pesquisa, como voluntários, comparecendo em data e horários preestabelecidos para a aula de familiarização e para a coleta de dados.

3.3 TERMO DE COMPROMISSO

Cada participante da pesquisa assinou um termo de consentimento informado, previamente aprovado pelo Comitê de Ética da UFRGS (Anexo A), no qual constavam informações pertinentes ao experimento (Anexo B).

3.4 INSTRUMENTOS DE MEDIDAS

Para esta pesquisa, foram utilizados equipamentos do Laboratório de Pesquisa do Exercício da Universidade Federal do Rio Grande Sul (LAPEX-UFRGS) e do Laboratório de Biomecânica da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

3.4.1 Fichas de Dados Individuais

Para a coleta de dados, foi utilizada uma ficha de dados pessoais, constando o nome do indivíduo, data de nascimento, massa, estatura, a seqüência dos exercícios a serem executados, os canais do eletromiógrafo e músculos utilizados (Anexo C).

3.4.2 Eletromiógrafo

Para a aquisição dos dados eletromiográficos foi utilizado um eletromiógrafo da marca Paromed Medizintechnik GMBH (Figura 1): O sistema é composto por um Data Logger System de oito canais; com energia fornecida por um sistema de baterias Typ: Accumulator Nr: DLS-A-0012, e os dados acumulados em um Memory card tipo SRAM 2MB, com comunicação entre o Data Logger e o computador por um Serial Port Cable DLS-A-0010. O sistema de coleta de dados operou na freqüência de amostragem de 1000 Hz. O cabo possui um pré-amplificador com ganho de 100 e foi reamplificado no Data Logger pelo fator 8. Dessa forma, o ganho foi de 800 vezes.

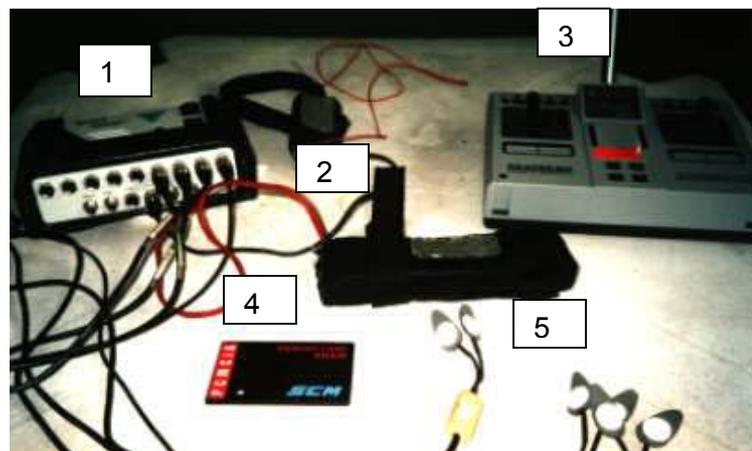


Figura 1: Eletromiógrafo marca Paromed Medizintechnik GMBH.
1. Data Logger; 2. Sistema de baterias; 3. Serial Port Cable; 4. Memory card; 5. Pré-amplificador.

3.4.3 Microcomputador

Os dados coletados foram armazenados em um *notebook* Compaq Presário 12XL 327. Os dados foram analisados através do *software* SAD 32 – Sistema de Aquisição de Dados.

3.4.4 Eletrodos de Superfície

Foram utilizados eletrodos de superfície pré-amplificados com configuração bipolar da marca Tyco Healthcare, Mini Medi-Trace 100, Kendall.

3.4.5 Curativo Adesivo

Para o isolamento dos eletrodos foi utilizado adesivo oclusivo transparente TEGADERM 1624W, de 6 cm x 7 cm, e TEGADERM 1626W, de 10 cm x 12 cm, ambos produzidos pela 3M.

3.4.6 Silicone

Para ajudar o isolamento, foi utilizado adesivo à base de silicone transparente Loctite Super Flex.

3.4.7 Sistema de Filmagem

Foram utilizados dois vídeos. Um para as coletas dos exercícios de referência em terra (Figura 2) e outro para as coletas realizadas na piscina (Figura 3). Cada sistema de vídeo consiste em uma câmera de vídeo, um monitor de imagens, um videocassete super-VHS e acessórios. O sistema operou a uma frequência de amostragem de 60 quadros por segundo.



Figura 2: Sistema de filmagem do exercício de referência.



Figura 3: Sistema de filmagem dos exercícios aquáticos posicionados no visor da piscina (esquerda) e vídeo e monitor do mesmo sistema (direita).

3.4.8 Adesivos Reflexivos

Para ressaltar os pontos anatômicos, foram utilizadas fitas reflexivas adesivas de 2 cm de diâmetro.

3.4.9 Alinhamento da Cinemática com a Eletromiografia

Para o alinhamento do sinal eletromiográfico e da cinemática, foi utilizado um sinal luminoso (Figura 4) que indicava o início da coleta eletromiográfica.



Figura 4: Momento inicial da coleta eletromiográfica indicado, na filmagem, através de um sinal luminoso.

3.4.10 Piscina com Visores para Visão Subaquática

A pesquisa foi realizada na piscina do Centro Natatório da ESEF-UFRGS, com dimensões de 25mx16mx2m, com visores laterais subaquáticos que permitiam o posicionamento do sistema de filmagem fora da água.

3.4.11 Redutor de Profundidade

Foi utilizado um sistema de redução de profundidade, para que os auxiliares ficassem confortavelmente em pé. Este redutor possuía uma escada que possibilitava que os indivíduos entrassem na piscina facilmente, como mostra a Figura 5.



Figura 5: Redutor de profundidade

3.4.12 Metrônomo

Para a determinação da frequência de execução dos exercícios, utilizou-se a gravação do ruído de um metrônomo WITTNER, modelo Taktell Júnior.

3.4.13 Aparelho de Som Portátil

Para a amplificação do sinal sonoro, foi utilizado um aparelho *compact disc stereo* radio cassette recorder, AIWA, modelo CSD-ES375U1.

3.4.14 Acquatubo

Equipamento flutuante de 6,5 cm de diâmetro e 160 cm de comprimento. Foi utilizado para a sustentação e posicionamentos dos indivíduos na água, assim como para o apoio dos membros inferiores, quando necessário.

3.4.15 Estadiômetro

Para medir a estatura, foi utilizado um estadiômetro da marca Filizola, constituído de uma escala métrica, com resolução de 1 mm, na qual desliza um cursor que mede a estatura do indivíduo na posição em pé. Esta escala é fixa a uma base apoiada ao solo.

3.4.16 Balança

O instrumento utilizado para determinação da massa corporal foi uma balança de alavanca, marca Filizola, com resolução de 100 gramas. A balança foi aferida com pesos padrões, antes de iniciar o experimento.

3.5 VARIÁVEIS

3.5.1 Variável Dependente

Como variável dependente, considera-se a atividade muscular obtida a partir do valor RMS do reto femoral, das porções supra-umbilical e infra-umbilical do músculo reto

abdominal e do músculo oblíquo externo, nas fases ascendente e descendente, durante a execução dos exercícios determinados.

3.5.2 Variáveis Independentes

Como variáveis independentes, há os exercícios – Referência (REF); Referência em Velocidade Máxima (REF V_{MAX}); Tradicional com Apoio de Membros Inferiores (TCA); Tradicional sem Apoio de Membros Inferiores (TSA); Tradicional sem Apoio dos Membros Inferiores em Velocidade Máxima (TSA V_{MAX}); Sentado com Apoio de Membros Inferiores (SCA); Sentado sem Apoio de Membros Inferiores (SSA); Sentado sem Apoio em Velocidade Máxima (SSA V_{MAX}) e Canivete (CAN) – que serão apresentados a seguir.

3.5.2.1 Exercício de Referência (REF)

A posição inicial deste exercício é em decúbito dorsal com os quadris e joelhos flexionados e os pés apoiados e seguros no chão; os braços devem estar cruzados no peito do sujeito com a mão direita no ombro esquerdo e a mão esquerda no ombro direito. O movimento consiste em flexionar o tronco e o quadril até a posição sentada (Figura 6).

Este movimento é o mesmo que o realizado no exercício *sit up*, apresentado anteriormente.

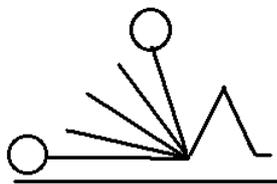


Figura 6: Desenho esquemático do exercício de referência (REF).

3.5.2.2 Exercício de Referência em Velocidade Máxima (REF V_{MAX})

O exercício de REF V_{MAX} tem a mesma posição inicial e movimento que o exercício de referência (REF), entretanto é realizado na máxima velocidade.

3.5.2.3 Exercício Tradicional com Apoio de Membros Inferiores (TCA)

A posição inicia em decúbito dorsal, com apoio do membro superior no acquatubo, que passa por baixo das axilas, apoiando os braços no equipamento; a pelve deve estar em retroversão e os membros inferiores apoiados em outro acquatubo (Figura 7).

O movimento consiste em flexionar (“enrolar”) o tronco, aproximando, o máximo possível, o esterno do púbis, sem que ocorra a flexão do quadril e sem que os membros inferiores se movimentem, voltando após à posição inicial, como apresentado na Figura 7. Na Figura 8, pode-se observar a posição de maior flexão no momento de troca da fase ascendente para a descendente.



Figura 7: Posição inicial e final do TCA.



Figura 8: Posição de maior flexão no TCA.

3.5.2.4 Exercício Tradicional sem Apoio de Membros Inferiores (TSA)

A posição inicial e o movimento, no exercício TSA, são os mesmos que no TCA, mas sem o apoio dos membros inferiores no acquatubo. A Figura 9 apresenta a posição inicial, e a Figura 10, o momento de maior flexão.



Figura 9: Posição inicial e final do TSA.



Figura 10: Posição de maior flexão no TSA.

3.5.2.5 Exercício Tradicional sem Apoio em Velocidade Máxima (TSA V_{MAX})

O exercício TSA V_{MAX} tem a mesma posição inicial e movimento que o TSA, entretanto é realizado na máxima velocidade.

3.5.2.6 Exercício Sentado com Apoio de Membros Inferiores (SCA)

A posição inicial é a mesma do exercício TCA. Seu movimento consiste em contrair o abdômen, levando o peito na direção dos joelhos, passando da posição deitada para a sentada.

Na Figura 11, pode-se observar a posição de maior flexão no SCA.



Figura 11: Posição de maior flexão do SCA.

3.5.2.7 Exercício Sentado sem Apoio de Membros Inferiores (SSA)

A posição inicial do exercício SSA é a mesma que o TSA, e o movimento é idêntico ao exercício SCA, porém sem o apoio dos membros inferiores. Na Figura 12, pode-se observar a posição de maior flexão no exercício SSA.



Figura 12: Posição de maior flexão do exercício SSA.

3.5.2.8 Exercício Sentado sem Apoio de Membros Inferiores em Velocidade Máxima (SSA V_{MAX})

O exercício SSA V_{MAX} tem a mesma posição inicial e movimento que o SSA, entretanto é realizado na máxima velocidade.

3.5.2.9 Exercício Canivete (CAN)

A posição inicial do CAN é a mesma que o TSA e SSA, e o movimento consiste em realizar a flexão simultânea do tronco e do quadril que deve descer, enquanto a cabeça e os pés tentam ficar na superfície. Na Figura 13, observa-se a posição de maior flexão. No movimento de retorno, há uma extensão do quadril, tentando manter os pés na superfície da água.



Figura 13: Posição de maior flexão no CAN.

3.5.3 Tratamento das Variáveis Independentes

Foi definida a posição inicial e final de cada exercício e, durante os intervalos entre as execuções, correções e estímulos eram dados. Foi realizado um controle, através de uma filmagem da execução do exercício. Qualquer exercício fora do padrão preestabelecido foi descartado.

Os exercícios REF, TSA, TCA, SSA, SCA e CAN deveriam seguir um ritmo padrão, sendo solicitado aos indivíduos que os realizassem em dois tempos para subir, dois para descer e dois de intervalo entre cada execução. Para o controle do ritmo dos exercícios, foi utilizada a gravação do ruído de um metrônomo a 60 batidas por minuto. É importante

salientar que este controle do ritmo faz com que os exercícios de flexão de tronco e de quadril (SSA, SCA e CAN), de maior amplitude de movimento, tenham uma velocidade angular maior que os que realizam apenas a flexão de tronco (TCA e TSA).

Os exercícios REF V_{MAX} , TSA V_{MAX} e o SSA V_{MAX} foram executados em velocidade máxima (V_{MAX}). Nessas situações, foi solicitado aos indivíduos que realizassem as repetições na máxima velocidade possível. O intervalo de dois segundos, entre cada execução, também foi respeitado.

Durante o intervalo das repetições dos exercícios realizados no meio líquido, um auxiliar segurava as pernas do indivíduo, corrigindo possível deslocamento e mantendo-o sempre paralelo ao plano da lente. Já no intervalo dos exercícios, os sujeitos eram seguros pelos membros inferiores com o objetivo de criar uma situação de repouso. Para o descanso entre os exercícios, foi respeitado o intervalo mínimo de três minutos.

3.5.4 Variável de Controle

A temperatura da água permaneceu em 30,5°C.

3.6 ROTINAS E PROTOCOLOS

3.6.1 Caracterização da Amostra

Foi preenchido um questionário com as características individuais, indicando o tempo de prática de atividades aquáticas e a data de nascimento, assim como as medidas corporais, massa e estatura (Anexo C).

3.6.2 Familiarização com os Exercícios Propostos

Em data predeterminada, os sujeitos da pesquisa realizaram uma rotina de familiarização que constava de:

- a) explanação quanto ao objetivo da pesquisa, metodologia e rotinas das coletas, assim como explicações quanto à execução dos exercícios;

- b) leitura e assinatura do termo de consentimento;
- c) demonstração dos exercícios;
- d) prática dos exercícios;
- e) familiarização com os diferentes ritmos de execução: ritmo padrão e V_{MAX} ;
- f) agendamento da data e horário da coleta.

3.6.3 Configuração dos Dados do Eletromiógrafo

As baterias foram carregadas nas 24 horas anteriores às coletas.

As informações do *Memory Card*, anteriores à coleta, foram descarregadas no computador. Uma nova configuração foi realizada para cada sujeito da amostra:

- a) nome;
- b) canais utilizados com os nomes dos músculos que representam;
- c) frequência de amostragem: a máxima permitida pelo equipamento 1000Hz;
- d) ganho: 800, 100 no pré-amplificador e 8 vezes no *Datallogger*;
- e) tempo de aquisição para cada coleta 30 segundos;
- f) sinal sonoro foi solicitado para o equipamento.

Após a configuração dos dados, o *Memory Card* foi retirado do computador e inserido no *Data Logger*.

3.6.4 Isolamento do Eletromiógrafo

Este sistema de isolamento dos componentes foi apresentado em estudo piloto por Figueiredo et al. (2003).

Quanto à aparelhagem, houve especial atenção para que o *Data Logger* com o *Memory Card*, o sistema de baterias e o pré-amplificador dos cabos não entrassem em contato com a água, para não haver interferência na qualidade do sinal ou causar danos aos equipamentos.

Para o isolamento do pré-amplificador dos cabos, foi utilizado adesivo à base de silicone que revestiu totalmente o pré-amplificador, como se pode observar na Figura 14. Este procedimento permitiu que o pré-amplificador ficasse livre na água.



Figura 14: Isolamento do pré-amplificador nos cabos

Para o isolamento do *Data Logger* e do sistema de baterias, foi confeccionado um recipiente plástico, previamente adaptado. O recipiente apresenta tampa na região superior, com vedação de borracha e furos para a passagem dos cabos, onde são colocadas mangueiras de plástico vedadas com adesivo de silicone. Na saída das mangueiras, foi colada fita *Silve Tape* que recebeu um torniquete e silicone. Este recipiente foi preso por uma fita Velcron a um equipamento de flutuação da marca Horn que recebia o recipiente plástico com o eletromiógrafo (Figura 15). Assim, o sistema ficou protegido de eventual contato com a água.

Para assegurar que o movimento realizado pelo executante não tensionasse em demasia os cabos, que eram de apenas um metro, um ajudante se posicionou dentro da água, segurando o recipiente, como se pode observar na Figura 16, em uma situação experimental.



Figura 15: Isolamento do Datalogger e do sistema de baterias.



Figura 16: Situação experimental do exercício TCA. Observam-se dois ajudantes, um para controlar o posicionamento do indivíduo e o outro para cuidar o equipamento.

3.6.5 Preparação da Pele e Colocação dos Eletrodos

A superfície corporal que recebeu os eletrodos e a área em volta foram depiladas, removeu-se a superfície morta da pele por leve abrasão e realizou-se, após, a limpeza da pele com álcool. Este procedimento é considerado padrão para diminuir a resistência elétrica da pele e obter um melhor sinal eletromiográfico, além de assegurar uma boa fixação dos eletrodos e dos adesivos impermeáveis.

Os eletrodos foram colocados no ventre muscular, a uma distância aproximada de 3 cm entre os eletrodos.

Na RAS, os indivíduos se posicionaram em decúbito dorsal e realizaram uma contração contra resistência, tentando flexionar o tronco. Os eletrodos foram colocados paralelamente à direita, acima e ao lado da cicatriz umbilical, buscando o ventre muscular, a aproximadamente 3 cm da linha média do corpo.

Na RAI, os indivíduos se posicionaram em decúbito dorsal e realizaram uma contração contra resistência, tentando flexionar o quadril sobre o tronco. Os eletrodos foram colocados paralelamente, à direita, abaixo e ao lado da cicatriz umbilical, buscando o ventre muscular, a aproximadamente 3 cm da linha média do corpo.

No músculo OE, os indivíduos se posicionaram em decúbito dorsal e realizaram uma contração contra resistência, tentando realizar a flexão com rotação do tronco. Os eletrodos foram colocados, obliquamente, à direita da cicatriz umbilical, entre a espinha íliaca e o gradeado costal.

No músculo RF, os indivíduos ficaram sentados e realizaram uma contração contra resistência, tentando flexionar o quadril mantendo os joelhos flexionados. Os eletrodos foram colocados no ventre muscular, no terço superior da coxa.

O eletrodo terra foi colocado sobre a espinha íliaca.

3.6.6 Isolamento dos Eletrodos

Sobre os eletrodos e na saída dos cabos próximos a eles, foram utilizados curativos oclusivos impermeáveis. Essa colocação exigiu muito cuidado, pois qualquer dobra no adesivo diminuiria sua aderência e criaria rugas pelas quais a água poderia entrar. Um ponto que mereceu atenção especial foi a saída dos cabos, pois sua movimentação poderia favorecer a entrada de água no sistema. Nesse local, foi colocado adesivo à base de silicone sobre os adesivos oclusivos, garantindo a fixação e impermeabilidade, como se pode observar na Figura 17.



Figura 17: Isolamento dos eletrodos.

Toda coleta de dados foi conduzida sem qualquer modificação na posição dos eletrodos.

3.6.7 Contração Voluntária Máxima

Foi realizada uma contração voluntária máxima (CVM) para RAS, uma para RAI e outra para o RF. Para o OE, foi utilizado o valor encontrado na contração voluntária máxima da RAI, pois foi a CVM que teve o maior valor para o OE.

Estes valores da CVM foram utilizados para normalizar os dados do exercício de referência (REF), antes e depois dos exercícios realizados no meio líquido, e, assim, verificar se houve interferência da situação experimental na intensidade do sinal eletromiográfico.

3.6.7.1 Contração Voluntária Máxima da Porção Superior do Músculo Reto Abdominal

A CVM RAS foi coletada com o indivíduo em decúbito dorsal, os braços atrás da nuca, os quadris e joelhos flexionados com os pés apoiados no chão. Um ajudante posicionou-se acima da cabeça do indivíduo, exercendo pressão sob o peito. Foi solicitado que o indivíduo tentasse realizar máxima força na flexão do tronco contra esta resistência .

3.6.7.2 Contração Voluntária Máxima da Porção Inferior do Músculo Reto Abdominal

A CVM RAI foi coletada com o indivíduo em decúbito dorsal, com os braços ao lado da cabeça, segurando as pernas do ajudante, e os quadris e joelhos flexionados a 90°. Um auxiliar, posicionado acima da cabeça do indivíduo, exercia pressão sob os joelhos do mesmo. Foi solicitado que o indivíduo tentasse realizar máxima força na flexão da pelve sobre o tronco contra esta resistência.

3.6.7.3 Contração Voluntária Máxima do Músculo Reto Femoral

A CVM RF foi coletada com o indivíduo sentado com o apoio dos cotovelos e antebraços no chão. O membro inferior esquerdo se mantinha flexionado com o pé apoiado no

chão e a perna direita elevada com o quadril e o joelho semi-flexionados. Foi solicitado que o indivíduo tentasse realizar máxima força na flexão do quadril contra resistência imposta por um ajudante posicionado no prolongamento da perna.

Todas as coletas das contrações voluntárias máximas foram realizadas com encorajamento verbal para os sujeitos realizarem o máximo esforço.

Um intervalo de, no mínimo, três minutos foi respeitado entre cada CVM e entre os exercícios.

3.6.8 Ordem dos Exercícios

A ordem da coleta começou em terra com as contrações voluntárias máximas em ordem randômica, seguidas das coletas do REF e do REF V_{MAX} . O *Memory Card* era descarregado e realizada a coleta aquática com os exercícios TSA, TCA, SSA, SCA, CAN, TSA V_{MAX} , SSA V_{MAX} . Após as coletas aquáticas, era coletado novamente, em terra, o exercício REF.

3.6.9 Registro das Imagens

A coleta foi realizada com o sujeito a 6 m da borda da piscina. Para esse sistema, a câmera estava localizada a 1,70 m de altura do solo, posicionada no visor da piscina, conectada ao monitor e ao videocassete, como foi mostrado na Figura 6. Foi utilizado um recurso para isolar a câmera e o visor da piscina do reflexo das luzes que havia no local da filmagem. Para que a execução dos exercícios ficasse sempre no campo de visão da câmera, foram posicionadas marcas na borda da piscina, possibilitando que os indivíduos pudessem se localizar e permitindo que a imagem ficasse sempre centralizada.

Utilizaram-se fitas reflexivas nos indivíduos, fixadas para aumentar a qualidade da análise do vídeo e obter melhor contraste nos pontos de ombro, linha axilar média, trocanter maior do fêmur e linha média da coxa, entre o trocanter e tibial lateral .

3.7 ANÁLISE DOS DADOS DA FILMAGEM

3.7.1 Digitalização das Imagens Analógicas

O processo utilizado para a conversão de imagens, originalmente captadas em fita de vídeo super VHS e transformadas em imagens digitais, deu-se através de placa de captura de vídeo Pinnacle Miro DC30 Plus, por sinal composto, a partir de um videocassete JVC BR-S822DXU, com frames ajustados em 4:3, tamanho 320X240 pixels, qualidade de compressão de 2,5:1, a 29,97 fps, data rate 60 kb/frame, tamanho de arquivo de captura de 9 minutos/GB, drive miroVIDEO DC30 series, Motion JPEG Capture/CODEC board, version: 4.4.2.5.

A placa de captura estava instalada em um computador PC Pentium II, processador Intel MMX, 256 MB RAM, HD de 20 GB. Um equipamento super VHS, composto por mesa de corte JVC KM-D600 e videocassete JVC BR-S822DXU, foi utilizado para processar o material bruto capturado nas fitas de vídeo analógicas.

3.7.2 Processamento de Arquivos de Imagem para Comparação com a Eletromiografia

O material digitalizado foi processado no *software* Adobe Premiere para uma compactação que permitiu a avaliação dos filmes de cada amostra, no processo de frame a frame.

A recompactação foi realizada utilizando o codec “CRAM”, Microsoft Vídeo 1, proporção 4:3, tamanho 320X240 pixels, a 29,97 frames por segundo, com 75% de qualidade, o que permitiu que os arquivos de vídeo mantivessem uma qualidade satisfatória, ocupando menos espaço no HD.

3.7.3 Verificação dos Tempos das Execuções

Os arquivos de vídeo foram analisados no programa Adobe Premiere, através da exposição do vídeo no *timeline*, e controlados no monitor que permitia a visualização *frame a frame*. Dessa forma, cada arquivo podia ter o tempo zerado em sincronia com o sinal

luminoso que indicava o início da coleta eletromiográfica. O marcador de tempo do monitor indicava *frames*, segundos e minutos distantes do tempo de referência. Assim, foi possível estabelecer o início e o fim do exercício.

Na Figuras 18, pode-se observar o sinal luminoso que representa o início da coleta eletromiográfica, tendo-se utilizado a ferramenta de abrir colchete para zerar o tempo. Na Figura 19, para verificar o ponto de troca de fase, foi utilizada a ferramenta de fechar colchete para se obter a diferença do tempo inicial. A Figura 20 mostra a utilização da mesma ferramenta para determinar o fim do exercício.



Figura 18: Sinal luminoso indica início da coleta eletromiográfica; a ferramenta de abrir colchete indica que o tempo foi zerado.



Figura 19: Colchete determina frame de final da fase ascendente e início da fase descendente do exercício SSA.

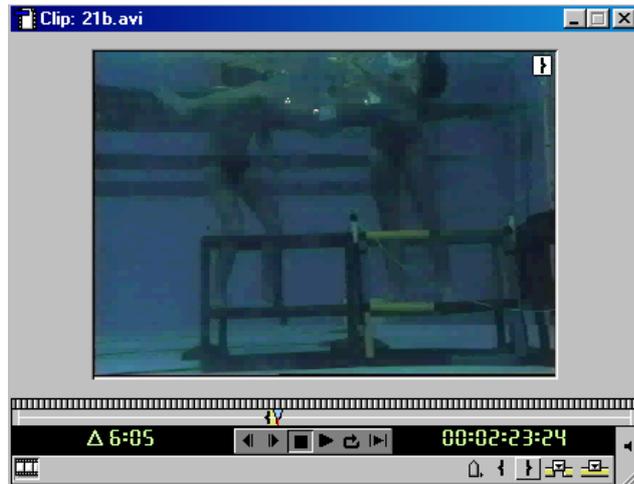


Figura 20: Colchete determina frame de fim da fase descendente.

Cada exercício foi dividido em duas fases, ascendente e descendente. Eram anotados os tempos compreendidos pelo início da fase ascendente, fim da fase ascendente, início da fase descendente e fim da fase descendente dos exercícios. Dessa forma, foi possível determinar os tempos específicos dos recortes no *software* de análise (SAD 32), possibilitando determinar as amplitudes do sinal eletromiográfico nas diferentes fases.

3.8 ANÁLISE DOS DADOS DA ELETROMIOGRAFIA

O sinal captado foi gravado no computador para posterior análise, na versão Paromed Datalogger AD Binário e foi importado para o programa SAD 32, salvo na versão SAD. Esses arquivos foram renomeados, identificando os sujeitos e os tipos de exercício.

Com o objetivo de “limpar” o sinal, utilizou-se o procedimento de filtragem, consistindo nas seguintes funções: para o alinhamento da base do sinal, utilizou-se a ferramenta Remove DC; com o objetivo de suprimir as oscilações de frequências baixas e altas, aplicou-se o filtro tipo Passa-banda Butterworth de 5ª ordem, nas frequências de 20 a 400 Hz; para remover prováveis picos do sinal, foi aplicada a ferramenta Remove picos automáticos, com janela de 30 e meio tamanho de 2. Como após esta filtragem persistia um ruído de baixa frequência, aplicou-se um filtro Passa Alta, na frequência de 5 Hz Hamming. Para a realização desses procedimentos, foi utilizada uma Macro para a filtragem do sinal, apresentada no Anexo C.

3.8.1 Recorte e Valor RMS

Após a filtragem dos sinais, foram realizados os recortes das fases ascendente e descendente. Na Figura 21, pode-se ver o sinal amplificado com o recorte de uma execução do exercício de referência.

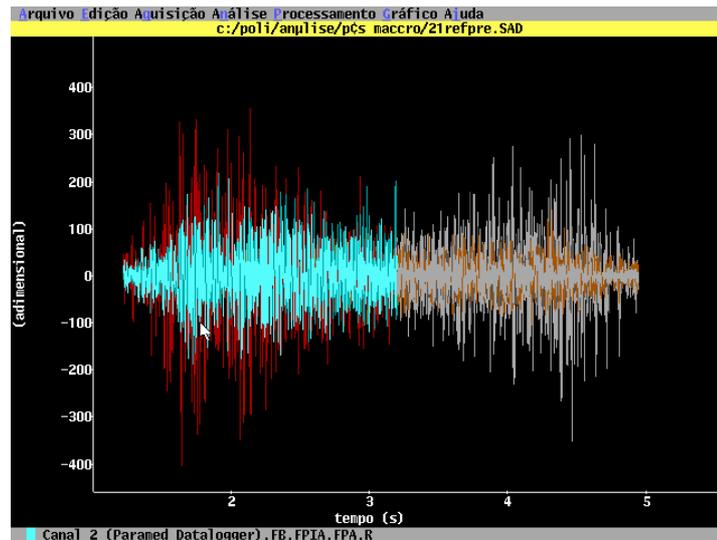


Figura 21: Recorte da fase ascendente, em azul e vermelho, e da fase descendente, em marrom e cinza.

Destes recortes, foi verificado o valor RMS de cada fase. Os valores foram anotados em uma planilha onde se realizava a média de cada fase do exercício, nas diferentes repetições. Assim, quantificaram-se as fases de cada exercício e de cada sujeito.

3.8.2 Normalização em Amplitude

Foram realizados dois procedimentos de normalização na amplitude.

O primeiro procedimento teve o objetivo de verificar se houve interferência da situação experimental na amplitude do sinal eletromiográfico. Assim, utilizou-se a CVM para normalizar os dados do exercício REF, realizado antes e depois dos exercícios no meio líquido.

Após, realizou-se o segundo procedimento de normalização com o objetivo de comparar a intensidade dos diferentes exercícios. Os valores encontrados no exercício REF,

antes dos exercícios realizados no meio líquido foram utilizados para a normalização na amplitude dos exercícios que entraram na estatística de análise de variância. Dessa forma, os valores apresentados são relativos a um percentual do exercício REF.

Nessa análise, os valores obtidos no REF após exercícios no meio líquido, foram colocados na estatística como um exercício, comparando, assim, estatisticamente, o exercício de referência com os demais. A utilização dessa referência é importante para a discussão dos exercícios realizados no meio líquido com a literatura, pois, nesta pesquisa, não foram encontrados dados eletromiográficos de exercícios abdominais realizados em meio líquido.

Os valores normalizados de cada sujeito foram transportados para uma planilha na qual se calculou a média e o desvio padrão do valor RMS de cada fase dos exercícios. Assim, obteve-se a média e o desvio padrão da amplitude de cada fase de cada exercício.

3.8.3 Normalização pelo Tempo

Sobre cada curva recortada, foi realizado um “ENVELOPE RMS” (0.2 segundo Hamming). A curva de cada fase foi interpolada para ter 100 pontos. Dessa forma, considera-se cada informação 1% do tempo da fase, fazendo com que a curva do exercício completo tenha duas informações para cada 1% do ciclo. Tendo todas as curvas o mesmo número de pontos, foi feita uma curva média que representa a atividade eletromiográfica no ciclo completo de execução.

3.9 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Durante a coleta dos tempos na filmagem, a execução era analisada e, caso não satisfizesse, anotava-se como “execução falha”. Dessa forma, durante o recorte eletromiográfico, a execução já era desconsiderada.

Ainda durante a análise da filmagem, era necessário identificar o sinal do sincronismo. Por esse motivo, um sujeito teve seus dados descartados, pois não foi identificado o sinal.

Durante a análise do sinal eletromiográfico, foi possível identificar perda de sinal e ruídos que não representavam a atividade muscular. Nesses casos, o sinal também era descartado.

3.10 DESENHO EXPERIMENTAL

Quadro 1: Desenho experimental

EXERCÍCIOS	TRATAMENTO	MÚSCULOS
A	X ₁	O ₁ O ₂ O ₃ O ₄
B	X ₁	O ₁ O ₂ O ₃ O ₄
C	X ₁	O ₁ O ₂ O ₃ O ₄
D	X ₂ X ₃	O ₁ O ₂ O ₃ O ₄
E	X ₂ X ₃	O ₁ O ₂ O ₃ O ₄
F	X ₂	O ₁ O ₂ O ₃ O ₄
G	X ₂ X ₃	O ₁ O ₂ O ₃ O ₄
H	X ₂	O ₁ O ₂ O ₃ O ₄
I	X ₂	O ₁ O ₂ O ₃ O ₄
D	X ₂	O ₁ O ₂ O ₃ O ₄

Nota: A = CVM do reto abdominal porção supra-abdominal; B = CVM do reto abdominal porção infra-abdominal; C = CVM do reto Femoral; D = exercício de referência; E = exercício abdominal tradicional sem apoio; F = exercício abdominal tradicional com apoio; G = exercício abdominal sentado sem apoio; H = exercício abdominal sentado com apoio; I = exercício canivete; X₁ = tratamento 1, contração máxima contra resistência; X₂ = tratamento 2, exercício em velocidade padrão; X₃ = tratamento 3, exercício em velocidade máxima; O₁ = medidas da musculatura reto abdominal supra-umbilical; O₂ = medidas da musculatura reto abdominal infra-umbilical; O₃ = medidas da musculatura reto abdominal oblíqua; O₄ = medidas da musculatura reto Femoral.

3.11 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Inicialmente, os dados obtidos no exercício de referência (REF), antes e depois da coleta aquática, foram normalizados pela CVM. Nesses valores, utilizou-se Teste t pareado em cada músculo. Assim, pôde-se identificar se houve interferência da situação experimental na amplitude do sinal eletromiográfico.

Com o objetivo de quantificar a atividade muscular durante todo o exercício, foi utilizado ANOVA *two ways*, em cada músculo, pelos fatores exercícios e fase. Para a localização das diferenças, utilizou-se o *post hoc* de Tukey.

Para melhor compreender a ativação em cada fase, utilizou-se ANOVA *one way* no valor da fase ascendente de cada músculo pelo fator exercício, assim como somente nos valores da fase descendente. Para a localização das diferenças, utilizou-se o *post hoc* de Tukey.

Todos os testes estatísticos foram aplicados no programa estatístico SPSS versão 11.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A amostra foi composta por vinte mulheres adaptadas ao meio líquido, com idade entre 21 e 29 anos. A Tabela 1 apresenta os resultados médios e desvios padrão das variáveis: idade, estatura e massa dos indivíduos.

Tabela 1: Caracterização da amostra: médias (χ), desvios padrão (DP), valores mínimo e máximo das variáveis idade, estatura, massa.

Variáveis (N=20)	χ	DP	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	23,5	$\pm 2,99$	21	29
Estatura (cm)	162,3	$\pm 8,20$	157	173
Massa (kg)	57,5	$\pm 6,32$	50	65

4.2 EXERCÍCIO REFERÊNCIA PRÉ X PÓS

A Tabela 2 apresenta os resultados do teste $-t$ pareado que demonstra não haver diferenças estatisticamente significantes entre o exercício realizado antes ou depois da situação experimental. Assim, pode-se considerar que a situação experimental não modificou a intensidade do sinal eletromiográfico dos músculos analisados, seja por fadiga, seja por contato de água no eletrodo.

Tabela 2: Número de amostras válidas (N), médias (χ), desvio padrão (DP), diferença PRÉ e PÓS e significância (P) dos valores obtidos nas porções superior (RAS) e inferior (RAI) do reto abdominal, do músculo oblíquo externo (OE) e do reto femoral (RF), na fase ascendente do exercício REF, antes (PRÉ) e depois (PÓS) dos exercícios aquáticos.

Músculos	N	PRÉ		PÓS		DIF PRÉ X PÓS	
		χ	DP	χ	DP	dif	P
RAS	14	61,8	±14.6	61,6	±12.9	0,167	0,907
RAI	12	53,3	±14.1	52,9	±13.5	0,349	0,690
OE	10	63,0	±17.4	60,5	±15.5	2,494	0,221
RF	10	70,0	±46.1	68,2	±42.8	1,601	0,539

4.3 ANÁLISE DOS EXERCÍCIOS

Para analisar a ativação muscular durante o exercício, aplica-se uma análise de variância para cada músculo, considerando os fatores exercício e fase. Dessa forma, tem-se o valor de ativação muscular da fase ascendente (1), na fase descendente (2), e um terceiro valor (total) que é a média das duas fases corrigidas pelo número de sujeitos. Os dados da estatística descritiva obtidos na RAS, na RAI, no músculo OE e RF, em cada exercício, nas duas fases, são apresentados no Anexo E, e os resultados da análise de variância para cada músculo analisado pelos fatores exercício e fase são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Análise de variância pelo fator exercício (EXER), fase e exercício X fase nas porções superior (RAS) e inferior (RAI) do músculo reto abdominal, nos músculos oblíquo externo (OE) e reto femoral (RF).

Músculo	Interação	Soma dos quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado médio	F	Sig.
RAS	EXER	112173,159	8	14021,645	19,623	0,000
	FASE	172377,160	1	172377,160	241,238	0,000
	EXER * FASE	22360,119	8	2795,015	3,912	0,000
RAI	EXER	86435,071	8	10804,384	10,146	0,000
	FASE	111592,535	1	111592,535	104,788	0,000
	EXER * FASE	16381,088	8	2047,636	1,923	0,048
OE	EXER	67758,669	8	8469,834	24,214	0,000
	FASE	92970,380	1	92970,380	265,793	0,000
	EXER * FASE	10307,301	8	1288,413	3,683	0,001
RF	EXER	209126,644	8	26140,831	52,373	0,000
	FASE	49547,851	1	49547,851	99,268	0,000
	EXER * FASE	46720,639	8	5840,080	11,700	0,000

A Tabela 4 mostra que existem diferenças estatisticamente significantes em todos os músculos entre os exercícios, entre as fases e o efeito de interação exercícios X fase. Dessa forma, o efeito principal exercício indica que eles diferem entre si, independente da fase. O efeito principal fase indica que a fase ascendente difere da descendente, independente do exercício. Além disso, o efeito da interação exercício X fase indica que tal diferença depende do tipo de exercício, pois não é constante.

Para determinar onde está a diferença entre os exercícios, foi utilizado o *post hoc* de Tuckey. Os resultados para a RAS, RAI, para os músculos OE e RF são apresentados no Anexo F e demonstram a formação de dois subgrupos com diferenças significantes na RAS, quatro subgrupos na RAI e para o músculo OE, enquanto o RF apresenta três subgrupos.

No Anexo F, apresenta-se uma visão geral do comportamento dos músculos analisados nos exercícios e, para uma melhor visualização das diferenças estatísticas entre os mesmos, foi elaborado um gráfico para cada músculo.

A Figura 22 identifica dois grupos de exercícios diferentes estatisticamente para a RAS. O grupo A é o de maior ativação e é composto pelos exercícios realizados em terra, REF V_{MAX} (102,3±34,7) e REF (87,5±18,3), e os exercícios aquáticos em máxima velocidade: SSA V_{MAX} (98,5±52,3) e TSA V_{MAX} (94,3±61,9). O grupo B, de menor ativação, é composto pelos exercícios aquáticos em ritmo padrão: CAN (63,6±34), TSA (60,6±38), TCA (53,5±32,7), SSA (51,0±29,3) e SCA (49,3±26,1).

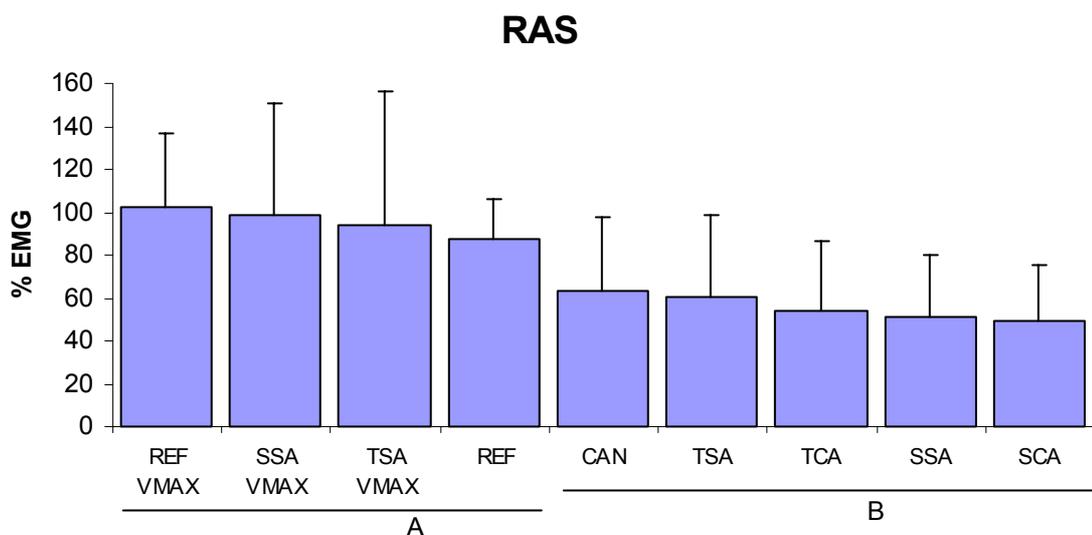


Figura 22: Médias e desvios padrão, nos diferentes exercícios, da atividade eletromiográfica percentual da fase ascendente do exercício referência (%EMG) na porção superior do músculo reto abdominal (RAS). Retas A e B identificam dois grupos de exercícios significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Por ser um exercício que exige tanto a flexão do tronco quanto do quadril, era esperada uma grande atividade eletromiográfica no CAN. Além disso, estudos em seco (Walters; Partridge, 1957; Guimarães et al., 1991) indicaram o *V Sit* (exercício em terra semelhante ao CAN) como um exercício de grande atividade da RAS. Entretanto, neste estudo, ele apresentou uma menor atividade eletromiográfica que o REF. A menor exigência da RAS, no CAN e nos demais exercícios aquáticos em ritmo padrão que no REF, apontam para uma menor exigência nos exercícios realizados na água.

O efeito da diminuição do peso hidrostático pode ter sido responsável pela menor atividade eletromiográfica dos exercícios aquáticos em ritmo padrão. Estudando exercícios de hidroginástica, Kruehl (2000) demonstrou que um indivíduo, ao realizar um exercício estacionário, numa cadência e em diferentes profundidades, tem o seu gasto energético diminuído, à medida que aumenta o nível de imersão. Para o autor, com a redução do peso hidrostático, provavelmente, uma menor quantidade de unidades motoras seria necessária para a realização do movimento no sentido vertical. Este efeito da diminuição do peso hidrostático também é citado por Pöyhönen et al. (1999) como uma possível causa de uma menor ativação muscular na extensão do joelho no meio líquido.

A utilização do apoio nos membros inferiores não foi suficiente para diferenciar, estatisticamente, os exercícios TSA do TCA, nem o SSA do SCA. Esta não diferença entre os exercícios, com e sem apoio na atividade da RAS, corrobora com os dados de Guimarães et al. (1991) que não encontraram diferença na atividade do músculo RA nas flexões de tronco realizadas em seco, com ou sem apoio nos membros inferiores, assim como com os joelhos flexionados ou estendidos.

Os exercícios abdominais mais convencionais são realizados através da flexão do tronco, elevação das pernas e combinação de dois destes movimentos. Vaz, Guimarães e Campos (1991) apresentaram modelos para a análise biomecânica dos exercícios abdominais. Neles, observa-se que a região inferior ou superior do corpo está estabilizada. Ao manter o equilíbrio estável, a região que não está apoiada irá flexionar sobre a outra. No caso de flexão do tronco a partir de decúbito dorsal, tem-se um momento de força referente à região superior do corpo, incluindo cabeça, tronco e membros superiores. O posicionamento deste seguimento irá modificar a resistência oferecida ao movimento, através de um aumento ou diminuição do braço de resistência.

O modelo pode ser invertido ao pensar-se nos movimentos dos membros inferiores em relação ao tronco. Gilleard e Brown (1994) verificaram que a manutenção da posição pélvica, durante a elevação das pernas, exige uma grande contração da musculatura abdominal, atividade que irá se modificar em diferentes posições dos membros inferiores.

No caso dos exercícios abdominais realizados no meio líquido, a região superior está apoiada em um tubo o qual aumenta o efeito da flutuação e mantém a cabeça do indivíduo fora da água. Quando isso ocorre, esse segmento sofre a ação da gravidade, e a força-peso irá influenciar a atividade dos músculos por suportarem e equilibrarem a cabeça. O corpo tende a rotar, ou seja, a cabeça vai para frente, por fora da água, enquanto os membros inferiores tendem a descer até atingir o ponto de equilíbrio. Como durante o exercício se manteve a posição horizontalizada dos membros inferiores, deve ocorrer atividade muscular para anular a tendência de rotação. O fato de a pelve não estar no chão modifica bastante a característica do movimento, pois, dessa forma, o corpo tende a rotar ainda mais, à medida que a cabeça se eleva. Ao colocar o duplo apoio nos exercícios TCA e SCA, essa tendência de rotação é anulada por ação do empuxo no tubo dos membros inferiores.

A utilização do duplo apoio e, conseqüentemente, a diminuição da tendência de rotação, deveria ocasionar uma menor atividade eletromiográfica dos músculos abdominais para a estabilização. Essa não diferença dos exercícios realizados no meio líquido em ritmo padrão, com e sem apoio, pode demonstrar que a diminuição do peso hidrostático é tão marcante que, mesmo com auxílio nos membros inferiores, o torque necessário para o movimento nos exercícios TSA e SSA não foi significativo.

Outro fator que pode ter influenciado a menor atividade dos exercícios aquáticos em ritmo padrão é a modificação do eixo do movimento. Ekholm et al. (1979), estudando as flexões de tronco, sugeriram que o fato de estar com os pés presos permitiria um momento de resistência que, provavelmente, aumentaria a ativação. Enquanto os exercícios em terra têm o apoio rígido do chão, o mesmo não ocorre com os aquáticos, pois, ao exercer força, a água cede, ocorrendo deslocamento do eixo do movimento.

Apesar de a cadência ser crítica para a amplitude do sinal (Godfrey; Kindig; Windell, 1977), o incremento da velocidade, no exercício em terra, não foi suficiente para representar uma diferença estatisticamente significativa, pois tanto o REF quanto o REF V_{MAX} estão no mesmo grupo. Entretanto, o aumento da velocidade apresentou grande resposta na ativação

muscular, nos exercícios aquáticos. O aumento na atividade eletromiográfica do exercício SSA para o SSA V_{MAX} e do TSA para o TSA V_{MAX} foi suficiente para passar os exercícios aquáticos do grupo de menor atividade para o grupo de maior ativação. Isto, provavelmente, pode ser explicado pelo fato de a resistência no meio líquido ser proporcional ao quadrado da velocidade do objeto que está se deslocando, proporcionando, assim, uma sobrecarga bastante grande. Dessa forma, a realização dos exercícios na máxima velocidade parece ser uma excelente ferramenta para atingir elevados níveis de ativação muscular em exercícios realizados no meio líquido.

A maior amplitude dos exercícios SCA, SSA e SSA V_{MAX} , em relação aos TCA, TSA e TSA V_{MAX} , não diferenciou a atividade eletromiográfica da RAS. É importante lembrar que esta diferente amplitude de movimento para o mesmo ritmo de execução proporciona uma diferente velocidade de execução, o que deveria favorecer a atividade nos exercícios de maior amplitude. Apesar da diferente velocidade de execução, não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre os exercícios, o que corrobora com os dados de Konrad, Schmitz e Denner (2001) que, ao analisarem o *trunk curl* e o *sit up*, não encontraram diferenças estatisticamente significantes no nível de atividade do músculo RA, apesar da diferente amplitude destes exercícios. Nesse trabalho, os autores também utilizaram o mesmo ritmo de execução para diferentes amplitudes de movimento.

A Figura 23 apresenta os quatro grupos de diferenças estatísticas significantes na RAI. O grupo A é o de maior ativação e é composto pelos exercícios: REF V_{MAX} ($92,7 \pm 25,5$), SSA V_{MAX} ($88,7 \pm 49,2$), REF ($84,3 \pm 21,8$), TSA V_{MAX} ($53,5 \pm 40,5$) e o CAN ($71,7 \pm 57,3$). O grupo B é composto pelos exercícios TSA V_{MAX} , CAN e TSA ($81,0 \pm 47,4$). O grupo C é formado pelos exercícios CAN, TSA, SSA ($48,3 \pm 36,7$) e TCA ($46,1 \pm 37,2$), e o grupo D, de menor atividade, é formado pelo TSA, SSA, TCA e SCA ($42,4 \pm 30,6$).

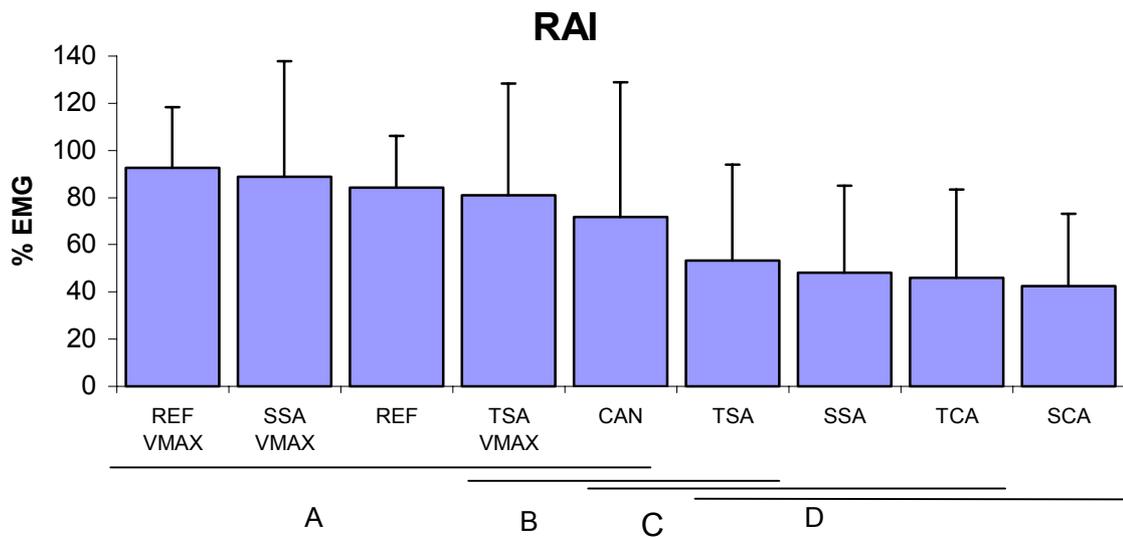


Figura 23: Médias e desvios padrão, nos diferentes exercícios, da atividade eletromiográfica percentual da fase ascendente do exercício referência (%EMG) na porção inferior do músculo reto abdominal (RAI). Retas A, B, C e D identificam os grupos de exercícios significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Diferentemente da RAS que tinha apenas dois subgrupos de diferenças estatísticas, pode-se observar, na Figura 23, que a RAI apresenta quatro subgrupos. Essa diferença pode reacender discussões referentes à ativação diferencial das porções do músculo RA.

Negrão, Berzin e Souza (1997) aludiram que a ação muscular e o tipo de movimento têm influência no comportamento da ação muscular nas porções do RA. Os autores não encontraram um padrão quanto ao comportamento da atividade elétrica, pois a maioria dos indivíduos analisados apresentava diferença entre as porções do RA, mostrando uma tendência de maior atividade elétrica na região superior que na média e inferior, sendo que os exercícios utilizados incluíam o *sit up*, o *trunk curl*, elevação de pernas e *V Sit*.

Girardin (1973) relatou que, em contrações isotônicas, a RAS participa mais em atividades envolvendo a parte superior do corpo, e Willett et al. (2001) encontraram maior participação da RAI, quando o movimento envolvia a pelve. Já Lipetz e Gutin (1970) observaram uma maior participação na RAS, tanto nos exercícios de tronco quanto nos de pelve, sendo a média dos valores para a RAS 50% maior que os valores obtidos na RAI. O estudo realizado por Sarti et al. (1996) também mostrou uma maior atividade na RAS no *trunk curl*, encontrando, no entanto, maior atividade da RAI na elevação pélvica apenas no subgrupo que realizou corretamente o exercício.

Lehman e McGill (1999) chamaram a atenção para a interpretação não normalizada do sinal eletromiográfico que sugere uma grande diferença na ativação da RAS e RAI. Nessas condições, a atividade média da RAI é 60,9% da RAS. Segundo os autores, é uma interpretação errônea, pois, quando o sinal é normalizado, a atividade na RAI é semelhante à da RAS. Em outro estudo, Lehman e McGill (2001b) não encontraram diferença significativa entre as duas porções do músculo RA, realizando o *trunk curl* e a elevação de pernas. Nesse estudo, os autores tiveram vários cuidados metodológicos – sinais normalizados, postura controlada, sujeitos treinados e magros –, buscando, assim, minimizar a possibilidade de modificação dos resultados.

Os achados de Warden, Wajswelner e Bennell (1999) contribuíram para prosseguir o debate metodológico da eletromiografia nas diferentes porções do músculo RA. Nesse trabalho, os exercícios foram realizados com um equipamento chamado *Abshaper* e o tradicional exercício *trunk curl*. Os exercícios realizados com o equipamento resultaram numa maior atividade eletromiográfica na RAS, mas não foi encontrada diferença significativa na RAI.

Os diferentes grupos encontrados na RAI podem mostrar uma maior utilização desta musculatura para a estabilização pélvico-lombar na sustentação das pernas. Tais dados vêm ao encontro de Gilleard e Brown (1994) que encontraram na RAI uma maior atividade que na RAS e no músculo OE, na função de manter, isometricamente, a postura da região lombar e pélvica com diferentes elevações dos membros inferiores.

Esta grande ativação para a estabilização dos membros inferiores também deve ter influenciado a atividade do exercício TSA, pois, apesar de realizar o movimento em uma velocidade angular menor que o SSA, o TSA é tão ativo quanto o CAN e o TSA V_{MAX} . Nesse exercício, o executante mantém a posição pélvica com as pernas na horizontal enquanto realiza a flexão do tronco, tendo o eixo de movimento nas vértebras. Em tal situação, ocorre um grande braço de resistência e, à medida que a cabeça se desloca para frente na flexão do tronco, a tendência de rotação aumenta.

Ao se colocar o apoio nos membros inferiores, essa tendência de rotação diminui e, dessa forma, o exercício SCA só consta no grupo de menor ativação, enquanto o SSA é tão ativo quanto o CAN e, apesar de o TCA não diferir estatisticamente do TSA, este último é tão ativo quanto o TSA V_{MAX} .

No exercícios SCA e SSA, à medida que a flexão passa do tronco para o quadril, o eixo de movimento se desloca para baixo e, junto com a flexão do joelho, ocorre uma diminuição do braço de resistência. Assim, justificaria o SCA estar somente no grupo de menor ativação.

Em um estudo analisando diferentes superfícies de apoio, Vera-Garcia, Grenier e McGill (2000) encontraram um aumento da amplitude eletromiográfica na musculatura abdominal, quando o exercício de flexão do tronco é realizado sobre uma superfície instável. Nessa situação, ocorre, simultaneamente, necessidade de contração para realizar o movimento e para estabilizar o tronco, assim como todo o corpo. Dessa forma, a opção por posturas que gerem a maior instabilidade possível podem ser uma estratégia para uma grande ativação muscular nos exercícios abdominais realizados na água.

Diferente da RAS, o exercício CAN está no grupo de maior ativação da RAI. É importante chamar a atenção sobre o controle motor necessário para a execução dos exercícios. O exercício CAN é de difícil execução, o que pode justificar sua grande atividade e o alto desvio padrão nele encontrado. O movimento exige a flexão simultânea do tronco sobre o quadril, e deste sobre o tronco com as pernas estendidas, resultando em um grande braço de resistência nos membros inferiores, em relação ao eixo de movimento, e um forte efeito de rotação com a tendência de as pernas descenderem, o que exige um grande torque.

A menor amplitude de movimento no exercício TSA V_{MAX} que no SSA V_{MAX} pode ter dificultado os sujeitos aumentarem a velocidade. Assim, explicar-se-ia a não diferença estatística do exercício TSA em relação ao TSA V_{MAX} . No TSA, haveria uma ativação muscular pela dificuldade de estabilização e controle de postura, enquanto que, no TSA V_{MAX} , a dificuldade de imprimir uma boa velocidade teria diminuído a resistência proporcionada pela velocidade no meio líquido.

Assim como na RAS, a velocidade não foi suficiente para diferenciar, significativamente, na RAI, o REF do exercício de REF V_{MAX} e, apesar de os exercícios TSA e TSA V_{MAX} não diferirem estatisticamente, o aumento da resistência, proporcionado pela velocidade máxima no meio líquido, colocou os exercícios aquáticos em máxima velocidade no grupo de maior atividade. Novamente, a máxima velocidade demonstra ser uma excelente ferramenta para o aumento da ativação elétrica dos músculos nos exercícios realizados no meio líquido.

No gráfico (Figura 24), observam-se as diferenças na atividade da musculatura OE, nos diferentes exercícios. Assim como na RAI, ela apresenta quatro grupos de diferenças significativas. No grupo de maior ativação, encontram-se os exercícios REF V_{MAX} (87,5±27,7), REF (86,2±16,5), SSA V_{MAX} (75,2±36,8) e TSA V_{MAX} (70,2±42,6). O grupo B é o segundo grupo de maior ativação e é composto pelos exercícios TSA V_{MAX} e CAN (56±33,9). No grupo C, encontram-se os exercícios CAN, TSA (48,5±29,5), SSA (47,5±29,5) e SCA (41,2±23,6); enquanto que, no D, grupo de menor atividade, há os exercícios TSA, SSA, SCA e TCA (35,1±23,0).

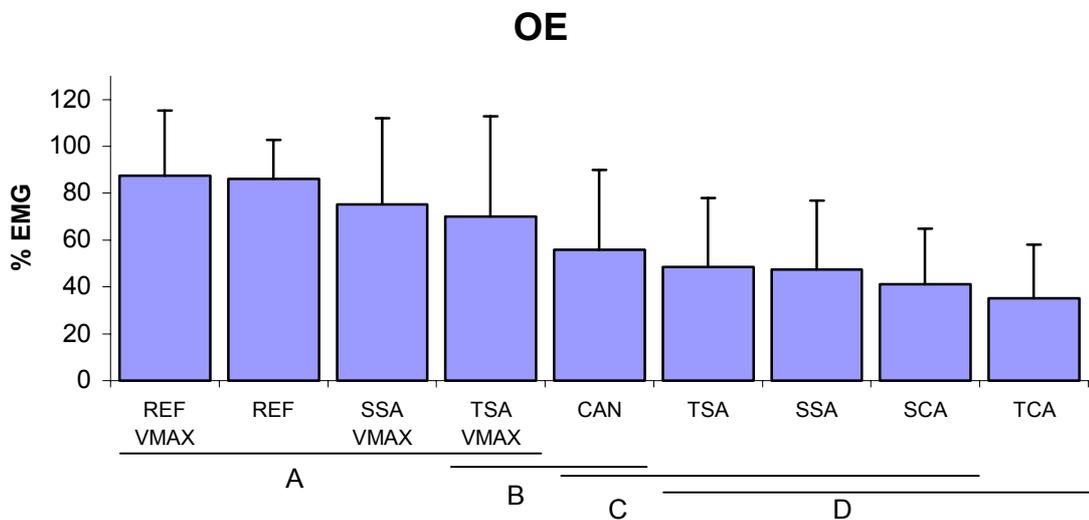


Figura 24: Médias e desvios padrão, nos diferentes exercícios, da atividade eletromiográfica percentual da fase ascendente do exercício referência (%EMG) no músculo oblíquo externo (OE). Retas A, B, C e D identificam os grupos de exercícios significativamente diferentes ($P < 0,05$)

Apesar de os exercícios TSA, SSA, SCA e TCA não apresentarem diferenças estatisticamente significantes no músculo OE, o fato de o TCA ser o exercício que consta apenas no grupo de menor ativação, enquanto o SCA apresenta-se tão ativo quanto o CAN, pode demonstrar um maior envolvimento do músculo OE, em uma maior amplitude de movimento, o que corrobora com os dados de Konrad, Schmitz e Denner (2001) que observaram uma maior atividade do músculo OE no *sit up* que no *trunk curl*.

Dos exercícios aquáticos realizados em ritmo padrão, o CAN é o único exercício que apresenta uma atividade tão grande quanto o TSA V_{MAX}. Assim como na RAI, a justificativa seria uma atividade do músculo OE de ação agonista na flexão de tronco, além de sua importância na estabilização. Essa importância do músculo OE na estabilização foi verificada

por Gillearn e Brown (1994), quando, validando um teste para a musculatura abdominal em que o indivíduo deveria manter a postura em diferentes posições de membros inferiores, encontraram, no exercício de elevação das duas pernas, uma contribuição marcante da musculatura oblíqua.

Outro estudo que mostra a influência da instabilidade da superfície na atividade eletromiográfica é o de Vera-Garcia, Grenier e McGill (2000), ao analisarem a flexão de tronco em cima de uma superfície estável, sobre um apoio de fisioterapia instável e em duas posições sobre uma bola com tendência de rolamento lateral. Apesar de a atividade do músculo RA quase dobrar no exercício realizado sobre a bola, a do OE aumentou, aproximadamente, quatro vezes. Essa tendência de rolamento lateral é limitada, nos exercícios abdominais aquáticos realizados neste estudo, pelo tubo e o efeito de flutuação sobre ele que servem como auxiliar da estabilização que sustenta os membros superiores. Nesse caso, o desequilíbrio e a tendência seriam de as pernas descerem e não rotarem. Isto pode ter colocado o exercício CAN no grupo de maior atividade da RAI, mas não do músculo OE.

Novamente, a velocidade mostrou-se uma excelente estratégia para a maior ativação da musculatura abdominal nos exercícios aquáticos, estando, assim, entre os exercícios mais ativos. A amplitude limitada de movimento no TSA V_{MAX} dificulta a exploração da velocidade e parece não ser tão favorável à atividade do músculo OE, pois o exercício TSA V_{MAX} também está no segundo grupo.

O gráfico a seguir (Figura 25) apresenta as diferenças na ativação do músculo RF entre os distintos exercícios. Nele, observam-se três grupos, e cada exercício consta em apenas um grupo. O grupo de maior ativação é composto apenas pelo exercício de REF V_{MAX} ($114,4 \pm 55,8$). O grupo intermediário é composto pelos exercícios REF ($83,1 \pm 22,2$); SSA V_{MAX} ($79,1 \pm 50,3$) e CAN ($61,7 \pm 47,6$); e o de menor atividade é composto pelos exercícios SSA ($32,9 \pm 15,9$), TSA V_{MAX} ($31,9 \pm 22,6$), SCA ($24,1 \pm 12,2$), TCA ($14,3 \pm 5,3$) e o TSA ($13,6 \pm 5,8$). O músculo RF foi o único que apresentou um exercício aquático realizado em velocidade máxima, no grupo de menor ativação.

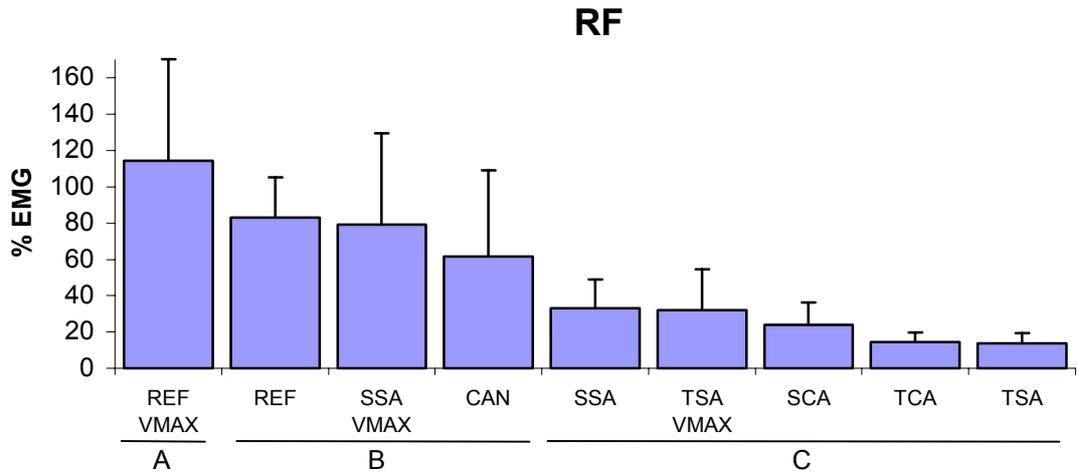


Figura 25: Médias e desvios padrão, nos diferentes exercícios, da atividade eletromiográfica percentual da fase ascendente do exercício referência (%EMG) no músculo reto femoral (RF). Retas A, B e C identificam os grupos de exercícios significativamente diferentes ($P < 0,05$)

A velocidade colocou o exercício de REF V_{MAX} isolado no grupo de maior ativação. O fato de esse exercício obter uma atividade tão marcante no músculo RF pode estar relacionado à combinação do movimento rápido e à fixação dos pés. Guimarães et al. (1991) e Andersson et al. (1997) concluíram que os *sit up* realizados com os pés presos aumentam a atividade do músculo RF, independentemente de os joelhos estarem estendidos ou flexionados. É importante observar que a fixação do pé ao chão proporciona uma melhor mecânica para o músculo RF exercer força, possivelmente pela fixação do eixo de movimento. Além do apoio dos pés, os exercícios em seco REF e REF V_{MAX} têm o apoio da pelve no chão, o que estabiliza o eixo de movimento, facilitando a ação da musculatura RF.

Diferentemente dos outros músculos estudados, a velocidade máxima nos exercícios aquáticos parece não ser o principal fator de influência na ativação do RF. Os exercícios TSA V_{MAX} e SSA V_{MAX} não estão mais no grupo de maior atividade: o exercício SSA V_{MAX} está em um grupo intermediário, e o TSA V_{MAX} no de menor atividade. Nos exercícios aquáticos, há o apoio do tubo nos membros superiores, estando a pelve e o quadril sem um ponto de apoio, ocorrendo, assim, o deslocamento do eixo de movimento. Dessa forma, o músculo RF teria a sua capacidade de aplicar velocidade na flexão do quadril prejudicada nos exercícios aquáticos.

A amplitude do movimento demonstra grande influência na atividade do músculo RF. Os exercícios TSA, TCA, TSA V_{MAX} estão no grupo de menor ativação e isto pode demonstrar que, nesses ângulos de movimento, a participação dos flexores de quadril é mínima. Esses dados corroboram com a literatura: Andersson et al. (1997), estudando os flexores do quadril pela atividade dos músculos RF, ilíaco e sartório, obtiveram baixos níveis de atividade quando a flexão do tronco era realizada até 30°, e uma atividade bastante significativa, quando a flexão ocorria até 60°. Konrad, Schmitz e Denner (2001) verificaram que, no músculo RF, a atividade eletromiográfica aumentou significativamente de 5% da contração voluntária máxima no *trunk curl* para 32,18% no *sit up*, indicando que o ângulo de movimento é muito importante para a atividade dos flexores do quadril.

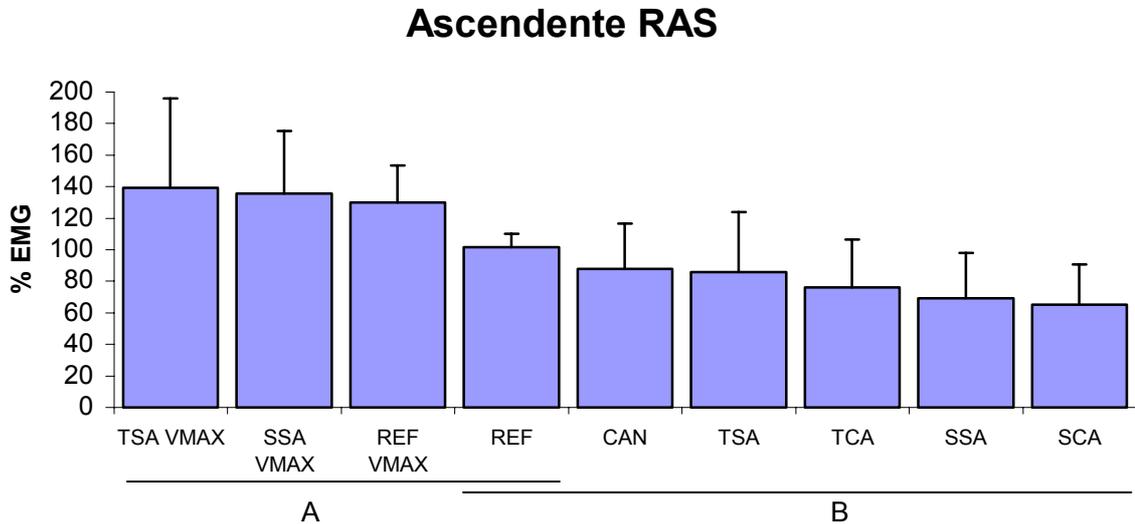
Dos exercícios aquáticos realizados com a flexão do quadril, há o CAN, o SSA, o SCA e o SSA V_{MAX} . No SSA V_{MAX} , a resistência proporcionada pela velocidade foi suficiente para que ele estivesse no grupo do exercício REF, e, no exercício CAN, além do grande torque para a flexão do quadril, ocorre contração para evitar o giro e as pernas descenderem. Esses fatores se sobrepuseram à diminuição do peso hidrostático e foram suficientes para que o exercício CAN também tivesse uma atividade que não diferiu, estatisticamente, do exercício REF. Já nos exercícios SCA e SSA, encontra-se uma baixa atividade, mostrando que a água diminui a sobrecarga no músculo RF, possivelmente pela diminuição do peso hidrostático, menor apoio da água e diminuição do torque com a flexão do quadril.

4.4 ANÁLISE DAS FASES

Após serem analisadas as diferenças entre os exercícios, foram verificados os fatores fase e fase X exercício. Conforme pode ser observado na Tabela 4, existem diferenças estatisticamente significantes entre as fases, e o efeito da interação exercício X fase indica que elas não são constantes, dependendo do tipo de exercício.

Dessa forma, para a análise do comportamento dos músculos em cada fase, foi realizada uma ANOVA de um caminho para cada fase do exercício. O Anexo G apresenta as diferenças entre os exercícios em cada fase do movimento, nos quatro músculos analisados, assim como, na análise do exercício como um todo, serão mostradas, graficamente, as diferenças apresentadas em cada fase e em cada músculo.

O gráfico a seguir (Figura 26) apresenta dois grupos com diferenças estatisticamente significativas durante a fase ascendente dos exercícios, na atividade da RAS. O exercício REF se encontra em ambos os grupos.



Figuras 26: Médias e desvios padrão da atividade eletromiográfica percentual da fase ascendente do exercício referência (%EMG) na porção superior do músculo reto abdominal (RAS), na fase ascendente dos diferentes exercícios. Retas A e B identificam dois grupos de exercícios significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Ao serem analisados os exercícios como um todo, sugeriu-se que a redução do peso hidrostático poderia ser responsável pela menor atividade eletromiográfica dos exercícios aquáticos em ritmo padrão. Entretanto, ao analisar somente a fase ascendente, verificou-se que todos os exercícios realizados no ritmo padrão, independente do apoio e da amplitude, não diferem estatisticamente do exercício de REF. Dessa forma, a diminuição do peso hidrostático parece não influenciar tanto na atividade da RAS ou, então, outro fator pode estar compensando essa diminuição.

Outra observação importante é a velocidade nos exercícios aquáticos. Enquanto o exercício REF passou de $101,5 \pm 8,7$ para $130,1 \pm 23,3$ no exercício REF V_{MAX} , não sendo suficiente para diferenciá-los estatisticamente, o exercício SSA passou de $69,1 \pm 29,0$ para $135,5 \pm 39,8$ no SSA V_{MAX} , e o TSA passou de $86,0 \pm 37,7$ para $139,4 \pm 56,4$ no TSA V_{MAX} , fazendo com que os exercícios aquáticos em máxima velocidade se diferenciassem dos exercícios aquáticos em ritmo padrão. Isso confirma que a resistência ao movimento proporcionada pela velocidade é uma excelente estratégia para aumentar a atividade muscular dos exercícios no meio líquido.

A Figura 27 apresenta as diferenças estatísticas na atividade eletromiográfica entre os exercícios durante a fase descendente, na RAS. Há três grupos: o de maior atividade, tendo o exercício SSA V_{MAX} junto com os exercícios em terra, o REF e o REF V_{MAX} ; um segundo grupo formado pelos exercícios aquáticos em máxima velocidade; e o de menor atividade, composto pelos exercícios aquáticos em ritmo padrão e o TSA V_{MAX} .

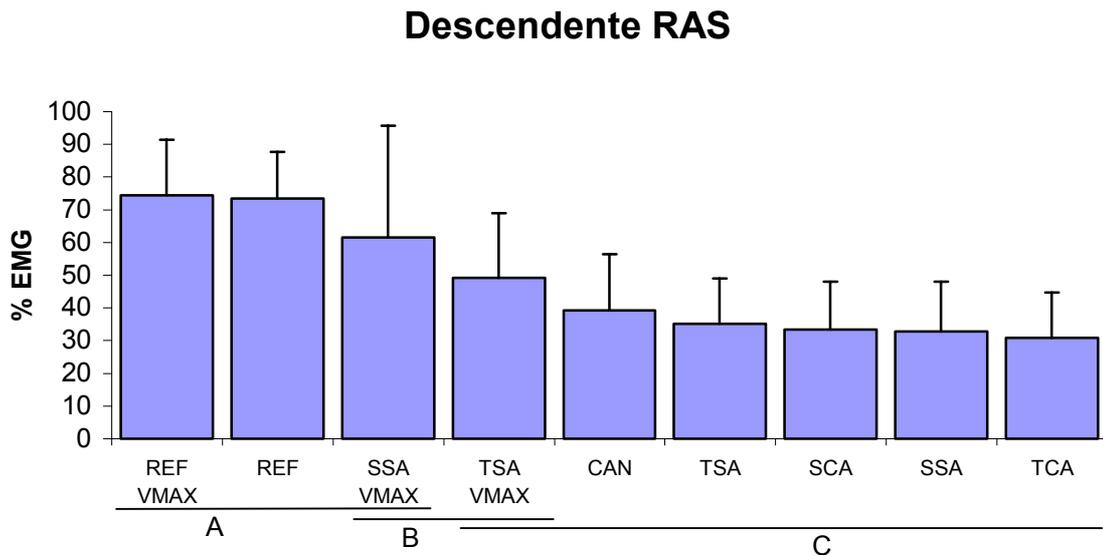


Figura 27: Médias e desvios padrão da atividade eletromiográfica percentual da fase ascendente do exercício referência (%EMG), na porção superior do músculo reto abdominal (RAS), na fase descendente dos diferentes exercícios. Retas A, B e C identificam os grupos de exercícios significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Todos os exercícios aquáticos em ritmo padrão, junto com o TSA V_{MAX} , formam o grupo de menor atividade. A diminuição da atividade da fase ascendente para a descendente foi marcante nos exercícios realizados no meio líquido, principalmente no exercício TSA V_{MAX} , que passou de $139,35 \pm 56,4$ para $49,2 \pm 19,8$, no TSA. Quando se analisa o exercício em seco, observa-se uma resistência unidirecional proporcionada pela gravidade que, na fase descendente, proporciona a necessidade de frear o movimento através de uma contração excêntrica dos flexores. Entretanto, no meio líquido, a resistência é multidirecional, necessitando de uma ação agonista dos extensores, empurrando a água; dessa forma, a atividade dos flexores, na fase descendente dos exercícios realizados no meio líquido, fica bastante diminuída.

Os exercícios aquáticos em V_{MAX} formam um grupo intermediário que pode ser explicado por uma maior instabilidade proporcionada pela velocidade, assim como pela possível frenagem que a musculatura abdominal possa realizar no final da fase descendente.

Quando é realizado o retorno à posição, o movimento observado é a extensão do tronco e do quadril; nesse caso, como foi colocado anteriormente, a musculatura extensora estaria empurrando a água.. Quando isso ocorre, a maior velocidade pela suposta ação dos paravertebrais tenderia a instabilizar as articulações intervertebrais em extensão, requerendo, então, uma maior co-contracção dos abdominais como estabilizadores.

A inclusão do exercício SSA V_{MAX} no grupo dos mais ativos na fase descendente demonstra uma possível atividade muscular para frenagem do movimento. Pöyhönen et al. (2001b), estudando a extensão do joelho no meio líquido, observaram uma redução precoce da atividade eletromiográfica dos músculos agonistas. Quando reduzida a atividade agonista, a massa da água era acelerada o suficiente para diminuir a atividade agonista e aumentar a atividade antagonista para desacelerar o movimento das pernas. Dessa forma, durante a fase descendente dos exercícios aquáticos em V_{MAX} , seria necessária uma atividade muscular excêntrica da musculatura abdominal para a frenagem do movimento.

Apesar de não diferirem estatisticamente o SSA V_{MAX} do TSA V_{MAX} , a amplitude de movimento pode favorecer à atividade abdominal na fase descendente, nos exercícios aquáticos em V_{MAX} . O maior arco de movimento do SSA V_{MAX} favoreceria à frenagem, sendo este exercício tão eficiente quanto o REF e o REF V_{MAX} , enquanto que a amplitude limitada no TSA V_{MAX} não favoreceria a aplicação de velocidade, colocando este exercício também no grupo de menor atividade.

Para a RAI, observam-se, no gráfico (Figura 28), quatro grupos de exercícios com diferenças significantes. Tanto o exercício CAN ($90,5 \pm 40,3$) quanto o de REF ($91,8 \pm 26,2$) não demonstram diferenças estatisticamente significantes para nenhum dos exercícios.

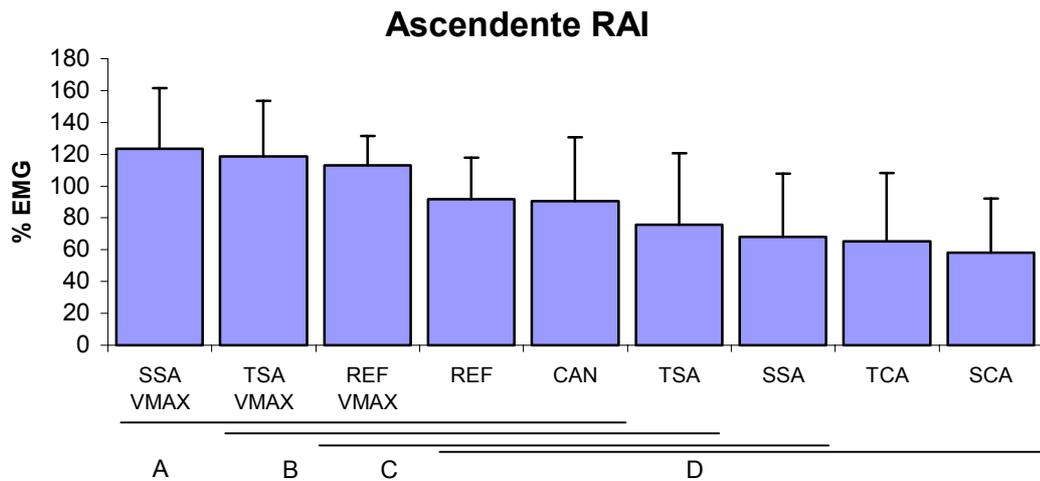


Figura 28: Médias e desvios padrão da atividade eletromiográfica percentual da fase ascendente do exercício referência (%EMG) na porção inferior do músculo reto abdominal (RAI), na fase ascendente dos diferentes exercícios. Retas A, B, C e D identificam os grupos de exercícios significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Assim como na RAS, ao analisar-se apenas a fase ascendente da RAI, os exercícios aquáticos não apresentam diferenças estatísticas significantes em relação ao exercício REF. Além disso, os exercícios sem apoio SSA, TSA e CAN não possuem diferença do exercício REF V_{MAX} , o que aponta para uma boa eficiência da RAI, na fase ascendente dos exercícios aquáticos.

Ao analisar somente a fase ascendente, observa-se a inclusão do exercício CAN no grupo de maior atividade e o exercício TSA indica ser tão ativo quanto o REF e REF V_{MAX} , mostrando que a tendência de giro e o grande torque da posição do CAN e TSA parecem estar compensando a diminuição do peso hidrostático, confirmando a grande atividade da RAI na estabilização pélvico-lombar.

Apesar de não apresentarem diferença significativa em relação ao REF, o fato de os exercícios SCA e TCA estarem apenas no grupo de menor ativação mostra que a estabilização e diminuição do efeito de giro, proporcionada pelo duplo apoio, diminui a ativação muscular na fase ascendente. Essa menor ativação muscular dos exercícios realizados em duplo apoio chama a atenção, pois, como se pode ver nas tabelas dos Anexos F e G, esses exercícios estão nos grupos de menor ativação em todos os músculos, independente da fase analisada.

A velocidade se confirma como uma ótima ferramenta para aumentar a atividade nos exercícios aquáticos, pois, tanto o exercício TSA V_{MAX} quanto o SSA V_{MAX} estão no grupo de

maior atividade. Entretanto, a ausência de diferenças significativas entre o TSA e TSA V_{MAX} faz parecer que a variável torque e tendência de giro se sobressaem à variável velocidade, nessa situação, uma vez que, no exercício TSA V_{MAX} , a limitação da amplitude de movimento não proporciona uma boa utilização da velocidade, dificultando a exploração da variável V_{MAX} . Já na posição de maior amplitude, a V_{MAX} diferenciou o exercício SSA do SSA V_{MAX} .

O gráfico (Figura 29) apresenta dois grupos de diferenças significantes na fase descendente dos exercícios na RAI. O primeiro grupo é composto por todos os exercícios aquáticos, enquanto que, no segundo grupo, encontram-se os exercícios TSA V_{MAX} , CAN, SSA V_{MAX} e os exercícios em seco REF e REF V_{MAX} .

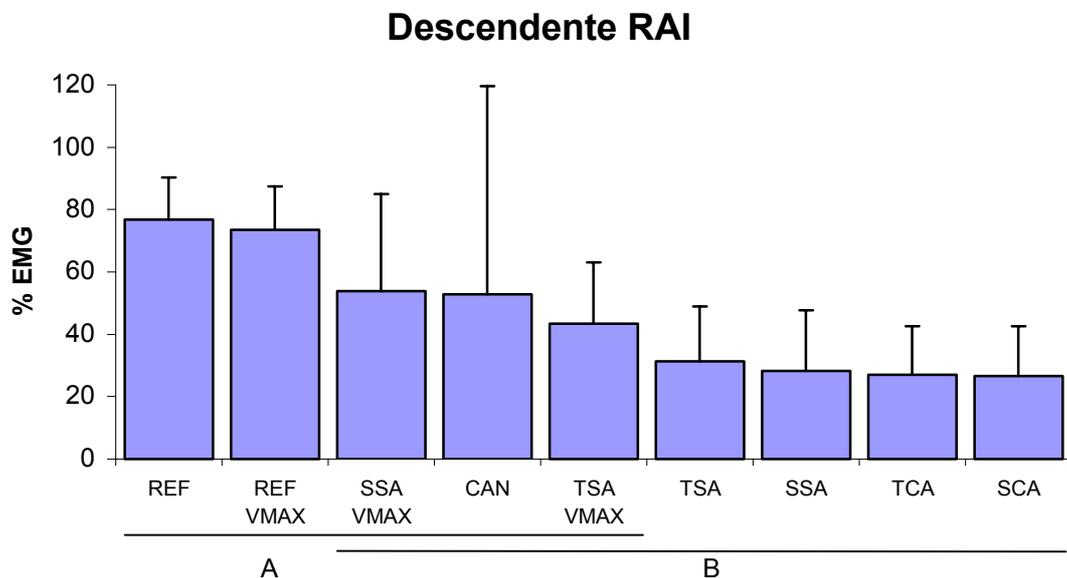


Figura 29: Médias e desvios padrão da atividade eletromiográfica percentual da fase ascendente do exercício referência (%EMG) na porção inferior do músculo reto abdominal (RAI), na fase descendente dos diferentes exercícios. Retas A e B identificam os grupos de exercícios significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Apesar de não existir diferença significativa entre o REF e o REF V_{MAX} , observa-se que, na RAI, o valor do exercício REF é maior que o de REF V_{MAX} . O mesmo achado foi encontrado por Vaz, Guimarães e Campos (1991) que consideraram, como explicação mais plausível para o ocorrido, o fato de que quanto menor for o tempo de contração do músculo, menor será o número de unidades motoras requisitadas para a mesma carga de trabalho. Os autores observaram que, enquanto a RAI respondeu com atividade maior na fase excêntrica que concêntrica, quando havia sustentação consciente na descida, o mesmo não ocorreu com a

RAS. Tais dados corroboram com o que já foi colocado antes a respeito da função da RAI, na posição pélvico-lombar.

O fato de todos os exercícios aquáticos, independente da velocidade, estarem no grupo de menor atividade demonstra, claramente, a reduzida atividade dos exercícios aquáticos na fase descendente. Isso poderia ser explicado pelo fato de que, para voltar à posição inicial, deve-se empurrar o corpo contra a água, solicitando, assim, a musculatura extensora, ao invés da flexora, como já foi discutido na fase descendente da RAS.

O CAN é o único exercício aquático em ritmo padrão no grupo de maior atividade, tanto quando se analisam as duas fases juntas como somente uma delas. Sua grande solicitação deve ser justificada pela atividade motora e de estabilização, quando, novamente o grande torque e a tendência de giro desta posição se sobressaem. Chama a atenção o alto desvio padrão do exercício CAN, na fase descendente, que pode demonstrar uma dificuldade motora para sua execução.

A inclusão dos exercícios TSA V_{MAX} e SSA V_{MAX} no grupo dos mais ativos, na fase descendente, demonstra, novamente, uma possível atividade muscular do RA para frenagem do movimento e estabilização da coluna no retorno à posição.

Na Figura 30, há os resultados do OE na fase ascendente dos diferentes exercícios, assim como os três grupos de exercícios com diferenças significativas. Os exercícios aquáticos em ritmo padrão estão no grupo de menor atividade; entretanto, diferentemente de quando foi analisado todo o exercício, o CAN, SSA e TSA não apresentam diferenças significativa do REF. O grupo de maior atividade é composto pelos exercícios TSA V_{MAX} , REF V_{MAX} , SSA V_{MAX} , REF e CAN.

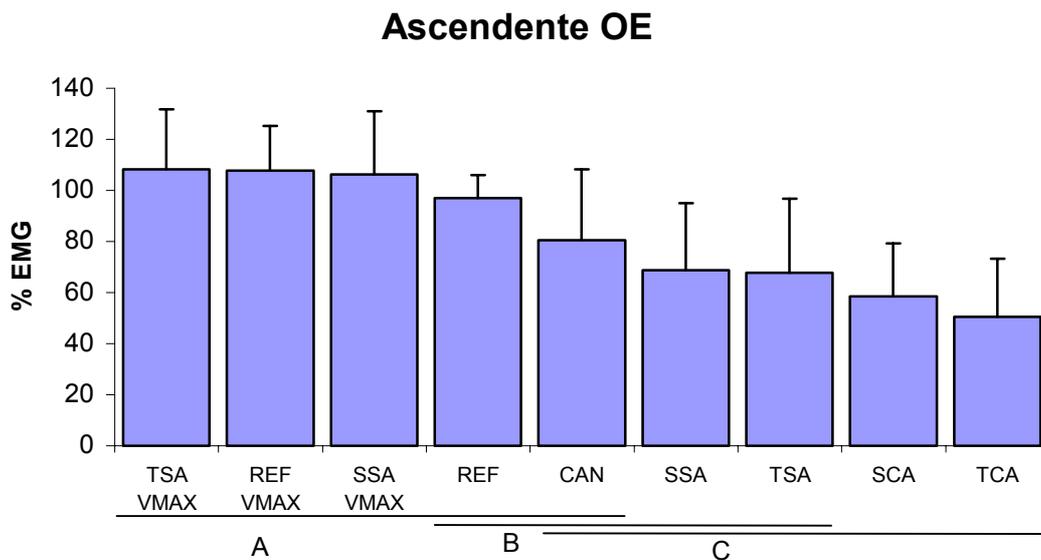


Figura 30: Médias e desvios padrão da atividade eletromiográfica percentual da fase ascendente do exercício referência (%EMG) do músculo oblíquo externo (OE), na fase ascendente dos diferentes exercícios. Retas A, B e C identificam os grupos de exercícios significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Ao analisar os exercícios como um todo, foi colocada a importância do OE, na estabilização pélvica, durante a elevação das pernas e rolamento lateral. O apoio dos membros inferiores diminui bastante essas tendências, considerando-se como o possível responsável pelos exercícios SCA e TCA serem os únicos com menor atividade que o REF.

Dos exercícios aquáticos realizados em ritmo padrão, o CAN é o único exercício no grupo de maior atividade. Nesse caso, novamente, chama-se a atenção para a atividade do músculo OE de ação agonista acessória na flexão de tronco, além de sua atividade de estabilização.

Novamente, a V_{MAX} foi marcante nos exercícios aquáticos. Ela não diferenciou os exercícios em terra, porém foi suficiente para colocar os exercícios aquáticos no grupo de maior atividade.

A Figura 31 apresenta as diferenças no músculo OE durante a fase descendente dos exercícios. Fica evidente a menor atividade dos exercícios aquáticos na fase descendente. Todos os exercícios aquáticos, independentes da amplitude e velocidade, possuem uma menor atividade que o REF. Outra vez, chama-se a atenção que a ação da gravidade nos exercícios em terra solicita uma contração excêntrica da musculatura abdominal na fase descendente, enquanto a resistência multidirecional da água faz com que outro grupo muscular, possivelmente os extensores, estejam ativos.

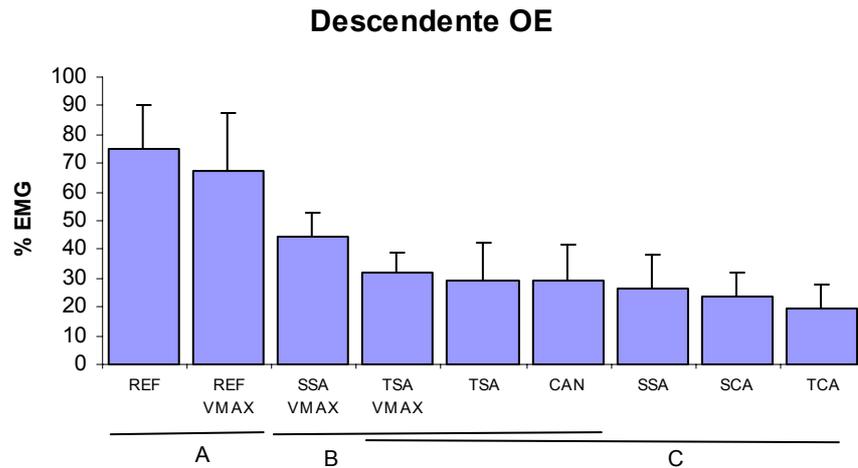


Figura 31: Médias e desvios padrão da atividade eletromiográfica percentual da fase descendente do exercício referência (%EMG) no músculo oblíquo externo (OE), na fase descendente dos diferentes exercícios. Retas A, B e C identificam os grupos de exercícios significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Num grupo intermediário, encontram-se os exercícios TSA e CAN junto com os exercícios SSA V_{MAX} e o TSA V_{MAX} . Novamente, atribui-se essa ativação à frenagem necessária nos exercícios em velocidade máxima, e o controle do movimento e tendência de giro associados ao grande torque nos exercícios TSA e CAN.

O gráfico a seguir (Figura 32) apresenta três grupos de exercícios com diferenças significativas no músculo RF, na fase ascendente. Cada exercício encontra-se em apenas um grupo. O exercício de REF V_{MAX} está isolado com a maior ativação; os exercícios SSA V_{MAX} , de REF e CAN formam o segundo grupo, ficando os exercícios SSA, TSA V_{MAX} , SCA, TCA e TSA no grupo de menor atividade.

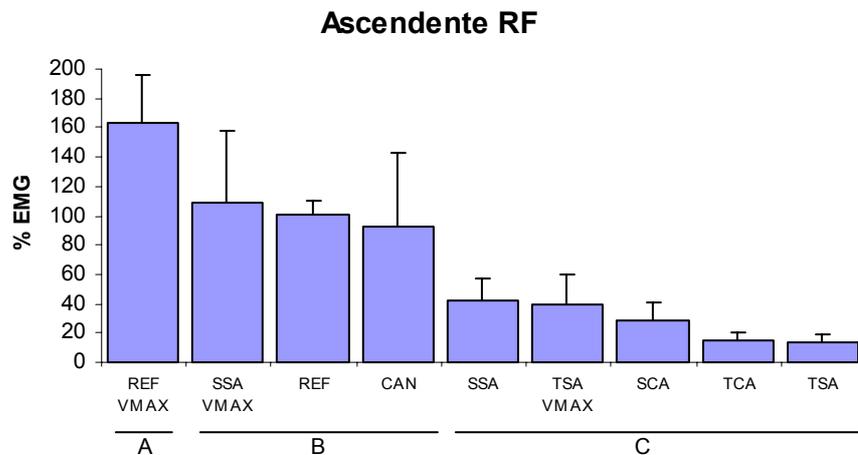
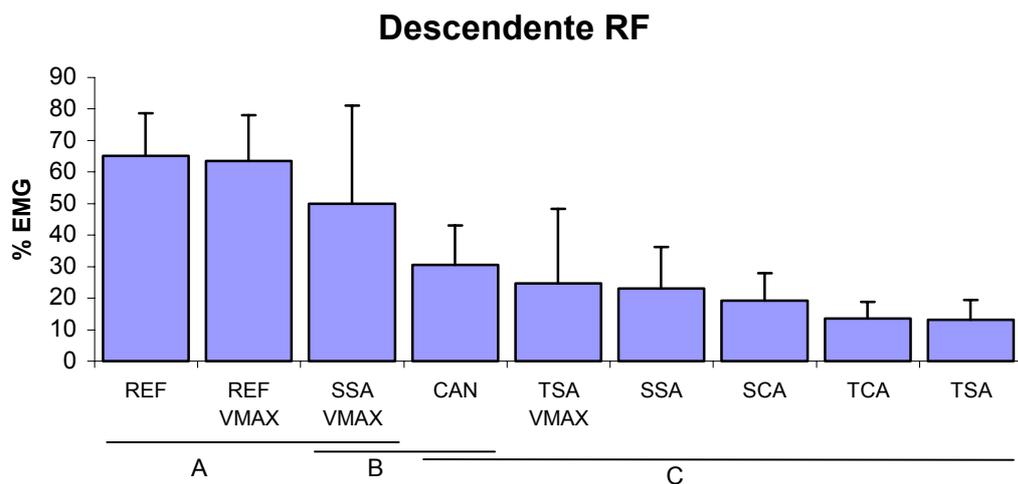


Figura 32: Médias e desvios padrão da atividade eletromiográfica percentual da fase ascendente do exercício referência (%EMG) no músculo reto femoral (RF), na fase ascendente dos diferentes exercícios. Retas A, B e C identificam os grupos de exercícios significativamente diferentes ($P < 0,05$).

A análise da fase ascendente confirma a idéia de que, além da velocidade, a amplitude de movimento também é muito importante na atividade do músculo RF. Apesar de realizar o exercício em V_{MAX} , o TSA V_{MAX} está no grupo dos exercícios de menor ativação, mostrando que, nessa angulação, a atividade do músculo RF é pequena. Entretanto, na posição sentada, onde o movimento é mais amplo, a atividade deste músculo mais que dobrou, passando de $42,8 \pm 12,1$, no exercício SSA, para $108,3 \pm 49,8$, no SSA V_{MAX} . Esse grande aumento mostra que, para o músculo RF, tanto a amplitude de movimento quanto a velocidade devem ser levadas em consideração.

O CAN aparece, novamente, como o exercício aquático em ritmo padrão que mais ativa o músculo RF. Sua ação ativa na flexão do quadril e a característica deste exercício o colocam junto com os exercícios REF e o SSA V_{MAX} , formando um grupo intermediário, perdendo apenas para o exercício de REF V_{MAX} que teve uma grande atividade. Essa grande atividade no REF V_{MAX} confirma que a combinação de apoio e velocidade, no exercício em terra, proporciona uma grande atividade da musculatura RF.

A Figura 33 apresenta as diferenças entre os exercícios na fase descendente, no músculo RF. No grupo de menor ativação, há os exercícios aquáticos em ritmo padrão e o exercício TSA V_{MAX} . Um grupo intermediário é formado pelos exercícios SSA V_{MAX} e CAN. Já o grupo de maior atividade tem o SSA V_{MAX} com os exercícios em terra.



Figuras 33: Médias e desvios padrão da atividade eletromiográfica percentual da fase descendente do exercício referência (%EMG) no músculo reto femoral (RF), na fase descendente dos diferentes exercícios. Retas A, B e C identificam os grupos de exercícios significativamente diferentes ($P < 0,05$).

A menor amplitude de movimento também solicitou menor ativação na fase descendente no músculo RF, colocando o exercício TSA V_{MAX} no grupo de menor atividade, também em relação ao SSA V_{MAX} .

Mesmo não apresentando diferenças estatisticamente significativas entre os exercícios aquáticos em ritmo padrão, o CAN é o exercício que demonstra um maior poder de ativação também na fase descendente, formando um grupo intermediário com o SSA V_{MAX} . Possivelmente, a dificuldade de estabilização no CAN e a frenagem do movimento no SSA V_{MAX} exijam maior atividade também na fase de retorno nestes exercícios.

O REF V_{MAX} , que era diferenciado na fase ascendente, agora está no grupo com o SSA V_{MAX} e o REF. Essa grande diminuição de atividade do exercício REF V_{MAX} da fase ascendente ($163,6 \pm 31,6$) para a fase descendente ($65,1 \pm 14,6$) mostra que o músculo RF tem uma grande participação para a produção do movimento de *sit up* com os pés fixos, mas, na volta à posição inicial, a velocidade não implicou uma maior atividade. Possivelmente, devido ao fato de realizar o exercício em V_{MAX} , a musculatura extensora pode contribuir para o aumento da velocidade.

4.5 ANÁLISE TEMPORAL

Os gráficos a seguir (Figuras 34 A,B; 35 A,B,C, D; 36 A,B,C) representam a curva média da execução de cada exercício analisado. Os dados apresentados estão normalizados no tempo, de modo que cada fase com 100 (cem) informações eletromiográficas corresponda a 50% do ciclo do exercício. Assim, cada 1% do ciclo do exercício representa duas informações eletromiográficas. O 0% representa o instante anterior ao primeiro movimento observado na filmagem e será analisado como a posição inicial. O fim da fase ascendente e início da fase descendente é representado pelos 50%, e a posição final fica nos 100% do ciclo. Os dados em y mostram valores normalizados relativos ao valor RMS da fase ascendente do exercício REF pré-coleta aquática.

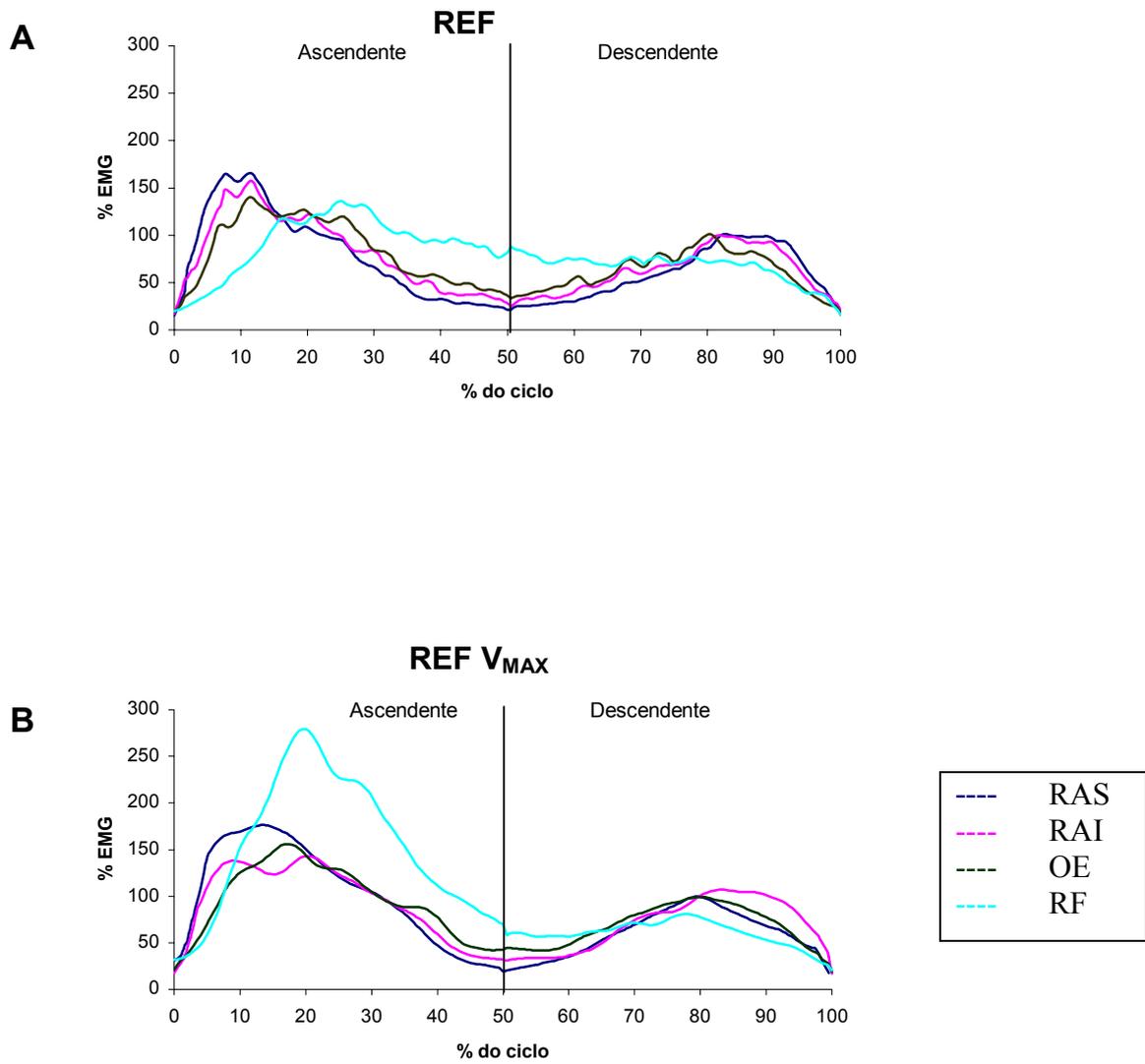


Figura 34: Atividade eletromiográfica (%EMG do valor RMS fase ascendente do REF) nos músculos reto abdominal – porção superior (RAS) e inferior (RAI) –, oblíquo externo (OE) e reto femoral (RF), durante a fase ascendente e descendente dos exercícios realizados em seco: REF (A), REFV_{MAX}. (B)

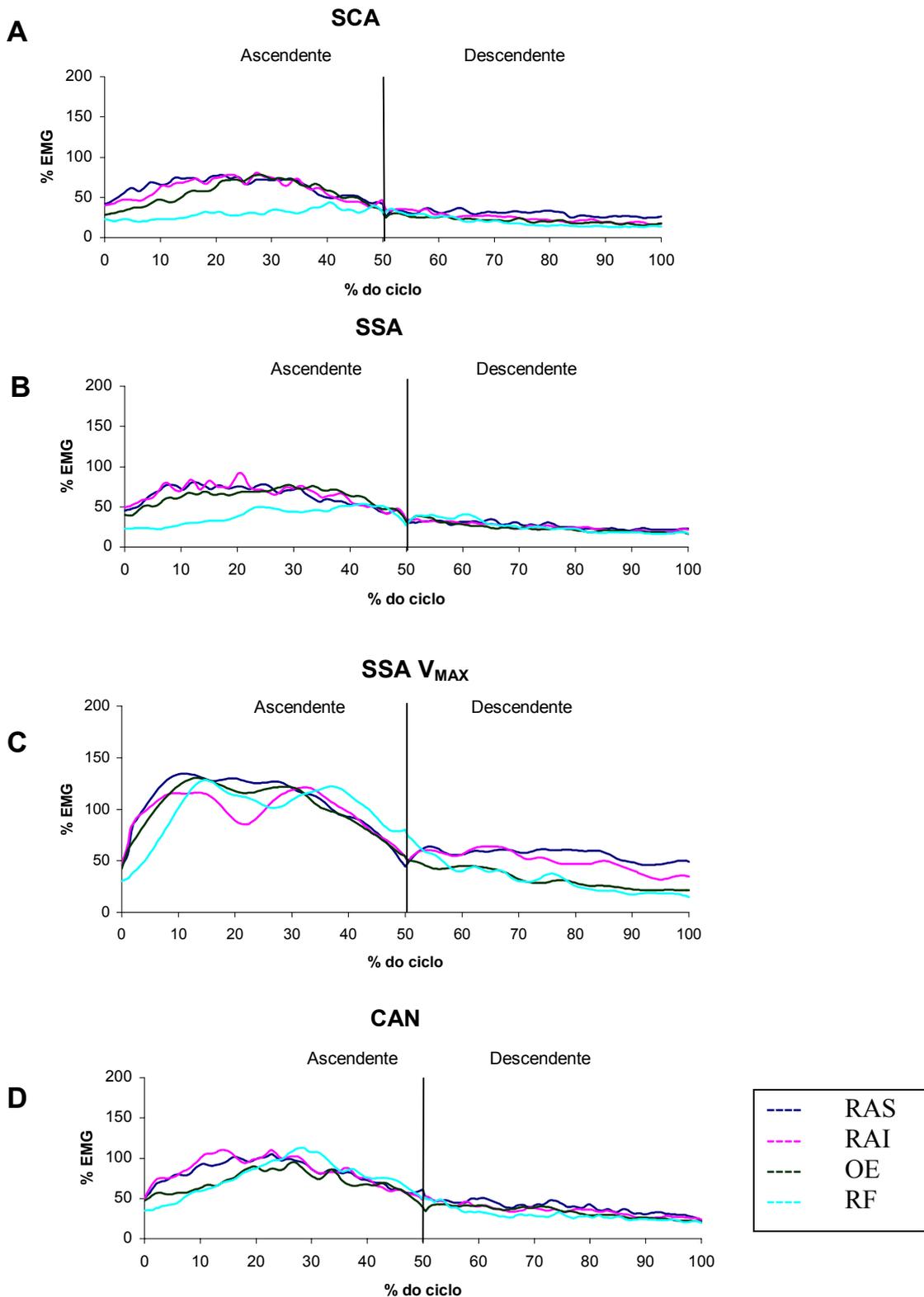


Figura 35: Atividade eletromiográfica (%EMG do valor RMS fase ascendente do REF) nos músculos reto abdominal – porção superior (RAS) e inferior (RAI) –, oblíquo externo (OE) e reto femoral (RF), durante a fase ascendente e descendente dos exercícios de flexão de tronco e quadril realizados no meio líquido: SCA (A), SSA (B), SSA V_{MAX}, (C) e CAN (D).

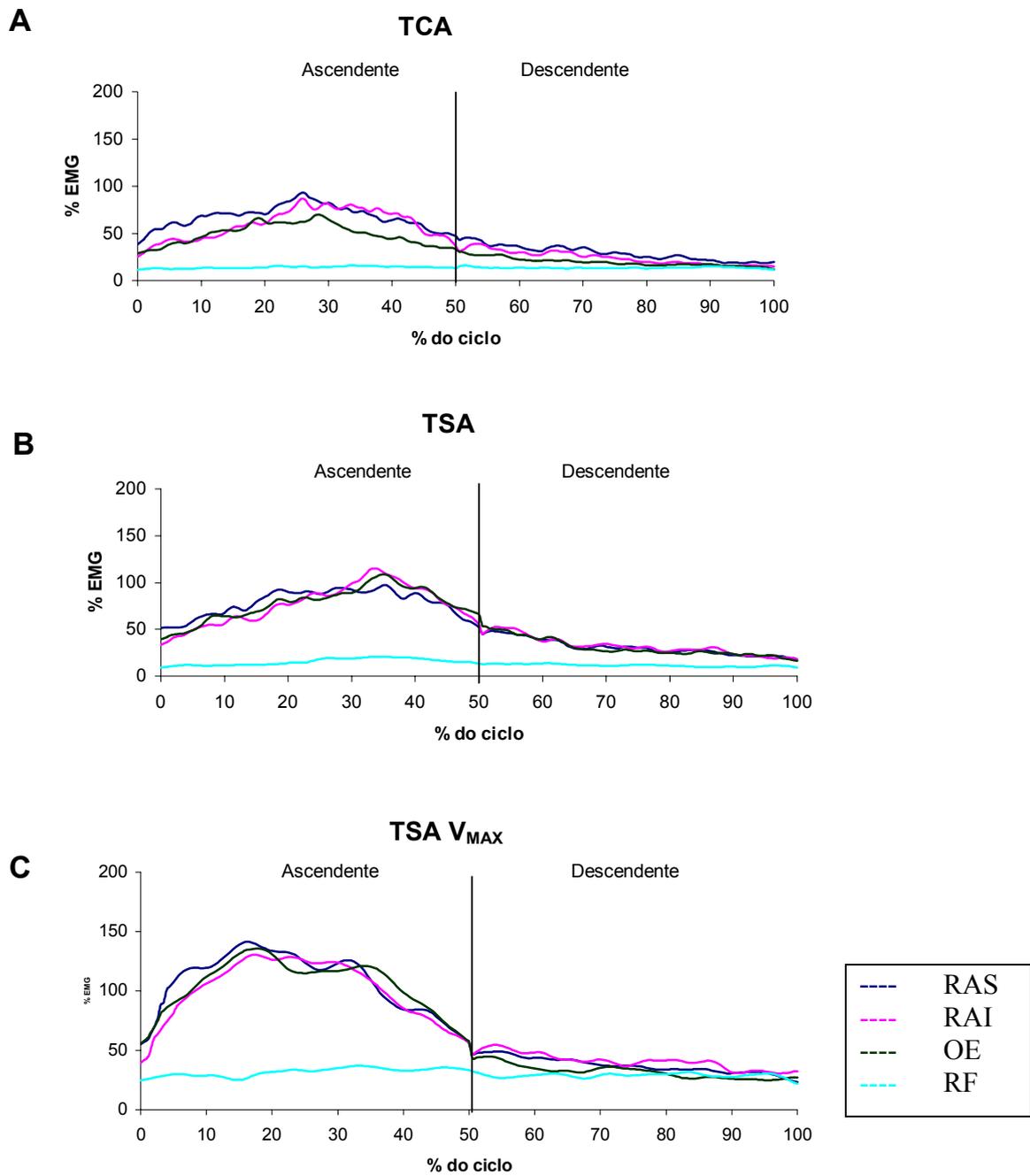


Figura 36: Atividade eletromiográfica (%EMG do valor RMS fase ascendente do REF) nos músculos reto abdominal – porção superior (RAS) e inferior (RAI) –, oblíquo externo (OE) e reto femoral (RF), durante a fase ascendente e descendente dos exercícios de flexão de tronco realizados no meio líquido: TCA (A), TSA (B), TSA V_{MAX} (C).

O gráfico com a atividade do REF demonstra a amplitude dos picos de atividade, nas diferentes fases do exercício, verificando-se uma maior atividade dos músculos na fase ascendente (RAS: 165,2; RAI: 157,8; OE: 140,7; e RF: 136,2) do que na descendente (RAS: 101,1; RAI: 99,9; OE: 101; e RF: 78,4). Os maiores valores encontrados na fase ascendente, quando comparados com os obtidos na fase descendente, corroboram com os dados de Girardin (1973) que, analisando a atividade muscular do músculo reto abdominal (RA), no *sit up* e no *bench sit up*, encontrou valores em mV da fase ascendente na RAS de $1,68 \pm 0,89$ e $1,34 \pm 0,75$, enquanto que, na fase descendente, os valores foram $1,17 \pm 0,62$ e $1,01 \pm 1,01$, respectivamente. Essa mesma relação ocorreu com a RAI que apresentou valores de $1,48 \pm 0,65$ e $0,92 \pm 0,32$, na fase ascendente, e $0,94 \pm 0,36$ e $0,68 \pm 0,29$, na fase descendente. Anderson et al. (1997) acrescentaram, através de seus dados, que a atividade eletromiográfica é 50% maior na subida que na descida.

Este fenômeno pode ser explicado pela resistência externa oferecida nos exercícios em terra. A resistência oferecida é a gravidade e, nesse caso, é unidirecional, fazendo com que a ativação muscular ocorra de forma concêntrica na fase de subida, contra a ação da gravidade, e excêntrica na fase de descida, a favor da gravidade. A fase excêntrica necessitaria menor ativação muscular, pois os elementos passivos do músculo ajudam a “frenagem” do movimento, carecendo, assim, de uma menor atividade eletromiográfica.

No REF, a RAS e RAI apresentam um traçado eletromiográfico muito semelhante, com um pico inicial e queda de ativação na mudança de fase. Na fase descendente, verifica-se um traçado semelhante ao da ascendente, entretanto, invertido e de menor valor. O músculo (OE) apresenta uma curva dentro do padrão de ativação do RA, porém, a subida para o pico é menos íngreme, e sua atividade entre 20 e 80% do ciclo do exercício é maior que o RA, assim como sua queda é anterior na fase descendente. Já o RF apresenta um pico a 25% do ciclo do exercício, mais ou menos no meio da fase ascendente. Ao contrário dos outros músculos analisados, o RF mantém uma atividade na troca das fases, a 50% do ciclo. A atividade dos músculos, na troca de fase, foi de 21,3 % na RAS; 27,8 % na RAI; 35,7% no músculo OE e 81,6 % no RF.

É importante chamar a atenção que, à medida que ocorre a flexão do tronco no REF, as variáveis biomecânicas modificam a sobrecarga na musculatura. Vaz, Guimarães e Campos (1991) apresentaram um modelo em que o peso da cabeça produz um momento de força em

relação ao eixo. Os flexores dessa região se opõem ao momento de força, para que o movimento seja iniciado. O peso, ao ser elevado, aumenta, gradativamente, pelo deslocamento do eixo de rotação da região cervical para a torácica, durante a fase ascendente. Todavia, se continua subindo, o movimento passa para o quadril, e o braço de alavanca da região superior do tronco diminui, à medida que o tronco atinge a vertical, reduzindo o torque de resistência e a sobrecarga na musculatura.

Assim, seria justificada a relação cronológica de ativação dos músculos no REF. O músculo RA trabalharia na elevação da cabeça, seguido pelo OE que entraria com o movimento do tronco. Nesse ponto, é atingido o pico de ativação dos músculos abdominais. Quando o movimento passa para a articulação do quadril, os músculos abdominais diminuem sua participação, entrando em atividade os flexores de quadril, aqui representados pelo músculo RF. Essa relação corrobora com os dados encontrados na literatura. No estudo de Ricci et al. (1981), o RA foi responsável pela atividade inicial, seguido pelo OE, sendo o RF responsável pelo final do movimento de subida do *sit up*. No trabalho realizado por Flint (1965), estudando o ilíaco, a maior atividade dos flexores de quadril, no meio do ciclo do *sit up*, também foi encontrada.

Apesar de executar o mesmo movimento, observam-se algumas alterações na atividade muscular, ao se realizar com velocidade máxima. No exercício REF V_{MAX} , o músculo RF apresenta um aumento marcante na intensidade. Já os músculos abdominais tiveram um maior platô no pico, o qual coincide com o ponto de maior atividade do RF. Nesse caso, ocorre a necessidade de estabilização do tronco com a entrada em ativação dos flexores do quadril. Smith, Weiss e Lehmkuhl (1997) colocaram que, se os músculos abdominais não forem capazes de estabilizar as fixações proximais dos flexores do quadril, a pelve inclina-se anteriormente e as vértebras lombares são tracionadas para a hiperextensão. Assim, a grande atividade do RF, no exercício de REF V_{MAX} , possivelmente, é acompanhada de uma atividade do psoas maior, que se origina na coluna vertebral. Ao entrarem em ativação com tanta força quanto a apresentada neste exercício, os flexores de quadril estariam exigindo dos músculos abdominais uma atividade forte de estabilização, alterando o seu pico de atividade.

A cronologia da ativação no REF V_{MAX} é semelhante ao REF; o movimento inicial é responsabilidade do músculo RA e, com o passar do ciclo, o OE e o RF entram em atividade.

Cabe salientar que, com a velocidade máxima (V_{MAX}), ocorre uma necessidade de frenagem do movimento devido à aceleração criada; assim, na mudança de fase, possivelmente, seria necessária uma atividade antagônica e menor atividade dos flexores. Portanto, além do torque decrescente no final da subida do tronco, a atividade de frenagem dos antagonistas justificaria a baixa atividade na troca de fase.

Ao analisar-se a posição inicial dos exercícios aquáticos, observa-se uma alta atividade dos músculos abdominais, principalmente a RAS e RAI, que pode ser explicada pelo fato de o apoio dos membros superiores no tubo elevar a cabeça do sujeito para a superfície. Isso corrobora com os dados de Floyd e Silver (1950) que mostraram a atividade do músculo RA apenas ao elevar a cabeça. Assim, a posição inicial dos exercícios aquáticos exige contração do reto abdominal, sendo pouco sentida pelo OE e, menos ainda, pelo RF.

Outro fato que deve ser analisado na posição inicial é o apoio dos membros inferiores nos exercícios SCA e TCA. Este apoio reduz a tendência de rotação, diminuindo a atividade muscular para manter as pernas em uma posição horizontalizada. Dessa forma, os exercícios com apoio têm uma menor atividade na posição inicial que os exercícios sem apoio de membros inferiores.

Assim como no exercício REF, ocorre um padrão de atividade semelhante na RAS, RAI e no OE, durante a execução dos exercícios realizados no meio líquido. Apresentam, no entanto, pequenas modificações no padrão de atividade, o que pode ser justificado pelo fato de a pelve não estar fixa como nos exercícios em terra. No caso dos exercícios aquáticos de flexão de tronco e de quadril (SSA, SCA, SSA V_{MAX} e CAN), o quadril se desloca para baixo, alterando o eixo de movimento, prolongando a ação do músculo RA e atrasando a atividade do músculo OE.

No caso do SCA, a RAS e a RAI também têm uma subida nos primeiros 10% do ciclo; entretanto ocorre uma maior atividade durante a fase central da ascendente. O músculo OE também apresenta esta maior atividade na parte central da ascendente; contudo, a subida de atividade deste músculo está deslocada à direita, por uma menor atividade no início do movimento (Figura 35A).

Este apoio móvel também pode ser responsável pela menor atividade do músculo RF. No exercício REF, o RF teve um pico e manteve uma boa atividade no final de ascendente; já no SCA, ocorreu um aumento lento e progressivo, entretanto de baixa intensidade neste

músculo. Como já foi discutido anteriormente, o RF é um músculo que tem maior atividade quando o *sit up* é realizado com os pés fixos. Apesar de as pernas estarem apoiadas no tubo, ele pode se movimentar, não sendo um apoio fixo nem para o membro inferior, nem para o quadril, dificultando, assim, a ação do RF.

Já no SSA V_{MAX} , o músculo RF que, nos exercícios SCA e SSA, apresentava o pico de baixa intensidade na fase final da ascendente, agora, tem um pico no início bastante considerável, a 15% do ciclo do exercício. Sua curva está muito parecida com os demais músculos, mas deslocada para a direita, o que lhe atribui maior importância nos ângulos de maior flexão. No CAN, a atividade do RF também é bastante marcante, mas seu pico é a 28% do ciclo.

O fato de tirar o apoio dos membros inferiores não modificou o padrão de atividade dos músculos nos exercícios SSA em relação ao SCA. Na RAS e RAI, observa-se uma maior oscilação de atividade que pode mostrar uma tendência de maior desequilíbrio nos exercício SSA que no SCA, o que poderia explicar um aumento na atividade sem o apoio; entretanto, na análise da amplitude, não se encontrou diferença estatisticamente significativa entre a atividade dos músculos, nos exercícios SCA e SSA.

O padrão de atividade dos músculos abdominais, nos exercícios de flexão de tronco TCA e TSA, segue o dos demais exercícios aquáticos, porém ocorre uma menor estabilização do sinal com um pico de atividade mais definido. Ao comparar o exercício TCA com o TSA, observa-se que, no TSA, o pico da atividade está deslocado para a direita. A RAS apresentava um pico a 26% no exercício TCA e, agora, o pico está a 35% do ciclo no TSA. Na RAI, o pico também estava a 26% e foi para 33,5 % do ciclo e, no músculo OE, o pico passou de 28,5% para 35% do ciclo do exercício. Isto pode representar que, sem apoio, as pernas afundam um pouco, modificando o ângulo de flexão do tronco.

Nos exercícios de flexão de tronco (TCA, TSA e SSA V_{MAX}), observa-se uma baixa atividade do RF durante todo o ciclo de exercício. Como já foi discutido anteriormente, a menor amplitude de movimento pode justificar a baixa atividade do músculo RF. A literatura sobre exercícios abdominais em seco aponta para uma baixa atividade dos flexores de quadril, quando realizada somente a flexão do tronco. No entanto, a baixa atividade do RF, na posição inicial dos exercícios sem apoio (SSA e SSA V_{MAX}), demonstra que este músculo tem pouca influência na estabilização da posição horizontal no meio líquido. Possivelmente, a musculatura extensora do quadril é a responsável por manter o alinhamento nesta situação.

A amplitude do movimento solicitado nos exercícios TCA e TSA deveria ser de grande atividade da musculatura abdominal na troca da ascendente para a descendente. Andersson et al. (1997) encontraram o pico de atividade do músculo RA, no ponto de troca de fase, aqui representado pelos 50%. Entretanto, ocorre uma diminuição precoce da atividade abdominal no fim da fase ascendente. Essa baixa atividade só pode ser explicada pelas características de fluxo e atividade precoce dos antagonistas para a frenagem do movimento realizado no meio líquido.

No exercício TSA V_{MAX} , o pico, na fase ascendente dos músculos abdominais, é antecipado e ganha em amplitude em relação ao TSA. Com a V_{MAX} , há uma maior resistência oferecida ao movimento, assim como uma antecipação da atividade dos músculos antagonistas.

Todos os músculos apresentam diferença qualitativa de atividade na fase descendente, em todos os exercícios realizados no meio líquido. Ocorre uma redução lenta e progressiva da atividade em toda a fase descendente, sendo que, o pico de atividade, na fase descendente, foi menor que o nível inicial de ativação.

Essa menor atividade na fase descendente já foi analisada na discussão da amplitude do sinal, em cada fase do exercício. Porém, neste momento, chama-se a atenção para o padrão de atividade. A diminuição lenta e progressiva é sentida em todos os exercícios aquáticos, o que demonstra que, na água, o corpo recebe resistência contra o movimento de extensão de tronco e quadril, sendo alguma outra força responsável pelo movimento de retorno. O fato de estar apoiado nos membros superiores pode ajudar o trabalho dos extensores que ali têm um apoio para elevar o quadril e voltar à posição. Dessa forma, ao invés de se trabalhar contra a gravidade, freando o movimento de retorno, como nos exercícios em seco, estar-se-á empurrando a água com ação agonista dos extensores do tronco e do quadril.

Na fase descendente, os exercícios realizados no meio líquido em máxima velocidade também mostram uma diminuição lenta e progressiva na atividade de todos os músculos estudados. Quando se analisa somente a intensidade, verifica-se que, na fase descendente, os exercícios aquáticos em V_{MAX} tinham um maior valor que seus respectivos exercícios em ritmo padrão. Na ocasião, foi discutido que uma força necessária para a frenagem do movimento, ou pelo desequilíbrio da atividade realizada com velocidade na água, justificaria a maior atividade eletromiográfica.

Para que ocorra a atividade de frenagem, ter-se-ia um aumento da atividade no final da fase. Pöyhönen et al. (2001b), em seu estudo, encontraram uma atividade precoce da musculatura antagonista na troca de direção. Como está se analisando apenas o grupo muscular flexor, este aumento de atividade para frenagem deveria ser representado por maiores valores na fase final do ciclo dos exercícios. Todavia, os dados encontrados nesta pesquisa mostram uma diminuição lenta da atividade, depois dos 50% do ciclo.

Essas diferenças nos resultados podem ser creditadas aos diferentes movimentos analisados. Pöyhönen et al. (2001b) estudaram a flexão e extensão do joelho em cadeia aberta. Nessa situação, os sujeitos estão sentados e bem amarrados a uma cadeira, o quadril está fixo, e o movimento, assim como a resistência oferecida, está na parte distal do segmento. O movimento foi de 115° a 0° de flexão. Segundo os autores, tal situação possibilita uma relativa alta velocidade angular durante a amplitude do movimento. Na situação experimental realizada nesse trabalho, analisa-se o movimento do quadril e tronco sem nenhum dos segmentos estarem fixos. Apesar de o tubo apoiar os membros superiores, ele não se constitui um apoio fixo, pois pode deslocar e está sujeito a desequilíbrios. A possibilidade de movimento nas duas extremidades pode ter dificultado o apoio, não permitindo a ação de frenagem.

Uma força de equilíbrio contínua e de considerável intensidade, sofrendo influência da turbulência e da tendência de giro, assim como uma possível co-contracção dos abdominais, compensatória à tração dos flexores de quadril nas vértebras, pode estar sendo exigida na descendente nos exercício em velocidade máxima. Assim, justifica-se uma tendência de maior atividade na fase descendente nos exercícios realizados na máxima velocidade em relação aos realizados no ritmo padrão.

Assim, chama-se a atenção que as características das forças externas ao corpo, nos exercícios abdominais realizados no meio líquido, proporcionam uma situação única de redução de peso hidrostático, resistência ao movimento, apoio relativo e tendência de rolamento para atingir o equilíbrio estável. Portanto, podem-se estabelecer dois pontos importantes e de resultados opostos em relação à intensidade da atividade muscular nos exercícios abdominais no meio líquido: a necessidade de equilíbrio e resistência ao movimento contra a diminuição do peso hidrostático.

CONCLUSÕES

Os exercícios aquáticos realizados no ritmo padrão apresentaram uma atividade eletromiográfica semelhante à do exercício de referência na musculatura abdominal, durante a fase ascendente. Entretanto, na fase descendente, além de menor intensidade, o padrão de atividade muscular se modifica nos exercícios aquáticos.

A postura horizontalizada dos exercícios abdominais realizados no meio líquido exige uma atividade de estabilização da musculatura abdominal. Caso o objetivo seja criar uma situação de repouso, é necessário buscar outra posição.

Dentro dos exercícios abdominais aquáticos em ritmo padrão, o exercício CAN é o que exige maior atividade dos músculos analisados.

A realização dos exercícios em máxima velocidade apresentou grande resposta na ativação dos músculos abdominais nos exercícios aquáticos, mostrando que, no meio líquido, quanto maior a velocidade, maior a carga exigida para realizar o movimento.

No flexor de quadril, os exercícios realizados em menor amplitude de movimento não solicitaram grande atividade muscular. Assim, o TSA V_{MAX} é um exercício de grande atividade abdominal e baixa atividade dos flexores de quadril.

SUGESTÕES

Sugerem-se novas pesquisas que envolvam:

- a) o monitoramento dos músculos extensores do quadril e tronco;
- b) a realização dos exercícios com apoio, assim como o CAN, na máxima velocidade;
- c) a utilização de outros equipamentos de flutuação;
- d) a realização de exercícios, na posição vertical, utilizando o efeito de flutuação como resistência;
- e) a análise da função da musculatura abdominal e flexora de quadril em exercícios de suspensão;
- f) a análise da musculatura abdominal na estabilização, durante exercícios de hidroginástica para membros superiores e inferiores;
- g) a análise mais detalhada das variáveis biomecânicas dos exercícios abdominais realizados no meio líquido.

REFERÊNCIAS

- ALLISON, G.T.; GODFREY, P.; ROBINSON, G. EMG signal amplitude assessment during abdominal bracing and hollowing. **J Electromyography of Kinesiology**, n. 8, p 51-57, 1998.
- ALLISON, G. T.; HENRY, S. M. The RA(D)luence of fatigue on trunk muscle responses to sudden arm movements, a pilot study. **Clin Biomech**, v.17, n. 5, p. 414-417, 2002.
- AMBROSINE, A. B. **Efeitos de um treinamento de força realizado em aulas de hidroginástica**. 2003. Monografia (Conclusão de Curso Educação Física). Escola Superior de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- ANDERSSON, E. A.; NILSSON, J.; ZHIJIA MA, THORSTENSSON, A.. Abdominal and hip flexor muscle activation during various training exercise. **Eur J Appl Physiol** **75**, p. 115-123, 1997.
- ARAUJO, R. C.; DUARTE, M.; AMADIO, A. C. Estudo sobre a variabilidade do sinal eletromiográfico intra e inter-indivíduos durante contração isométrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, VII. **Anais...** p. 128-133, 1997.
- AXLER C. T.; MCGILL, S. M. Low back loads over a variety of abdominal exercise: searching for the safest abdominal challenge. **Med Sci Sport Exerc**, v. 29, n. 6, p. 804-811, 1997.
- BARELLA, R. E. **Estudo da força muscular em mulheres praticantes de hidroginástica**. 2002. Monografia (Conclusão de Curso Educação Física). Escola Superior de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2002.
- BASMANJIAN, J. V. Eletromyography of iliopsoas. **Anat. Rec.**, n. 132, p.127-132, 1958.
- BASMANJIAN, J. V.; DE LUCA, C.J. **Muscle alive**: their functions revealed by electromyography. 5. ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1985.
- BATES, A.; HANSON, N. **Aquatic Exercise Therapy**. Pennsylvania: Saunders Company, 1996.
- BAUM, G. **Aquaeróbica**: Manual de Treinamento. São Paulo: Manole, 2000.
- BLANDINE, C. G. **Anatomia para o Movimento**. São Paulo: Manole, 1992.

- CALAIS-GERMAIN, B. **Anatomia para o Movimento**: introdução à análise das técnicas corporais. São Paulo: Manole, 1991.
- CALBET, F. L.; CALBET, C. L. Marco teórico-práctico para la correcta ejecución del trabajo abdominal. **Ed Fis Deportes**, n.42, p. 36-45, 1995.
- CAMPBELL, J. M. An electromyographic study of the role of the abdominal muscles in breathing. **J Physiol**. v.117, p 222-233, 1952.
- CATTEAU, R.; GAROFF, G. **O Ensino da Nataçãõ**. São Paulo: Manole, 1988.
- CHOLEWICKI, J.; MCGILL, S. M. Mechanical stability of the in vivo lumbar spine: implication for injury and chronic low back pain. **Clin Biomech**, v. 11, n.1, p. 1-15, 1996.
- CICCOTTI, M. G.; KERLAN, R. K.; PERRY, J.; PINK, M.. An Electromyographic analysis of the knee during functional activities. The Normal Profile. **Am J of Sport Méd**, v.22, n.5, p.645-50, 1994.
- CORREIA, P. P.; SANTOS, P.M.; VELOSO, A. **Eletromiografia**. Fundamentação fisiológica. Métodos de recolha e processamento. Aplicações cinesiológicas. Faculdade de Motricidade Humana, Lisboa, 1993.
- COSTIL, D. L.; MAGLISCHO, E. W.; RICHARDSON, A. B. Handbook of Sports Medicine and Science Swimming. **Blackwell Scien Publications**, 1992.
- DARBY, L. A.; YAEKLE, B. L. Physiological responses during two types of exercise performed on land and in the water. **J Sport Med Phys Fitness**, v.40, p.303-311, 2000.
- DeLUCA, C. J. The use of surface eletromyography in biomechanics. **J Appl Biomechanics**, v.13, p. 135-163, 1997
- EKHOLM, J.; ARBORELIUS, U.; FAHLCRANTZ, A.; LARSSON, A.; MATTSSON, G. Activation of abdominal muscles during some physiotherapeutic exercises. **Scand J Rehab Med**, n.11, p. 75-84, 1979.
- ERVILHA, U. F.; AMADIO, A. C.; DUARTE, M. Estudo sobre procedimentos de normalização da intensidade do sinal eletromiográfico durante o movimento humano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, VII. **Anais...**, p.169-174, 1997.
- ERVILHA, U. F.; DUARTE, M.; AMADIO, A C. Estudo do padrão da intensidade do sinal eletromiográfico e da variação angular do joelho durante a marcha humana dentro e fora da água no domínio temporal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, VII. **Anais...**, p. 471-475, 1998.
- _____. Padrão do sinal eletromiográfico de músculos do membro inferior e cinemática do joelho durante o andar em ambiente aquático e terrestre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, IX. **Anais...** v. 2, p. 290-294, 2001.
- FERREIRA, J.J.A.; CARVALHO, L. C.; ALEXANDRIA, K. C. L.; ARAUJO, Z. T.S. Atividade eletromiográfica dos músculos vasto medial e lateral durante exercícios de extensão do joelho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, IX. **Anais...** p. 221:226, 2001.

- FIGUEIREDO, P. A. P. **Ai Chi**: Técnica de relaxamento aquático. Acqualità, 2001.
- FIGUEIREDO, P. A. P.; BORGES JR, N. G.; TARTARUGA, L. A. P.; KRUEL, L. F. M. Metodologia para o isolamento do sistema de coleta eletromiográfica em meio líquido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPORTES, FITNESS E CIÊNCIAS DA SAÚDE. **Apresentação de trabalho**. Agosto, 2003.
- FLINT, M. M. Electromyographic comparison of the function of the iliacus and the rectus abdominis muscles. **Phys Ther**, n.45, p.248-253, 1965.
- FLINT, M. M.; GUDGELL, J. Electromyographic study of abdominal muscular activity during exercise. **Res. Quart.** n.36, p. 29-37, 1965.
- FLOYD, W. F.; SILVER, P. H. S. Electromyographic study of patterns of activity of the anterior abdominal wall muscles in man. **J. Anat.**, n.84, p. 132-145, 1950.
- GERTZ, L. C.; LOSS, J. L.; RIBEIRO, J. L. D.; ZARO, M. A Sensibilidade da eletromiografia na medição de variação de força. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, VII. **Anais....** p. 146:151, 1997.
- GILLEARD, W. L.; BROWN, M. M. An eletromiografia validation of an abdominal muscle test. **Arch Phys Med Rehabil**, n.75, p.1002-1007, 1994.
- GIRARDIN, Y. EMG action potentials of retectusabdominis muscle during two types of abdominal exercises. **Med Sport Biomechanics**, v.8, p. 301-308, 1973.
- GIROUX, B.; LAMONTAGNE, M. Comparisons between surface electrodes and intramuscular wire electrodes in isometric and dynamic condition. **Electromyogr Clin Neurophysiol**, v. 30, n.7, p. 397-405, 1990.
- GODFREY, K. E.; KINDIG, L. E.; WINDELL, E. J. Electromyographic study of duration of muscle activity in sit-up variations. **Arch Phys Med Rehabil**, n. 58, p.132-135, 1977.
- GONÇALVES, M.; CERQUEIRA, E. P. Levantamento manual de carga a partir do solo com e sem uso de cinto pélvico, e com diferentes posturas do tronco: um estudo eletromiográfico. **Brazilian J Biomechanics**, p.49-54, 2000.
- GOWAN, I. D.; JOBE, F. W.; TIBONE, J. E.; PERRY, J.; MOYNES, D. R. A comparative electromyographic analysis of the shoulder during pitching. Professional versus amateur pitchers. **The American Journal of Spots Medicine**. V. 15, n 6, p.586-590, 1987.
- GUIMARÃES, A. C. S.; CRESCENTE, L. A. B. Eletromiografia de exercícios abdominais: um estudo piloto. **Rev Bras Ciência do Esporte**, v.6, n.1, p. 110-115, 1984.
- GUIMARÃES, A C. S.; VAZ, M. A.; CAMPOS, M. I. A.; MARANTES, R. The contribution of the rectus abdominis and retus RForis in twelve selected abdominal exercises. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.31, n.2, p. 222-230, 1991.
- GUTIN, B.; LIPETZ, S. An eletromyographic investigation of the rectus abdominis in abdominal exercise. **Res Q Am Assoc Health Phys Educ**, n. 42, p. 256-263, 1971.

HAKKINEN, K. Neuromuscular responses in male and female athletes to two successive strength training sessions in one day. **J Sport Med Phys Fitness**, v.,32, p. 234-42, 1992.

HÄKKINEN, K.; KALLINEN, M.; LINNAMO, V.; PASTINEN, U-M.; NEWTON, R. U.; KRAEMER, W. J. Neuromuscular adaptations during bilateral versus unilateral strength training in middle-aged and elderly men and women. **Acta Physiol Scand**, n.158, p 77-88, 1996.

HÄKKINEN, K.; PAKARINEN, A.; KRAEMER, W. J.; HÄKKINEN, A.; VALKEINEN, H.; ALEN, M. Selective muscle hypertrophy, changes in EMG and force, and serum hormones during strength training in older women. **J Appl Physiol**, n. 91, p. 569-580, 2001.

HALPERN, A. A.; BLECK, E. E. Sit-up exercise: an eletromyographic study. **Clin. Orthop**, n.145, p. 172-178, 1979.

HOUTZ, S. J.; FISCHER, F. J. An analysis of muscle action and joint excursion during exercise of a stationary bicycle. **J of Bone and Joint Sugery**, v. 41-a, n. 1, p.123-131, 1959.

HUBLEY-KOZEY, C. L.; VEZINA, M. J. Differentiating temporal electromyographic waveforms between those with chronic low back pain and healthy controls. **Loim Biomech**, v.17, n.9-10, p.621-629, 2002.

JOBE, F. W.; PERRY, J.; PINK, M. Electromyographic shoulder activity in men and women professional golfers. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 17, n. 6, p. 782-787, 1989.

KEAGY, R. D.; BRUMLIK, J.; BERGAN, J. J. Direct eletromiography of the psoas major muscle in man. **J Bone and Joint Surg.**, v.48-A, n.7, p.1377-1382, 1966.

KENDALL, F. P.; McCREARY, E. K.; PROVANCE, P. G. **Músculos: provas e funções**. 4. ed. São Paulo: Malone, 1995.

KOEPKE, G. H.; MURPHY, A J.; RAE Jr, J. W.; DICKINSON, D. G.. An electromyographic study of some of the muscles used in respiration. **Arch of Phys Med Rehabilitation**. April, p. 217-222, 1955.

KONRAD, P.; SCHMITZ, K.; DENNER, A. Neuromuscular evaluation of trunk-training exercises. **J Athl Train**, v.36, n.2, p. 109-118, 2001.

KOURY, J. M. Aquatic Therapy Programming. **Guidelines for Orthopedic Rehabilitation**. Human Kinnetics, 1996.

KRUEL, L.F. **Alterações fisiológicas e biomecânicas em indivíduos praticando exercícios de hidroginástica dentro e fora d'água**. Tese (Doutorado em Educação Física). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2000.

_____. **Peso hidrostático e frequência cardíaca em pessoas submetidas a diferentes profundidades de água**. Dissertação (Mestrado Educação Física). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 1994.

- LAWRENCE, J. H.; DeLUCA. Myoelectric signal versus force relationship in different human muscles. **J Appl. Physiol.: Resirat. Environ. Exercise Physiol.** v.54, n. 6., p 1653-1659, 1983.
- LEHMAN, G. J. Clinical considerations in the use of surface electromyography: three experimental studies. **J Manipulative Physiol Ther**, v.25, n.5, p.: 293-299, 2002.
- LEHMAN, G. J.; MCGILL, S. M. The importance of normalization in the interpretation of surface electromyography: a proof of principle. **J Manipulative Physiol Ther**, v.23, n.5, p. 369-370, 1999.
- _____. Spinal manipulation causes variable spine kinematic and trunk muscle electromyographic responses. **Clin Biomech**, v. 19, p. 293-299, 2001a.
- _____. Quantification of the differences in eletromyographic activity magnitude between the upper and the lower portions of the rectus abdominis muscle during selected trunk exercises. **Phys Ther**, n.81, p. 1096-1101, 2001b.
- LIPETZ, S.; GUTIN, B. An eletromyogrphic study of four abdominal exercises. **Med Sci Sports**, n. 2, p.35-38, 1970.
- MASUMOTO, K.; TAKASUGI, S. HOTTA, N. FUJISHIMA, K.; IWAMOTO, Y. Analisis of IELETROMIOGRAFIA activities of lower extremity and trunk muscle during walking backward underwater. **Med Scie Sport Exercise**, v.34, n.5, p. 895, 2002.
- MARQUES, M.; PEREIRA FILHO, N. **Hidroginástica: exercícios comentados: cinesiologia aplicada à hidroginástica.** Rio de Janeiro: N. Pereira, 1999.
- MARTINEZ, M. A. S.; PANEGO, M. M.; ORTIZ, M. A. F. Intensidad de la contracción del músculo recto mayor del abdomen: estudio eletromiográfico. **Arc Med del Deporte**, p. 441-446, 1996.
- McGILL, S. M. The mechanics of torso flexion: situps and standing dynamic flexion manouvres. **Clin Biomech**, v.10, n.4, p. 184-192, 1995.
- McGILL, S. M., JUKER, D., KROPF, P. Appopriately placed surface EMG electrodes reflect deep muscle activity in the lumbar spine. **J Biomech.**, v.29, p. 1503-1507, 1997.
- McGILL, S. M.; YINGLING, V. R.; PEACH, J. P. Three-dimensional kinematics and trunk muscle muoelectric activity in the elderly spine- a database compared to young people. **Clin Biomech**, v.14, p. 389-395, 1999.
- MELO, P. R. B. Os abdominais e suas implicações na coluna lombar. **Comunidade Esportiva**, p. 16-19, 1983.
- MERCER, J. A.; BLACK, D.; GRUENENFELDER, A.; LEE, H.; VELASCO, G.; LUM, E. Lower extremity muscle activity patterns during running in the water, on land and cycling. **Biomechanics Invitational Seminar and UNLV Scholar Lecture Series**, March 2002.
- MONTGOMERY, W. H.; PINK, M.; PERRY, J. Eletromyographic analysis of hip and knee musculature during running. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 22, n. 2, p. 272-278, 1994.

MOYNES, D. R.; PETTRY, J.; ANTONELLI, D. J.; JOBE, F. W. Electromyography and motion analysis of the upper extremity in sports. **J. American Physical Therapy**, v.66, n. 12, p. 1905-1911, 1986.

MÜLLER, F. G. **Treinabilidade de força muscular em idosos praticantes de hidroginástica**. Dissertação. (Tese de Mestrado). Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2002.

NACHEMSON A. Electromyographic studies on the vertebral portion of the psoas muscle. **Acta Orthop. Scand.** v.37, p. 177-190, 1966.

NEGRÃO F. F.; BERZIN, F.; SOUZA, G. C. Electromyography study of the portions of the abdominal rectus muscle. **Electrom Clin Neurophysiol**, v.37, p. 491-501, 1997.

NICHOLSON, W. R. The importance of normalization in the interpretation of surface electromyography: A proof of principle. **J Manipulative Physiol Ther**, v.23, n.5, 2000.

NORRIS, C. M. Abdominal muscle training in sport. **Br J Sp Med**, v. 27, n.1, p. 19-27, 1993.

PALMER, M. L. **A Ciência e Técnica da Natação**. São Paulo: Manole, 1990.

PARDAL, D. M. M.; SACCO, I. C. N.; SERRÃO, J. C.; AMADIO, A. C.. Comparação de atividade eletromiográfica de músculos abdominais durante exercícios convencionais. **Brazilian J of Biom**, ano 4, n.6, 2003.

PARNIANPOUR, M.; RICHARDSON, C. A.; KIPPERS, V. Functional roles of abdominal and back muscle during isometric axial rotation of the trunk. **J Orthop Res**, v.19, n.3, p. 463-471, 2001.

PARTRIDGE, M. J.; WALTERS, E. Participation of the abdominal muscle in various movements of the trunk in man. **Phys. Ther. Rer**, n. 39, p. 791-800, 1959.

PEREIRA FILHO, N. **Musculação e Cinesiologia Aplicada**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1995.

PERRY, J.; PINK, M.; JOBE, F. W.; KERRIGAN, J.; BROWNE, A.; SCOVAZZO, M. J. The paRA(I)ul shoulder during the backstroke: an EMG and cinematographic analysis os 12 muscles. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v 2, p. 13-20, 1992.

PINK, M.; PERRY, J.; BROWNE, A; SCOVAZZO, M. J.; KERRIGAN, J. The normal shoulder during freestyle swimming: an eletromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles **The American Journal of Sports Medicine**, v. 19, n. 6, p. 569-576, 1991.

PINK, M.; JOBE, F. W.; PERRY, J.; KERRIGAN, J.; BROWNE, A; SCOVAZZO, M. J. The normal shoulder during the backstroke: an EMG and cinematographic analysis os 12 muscles. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 2, p. 6-12, 1992.

PINK, M.; PERRY, J.; JOBE, F. W. Electromyographic analysis of the trunc in golfers. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 21, n. 3, p. 385-388, 1993.

PLATONOV, V.N.; FESSENKO, S.L. **Os Sistemas de Treinamento dos Melhores Nadadores do Mundo**. v.2. Rio de Janeiro: Sprint, 2003.

- PÖYHÖNEN, T. KESKINEN, K. L.; HAUTALA, A.; SAVOLAINEN, J.; MALKIA, E. Human isometric force production and eletromyogram activity of knee extensor muscles in water and on land. **Eur J Appl Physiol**, v.80, p.52-56, 1999.
- PÖYHÖNEN, T.; KYROLAINEN, H.; KESKINEN, K. L.; HAUTALA, A.; SAVOLAINEN, J.; MALKIA, E. Electromyographic and kinematic analysis of therapeutic knee exercises under water. **Clin. Biomech**, n. 16, p. 496-504, 2001a.
- PÖYHÖNEN, T.; KESKINEN, K. L.; KYROLAINEN, H.; HAUTALA, A.; SAVOLAINEN, J.; MALKIA, E. Neuromuscular function during therapeutic knee exercise under water and on dry land. **Arch Phys Med Rehabil**, v.82, n.10, p. 1446-1452, 2001b.
- PÖYHÖNEN, T.; SIPILÄ, S.; KESKINEN, K. L.; HAUTALA, A.; SAVOLAINEN, J.; MÄLKIÄ, E. Effects of aquatic resistance training on neuromuscular performance in healthy women. **Med. Sci. Sport Exerc.**, v.34, n.12, p. 2103-2109, 2002.
- RASCH, P.J.; BURKE, R. K. **Cinesiologia e Anatomia Aplicada**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1977.
- RICCI, B.; MARCHETTI, M.; FIGURA, F. Biomechanics of sit-up exercises. **Med. Sci. Sports Exercise**, v.13, n.1, p. 54-59, 1981.
- ROUTI, R. G.; MORRIS, D. M.; COLE, A J. **Aquatic Rehabilitation**. Philadelphia: Lippincott, 1997.
- RUWE, P. A.; PINK, M.; JOBE, F. W.; PERY, J.; SCOVAZZO, M. L. Electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 22, n.6, p. 789-796, 1994.
- SANDS, W. A.; McNEAL, J. R. A kinematic comparison of four abdominal training devices and a traditional abdominal crunch. **J Strength Cond Res**, v.16, n.1, p. 135-141, 2002.
- SAPSFORD, R. R.; RICHARDSON, C. A.; COOPER, D. H.; MARKWELL, S. J.; JULL, G. A. Co-activation of the abdominal floor muscle during voluntary exercises. **Neuroul Urodyn**,v. 20, n.1, p. 31-42, 2001.
- 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**, n. 77, p. 1293-1297, 1996.
- SHAFFER, B.; JOBE, F. W.; PINK, M.; PERRY, J. P. Baseball Batting: an electromyographic study. **Clin Orthop**, n. 292, p. 285-293, 1993.
- SHEFFIELD, F. J. Eletromyographic study of the abdominal muscles in walking and other movements. **Amer. J. Phys. Med.**, v. 41, p. 142-147, 1962.
- SHELDAHL, L. M. Special ergometric techniques and weight reduction. **Med Sci Sport Exerc.**, v. 18, n.1, p. 25-30, 1985.
- SHIELDS, R. H.; HEISS, D. G. An electromyographic comparison of abdominal muscle synergies during curl and double straight leg lowering exercise with control of the pelvic position. **Spine**, v.22, n.16, p.1873-1879, 1997.

- SKINNER, A. T.; THOMSON A. M. **Duffield**: exercícios na água. São Paulo: Manole, 1985.
- SMITH, L. K.; WEISS, E. L.; LEHMKUHL, L. D. **Cinesiologia Clínica de Brunnstrom**. 5. ed. São Paulo: Manole, 1997.
- SOBOTTA, J. **Atlas de Anatomia Humana**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
- SOVA, R. **BackHab**: The water way to pain free living. Port Washington:DSL, 1996.
- TARTARUGA, L. A. P. **Efeitos fisiológicos e biomecânicos do treinamento de corrida em piscina funda na performance de corredores de elite**. 2003. Dissertação. (Mestrado em Educação Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2003.
- TOUSSAINT, H. M.; HOLLANDER, A. P. Mechanics and energetics of front crawl swimming. Biomechanics of swimming. In: MIYSHITA, M; MUTOH, Y, RICHARDSON, AB (Eds.) Medicine and Science in Aquatic sport. **Med Sport Sci**. Basel, Karger, v.39, p 107-116, 1994.
- TERRET, T. A history of Aquatic Fitness. **Rapport to the Aquatic Exercise Association**. July 2001.
- VAILAS, J. C. Muscle activity during isotonic, variable resistance, and isokinetic exercise. **Clin J Sport Méd**, v.2, n.3, p.186-91, 1992.
- VAZ, M. A; GUIMARÃES, A. C. S.; CAMPOS, M. I. A. Análise de exercícios abdominais: um estudo biomecânico e eletromiográfico. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 5, n.4, p. 18-40, 1991.
- VAZ, M. A.; BERCHT, V.; TROMBINI, R. S.; COSTA, M. S.; GUIMARÃES, A. C. S. Comparação da intensidade da atividade elétrica dos músculos reto abdominal e Oblíquo externo em exercícios abdominais com e sem a utilização de aparelhos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, VII. **Anais...**, p.441- 446, 1997.
- VELOSO, J. **Exercícios Abdominais**. Sprint Mar/Abr: 62-67, s.d.
- VERA-GARCIA, F. J.; GRENIER, S. G.; MCGILL, S. M. Abdominal muscle response during curl-ups on both stable and labile surfaces. **Phys Ther**, n.80, p. 564-569, 2000.
- VEZINA, M.J.; HUBLEY-KOZEY, C.L. Muscle activation in therapeutic exercise to improve trunk stability. **Arch Phys Med Rehabil**, v.81, n.10, p. 1370-1379, 2000.
- WALTERS, C.E.; PARTRIDGE, M.J. Electromyographic study of the differential action of the abdominal muscle during exercise. **Am. J. Phys. Med.**, n.36, p. 259-268, 1957.
- WARDEN, S. J.; WAJSWELNER, H.; BENNELL, K. I. Comparison of abshaper and conventionally performed abdominal exercises using surface electromyography. **Med. Sci. Sport Exerc.**, v.31, n.11, p. 1656-1664, 1999.
- WHITE, M. D. **Exercícios na Água**. São Paulo: Malone, 1998.

WILLETT, G. M.; HYDE, J. E.; UHRLAUB, M. B.; WENDEL, C. L.; KARST, G. M. Relative activity of abdominal muscles during commonly prescribed strengthening exercise. **J Strength Cond Res**, v.15, n.4, p. 480-485, 2001.

ZEDKA, M.; KUMAR, S.; NARAYAN, Y. Comparison of surface ELETROMIOGRAFIA signal between electrode types, interelectrode distance and electrode orientations in isometric exercise of the erector spinae muscle. **Electromyogra Clin Neurophysiol**, v.37, n.7, p. 439-447, 1997.

ANEXOS

ANEXO A
APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA PROPESQ

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

RESOLUÇÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul analisou o projeto:

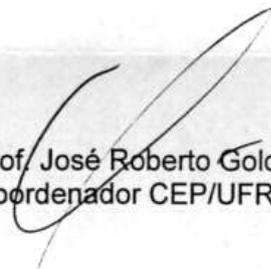
Número:2003210

Título do projeto: Análise eletromiográfica de exercícios abdominais

Investigador(es) principal(ais): Luiz Fernando Krueel (Orient)/Paulo André Poli de Figueiredo(Mestr)

O mesmo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS, reunião n.24, ata n. 45, por estar adequado ética e metodologicamente e de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

Porto Alegre, 11 de dezembro de 2003.


Prof. José Roberto Goldim
Coordenador CEP/UFRGS

ANEXO B

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Eu entendo que participarei como sujeito do estudo intitulado “ANÁLISE ELETROMIOGRÁFICA DE EXERCÍCIOS ABDOMINAIS DE HIDROGINÁSTICA”. Entendo que os testes que realizarei são parte desse estudo e terão a finalidade de possibilitar a análise do desempenho humano em determinados movimentos em condições ambientais específicas.

Eu, por meio desta, autorizo Luiz Fernando Martins Krueel, Paulo André Poli de Figueiredo, bolsistas ou profissionais selecionados para realizar os seguintes procedimentos:

- a. Fazer-me responder a um questionário específico;
- b. Fazer-me medidas corporais de peso;
- c. Fazer-me a preparação da pele e a colocação e fixação de eletrodos;
- d. Fazer-me a preparação da pele e a colocação de fitas reflexivas;
- e. Aplicar-me três testes de força isométrica máxima;
- f. Aplicar-me exercícios fora e dentro da piscina;
- g. Filmar-me durante a execução dos procedimentos e dos exercícios;

Eu entendo que para a preparação da pele e colocação dos eletrodos:

Terei parte da região da coxa direita e da região abdominal, acima e abaixo do umbigo, depilada com lâmina descartável, e a pele limpa por abrasão feita com algodão com álcool, com a finalidade de colocar os eletrodos de medida da ativação muscular e os curativos adesivos impermeáveis utilizados para fixação e impermeabilização dos eletrodos.

Eu entendo que para a preparação da pele e a colocação dos adesivos reflexivos:

Terei parte da região do joelho direito, coxa direita, quadril direito e tronco depilada com lâmina descartável, e a pele limpa por abrasão feita com algodão, com a finalidade de colocar os adesivos reflexivos.

Eu entendo que na aplicação dos testes de força isométrica:

1. Eu estarei conectado por cabos a um eletromiógrafo;
2. Estão envolvidos os seguintes riscos e desconfortos: dor e cansaço muscular temporário.
3. Estará presente um médico responsável, além de estar disponível, no laboratório, uma linha telefônica para a Assistência Médica de Emergência (3331-0212).

Eu entendo que na aplicação de exercícios:

1. Eu estarei conectado por cabos a um eletromiógrafo;
 2. Eu entrarei na piscina para a execução de exercícios;
 3. Estão envolvidos os seguintes riscos e desconfortos: dor e cansaço muscular temporário.
 4. Estará presente um médico responsável, além de estar disponível, no laboratório, uma linha telefônica para a Assistência Médica de Emergência (3331-0212).
-
- a. Os procedimentos expostos acima têm sido explicados para mim por Luiz Fernando Martins Krueel e/ou seus orientandos, Paulo André Poli de Figueiredo e bolsistas selecionados;
 - b. Eu entendo que Luiz Fernando Martins Krueel, Paulo André Poli de Figueiredo e bolsistas, irão responder qualquer dúvida que eu tenha em qualquer momento relativo a esses procedimentos;
 - c. Eu entendo que todos os dados relativos a minha pessoa irão ficar confidenciais e disponíveis apenas sob minha solicitação escrita. Além disso, eu entendo que, no momento da publicação, não irá ser feita associação entre os dados publicados e a minha pessoa;
 - d. Eu entendo que não há compensação financeira pela minha participação neste estudo;
 - e. Eu entendo que eu posso fazer contato com o orientador do estudo Professor Doutor Luiz Fernando Martins Krueel, e seu orientando, Professor Paulo André Poli de Figueiredo, para quaisquer problemas referentes à minha participação no estudo ou se eu sentir que há uma violação dos meus direitos, através do telefone (051) 3316-5820.

Porto Alegre _____ de _____ de 2003.

Nome em letra de forma

Assinatura

ANEXO C

FICHA DE DADOS INDIVIDUAIS

Nome:.....Data de Nascimento.....Sexo.....

Endereço:.....Fone para contato:.....

Anos de prática de hidroginástica.....

Peso:.....Estatura:.....

CONFIGURAÇÃO DO ELETROMIÓGRAFO

Canal 1 Ganho.....

Canal 2 Ganho.....

Canal 3..... Ganho.....

Canal 4..... Ganho.....

Canal 5..... Ganho.....

Canal 6..... Ganho.....

Canal 7..... Ganho.....

Canal 8..... Ganho.....

Terra.....

ORDEM DO SORTEIO DAS CVMs

CVM supra umbilical.....

CVM infra umbilical.....

CVM reto femoral.....

EXERCÍCIO DE REFERÊNCIA:

ORDEM DO SORTEIO DOS EXERCÍCIOS

Tradicional com apoio

Tradicional sem apoio

Tradicional sem apoio V_{MAX}

Sentado com apoio

Sentado sem apoio

Sentado sem apoio V_{MAX}

Canivete

Observações:.....

.....

ANEXO D

MACRO UTILIZADA PARA A FILTRAGEM DO SINAL ELETROMIOGRÁFICO

```

"Filtros";

RemoveDC("Canal 0 (Paramed Datalogger)");
RemoveDC("Canal 1 (Paramed Datalogger)");
RemoveDC("Canal 2 (Paramed Datalogger)");
RemoveDC("Canal 3 (Paramed Datalogger)");
FiltroButterworth_FFT("Canal 0 (Paramed Datalogger)", 20, 400, 5);
FiltroButterworth_FFT("Canal 1 (Paramed Datalogger)", 20, 400, 5);
FiltroButterworth_FFT("Canal 2 (Paramed Datalogger)", 20, 400, 5);
FiltroButterworth_FFT("Canal 3 (Paramed Datalogger)", 20, 400, 5);
RemovePicosAuto_FFT("Canal 0 (Paramed Datalogger),FB", 30, 2);
RemovePicosAuto_FFT("Canal 1 (Paramed Datalogger),FB", 30, 2);
RemovePicosAuto_FFT("Canal 2 (Paramed Datalogger),FB", 30, 2);
RemovePicosAuto_FFT("Canal 3 (Paramed Datalogger),FB", 30, 2);
FIR_Alta("Canal 0 (Paramed Datalogger),FB,FPIA", 5, 1000, Hamming);
FIR_Alta("Canal 1 (Paramed Datalogger),FB,FPIA", 5, 1000, Hamming);
FIR_Alta("Canal 2 (Paramed Datalogger),FB,FPIA", 5, 1000, Hamming);
FIR_Alta("Canal 3 (Paramed Datalogger),FB,FPIA", 5, 1000, Hamming);
ApagaCurva("Canal 0 (Paramed Datalogger),FB");
ApagaCurva("Canal 1 (Paramed Datalogger),FB");
ApagaCurva("Canal 2 (Paramed Datalogger),FB");
ApagaCurva("Canal 3 (Paramed Datalogger),FB");
ApagaCurva("Canal 0 (Paramed Datalogger),FB,FPIA");
ApagaCurva("Canal 1 (Paramed Datalogger),FB,FPIA");
ApagaCurva("Canal 2 (Paramed Datalogger),FB,FPIA");
ApagaCurva("Canal 3 (Paramed Datalogger),FB,FPIA");

```

ANEXO E

ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Tabela 4: Média da atividade eletromiográfica (χ), desvio padrão (DP) e número de sujeitos (N) analisados nos diferentes exercícios nas fases ascendentes (1) e descendentes (2), no exercício com um todo (total) nas porções superior (RAS) e inferior (RAI) do músculo reto abdominal, no músculo oblíquo externo (OE) e no reto femoral (RF).

EXERC	FASE	RAS			RAI			OE			RF		
		N	χ	DP	N	χ	DP	N	χ	DP	N	χ	DP
REF	1	13	101,5	± 8.7	12	91,8	± 26.2	10	97,0	± 9.0	10	100,8	± 9.5
	2	13	73,5	± 14.2	12	76,8	± 13.6	10	75,3	± 15.2	9	63,5	± 13.5
	total	26	87,5	± 18.3	24	84,3	± 21.8	20	86,2	± 16.5	19	83,1	± 22.2
TSA	1	16	86,0	± 37.7	15	75,7	± 45.0	13	67,7	± 29.0	11	14,1	± 5.6
	2	16	35,2	± 13.9	15	31,3	± 17.6	13	29,2	± 12.9	11	13,1	± 6.3
	total	32	60,6	± 38.0	30	53,5	± 40.5	26	48,5	± 29.5	22	13,6	± 5.8
TCA	1	17	76,2	± 30.3	14	65,2	± 43.0	13	50,6	± 22.7	11	15,0	± 5.5
	2	17	30,8	± 13.8	14	27,0	± 15.6	13	19,6	± 7.9	11	13,6	± 5.3
	total	34	53,5	± 32.7	28	46,1	± 37.2	26	35,1	± 23.0	22	14,3	± 5.3
SSA	1	15	69,1	± 29.0	15	68,2	± 39.5	13	68,7	± 26.4	9	42,8	± 12.1
	2	15	32,9	± 15.1	15	28,4	± 19.4	13	26,3	± 11.9	9	23,0	± 13.1
	total	30	51,0	± 29.3	30	48,3	± 36.7	26	47,5	± 29.5	18	32,9	± 15.9
SCA	1	16	65,3	± 25.5	14	58,1	± 34.0	12	58,6	± 20.8	9	28,9	± 13.8
	2	16	33,4	± 14.7	14	26,7	± 15.9	12	23,8	± 8.3	9	19,2	± 8.6
	total	32	49,3	± 26.1	28	42,4	± 30.6	24	41,2	± 23.6	18	24,1	± 12.2
CAN	1	15	87,9	± 28.7	13	90,5	± 40.3	11	80,4	± 27.8	10	92,8	± 49.7
	2	15	39,2	± 17.2	13	52,9	± 66.7	10	29,2	± 12.8	10	30,6	± 12.4
	total	30	63,6	± 34.0	26	71,7	± 57.3	21	56,0	± 33.9	20	61,7	± 47.6
REF V _{MAX}	1	15	130,1	± 23.3	14	112,0	± 18.7	11	107,8	± 17.5	11	163,6	± 31.6
	2	15	74,5	± 17.0	14	73,5	± 13.9	11	67,3	± 20.1	11	65,1	± 14.6
	total	30	102,3	± 34.7	28	92,7	± 25.5	22	87,5	± 27.7	22	114,4	± 55.8
TSA V _{MAX}	1	14	139,4	± 56.4	12	118,7	± 35.0	9	108,2	± 23.6	9	39,0	± 20.3
	2	14	49,2	± 19.8	12	43,4	± 19.7	9	32,2	± 6.7	9	24,7	± 23.7
	total	28	94,3	± 61.9	24	81,0	± 47.4	18	70,2	± 42.6	18	31,9	± 22.6
SSA V _{MAX}	1	12	135,5	± 39.8	11	123,6	± 37.9	7	106,4	± 24.6	9	108,3	± 49.8
	2	12	61,6	± 34.1	11	53,9	± 31.1	7	44,1	± 8.4	9	49,9	± 31.2
	total	24	98,5	± 52.3	22	88,7	± 49.2	14	75,2	± 36.8	18	79,1	± 50.3

ANEXO F

POST HOC TUKEY ENTRE OS EXERCÍCIOS

Tabela 5: Média (χ), desvio padrão (DP) e número de sujeitos (N) nos diferentes exercícios (EXER), nas porções superior (RAS) e inferior (RAI) do músculo reto abdominal, nos músculos oblíquo externo (OE) e reto femoral (RF).

EXER	RAS			RAI			OE			RF		
	N	χ	DP	N	χ	DP	N	χ	DP	N	χ	DP
REF	26	87,5 ^a	±18,3	24	84,3 ^a	±21,8	20	86,2 ^a	±16,5	19	83,1 ^b	±22,2
REF V _{MAX}	30	102,3 ^a	±34,7	28	92,7 ^a	±25,5	22	87,5 ^a	±27,7	22	114,4 ^a	±55,8
SSA V _{MAX}	24	98,5 ^a	±52,3	30	88,7 ^a	±49,2	14	75,2 ^a	±36,8	18	79,1 ^b	±50,3
TSA V _{MAX}	28	94,3 ^a	±61,9	30	81,0 ^{ab}	±47,4	18	70,2 ^{ab}	±42,6	18	31,9 ^c	±22,6
CAN	30	63,6 ^b	±34,0	26	71,7 ^{abc}	±57,3	21	56,0 ^{bc}	±33,9	20	61,7 ^b	±47,6
TSA	32	60,6 ^b	±38,0	30	53,5 ^{bcd}	±40,5	26	48,5 ^{cd}	±29,5	22	13,6 ^c	±5,8
TCA	34	53,5 ^b	±32,7	28	46,1 ^{cd}	±37,2	26	35,1 ^d	±23,0	22	14,3 ^c	±5,3
SSA	30	51,0 ^b	±29,3	30	48,3 ^{cd}	±36,7	26	47,5 ^{cd}	±29,5	18	32,9 ^c	±15,9
SCA	32	49,3 ^b	±26,1	28	42,4 ^d	±30,6	24	41,1 ^{cd}	±23,6	18	24,1 ^c	±12,2

Nota: Letras diferentes, na vertical, indicam diferenças estatisticamente significantes para um $p < 0,05$

ANEXO G

POST HOC TUKEY EM CADA FASE DOS EXERCÍCIOS

Tabela 6: Número de sujeitos (N) e valor médio da atividade EMG (χ) em cada fase do exercício na porção superior (RAS) e inferior (RAI) do músculo reto abdominal, no músculo oblíquo externo (OE) e músculo reto femoral (RF).

EXER	RAS				RAI				OE				RF			
	Fase 1		Fase 2		Fase 1		Fase 2		Fase 1		Fase 2		Fase 1		Fase 2	
	N	χ	N	χ	N	χ	N	χ	N	χ	N	χ	N	χ	N	χ
REF	13	101,5 ^{ab}	13	73,5 ^a	12	91,8 ^{abcd}	12	76,8 ^a	10	107,8 ^a	10	75,3 ^a	10	100,8 ^b	11	65,1 ^a
REF V _{MAX}	15	130,1 ^a	15	74,5 ^a	14	112,9 ^{abc}	14	73,5 ^a	11	97,0 ^{ab}	11	67,3 ^a	11	163,6 ^a	9	63,5 ^a
SSA V _{NAX}	12	135,5 ^a	12	61,6 ^{ab}	11	123,6 ^a	11	53,8 ^{ab}	7	106,4 ^a	7	44,1 ^b	9	108,3 ^b	9	49,9 ^{ab}
TSA V _{MAX}	14	139,4 ^a	14	49,2 ^{bc}	12	118,7 ^{ab}	12	43,4 ^{ab}	13	108,2 ^a	9	32,2 ^{bc}	9	39,0 ^c	9	24,7 ^c
CAN	15	87,9 ^b	15	39,2 ^c	13	90,5 ^{abcd}	13	52,9 ^{ab}	11	80,4 ^{abc}	10	29,2 ^{bc}	10	92,8 ^b	10	30,6 ^{bc}
TSA	16	86,0 ^b	16	35,2 ^c	15	75,7 ^{bcd}	15	31,3 ^b	13	67,7 ^{bc}	13	29,2 ^{bc}	11	14,1 ^c	11	13,1 ^c
TCA	17	76,2 ^b	17	30,8 ^c	14	65,2 ^{cd}	14	26,9 ^b	13	50,6 ^c	13	19,6 ^c	11	15,1 ^c	11	13,6 ^c
SSA	15	69,1 ^b	15	32,9 ^c	15	68,2 ^{cd}	15	28,4 ^b	13	68,7 ^{bc}	13	26,3 ^c	9	28,9 ^c	9	23,0 ^c
SCA	16	65,2 ^b	16	33,2 ^c	14	48,1 ^d	14	26,7 ^b	12	58,6 ^c	12	23,8 ^c	9	42,8 ^c	9	19,2 ^c

Nota: Letras diferentes, na vertical, indicam diferenças estatisticamente significantes para um $p < 0,05$.