

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

Giane Veiga Liedtke

**COMPARAÇÃO DO SINAL ELETROMIOGRÁFICO E DA PRODUÇÃO
DE FORÇA DURANTE A CONTRAÇÃO ISOMÉTRICA VOLUNTÁRIA
MÁXIMA NOS MEIOS AQUÁTICO E TERRESTRE**

Porto Alegre, dezembro de 2010.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

Giane Veiga Liedtke

**COMPARAÇÃO DO SINAL ELETROMIOGRÁFICO E DA PRODUÇÃO
DE FORÇA DURANTE A CONTRAÇÃO ISOMÉTRICA VOLUNTÁRIA
MÁXIMA NOS MEIOS AQUÁTICO E TERRESTRE**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Educação Física.**

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruehl

Co-orientador: Prof^a. Ms. Stephanie Santana Pinto

Porto Alegre, dezembro de 2010.

Dedico este trabalho ao meu pai, Luiz Carlos Liedtke (*in memoriam*),
que foi o meu grande exemplo de educador, pois dedicou, com muito amor,
a maior parte da sua vida ao ensino e formação de estudantes.
Foi também o grande responsável e idealizador desta minha conquista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família, por todo apoio e carinho, especialmente a minha mãe, que sempre esteve ao meu lado, mesmo nos dias mais difíceis, me dando toda força para continuar traçando meus objetivos. Ao meu pai (*in memoriam*), por toda confiança, amor e orgulho que sentia por mim, e pela sua grande dedicação a minha formação acadêmica. Agradeço também minha irmã, pelo exemplo que sempre foi e pelo incentivo dado ao longo da faculdade. E meu namorado Fábio, por todo apoio, amor, dedicação e compreensão nesses mais de três anos que está ao meu lado.

Por fim, agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Krueel, pela orientação, confiança e auxílio durante o desenvolvimento e conclusão deste trabalho. Além disso, à Prof. Dda. Stephanie Santana Pinto, por toda dedicação e apoio, dentro e fora da Universidade, para que eu finalizasse esta etapa da minha vida. Agradeço também a todos os colegas de Faculdade e do GPAT, que estiveram ao meu lado sempre que preciso, ajudando e dando força para seguir em frente.

RESUMO

COMPARAÇÃO DO SINAL ELETROMIOGRÁFICO E DA PRODUÇÃO DE FORÇA DURANTE A CONTRAÇÃO ISOMÉTRICA VOLUNTÁRIA MÁXIMA NOS MEIOS AQUÁTICO E TERRESTRE

Autora: Giane Veiga Liedtke

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruehl

O objetivo do presente estudo foi comparar a amplitude do sinal eletromiográfico (EMG) e a produção de força durante a Contração Isométrica Voluntária Máxima (CVM) realizada nos meios aquático e terrestre. Além disso, foi avaliada a reprodutibilidade das medidas de sinal EMG e de força isométrica entre os meios. Nove mulheres ($22,89 \pm 1,76$ anos) realizaram CVM dos flexores do cotovelo (FLC), extensores do cotovelo (EXC), flexores do quadril (FLQ) e extensores do quadril (EXQ) contra uma resistência fixa idêntica em ambos os meios. O registro do sinal EMG dos músculos Bíceps Braquial (BB), Tríceps Braquial (TB), Reto Femoral (RF) e Bíceps Femoral (BF) foi realizado através de um eletromiógrafo (Miotool 400, MIOTEC) e a força dos FLC, EXC, FLQ e EXQ foi mensurada através de uma célula de carga (ZX250, ALFA). Foi utilizado isolamento sobre os eletrodos de superfície em ambos os protocolos. Para a análise estatística utilizou-se estatística descritiva, Teste de Shapiro-Wilk, Teste T-Pareado e Teste de Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC), com $\alpha=0,05$ (SPSS versão 15.0). Os resultados do presente estudo demonstraram que o sinal EMG e a força não apresentaram diferenças significativas entre os meios, exceto para EXQ ($p=0,035$). Além disso, foram observados valores de ICC de moderados a fortes (0,66 – 0,96) e significativos, tanto para o sinal EMG como para a força. Dessa forma, pode-se concluir que o meio não influenciou o sinal EMG e a produção de força durante a CVM.

Palavras-chave: Eletromiografia, atividade neuromuscular, imersão, membros Inferiores, membros superiores.

ABSTRACT

ELECTROMYOGRAPHIC SIGNAL AND FORCE COMPARISONS DURING MAXIMAL VOLUNTARY ISOMETRIC CONTRACTION IN WATER AND ON DRY LAND

Author: Giane Veiga Liedtke

Advisor: Luiz Fernando Martins Krueel, Ph.D.

The aim of this study was to compare the amplitude of the electromyographic signal (EMG) and force production during maximal voluntary isometric contraction (MVC) in water and on dry land. Furthermore, the reproducibility of EMG signal and isometric force measurements between water and dry land environments was also assessed. Nine women (22.89 ± 1.76 years) performed MVC for elbow flexion (EFL), elbow extension (EEX), hip flexion (HFL) and hip extension (HEX) against identical fixed resistance in both environments. The record of the EMG signal from Biceps Brachii (BB), Triceps Brachii (TB), Rectus Femoris (RF) and Biceps Femoris (BF) was recorded with a four-channel system (MIOTOOL 400, MIOTEC) and strength of EFL, EEX, HFL and HEX was measured by a load cell (ZX250, ALFA). Insulation was used on the surface electrodes in both protocols. For statistical analysis was used descriptive statistic, the Shapiro-Wilk's Test, Paired T-Test and Intraclass Correlation Coefficient (ICC), with $\alpha = 0.05$ (SPSS version 15.0). The results of this study demonstrated that the EMG signal and force showed no significant differences between environments, except for HEX ($p = 0.035$). Moreover, ICC values were significant and ranged from moderate to high (0.66 - 0.96) for EMG signal and force production between environments. Thus, can conclude that the environment did not influence the EMG signal and force production during MVC.

Keywords: Electromyography, neuromuscular activity, immersion, lower limbs, upper limbs.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVO GERAL.....	4
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	6
2.1 ELETROMIOGRAFIA EM EXERCÍCIOS REALIZADOS NO MEIO AQUÁTICO.....	6
2.1.1 Exercícios Isométricos.....	7
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
3.1 AMOSTRA.....	12
3.1.1 Cálculo do Tamanho da Amostra.....	12
3.2 VARIÁVEIS.....	13
3.2.1 Variáveis Dependentes.....	13
3.2.2 Variáveis Independentes.....	13
3.2.3 Variáveis Controle.....	13
3.3 PROCEDIMENTO PARA COLETA DOS DADOS.....	14
3.3.1 Caracterização da Amostra.....	14
3.3.2 Familiarização da Amostra.....	14
3.3.3 Rotina para a Determinação das Variáveis Dependentes.....	15
3.3.4 Preparação da Pele e Posicionamento dos Eletrodos.....	15
3.3.5 Isolamento dos Eletrodos.....	16
3.3.6 Contração Isométrica Voluntária Máxima (CVM).....	17
3.4 INSTRUMENTOS DE MEDIDA.....	19

3.4.1 Balança.....	19
3.4.2 Estadiômetro.....	19
3.4.3 Termômetro.....	19
3.4.4 Plicômetro.....	19
3.4.5 Eletrodos de Superfície.....	20
3.4.6 Eletromiógrafo.....	20
3.4.7 Adesivos Oclusivos.....	20
3.4.8 Silicone.....	20
3.4.9 Secador.....	21
3.4.10 Multímetro Digital.....	21
3.4.11 Goniômetro.....	21
3.4.12 Microcomputador para Transmissão das Variáveis Neuromusculares.....	21
3.4.13 Célula de Carga.....	22
3.4.14 Gaiola.....	22
3.5 TRATAMENTO DOS DADOS.....	22
3.5.1 Sinal Eletromiográfico.....	22
3.5.2 Curva de Força.....	23
3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	24
4. RESULTADOS.....	25
4.1 Caracterização da Amostra.....	25
4.2 Sinal Eletromiográfico e Produção de Força.....	25
5. DISCUSSÃO.....	29
6. CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS.....	36

ANEXOS.....	39
ANEXO I – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO.....	39

1. INTRODUÇÃO

A atividade muscular em meio aquático tem sido investigada durante a realização de diferentes exercícios através da análise da amplitude do sinal eletromiográfico (EMG). Muitos estudos que verificaram a amplitude do sinal EMG de diferentes grupos musculares, encontraram valores mais baixos nos exercícios realizados no meio aquático em relação àqueles realizados no meio terrestre, tanto em exercícios dinâmicos (MASUMOTO et al., 2004, 2005; MIYOSHI et al., 2006) quanto em isométricos (CLARYS et al., 1985; FUJISAWA et al., 1998; PÖYHÖNEN et al., 1999; PÖYHÖNEN & AVELA, 2002; KALPAKCIOGLU et al., 2009).

Em relação a exercícios isométricos, alguns estudos analisaram e compararam a produção de força juntamente com o sinal EMG durante exercícios na água e na terra. Dentre esses estudos, Pöyhönen et al. (1999) verificaram e compararam a força muscular dos extensores do joelho e o sinal EMG dos músculos Vasto Lateral e Vasto Medial durante contrações isométricas voluntárias máximas (CVMs) executadas por 20 sujeitos em ambos os meios. Foram encontrados valores significativamente menores do sinal EMG em meio aquático, todavia, foram observados valores semelhantes da produção de força em ambos os meios.

Por outro lado, Pöyhönen & Avela (2002) analisaram a CVM durante a flexão plantar do tornozelo e encontraram menores valores de produção de força e

do sinal EMG dos músculos Sóleo e Gastrocnêmio Medial em meio aquático. Não há um consenso na literatura sobre a razão dessa diminuição da atividade EMG no meio aquático, já que alguns autores a explicam como consequência de limitações metodológicas dos protocolos realizados nesse meio, enquanto outros atribuem esse fato a alterações fisiológicas oriundas da imersão (PÖYHÖNEN et al., 1999; MASUMOTO & MERCER, 2008).

Em contrapartida, alguns estudos encontraram valores semelhantes do sinal EMG ao compararem exercícios submáximos realizados nos meios aquático e terrestre. O estudo de Rainoldi et al. (2004) avaliou as respostas do sinal EMG do músculo Bíceps Braquial de 10 homens durante a realização de 50% da CVM na água e na terra, com e sem a utilização de isolamento sobre os eletrodos. Seus resultados demonstraram que o sinal EMG obtido em meio aquático foi menor na situação sem isolamento. No entanto, o sinal EMG obtido com a utilização de isolamento foi semelhante entre os meios. Os autores explicam que o movimento da água sobre os eletrodos introduz componentes de baixa frequência, alterando a amplitude do sinal EMG. Contudo, a utilização de isolamento sobre os eletrodos permite que o comportamento do sinal EMG seja semelhante entre os meios.

Dessa forma, alguns autores declaram que é possível obter um sinal EMG similar entre os meios aquático e terrestre quando alguns fatores são controlados, tais como tipo de protocolo, utilização adequada de isolamento sobre os eletrodos e temperatura da pele semelhante entre os meios, através do controle da temperatura da água, já que a mesma reflete a temperatura muscular (RAINOLDI et al., 2004; VENEZIANO et al., 2006; ALBERTON et al., 2008; CARVALHO et al., 2010).

Tendo em vista os estudos mencionados anteriormente, as respostas do sinal EMG durante as contrações isométricas realizadas em meio aquático têm demonstrado resultados conflitantes na literatura, e esses diferentes achados entre os estudos podem ser causado pelas abordagens metodológicas distintas, como a utilização ou não de isolamento, os músculos analisados e a posição do segmento durante a CVM. Além disso, as respostas de produção da força muscular durante contrações voluntárias submáximas foram mensuradas a fim de controlar a carga em ambos os meios (RAINOLDI et al., 2004; VENEZIANO et al., 2006; KALPAKCIOGLU et al., 2009; CARVALHO et al., 2010), já em relação a CVM, há poucos estudos com o intuito de comparar as respostas da produção de força máxima entre os meios (PÖYHÖNEN et al., 1999; PÖYHÖNEN & AVELA, 2002; CARVALHO et al., 2010). Somando a isso, é importante destacar que a maioria dos estudos encontrados na literatura pesquisada avaliaram apenas um grupo muscular de membros inferiores ou superiores durante contrações isométricas.

Visto que as respostas neuromusculares durante exercícios aquáticos têm sido objeto de pesquisas mais aprofundadas e considerando também que estudos utilizam a CVM em meio terrestre para normalizar o sinal EMG de exercícios executados em meio aquático sem saber se esta normalização pode estar subestimada (SHONO et al., 2007; MASUMOTO et al., 2007a, b, 2008, 2009), é de fundamental importância ter uma melhor compreensão da atividade eletromiográfica e da produção de força de diferentes grupos musculares durante contrações isométricas realizadas nos meios aquático e terrestre.

Sendo assim, elaborou-se o problema desse estudo: “Existe diferença na atividade eletromiográfica e na produção de força muscular durante a contração isométrica voluntária máxima no meio aquático, quando comparada ao meio terrestre?”

1.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a força muscular e as respostas eletromiográficas dos músculos Bíceps Braquial (cabeça curta), Tríceps Braquial (cabeça lateral), Reto Femoral e Bíceps Femoral (cabeça longa) durante a Contração Isométrica Voluntária Máxima no meio aquático e comparar com as respostas obtidas no meio terrestre.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a amplitude do sinal eletromiográfico dos músculos Bíceps Braquial (cabeça curta), Tríceps Braquial (cabeça lateral), Reto Femoral e Bíceps Femoral (cabeça longa) durante a Contração Isométrica Voluntária Máxima nos meios aquático e terrestre.
- Determinar a produção de força dos músculos flexores do cotovelo, extensores do cotovelo, flexores do quadril e extensores do quadril durante a Contração Isométrica Voluntária Máxima nos meios aquático e terrestre.

- Comparar a amplitude do sinal eletromiográfico dos músculos Bíceps Braquial (cabeça curta), Tríceps Braquial (cabeça lateral), Reto Femoral e Bíceps Femoral (cabeça longa) durante a Contração Isométrica Voluntária Máxima entre os meios aquático e terrestre.
- Comparar a produção de força dos músculos flexores do cotovelo, extensores do cotovelo, flexores do quadril e extensores do quadril durante a Contração Isométrica Voluntária Máxima entre os meios aquático e terrestre.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ELETROMIOGRAFIA EM EXERCÍCIOS REALIZADOS NO MEIO AQUÁTICO

Diversos estudos têm analisado o comportamento da atividade muscular durante exercícios dinâmicos e isométricos realizados em meio aquático através da eletromiografia (CLARYS et al., 1985; FUJISAWA et al., 1998; PÖYHÖNEN et al., 1999; PÖYHÖNEN & AVELA, 2002; RAINOLDI et al., 2004; MASUMOTO et al., 2004, 2005; MIYOSHI et al., 2006; VENEZIANO et al., 2006; ALBERTON et al., 2008; KALPAKCIOGLU et al., 2009; CARVALHO et al., 2010). Apesar das diversas investigações, não há um consenso na literatura acerca das respostas neuromusculares em meio aquático.

Dentre os estudos que analisaram o sinal EMG durante exercícios isométricos, seja com enfoque na reabilitação ou na abordagem metodológica, também há divergência de resultados ao comparar os meios. Essa divergência se deve ao fato de que as respostas do sinal EMG, em meio aquático, pode ser influenciada por alguns fatores, como o modelo de protocolo utilizado, tipo de contração muscular e exercício analisados, utilização de isolamento sobre os eletrodos e temperatura da pele.

2.1.1 EXERCÍCIOS ISOMÉTRICOS

Com o intuito de investigar o comportamento do sinal EMG em meio aquático, alguns estudos analisaram diferentes grupos musculares durante a realização de exercícios isométricos (FUJISAWA et al., 1998; PÖYHÖNEN et al., 1999; PÖYHÖNEN & AVELA, 2002; RAINOLDI et al., 2004a; VENEZIANO et al., 2006; ALBERTON et al., 2008; KALPAKCIOGLU et al., 2009; CARVALHO et al., 2010; SILVERS & DOLNY, 2010).

Fujisawa et al. (1998) avaliaram o comportamento do sinal EMG durante a CVM realizada nos meios aquático e terrestre com o enfoque voltado para reabilitação. Nesse estudo, oito homens realizaram nove contrações isométricas nos seguintes posicionamentos do ombro: 30, 60 e 90° de flexão; 30, 60 e 90° de abdução; rotação interna e externa máximas e posição neutra de rotação. Cada CVM foi realizada durante 5 s, além disso, foi utilizado isolamento sobre os eletrodos em meio aquático. Em todos os exercícios foram avaliados os músculos Supraespinal, Infraespinal, Subescapular, Peitoral Maior (partes esternal e clavicular), Deltóide (partes clavicular, acromial e espinal) e Latíssimo do Dorso. Os resultados desse estudo demonstraram que todos os músculos analisados apresentaram valores menores do sinal EMG em meio aquático, e, de acordo com os autores, isso se deve à diminuição do peso hidrostático do membro, causado pelo efeito da flutuação.

Corroborando com os resultados do estudo mencionado anteriormente, Pöyhönen et al. (1999) analisaram o sinal EMG dos músculos Vasto Lateral, Vasto Medial e Bíceps Femoral juntamente com a produção de força dos extensores do

joelho nos meios aquático e terrestre. A amostra, composta por 20 sujeitos (oito homens e 12 mulheres), realizou contrações isométricas máximas e submáximas contra uma resistência fixa e com o mesmo posicionamento (quadril e joelhos flexionados a 90°) em ambos os meios. No protocolo aquático, a temperatura da água foi mantida em 30°C e a profundidade de imersão no ponto médio do esterno, além disso, não foi utilizado isolamento sobre os eletrodos de superfície. Foram observados valores significativamente menores do sinal EMG no meio aquático comparado ao meio terrestre. No entanto, os valores de produção de força foram semelhantes entre os meios. Os autores justificam essa redução da amplitude do sinal EMG através de fatores eletromecânicos e/ou neuromusculares influenciados pela imersão.

Nessa mesma linha de pesquisa, Pöyhönen & Avela (2002) avaliaram o sinal EMG dos músculos Sóleo e Gastrocnêmio Medial juntamente com o reflexo dos tendões de Aquiles e de Hoffman durante a CVM da flexão plantar em ambos os meios. Seus resultados demonstraram menores valores de ambas as variáveis no meio aquático, com uma redução de 13% na produção de força e uma diminuição de 29-35% no sinal EMG dos músculos analisados. Os autores concluíram que a imersão dificulta a função neuromuscular, sendo o mecanismo central a melhor explicação para isso. De acordo com os autores, a diminuição do sinal EMG dentro da água ocorre através da redução do peso hidrostático e da ação da pressão hidrostática sobre o corpo.

Com o intuito de investigar o efeito da imersão sobre a atividade EMG, Kalpakcioglu et al. (2009) avaliaram o músculo Braquiorradial de 11 indivíduos (cinco homens e seis mulheres) nas seguintes situações: contração isométrica

máxima, contração isométrica submáxima (70% da CVM) e músculo relaxado. Os testes foram realizados com a utilização de eletrodos à prova d'água, e, em meio aquático, a temperatura foi controlada em 36°C. Seus resultados demonstraram que houve diferença significativa no valor *root mean square* (RMS) entre os meios na situação com o músculo relaxado, apresentando maiores valores para o meio aquático. Entretanto, ao comparar a CVM, o sinal EMG do braquiorradial foi maior no meio terrestre do que no meio aquático. Além disso, em 70% da CVM, não foram observadas diferenças significativas no sinal EMG entre os meios. Tendo em vista os resultados encontrados, os autores concluíram que o meio onde o exercício é realizado interfere nas medidas do sinal EMG. No entanto, tal influência sobre o sinal EMG é inconstante e varia entre as situações de repouso e de contrações máximas e submáximas.

Contraopondo os resultados dos estudos citados anteriormente, Rainoldi et al. (2004a), com enfoque na abordagem metodológica, analisaram o sinal EMG do músculo Bíceps Braquial de 10 homens durante contrações isométricas a 50% da CVM nas seguintes situações: meio aquático sem isolamento sobre os eletrodos; meio aquático sem isolamento sobre os eletrodos e com movimentação da água; meio aquático com isolamento sobre os eletrodos e com movimentação da água; e meio terrestre. No meio aquático, o membro foi parcialmente imerso, com a temperatura da água controlada em 25°C. Nas situações sem isolamento sobre os eletrodos, foram encontrados valores significativamente menores de RMS e de mediana da frequência do sinal EMG no meio aquático comparado ao meio terrestre. Todavia, com a utilização de isolamento sobre os eletrodos, não houve diferença significativa no sinal EMG entre os meios. Os autores explicam que o

movimento da água diretamente sobre os eletrodos introduz componentes de baixa frequência, alterando a amplitude do sinal EMG. Em contrapartida, com a utilização de isolamento adequado sobre os eletrodos, que impede a entrada e o contato com água, podem-se obter respostas semelhantes do sinal EMG entre os meios aquático e terrestre, mesmo com o movimento da água.

Também com o enfoque mais metodológico, Veneziano et al. (2006) analisaram a amplitude do sinal EMG durante a CVM realizada nos meios aquático e terrestre. Para tanto, 10 homens executaram contrações isométricas do músculo Abdutor Curto do Polegar a 40% da CVM, mantendo o antebraço totalmente imerso no meio aquático, com temperatura entre 29 e 32,5°C. Não foram encontradas diferenças significativas entre os meios, tanto para os valores de mediana da frequência como para os valores RMS do sinal EMG. Dessa forma, os autores sugerem que o controle de alguns fatores como tipo de protocolo, temperatura da pele e isolamento sobre os eletrodos é fundamental para que as respostas do sinal EMG sejam semelhantes entre os meios durante a imersão parcial do membro.

Em seu estudo, Alberton et al. (2008) avaliaram o comportamento do sinal EMG do músculo Vasto Lateral durante exercício isométrico realizado nos meios aquático e terrestre por oito mulheres jovens. A CVM dos extensores do joelho foi executada contra uma resistência fixa idêntica em ambos os meios, com os indivíduos posicionados com quadril e joelho flexionados a 90°. Além disso, foi utilizado isolamento sobre os eletrodos de superfície. Em meio aquático, os sujeitos permaneceram imersos até a cicatriz umbilical e a temperatura da água foi mantida em 30°C. Seus resultados demonstraram que não houve diferença

significativa do sinal EMG entre os meios, sugerindo que o comportamento do sinal EMG não foi influenciado pelo meio aquático durante a realização da CVM.

Em seu estudo, Carvalho et al. (2010) também investigaram variáveis neuromusculares concomitantemente com a produção de força muscular durante a CVM na terra e na água. Para isso, nove homens realizaram contrações isométricas máximas e submáximas (50% da CVM) dos flexores do cotovelo em ambos os meios, nas situações com e sem isolamento sobre os eletrodos. Seus resultados revelaram uma redução no sinal EMG do músculo Bíceps Braquial em meio aquático na situação sem isolamento, porém, com valores semelhantes de produção de força entre os meios. Todavia, na CVM realizada com isolamento sobre os eletrodos, foram observados valores semelhantes no sinal EMG e na produção de força entre os meios aquático e terrestre. Dessa forma, os autores sugerem a utilização de isolamento sobre os eletrodos para evitar a redução do sinal EMG e a interferência da água durante a imersão.

De uma forma geral, não há um consenso na literatura acerca dos efeitos da imersão em meio líquido sobre o comportamento do sinal EMG. Alguns estudos encontraram uma redução significativa do sinal EMG durante a CVM em meio aquático, no entanto, essa diminuição pode estar relacionada a fatores metodológicos, tais como a diferença entre protocolo aquático e terrestre e a falta de isolamento sobre os eletrodos de superfície (FUJISAWA et al., 1998; PÖYHÖNEN et al., 1999; PÖYHÖNEN & AVELA, 2002). Além disso, estudos que observaram um comportamento semelhante do sinal EMG entre os meios controlaram tais fatores intervenientes (RAINOLDI et al., 2004a; VENEZIANO et al., 2006; ALBERTON et al., 2008; CARVALHO et al., 2010).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. AMOSTRA

A amostra deste estudo foi composta por nove mulheres jovens saudáveis, fisicamente ativas, que não utilizassem medicamentos, com idade entre 18 e 27 anos e sem doenças músculo-esqueléticas ou ósteo-articulares.

3.1.1. Cálculo do Tamanho da Amostra

Para o presente estudo, calculou-se o “n” amostral com base no estudo de Rainoldi et al. (2004). Esse estudo foi escolhido para realização do cálculo amostral devido à semelhança do mesmo com os aspectos da abordagem metodológica que será utilizada nesse trabalho.

O cálculo foi realizado para amostras emparelhadas através do programa PEPI versão 4.0, no qual foi adotado um nível de significância de 0,05, um poder de 90%, e um coeficiente de correlação de 0,7 para as variáveis. Com base nos desvios-padrão e nas diferenças entre as médias obtidas do estudo citado acima, os cálculos realizados demonstraram a necessidade de um “n” de no mínimo nove indivíduos para a atividade eletromiográfica. Assim, com base nesses dados, foi estabelecido um “n” amostral, para o presente estudo, de nove indivíduos.

3.2. VARIÁVEIS

3.2.1. Variáveis Dependentes

- Amplitude do sinal eletromiográfico dos músculos Bíceps Braquial (BB), Tríceps Braquial (TB), Reto Femoral (RF) e Bíceps Femoral (BF).
- Força muscular isométrica dos músculos flexores do cotovelo (FLC), extensores do cotovelo (EXC), flexores do quadril (FLQ) e extensores do quadril (EXQ).

3.2.2. Variáveis Independentes

- Meios onde a Contração Isométrica Voluntária Máxima (CVM) foi realizada:
 - Meio aquático
 - Meio terrestre

3.2.3. Variáveis Controle

- Temperatura da água: controlada entre 30°C e 31°C
- Profundidade de imersão: entre o terço superior do esterno e os ombros.

3.3. PROCEDIMENTOS PARA COLETA DOS DADOS

3.3.1. Caracterização da Amostra

Primeiramente foi feita uma sessão inicial em laboratório, para realizar a caracterização da amostra. A mensuração da massa corporal e da estatura foi realizada na balança e no estadiômetro, respectivamente. Posteriormente a essa coleta de dados, foram medidas as dobras cutâneas tricipital, subescapular, peitoral, axilar-média, supra-ílica, abdominal e coxa utilizando um plicômetro. A partir desses dados, estimou-se a densidade corporal dos indivíduos através do protocolo de dobras cutâneas proposto por Jackson et al (1980). Além disso, a composição corporal foi estimada através da fórmula de Siri *apud* Heyward & Stolarczyk (2000).

3.3.2. Familiarização da Amostra

Anteriormente às coletas, foi realizada uma sessão de familiarização da amostra, em que os indivíduos realizaram o protocolo experimental em ambos os meios. Além disso, leram e assinaram um termo de consentimento livre esclarecido (ANEXO I), o qual foi aprovado, juntamente com o projeto de pesquisa, pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2007891), onde continham todas as informações pertinentes do estudo.

3.3.3. Rotina para a Determinação das Variáveis Dependentes

Após a sessão de familiarização, realizou-se a sessão de coleta dos dados no centro natatório da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). A coleta foi dividida em protocolo terrestre e aquático, os quais tiveram a ordem de execução randomizada. Realizou-se a CVM na situação isométrica para a flexão do quadril, flexão do cotovelo, extensão do quadril e extensão do cotovelo. Para tanto, foi mantido o mesmo posicionamento dos indivíduos e os mesmos ângulos de cotovelo e quadril em ambos os meios. Essa CVM foi realizada contra uma resistência fixa em ambos os meios. A fim de mensurar a força muscular, utilizou-se uma célula de carga em ambos os protocolos. Cada indivíduo realizou a coleta de dados em um único dia.

3.3.4. Preparação da Pele e Posicionamento dos Eletrodos

Inicialmente foi realizada a depilação e a limpeza da pele dos sujeitos com abrasão com um algodão umedecido em álcool na superfície muscular analisada (DeLUCA, 1997). Esse processo foi realizado com o intuito de retirar as células mortas e diminuir a impedância da pele.

Posteriormente, para determinação do local do posicionamento dos eletrodos, determinou-se a Zona de Inervação (ZI) dos músculos bíceps braquial (cabeça curta), tríceps braquial (cabeça lateral), reto femoral e bíceps femoral (cabeça longa) com um eletroestimulador.

O procedimento para determinação da ZI consistiu no deslocamento de um eletrodo ativo circunferencial (1cm de raio) sobre a superfície muscular. Um outro eletrodo, passivo circunferencial (4cm de raio), permaneceu fixo no terço distal da coxa no momento da determinação da ZI dos músculos do membro inferior e no terço distal do antebraço no momento da determinação da ZI dos músculos do membro superior. A estimulação foi realizada com a produção de uma corrente farádica com pulso exponencial ajustável entre 1 e 10Hz e duração de 200ms. A intensidade dessa corrente foi aumentada até atingir-se o limiar motor que pode ser palpável ou visível (DAINTY & NORMAN, 1987). Essa metodologia de posicionamento dos eletrodos sugere que o sinal eletromiográfico seja coletado com os eletrodos posicionados no ponto médio entre a ZI muscular e as inserções da musculatura de interesse (DeLUCA, 1997; RAINOLDI et al.,2004). Sendo assim, os eletrodos foram posicionados 2cm abaixo da ZI.

A distância entre o centro dos eletrodos foi de 20mm (BECK et al.,2005). O nível de resistência entre os eletrodos e a pele foi medido antes de cada sessão com um multímetro digital, e foi considerado ideal abaixo de 3000 Ohms (NARICI et al., 1989). Além disso, um eletrodo referência foi posicionado na face anterior da clavícula.

3.3.5. Isolamento dos Eletrodos

De acordo com Rainoldi et al. (2004), a utilização de adesivos impedindo a entrada e contato da água com os eletrodos é a melhor solução para manter

inalteradas a frequência e a amplitude do sinal EMG quando a coleta é realizada no meio aquático.

Dessa forma, o isolamento com adesivos oclusivos sobre os eletrodos foi feito conforme a metodologia descrita por Figueiredo et al. (2006) (Figura 1). Colocou-se na saída dos cabos cola de silicone, para impedir a entrada e o contato com a água, e os cabos e pré-amplificadores foram fixados com fita adesiva, para minimizar as interferências no sinal que podem ocorrer devido ao movimento dos mesmos.



Figura 1 - Isolamento sobre os eletrodos de superfície.

3.3.6. Contração Isométrica Voluntária Máxima (CVM)

Conforme descrito anteriormente, a coleta dos dados foi dividida em protocolo terrestre e aquático. Em ambos os protocolos (Figura 2), cada indivíduo realizou três tentativas de Contração Isométrica Voluntária Máxima (CVM) do músculo Reto Femoral (RF), Bíceps Femoral (BF), Bíceps Braquial (BB) e Tríceps Braquial (TB) dentro de uma gaiola de aço inox e contra uma resistência fixa em ambos os meios. Durante a realização da CVM, o indivíduo permanecia sentado dentro da gaiola, com a coluna e os quadris fixados com cintas de velcro. Para realizar a CVM dos músculos flexores, uma corrente foi fixada em uma barra de

ferro na parte inferior da gaiola. Já para a CVM dos músculos extensores, a corrente foi fixada em uma barra de ferro na parte superior da gaiola. Durante todas as CVM's, a célula de carga, sensível à tração, foi acoplada à corrente. Todas as tentativas de CVM tiveram cinco segundos de duração cada e intervalo de três minutos entre cada uma. Para análise, foi utilizada a CVM que apresentasse o maior pico estável de força.

Durante a CVM dos músculos BB e TB, os sujeitos seguravam um manete com a mão direita, mantendo a articulação radioulnar supinada na CVM do BB e pronada na CVM do TB. Além disso, o ângulo do cotovelo foi mantido em 90° e o braço foi fixado com uma cinta de velcro para estabilizar a articulação do ombro. Para a CVM dos músculos RF e BF foi utilizada uma cinta com velcro, a qual foi posicionada no terço distal da coxa, com o quadril em um ângulo de 90° .

Após realizar o protocolo terrestre (Figura 2), foi mantido um intervalo de 10 minutos para a realização do protocolo aquático (Figura 3), e apenas a ordem de execução entre músculos flexores e extensores foi randomizada.

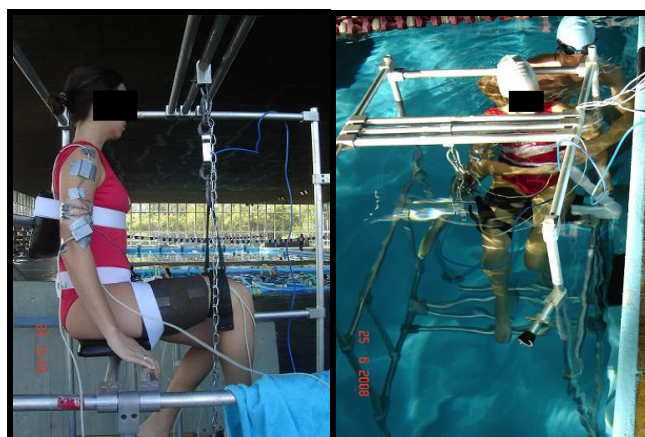


Figura 2 - Protocolo da CVM nos meios terrestre e aquático.

3.4. INSTRUMENTOS DE MEDIDA

3.4.1. Balança

Para determinar a massa corporal dos indivíduos foi utilizada uma balança da marca FILIZOLA, com resolução de 100g.

3.4.2. Estadiômetro

Para determinar a estatura, utilizou-se um estadiômetro da marca FILIZOLA, composto por uma escala métrica, onde desliza um cursor que mede a estatura do indivíduo na posição em pé. Esta escala é fixa a uma base apoiada no solo, com resolução de 1 mm.

3.4.3. Termômetro

Para verificar a temperatura da água, foi utilizado um termômetro químico, de líquido vermelho, da marca INCOTERM, com resolução de 1°C.

3.4.4. Plicômetro

Utilizou-se um plicômetro da marca LANGE, com resolução de 1 mm, para a medida das dobras cutâneas.

3.4.5. Eletrodos de Superfície

Foram utilizados eletrodos adesivos de superfície, com 10 mm de raio de área condutora e 20 mm de raio total, pré-amplificados com configuração bipolar, modelo HAL 242.

3.4.6. Eletromiógrafo

Para a aquisição dos dados eletromiográficos, utilizou-se um eletromiógrafo Miotool 400, da marca MIOTEC Equipamentos Biomédicos. Esse equipamento é composto por um sistema de 4 canais, com frequência de amostragem de 2000 Hz por canal. A energia foi obtida através de um Sistema de Baterias. Os dados foram transmitidos por conexão a um microcomputador via entrada USB.

3.4.7. Adesivos Oclusivos

Para realizar o isolamento dos eletrodos, foram utilizados adesivos oclusivos transparentes TEGADERM da marca 3M, modelo 1634W, com dimensões 6 cm X 7 cm e 1626W, com dimensões 10 cm X 12 cm.

3.4.8. Silicone

Para o auxílio do isolamento sobre os eletrodos, utilizou-se cola de silicone transparente Loctite Super Flex.

3.4.9. Secador

Para secar a cola de silicone, foram utilizados secadores elétricos de diferentes marcas.

3.4.10. Multímetro

Foi utilizado um multímetro modelo DT-830B, da marca SMART, para medir a resistência entre os eletrodos e a pele.

3.4.11. Goniômetro

Para medir os ângulos do cotovelo e do quadril na realização das CVM's, foi utilizado um goniômetro de acrílico da marca CARCI.

3.4.12. Microcomputador para Transmissão das Variáveis Neuromusculares

Os dados eletromiográficos foram transmitidos para um notebook Acer TravelMate 2201LCi, com processador INTEL CELERON D 330, e o software utilizado durante as coletas foi o Miograph.

3.4.13. Célula de Carga

A fim de mensurar a força empregada pelos indivíduos durante as CVM's, utilizou-se uma célula de carga da marca ALFA, modelo ZX250 (250 Kg).

3.4.14. Gaiola

Para realizar o protocolo nos meios aquático e terrestre foi utilizada uma gaiola de aço inox.

3.5. TRATAMENTO DOS DADOS

3.5.1. Sinal Eletromiográfico

O sinal captado pelo eletromiógrafo foi gravado em um microcomputador no software de aquisição de dados Miograph. Posteriormente os arquivos foram exportados para análise no software SAD32, onde primeiramente realizou-se a remoção dos componentes contínuos do sinal EMG. Em seguida, foi realizada a filtragem digital do sinal, utilizando um filtro do tipo Passa-banda Butterworth, de 5ª ordem, com freqüências de corte entre 20 e 500 Hz. As curvas do sinal correspondentes às contrações voluntárias máximas (tempo de 5 s) foram recortadas nos 2 s em que a curva de força se estabilizasse (Figura 3), para a obtenção do valor *root mean square* (RMS).

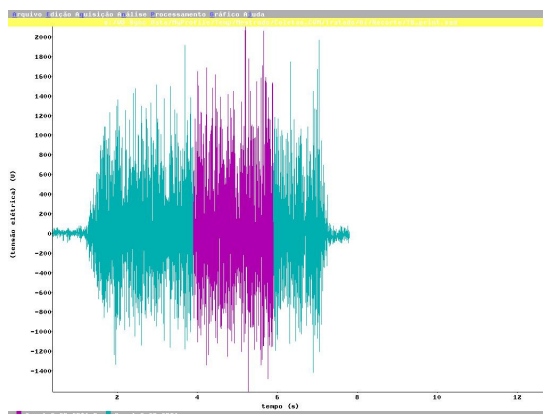


Figura 3 - Recorte do sinal EMG para obtenção do valor RMS.

3.5.2. Curva de Força

Para analisar a produção de força dos músculos RF, BB, BF e TB, foi feito um recorte de 2 s, de cada CVM, onde a curva de força estivesse estabilizada. Assim como o sinal EMG, o procedimento de análise dos dados foi executado no software SAD32, onde se utilizou um filtro do tipo Passa-baixa Butterworth, de 5ª ordem, com frequências de corte entre 0 e 9 Hz. Para análise, foi utilizado o valor médio de força encontrado no recorte de 2 s da CVM (Figura 4).

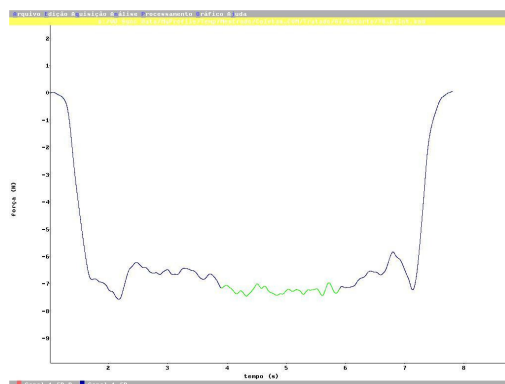


Figura 4 - Recorte da curva de força para obtenção do valor médio.

3.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para análise dos dados coletados nesse estudo, foi utilizada estatística descritiva (Média e Erro-padrão), Teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos dados e Teste T-Pareado para comparar o sinal EMG e a produção de força entre os meios. Além disso, foi realizado o Teste de Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC) para verificar a reprodutibilidade de ambas as variáveis entre os meios. O nível de significância adotado foi de $\alpha=0,05$, e os dados foram rodados no pacote estatístico SPSS versão 15.0.

4. RESULTADOS

4.1. Caracterização da amostra

Na tabela 1, os resultados das variáveis de caracterização da amostra (idade, massa corporal, estatura e massa gorda) apresentados através de Média e Desvio-padrão (DP).

Tabela 1 - Média e Desvio-padrão (DP) das variáveis de caracterização da amostra idade, massa corporal, estatura e massa gorda.

Variáveis	Média	DP
Idade (anos)	22,89	± 1,76
Massa Corporal (kg)	56,79	± 5,27
Estatura (cm)	163,22	± 5,80
Massa gorda (%)	26,27	± 3,43

4.2. Sinal Eletromiográfico e Produção de Força

Os resultados do presente estudo não demonstraram diferença significativa entre o sinal EMG e a produção de força durante a CVM realizada na água e na terra ($p > 0,05$), exceto para EXQ ($p = 0,035$) (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 - Média e Erro-padrão (\pm EP) dos valores *root mean square* dos músculos Bíceps Braquial (BB), Tríceps Braquial (TB), Reto Femoral (RF) e Bíceps Femoral (BF) durante a contração isométrica voluntária máxima nos meios aquático e terrestre.

Músculo	Meio Aquático		Meio Terrestre		Sig.
	Média	EP	Média	EP	
BB (μ V)	445,87	\pm 88,56	400,08	\pm 46,43	0,722
TB (μ V)	527,09	\pm 116,51	486,76	\pm 126,79	0,462
RF (μ V)	133,16	\pm 23,80	130,00	\pm 26,77	0,761
BF (μ V)	126,90	\pm 41,11	122,27	\pm 33,97	0,807

Tabela 3 - Média e Erro-padrão (\pm EP) dos valores de produção de força dos flexores do cotovelo (FLC), extensores do cotovelo (EXC), flexores do quadril (FLQ) e extensores do quadril (EXQ) durante a contração isométrica voluntária máxima nos meios aquático e terrestre.

	Meio Aquático		Meio Terrestre		Sig.
	Média	EP	Média	EP	
FLC (N)	118,48	\pm 12,35	127,30	\pm 10,49	0,374
EXC (N)	93,10	\pm 8,72	92,41	\pm 9,8	0,895
FLQ (N)	242,75	\pm 37,63	245,39	\pm 40,98	0,956
EXQ (N)	345,84	\pm 28,71	417,28	\pm 20,68	0,035*

* $p < 0,05$

Além disso, os valores de ICC foram significativos e variaram de moderado a forte para o sinal EMG e para produção de força (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4 - Reprodutibilidade do valor *root mean square* dos músculos Bíceps Braquial (BB), Tríceps Braquial (TB), Reto Femoral (RF) e Bíceps Femoral (BF) durante a contração isométrica voluntária máxima nos meios aquático e terrestre demonstrado pelo coeficiente de correlação Intraclasse (ICC).

		ICC	Sig.
		BB	Meio Aquático Meio Terrestre
TB	Meio Aquático Meio Terrestre	0,91	< 0,001
RF	Meio Aquático Meio Terrestre	0,92	0,001
BF	Meio Aquático Meio Terrestre	0,89	0,004

Tabela 5 - Reprodutibilidade da produção de força dos flexores do cotovelo (FLC), extensores do cotovelo (EXC), flexores do quadril (FLQ) e extensores do quadril (EXQ) durante a contração isométrica voluntária máxima nos meios aquático e terrestre demonstrado pelo coeficiente de correlação Intraclass (ICC).

		ICC	Sig.
FLC	Meio Aquático	0,66	0,018
	Meio Terrestre		
EXC	Meio Aquático	0,87	0,001
	Meio Terrestre		
FLQ	Meio Aquático	0,92	< 0,001
	Meio Terrestre		
EXQ	Meio Aquático	0,70	0,026
	Meio Terrestre		

Os dados do sinal EMG e da produção de força de cada sujeito nos meios aquático e terrestre são apresentados nas Figuras 5 e 6.

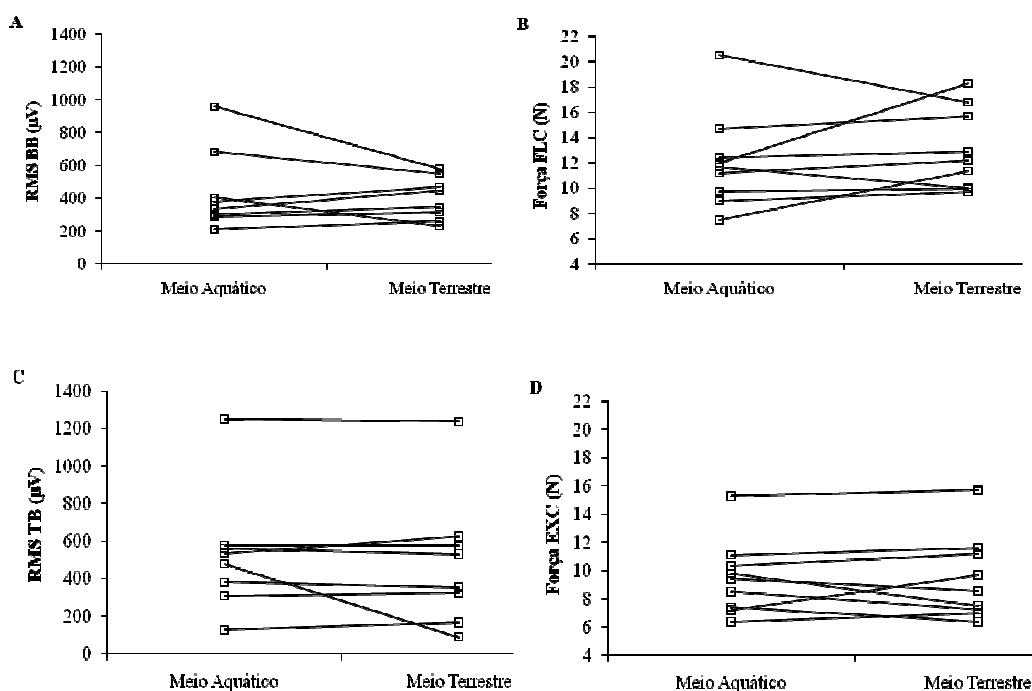


Figura 5 - Sinal EMG do músculo BB (A), produção de força dos FLC (B), sinal EMG do músculo TB (C) e produção de força dos EXC (D) de cada sujeito nos meios aquático terrestre.

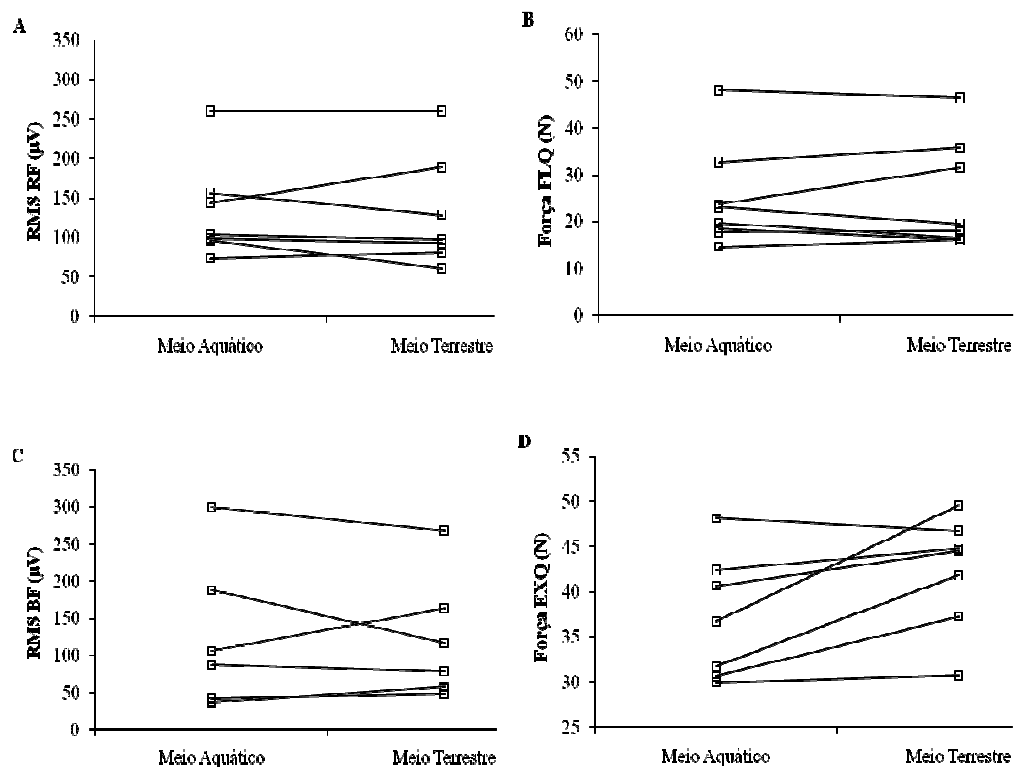


Figura 6 - Sinal EMG do músculo RF (A), produção de força dos FLQ (B), sinal EMG do músculo BF (C) e produção de força dos EXQ (D) de cada sujeito nos meios aquático terrestre.

5. DISCUSSÃO

Os principais resultados do presente estudo demonstraram que não houve diferença significativa do sinal EMG dos músculos BB, TB, RF e BF entre os meios aquático e terrestre. O mesmo ocorreu para a produção de força, exceto para EXQ, que apresentaram maiores valores de força na terra do que na água. Além disso, os valores obtidos no teste de ICC indicam a reprodutibilidade dessas variáveis em ambos os meios.

Alguns estudos demonstraram uma redução no sinal EMG durante contrações isométricas máximas e submáximas realizadas em meio aquático quando comparado ao meio terrestre (CLARYS et al., 1985; FUJISAWA et al., 1998; PÖYHÖNEN et al., 1999; PÖYHÖNEN & AVELA, 2002; KALPAKCIOGLU et al., 2009). Estes estudos utilizaram eletrodos de agulha, eletrodos à prova d'água ou eletrodos de superfície protegidos por adesivo oclusivos. Com o intuito de investigar as possíveis explicações para esta redução da atividade muscular durante contrações isométricas em meio aquático, Pöyhönen & Avela (2002) avaliaram os reflexos do tendão de Aquiles e de Hoffmann juntamente com o sinal EMG dos músculos Sóleo e Gastrocnêmio Medial durante a CVM realizada para flexão plantar de tornozelo na água e na terra. Os resultados deste estudo revelaram uma redução de 13% na produção de força durante os exercícios em imersão, além de uma diminuição de 29-35% no sinal EMG dos músculos analisados com eletrodos de superfície e de agulha. Baseados nesses resultados,

os autores concluíram que a imersão em meio aquático prejudica a função neuromuscular, e o mecanismo central é o que melhor explica isso, pois uma redução da atividade da via aferente é induzida pela inibição dos receptores pré-sinápticos através da pressão pode, em parte, ser responsável pela diminuição do sinal EMG dentro da água. Além disso, segundo outros autores (CLARYS et al., 1985; FUJISAWA et al., 1998; PÖYHÖNEN et al., 1999; KALPAKCIOGLU et al., 2009), esta redução do sinal EMG no meio aquático pode ser desencadeada pelo comprometimento do sistema neuromuscular, causado pela diminuição do peso aparente do indivíduo e pela pressão hidrostática que atua sobre o corpo durante a imersão.

Em contrapartida, alguns estudos demonstram que é possível obter respostas semelhantes do sinal EMG entre os meios quando alguns fatores são controlados (RAINOLDI et al., 2004a; VENEZIANO et al., 2006; ALBERTON et al., 2008; CARVALHO et al., 2010). Em seu estudo, Veneziano et al. (2006) deixam claro que a temperatura da água deve ser controlada e que os eletrodos devem ser isolados durante a obtenção do sinal EMG em meio aquático. Esses autores avaliaram o sinal EMG do músculo Abdutor Curto do polegar durante exercícios isométricos realizados a 40% da CVM em terra e durante a imersão do antebraço. Os resultados desse estudo não indicaram diferença significativa no sinal EMG entre os meios. Além disso, Carvalho et al. (2010) demonstraram que quando a CVM foi realizada em meio aquático sem a utilização de isolamento, o sinal EMG do Bíceps Braquial foi menor comparado com a CVM realizada em terra, com respostas semelhantes de produção de força. No entanto, quando a CVM foi realizada em meio aquático com isolamento, o sinal EMG e a produção de força

foram semelhantes aos encontrados em terra. O estudo de Rainoldi et al. (2004a) mostrou este mesmo padrão em contrações isométricas submáximas, sugerindo que o isolamento sobre os eletrodos parece ser um fator metodológico importante durante as coletas do sinal EMG em meio aquático. Dessa forma, os valores do sinal EMG podem ser semelhantes entre os meios aquático e terrestre, já que a produção de força não se altera entre os meios.

Assim como no presente estudo, analisando a imersão total do corpo, Alberton et al. (2008) compararam a amplitude do sinal EMG do músculo Vasto Lateral durante a CVM realizada nos meios aquático e terrestre utilizando isolamento sobre os eletrodos. Seus resultados demonstraram respostas da atividade EMG semelhantes entre os meios, todavia, esse estudo não mensurou a produção de força juntamente com o sinal EMG. Em relação à produção de força, o presente estudo mostrou que não houve diferença entre os meios para todos os grupos musculares analisados, exceto para EXQ. Pöyhönen et al. (1999) observaram que, embora o sinal EMG dos músculos Vasto Lateral e Vasto Medial ter sido menor em meio aquático, isso não ocorreu com a produção de força dos extensores do joelho, já que a mesma não apresentou diferença entre os meios, corroborando com os achados do presente estudo.

O fato da produção de força dos EXQ ter sido maior em meio terrestre, sem qualquer diferença do sinal EMG do músculo BF entre os meios, pode ser explicado pela posição dos Isquiotibiais durante a CVM, a qual foi realizada na mesma direção da força da gravidade. Assim, em meio terrestre, o indivíduo possivelmente obteve uma maior produção de força, pois a contração foi facilitada pela força da gravidade. Em contrapartida, durante a imersão, a força resultante

que atua sobre o segmento corporal coxa é atenuada, já que também existe uma força de empuxo agindo na direção oposta a da gravidade, reduzindo assim o peso aparente (peso hidrostático) nessa condição, ocasionando uma menor produção de força comparada a CVM em meio terrestre. Além disso, esse resultado provavelmente foi ocasionado pela instabilidade corporal oriunda da imersão em meio aquático (SIMMONS & HANSEN, 1996; DEVEREUX et al., 2005). Tendo em vista que a produção de força dos EXQ foi menor na água, o mesmo comportamento pode ter ocorrido com o sinal EMG do BF; não obstante, é possível que mais fibras musculares tenham sido recrutadas para a estabilização do segmento coxa dos indivíduos durante a imersão. Somando-se a isso, pode-se especular que o percentual de massa gorda das mulheres ($26,27 \pm 3,43\%$ no presente estudo) seja outro fator que pode contribuir para a flutuação e, conseqüentemente, para a maior instabilidade do corpo no meio aquático.

Outro aspecto que pode ter influenciado esse resultado é a coordenação intramuscular, uma vez que a atividade de outros músculos extensores do quadril (Glúteo Máximo, Semitendíneo e Semimembráceo) não foi analisada no presente estudo, ocasionando uma possível influência na relação entre o sinal EMG do BF e a produção de força dos EXQ. Entretanto, isso não se aplica aos músculos extensores do cotovelo, provavelmente devido à menor massa do segmento antebraço comparado à coxa. Em relação à força de empuxo, essa aparentemente não influencia significativamente a produção de força dos flexores do quadril e do cotovelo, já que as respostas foram semelhantes entre os meios.

No presente estudo, a produção de força foi mensurada juntamente com o sinal EMG durante protocolos de CVM idênticos em ambos os meios. Além disso,

a temperatura da água foi controlada e foi utilizado isolamento sobre os eletrodos, evitando seu contato com a água. Dessa forma, baseado nos resultados, é possível obter respostas similares do sinal EMG e da produção de força ao comparar os meios aquático e terrestre. Além disso, os valores de ICC para ambas as variáveis analisadas apresentaram resultados significativos, demonstrando a reprodutibilidade das medidas entre os meios. Esses achados permitem inferir que a função neuromuscular dos músculos avaliados não é afetada pela imersão do indivíduo em meio aquático.

Sendo assim, os resultados encontrados no presente estudo são muito importantes, pois confirmam que estudos analisando a atividade EMG durante exercícios dinâmicos em meio aquático (MASUMOTO et al., 2004, 2005, 2007a, b, 2008, 2009; SHONO et al., 2007) podem utilizar a CVM realizada em terra para normalização do sinal EMG, já que o sinal EMG apresentou um mesmo padrão e magnitude em ambos os meios, com níveis similares de força.

Uma das limitações do presente estudo é que a amostra foi composta apenas por mulheres, e, de acordo com a literatura, o sexo pode influenciar as respostas EMG devido às diferentes características morfológicas entre homens e mulheres, pois estas tendem a possuir um maior percentual de gordura quando comparadas aos homens. Assim, a gordura subcutânea maior encontrada nas mulheres pode interferir na resistência entre eletrodos (DELUCA, 1997). Outra limitação é a contribuição de outros músculos na produção de força durante a CVM, além daqueles analisados. Dessa forma, sugere-se que futuros estudos incluam o sinal EMG e a produção de força de diferentes músculos sinergistas

durante contrações isométricas voluntárias máximas e submáximas realizadas por homens e mulheres nos meios aquático e terrestre.

6. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que a atividade muscular e a produção de força durante a CVM não apresentaram diferenças significativas entre os meios. Todavia, para extensão do quadril, a produção de força demonstrou uma diferença estatisticamente significativa entre os meios, com maiores valores em meio terrestre. No entanto, os valores de ICC para o sinal EMG e para a produção de força foram significativos e variaram de moderado a forte entre os meios.

REFERÊNCIAS

ALBERTON, C.L.; SILVA, E.M.; CADORE, E.L.; COERTJENS, M.; BEYER, P.O.; MAROCCO, L.F.; KRUEL, L.F.M. Respostas eletromiográficas induzidas pelo isolamento e pela imersão sobre os eletrodos de superfície. **Rev. Port. Cienc. Desp.** 8(3):330-336, 2008.

BECK, T.W.; HOUSH, T.J.; JOHNSON, G.O.; WEIR, J.P.; CRAMER, J.T.; COBURN, J.W.; MALEK, M.H. The effects of interelectrode distance on electromyographic amplitude and mean power frequency during isocinetic and isometric muscle actions of the biceps brachii. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 15:482-495, 2005.

CARVALHO, R.G.S.; AMORIM, C.F.; PERÁCIO, L.H.R.; COELHO, H.F.; VIEIRA, A.C.; KARL MENZEL, H.J.; SZMUCHROWSKI, L.A. Analysis of various conditions in order to measure electromyography of isometric contractions in water and on air. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 20:988-993, 2010.

CLARYS, J.P.; ROBEAUX, R.; DELBEKE, G. Telemetrical versus conventional EMG in air and water. **Biomechanics**, v. 9. Champaign: Human Kinetics, p 286–294, 1985.

DAINTY, D.A.; NORMAN, R.W. **Standardizing biomechanical testing in sport.** Champaign: Human Kinetics, 1987.

DeLUCA, C.J. The use of surface electromyography in biomechanics. **J. Appl. Biomec.** 13: 135-163, 1997.

DEVEREUX, K.; ROBERTSON, D.; BRIVA, N.K. Effects of a water-based training on women 65 years and over: a randomized controlled trial. **Aust. J. Physiother.** 51:102–108, 2005.

FIGUEIREDO, P.A.P.; BORGES, Jr .N.G.; TARTARUGA, L.A.P.; KRUEL, L.F.M. Methodology of isolate the system to collect EMG signal in the water. **AEA Aquatic Fitness Journal** 3(1): 32, 2006.

FUJISAWA, H.; SUENAGA, N.; MINAMI, A. Electromyographic study during isometric exercise of the shoulder in head-out water immersion. **J. Shoulder Elbow Surg.** 7:491-494, 1998.

HEYWARD, V.H.; STOLARCZYK, L.M. **Applied body composition.** Human Kinetics, Champaign, 1996.

JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L.; WARD, A. Generalized equations for predicting body density of women. **Med. Sci. Sports Exerc.** 12:175-182, 1980.

KALPAKCIOGLU, B.; CANDIR, F.; BERNATECK, M.; GUTENBRUNNER, C.; FISCHER, M. Does local immersion in thermo-neutral bath influence surface EMG measurements? Results of an experimental trial. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 19:e550–e553, 2009.

KELLY, B.T.; ROSKIN, L.A.; KIRKENDALL, D.T.; SPEER, K.P. Shoulder muscle activation during aquatic and dry land exercises in nonimpaired subjects. **J. Orthop. Sports Phys. Ther.** 30(4): 204-210, 2000.

MASUMOTO, K.; TAKASUGI, S.; HOTTA, N.; FUJISHIMA, K.; IWAMOTO, Y. Electromyographic analysis of walking in water in healthy humans. **J. Physiol. Anthropol. Appl. Human Sci.** 23(4): 119-127, 2004.

MASUMOTO, K.; TAKASUGI, S.; HOTTA, N.; FUJISHIMA, K.; IWAMOTO, Y. Muscle activity and heart rate response during backward walking in water and on dry land. **Eur. J. Appl. Physiol.** 94: 54-61, 2005.

MASUMOTO, K.; SHONO, T.; TAKASUGI, S.; HOTTA, N.; FUJISHIMA, K.; IWAMOTO, Y. Age-related differences in muscle activity, stride frequency and heart rate response during walking in water. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 17:596–604, 2007a.

MASUMOTO, K.; TAKASUGI, S.; HOTTA, N.; FUJISHIMA, K.; IWAMOTO, Y. A comparison of muscle activity and heart rate response during backward and forward walking on an underwater treadmill. **Gait Posture.** 25:222–228, 2007b.

MASUMOTO, K.; TOMOKI, S.; HOTTA, N.; FUJISHIMA, K. Muscle activation, cardiorespiratory response, and rating of perceived exertion in older subjects while walking in water and on dry land. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 18(4):581–590, 2008.

MASUMOTO, K.; DELION, D.; MERCER, J.A. Insight into muscle activity during deep water running. **Med Sci Sports Exerc.** 41(10):1958 – 1964, 2009.

MIYOSHI, T.; NAKAZAWA, K.; TANIZAKI, M.; SATO, T.; AKAI, M. Altered activation pattern in synergistic ankle plantarflexor muscles in a reduced-gravity environment. **Gait Posture.** 24:94–99, 2006.

MÜLLER, E.S.M.; BLACK, G.L.; FIGUEIREDO, P.P.; KRUEL, L.F.M.; HANISH, C.; APPELL, H.J. Comparação eletromiográfica do exercício abdominal dentro e fora da água. **Rev. Port. Cienc. Desp.** 5(3): 255-265, 2005.

NARICI, M.V.; ROI, G.S.; LANDONI, L.; MINETTI, A.E.; CERRETELLI, P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. **Eur. J. Appl. Physiol.** 59: 310-319, 1989.

PÖYHÖNEN, T.; KESKINEN, K.L.; HAUTALA, A.; SAVOLAINEN, J.; MÄLKIÄ, E. Human isometric force production and electromyogram activity of knee extensor muscles in water and on dry land. **Eur. J. Appl Physiol** 80: 52-56, 1999.

PÖYHÖNEN, T.; AVELA, J. Effect of head-out immersion on neuromuscular function of the plantarflexor muscles. **Aviat Space Environ Med.** 73:1215–1218, 2002.

RAINOLDI, A.; CESCO, C.; BOTTIN, A.; CASALE, R.; CARUSO, I. Surface EMG alterations induced by underwater recording. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 14: 325-331, 2004a.

RAINOLDI, A.; MELCHIORRI, G.; CARUSO, I. A method for positioning electrodes during surface EMG recordings in lower limb muscles. **J. Neurosci. Methods.** 134:37-43, 2004b.

SHONO, T.; MASUMOTO, K.; FUJISHIMA, K.; HOTTA, N.; OGAKI, T.; ADACHI, T. Gait patterns and muscle activity in the lower extremities of elderly women during underwater treadmill walking against water flow. **J. Physiol. Anthropol.** 26(6):579–586, 2007.

SILVERS, W.M.; DOLNY, D.G. Comparison and reproducibility of sEMG during manual muscle testing on land and in water. **J. Electromyogr. Kinesiol.** doi:10.1016/j.jelekin.2010.05.004, 2010.

SIMMONS, V.; HANSEN, P.D. Effectiveness of water exercise on postural mobility in the well elderly: an experimental study on balance enhancement. **J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci** 51:M233–M238, 1996.

WINTER, D.A. **Biomechanics and motor control of human movement.** 4 ed. Wiley, Hoboken, 1990.

VENEZIANO, W.H.; ROCHA, A.F.; GONÇALVES, C.A.; PENA, A.G.; CARMO, J.C.; NASCIMENTO, F.A.O.; RAINOLDI, A. Confounding factors in water EMG recordings: an approach to a definitive standard. **Med. Biol. Eng. Comput.** 44: 348-351, 2006.

ANEXOS

ANEXO I

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO

Eu, _____, concordo voluntariamente a participar do estudo “COMPARAÇÃO DO SINAL ELETROMIOGRÁFICO E DA PRODUÇÃO DE FORÇA DURANTE A CONTRAÇÃO ISOMÉTRICA VOLUNTÁRIA MÁXIMA NOS MEIOS AQUÁTICO E TERRESTRE”.

Declaro estar ciente de que o estudo será desenvolvido pelo Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Krueel, Prof^ª. Dda. Stephanie Santana Pinto e Acad. Giane Veiga Liedtke, que tem como objetivo analisar as respostas eletromiográficas dos músculos Bíceps braquial, Tríceps braquial, Reto femoral e Bíceps femoral durante a contração voluntária máxima no meio aquático e no meio terrestre.

- Autorizo, por meio desta, que realizem os seguintes procedimentos:

- Fazer-me medidas corporais;
- Disponer-me à preparação da pele, que inclui os seguintes procedimentos: depilação, abrasão e limpeza com álcool;
- Disponer-me à fixação de eletrodos de superfície e à colocação de adesivos impermeáveis na região anterior e posterior do braço e da coxa;
- Realizar teste de contração voluntária máxima para a flexão e extensão do cotovelo, assim como flexão e extensão do quadril, nos meios aquático e terrestre.

- Eu entendo que durante os testes:

- Os procedimentos expostos acima têm sido explicados para mim pelo Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Krueel, pela Prof^ª. Dda. Stephanie Santana Pinto e pela Acad. Giane Veiga Liedtke;
- Eu estarei usando eletrodos de superfície na região anterior e posterior do braço e da coxa;
- Eu entendo que os testes que serão realizados podem envolver dor e cansaço muscular temporário;

- Posso abandonar os testes em qualquer momento sob meu critério;
- Em qualquer momento, o Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Krueel, a Prof^ª. Dda. Stephanie Santana Pinto, a Acad. Giane Veiga Liedtke e/ou assistentes irão responder qualquer dúvida que eu tenha relativo a estes procedimentos;
- Eu entendo que no surgimento de uma lesão física resultante diretamente de minha participação nesse estudo, não será providenciada nenhuma compensação financeira. Todavia, serão providenciados atendimento e reparo necessários para todos os danos decorrentes da pesquisa.
- 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 eu.
- Não há compensação monetária pela minha participação nesse estudo;
- Posso realizar contato com o Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Krueel, com a Prof^ª. Dda. Stephanie Santana Pinto e com a Acad. Giane Veiga Liedtke, para quaisquer problemas referentes à minha participação no estudo, ou caso eu sentir que haja violação dos meus direitos, através dos telefones:
(051) 3308-5820 (Laboratório de Pesquisa do Exercício)
(051) 3308-6000 (Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS)

Porto Alegre, _____ de _____ de _____

Participante:

Nome completo: _____

Assinatura do sujeito (participante): _____

Assinatura do pesquisador: _____