

Predição da força de reação do solo durante a corrida na água

Prediction of ground reaction force during water immersion running

Alessandro Haupenthal¹, Heiliane de Brito Fontana², Caroline Ruschel¹, Helio Roesler³, Adriano Ferreti Borgatto⁴

Estudo desenvolvido no Laboratório de Biomecânica Aquática do Cefid/Udesc – Centro de Ciências da Saúde e do Esporte da Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil

¹ Doutorandos em Ciências do Movimento Humano no Laboratório de Biomecânica Aquática do Cefid/Udesc

² Mestrando em Ciências do Movimento Humano no Laboratório de Biomecânica Aquática do Cefid/Udesc

³ Prof. Dr. Coordenador do Laboratório de Biomecânica Aquática do Cefid/Udesc

⁴ Professor Dr. adjunto do Depto. de Informática e Estatística da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

ENDEREÇO PARA
CORRESPONDÊNCIA

Alessandro Haupenthal
Laboratório de Pesquisas em
Biomecânica Aquática
R. Pascoal Simone 358
Coqueiros
88080-350 Florianópolis SC
e-mail: dedsnet@yahoo.com.br

APRESENTAÇÃO
out. 2009

ACEITO PARA PUBLICAÇÃO
jun. 2010

RESUMO: Este estudo visou desenvolver um modelo para a predição da força de reação do solo na corrida subaquática. Participaram 20 sujeitos (9 homens e 11 mulheres), que realizaram corrida subaquática em dois níveis de imersão e três velocidades. Para cada sujeito foram coletadas seis passagens válidas em cada condição, com a utilização de uma plataforma subaquática de força. O modelo para predição da força foi construído por regressão linear múltipla. Foram consideradas variáveis dependentes a componente vertical e a componente ântero-posterior da força de reação do solo. As variáveis imersão, sexo, velocidade, massa corporal, densidade corporal e percentual de gordura foram consideradas independentes. Permaneceu no modelo final de regressão para a componente vertical a velocidade ($p < 0,001$), enquanto no modelo da componente ântero-posterior permaneceram a velocidade, a imersão e a massa corporal (todas com $p < 0,001$). O modelo preditivo para a componente ântero-posterior da força de reação do solo pode ser considerado satisfatório (o coeficiente de determinação ajustado foi 0,79). Entretanto, o modelo para a componente vertical não pode ser recomendado para a predição dessa variável durante a corrida na água (coeficiente encontrado 0,18). Ressalva-se que o modelo preditivo criado aplica-se a sujeitos com características semelhantes (idade e medidas antropométricas) às dos participantes do estudo.

DESCRIPTORES: Ambiente aquático; Corrida; Hidoterapia; Movimento (Física); Natação

ABSTRACT: This study aimed at developing a model to predict ground reaction force during deep-water running. A total of 20 subjects ((9 men, 11 women) ran in water at two immersion levels and three different speeds. Each subject performed six valid trials in each condition, data being captured by an underwater force plate. The force prediction model was build by multiple linear regression. Dependent variables were the vertical and anteroposterior components of the ground reaction force; independent variables were runners' immersion, sex, speed, body mass, body density, and percentage of fat. At the final regression model for the vertical component, only speed remained ($p < 0.001$), while for the anteroposterior component, speed, immersion, and body mass were maintained (all at $p < 0.001$). The obtained model for the anteroposterior component of ground reaction force may be found satisfactory, as adjusted determination coefficient was 0.79. However, the prediction model for the vertical component cannot be recommended for prediction during deep-water running, since that coefficient was 0.18. It must be noted that the proposed prediction model applies to subjects provided that they have similar characteristics to those who took part in this study.

KEY WORDS: Aquatic environment; Hydrotherapy; Motion; Running; Swimming

INTRODUÇÃO

A terapia e o exercício aquático ganharam popularidade e aceitação¹⁻³. A hidroginástica, por exemplo, é uma escolha comum por parte de pessoas que procuram uma atividade para melhora do condicionamento físico, e com isso vem a cada ano adquirindo mais adeptos. A procura por essa modalidade provém geralmente de indivíduos de populações com restrições ao suporte de peso do corpo no solo, como por exemplo aqueles acometidos por atrite, dores nas costas ou outras disfunções ortopédicas². Em se tratando de processos de reabilitação funcional terapêutica, o fisioterapeuta se vale da redução (pelo empuxo) do impacto do peso corporal nas articulações, durante a imersão, preparando o paciente para posteriormente realizar atividades em terra^{4,5}.

Apesar de atenuada pelo empuxo, a força de reação do solo (FRS) durante a execução de exercícios aquáticos deve ser considerada para a prescrição. Nesse contexto, estudos vêm sendo realizados para a análise da FRS durante a caminhada^{6,7} e o salto^{8,9} na água, com a utilização de plataformas subaquáticas de força. Entretanto, o equipamento necessário para essa análise é de alto custo, sendo inviável sua aplicação na rotina de clínicas e clubes esportivos. Além do alto custo, a utilização de plataformas de força e a interpretação dos dados requerem conhecimento técnico especializado, dificultando a prescrição individualizada com base em informações quantitativas sobre as forças que agem sobre as estruturas musculoesqueléticas dos indivíduos. Assim, na prática diária torna-se difícil a manipulação dessas informações pelos profissionais, que acabam por negligenciar o controle da força para a prescrição desse exercício.

Para mudar esse quadro, acredita-se que é possível oferecer maior fundamentação para a prescrição individualizada da corrida na água, a partir de um modelo preditivo para a força de reação do solo. Para a marcha humana, por exemplo, alguns estudos propuseram modelos para a predição dos valores da componente vertical da FRS¹⁰⁻¹². O modelo, além de ser uma maneira fácil para a estimativa da carga a partir de variáveis que podem ser mensuradas na prática diária, é

uma ferramenta importante para a compreensão da realidade¹³. Alexander¹⁴ alerta para a importância de se criar um modelo o mais simples possível, para que as variáveis que produzem os efeitos sejam facilmente observadas e medidas, promovendo assim sua ampla utilização.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo é verificar quais variáveis estão associadas à força de reação do solo e construir um modelo para a predição dessa força a partir de dados obtidos durante a realização da corrida subaquática.

METODOLOGIA

Os sujeitos foram selecionados com base nos seguintes critérios: não relatar queixa de comprometimento musculoesquelético; saber nadar; ter estatura entre 1,60 e 1,85 m (devido à profundidade da piscina); ter idade entre 18 a 30 anos; e conseguir realizar a corrida na água. A partir desses critérios, participaram do estudo 20 sujeitos, 9 do sexo masculino (24,0±3,0 anos de idade e 1,80±0,05 m de estatura) e 11 do sexo feminino (23,0±2,5 anos de idade e 1,67±0,05 m de estatura).

Para a criação de um modelo de regressão múltipla recomenda-se que o número de dados de entrada seja, no mínimo, 30 vezes maior que a quantidade de variáveis independentes¹⁵. Assim, como são seis as variáveis neste caso, o número necessário de dados de entrada deve ser igual ou maior que 180.

Atualmente, autores obtêm essa quantidade de dados pela análise de repetições de um número reduzido de sujeitos, por exemplo, cinco¹⁶. Acredita-se porém que esse número reduzido de sujeitos não representa bem a variabilidade do movimento humano, o que é um dos principais problemas encontrados na criação de um modelo preditivo¹⁰. Outros autores analisaram um número maior de sujeitos para a construção de modelo, como é o caso de Keller *et al.*¹² e Stansfield *et al.*¹³. Nesse contexto, acreditamos que a análise de 20 sujeitos, cada qual realizando seis execuções da corrida em três diferentes velocidades e em dois níveis de imersão, totalizando 720 dados de entrada, seja suficiente para a construção do modelo.

Procedimentos

Após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade do Estado de Santa Catarina, a coleta foi realizada em uma piscina térmica (30±1°C), na qual foi posicionada uma plataforma subaquática de força, em meio a uma passarela de 8 m de comprimento (Figura 1). A plataforma e a passarela foram recobertas de piso antiderrapante. A passarela foi posicionada de acordo com a estatura de cada sujeito, de modo que o nível da água permanecesse na altura da estrutura anatômica de referência em cada situação analisada: ápice da crista ilíaca e processo xifóide.

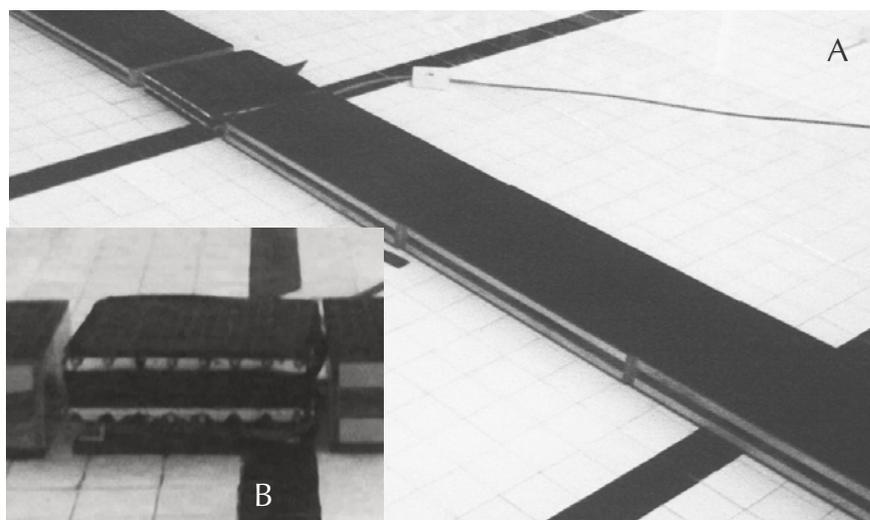


Figura 1 Ilustração: passarela no fundo da piscina (A) e detalhe da plataforma de força (B)

Antes dos participantes entrarem na piscina foram obtidas as medidas antropométricas: massa corporal, estatura e dobras cutâneas (do tríceps, suprailíaca e coxa para mulheres¹⁷ e peitoral, abdominal e coxa para homens¹⁸). Em seguida solicitou-se aos sujeitos que efetuassem um teste de corrida fora da água, percorrendo por três vezes a distância de 10 metros em velocidade auto-selecionada. Esse teste visava verificar se o sujeito apresentava alguma dificuldade ou impedimento na realização do exercício.

Posteriormente, os sujeitos entraram na piscina e foi então randomizada a ordem das imersões da corrida. Depois do sorteio da imersão (crista ilíaca ou processo xifóide), os sujeitos realizavam a corrida nas velocidades lenta, auto-selecionada e rápida. Os sujeitos tiveram o tempo que consideraram necessário para a familiarização com o equipamento. Durante essa familiarização, os pesquisadores instruíram os sujeitos sobre o movimento a ser executado e, quando o padrão se apresentou estável, a coleta de dados foi iniciada.

Em cada nível de imersão foram adquiridas seis execuções válidas nas três velocidades: lenta, auto-selecionada e rápida. Considerou-se lenta a velocidade de 0,6 m/s, respeitando-se uma variação de 10%. A velocidade auto-selecionada correspondeu à velocidade confortável para o sujeito (0,7 a 0,95 m/s) e a velocidade rápida foi a máxima que o sujeito conseguiu atingir mantendo um padrão de movimento estável (0,78 a 1,11 m/s). Para que a execução fosse considerada válida, o participante deveria realizar o contato com o pé na plataforma de força sem desequilibrar-se, sem propulsionar-se com os membros superiores e sem olhar para baixo.

Pela análise dinamométrica foram obtidas as seguintes variáveis dependentes:

- 1 máximo na componente vertical ($F_{y_{\max}}$): valor máximo da componente vertical da FRS durante o contato com a plataforma. Optou-se por normalizar os valores da FRS, em N, pelo peso corporal dos indivíduos, também em N. Apesar de o resultado da normalização ser adimensional, optou-se por expressá-lo em unidades de peso corporal (PC), como

em outros estudos relativos à marcha e corrida;

- 2 máximo na componente ântero-posterior ($F_{x_{\max}}$): valor máximo da componente ântero-posterior da FRS durante o contato com a plataforma. Assim como para a componente vertical, a $F_{x_{\max}}$ é expressa em PC.

Foram incluídas no estudo as seguintes variáveis independentes:

- 1 densidade corporal: é calculada a partir das dobras cutâneas, de acordo com as equações propostas por Jackson *et al.*¹⁷ para as mulheres e por Jackson e Pollock¹⁸ para homens. É expressa em g/ml;
- 2 percentual de gordura: corresponde à gordura corporal relativa e é calculado a partir da densidade corporal, pela equação de Siri¹⁹. É expressa em porcentagem (%);
- 3 velocidade: trata-se da velocidade de deslocamento do sujeito durante a corrida na água. É expressa em m/s;
- 4 massa corporal: é a massa corporal dos sujeitos medida fora da água, expressa em kg.
- 5 sexo: o sexo dos participantes foi incluído como uma variável categórica nominal, sendo caracterizada no banco de dados como zero (0) para os homens e um (1) para as mulheres;
- 6 imersão: representa a profundidade em que o corpo estava imerso na água. Optou-se por incluí-la na análise na condição de variável categórica nominal, sendo caracterizada no banco de dados como zero (0) para a imersão no processo xifóide e um (1) para a imersão no ápice da crista ilíaca.

Para a seleção das variáveis independentes foram considerados aspectos que podem estar relacionados a alterações nas forças de reação do solo durante a execução da corrida, como é o caso da velocidade^{10,11}. Além disso, tendo em vista que o movimento é executado na água, optou-se por considerar variáveis que possivelmente influenciariam a FRS (nível de imersão, densidade corporal e percentual de gordura corporal), considerando-se as propriedades físicas da água. Embora se saiba que a densidade corpo-

ral e o percentual de gordura sejam correlacionados, optou-se por selecionar ambos para verificar qual geraria um maior poder preditivo quando em conjunto com as demais variáveis do modelo. Por fim, o sexo foi incluído devido às diferenças antropométricas entre homens e mulheres, que poderiam influenciar a realização da corrida, como já verificado por outros estudos dos movimentos humanos^{20,21}.

Instrumentos de medida

Sistema de aquisição: para a coleta das componentes da FRS foi utilizado um sistema de aquisição composto por uma plataforma subaquática de força (dimensões de 500x500 mm, carga máxima/sensibilidade de 4000/2 N, frequência natural de 60 Hz e erro menor que 1%), ligada a um conversor analógico digital de 16 bits e 60 kHz (Lynx Tecnologia Eletrônica Ltda, São Paulo) e ao software Aqdados 7.02 (Lynx Tecnologia Eletrônica Ltda, São Paulo).

Sistema de medição da velocidade: para medição e controle da velocidade de corrida foi utilizado um sistema de fotocélulas acopladas a um cronômetro, posicionado na borda da piscina; o cronômetro foi acionado e parado automaticamente, conforme o deslocamento do sujeito desde o início até o final do percurso.

Balança: para medir a massa corporal dos participantes do estudo foi utilizada uma balança eletrônica com escala de 0,1 kg (Plenna, São Paulo, modelo MEA-08128).

Adipômetro: para a aferição das dobras cutâneas foi utilizado um adipômetro científico com escala de 0,1 mm (Cescorf, Equipamentos Antropométricos Ltda, Porto Alegre).

Processamento dos dados

Após a aquisição, os dados foram exportados para serem tratados no programa livre Scilab v.5.2.1 (Scientific Laboratory, INRIA – Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique, Paris, França). Nesse *software* foram criadas rotinas de programação para a análise dos dados na seqüência: (1) aplicação

do coeficiente de calibração; (2) filtragem (passa-faixa tipo Butterworth na frequência de corte 20 Hz); (3) normalização pelo peso corporal fora da água (para visualização da redução dos valores de força e comparação com os valores fora da água); (4) aquisição das variáveis a serem analisadas em cada passagem do sujeito; (5) cálculo da média para cada componente da FRS; e (6) exportação dos valores.

Após a exportação dos valores das variáveis, os dados foram agrupados em um banco de informações construído no programa SPSS versão 17.0.

Tratamento estatístico: para a caracterização dos dados foi utilizada a estatística descritiva, com a identificação dos valores de média e desvio padrão das seis execuções de cada sujeito em cada situação analisada. Pelo teste de Kolmogorov-Smirnov verificou-se que os dados têm distribuição normal, possibilitando a aplicação dos testes a seguir. Para a criação do modelo de predição, primeiramente procedeu-se à regressão linear múltipla pelo método *enter*. Esse passo foi realizado para analisar a associação entre as variáveis dependentes e cada variável independente, para então selecionar as variáveis que entrariam no modelo final. Foram consideradas variáveis candidatas a entrar no modelo de regressão múltipla todas aquelas que apresentaram significância estatística menor que 0,10 ($p \leq 0,10$) no teste *t*.

O modelo final por regressão linear múltipla foi construído pelo método *stepwise*. As variáveis foram incluídas a partir da análise anterior e permaneceram no modelo final segundo a correlação parcial controlada pelas variáveis que já estão no modelo, considerando-se uma significância de $p \leq 0,05$ no teste *t*.

A fim de verificar a qualidade do modelo, foi calculado o coeficiente de determinação ajustado (R^2). Além disso, foi efetuada a análise dos resíduos com o objetivo de checar as suposições do modelo de regressão linear e identificar *outliers*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores (média e desvio padrão) das variáveis independentes analisadas

Tabela 1 Características (média \pm desvio padrão) dos sujeitos mulheres (n=11) e homens (n=9) (variáveis independentes)

Variáveis	Mulheres	Homens
Velocidade (m/s)	0,72 \pm 0,13	0,78 \pm 0,17
Massa corporal (kg)	56,9 \pm 3,7	73,9 \pm 8,5
Densidade corporal (g/ml)	1,050 \pm 0,006	1,071 \pm 0,010
Percentual de gordura (%)	21,4 \pm 2,7	13,0 \pm 4,5

podem ser visualizados na Tabela 1.

Para a primeira parte da caracterização do modelo, foi utilizada a regressão múltipla pelo método *enter*, considerando-se todas as variáveis independentes. O resultado desse procedimento pode ser visto na Tabela 2. Pode-se observar que foram selecionadas, nesse primeiro procedimento, as variáveis imersão, sexo e velocidade para o modelo da componente vertical da FRS e as variáveis imersão, velocidade e massa para o modelo da componente ântero-posterior.

Quando o nível de imersão foi alterado, as maiores modificações foram observadas para a componente vertical da FRS. Como a variação do nível de imersão altera diretamente a força de sustentação do sujeito (que é a resultante entre o peso corporal e o empuxo), e a componente vertical é uma resposta à ação da gravidade, essas modificações já eram esperadas^{6,7}, assim como a associação significativa entre as duas variáveis. Ocorre uma redução nos valores das componentes de força quando imersos na

água^{6,7}, com conseqüente diminuição da magnitude das forças internas nas estruturas musculoesqueléticas²². Além da imersão, outros dois fatores apresentaram associação com a força vertical, o sexo e a velocidade, corroborando relatos da literatura que apontam a influência dessas variáveis nessa componente^{10,11,20,21}.

Em relação ao modelo inicial para a força ântero-posterior, já era esperado que a maior associação seria encontrada com a velocidade, uma vez que esta é diretamente ligada às ações propulsivas durante o deslocamento. Nesse contexto, é importante considerar que a água é cerca de 800 vezes mais densa que o ar e que a resistência ao movimento varia proporcionalmente ao quadrado da velocidade de deslocamento. Assim, para a prescrição de exercícios nesse meio viscoso, além de analisar o nível de imersão (que também apresentou associação significativa com a força ântero-posterior), deve-se considerar a velocidade do movimento^{5,7}; e, ainda, a massa

Tabela 2 Resultados da regressão linear múltipla (método *enter*) para as componentes da força de reação do solo (FRS)

Componentes da FRS	Variáveis independentes	Coefficiente de regressão	Erro padrão	<i>p</i>	R^2 ajustado
Força vertical	Constante	-95,66			0,25
	Imersão	0,10	0,05	0,053*	
	Sexo	-0,22	0,11	0,050*	
	Velocidade	0,69	0,18	<0,001*	
	Massa corporal	0,001	0,004	0,99	
	Densidade	87,79	161,52	0,58	
	Percentual de gordura	0,18	0,37	0,62	
Força ântero-posterior	Constante	-7,85			0,79
	Imersão	-0,05	0,01	0,001*	
	Sexo	0,007	0,02	0,72	
	Velocidade	0,60	0,03	<0,001*	
	Massa corporal	-0,002	0,01	0,006*	
	Densidade	7,10	28,22	0,80	
	Percentual de gordura	0,01	0,06	0,78	

* Dentro do critério de entrada no modelo final, $p \leq 0,10$

Tabela 3 Resultados da regressão linear múltipla (método *stepwise*) para a construção do modelo final de predição das componentes da força de reação do solo (FRS)

Componentes da FRS	Variáveis independentes	Coefficiente regressão	Erro padrão	p	R ² ajustado
Força vertical	Constante	0,33			0,18
	Velocidade	0,79	0,16	<0,001*	
Força ântero-posterior	Constante	-0,009			0,79
	Velocidade	0,60	0,03	<0,001*	
	Imersão	-0,056	0,01	<0,001*	
	Massa corporal	-0,002	0,01	<0,001*	

* Critério de permanência no modelo final, $p < 0,05$

corporal também apresentou associação com a componente ântero-posterior.

Na Tabela 3 podem ser observados os resultados da composição final do modelo para predição das componentes da FRS. Pode ser visto que, para a força vertical, somente permaneceu no modelo a velocidade; foram excluídas as variáveis imersão e sexo (associadas anteriormente). Ainda, para este modelo, o coeficiente de determinação encontrado é considerado muito baixo (0,18); isso significa que 82% da variação dos dados não pode ser explicada pelo modelo. Com base nesses pressupostos deve-se rejeitar o modelo para a força vertical.

Acredita-se que esse resultado está relacionado com a limitada variação do nível de imersão – ápice da crista ilíaca e processo xifóide; além disso, esses níveis entraram no modelo como variáveis categóricas. Mesmo que o modelo não tenha sido satisfatório, a associação da força vertical com as variáveis velocidade, imersão e sexo é um fato que deve ser explorado de melhor forma em estudos futuros, de modo a melhorar a capacidade de predição do modelo.

A criação de um modelo preditivo em biomecânica não é tarefa fácil¹³, e fica ainda mais difícil quando o objetivo é construir um modelo baseado em variáveis de fácil manipulação para os profissionais. Seria possível, por exemplo, construir um modelo para predição da componente vertical no nível de imersão da crista ilíaca, conforme a equação 1.

Equação 1

$$F_{y_{\max}} = -14,275 + 0,6822 \times [\text{velocidade(m/s)}] + \frac{2040,9}{[\text{massa(kg)}]} + 3,5291 \times \log[\text{empuxo(N)}] - 9,3262 \times [\text{densidadecorporal(g/ml)}] + \frac{8,1640}{[\% \text{ gordura}]}]$$

Equação 2

$$F_{x_{\max}} = -0,009 + 0,6 \times [\text{velocidade(m/s)}] - 0,056 \times [\text{imersão(crista=1;xifóide=0)}] - 0,002 \times [\text{massa(kg)}]$$

O modelo teria validade, perfazendo todos os pré-requisitos necessários, com um coeficiente de determinação ajustado de 0,66. Mas o problema desta equação é que, além conter muitas variáveis, supõe a utilização dos valores do empuxo, variável esta que não foi incluída neste estudo tendo em vista a dificuldade em mensurá-la na prática diária. Além disso, é um modelo mais complexo, que exige a transformação de variáveis, dificultando a compreensão da relação das mesmas com o fenômeno. Por fim, envolve processos logarítmicos, com os quais nem todos os profissionais se sentem confortáveis durante a manipulação das equações. Recomenda-se a continuidade de estudos visando modelos simples para que os profissionais os utilizem na prática diária de prescrição. Assim, o principal ganho com esta tentativa é de esclarecer quais variáveis deverão entrar em estudos futuros, fomentando o interesse da comunidade científica em desenvolver modelos úteis para os profissionais que lidam com exercícios aquáticos.

Para a componente ântero-posterior obteve-se um modelo final com boa

capacidade preditora, apresentando um coeficiente de determinação ajustado de 0,79. Além disso, o modelo final satisfaz os critérios de análise de resíduos, que apresentaram distribuição normal pelo teste Kolmogorov-Smirnov ($p=0,20$).

O modelo para a força ântero-posterior seria o da equação 2.

Infelizmente não foi encontrado na literatura estudo semelhante, acerca da predição da força de corrida na água, para a comparação dos resultados.

É importante ressaltar algumas limitações no processo de criação de um modelo por regressão múltipla: os resultados encontrados aplicam-se à população analisada (as características devem ser semelhantes às dos sujeitos deste estudo) e às situações que entraram na criação do modelo. Logo, o modelo gerado neste estudo aplica-se aos níveis de imersão da crista ilíaca e do processo xifóide e à faixa de velocidade utilizada no estudo (0,6 a 0,93 m/s).

CONCLUSÃO

Tanto a componente vertical como a componente ântero-posterior estão associadas à imersão e a velocidade. O modelo preditivo para a componente ântero-posterior de força de reação do solo pode ser considerado satisfatório. Entretanto, o modelo para a componente vertical apresentou um poder preditivo baixo e não pode ser recomendado para a predição dessa variável. Isso sugere que outros fatores (além daqueles investigados neste estudo) influenciam a componente vertical da força de reação do solo e deveriam ser utilizados para sua predição.

REFERÊNCIAS

1. Kaneda K, Wakabayashi H, Sato D, Uekusa T, Nomura T. Lower extremity muscle activity during deep-water running on self-determined pace. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008;18:965-72.
2. 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.* 2004;23:119-27.
3. Takeshima N, Rogers ME, Watanabe E, Brechue WF, Okada A, Yamada T, et al. Water-based exercise improves health related aspects of fitness in older women. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(3):544-51.
4. Poyhonen T, Keskinen KL, Kyrolainen H, Hautala A, Savolainen J, Makia E. Neuromuscular function during therapeutic knee exercise under water and on dry land. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82:1446-52.
5. Miyoshi T, Shiota T, Yamamoto S, Nakazawa K, Akai M. Lower limb joint moment during walking in water. *Disabil Rehabil.* 2003;25(21):1219-23.
6. Barela AMF, Stolf SF, Duarte M. Biomechanical characteristics of adults walking in shallow water and on land. *J Electromyogr Kinesiol.* 2006;16:250-6.
7. Roesler H, Haupenthal A, Schütz GR, Souza PV. Dynamometric analysis of the maximum force applied in aquatic human gait at 1.3 m of immersion. *Gait Posture.* 2006;24:412-7.
8. Colado JC, Garcia-Masso X, González LM, Triplett NT, Mayo C, Merce J. Two-leg squat jumps in water: an effective alternative to dry land jumps. *Int J Sports Med.* 2010;31:118-22.
9. Triplett NT, Colado JC, Benavent J, Alakhdar Y, Madera J, Gonzalez LM, et al. Concentric and impact forces of single-leg jumps in an aquatic environment versus on land. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(9):1790-6.
10. Keller TS, Weisberger AM, Ray JL, Hasan SS, Shiavi RG, Spengler DM. Relationship between vertical ground reaction force and speed during walking, slow jogging, and running. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 1996;11(5):253-9.
11. Stansfield BW, Hillman SJ, Hazlewood ME, Robb JE. Regression analysis of gait parameters with speed in normal children walking at self-selected speeds. *Gait Posture.* 2006;23:288-94.
12. Racic V, Pavic A, Brownjohn JMW. Experimental identification and analytical modeling of human walking forces: literature review. *J Sound Vib.* 2009;326:1-49.
13. Griffin MJ. The validation of biodynamic models. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2001;16(S1):S81-92.
14. Alexander RM. Modelling approaches in biomechanics. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2003;358:1429-35.
15. Pestana MH, Gageiro JN. Análise de dados para ciências sociais: a complementariedade do SPSS. 3a ed. Lisboa: Sílabo; 2003.
16. Yeow CH, Lee PV, Goh JC. Regression relationships of landing height with ground reaction forces, knee flexion angles, angular velocities and joint powers during double-leg landing. *Knee.* 2009;16(5):381-6.
17. Jackson AL, Pollock ML, Ward A. Generalized equations for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exerc.* 1980;12:175-82.
18. Jackson AL, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr.* 1978;40:497-504.
19. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density. In: Brozek J, Henschel A, editors. *Techniques for measuring body composition.* Washington, DC: National Academy of Science; 1961. p.223-44.
20. Chiu MC, Wang, MJ. The effect of gait speed and gender on perceived exertion, muscle activity, joint motion of lower extremity, ground reaction force and heart rate during normal walking. *Gait Posture.* 2007;25:385-92.
21. Landry SC, McKean KA, Hubley-Kozey CL, Stanish WD, Deluzio KJ. Neuromuscular and lower limb biomechanical differences exist between male and female elite adolescent soccer players during an unanticipated side-cut maneuver. *Am J Sports Med.* 2007;11:1901-11.
22. Miyoshi T, Shiota T, Yamamoto S, Nakazawa K, Akai M. Functional roles of lower-limb joint moments while walking in water. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2005; 20:194-201.