

Influência da nadadeira na cinemática da marcha em ambiente aquático e terrestre: Um estudo de caso

Influence of the swimming fin on the kinematics of gait in aquatic and terrestrial environment: a case study

Thiago Marques Dal Grande¹
Eduardo Henrique Zanella de Arruda^{2,*}
Clara Knierim Correia¹
Hélio Roesler¹
Suzana Matheus Pereira¹

Resumo

Objetivo: Apresentar uma descrição cinemática dos membros inferiores durante a marcha em velocidade normal (3km/h) e rápida (5km/h), em ambiente subaquático e terrestre, com e sem a utilização de nadadeiras, em um estudo de caso para que, posteriormente, possam ser utilizadas como dispositivo para a recuperação funcional da marcha em pacientes com problemas de mobilidade, decorrentes de doenças neurológicas ou lesões esportivas. **Método:** Foram coletados os dados cinemáticos de um indivíduo adulto, saudável e com marcha funcional. O indivíduo realizou a marcha em uma esteira terrestre descalço e, posteriormente, com nadadeiras em duas velocidades e, em seguida, realizou o mesmo procedimento em uma esteira subaquática. **Resultados:** Foi identificado que a utilização de nadadeiras, no meio subaquático, tende a promover uma maior amplitude no movimento dos membros inferiores, alcançando maior altura de joelho e pé durante a marcha, e maior angulação na flexão do joelho e dorsiflexão do tornozelo. **Conclusão:** Os achados encontrados neste estudo mostram que a utilização de nadadeiras em ambiente subaquático altera as características da cinemática da marcha, promovendo maior amplitude de movimento dos membros inferiores. Tais achados indicam que o uso de nadadeiras pode ser uma alternativa para a melhora da marcha em indivíduos com problemas de mobilidade, decorrentes de doenças neurológicas ou esportivas.

Palavras-chave: reabilitação, transtornos neurológicos da marcha, doenças do sistema nervoso.

Abstract

Objective: To present a kinematic description of the lower limbs during the gait at normal speed (3km/h) and fast (5km/h), in an underwater and terrestrial environment, with and without the use of swimming fins, in a case study so that it may subsequently be used as device for the functional recovery of gait in patients with mobility problems due to neurological diseases or sports injuries. **Methods:** Kinematic data were collected from an adult subject, healthy and with functional gait. The subject performed the gait on a ground treadmill barefoot and posteriorly with swimming fins at two speeds (3km/h and 5km/h) and then performed the same procedure on an underwater treadmill. **Results:** It was identified that the use of swimming fins in an underwater environment tends to promote a greater amplitude on the lower limbs movements, reaching greater knee and foot height during the gait, as well as greater angulation on knee flexion and ankle dorsiflexion. **Conclusion:** The findings identified in this study demonstrate that the use of swimming fins in an underwater environment alters the characteristics of gait kinematics, promoting a greater range of motion of the lower limbs. These findings indicate that the use of swimming fins may be an alternative for the improvement of gait in individuals with mobility problems, due to neurological or sports diseases.

Keywords: rehabilitation, neurologic gait disorders, nervous system diseases.

Afiliação dos autores

¹Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Santa Catarina, Brasil.

²Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Santa Catarina, Brasil.

*Autor correspondente

Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Educação Física. Laboratório de Pesquisas em Biomecânica Aquática. Rua Pascoal Simone, 358, Coqueiros, CEP: 88080-350, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. e-mail: eduhza@gmail.com

Conflito de interesses

Os autores declararam não haver conflito de interesses.

Processo de arbitragem

Recebido: 31/12/2018
Aprovado: 07/03/2019

Introdução

Diversas condições estão associadas ao comprometimento da marcha independente, de forma natural. Em atletas, geralmente essas condições são oriundas de lesões ortopédicas¹, entretanto elas também estão associadas a sequelas de diversas doenças neurológicas como, por exemplo, a Doença de Parkinson e o Acidente Vascular Encefálico (AVE), o que engloba não só atletas, mas toda a população².

O AVE é considerado um dos principais causadores de morbidade e mortalidade em países industrializados. As consequências neurológicas associadas a esse acometimento cursam em distúrbios de comunicação, de cognição, de percepção visuoespacial e motores como a hemiplegia^{3,4}. A marcha de um indivíduo hemiplégico é lenta, descoordenada, arritmica, desequilibrada, abrupta e laboriosa, o que gera um elevado consumo energético, limitando a realização de atividades diárias e causando, assim, uma perda significativa em na qualidade de vida^{5,6}. Portanto, a reabilitação da marcha é um dos principais objetivos de pacientes vítimas de AVE com hemiplegia^{7,8}.

Estudos mostram que a execução repetida da marcha em esteira, como estratégia de reabilitação, apresenta significativa melhora na força, na coordenação muscular e na reeducação do sistema neurológico⁹⁻¹¹. Assim, diferentes metodologias para a análise e reabilitação da marcha vêm sendo estudadas¹² e o tempo praticando marcha durante o tratamento é superior a qualquer outro exercício¹³.

Em casos mais severos, em que o indivíduo apresenta dificuldades em manter o ortostatismo, faz-se necessário a utilização de métodos alternativos que tornem o ambiente mais seguro, a fim de evitar quedas e novas lesões³. Nestes casos, uma alternativa é a utilização de suportes para redução do peso corporal^{14,15} ou, mais recentemente, esteiras com controle de pressão, que reduzem em até 20% o peso corporal¹⁶. Outra opção com menor custo seria a realização dos exercícios de reabilitação da marcha em ambientes aquáticos.

As propriedades físicas da água, como o empuxo, diminuem a força de reação do indivíduo ao solo à medida em que aumenta a imersão do corpo na água¹⁷⁻²⁰, proporcionando ao paciente a sensação de segurança. Além disso, há maior dificuldade de locomoção por conta do arrasto gerado pela água, obrigando o sujeito a flexionar mais o joelho e o quadril, promovendo alterações cinemáticas na marcha, que pode servir de auxílio no tratamento dos pacientes^{17,21-23}.

O presente estudo apresenta uma forma alternativa de tratamento para a reabilitação da marcha em pacientes com problemas de mobilidade. Tem-se por hipótese que o uso de nadadeiras durante a marcha, tanto em ambiente subaquático quanto terrestre, tende a promover maior flexão de quadril e joelho durante a passada. Além disso, o aumento na cadência da marcha, em indivíduos saudáveis, reduz a duração da fase de apoio, elevando a frequência de passo e as amplitudes articulares dos membros inferiores²⁴⁻²⁶. Assim, o uso de nadadeiras e o aumento na cadência da marcha podem ser utilizados como estímulo ao tratamento, através da necessidade de maior amplitude de movimento.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi apresentar uma descrição cinemática dos membros inferiores durante as marchas normal e rápida, em ambiente subaquático e terrestre, com e sem o uso de nadadeiras, em um estudo de caso, para que posteriormente possam ser utilizadas no tratamento de pacientes com hemiplegia ou na reabilitação de atletas com problemas de mobilidade na marcha.

Métodos

Por este estudo apresentar uma perspectiva exploratória, caracteriza-se como uma pesquisa quantitativa, descritiva e com caráter de estudo de caso. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UDESC (No. 50033615.9.0000.0118/2014).

Participantes

Para amostra foi selecionado um sujeito de forma não probabilística intencional. Os critérios de inclusão adotados foram: ser adulto (idade superior a 18 anos), saudável, possuir capacidade de compreensão de comandos auditivos e conseguir

desenvolver uma marcha funcional e adequada, não apresentar fobia de água e possuir capacidade de sustentação corporal no meio aquático. Após a leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) pelo participante, seguiu-se a coleta de dados.

Procedimentos de coleta de dados

Em um primeiro momento, foi explicado ao participante todos os procedimentos de coletas de dados. Após o consentimento, foram fixados no membro inferior esquerdo do participante, marcadores passivos unilaterais e bidimensionais na cabeça do quinto metatarso, maléolo lateral, epicôndilo femoral lateral e trocânter maior do fêmur para identificação dos complexos articulares do quadril, joelho e tornozelo, bem como do ângulo de flexão do joelho, dorsiflexão e altura do joelho e pé. A opção pelo lado esquerdo foi devido ao posicionamento da esteira subaquática na piscina, que não permite a análise pelo lado direito. A familiarização da caminhada na esteira terrestre (com e sem nadadeira) e subaquática (com e sem nadadeira) ocorreu logo após o término da fixação dos marcadores.

Após o pesquisador julgar que o participante estava apto, foi realizada a coleta de dados cinemáticos. Cada coleta foi realizada em 30 segundos de marcha, sendo os primeiros 10 segundos descartados, bem como os 10 segundos finais. A primeira etapa da avaliação foi realizada na esteira terrestre, com o participante descalço e com velocidade fixa de 3 km/h (velocidade próxima da marcha), seguido de um incremento para 5 km/h (velocidade simulando uma marcha rápida). Depois o sujeito calçou as nadadeiras e seguiu as mesmas orientações nas duas diferentes velocidades (3 km/h e 5 km/h). Os procedimentos adotados para a situação terrestre foram iguais para a situação subaquática. As esteiras, tanto a terrestre quanto a subaquática não apresentam inclinação.

Durante todos os procedimentos de coleta, o participante foi orientado a segurar nas barras laterais, tanto na esteira terrestre, quanto na esteira subaquática. Todos os procedimentos foram realizados nas dependências do Centro de Ciências da Saúde e do Esporte/CEFID, da Universidade Federal de Santa Catarina/UDESC.

Para tanto, foi utilizada uma esteira AQUAFIT (Modelo Conception, Sahinco, Brasil), para o ambiente subaquático e uma esteira ergométrica (Super ATL, Inbramed, Brasil), para o ambiente terrestre. A nadadeira utilizada foi da marca Hammerhead (modelo Silicone Training Fins, Brasil).

A análise cinemática foi realizada por meio de uma câmera filmadora digital com frequência de 30 frames por segundo (CANON, modelo D10, Japão). Devido ao posicionamento da esteira, a câmera foi posicionada no plano sagital esquerdo perpendicular ao participante, a uma distância de 3 metros da esteira.

Tratamento dos dados e análise descritiva

Para a análise da marcha foi selecionado um único passo (desde o contato inicial até o *toe-off*) do membro inferior esquerdo no terço intermediário de cada execução, sendo a velocidade de 3km/h e velocidade de 5km/h. Para digitalização das imagens obtidas nas avaliações cinemáticas e a calibração, foi utilizado o *software* APAS (versão 1.4, Ariel Performance Analysis System, Ariel Dynamics, Estados Unidos).

As imagens foram analisadas no *software* Kinovea (versão 0.8.15, França). Foram identificados os graus nos instantes de máxima flexão do joelho e máxima dorsiflexão do tornozelo, além da altura, em centímetros, do joelho e pé. A altura foi verificada no instante máximo de flexão do joelho e tornozelo, traçando uma linha perpendicular dos pontos maléolo lateral e epicôndilo femoral até o solo, respectivamente. Os dados quantitativos da cinemática da marcha foram organizados em um banco de dados e computados no programa Excel® (Microsoft Excel®, versão 2010, Microsoft, Estados Unidos). Neste mesmo *software*, foram realizadas as análises descritivas dos dados, sob valores absolutos.

A Figura 1 apresenta a identificação dos graus nos instantes de máxima dorsiflexão do tornozelo e máxima flexão do joelho em ambos os ambientes (subaquático e terrestre) com e sem a utilização de nadadeiras.

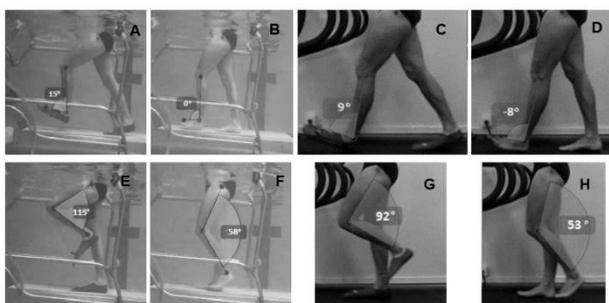


Figura 1. Instantes de máxima dorsiflexão do tornozelo e máxima flexão do joelho em ambos os ambientes. A: ambiente subaquático com nadadeira; B: ambiente subaquático descalço; C: ambiente terrestre com nadadeira; D: ambiente terrestre descalço. E: ambiente subaquático com nadadeira; F: ambiente subaquático descalço; G: ambiente terrestre com nadadeira; H: ambiente terrestre descalço.

Tabela 1

Altura do joelho e do pé do participante durante a marcha em ambos ambientes (subaquático e terrestre), velocidades (3km/h e 5km/h) e implementos (com e sem a utilização de nadadeiras).

Velocidade	Subaquático				Terrestre			
	Com nadadeira		Descalço		Com nadadeira		Descalço	
	Joelho	Pé	Joelho	Pé	Joelho	Pé	Joelho	Pé
3km/h	70,73 cm	31,95 cm	51,59 cm	10,01 cm	54,56 cm	14,64 cm	46,46 cm	7,62 cm
5km/h	70,32 cm	31,30 cm	49,46 cm	10,64 cm	50,00 cm	13,48 cm	46,97 cm	8,15 cm

Flexão do Joelho

Os valores dos ângulos no instante de flexão máxima do joelho, em graus, do participante durante a marcha em ambos ambientes (subaquático e terrestre), velocidades (3km/h e 5km/h) e implementos (com e sem a utilização de nadadeiras) são apresentados na Tabela 2. Pode-se observar que o participante, ao usar as nadadeiras, apresentou uma maior flexão do joelho, tanto em ambiente terrestre quanto subaquático, sendo o maior valor identificado foi na marcha subaquática.

Tabela 2

Flexão máxima do joelho do participante durante a marcha em ambos ambientes (subaquático e terrestre), velocidades (3km/h e 5km/h) e implementos (com e sem a utilização de nadadeiras).

Velocidade	Subaquático		Terrestre	
	Com nadadeira	Descalço	Com nadadeira	Descalço
	3km/h	115°	58°	92°
5km/h	126°	53°	85°	62°

Outro ponto a ser observado foi que o participante apresentou valores próximos na flexão do joelho durante marcha descalço em ambos os ambientes. Além disso, quando ocorre o aumento da velocidade, percebe-se que o participante realizou maior flexão de joelho com nadadeira no ambiente subaquático, sendo 237,7% maior quando comparado a mesma situação sem a nadadeira (Tabela 2).

Dorsiflexão do Tornozelo

Os valores dos ângulos no instante de dorsiflexão máxima de tornozelo, em graus, do participante durante a marcha em ambos ambientes (subaquático e terrestre), velocidades (3km/h e 5km/h) e implementos (com e sem a utilização de nadadeiras) são apresentados na Tabela 3. Pode-se observar que, o participante, ao utilizar a nadadeira, apresentou maiores valores de dorsiflexão de tornozelo, tanto em ambiente terrestre quanto no subaquático, independentemente da velocidade, onde se alcançou 15° de dorsiflexão na fase balanço terminal da marcha.

Tabela 3

Dorsiflexão máxima do tornozelo do participante durante a marcha em ambos ambientes (subaquático e terrestre), velocidades (3km/h e 5km/h) e implementos (com e sem a utilização de nadadeiras).

Velocidade	Subaquático		Terrestre	
	Com nadadeira	Descalço	Com nadadeira	Descalço
	3km/h	15°	0°	9°
5km/h	15°	1°	5°	3°

Resultados

Altura do joelho e pé

Os valores da altura alcançada, em centímetros, do joelho e do pé do participante durante a marcha em ambos ambientes (subaquático e terrestre), velocidades (3km/h e 5km/h) e implementos (com e sem a utilização de nadadeiras) são apresentados na Tabela 1. De acordo com os dados, percebe-se que a utilização da nadadeira resultou em uma maior altura do joelho e do pé do participante, independente da velocidade e ambiente.

A diferença entre o maior e menor valor de elevação do joelho e do pé foi identificado na velocidade de 3km/h e obtiveram, respectivamente, os seguintes valores de 152,24% e 419,29%. Outra observação se refere à velocidade que, apesar do incremento da mesma, parece não ter influenciado nos valores de altura alcançados pelo joelho e pé do sujeito.

Um ponto a ser observado se refere às angulações nas diferentes velocidades. No ambiente subaquático houve incremento de apenas 1° com o participante descalço e nenhuma alteração com o uso da nadadeira. Já no ambiente terrestre, observou-se um comportamento de decréscimo na dorsiflexão, independente da utilização da nadadeira.

Discussão

Partindo da premissa de reabilitação por meio da execução repetitiva da marcha em esteira, o objetivo deste estudo foi de apresentar uma descrição cinemática dos membros inferiores durante a marcha, em ambiente subaquático e terrestre, com e sem o uso de nadadeiras, em um estudo de caso para que, posteriormente, possa ser utilizado no tratamento de pacientes com problemas de mobilidade, decorrentes de doenças neurológicas, como o AVE, ou atletas com lesões esportivas. Para isso, foram analisadas as variáveis altura do joelho e do pé durante a marcha, bem como os ângulos de flexão do joelho e dorsiflexão do tornozelo.

As variáveis altura do joelho e pé se elevaram ao aumentar a cadência da marcha no ambiente terrestre descalço, o que condiz com os achados indicados por Stuart²⁴ e Stoa²⁵, porém, não se verificou o mesmo com a utilização de nadadeiras e nem no ambiente subaquático (com e sem nadadeira). O ângulo de flexão do joelho se elevou ao se utilizar nadadeiras em ambos os ambientes, porém, com o aumento da cadência, apenas o ambiente aquático com a utilização de nadadeiras apresentou elevação no valor. Já a dorsiflexão do tornozelo se elevou ao utilizar nadadeiras em ambos os ambientes, sendo mais expressivo no ambiente aquático. O aumento da velocidade reduziu a dorsiflexão no ambiente terrestre e não apresentou grandes diferenças no ambiente aquático.

A alteração mais comum em indivíduos com hemiplegia (cerca de 70% deles) ocorre na articulação do tornozelo, reduzindo sua dorsiflexão e, assim, se tornando insuficiente tanto para a fase de balanço que, por sua vez, acarreta no arrasto do pé²⁷, quanto para a fase de apoio, que impede o posicionamento adequado do pé²⁸. Assim, nossos achados indicam que a associação de nadadeiras nos pés, em ambiente aquático, pode influenciar positivamente na mobilidade de todo o membro inferior, visto que foi identificado maior dorsiflexão do tornozelo ao se utilizar nadadeiras, bem como uma maior elevação do joelho e do pé, sugerindo, assim, uma menor chance de arrasto da perna durante a atividade, maior conforto, segurança, confiança e evolução na recuperação da marcha.

Os resultados encontrados no presente estudo podem também ser uma alternativa na reabilitação de atletas com lesão de quadril, joelho ou tornozelo, uma vez que estes também apresentam disfunções nas fases da marcha²⁹. Sendo assim, a

proposta de treinamento com nadadeiras, no ambiente aquático, se configura como uma alternativa para abordar diversas situações que envolvam problemas de mobilidade, sobretudo para casos mais graves onde o paciente necessita de suporte de peso corporal.

Nosso estudo possui algumas limitações que devem ser relatadas. Primeiramente, nosso estudo incluiu apenas um participante, dificultando a generalização dos dados. Além disso, a avaliação apenas no membro esquerdo também se torna um fator limitante, visto que, mesmo em indivíduos saudáveis, existem diferenças entre os membros³⁰.

Entretanto, nosso estudo possui um caráter inovador, uma vez que apresenta uma alternativa no processo de reabilitação de membros inferiores. Até o momento, não foram encontrados estudos com a mesma temática, ou com objetivos semelhantes. Apesar do nosso estudo incluir um participante saudável, os resultados indicam que existem alterações na cinemática da marcha com a utilização de nadadeiras. Desta forma, a partir dos resultados encontrados, especula-se que esse tipo de intervenção pode ser aplicado em população especiais como, por exemplo, indivíduos com sequelas de doenças neurológicas, como AVE e Doença de Parkinson, bem como de pessoas comuns com problemas de mobilidade decorrentes de lesões nos membros inferiores.

Por fim, a nadadeira como alternativa de reabilitação em pacientes com alterações na cinemática da marcha necessita de maiores investigações, portanto, sugerem-se novos estudos de viabilidade, incluindo um maior número de participantes e sujeitos com dificuldade na deambulação, como por exemplo, pacientes hemiplégicos e atletas com lesão nos membros inferiores.

Conclusão

Os resultados obtidos neste estudo mostraram que a utilização de nadadeiras altera as características da cinemática da marcha, sobretudo em ambiente subaquático. Dentre as distintas configurações de marcha aplicadas, a utilização de nadadeiras no ambiente subaquático destacou-se, apresentando os maiores valores na altura do joelho e dos pés, além de flexão do joelho e dorsiflexão do tornozelo.

Referências

- Carazzato JG, Campos LAN, Carazzato SG. Incidência de Lesões Traumáticas em Atletas Competitivos de Dez Tipos de Modalidades Esportivas. *Rev Bras Ortop.* 1992; 27:745-758.
- Silva, PFCM. Sistemas de Análise de Imagens de Ecografia para Reumatologia. Técnicas Baseadas na Transformada Wavelet para Minimização de Ruído Spekle. Bragaça, Portugal. Dissertação [Mestrado em Tecnologia Biomédica] - Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragaça; 2014.
- Batchelor FA, Mackintosh SF, Said CM & Hill KD. Falls After Stroke. *Int J Stroke.* 2012; 7(6):482-490.
- Belda-Lois J, Horno SM, Bermejo-Bosck I, Moreno JC, Pons JL, Farina D, et al. Rehabilitation of gait after stroke: a review towards a top-down approach. *J NeuroengRehabil.* 2011; 8:66.
- Zamparo P, Francescato MP, De Luca G, di Prampero PE. The energy cost of level walking in patients with hemiplegia. *Scand J Med Sci Sports.* 1995; 5:348-352.
- Esquenazi A, Hirai B. Gait Analysis in Stroke and Head Injury. In: Graik RL, Oatis A. *Gait Analysis: Theory and Application.* St. Louis: Mosby-Year Book, 1995, pp. 412-2.
- Bohannon RW, Andrews AW, Smith MB. Rehabilitation goals of patients with hemiplegia. *Int J Rehabil Res.* 1988; 11(2):181-183.
- Harris JE, Eng JJ. Goal Priorities Identified through Client-Centred Measurement in Individuals with Chronic Stroke. *Physiother Can.* 2004;56(3):171-176.
- Beyaert C, Vasa R, Frykberg GE. Gait post-stroke: pathophysiology and rehabilitation strategies. *Clin. Neurophysiol.* 2015; 45:335-355.
- Eng JJ, Tang PF. Gait training strategies to optimize walking ability in people with stroke: a synthesis of the evidence. *Expert Rev Neurother.* 2007; 7(10):1417-36.
- Werner C, Lindquist AR, Bardeleben A, Hesse S. The Influence of Treadmill Inclination on the Gait of Ambulatory Hemiparetic Subjects. *Neurorehabil Neural Repair.* 2007; 21(1):76-80.
- Olney SJ, Richards C. Hemiparetic gait following stroke. Part I: Characteristics. *Gait Posture.* 1996; 4:136-148.
- Latham NK, Jette DU, Slavin M, Richards LG, Procinio A, Smout RJ, et al. Physical therapy during stroke rehabilitation for people with different walking abilities. *ArchPhysMedRehabil.* 2005; 86(12):41-50.
- Segura, MSPO. O Andar de Pacientes Hemiplégicos no Solo e na Esteira com Suporte Total e Parcial de Peso. Rio Claro. Dissertação [Mestrado em Ciências da Motricidade] - Universidade Estadual Paulista; 2005.
- Visintin M, Barbeau H, Korner-Bitensky N, Mayo NE. A New Approach to Retrain Gait in Stroke Patients Through Body Weight Support and Treadmill Stimulation. *J Am Heart Assoc.* 1998; 29(6):1122-1128.
- Lathan C, Myler A, Bagwell J, Powers MC, Fisher B. Pressure-controlled treadmill training in chronic stroke: a case study with AlterG. *J Neurol Phys Ther.* 2015; 39(2):127-33.
- Roesler H, Brito RN, Haupenthal A, Souza PV. Análise Comparativa da Marcha Humana em Solo à Subaquática em dois Níveis de Imersão: Joelho e Quadril. *Rev Bras Fisioter.* 2004; 8:1-6.
- Miyoshi T, Shiota T, Yamamoto S, Nakazawa K, Akai M. Effect of the Walking Speed to the Lower Limb Joint Angular Displacements, Joint Moments and Ground Forces During Walking in Water. *DisabilRehabil.* 2004; 26:724-732.
- Nakazawa K, Yano H, Myashita M. Ground Reaction Forces During Walking in Water. *J Sports Sci Med.* 1994; 39:28-34.
- Yamamoto S, Nakazawa K, Yano H. Lower Limb Kinematic During Walking in Water. In: ISB Congress; 1995; Jyväskylä. Books of Abstracts: University of Jyväskylä; 1995. p. 1012-1013.
- Park S, Kim S, Lee S, An H, Choi W, Moon O, et al. Comparison of Underwater and Overground Treadmill Walking to Improve Gait Pattern and Muscle Strength after Stroke. *J PhysTherSci.* 2012; 24:1087-1090.
- Barela AMF. Análise Biomecânica do Andar de Adultos e Idosos nos Ambientes Aquático e Terrestre. São Paulo. Tese [Doutorado em Biodinâmica do Movimento Humano] - Escola de Educação Física e Esporte da USP; 2005.
- Ribas DIR, Israel VL, Manfra EF, Araújo CC. Estudo Comparativo dos Parâmetros Angulares da Marcha Humana em Ambiente Aquático e Terrestre em Indivíduos Hígidos Adultos Jovens. *Rev Bras Med Esporte.* Nov/Dez 2007; 13(6):371-375.
- Stoquart G, Detrembleur C, Lejeune T. Effect of Speed on Kinematic, Kinetic, Electromyographic and Energetic Reference Values During Treadmill Walking. *Neurophysiol Clin.* May 2008; 38(2):105-116.
- Stoia DI, Tascu M. Influence of Treadmill Velocity on Joint Angles of Lower Limbs During Human Gait. In: Proceedings of the 3. E-Health and Bioengineering Conference; 24-26 Nov. 2011. Iași, Romania; Piscataway, NJ: 2011; 1-4.
- Orendurff MS, Kobayashi T, Tulchin-Francis K, Tullock AMH, Chris C, Chan C, Kraus E, Strike S. A Little Bit Faster: Lower Extremity Joint Kinematics and Kinetics as Recreational Runners Achieve Faster Speeds. *J Biomech.* 2018; 71:167-175.
- Ottoboni C, Fontes SV, Fukujima MM. Estudo Comparativo Entre Marcha Normal e a de Pacientes Hemiparéticos por Acidente Vascular Encefálico: Aspectos Biomecânicos. *RevNeurocienc.* 2002; 10(1):10-6.
- Iwabe C, Diz MAR, Barudy DP. Análise Cinemática da Marcha em Indivíduos com Acidente Vascular Encefálico. *Rev Neurocienc.* 2008; 16(4):292-296.
- DeJong A, Hertel J. Gait-Training Devices in the Treatment of Lower Extremity Injuries in Sports Medicine: Current Status and Future Prospects. *Expert Rev Med Devices.* 2018; 15(12):891-909.
- Valle DR, Gundersen LA, Barr AE, et al. Bilateral Analysis of the Knee and Ankle During Gait: An Examination of the Relationship Between Lateral Dominance and Symmetry. *Phys Ther.* 1989; 69:640-650.