

Comparação da postura dinâmica do tronco durante a marcha e a corrida de atletas corredores não adaptados à esteira subaquática

Comparison of dynamic trunk position during gait and running among runners not adapted to underwater treadmill

THON RA, NASCIMENTO JUNIOR J, POSSAMA F, BARDY R, DEPRÁ PP.
Comparação da postura dinâmica do tronco durante a marcha e a corrida de atletas corredores não adaptados à esteira subaquática. **R. bras. Ci. e Mov** 2017;25(2):23-31.

RESUMO: A marcha e a corrida compreendem uma importante forma de locomoção humana e estão inseridas no âmbito de exercícios aquáticos, e a sua compreensão depende de uma complexa interação de diversos mecanismos musculares. A literatura atual reconhece as vantagens propiciadas pela prática de exercícios no meio líquido por conta da redução do impacto e a ação das propriedades físicas da água. Este estudo objetivou descrever a postura do tronco de indivíduos não adaptados à esteira subaquática durante a realização da marcha e da corrida. Participaram da pesquisa sete voluntários (média de idade de $32,43 \pm 1,46$ anos), não adaptados à esteira subaquática. A Análise do tronco ocorreu por meio da Videogrametria. Os voluntários realizaram a marcha e a corrida sobre a superfície da esteira subaquática em um período de adaptação de 4 min, com velocidade inicial de 3,5 km/h e se locomoveram em mais 10 velocidades; com incremento gradual de 0,4 km/h até a velocidade de 7,5 km/h. Foi calculado o ângulo absoluto médio do tronco no plano sagital em função de 16 ciclos de passadas. Para análise dos dados, utilizou-se os testes de *Friedman* e *Wilcoxon* ($p < 0,05$). Os resultados evidenciaram que os picos angulares de oscilação do tronco foram maiores na velocidade de transição da marcha para a corrida na velocidade 5,5 km/h. Quando comparadas as oscilações das amplitudes angulares do tronco em função das diferentes velocidades de locomoção do grupo avaliado, foram identificadas diferenças angulares do tronco em diversas velocidades no plano sagital. Concluiu-se que as oscilações do tronco se comportaram diferente em função da velocidade no plano sagital, indicando a complexidade da tarefa no meio líquido.

Palavras-chave: Marcha; Corrida; Postura do tronco; Esteira Subaquática; Reabilitação.

ABSTRACT: Both gait and running feature an important mean of human locomotion inserted in the sports scope, and their comprehension relies on a complex interaction of several muscle mechanisms. The objective of this study was to describe the trunk position of subjects not adapted to underwater treadmill during gait and running. Seven volunteers not adapted to underwater treadmill took part in the study ($32 - 43 \pm 1 - 46$ years old). The trunk analysis was carried out through Videogrametry. The volunteers conducted both gait and running for a 4-minute adaptation period with initial speed of 3,5 km/h and movements in 10 speeds; gradual increase from 0.4 km/h to 7,5 km/h. The average absolute angle of the trunk for the sagittal plane was calculated according to 16 cycles of paces. For data analysis, it was used *Friedman* and *Wilcoxon* tests ($p < 0,05$). Results revealed that the angle peak for trunk oscillation were higher at gait speed during transition to running at 5,5 km/h. When comparing the oscillations of the trunk angle ranges according to the different locomotion speeds, trunk angular differences were identified at several speeds in the sagittal plane. It has been concluded that the trunk oscillations behaved differently according to the speed in the sagittal plane pointing to the complexity of underwater tasks.

Key Words: Gait; Running; Trunk position; Underwater treadmill; Rehabilitation.

Regina Alves Thon¹
José Roberto A. do
Nascimento Junior²
Fernando Possamai³
Rafael Bardy
Pedro Paulo Deprá⁴

¹Universidade Paranaense

²Universidade Federal do
Vale do São Francisco

³Faculdade Metropolitana
de Maringá

⁴Universidade Estadual de
Maringá

Introdução

Apesar de a marcha e a corrida serem consideradas tarefas simples do cotidiano, tais movimentos requerem uma complexa interação de diversos mecanismos musculares que ocorrem no corpo humano. Além disso, estas formas de locomoção não ocorrem apenas no meio terrestre, mas também no meio aquático. Diversos estudos apontam que a importância e a vantagem de executar exercícios na água podem estar relacionadas à redução das forças de sustentação do peso¹⁻³. Além disso, pode-se destacar a minimização de efeitos do peso sobre estruturas articulares no meio aquático, devido à diminuição do impacto do corpo humano com o solo promovido pelas propriedades da água⁴.

Embora pesquisas^{1,3} apontem que a realização de exercícios subaquáticos pode diminuir o impacto do corpo com o solo e, conseqüentemente, reduzir o número de lesões, não foram encontrados estudos que tenham avaliado a postura dinâmica durante a marcha e a corrida no meio aquático, principalmente em relação à descrição do tronco de indivíduos não adaptados à esteira subaquática, sendo esta a lacuna que o presente estudo pretende explorar.

Assim, o presente estudo torna-se relevante na medida em que o movimento do tronco é uma característica essencial da postura na locomoção e o entendimento do seu comportamento dinâmico pode possibilitar aos profissionais de Educação Física e Fisioterapia melhor compreensão sobre a estruturação de procedimentos mais seguros a condição de programas de condicionamento físico e reabilitação. Nesse sentido, estudo de Brenzikofer *et al.*⁵ analisou as alterações posturais do dorso e da coluna, verificando que a marcha e a corrida no meio terrestre podem contribuir para o avanço dos métodos de análise do movimento envolvendo a descrição do comportamento da coluna vertebral a partir da cinemática tridimensional.

Diferentes características biomecânicas da postura já foram investigadas na marcha, principalmente em relação à identificação dos parâmetros de força de reação do solo em esteiras, como também, aos parâmetros de adaptações posturais na marcha em pisos escorregadios alteram o momento angular das articulações⁶⁻⁸. Também podem ser observados estudos relacionados às variáveis da marcha em diferentes populações, como em mulheres⁹, crianças com paralisia cerebral¹⁰, idosos¹¹, diferentes faixas etárias e patologias¹²; idosos e jovens em aplicação de dupla tarefa¹³, efeitos de diferentes pesos de mochila no alinhamento postural de crianças em idade escolar¹⁴, assim como a análise biomecânica da lordose lombar durante a marcha em esteira inclinada¹⁵.

Algumas investigações apontam a comparação da marcha aquática e terrestre em relação à marcha em função de parâmetros biomecânicos¹⁶⁻¹⁷. Desta forma, pode-se verificar a carência de estudos que avaliem a postura do tronco durante a marcha e a corrida em esteira subaquática. No entanto, o presente estudo pretende avançar na análise de locomoção humana ao avaliar a marcha e a corrida no meio subaquático, investigando a variação da postura do tronco de indivíduos não adaptados à esteira subaquática.

Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo comparar a postura do tronco de indivíduos não adaptados à esteira subaquática em diferentes velocidades da marcha e da corrida. Especificamente buscou-se identificar os picos angulares do tronco no plano sagital, como segmento único, e as suas amplitudes em função da variação da velocidade da marcha e da corrida, além de comparar tais picos angulares em função do sexo. Teve-se como hipótese que a marcha subaquática seria mais resistiva para as oscilações que ocorreriam no tronco no plano sagital quando comparados à corrida subaquática.

Materiais e Método

Amostra

O estudo caracterizou-se como descritivo transversal. A amostra foi do tipo “Não Probabilística Intencional”, sendo composta por sete voluntários com experiência esportiva, no atletismo de rua da equipe que representava o município de Maringá nos Jogos Abertos do Paraná 2012, no entanto, não adaptados à esteira subaquática, sendo 2 do

sexo feminino e 5 do sexo masculino. Os sujeitos foram encaminhados pela técnica da equipe após contato com a pesquisadora.

A coleta foi realizada de forma individual através de agendamento tanto dos indivíduos de acordo com a disponibilidade dos voluntários e da clínica de condicionamento físico e reabilitação onde estava a esteira subaquática. Este estudo obteve o parecer favorável do Comitê de ética local sob nº 126368/2012. Após contato com a treinadora da equipe adulta que representa a cidade de Maringá-PR nos Jogos Abertos do Estado do Paraná e sua autorização, foi feito o contato com os atletas e os mesmos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). Os indivíduos apresentaram idade média de $32,43 \pm 1,46$ anos, estatura de $1,74 \pm 0,37$ metros e massa corporal de $67,11 \pm 3,33$ kg.

Os critérios de inclusão para participação da pesquisa foram: (1) não apresentar quadro de disfunções locomotoras e/ou doenças osteoarticulares; (2) pertencer da equipe adulta de atletismo competitivo por pelo menos um ano, e treinar pelo menos três vezes semanais; (3) representar a equipe adulta de corrida do município de Maringá-PR; e (4) Não apresentar histórico clínico dores na coluna e ou restrição osteoarticular.

Coleta de dados

A análise do tronco foi realizada através da cinemetria tridimensional¹⁸. O tronco foi representado por um modelo biomecânico composto pela identificação de pontos anatômicos representativos do dorso dos voluntários. O modelo de representação do tronco por meio de marcadores foi baseado no modelo utilizado nos estudos de Paula *et al.*¹⁹, sendo adaptado conforme ilustrado na Figura 1.

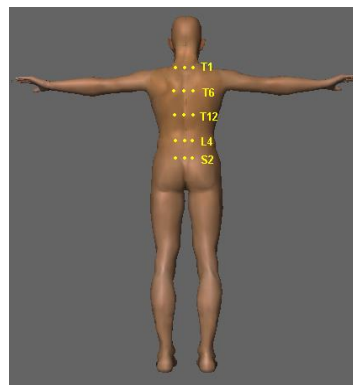


Figura 1. Modelo biomecânico do Tronco.

Foram posicionados marcadores planos, analérgicos e retrorrefletores no dorso dos participantes, sobre cada processo espinhoso das vértebras T1, T6, T12, L4 e S2. A partir destes marcadores, foram adicionados paralelamente à linha definida pelos processos espinhosos mais cinco pares de marcadores, que foram posicionados a uma distância de 7,5 centímetros de cada lado da vértebra identificada. Esta distância foi definida a partir de um estudo piloto levando-se em consideração o dorso dos voluntários com a pesquisadora para verificação da aplicabilidade e efetividade do protocolo a ser adotado no presente estudo.

Os avaliados utilizaram trajes de banho, sendo que os homens com calção preto e as mulheres com biquíni modelo “frente única”, a fim de não dificultar a visibilidade dos marcadores. Todos os voluntários utilizaram meias de hidroginástica preta para facilitar a visibilidade dos segmentos corporais imersos para identificação dos instantes constituintes da passada. Durante a filmagem foi garantida a privacidade dos voluntários estando presente no recinto apenas os pesquisadores. Cada voluntário marchou por quatro minutos sobre uma esteira subaquática modelo *AquaFit*®

para permitir sua adaptação. A esteira tem como possibilidades de velocidade máxima de operação: 10,0 km/h, com características muito semelhantes às encontradas em estudos no meio terrestre, entretanto, sua estrutura é toda hidráulica sendo apenas o mecanismo do monitor operado eletronicamente. Para o estudo a mesma estava posicionada horizontalmente e sem inclinação, com superfície de 2m de comprimento por 0,7m de largura.

Inicialmente a postura ortostática de cada voluntário foi registrada em seguida foi realizado o período de 4 minutos de adaptação do voluntário, as velocidades foram acrescentadas progressivamente em 0,4 km/h a cada 20 ciclos de passada, onde posteriormente foram selecionados para análise apenas 16 ciclos até a velocidade de 7,5 km/h. Este tempo é considerado suficiente para a estabilização da movimentação vertebral do sujeito em situação de marcha na esteira²⁰. A velocidade da marcha inicial de adaptação de 3,5 km/h foi à única indicada como obrigatória ao padrão da marcha, após essa adaptação o incremento de 0,4 km/h, não foi controlado o momento de transição à corrida. As velocidades foram as seguintes: 3,5 km/h; 3,9 km/h; 4,3 km/h; 4,7 km/h; 5,1 km/h; 5,5 km/h; 5,9 km/h; 6,3 km/h; 6,7 km/h; 7,1 km/h e 7,5 km/h. Não houve interrupção entre as transições marcha/corrida e as mudanças das velocidades. Foi utilizado um dispositivo luminoso que serviu tanto para avisar os voluntários das mudanças de velocidade como para sincronizar o momento exato dessas trocas com o ciclo da marcha e da corrida dos indivíduos quando visualizado no vídeo.

A coleta se realizou em apenas um momento para cada voluntário, onde posteriormente foram selecionados 16 ciclos. As velocidades onde cada voluntário não conseguiu cumprir a tarefa de se locomover, sem apoio no suporte da lateral da esteira, foram excluídas da análise. Os testes foram realizados com a temperatura da água entre 27 °C e 30 °C. Segundo a literatura esta faixa de temperatura é segura e ideal para a realização de exercícios físicos direcionados ao condicionamento²¹⁻²². A superfície da água foi regulada na altura da crista ilíaca de cada sujeito^{3,21}, por isso a coleta foi realizada de forma individual, considerando que foi necessário ajustar o nível da água acordo com a estatura de cada sujeito.

A área na qual foi realizado o movimento foi previamente calibrada em relação a um sistema de referência 3D. O sistema de referência foi orientado da seguinte forma: 'x' positivo na progressão do movimento; 'y' positivo na direita para a esquerda do voluntário e 'z' positivo de baixo para cima. O registro das imagens foi realizado por três câmeras digitais. Duas câmeras digitais (NV-GS180 Panasonic, PV-GS56 Panasonic) com shutter 1/500, onde foram posicionadas com tripés ajustados e alinhados a uma distância entre o foco das lentes de um metro o que possibilitou o registro do dorso e a terceira subaquática submersa (modelo X-trax SD 20) e acoplada a um case específico sob uma plataforma fixa para o registro dos membros inferiores. Estes registros estereoscópicos do dorso possibilitaram a localização dos marcadores no espaço 3D e a representação do tronco dos voluntários na marcha e na corrida. O calibrador foi constituído por um cubo com dimensões 1m x 1m x 1m. Para o processo de calibração do sistema de referência foram identificados no cubo pontos a cada 0,10 mm de cada vértice através do posicionamento de marcadores retrorefletores, onde foi posicionado exatamente no plano do movimento sob a base da esteira, que estava para fora da superfície da água. A sincronização das sequências de imagens das três câmeras se deu através de sinal luminoso emitido por um sistema de luz instalada em uma estrutura aérea e submersa acoplada a um periscópio.

Procedimentos do tratamento dos dados

As imagens foram capturadas a uma frequência de 30 Hz e armazenadas em fitas digitais (*Mini DV*). Após o registro das imagens, estas foram digitalizadas automaticamente e transformadas em um arquivo AVI, através do software *Pinnacle Studio Plus*, versão 9.4. Após o armazenamento as sequências de imagens de cada câmera foram analisadas a uma frequência de 60 Hz através do software *Dvideow* que permitiu o desentrelaçamento das imagens e a reconstrução 3D as coordenadas tridimensionais dos marcadores foram reconstruídas com a aplicação do método DLT

(*Direct Linear Transformation*) implementado no sistema *Dvideow* dos marcadores posicionados no dorso dos voluntários²³. A confiabilidade da reconstrução das coordenadas 3D se deu a partir de um estudo piloto, no qual encontramos um erro relativo menor que 1% no presente estudo.

Em cada velocidade foram selecionados 16 ciclos de passadas de cada vídeo para análise quantitativa²⁴. O ciclo de passada foi definido pelo contato sucessivo do pé direito sobre a superfície da esteira tanto para a marcha quanto para a corrida, sincronizado a partir da câmera subaquática.

Após o processo de reconstrução 3D as coordenadas foram filtradas utilizando filtro *ButterWorth* de segunda ordem e a 5 Hz em funções específicas em rotina *Matlab*®. Para análise da movimentação do tronco no plano sagital, este foi considerado como um segmento único representado pelo segmento de reta que une os pontos T1 e S2 em relação à vertical^{25,26,27}.

Fórmula:

$$\theta = a \tan \left(\frac{Z_{T1} - Z_{S2}}{X_{T1} - X_{S2}} \right)$$

O ângulo médio foi calculado em função das dezesseis passadas selecionadas no trecho de imagens, considerando-se o ciclo padrão de passada. A partir da curva definida pelo ângulo médio, em função do ciclo padrão da passada, foram identificados os picos angulares (oscilações angulares máximas e mínimas) e calculadas as amplitudes no plano de movimento.

Análise estatística

Os dados foram analisados no software SPSS 20.0. Foi realizado o teste de *Shapiro-Wilk* para verificar a normalidade dos dados. Como os dados não apresentaram distribuição normal, os resultados descritivos foram representados pela Mediana (*Md*) e Quartis (*Q1*; *Q3*). Para a comparação em função do sexo foi utilizado o teste “U” de *Mann-Whitney*. Para a comparação das amplitudes das oscilações angulares (T1-S2) do tronco entre as diferentes velocidades de marcha e corrida foi utilizado o teste de *Friedman*, uma vez que a esfericidade dos dados também foi violada, seguido do Teste de *Wilcoxon* para comparação entre pares de velocidades. A significância adotada foi $p < 0,05$ ²⁸.

Resultados

Os resultados indicaram que os voluntários desenvolveram a marcha nas velocidades 3,5 km/h, 3,9 Km/h, 4,3 km/h e 4,7 km/h e iniciaram a corrida na velocidade 5,5 km/h. A transição ocorreu na velocidade de 5,1 km/h. Não foram identificadas diferenças em relação ao comportamento das velocidades de transição da marcha e da corrida em função do sexo ($p > 0,05$), por isso os resultados serão apresentados para a amostra total.

A Tabela 1 apresenta a descrição dos picos angulares máximos e mínimos da movimentação do tronco no plano sagital em função das diferentes velocidades dos corredores não adaptados.

A mediana encontrada no plano sagital em relação à posição ortostática foi de 7,93 (4,90-11,12) graus. Os maiores valores de pico máximo (Tabela 1) foram encontrados na velocidade de transição da marcha para corrida na velocidade 5,1 Km/h [16,62 (12,03; 19,29)] e pico mínimo [7,30 (5,58; 13,91)].

Ao comparar as amplitudes das oscilações angulares do tronco (graus) no plano sagital em função das diferentes velocidades (Tabela 2), foram encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as três velocidades iniciais da marcha; com as velocidades de transição e corrida, entretanto as maiores medianas de amplitude de oscilação do tronco no plano sagital foram na velocidade de 7,5 km/h [6,93 (4,66; 7,15)].

Tabela 1. Descrição dos picos angulares máximos e mínimos da movimentação do tronco (T1-S2) do tronco no plano sagital em função das diferentes velocidades.

Padrão de movimento	Velocidades [momento (km/h)]	Pico máximo (graus)	Pico mínimo (graus)
		Md (Q1-Q3)	Md (Q1-Q3)
Marcha	3,5	12,29 (8,10;17,09)	7,95 (3,94;14,16)
	3,9	12,75 (8,96;17,90)	8,61 (5,39;14,69)
	4,3	14,10 (10,54;18,59)	9,93 (6,58;15,29)
	4,7	14,72 (11,50;19,36)	9,53 (7,70;14,93)
Transição	5,1	16,62 (12,03;19,29)	7,30 (5,58;13,91)
Corrida	5,5	14,04 (12,36;18,45)	8,20 (5,90;13,80)
	5,9	13,26 (11,40;19,09)	6,87 (4,91;13,32)
	6,3	13,87 (12,77;19,20)	7,64 (5,51;14,21)
	6,7	13,77 (11,72;19,83)	8,26 (5,62;15,59)
	7,1	14,02 (12,59;20,20)	7,60 (5,52;15,51)
	7,5	11,80 (11,50;18,60)	5,49 (4,58;13,14)

Tabela 2. Comparação das amplitudes das oscilações angulares (T1-S2) do tronco (graus) no plano sagital em função das diferentes velocidades.

Padrão de movimento	Velocidades [momento (km/h)]	Md (graus)	Q1	Q3
Marcha	1. 3,5 ^{a/b/c/d/e/f/g/h}	3,27	2,85	5,30
	2. 3,9 ^{i/j/k/l/m/n/o/p}	3,35	3,13	4,45
	3. 4,3 ^{q/r/s/t/u/v/x}	3,84	3,02	4,57
	4. 4,7 ^{a/i}	4,04	3,64	5,73
Transição	5. 5,1 ^{b/j/q}	5,73	4,41	11,02
Corrida	6. 5,5 ^{c/k/r}	5,84	4,65	6,46
	7. 5,9 ^{d/l/s}	6,13	5,66	6,86
	8. 6,3 ^{e/m/t}	6,18	4,99	7,32
	9. 6,7 ^{f/n/u}	5,39	4,25	6,22
	10. 7,1 ^{g/o/v}	6,42	4,70	7,07
	11. 7,5 ^{h/p/x}	6,93	4,66	7,15

Teste de Friedman seguido de Wilcoxon. ($p < 0.05$). Diferença significativa entre: a) 1 e 4; b) 1 e 5; c) 1 e 6; d) 1 e 7; e) 1 e 8; f) 1 e 9; g) 1 e 10; h) 1 e 11; i) 2 e 4; j) 2 e 5; k) 2 e 6; l) 2 e 7; m) 2 e 8; n) 2 e 9; o) 2 e 10; p) 2 e 11; q) 3 e 5; r) 3 e 6; s) 3 e 7; t) 3 e 8; u) 3 e 9; v) 3 e 10; x) 3 e 11.

Foram encontradas diferenças entre as amplitudes do tronco das velocidades iniciais (3,5 km/h e 3,9 km/h) com velocidade próxima à transição da marcha para a corrida (4,7 km/h) e da velocidade 4,3 km/h com velocidade de transição. Observou-se ainda que houve diferença entre a marcha e a corrida, desde as velocidades mais baixas até as mais altas, logo, a angulação foi aumentando gradativamente pois havia maior oscilação do tronco, pois a corrida exige esse aumento do padrão de movimento. Não foram observadas diferenças estatísticas das amplitudes do tronco entre as velocidades de corrida.

Discussão

Na análise dos dados consideramos a presença de uma limitação de estudo no que se refere ao tamanho da amostra que, ao se apresentar reduzido, permite considerar os resultados encontrados apenas para a população em

questão. De acordo com a revisão bibliográfica empreendida, são escassos os estudos na literatura abordando a marcha e a corrida em esteira subaquática, e que tenham comparado a postura dinâmica do tronco entre as condições da marcha e da corrida. Assim, o presente estudo avança ao explorar esta lacuna presente no cenário científico, analisando a postura dinâmica do tronco durante a marcha, a transição e a corrida no meio aquático de indivíduos não adaptados à esteira subaquática.

Foram encontradas apenas inclinações anteriores (Tabela 1) neste plano de análise (sagital). Uma vez que não foram observados valores negativos dos picos máximos e mínimos possivelmente em função da ação da resistência da água o que indica uma hiperextensão do tronco. Com o deslocamento da lona da esteira e consequentemente do corpo do voluntário na mesma direção cria-se uma força de atrito na direção oposta ao movimento. Com o incremento da velocidade o tronco necessita se inclinar para frente, para manter o controle postural e resistir à resistência da água.

Sabe-se que os exercícios aquáticos em posição vertical são utilizados por diversos profissionais da área da saúde, devido aos inúmeros benefícios proporcionados²⁹. Entretanto, as propriedades físicas da água devem ser devidamente consideradas antes de qualquer intervenção, pois o corpo em movimento na água sofre a ação da viscosidade, da turbulência e da velocidade². Essas forças são imprescindíveis antes de um planejamento de programa de prescrição tanto da marcha quanto da corrida no ambiente aquático.

Foram encontradas diferenças significativas no grupo avaliado (Tabela 2) nas oscilações das amplitudes do tronco em função das diferentes velocidades, demonstrando que os corredores voluntários mesmo habituados com a corrida em solo, quando são submetidos a outro meio necessitam de adaptações do padrão de postura adotado pelo tronco no plano sagital. As maiores medianas identificadas na velocidade de corrida 7,5 km/h. Estes dados indicam o fato de entendermos a complexidade das interações e restrições entre o indivíduo, o meio e a tarefa que geram a ação motora dos indivíduos³⁰.

A marcha na água em velocidade gera uma força de arrasto duas vezes maior quando comparada ao meio terrestre podendo gerar maior desestabilização da postura corporal¹. No presente estudo, foi possível observar que, com o incremento da velocidade necessitou um aumento da inclinação do tronco, condição esta para manutenção da estabilidade do tronco para cumprir a tarefa.

Os resultados do nosso estudo evidenciaram duas importantes informações aos profissionais que trabalham com a esteira subaquática. Primeiro, deve-se ter atenção no período de adaptação do movimento e ao incremento gradual das velocidades iniciais da marcha: 3,5 km/h; 3,9 km/h e 4,3 km/h, onde foram encontradas diferenças significativas com as demais (Tabela 2). Segundo, uma vez que pré-adaptado ao meio pela marcha, o tronco tende a se estabilizar a partir da corrida. Com base nos dados coletados aceita-se a hipótese do presente estudo, pois a marcha apresentou-se mais resistiva que a corrida em função da oscilação do tronco, principalmente na fase transitória do padrão da marcha e da corrida subaquática.

Embora o presente estudo tenha revelado importantes evidências empíricas a respeito postura dinâmica do tronco durante a marcha e a corrida subaquática, suas limitações devem ser apontadas. Em primeiro lugar, a restrição à apenas adultos não adaptados à esteira subaquática e ao número pequeno da amostra. No entanto, a caracterização desta amostra se deu para garantir que padrões diferenciados de locomoção interferissem na comparação das amplitudes. Cada voluntário determinou o momento de transição do padrão adotado da marcha para corrida por vontade e necessidade própria.

Entende-se que esses resultados permitem agora fazer outras inferências com estudos futuros que contemplem amostras que contenham um número ampliado, diferentes sexos e níveis de habilidade.

Conclusão

A identificação dos parâmetros angulares principalmente em função das velocidades nos indivíduos não adaptados possibilitou indicar que estes necessitam de um período de adaptação gradual das velocidades iniciais, uma vez submetido a ajustes posturais os voluntários tendem a estabilizar o padrão de movimento. Assim, o meio líquido pode trazer implicações no padrão da postura do tronco mesmo em indivíduos habituados com a corrida. O fato de termos identificado que os voluntários apenas apresentaram inclinações anteriores do tronco, tanto na marcha quanto na corrida, sugere que a corrida nesse ambiente possivelmente terá sua aplicabilidade clínica e poderá trazer benefícios em indivíduos que buscam essa prática.

Os achados do presente estudo são relevantes para a área da Educação Física, servindo como ferramenta para prescrição de exercícios e atividade física no meio subaquático. Cabe ressaltar que são necessários outros estudos para aprofundar essas análises, envolvendo principalmente a eletromiografia e a dinamometria para avaliação de padrões de recrutamento de grupos musculares e de impacto. Futuras pesquisas poderão também explorar outros parâmetros, como a inclinação da esteira, o incremento de cargas e a comparação entre sexos, faixas etárias e nível de treinamento.

Referências

1. Barela AMF. Marcha no ambiente aquático. In: Pereira P, Baratella TV, Cohen M, organizadores. Fisioterapia Aquática. Barueri. São Paulo: Manole; 2011. p. 51-63
2. Becker BE. Aspectos Biofisiológicos da Hidroterapia. In: Becker BE, Cole AJ, organizadores. Terapia Aquática Moderna. São Paulo: Manole; 2000. p.17-49.
3. Edlich RF. Bioengineering Principles of Hydrotherapy. J Burn care & Rehab, 1987; 8: 579-584.
4. Hauptenthal A, Ruschel C, Hubert M, Brito FH, Roesler H. Loading forces in shallow water running at two levels of immersion. J Rehab Med 2010; 42(7): 664-669.
5. Brenzikofer R, Barros RML, Lima Filho EC, Toma E. Alterações no dorso e coluna vertebral durante a marcha. Braz J Biomech 2000; 1(1): 21-26.
6. Deprá PP, Campos MH, Brenzikofer R, Lima Filho EC. Método para discriminar e quantificar a curva neutra da coluna vertebral e seu movimento oscilatório durante a marcha e a corrida. In: Brenzikofer R, Barreto EM, Nogueira EA, organizadores. Modelos matemáticos nas ciências não exatas 2012. São Paulo: Blucher; 2012. p.115-128.
7. Cham R, Redfern MS. Changes in gait in when anticipating slippery floors. Gait Posture 2002; 15(2): 159-71.
8. Campos AO, Hutten P, Freitas TH, Mochizuki L. Análise das alterações biomecânicas da força de reação do solo durante adaptação da marcha em esteira. Rev Bras Biom 2002; 3(5): 13-19.
9. Saadi LMV, Knackfuss IG, Castro CLN, Emygdio R. Análise cinemática tridimensional da articulação subplatar durante a marcha em mulheres normais. Acta Fisiátrica 1998; 5(1): 31-37.
10. Chagas PSC, Cruz DT, Ferreira JA, Frônio JS, Gontijo APB, Furtado SRC, Mancini MC. O uso da esteira ergométrica para melhora da marcha em crianças com paralisia cerebral: uma revisão sistemática de literatura. Temas sobre desenvolvimento. 2010; 17(99): 131-139.
11. Santos DM, Melo SIL, Carneiro LC, Andrade MC. Características da marcha de idosos considerando a atividade física e o sexo. Fisio Movim 2008; 21(4): 137-148.
12. Mann L, Keinpaul JL, Teixeira CS, Mota CB. A marcha humana: investigação com diferentes faixas etárias e patologias. Motriz 2008; 14 (3): 346-353.
13. Verhoeff LL, Horlings CG, Janssen LJ, Bridenbaugh AS, Allum JH. Effects of biofeedback on trunk sway during dual tasking in the healthy young and elderly. Gait Posture 2009; 30(1): 76-81.
14. Ries LG, Martinello M, Medeiros M, Cardoso M, Santos GM. Os efeitos de diferentes pesos de mochila no alinhamento postural de crianças em idade escolar. Motricidade 2012; 8(4): 87-95.
15. Cosialls AMH, Arida R. Análise biomecânica da lordose lombar durante a marcha em esteira inclinada. Fisio Brasil 2007; 8(3): 188-191.
16. Miyoshi T, Shirota T, Yamamoto SI, Nakazawa K, Akai M. Functional roles of lower-limb joint moments while walking in water. Clinical Biomechanics. 2005; 20: 194-201.

17. Barela AM, Stolf SF, Duarte M. Biomechanical characteristics of adults walking in shallow water and on land. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2006; 16: 250-256.
18. Teixeira LA. Controle motor. Barueri: Manole; 2006.
19. Paula MC, Campos MH, Meirelles AA, Moraes MAA, Brenzikofer R. Relação da amplitude de movimento da coluna vertebral, do comprimento e da frequência da passada com a velocidade de marcha e corrida. *Rev Bras Biom*. 2009; 10 (18): 1-8.
20. Johnson C. Backstrokes: An Aquatic Rehabilitation Program for People with Back Pain. Occupational Therapy Association; 1993.
21. Bates AB, Hanson NB. Exercícios Aquáticos Terapêuticos. São Paulo: Manole; 1998.
22. Oliveira AS, Posser MS, Alberton CL, Kruel LFM. Influência de diferentes movimentos dos membros superiores nas respostas cardiorrespiratórias da corrida em piscina funda. *Motriz*. 2011; 17 (1): 71-81.
23. Figueroa PJ, Leite NJ, Barros RML. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. *Comp Meth Programs Biom*. 2003; 72, 155-165.
24. Pegoretti C, Brenzikofer R, Wittig DS, Benetti FA, Deprá PP, Campos MH. A influência do aumento da altura dos saltos dos calçados na lordose lombar. *Rev Cienc Med (PUCAMP) Campinas*. 2005; 14(5): 425-432.
25. Hong Y, Cheung C. Gait and posture responses to backpack load during level walking in children. *Gait & Posture*. 2003; 17: 28-33.
26. Mota BC, Link DM, Teixeira JS, Estrázulas JA, Oliveira LG. Análise cinemática do andar de crianças transportando mochilas. *Rev Bras Biom*. 2002; 3(4): 15-20.
27. Thorstensson A, Carlson H, Zomlefer MR, Nilsson J. Lumbar back muscle activity in relation to trunk movements during locomotion in man. *Acta Physiol Scand*. 1982; 116: 13-20.
28. Barros MVG, Reis RS, Hallal PC, Florindo AA, Farias Junior JC. Análise de dados em saúde. Londrina: Midiograf; 2012.
29. Silva IRS, Oliveira LS, Berenguer MF, Sousa AVS, Nascimento JA, Costa MC. Reprodutibilidade de um protocolo de esforço durante a corrida em piscina funda. *Motricidade* 2010; 6(4): 47-54.
30. Newell KM. Constraints on the development of coordination. In: Wade MG, Whiting HTA, editors. *Motor development in children: Aspects of coordination and control*. Dordrecht. The Netherlands: Nijhoff; 1986. p. 341-360.