

CARACTERIZAÇÃO CINEMÁTICA DO MOVIMENTO BÁSICO DE HIDROGINÁSTICA “POLICHINELO” A DIFERENTES RITMOS DE EXECUÇÃO

Mário J Costa¹, Cristiana Oliveira², Genoveva Teixeira², Daniel A Marinho³, António J Silva² e Tiago M Barbosa¹

¹ Instituto Politécnico de Bragança, CIDESD; mario.costa@ipb.pt / barbosa@ipb.pt

² Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, CIDESD; ajsilva@utad.pt

³ Universidade da Beira Interior, CIDESD; dmarinho@ubi.pt

PALAVRAS CHAVE: Cinemática, Hidroginástica, Polichinelo, cadência musical

RESUMO: *O estudo teve como objectivo analisar as relações entre a cadência musical e as características cinemáticas de um movimento básico de Hidroginástica. Cinco mulheres jovens com pelo menos um ano de experiência na condução de aulas de Hidroginástica foram filmadas no plano sagital por um par de câmaras, permitindo uma projecção dupla e simultânea de imagens (superfície e subaquática). As mesmas foram obtidas durante a execução do movimento básico “Polichinelo” ao longo de 5 patamares com intensidade crescente (120 b.min⁻¹, 135 b.min⁻¹, 150 b.min⁻¹, 165 b.min⁻¹, 180 b.min⁻¹). Verificou-se uma diminuição do período de ciclo ao longo do protocolo incremental. A cadência musical apresentou uma relação significativa com o deslocamento vertical do centro de massa e da mão. O incremento da cadência induziu um aumento da velocidade lateral do pé. Desta forma, sujeitos experientes na execução do exercício básico de Hidroginástica “Polichinelo” parecem aumentar a velocidade de execução para assim manter o deslocamento dos segmentos inferiores (i.e., pés) com ênfase nos movimentos latero-mediais. No entanto, a mesma opção não se verifica relativamente ao centro de massa e para os segmentos superiores (i.e., mãos) com ênfase na componente vertical onde o deslocamento é diminuído com o intuito de manter a sincronização do movimento com a cadência musical.*

1 INTRODUÇÃO

O entendimento do papel da prática da Hidroginástica na saúde populacional tem sido um dos tópicos mais importantes das últimas décadas no âmbito das actividades aquáticas [1]. A maioria dos estudos procurou caracterizar a resposta fisiológica aguda e/ou crónica aquando a execução de exercícios básicos de Hidroginástica. Poucos foram aqueles que objectivaram analisar exercícios básicos do ponto de vista biomecânico [p.e. 2; 3]. Inferindo numa análise técnica, os exercícios podem ser classificados em seis grupos: (i) caminhada; (ii) corrida; (iii) saltos; (iv) pontapés; (v) tesouras e; (vi) balanços. Quando incluídos em programas de treino, o objectivo dos exercícios é promover a

melhoria da componente cardiovascular e imprimir diversidade às sessões [4].

Outro ponto importante durante a condução das sessões de Hidroginástica é a cadência musical. Frequentemente os instrutores utilizam a cadência para atingir a intensidade de esforço desejada. Tem sido sugerido que, para sujeitos saudáveis e fisicamente activos, os instrutores deverão adoptar cadências musicais entre os 136 e os 158 b.min⁻¹ [5]. Contudo, poucos estudos tentaram relacionar o aumento da cadência musical com o comportamento cinemático dos praticantes. Foi verificado durante a execução do “Cavalomarinheiro” [2] ou do “Pontapé Lateral” [3], que sujeitos experientes tendem a aumentar a

velocidade dos segmentos corporais, com o intuito de manter o deslocamento dos mesmos, devido ao incremento da cadência. No entanto, parece não existir qualquer pesquisa centrada na execução do exercício básico “Polichinelo” segundo as mesmas condições.

Assim foi objectivo do presente estudo caracterizar e comparar em termos cinemáticos o exercício básico de Hidroginástica “Polichinelo” a diferentes ritmos de execução.

2 METODOLOGIA

2.1 AMOSTRA

Foram estudadas cinco mulheres ($23,67 \pm 0,52$ anos de idade; $1,64 \pm 0,07$ m de estatura; $57,42 \pm 4,78$ kg de massa corporal; $22,17 \pm 2,56$ kg.m⁻² de índice de massa corporal; $260 \pm 87,64$ min.sem⁻¹ de aulas de Hidroginástica) saudáveis e fisicamente activas com pelo menos um ano de experiência na leccionação de programas de Hidroginástica.

2.2 PROCEDIMENTOS

O protocolo consistiu na realização de cinco patamares com 16 execuções do exercício básico “Polichinelo” em “tempo de água”.

O Polichinelo caracteriza-se pela execução simultânea de aduções e abduções dos membros superiores e inferiores. As intensidades dos patamares foram 80%, 90%, 100%, 110% e 120% da cadência sugerida por Barbosa et al. (2010) para a obtenção de 4 mmol.l⁻¹ de lactato sanguíneo, representativas de 120 b.min⁻¹, 135 b.min⁻¹, 150 b.min⁻¹, 165 b.min⁻¹ e 180 b.min⁻¹ respectivamente. A cadência musical foi controlada electronicamente por um metrónomo (Korg, MA-30, Tokyo, Japan).

2.3 RECOLHA DOS DADOS

Duas câmaras registaram respectivamente imagens aéreas (GR-SX1 SVHS, JVC, Yokoama, Japão) e subaquáticas (GR-SXM25 SVHS, JVC, Yokoama, Japão) de forma independente no plano frontal. Foi efectuada a

análise cinemática (Ariel Performance Analysis System, Ariel Dynamics Inc., Califórnia, EUA) de um ciclo gestual completo, através de um leitor de vídeo (Panasonic, AG 7355, Japão) com uma frequência de 50 Hz. Para ser possível a reconstrução das imagens utilizou-se um objecto de calibração com uma volumetria de 1,50 x 0,85 m e nove pontos de controlo. Recorreu-se ao método de digitalização em “duplo meio” e subsequente reconstrução pela aplicação do algoritmo 2D-DLT [6]. Foi utilizado o modelo de Zatsiorsky e Seluyanov adaptado por de Leva [7], incluindo a divisão do tronco em 2 partes articuladas [8]. Os sinais foram filtrados com uma frequência de corte de 5 Hz, como sugerido por Winter [9] com recurso a dupla-passagem. Determinou-se: (i) período de ciclo; (ii) amplitude linear 2D (vertical e lateral) dos segmentos anatómicos seleccionados (centro de massa, mão direita e pé direito) e; (iii) velocidade linear 2D (vertical e lateral) desses mesmos segmentos anatómicos.

2.4 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS

A normalidade da distribuição foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk.

As normalizações das curvas de deslocamento e velocidades lineares do centro de massa em função do tempo foram efectuadas com recurso a MATLAB (v.6 R12, MathWorks Inc., Massachusetts, EUA). Equações de regressão linear e respectivos coeficientes de determinação foram usados para descrever as relações entre a cadência musical e as variáveis biomecânicas. Qualitativamente a relação foi interpretada como: (i) muito fraca se $R^2 < 0,04$; fraca se $0,04 \leq R^2 < 0,16$; moderada se $0,16 \leq R^2 < 0,49$; elevada se $0,49 \leq R^2 < 0,81$ e; muito elevada quando $0,81 \leq R^2 < 1,0$. O nível de significância foi determinado quando $P < 0,05$.

3 RESULTADOS

A figura 1 representa a análise da cinemática do centro de massa durante o patamar de 135 b.min⁻¹. Do ponto de vista qualitativo, o

deslocamento e velocidade verticais do centro de massa, apresentam um perfil “bi-fásico”. No deslocamento lateral é visível um perfil modal “único”. Por outro lado a velocidade lateral apresenta um perfil “multi-fásico”.

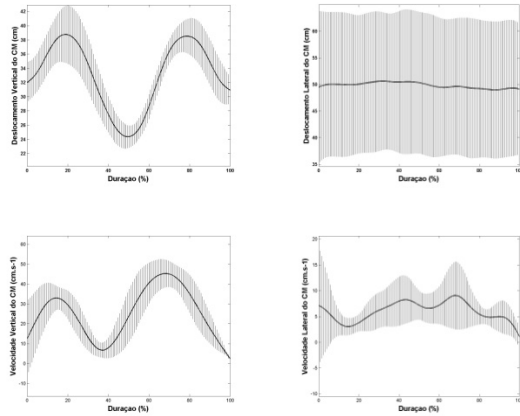


Fig. 1 Análise qualitativa do deslocamento (vertical e lateral) e da velocidade (vertical e lateral) do centro de massa ao longo do 2º patamar (135 b.min⁻¹).

A figura 2 representa a variação do período de ciclo de acordo com a cadência imposta. Verificou-se uma diminuição do período de ciclo ao longo do protocolo incremental ($R^2=0,95$; $P<0,01$).

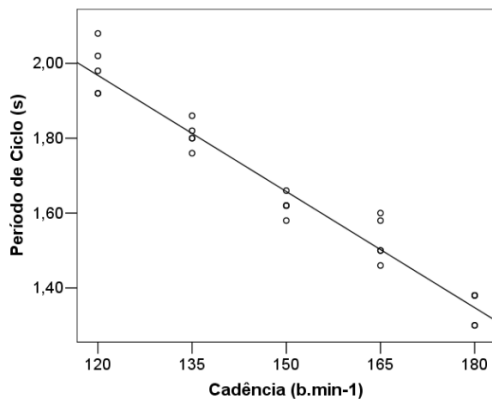


Fig. 2 Variação do período de ciclo de acordo com a cadência musical.

A figura 3 representa a relação entre a cadência imposta e o deslocamento (lateral e vertical) das variáveis segmentares em análise. Foi verificada uma relação negativa e significativa entre a cadência musical e o deslocamento vertical do centro de massa ($R^2=0,20$; $P=0,03$). No entanto, o aumento da cadência não induziu deslocamento

significativo na sua componente lateral ($R^2<0,04$; $P=0,98$). Semelhante resultado foi verificado para o deslocamento da mão, com valores significativos na componente vertical ($R^2=0,27$; $P<0,01$) e não significativos para o deslocamento lateral ($R^2<0,04$; $P=0,87$). Relativamente ao pé, o incremento da cadência evidenciou uma relação não significativa com o deslocamento vertical e lateral ($R^2=0,07$; $P=0,12$ e $R^2<0,04$; $P=0,74$, respectivamente).

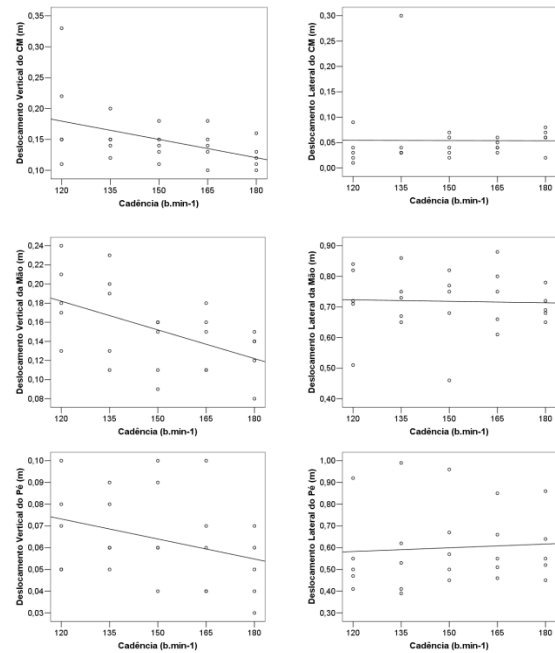


Fig. 3 Relação entre o deslocamento (vertical e lateral) dos segmentos em análise e a cadência musical.

A figura 4 representa a relação entre a cadência musical e as velocidades (vertical e lateral) das variáveis segmentares. Tanto o centro de massa como a mão não apresentaram valores significativos quer para a velocidade vertical ($R^2<0,04$; $P=0,44$ e $R^2=0,11$; $P=0,11$, respectivamente), quer para a velocidade lateral ($R^2=0,07$; $P=0,12$ e $R^2=0,16$; $P=0,05$, respectivamente). Por último, o pé apesar de não evidenciar uma relação significativa na componente vertical ($R^2<0,04$; $P=0,86$), observaram-se aumentos significativos de velocidade lateral com o incremento da cadência musical ($R^2=0,17$; $P=0,04$).

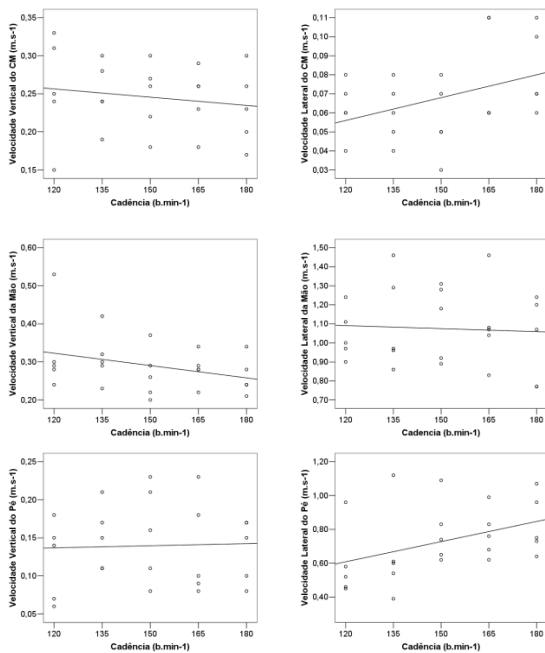


Fig. 4 Relação entre a velocidade (vertical e lateral) dos segmentos em análise e a cadência musical.

4 DISCUSSÃO

As estratégias segmentares adoptadas aquando a execução do exercício básico de Hidroginástica “Polichinelo” parecem dever-se à simultaneidade segmentar do exercício. Do ponto de vista qualitativo, o deslocamento e velocidade verticais apresentam um perfil “bi-fásico”. O “Polichinelo” é um exercício que se insere no grupo de “saltos”. Como consequência, o centro de massa sofre um movimento ascendente e um outro descendente em cada impulsão, criando alterações tanto no deslocamento como na velocidade vertical. O deslocamento lateral apresentou um perfil fásico único. Dado tratar-se de um exercício básico que exige movimentos simultâneos de ambas os segmentos do corpo (direita e esquerda), o ponto de impulsão assemelha-se ao ponto de queda do sujeito. Deste modo, não são necessários deslocamentos laterais do centro de massa. Finalmente o perfil multi-fásico apresentado pela velocidade lateral é o semelhante descrito para todas as técnicas de nado de natação pura [10].

Da análise quantitativa constata-se que o período de ciclo diminuiu ao longo do protocolo incremental. Quando se dá um

aumento na cadência musical, a menor duração de cada fase parcial do ciclo poderá ser explicada por [3]: (i) diminuição da amplitude de deslocamento e manutenção da velocidade segmentar; (ii) manutenção da amplitude de deslocamento e aumento da velocidade segmentar ou; (iii) redução da amplitude de deslocamento e aumento da velocidade segmentar. Tendo como resposta uma destas três soluções cinemáticas, os sujeitos da presente amostra encurtaram a duração parcial de cada fase do ciclo por um aumento da velocidade segmentar. Semelhante resultado foi verificado durante a análise do exercício básico “Cavalo Marinho” [2].

Na análise particular de cada segmento diferentes são as estratégias adoptadas, consoante a incidência do movimento. Para os segmentos com ênfase vertical (p.e. centro de massa e mãos) verificou-se uma manutenção da velocidade e redução do deslocamento. A necessidade de adução e abdução de membros superiores e inferiores, permitem uma maior incidência da força de impulsão que irá opor-se ao deslocamento. Como tal, será de esperar que o exercício se torne menos “saltado”. No caso dos segmentos com ênfase latero-medial (p.e. pés), verificou-se aumento da velocidade de modo a manter o deslocamento. Semelhantes resultados foram verificados para exercícios alternados de Hidroginástica [2; 3]. Para Krueel et al [11] sujeitos com elevados níveis actividade física parecem manter a amplitude segmentar até cadências de 180 bpm^{-1} aquando a execução de exercícios de Hidroginástica. Este tipo de sujeitos, como instructores de Hidroginástica, são capazes de aumentar a velocidade segmentar com o intuito de manter o deslocamento [11]. Assim, os resultados do presente estudo poderão estar, em parte, relacionados com perfil da amostra seleccionada. Deste modo, o desenvolvimento de estudos baseados no mesmo protocolo mas com sujeitos de níveis de expertise diversos deverão ser uma prioridade no futuro.

4 CONCLUSÃO

Durante a execução do exercício básico de Hidroginástica “Polichinelo”, sujeitos experientes aumentam a velocidade de execução para assim manter o deslocamento dos segmentos inferiores (i.e., pés) com ênfase nos movimentos latero-mediais. No entanto, a mesma opção não se verifica relativamente ao centro de massa e para os segmentos superiores (i.e., mãos) com ênfase na componente vertical onde o deslocamento é diminuído com o intuito de manter a sincronização do movimento com a cadência musical.

REFERÊNCIAS

- [1] T. Barbosa, D. Marinho, J. Bragada, V. Reis, A. Silva, “Physiological assessment of head-out aquatic exercises in healthy subjects: a qualitative review, *J Sports Sci and Med*, 8:179-189, 2009.
- [2] C. Oliveira, G. Teixeira, M. Costa, D. Marinho, A. Silva, T. Barbosa, *Kinematical characterization of a basic head-out aquatic exercise during an incremental protocol*, In: *Proceedings of the XIth Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*, Oslo, Norway, 2010.
- [3] C. Oliveira, G. Teixeira, M. Costa, D. Marinho, A. Silva, T. Barbosa, “Relationships between head-out aquatic exercise kinematics and the musical cadence: analysis of the side kick, *Int SportMed J*, (in press).
- [4] T. Barbosa, N. Garrido, J. Bragada, “Physiological adaptations to head-out aquatic exercises with different levels of body immersion, *J Strength Cond Res*, 21:1255-1259, 2007.
- [5] T. Barbosa, V. Sousa, A. Silva, V. Reis, D. Marinho, J. Bragada, “Effects of music cadence in the acute physiological adaptations to head-out aquatic exercises”, *J Strength Cond Res*, 24:244-250, 2010.
- [6] Y. Abdel-Aziz, H. Karara, “*Direct linear transformation: from comparator coordinates into object coordinates in close range photogrammetry*”. In: *Proceedings of the Symposium on close-range photogrammetry*. Church Falls, 1971.
- [7] P. de Leva, “Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov’s segment inertia parameters”, *Journal of Biomechanics* 29:1223-1230, 1996.
- [8] V. Colman, U. Persyn, D. Daly, V. Stijnen, “A comparison of the intra-cyclic velocity variation in breaststroke swimmers with flat and undulating styles”, *J Sports Sci.*, 16: 653-665, 1998.
- [9] D. Winter, “*Biomechanics and Motor Control of Human Movement*, Chichester: John Wiley & Sons, 1990.
- [10] T. Barbosa, A. Silva, A. Reis, M. Costa, N. Garrido, F. Policarpo, V. Reis, “Kinematical changes in swimming front crawl and breaststroke with the aquatrainer snorkel”, *Eur. J. Appl. Physiol*, 109:1155-1162.

