

FUNDAMENTOS BIOMECÂNICOS DA HIDROGINÁSTICA

por Tiago Barbosa

1. Introdução

O termo Hidroginástica apesar de ser o mais usual e consensual não é o único que é utilizado para denominar esta actividade aquática em franca expansão e desenvolvimento. Não poucas vezes, ouve-se chamar a esta actividade "ginástica aquática" ou "aquaeróbica", entre outras designações.

Este último termo, "aquaeróbica", remete-nos para um dos problemas cruciais na instrução de aulas de Hidroginástica. Com base neste termo poderíamos ser levados a considerar que esta actividade mais não seria do que a realização de aulas de Ginástica Aeróbica e das suas variantes (*step*, localizada, etc.) no meio aquático.

Todavia, o meio aquático rege-se por leis físicas que nem sempre são iguais às do meio terrestre. Daí que uma aula de Hidroginástica não possa ser a simples transferência de uma aula de Ginástica Aeróbica para o meio aquático, apesar das fortes semelhanças entre as duas actividades.

Assim sendo, é objectivo deste trabalho apresentar os pressupostos biomecânicos que qualquer professor/instrutor de Hidroginástica deverá ter presentes sempre que planear e realizar uma sessão desta actividade aquática.

2. Tensão superficial

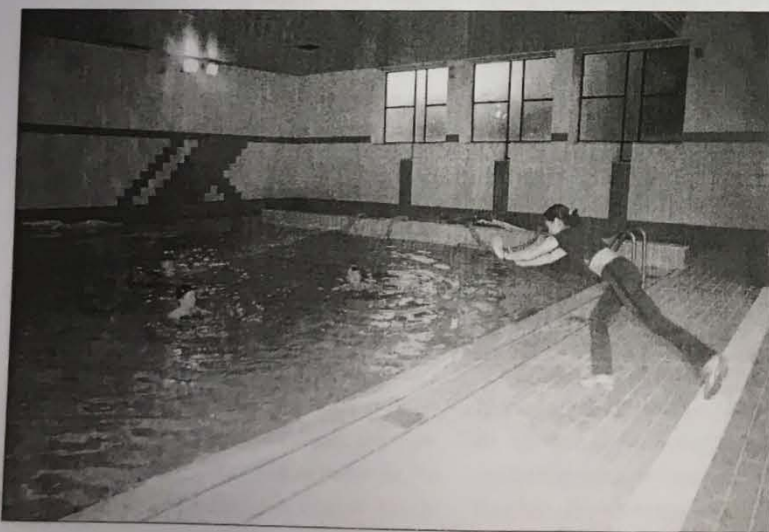
A tensão superficial é a atracção exercida entre as moléculas de água à superfície.

É esta tensão que cria uma película sobre a água, constituindo o limite entre o meio aéreo e o meio líquido.

Dadas as diferenças de densidade entre os dois meios (o ar tem uma densidade de aproximadamente $0,0012 \text{ g.cm}^{-3}$ e a água doce de $0,998 \text{ g.cm}^{-3}$), a resistência a um movimento no meio líquido é superior ao observado no meio aéreo. Logo, os movimentos realizados no interface ar-água serão de evitar. Deve-se optar por realizar os movimentos ou completamente fora de água ou completamente dentro de água. A única excepção serão os movimentos rotacionais do ombro no plano sagital, similares aos realizados na Natação Pura Desportiva. É que com a saída dos membros superiores da água, ocorrerá um aumento significativo do momento de força, que criará um movimento do tipo balístico difícil de controlar, podendo aumentar as probabilidades de surgimento de uma lesão. Especialmente em caso de repetições incessantes deste tipo de execuções, como será a tendinite da coifa dos rotadores.

3. Pressão e impulsão hidrostática

Sempre que um corpo se encontra mergulhado num líquido, fica sujeito à acção da Pressão Hidrostática, que se exerce perpendicularmente ao longo de todas as superfícies imersas. Segundo o



Teorema Fundamental da Hidrostática, estas forças são mais intensas nos pontos do corpo que se encontram a uma maior profundidade. A existência desta pressão revela vantagens para a prática de actividades aquáticas em geral e da Hidroginástica em particular. A profundidades relativamente baixas, sensivelmente de 1 metro, a pressão exercida sobre o corpo imerso é da ordem de 0,1 atm ou de 10.000 Pa. Ora, acredita-se que uma pressão com estes valores tem efeitos positivos na redução de edemas ou no tratamento de problemas circulatórios (Duarte, 2001).

Dado que a Força de Impulsão Hidrostática tem um sentido oposto à Força da Gravidade, verifica-se uma diminuição da força de reacção ao solo a que se encontra sujeito o aluno (Harrison et al., 1992; Nakazawa et al., 1993; Yamamoto et al., 1995; Yano et al., 1995). Isto significará uma clara vantagem na prática de Hidroginástica por parte de sujeitos obesos, para quem a locomoção no meio terrestre seja dificultada ou, para indivíduos que se encontrem em processo de recuperação de determinadas lesões como por exemplo as ortopédicas (Barbosa e Magalhães, no prelo).

Todavia, caso o aluno se encontre a uma profundidade superior à desejável para a sua estatura, observa-se um aumento da dificuldade em manter uma correcta postura, causando uma curva lordótica e, portanto, um mau alinhamento corporal (Hall, 1991). Obviamente, nessas situações existe uma maior dificuldade em controlar os movimentos.

Por outro lado, essa mesma Força de Impulsão tanto pode ter como função assistir a realização de um movimento, como resistir ao mesmo. Por exemplo, ao executar-se uma flexão do membro superior pela articulação do cotovelo, a Impulsão Hidrostática assiste o movimento. Já durante a extensão, pelo contrário, resiste. Consequentemente, há que ter em atenção o tipo de tensão

muscular que está a ser desenvolvida, se do tipo concêntrico ou do tipo excêntrico (Vilas-Boas, 1997). A título ilustrativo, ao efectuar-se uma flexão do membro superior pelo cotovelo, executa-se uma contracção do tipo concêntrica no bicipite braquial. Todavia, caso esse movimento seja realizado com o auxílio de um haltere flutuante, a contracção passa a ser do tipo excêntrico dado que a flexão decorre da Força de Impulsão que assiste o movimento, tendo o bicipite braquial a função de controlar essa acção.

4. Equilíbrio

No meio aquático, o equilíbrio do sujeito depende da inter-relação entre a Força de Impulsão Hidrostática e a Força da Gravidade (Abrantes, 1979; Vilas-Boas, 1984). Ou seja, o equilíbrio decorrente da localização do ponto de aplicação destas forças (o centro de gravidade e o centro de impulsão) no corpo. Distinguem-se três tipos de equilíbrios: o estável, o instável e o indiferente. O equilíbrio estável ocorre quando existe um alinhamento entre o centro de gravidade (CG) e o centro de impulsão (CI), mas sem que os dois centros coincidam na sua localização. O equilíbrio instável ocorre quando não existe um alinhamento entre o CG e o CI, o que promove uma rotação do corpo até ser atingido o equilíbrio estável, por meio de redução do braço da força até este ser nulo (Vilas-Boas, 1994; Chóllet, 1990). Finalmente, o equilíbrio indiferente verifica-se sempre que o CG e o CI coincidem. Contudo, este fenómeno nunca ocorre no Ser Humano devido à heterogeneidade do seu corpo (Vilas-Boas, 1984).

O ideal para uma maior eficiência na execução dos exercícios e na prevenção de lesões é que o aluno se mantenha constantemente em equilíbrio estável. Para tal, caso ele esteja a realizar a aula

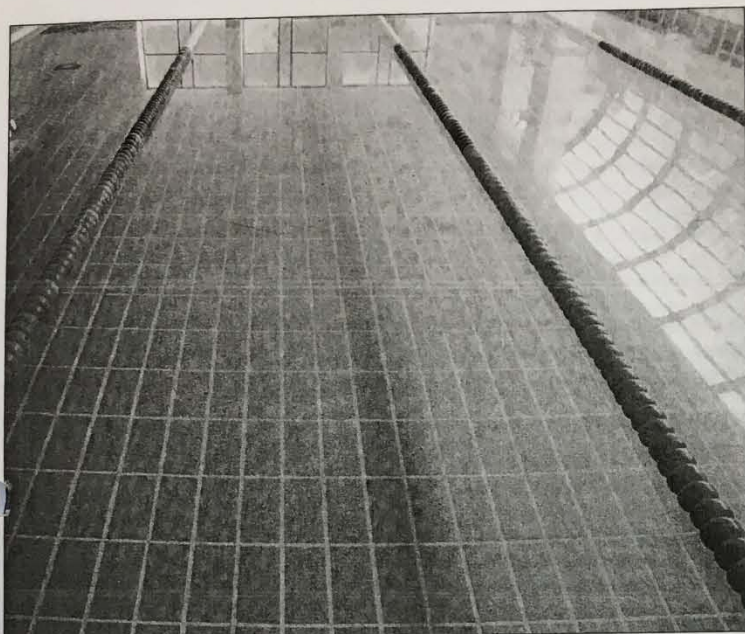
numa piscina de água rasa, a superfície da água deve estar sensivelmente ao nível das axilas (Barbosa e Queirós, 2000); evitando assim o aumento da força de reacção ao solo caso a profundidade seja inferior à sugerida ou, a ocorrência de uma curvatura lordótica se ele se encontrar a uma profundidade superior. Desta forma, a sua postura deve caracterizar-se por as orelhas se encontrarem na projecção vertical dos ombros, os ombros na projecção vertical da anca, a anca na projecção vertical dos calcanhares, a caixa torácica elevada, os músculos da zona abdominal contraídos e a musculatura da cintura escapular relaxada.

5. Arrasto

A viscosidade refere-se à tendência para as moléculas de água aderirem umas às outras (coesão) assim como aos corpos que se encontram imersos nesse meio (adesão).

Uma característica interessante é que a viscosidade tende a aumentar com a diminuição da temperatura. Assim, a viscosidade será superior a temperaturas relativamente mais baixas. É esta característica, a da viscosidade, que promove os valores significativamente superiores de resistência ao movimento no meio aquático quando em comparação com o meio terrestre. Ou seja, esta tendência para as moléculas de água aderirem aos corpos, bem como a aproximar-se entre si, tende a aumentar a densidade do meio e, consequentemente, a energia necessária para efectuar um determinado trabalho mecânico.

Em virtude da densidade da água ser superior à do ar, é possível trabalhar num só movimento grupos musculares opostos, com igual dinâmica das cargas (Barbosa e Queirós, 2000). Ou seja, ao contrário do meio terrestre é possível num único exercício trabalhar grupos musculares com papéis distintos como



sejam os agonistas e os antagonistas. A título ilustrativo, ao realizar a flexão do membro inferior ao nível da articulação do joelho está-se a trabalhar quer o quadrípede crural, quer os isquiotibiais. Já no meio terrestre seria necessário a realização de um exercício tendo em vista o desenvolvimento do quadrípede crural e um outro com intuito de trabalhar os isquiotibiais.

Sabe-se que um factor que influencia a intensidade da Força de Arrasto Hidrodinâmico do sujeito é a área de secção transversa na direcção do deslocamento (Clarys e Jiskoot, 1975; Clarys, 1979). Ou seja, caso essa área aumente, aumenta-se a intensidade da Força de Arrasto Hidrodinâmico. Caso ela diminua, a Força de Arrasto Hidrodinâmico também diminui e, portanto, diminui-se a intensidade de exercitação. Assim sendo, por exemplo, nos deslocamentos laterais, a área de secção transversa na direcção do deslocamento será menor do que no deslocamento frontal. Logo, na primeira situação, a intensidade tenderá a ser inferior. Um caso particular está relacionado com a posição das mãos (Lindle et al., 1995;

Sanders, 1997; 1999; Barbosa e Queirós, 2000). Ao manter-se as mãos fechadas, a área será relativamente baixa. Por outro lado, tendo os dedos estendidos e juntos, a área aumentará. Finalmente, com a mão em forma de concha, os dedos relaxados e ligeiramente afastados a área será substancialmente maior e, portanto, aumentando significativamente a força de arrasto.

6. Leis do movimento de Newton

A primeira Lei de Newton, também conhecida como Lei da Inércia, refere que um corpo tende a permanecer num estado de movimento rectilíneo e uniforme ou de repouso, a não ser que lhe seja aplicada uma força externa. Com efeito, é necessária energia adicional para alterar o estado de repouso ou de movimento de um corpo. O mesmo se passa ao procurar mudar de direcção ou parar. Logo, alterando esse mesmo estado, pode-se variar a intensidade de exercitação. Isto é, promovendo altera-

ções da direcção e/ou do sentido do deslocamento tender-se-á a aumentar a intensidade de exercitação. Da mesma forma, estimular constantes mudanças no tipo de exercício a realizar também promove aumentos da intensidade de exercitação.

A segunda Lei de Newton, conhecida como a Lei da Aceleração, sugere que a força exercida é proporcional à aceleração e à massa que constitui o corpo. Assim sendo, aumentando a aceleração do movimento, aumenta-se a força exercida e, portanto, a intensidade de exercitação. De sublinhar que realizar o movimento com uma maior aceleração não implica que seja executado encurtando o curso do movimento, o qual poderá ter repercussões negativas a longo prazo.

Finalmente, a terceira Lei de Newton é conhecida como o Par Acção-Reacção. O pressuposto desta lei é que a cada acção surge uma reacção de igual direcção, igual intensidade mas, de sentido oposto. Por exemplo, ao empurrar o fundo da piscina com os pés, a reacção será o corpo elevar-se na água. Durante a realização de movimentos na Hidroginástica, os membros superiores têm como principal função manter o equilíbrio e ajudar à realização do mesmo (Barbosa e Queirós, 2000). Por exemplo, ao saltar para a frente, as mãos irão empurrar a água da frente para trás. Desta forma, a acção destes membros assiste a realização do movimento. No entanto, é possível aumentar a intensidade de exercitação fazendo com que os membros superiores em vez de assistirem, resistam ao movimento. Assim no exemplo apresentado, as mãos em vez de se dirigirem para trás, ir-se-ão deslocar para a frente, enquanto o aluno salta nesse mesmo sentido.

7. Alavancas

Uma alavanca é uma máquina simples constituída por um ponto de apoio (o fulcro), uma ou várias forças e uma ou várias resistências (Winter, 1990; Hall, 1991; Adrian e Cooper, 1995).

No corpo humano, também, existem alavancas. Os fulcros serão os centros articulares, a resistência é realizada pela Força da Gravidade e a Força Muscular é a força geradora do movimento. A distância desde o fulcro ao ponto de aplicação da força, ou seja, ao local de inserção do músculo é conhecido como braço da alavanca.

É possível variar a intensidade de execução, alterando o braço da alavanca (Lindle et al. 1995; Sova, 1993; Barbosa e Queirós, 2000). Quanto maior for o braço da alavanca, maior será a intensidade de execução. Assim, por exemplo, ao trabalhar-se com os membros superiores em extensão, o braço dessa alavanca será maior do que tendo os membros superiores flectidos ao nível da articulação do cotovelo. Logo, no primeiro caso, a intensidade de execução será superior ao segundo caso. No trabalho dos adutores e dos abdutores, com o membro inferior flectido com um ângulo relativo de aproximadamente 90° ao nível do joelho, a intensidade será menor do que mantendo o membro inferior estendido.

8. Referências bibliográficas

1. ABRANTES, J. (1979). Biomecânica e Natação. *Ludens*. 4(1). pp. 30-34.
2. ADRIAN, M. e COOPER, J. (1995). **Biomechanics of human movement**. McGraw-Hill, Boston.
3. BARBOSA, T. e QUEIROS, T. (2000). **Manual Prático de Atividades Aquáticas e Hidroginástica**. Ed. Xistarca. Lisboa.
4. BARBOSA, T. e MAGALHÃES, P. (no prelo). Considerações biomecânicas sobre a utilização da corrida na água como meio de treino da resistência. *Treino Desportivo*.
5. CLARYS, J.P. e JISKOOT, J. (1975). Total resistance of selected body positions in the Front Crawl. In: L. Lewillie e J.P. Clarys (eds.). **Swimming II**. Pp. 110-117. University Park Press. Baltimore.
6. CLARYS, J.P. (1979). Human Morphology and Hydrodynamics. In: J. Terauds e W. Dedingfield (eds.). **Swimming III**. pp. 3-44. University Park Press. Baltimore, Maryland.
7. COLWIN, C. (1992). **Swimming into the 21st Century**. Leisure Press. Champaign, Illinois.
8. COSTILL, D.L.; MAGLISCHO, E.W. e RICHARDSON, A.B. (1992). **Swimming**. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
9. COUNSILMAN, J. (1984). **A Natação. Ciência e Técnica**. Paisagem Editora. Porto.
10. DUARTE, M. (2001). **Princípios físicos da interação entre ser humano e ambiente aquático**. Universidade de São Paulo. São Paulo. Não Publicado.
11. GAINES, M. (1993). **Fantastic Water Workouts**. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois.
12. HALL, S. (1991). **Biomecânica Básica**. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro.
13. HARRISON, R.; HILLMAN, M.; BULSTRODE, S. (1992). Loading of the lower limb when walking partially immersed: implications for clinical practice. *Physiotherapy*. 78(3). pp. 164-166.
14. HAY, J. (1978). **The Biomechanics of Sports Techniques**. Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey.
15. HOLMÉR, I. (1974). Physiology of Swimming Man. *Acta Physiologica Scandinavica*. (407). Suppl.
16. KINDER, T. e SEE, J. (1992). **Aqua Aerobics. A Scientific Approach**. Eddie Bowers Publishing. Dubuque, Iowa.
17. KRAVITZ, L. e MAYO, J. (1997). **The Physiological Effects of Aquatic Exercise: A Brief Review**. Aquatic Exercise Association Publishing. Nokomis, Florida.
18. LENK, M. (1995). Aquatic equipment. In: J. Lindle (ed.). **Aquatic Fitness Professional Manual: A Resource Manual for Aquatic Fitness Instructors**. pp. 349-364. Aquatic Exercise Association Publisher. Nokomis, Florida.
19. LINDLE, J.; WASSERMANN, J. e SEE, J. (1995). Physical laws. In: J. Lindle (ed.). **Aquatic Fitness Professional Manual** pp. 111-125. Aquatic Exercise Association Publisher. Nokomis, Florida.
20. MAGLISHO, E. (1993). **Swimming Even Faster**. Mayfield Publishing Compagny. Mountain View, California.
21. RUSHALL, B.; HOLT, L.; SPRINGS, E. e CAPPAERT, J. (1994). A Re-evaluation of Forces in Swimming. *J. Swimming Research*. (10). pp. 6-30.
22. SANDERS, R. (1997). Extending the Shleihauf model for estimating forces produced by a swimmers hand. In: B.O. Eriksson e L. Gullstrand (eds.). **Proceedings of the XII F.I.N.A. World Congress on Sports Medicine**. pp. 421-428. Federation International de Natation Amateur. Gotemborg.
23. SANDERS, R. (1999). Hydrodynamic characteristics of a swimmer's hand. *J. Applied Biomechanics*. 15(1). pp. 3-26.
24. SCHLEIHAUF, R. (1979). A Hydrodynamic Analysis of Swimming Propulsion. In: J. Terauds e E. Bedingfield (eds.). **Swimming III**. pp. 70-109. University Park Press. Baltimore, Maryland.
25. SOVA, R. (1993). **Ejercicios Acuáticos**. Editorial Paidotribo. Barcelona.
26. VILAS-BOAS, J.P. (1984). **Determinantes Mecânicas do Equilíbrio no Meio Aquático**. Edição da Associação de Estudantes do Instituto Superior de Educação Física da Universidade do Porto. Porto.
27. VILAS-BOAS, J.P. (1987a). **O Mecanismo Propulsivo em Natação**. Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica. Instituto Superior de Educação Física da Universidade do Porto. Porto.
28. VILAS-BOAS, J.P. (1987b). **Estudo Comparativo do Nível Global de Adequação Mecânica das Variantes Formal e Natural da Técnica de Bruços**. Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica. Instituto Superior de Educação Física da Universidade do Porto. Porto.
29. VILAS-BOAS, J.P. (1997). Hidroginástica: considerações biomecânicas acerca de formas alternativas de fruir o meio aquático. *Horizonte*. XIII(78). pp. 9-11.
30. WEINECK, J. (1986). **Manual de Treinamento Esportivo**. Editora Manole. S. Paulo.
31. WILMORE, J. e COSTILL, D. (1994). **Physiology of Sport and Exercise**. Human Kinetics. Champaign, Illinois.
32. YAMAMOTO, S.; NAKAZAWA, K. e YANO, H. (1995). Lower limb kinematics during walking in water. **Book of abstracts XVth Congress of the International Society of Biomechanics**. pp. 1012-1013.
33. YANO, H.; NAKAZAWA, K. e YAMAMOTO, S. (1995). Activation patterns of human ankle muscles during walking in water. **Book of abstracts XVth Congress of the International Society of Biomechanics**. pp. 1018-1019.
34. WINTER, D. (1990). **Biomechanic and motor control of human movement**. John Wiley and Sons, Chichester.