

## Atualização

# Graduação da resistência ao movimento durante a imersão na água

## *The graded resistance during the movement in water immersion*

Juliana Monteiro Candeloro\*, Fátima Aparecida Caromano, D.Sc.\*\*

.....

*\*Fisioterapeuta, Pesquisadora Voluntária do Lafi-ReaCom do Curso de Fisioterapia da Faculdade de Medicina da USP, \*\*Prof. Dr. do Curso de Fisioterapia da Faculdade de Medicina da USP. Este texto faz parte da dissertação de mestrado a ser defendida pela primeira autora*

### Palavras-chave:

Hidroterapia, força muscular e física.

### Key-words:

Hydrotherapy, muscular strenght and physics.

### Resumo

Este artigo tem como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica com atualização e exemplos práticos sobre o uso da água como resistência durante a realização de cinesioterapia em imersão (hidroterapia). Este estudo foi elaborado a partir dos fundamentos físicos, como viscosidade, turbulência, profundidade da água, velocidade dos movimentos, braço de alavanca, área frontal de resistência ao movimento, mudança de direção dos movimentos e densidade (uso de flutuadores), que permitem prescrever exercícios de fortalecimento com diferentes graus de intensidades.

### Abstract

The aim of this paper is to present an up-to-date review, and examples of the usage of water as a mean of resistance during the practice of physical exercise in immersion (hydrotherapy). This review was based on the physical properties of water, such as turbulence, viscosity, water level/depth, movement speed, torque, frontal area of resistance to the movement, change in movement direction and density (using floaters). They allow the prescription of strenght exercises with different intensity degrees.

Artigo recebido 9 de dezembro de 2003; aceito em 10 de janeiro de 2004.

Endereço para correspondência: Prof. Dr. Fátima Aparecida Caromano, Lafi-Reacom - Laboratório de Fisioterapia e Reatividade Comportamental, Rua Cípotânea, 51 Cidade Universitária da USP 05360-000 São Paulo SP.

## Introdução

Sabe-se que, para produzir o aumento da força muscular é necessária a prática de exercícios físicos com resistência ao movimento. Geralmente, no treinamento realizado em solo, consegue-se estabelecer esta resistência por meio de pesos proporcionais à quantidade de trabalho que um músculo ou grupo muscular pode realizar. O treinamento de exercícios visando aumentar a força muscular, realizado em meio aquático, é considerado eficaz e fundamenta-se nas propriedades físicas da água para fornecer resistência ao movimento.

Para calcular a resistência ao movimento de um objeto através do ar ou líquido utiliza-se à fórmula:

$$R = d \times C \times v^2 \times A / 2.G$$

Nesta fórmula, “R” é a resistência, “d” a densidade, “C” coeficiente de arrasto, “v” a velocidade, “A” a área frontal do objeto e “G” a força da gravidade. Como a densidade do corpo imerso e a ação da força da gravidade dentro da água (em oposição ao empuxo, desde que mantido o mesmo nível de imersão) são sempre constantes podemos dizer que a resistência da água é proporcional ao coeficiente de arrasto, ao quadrado da velocidade do movimento e à área frontal do objeto.

A partir do uso das variáveis físicas citadas, o fisioterapeuta poderá criar diferentes situações de resistência ao movimento, conforme será discutido a seguir:

### Viscosidade

A viscosidade é o resultado do atrito entre as moléculas de um líquido devido à força de coesão das partículas (é a força de atração entre moléculas vizinhas do mesmo tipo de matéria) e adesão (é a força de atração entre moléculas vizinhas com diferentes tipos de matéria). A viscosidade torna a água um meio ideal para o trabalho de fortalecimento muscular, pois neste meio, a resistência aumenta à medida que a força é exercida contra água ou ainda pode ser praticamente eliminada, facilitando o movimento o que permite controle do fortalecimento dentro da tolerância do paciente e da amplitude de movimento articular com que inicia o tratamento. Esta resistência pode ser de até 800 vezes maior que a resistência oferecida pelo ar.

### Coeficiente de arrasto

O coeficiente de arrasto está relacionado com a forma e o alinhamento do objeto com a água. Quanto mais alinhado o objeto, menor será o coeficiente de arrasto, ou seja, a mão em concha terá uma maior resistência do que a mão estendida.

### Área frontal do objeto a ser deslocado na água

Para realizar um movimento na água é necessário superar a resistência que a água oferece, então, quanto maior a superfície de contato frontal do objeto com a água, maior será a força para superar a resistência da água e conseqüentemente, mais difícil será o movimento.

Exemplo: caminhada de frente causando maior resistência que a caminhada lateral.

Progressão: sem uso de palmares, uso de palmares alternando em membros superiores e inferiores para uso de palmares nos dois braços ao mesmo tempo.

### Velocidade dos movimentos

A resistência da água é proporcional ao quadrado da velocidade, então ao dobrar a velocidade do movimento, quadruplica-se a resistência oferecida ao movimento.

Exemplo: extensão de tríceps - posição ereta, pernas levemente abduzidas e fletidas, com o cotovelo na lateral do corpo, flexionado e palma da mão voltada para baixo. Estender e fletir o cotovelo.

Progressão: quanto mais rápido a velocidade do movimento maior resistência será oferecida aos grupos musculares.

### Densidade

Os flutuadores são materiais menos densos que a água, pois possuem grande volume de ar e pequeno peso. Portanto, oferecem resistência a qualquer movimento contra o empuxo, realizado em velocidade maior que a crítica, sendo que esta resistência é proporcional ao número e ao tamanho dos flutuadores.

Exemplo: Patinar na água com movimentação de braços - Em pé, deslizar os pés para frente e trás de forma alternada e sem deslocamento do corpo. Os braços farão movimentos circulares na altura do tórax.

Progressão: iniciar o exercício sem o uso de flutuadores, prosseguir inserindo flutuadores pequenos (alternando as sessões enfocando em membros superiores e membros inferiores), evoluir para uso de flutuadores pequenos (membros superiores e em membros inferiores simultaneamente) e posteriormente utilizar flutuadores grandes (primeiro alternando membros superiores com inferiores e depois com o uso simultâneo em ambos os membros).

### Braço de alavanca

O corpo humano é composto por sistemas de alavancas que tem um *fulcrum* (articulação), um ponto de aplicação de força (músculo) e um ponto de aplicação de resistência (peso).

A posição relativa desses três pontos determina o tipo de alavanca. A maioria das alavancas no corpo humano é classificada como de terceira classe, ou seja, o músculo está localizado entre a resistência e o *fulcrum*.

Na água, a resistência é igual à quantidade de água deslocada durante o exercício, ou seja, se o membro está fletido ele desloca menos água do que quando o está estendido.

Exemplo: abdução e adução de ombro - posição ereta, com água na altura do ombro, de lado para a barra paralela.

Progressão: Abduzir o ombro com flexão de cotovelo, progredindo para abdução do ombro com extensão de cotovelo.

### Posição dos flutuadores

Aqui se unem os conceitos de aumento do número e tamanho de flutuadores. Pois, com o uso de flutuador diminui a densidade do membro, facilita a abdução e resiste à adução.

Exemplo: abdução e adução de quadril - em posição ereta, de frente para a borda da piscina, abduzir a aduzir uma das pernas. Repetir com a outra perna.

Progressão: iniciar faz sem uso de flutuadores, passando para uso de flutuadores proximal (acima do joelho) e progredindo para uso de flutuadores distal, (neste caso, adiciona-se também o uso de conceito de braço de alavanca).

### Profundidade da água

Em terra o centro de gravidade de um corpo localiza-se em frente ao sacro (nível S2). Na água, está localizado na altura dos pulmões. Conseqüentemente o grau de sustentação parcial do peso varia com a profundidade da água. Com água no nível de C7, as mulheres e os homens suportam 8% do peso corporal, no nível do processo xifóide 28% em mulheres e 35% em homens e, no nível da espinha ílaca ântero-superior 47% em mulheres e 54% em homens.

Exemplo: agachamento - Em pé, seguro na paralela, pernas afastadas aproximadamente 20cm. Lentamente flexionar os joelhos e abaixar o dorso ereto até que as coxas fiquem paralelas com o chão. Estenda as pernas sem alterar a posição da coluna e retorne a posição inicial.

Progressão: quanto mais rasa for a piscina, maior será o peso, sustentado nos músculos e em conseqüência a resistência que suportam o agachamento e o retorno à posição de bipedestação.

### Turbulência

Quando se olha para o fundo da piscina e consegue-se ver um objeto nitidamente, sem movimento algum da água, dizemos que a água está tranqüila. Caso haja pessoas se movimentando, não será possível ver o fundo, ocorre um movimento irregular das camadas do fluido o que chamamos de água turbulenta (turbulência). O movimento através do ar ou da água provoca o surgimento de correntes turbilhonantes

que tracionam para frente qualquer coisa que se encontre em seu interior. Isso significa que haverá muito menos esforço para o corpo que estiver em posição secundária ou posições subseqüentes. Quando um movimento é realizado em um sentido constante, a turbulência forma correntes circulares na mesma direção, e o movimento se torna cada vez mais fácil, bem como, ao inverter o sentido do movimento, a musculatura terá que se contrapor a uma parede de turbulência atuando em oposição ao movimento, o que exige um esforço maior. A turbulência se gradua pela velocidade do movimento, comprimento e forma da alavanca e posturas e equipamentos não aerodinâmicos.

Exemplo: caminhada frente/trás - caminhar com passos normais em linha reta, quando atingir o outro lado da piscina retornar de costas até a posição inicial.

Progressão: caminhar cada vez mais rápido, com o corpo bem estendido e uso de flutuadores.

### Movimento em fluxo laminar ou turbulento

Durante o fluxo alinhado ou laminar, ocorre um movimento contínuo do fluido, com todas as moléculas se movendo paralelas umas as outras e os trajetos não se cruzam. Ocorre apenas uma pequena fricção entre as camadas do fluido, pois elas se separam para se moverem ao redor do objeto e suavemente unem-se novamente depois.

O fluxo turbulento produz um aumento na fricção entre as moléculas do fluido e entre o objeto e o fluido. O movimento das moléculas é rápido, aleatório e não acontece em uma linha aerodinâmica. Isso resulta em uma área de baixa pressão atrás do objeto em movimento, que tende a segurá-lo. A resistência ao fluxo turbulento é maior que ao fluxo alinhado.

Exemplo: caminhada na piscina

Progressão: no início fisioterapeuta caminha à frente do paciente depois o paciente caminha sozinho, e posteriormente o fisioterapeuta provoca turbilhonamento da água.

### Mudança de direção dos movimentos

Um determinado movimento faz com que a água movimente na mesma direção, se o movimento for invertido ele irá mover-se contra o fluxo da água. Então quando se reverte a direção do movimento, precisa-se de uma força para parar o membro em movimento, outra para vencer a turbulência causada pelo movimento e mais uma força para se iniciar o movimento em direção oposta ao que estava sendo realizado. Portanto, quanto mais repetições nas mudanças de direção dos movimentos, cada vez maior será a resistência que a água oferecerá.

Exemplo: movimento de todo membro inferior desenhando um círculo - Em pé, corpo ereto, segurando na barra paralela da piscina. Eleve uma das pernas na lateral, movimente de forma circular fazendo três repetições no sentido horário e

inverter realizando três repetições no sentido anti-horário.

*Progressão:* quanto mais curto e rápido o movimento for realizado maior será a resistência.

### **Associação das propriedades físicas da água para obter a máxima intensidade de resistência em imersão**

O fisioterapeuta, utilizando sua criatividade, pode associar as diferentes propriedades físicas da água produzindo um número quase que incalculável de exercícios com grau de resistência crescente. Esta associação pode se dar entre duas, três ou até quatro variáveis diferentes. A seguir, serão expostos alguns exemplos deste tipo de associação.

Em trabalho de fortalecimento muscular de um grupo isolado (por exemplo, abdução e adução de quadril com extensão de joelho) iniciamos com movimento acima da velocidade crítica da água sem uso de qualquer flutuador. Após podemos introduzir flutuadores pequeno acima do joelho aumentando a velocidade; em seguida coloca-se o flutuador grande no tornozelo, com flexão plantar e, estímulo verbal para realização do movimento na maior velocidade possível e em pequenas amplitudes de movimentos.

No trabalho corporal de fortalecimento (por exemplo, abdução e adução de membro inferior e superior em decúbito dorsal) inicia-se somente com a resistência que água oferece na acima velocidade crítica; na segunda fase faz-se uso de flutuadores pequenos, ora em membro inferiores ora em membros superiores, com flutuadores (alinhados com a água); na terceira fase usa-se flutuadores pequenos (alinhados com a água) nos membros inferiores e superiores ao mesmo tempo com aumento da velocidade e na quarta fase faz-se o uso de flutuadores grandes (desalinhados com a água) em membros superiores e inferiores simultaneamente, com grande velocidade, e mudança de direção.

### **Discussão**

Uma busca feita por artigos que abordassem treinamento de força na água, por meio dos bancos de dados, *Medline*, *Lilacs*, *Physical Therapy* e *Bireme*, publicados nos últimos 15 anos, não resultou em nenhum trabalho que relate o treinamento de força na hidroterapia, nem indicações de como a graduação da resistência da água na hidroterapia poderia ser realizada ou que efeitos produziria. Por isso, a necessidade deste estudo, a fim de trazer o assunto para discussão e estimular pesquisas experimentais nesta área.

O esclarecimento das propriedades físicas da água como opção de resistência aos movimentos fundamentarão a

decisão clínica sobre o desenvolvimento de um programa de exercícios fisioterapêuticos progressivos, do mais fácil para o mais difícil, até o máximo de resistência que a água e os acessórios possam oferecer, tornando as intervenções hidroterapêuticas seguras e eficientes.

A água favorece aspectos comportamentais do tratamento fisioterapêutico. A reeducação de força muscular é muitas vezes estressante e monótona e, sendo possível variar as formas, velocidades, decúbitos e outros fatores relacionados ao treinamento aquático, é possível um tratamento mais criativo e eficiente.

A introdução de dificuldade na resistência ao movimento se dá pelo *feedback* do paciente ao fisioterapeuta durante cada sessão. Sugere-se a elaboração de programas de treinamento de força muscular associando o treinamento localizado ao trabalho corporal geral.

Pode-se concluir que ao simples movimento na água, acima de sua velocidade crítica, oferece resistência muscular. Se for possível aproveitar recursos físicos isoladamente ou combinados para atender a necessidade do objetivo de tratamento do fisioterapeuta, pode-se atingir um grau elevado de resistência, muitas vezes associando atividades funcionais e com as necessidades e prioridades do paciente, antes do início do trabalho de fortalecimento em solo.

Deve-se lembrar ainda que, nos casos de disfunções respiratórias, somente a imersão até o pescoço já é suficiente para aumentar o trabalho respiratório em 60%, em decorrência do deslocamento do sangue da periferia para região central e da resistência à inspiração oferecida pela pressão hidrostática.

Desta forma, o trabalho com resistência exige do fisioterapeuta organização e cuidados, considerando cada paciente isoladamente e sempre lembrando os efeitos fisiológicos que ocorrem devido à imersão.

### **Referências**

1. White T, Smith BS. The efficacy of aquatic exercise in increasing strenght. *Sports Med Training and Rehab* 1999;9(1): 51-9.
2. Baum G. *Aquaeróbica: Manual de treinamento*. São Paulo: Manole; 1999.
3. Champion M. *Hidroterapia: Princípios e Prática*. São Paulo: Manole; 1999.
4. Hanson B, Norm A. *Exercícios Aquáticos terapêuticos*. São Paulo: Manole; 1998.
5. Ruoti R, Morris D, Cole AJ. *Reabilitação aquática*. 1ª ed. São Paulo: Manole; 2000.
6. Santos, Carlos A. *Natação: Ensino e aprendizagem*. Rio de Janeiro: Sprint; 1996. ■