

PRINCÍPIOS FÍSICOS QUE FUNDAMENTAM A HIDROTERAPIA PHYSICAL PRINCIPLES OF HYDROTERAPY

Fátima A. Caromano*, Jean Paulus Nowotny**

*Profª Dra Curso de Fisioterapia da USP, ** Fisioterapeuta

Este artigo é o primeiro de uma serie de 3 artigos. Os seguintes serão publicados nas edições de jan/fev e março/abril de 2003.

RESUMO:

Este artigo fornece uma visão geral dos aspectos físicos que influenciam a imersão e o movimento do corpo humano na água e descreve sua implicações para a hidroterapia.

PALAVRAS CHAVES: física, hidroterapia, fisioterapia.

ABSTRACT:

This article supplies a general vision of the physical aspects that influence the immersion and movement of the human body during immersion in the water and describes its implications for the hydrotherapy.

KEY WORDS: physics, hydrotherapy, physiotherapy.

INTRODUÇÃO

A hidroterapia é um dos recursos mais antigos da fisioterapia, sendo definida como o uso externo da água com propósitos terapêuticos (2). Seu reconhecimento nos meios científicos é recente e deve-se a quatro fatores:

1. a física é uma ciência que tradicionalmente se desenvolveu com constância e com uma produção científica altamente significativa. A hidrostática, hidrodinâmica e termodinâmica, áreas da física que fundamentam a hidroterapia, acompanharam este desenvolvimento.
2. A necessidade de estudar os reajustes das funções cardiopulmonar e renal durante alterações inesperadas, levou os pesquisadores a descobrirem que a imersão seria o meio adequado para estes estudos;
3. A necessidade de pesquisas com simulação de ausência de gravidade durante a preparação para enviar homens ao espaço e, mais recentemente, da avaliação do treinamento físico na ausência de gravidade;
4. Os bons resultados obtidos com tratamentos utilizando diferentes métodos de hidroterapia, visando reeducação funcional numa série de disfunções, e realizados por diferentes grupos de trabalho, que são amplamente difundidos, principalmente, na forma de cursos e palestras.

Atualmente, a hidroterapia esta bem fundamentada em pesquisas realizadas pelas áreas básicas talvez até mais que outros recursos utilizados pela fisioterapia (2,7), mas os estudos clínicos precisam chegar até às publicações científicas.

As forças físicas da água agindo sobre um organismo imerso, provocam alterações fisiológicas extensas, afetando quase todos os sistemas do organismo. Os efeitos fisiológicos podem somar-se aos desencadeados pela prática de exercício físico na água, tornado as resposta mais complexas(12). Certamente estas respostas e seus efeitos terapêuticos em um organismo sadio, são diferentes das que ocorrem num corpo doente. O conhecimento detalhado dos efeitos da imersão, acompanhada ou não de exercícios físicos, e da

fisiopatologia, fornece subsídios suficientes para o estabelecimento de objetivos fisioterapêuticos e um plano de tratamento adequado para cada paciente (6).

O objetivo deste texto é explorar a ação física da água sobre um corpo imerso em repouso e em movimento. Sendo este corpo o homem, com reações próprias de adaptação ao novo meio, algumas variações na situação de imersão do corpo, a posição do corpo na água, a presença e o tipo de movimento realizado e as características físicas da pessoa.

Para entender os efeitos da imersão é preciso compreender alguns princípios da hidrostática (considerando-se a imersão em repouso), da hidrodinâmica (considerando a água ou o corpo em movimento) e da termodinâmica (troca de calor entre o corpo e o meio).

Os conceitos básicos da hidrostática

Densidade e densidade relativa

A densidade (r : lê-se rô) é definida como massa por unidade de volume: $r=m/V$ (Kg/m^3 ou g/cm^3).

Lembre-se que massa de uma substância é a quantidade de matéria que ela compreende, seu peso é a força com a qual ela é atraída para o centro da Terra (força da gravidade). Então, o peso é igual à massa, multiplicado pela aceleração da gravidade. Por exemplo, uma massa de 1 kg tem um peso de 9.8 Newtons (2,13).

A densidade relativa de uma substância é a relação entre a massa de um dado volume de substância e a massa do mesmo volume de água. A densidade relativa da água pura, a 4°C, por definição, é de 1,0. Como esse número refere-se a uma proporção, ele não tem unidade. O corpo humano, constituído principalmente por água, tem densidade relativa próxima de 1,0 (aproximadamente 0,95). Esse número varia com a porcentagem de gordura corporal. A massa corporal magra ossos, músculos, tecido conjuntivo e órgãos) tem densidade de 0,9. A Composição entre massa magra e massa gorda vai definir a densidade relativa de cada pessoa. Mulheres temdem a Ter densidade relativa menor que os homens, enquanto que as

de bebês e idosos são menores que dos adultos (aproximadamente 0,86). Analisando situações extremas, a densidade relativa de uma pessoa magra pode ser de 1,1 e de uma obesa 0,93 (1).

Como a maioria das pessoas apresenta uma diferença positiva entre a densidade relativa da água e a do corpo humano, o corpo ao ser colocado na água, é forçado para cima por uma força igual ao volume de água deslocado e flutuará (2,8,13). A respiração também faz oscilar a densidade relativa, portanto a respiração calma provoca pouca variação na densidade relativa do corpo e menos desequilíbrio durante a flutuação (5,12).

Princípio de arquimedes e flutuação

O princípio de arquimedes diz que quando um corpo está imerso completamente ou parte dele num líquido em repouso, ele sofre um empuxo para cima, igual ao peso do líquido deslocado. Se o corpo imerso tiver densidade menor do que o volume de água deslocado; ao contrário, se o corpo possuir densidade relativa maior que 1,0 ele afundará. Corpos em densidade relativa igual a 1,0 flutuam logo abaixo da superfície da água (6,13).

No caso do corpo humano, considerando-se a densidade relativa em torno de 0,95, ele flutuará e 95% dele ficará submerso, enquanto que 5% ficará emerso (13), como demonstra a figura 1.

Se a porção emersa do corpo exceder 5%, como quando a pessoa tem os braços acima do nível da água, a quantidade de água deslocada pelo

restante do corpo será insuficiente para sustentar o peso do corpo, e a pelve e membros inferiores afundarão (2,3). Uma forma prática de se evitar que isto aconteça é utilizar a bóia na região da pelve. Por vezes, também é necessário utilizar a bóia na região cervical (13). O flutuador (bóia, prancha de plástico ou isopor, bolinhas, etc.) tem densidade relativa bem menos que 1,0 diminuindo a densidade relativa do conjunto corpo-flutuador.

A flutuação é a força experimentada como o empuxo para cima, que atua em sentido oposto à força da gravidade. Desta forma, um corpo na água está submetido a duas forças que atuam em oposição.

- a força da gravidade, atuando através do centro de gravidade;
- a força de flutuação, atuando no centro de flutuação.

Quando o peso do corpo flutuante iguala-se ao peso do líquido deslocado, e os centros de flutuação e gravidade estão na mesma linha vertical, o corpo é mantido em equilíbrio estável (13), como demonstra a figura 1.

Se os centros não estiverem na mesma linha vertical, as duas forças atuando sobre o corpo farão com que ele gire até atingir uma posição de equilíbrio estável. Quando existe o centro de flutuação, observa-se o momento de força M , que é a força que age em um ponto (resultante das forças atuantes nesse ponto), gerando o efeito rotatório (forças rotacionais chamadas de torque). Essa força

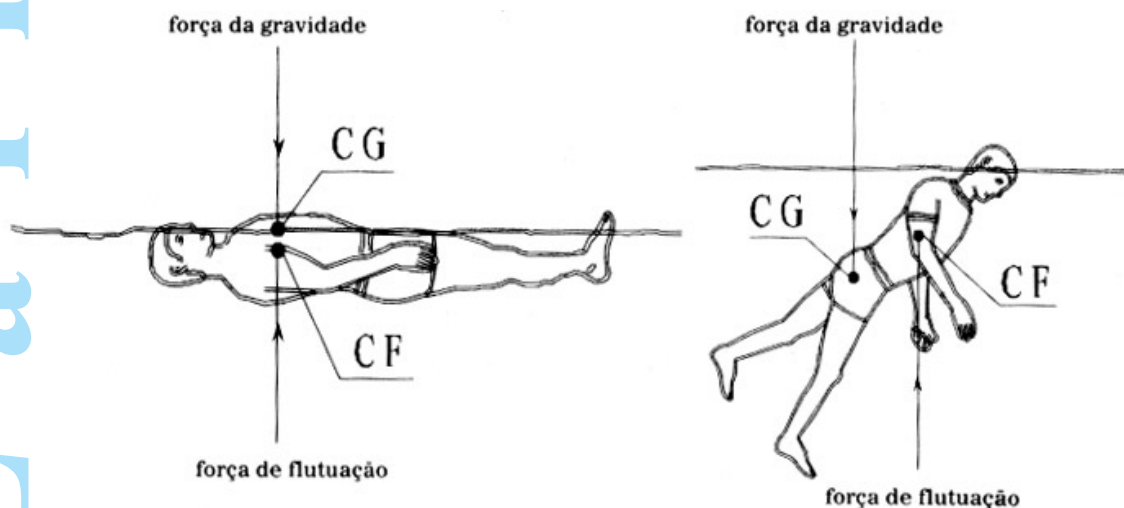


Fig. 1 - Corpo flutuando em equilíbrio estável e em desequilíbrio. CF é o centro de flutuação e o CG, o centro de gravidade.

é igual à força de flutuação F multiplicada pelo deslocamento d , que é a distância perpendicular desde uma linha vertical passando através P (ponto em torno do qual o efeito rotatório da flutuação é exercido), até o centro de flutuação (3,13): $M = F \times d$.

Skinner & Tompson (13) descreveram a situação de abdução de um membro superior, onde a alavanca é formada pelo braço (segmento AB), sendo P a articulação em torno da qual o movimento está ocorrendo (o ombro). O efeito rotatório da flutuação aumenta com o grau de abdução, uma vez que a distância também aumenta. O efeito da flutuação aumenta à medida que o membro se aproxima da superfície da água. Se a alavanca for encurtada, por exemplo, pela flexão do cotovelo, o centro de flutuação se aproxima de P e a distância d diminui. Então, o momento de flutuação é menor e o efeito da flutuação também é menor. O oposto pode ocorrer com aumento da alavanca, através de uma prancha colocada na mão (palmar) ou pela diminuição da densidade do segmento, por exemplo, somando a este uma pequena bola de isopor (fig.2)

Do ponto de vista fisioterapêutico, a flutuação pode ser usada para facilitar o movimento, quando o ombro é movido na direção do nível da água e para facilitar o movimento, quando o membro é movido na direção do nível da água e para resistir o movimento, quando o membro é movido da superfície da água em direção ao tronco. Quanto maior a facilitação e maior a resistência ao movimento (6,18).

O deslocamento de qualquer segmento produz mudanças na postura do corpo na água, produzindo principalmente a rotação. Este é um dos melhores recursos de mobilização que pode ser aprendido pelo paciente, com a finalidade de obter independência na água (12).

Quando uma pessoa fica em pé, quase na vertical com o nível da água, seu corpo tende a retornar à posição horizontal, sendo que as pernas tendem a deslocar-se para a superfície e o corpo desloca-se para trás (13).

A flutuação também pode ser alterada por meio do ajuste da porção imersa do corpo, modificando a descarga do seu peso. Com imersão até o processo xifóide, a maioria dos humanos descarrega 75% do peso corporal, e com a imersão até a cicatriz umbilical, descarrega em torno de 50% do peso (4), possibilitando ao fisioterapeuta utilizar o nível de imersão como graduação da dificuldade de alguns exercícios, como o treino de marcha.

Pressão hidrostática (P), Lei de Pascal e Momento de flutuação

A pressão hidrostática P é definida como a força (F) exercida por unidade de área (A), em que a força por convenção é suposta, e é exercida igualmente sobre toda área da superfície de um corpo imerso em repouso, a uma dada profundidade (lei de Pascal). Ou seja, é a pressão do líquido sobre o corpo imerso (4,13).

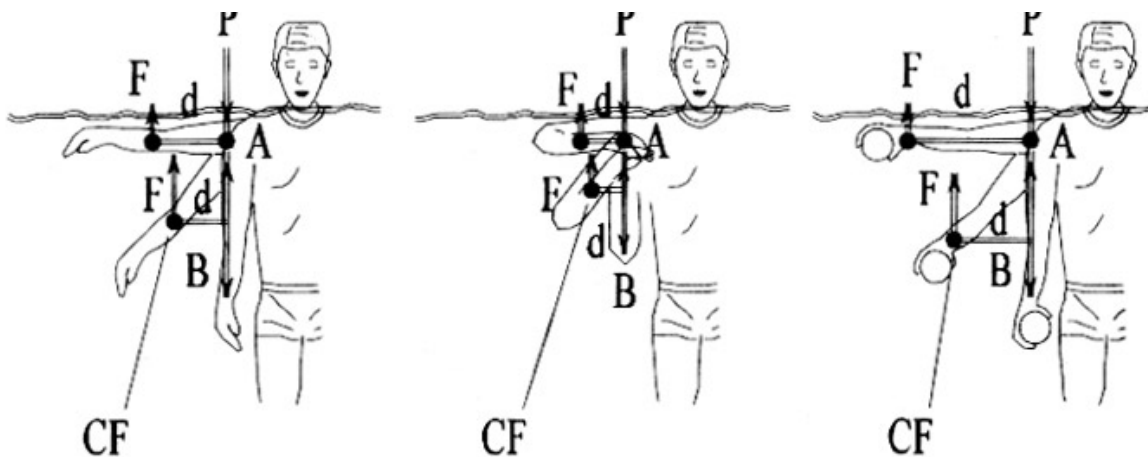


Fig. 2 - Efeito rotatório da flutuação, onde o membro superior esquerdo é o segmento AB, P o ponto em torno do qual o movimento rotatório acontece, F a força em cada ângulo de abdução e CF o centro de flutuação do segmento. Observa-se à direita abdução com MSE em extensão, no centro com MSD em flexão e à direita com auxílio de uma bola de isopor.

A pressão aumenta com a densidade do líquido e com a profundidade (fig. 3). Daí, temos então:

$P=F/A$ sua unidade é o Pascal - Pa, e é medida em:

Newtons por metro quadrado - N/m^2 ;

Dinas por centímetro quadrado - dyn/cm^2 ;

Quilograma por metro quadrado - KG/m^2 ;

Milímetros de mercúrio por pé - $mmHg/ft$

Considerando-se um corpo imerso a uma distância h , abaixo da superfície, a força exercida sobre o corpo resulta do peso da coluna de líquido acima dele (2).

Se a força $F =$ a massa m x aceleração da gravidade g e, força (F) = densidade (r) x a área (A) x altura da coluna de líquido (h), então, $P=F/A = rAhg/A$, onde cancelando-se a área A , tem-se: $P = rgDh$.

Devemos lembrar ainda que a pressão hidrostática não é a única força que está sendo exercida sobre o corpo. A pressão atmosférica da Terra contribui para a força total exercida sobre o corpo (3).

A água exerce uma pressão de 1,0 mmHg/1,36 cm por profundidade de 1,20 m está sujeito a uma força igual a 88,9 mmHg - que é ligeiramente maior que a pressão arterial diastólica-, podendo auxiliar na resolução de edema em uma região delimitada. Caso a imersão seja abaixo do nível da água, a força exercida sobre o corpo será resultado do peso da coluna de água acima dele (4,4,13).

Segundo Becker (4), “todos os tecidos moles são comprimidos, aumentando o retorno linfático. A pressão linfática normal é um sistema de pressão negativo. Uma imersão em profundidade mínima produz uma pressão hidrostática sobre o vaso, que excede a pressão linfática que é de poucos milímetros de mercúrio”.

A ação da pressão hidrostática e da força de flutuação proporciona a sensação de imponderabilidade. Atuando no tórax e abdome produz resistência à inspiração e facilita a expiração, sendo um exercício respiratório interessante para determinados pacientes. O “alívio de peso” do corpo é uma das principais vantagens do tratamento na piscina, pois, após o controle do equilíbrio é o maior estímulo para libertar-se do medo e dominar o meio aquático (912), como demonstra a figura 3.

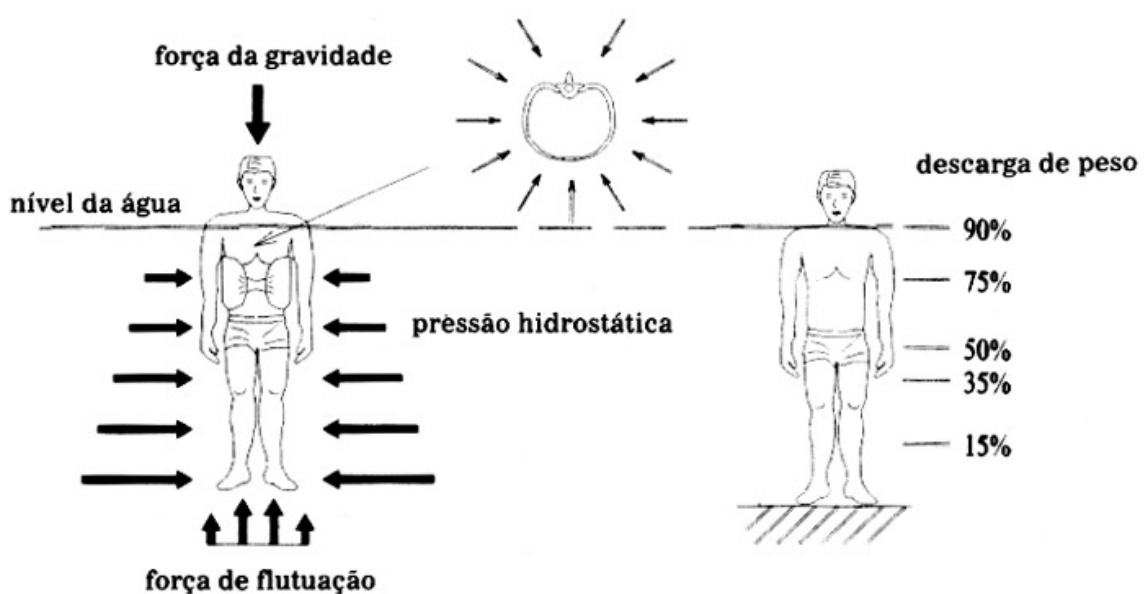


Fig. 3 - Pressão sobre um corpo flutuante com a cabeça fora da água e porcentagem de descarga de peso em corpo imerso até o pescoço.

É importante lembrar que com a deambulação na água e os pés tocando o solo, existe o impacto, que embora seja reduzido, em função das forças de flutuação e hidrostática, está relacionado com a velocidade do exercício. Quanto maior a velocidade maior o impacto (1).

Outros conceitos físicos relativos à água

Coesão- é a força de atração entre moléculas vizinhas, de um mesmo tipo de matéria (9,13).

Adesão refere-se à força de atração entre as moléculas vizinhas de diferentes tipos de matéria (13).

Diferentes líquidos são caracterizados por diferentes quantidades de atração molecular, e quando as camadas de líquidos são postas em movimento, essa atração cria resistência ao movimento. Esse atrito interno do líquido é denominado viscosidade. O ar é menos viscoso que a água, portanto há mais resistência ao movimento na piscina que em terra. A viscosidade da água aquecida é menor do que a da água fria. A tensão superficial é a força exercida entre as moléculas da superfície de um líquido. Atua como leve resistência à mudança de meio, por exemplo, água-ar (3,13).

Para o fisioterapeuta é importante lembrar da refração- uma deflexão de um raio, quando ele passa de um meio mais denso para um menos denso ou vice-versa (fig. 4).

Considere um raio de luz refletido no fundo de uma piscina. O raio será refratado afastando-se do normal, ao passar da água para o ar, portanto na figura 4, o ponto A parece ocorrer no ponto B, porque o observador imagina que a luz viaja em linha reta.

A piscina parece ser mais rasa do que realmente é, e os membros inferiores de um paciente, quando imersos, parecem deformados, e quando parcialmente imersos parecem quebrados. Isto dificulta a observação do paciente, a partir da superfície da piscina (13).

Os princípios básicos da hidrodinâmica estão relacionados ao deslocamento (movimento) do corpo ou seus segmentos na água.

Fluxo laminar e turbulento

É importante compreender, fisicamente, como ocorre o deslocamento de um corpo no meio líquido.

Para isso, primeiro deve-se entender a diferença entre fluxo laminar (alinhado) e fluxo turbulento (desalinhado). No primeiro a velocidade permanece constante dentro de uma corrente de líquido, produzindo um fluxo alinhado e contínuo, caracterizado como camadas de líquidos deslizando uma sobre as outras, sendo que as camadas mais centrais movem-se mais rapidamente e as mais externas permanecem estacionárias. No fluxo turbulento, sua velocidade ultrapassa uma velocidade crítica, provocando um movimento irregular do líquido (4,11).

O líquido estacionário comporta-se como fluxo alinhado, até agir de tal forma que se comporte como fluxo turbulento (11).

Durante o movimento, a resistência friccional é maior no fluxo turbulento. Fisicamente, no fluxo alinhado a resistência é diretamente proporcional à velocidade e é devido ao atrito entre as camadas

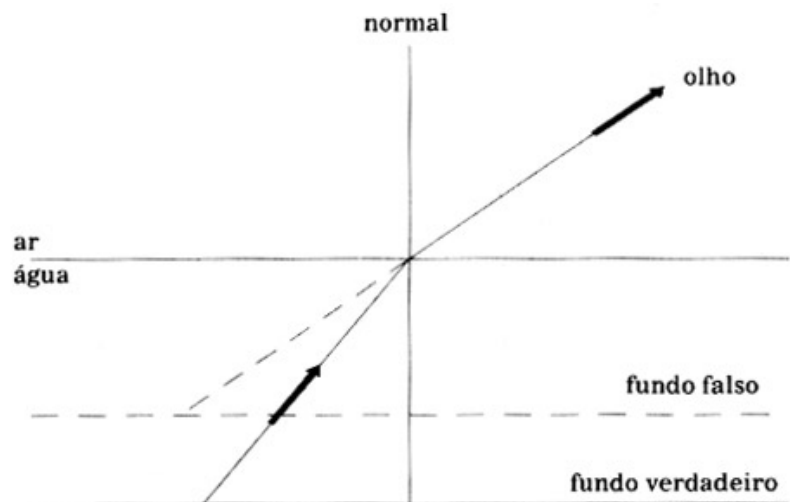


Fig. 4 - Efeito da refração sobre raios luminosos refletidos no fundo da piscina.

de moléculas do líquido, e no fluxo turbulento é proporcional ao quadrado da velocidade, em consequência ao atrito entre as moléculas individuais do líquido e entre o líquido e a superfície do continente. Assim, é mais difícil equilibrar-se ou deslocar-se em um fluxo turbulento que em um fluxo contínuo (1,4,11).

Esteira, redemoinhos e arrasto

Quando um objeto se move através da água, cria-se uma diferença na pressão à frente e na traseira do objeto, sendo que a pressão traseira torna-se menor que a dianteira. Como consequência, ocorre um deslocamento do fluxo de água para dentro da área de pressão reduzida (denominada esteira). Na região da esteira forma-se redemoinhos, que tendem a arrastar para trás o objeto (arrasto). Quanto mais rápido o movimento, maior o arrasto (4,13)

O coeficiente de arrasto está relacionado com a forma como o corpo está alinhado com a correnteza. O deslocamento de um corpo na água pode estar alinhado ou desalinhado com a correnteza. O corpo está alinhado com a correnteza quando ao mover-se pela água produz pouca separação das linhas de corrente (linhas imaginárias que cortam a água) e pequena perturbação na água; sua largura é pequena. Está desalinhado com a correnteza quando produz grande separação das linhas de corrente e formam ondas ao seu redor; sua largura é grande. Assim, a resistência ao movimento depende da velocidade e da forma do objeto (fig. 5) (1,4,13).

Alguns princípios da física não afetam diretamente a imersão ou movimento de um corpo na água, mas são importantes para nos lembrar de alguns cuidados a serem prestados aos pacientes durante e após a sessão de hidroterapia.

Os princípios da termodinâmica estão associados com a transferência de calor na água

Quando trabalhamos em piscina aquecida, ou não, impomos ao corpo uma temperatura diferente da sua. Vamos entender um pouco sobre geração e troca de energia calórica pelo corpo. Grande parte das reações químicas celulares destina-se à produção de energia a partir de alimentos. Todos os alimentos energéticos (carboidratos, lipídeos e proteínas) podem ser oxidados com oxigênio no interior das células e, neste processo, grandes quantidades de energia são liberadas. A energia necessária para os processos fisiológicos não é o calor. Para fornecer energia para as reações químicas, ela deve ser acoplada aos sistemas responsáveis por essas funções fisiológicas, como a formação de ATP (3).

Alguns fatores aumentam a atividade química das células e do metabolismo. Exercício físico, atividades diárias, processos orgânicos, como a digestão, a idade (a velocidade metabólica de um bebê é duas vezes a de uma pessoa idosa), alterações no nível do hormônio tireóideo (especialmente a tireoxina), estimulação do sistema nervoso simpático (com liberação de norepinefrina e epinefrina), hormônio sexual masculino, hormônio do crescimento, febre, clima, ou diminui a atividade química celular - sono (10 a 15% abaixo do normal), pela diminuição das atividades do sistema nervoso simpático e desnutrição prolongada (2). Em torno de 20% da energia produzida é convertida para realizar trabalho e o resto é convertido em energia térmica (4).

A temperatura no corpo humano varia por região. Assim, podemos dividir em temperatura central (interior do corpo - varia no máximo de \pm

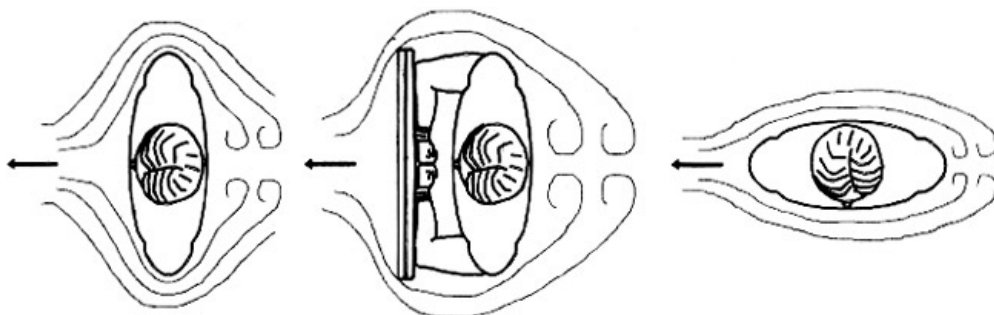


Fig. 4 - Fluxo através do corpo em deslocamento frontal, frontal com suporte quadrado e lateral (vista superior).

0,6°C) e temperatura superficial. A temperatura normal média é considerada como sendo de 37°C, quando medida oralmente (2).

O corpo humano possui um sistema isolador de temperatura, constituído principalmente por gordura. Segundo Guyton (10), como a maior parte do calor corporal é produzida nas porções mais profundas do corpo, o isolamento pôr debaixo da pele constitui um meio efetivo para manter as temperaturas internas normais, apesar de permitir que as temperaturas da pele se aproximem da temperatura do meio ambiente. No entanto, existem diferentes formas do corpo transferir e assim perder calor: irradiação, condução, convecção e evaporação (ligada ao mecanismo de sudorese), garantindo um equilíbrio entre produção e perda de calor.

Formas de transferencia de calor

Irradiação: perda de calor na forma de raios térmicos infravermelhos, isto se a temperatura do corpo é maior que a temperatura ambiente (4,13).

Condução: transferencia de calor entre o corpo e um objeto ao ar, se estes são mais frios que a pele. Quando existe troca freqüente do ar (vento) em contato com a pele, temos a perda por correntes de convecção (4,13).

Fisicamente a condução é definida como a transferencia de calor por meio de colisões moleculares individuais, ocorrendo ao longo de uma pequena distância, e a convecção transfere calor pôr meio de movimento em massa de grande número de moléculas ao longo de uma grande distância. A radiação transfere calor por meio de ondas eletromagnéticas (4).

Evaporação: ocorre quando a água se evapora a partir da superfície corporal ou através dos pulmões. A perda de calor por evaporação de suor pode ser controlada pela regulação da sudorese (13).

Nestes processos, a circulação faz um papel fundamental, onde o sangue torna-se um liquido convectivo, que transfere calor para superfície do corpo e para os pulmões. A realização de exercícios vigorosos em água aquecida (35°C), resulta em aumento da temperatura central para 39°C e fadiga prematura. O exercício vigoroso em água fria

(18°C) resulta em diminuição da temperatura corporal central para aproximadamente 36°C, associada com a inabilidade de realizar contração muscular (1.3).

Conforme descrito por Becker (4), um corpo imerso numa massa de água torna-se um sistema dinâmico. Se a temperatura da água exceder a temperatura do corpo submerso, o sistema equilibra-se. Se a temperatura da água exceder a temperatura do corpo, o corpo submerso aquece-se através de transferencia de energia calórica da água para o corpo.

Capacidade calórica específica e umidade

Pela primeira lei da termodinâmica, o conteúdo total de calor permanece o mesmo. Como curiosidade, é interessante saber que a água é definida como tendo capacidade calórica específica igual a 1,0 e o ar igual a 0,001. Isto é, a água retém 1.000 vezes mais calor que um volume equivalente de ar. O corpo humano, pôr sua vez, tem capacidade calórica específica igual a 0,83 (13).

A capacidade do ar de reter água é conhecida como umidade. Umidade relativa é a relação entre a quantidade que estaria presente se o ar estivesse saturado na mesma temperatura (geralmente expressa sob forma de porcentagem). O ar é capaz de absorver quantidades diferentes de umidade a temperaturas diferentes. Quanto mais alta a temperatura maior a quantidade de vapor de água pode ser absorvido. O ar seco eleva a temperatura e o ar úmido abaixa (6,13).

A evaporação do suor produz resfriamento do corpo. Se o ar que circunda o corpo já estiver completamente saturado com vapor da água, nenhuma evaporação conseguir ocorrer e o corpo tem dificuldade para perder calor. Se a temperatura atmosférica for alta, o corpo tem dificuldade em perder calor sob forma de condução, convecção ou radiação. Se a umidade e a temperatura estiverem elevadas, o corpo terá muita dificuldade em perder calor e o ambiente torna-se desconfortável. Aconselha-se temperatura ambiente entre 20 e 21°C e umidade de 55% em piscinas terapêuticas (3,13).

Resfriamento

Pela lei de Newton do resfriamento, a

velocidade de resfriamento de um corpo, em um dado tempo, é proporcional à diferença de temperatura entre o corpo e sua vizinhança. Quanto maior a diferença, maior a velocidade de resfriamento (7).

Aplicabilidade dos princípios físicos na hidroterapia

Para Becker (3), “todos os princípios físicos são clinicamente úteis, sem modificação adicional, embora possam ser ampliados para uma variedade de situações clínicas, mediante equipamentos adicionais”.

De forma geral, a densidade pode ser alterada para facilitar ou resistir movimentos e auxiliar na sustentação e flutuação do corpo.

A força de flutuação também pode auxiliar a atingir os objetivos acima, além de poder auxiliar em técnicas de mudança de decúbito e facilitar o deslocamento de todo corpo, como pôr exemplo, durante a marcha (7.11).

A pressão hidrostática auxilia na diminuição da descarga de peso sobre os membros inferiores, na resolução de edemas e pode servir como exercício respiratório em algumas doenças respiratórias (3,12).

A viscosidade provoca resistência ao deslocamento (9).

Variações no ambiente aquático, como a produção de turbulência, cria um meio interessante para o trabalho do equilíbrio estático e dinâmico. O fluxo também pode ser modificado pôr equipamentos como palmares, que dependendo de como são utilizados, podem dificultar ou facilitar um determinado movimento (5).

O movimento em meio aquoso sendo dependente da forma do corpo ao se deslocar na água e da velocidade, pode ser modificado de inúmeras maneiras, criando as mais diversas situações terapêuticas (8, 9).

A força de arrasto pode ser utilizada para facilitar os movimentos, tanto do paciente quando do terapeuta. Uma vez o paciente posicionado atrás do terapeuta, o movimento de resistência é vencido pelo terapeuta e facilitado para o paciente. O inverso é verdadeiro (7).

A utilidade da temperatura tépida da água depende de sua grande capacidade de reter e transferir calor. Para o organismo humano significa conforto, melhora da circulação periférica e alívio da dor (8).

O fisioterapeuta deve cuidar da temperatura da água da piscina e da temperatura e umidade do ar, pois o excesso ou queda acentuada de temperatura pode provocar desequilíbrios e até danos no organismo do paciente (7).

Do ponto de vista fisiológico, inúmeras respostas são desencadeadas pela ação das forças físicas agindo sobre o corpo imerso na água, como as de reajuste dos sistemas circulatório, respiratório, renal e a ativação dos mecanismos de termoregulação. Estas respostas podem somar-se às desencadeadas pela realização de exercício físico. Este é um outro assunto a ser considerado no tratamento fisioterapêutico com o paciente imerso na água.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Bates a & Hansos, exercícios Aquáticos Terapêuticos. 1ª ed., São Paulo, Manole, 1998: 21-32.
2. Becker BE & Cole AJ. Comprehensive Aquatic Therapy, Butterworth-Heinemann, Boston, 1997:16-28.
3. Becker BE & Cole AJ. Terapia aquática Moderna. Manole, São Paulo, 2000.
4. Becker EB. Aquatic Phisics. In: Ruoti RG, Morris DM e Cole AJ. Aquatic Rehabililtation. New York, Lippincott, 1997:15-24.
5. Blomfield J, Friecker P, Fitch K. Texboob of Science and Medicine in sport. Champaign, vol III: k Human Cinetcs Books; 1992: 5.
6. Champion MR. Adult Hidrotherapy: A Parcetical Aproach. Heinemann Medical Books: Oxford, 1990.
7. Champion MR. Hidroterapia: Prinípio e Prática. 1ª ed., São Paulo, Manole, 1999:14-22.
8. Cunningham J. Método Halliwick, In: Ruoti RG, Morris DM e Cole AJ. Aquatic Rehabilitation, cap. 16. Lippincott: Philadelphia, 1997.
9. Fracarolli JL. Análise Mecânica dos Movimentos Gímnicos e Esportivos. 3ª ed., Cultura Médica: Rio de Janeiro, 1998.
10. Gyton AC. Tratado de Fisiologia Médica. 7ª ed., Trad. Ebérard AC, Mundim FD, Taranto G e Pinho PLV. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan AS. 1981: 673-681.
11. LeVeau B & Lissner W. Biomechanics of Human Motion. 2ª ed., Saunder: Philadelphia, 1997.
12. Morris DM. Reabilitação Aquática do Paciente com Prejuízo Neurológico, In: Ruoti RG, Morris DM, 11. Cole AJ. Aquatic Rehabilitation, cap. 7. Lippincott: Philadelphia, 1997.
13. Skinnes AT & Thomson AM. Duffield: Exercícios na Água. 3ª ed., São Paulo, Manole 1985:4-22.