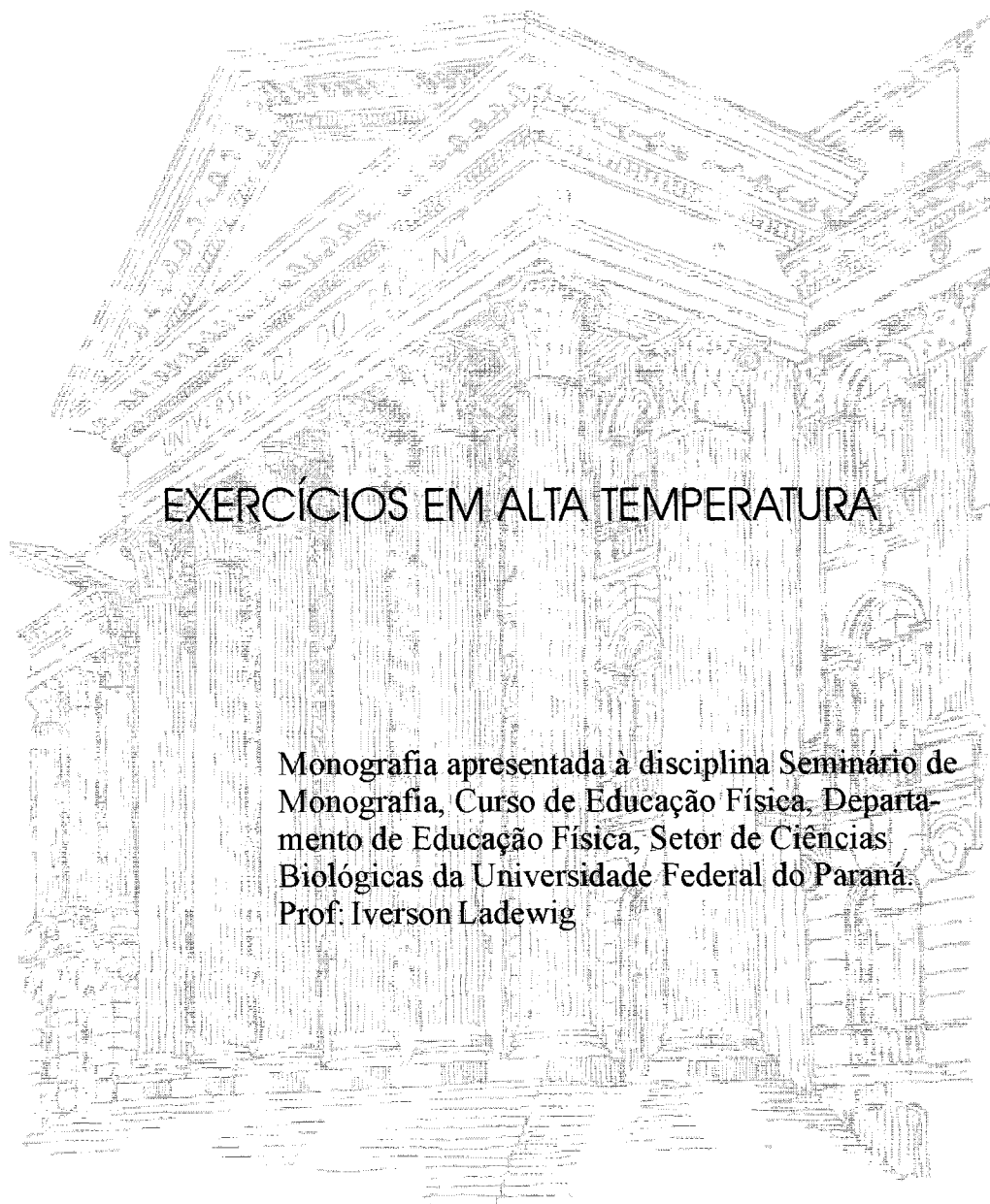


LUCIANA NISHIOKA



EXERCÍCIOS EM ALTA TEMPERATURA

Monografia apresentada à disciplina Seminário de Monografia, Curso de Educação Física, Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.
Prof. Iverson Ladewig

CURITIBA
1998

LUCIANA NISHIOKA

EXERCÍCIOS EM ALTA TEMPERATURA

**Monografia apresentada como requisito parcial,
para conclusão do curso de Licenciatura em
Educação Física, do Departamento de Educação
Física, Setor de Ciências Biológicas, Universidade
Federal do Paraná.**

ORIENTADOR: IVERSON LADEWIG

SUMÁRIO

RESUMO.....	iv
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.....	1
1.2 JUSTIFICATIVA.....	2
1.3 OBJETIVOS.....	2
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 TEMPERATURA CORPORAL E EQUILÍBRIO TÉRMICO.....	3
2.2 PRODUÇÃO DE CALOR.....	5
2.3 PERDA CALÓRICA.....	7
2.4 TERMORREGULAÇÃO.....	13
2.5 EXERCÍCIO EM ALTAS TEMPERATURAS.....	15
2.6 ACLIMATAÇÃO.....	20
3 CONCLUSÕES.....	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

RESUMO

Os seres humanos podem tolerar apenas variações relativamente pequenas na temperatura interna, que em média é de 37^o C, para que as reações metabólicas ocorram normalmente. Quando a temperatura externa é relativamente alta, a diferença de temperatura entre o centro e a superfície corporal ficam anuladas, exigindo que sob essas condições os mecanismos termorreguladores entrem em ação para auxiliar a eliminação do calor excessivo. O centro que regula a temperatura fica localizado no hipotálamo e este comporta-se como um "termostato", controlando a perda ou a produção de calor conforme a necessidade corporal interna. O fluxo de calor pode ser perdido por irradiação, condução, convecção e evaporação. Porém. Nas altas temperaturas ambientes e durante o exercício, a evaporação constitui a principal defesa fisiológica contra o superaquecimento. A perda excessiva de água no sangue que se estabelece pela sudorese intensa acompanhada da maior necessidade de fluxo sanguíneo para a musculatura ativa, fazem com que em condições de calor o lactato sanguíneo e a frequência de pulso aumentem mais rapidamente, apresentando assim uma fadiga prematura nas temperaturas ambientes superelevadas. Para evitar a queda no desempenho e as alterações fisiológicas negativas, deve-se fazer a reposição adequada e constante de água e eletrólitos, assim como uma prévia aclimatação para que se aprimorem os sistemas de perda de calor, o que resulta numa maior tolerância ao stress térmico e diminui a possibilidade da queda do desempenho esportivo.

1. INTRODUÇÃO

Para uma competição de resistência, atletas, técnicos e treinadores devem considerar o ambiente em que a competição será realizada. Inicialmente existem três obstáculos ambientais que podem ser fator determinante no desempenho do atleta, são eles: o calor, o frio e a altitude elevada. Esses fatores competem com os processos de transporte de oxigênio e com os processos termorregulatórios, que são cruciais na capacidade para o exercício e conseqüentemente definitivos para a performance do atleta. Além desses fatores, uma competição em tais ambientes pode acarretar ao atleta o risco de sérios distúrbios, que podem e devem ser evitados através de um necessário conhecimento das respostas corporais a estas condições e assim, reduzir ou evitar tais distúrbios.

O estresse provocado pelo calor é o de maior importância e será o principal enfoque deste trabalho, já que temperaturas ambientais elevadas podem diminuir a capacidade para o exercício e são as causas mais freqüentes de distúrbios potenciais severos.

1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Admite-se como verdade que o relacionamento da atividade física em condições ambientais de temperatura elevada e as conseqüentes respostas fisiológicas podem levar o organismo a apresentar os mais diversos distúrbios como por exemplo a insolação, desidratação e câimbras, assim como a diminuição da capacidade de executar trabalho e no prejuízo ao desempenho esportivo. Procurou-se neste estudo, elucidar o melhor meio de aclimação para

a prevenção dos problemas causados pela combinação das sobrecargas da atividade física e do calor excessivo.

1.2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho destina-se aos profissionais e acadêmicos das áreas de Educação Física, Medicina Esportiva, assim como a treinadores, técnicos e atletas, que devam estar prevenidos das conseqüências do exercício realizado no calor.

1.3 OBJETIVOS

Este estudo tem por propósito esclarecer os principais efeitos fisiológicos da atividade física realizada em ambientes quentes e como realizar a aclimatação como prevenção aos distúrbios que levam à queda do desempenho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

TEMPERATURA CORPORAL E EQUILÍBRIO TÉRMICO

O calor que é produzido pelos animais resulta da eliminação de energia que é transformada no organismo a partir da degradação dos alimentos, além de ser a forma principal de eliminação de energia, o calor é uma condição vital necessária para a manutenção de todos os processos biológicos (SELKURT, 1986). Devido ao fato da velocidade das reações químicas variar com a temperatura e dos sistemas enzimáticos do organismo terem margens estreitas de temperatura, dentro das quais sua função é ótima, a função normal do organismo depende de temperatura corporal relativamente constante (McARDLE, 1992).

Os fenômenos biológicos que dependem da temperatura do meio em que se processam, diminuem ou param a 0^o C e intensificam-se quando a temperatura sobe até um certo limite, podendo haver prejuízos para o organismo se a temperatura ultrapassar 40^o a 45^o C. Portanto para as funções do organismo acontecerem normalmente, a temperatura corporal deve manter-se relativamente constante, como sugerem HOUSSAY, LEWIS, ORÍAS, MENÉNDEZ, HUG, FOGLIA & LELOIR (1956) e GANONG (1983). ASTRAND (1980, p 478) cita ainda que *alterações na temperatura corporal afetam as estruturas celulares, os sistemas enzimáticos e muitas reações químicas e processos físicos que ocorrem no corpo e que dependem da temperatura*. BROOKS & FAHEY (1980) vão além, reforçando que vários mecanismos fisiológicos, principalmente a função neural dependem da temperatura corporal normal para funcionarem adequadamente, e

que os aumentos anormais e os decréscimos na temperatura corporal podem ser letais para o organismo.

Quanto a capacidade para manter a temperatura corporal, os animais podem ser pecilotérmicos ou homeotérmicos. A temperatura dos pecilotérmicos ou "animais de sangue frio", que não podem regular sua temperatura, acompanha aproximadamente a temperatura ambiente e com ela flutua, o que faz com que facilmente modifique a intensidade dos seus processos vitais. Para o grupo de animais homeotérmicos ou "animais de sangue quente", a temperatura se mantém quase invariável, com pequenas oscilações mesmo quando a variação da temperatura é muito grande. Estes animais conseguem esta uniformidade por possuírem mecanismos que regulam a própria produção e eliminação de calor (HOUSSAY et alli, 1956).

Entre os seres vivos homeotérmicos, entre os quais está o homem, não existe uma temperatura corporal homogênea tanto espacial como temporalmente. Temporalmente não existe qualquer temperatura uniforme, uma vez que a temperatura do corpo pode variar no decorrer do dia, e em relação ao local ela também não é constante, variando entre as regiões centrais e regiões periféricas, (STEGEMANN, 1979 e WEINECK, 1991). Outros estudos ASTRAND (1980), BROOKS & FAHEY (1984), GUYTON (1973), HOUSSAY et alli (1956) e GANONG (1973) demonstram que a temperatura corporal normal pode variar entre 36° a $37,5^{\circ}$ em repouso, variando de indivíduo para indivíduo sendo considerável também a variação de temperatura nas diversas partes do corpo, onde a temperatura interna central permanece relativamente constante, enquanto que a temperatura superficial tende a ficar mais próxima a temperatura do meio

ambiente. A temperatura cutânea depende principalmente de condições exteriores como o vento, a umidade e vestimenta, e de condições fisiológicas como vascularização da pele e evaporação sudoral.

A temperatura corporal é determinada através do equilíbrio entre a taxa de produção de calor e a taxa de perda de calor, ou seja, quando esses dois mecanismos permanecem com a mesma intensidade a temperatura corporal não aumenta nem diminui. No entanto, quando a produção de calor excede a perda de calor, a temperatura corporal aumenta; e de modo inverso, quando a perda de calor é maior do que a produção de calor, a temperatura corporal diminui (GUYTON 1988 , McARDLE 1992, e STEGEMANN 1979).

PRODUÇÃO DE CALOR

Segundo GUYTON (1973, 1988) o calor está sendo produzido continuamente através do metabolismo mesmo quando o corpo está em repouso absoluto, já que 70% da energia usada é convertida em calor formado pelo Metabolismo Basal, que indica a quantidade de energia necessária para a manutenção das funções corporais em repouso, assim como perde-se calor constantemente para o meio ambiente. Além da produção de calor pelo próprio metabolismo, o corpo pode ainda ganhar calor quando os músculos entram em atividade, com os calafrios, e também pode ser absorvido do meio ambiente se este estiver com a temperatura maior que a temperatura corporal. McARDLE (1992), relata que o corpo recebe calor do meio ambiente através da radiação solar e dos abjetos, também afirma que pode receber calor por meio da condução

e convecção se a temperatura corporal for menor que a temperatura do meio ambiente.

Existem outros fatores internos além do Metabolismo Basal e que interferem diretamente no próprio metabolismo, sendo muito importantes para determinar a taxa da produção de calor, são eles: (1) aumento da taxa do metabolismo causado pelo exercício, incluindo o calafrio; (2) efeito de hormônio tireoidiano; (3) efeito de noradrenalina e estimulação simpática e (4) elevação da temperatura corporal (GUYTON, 1973).

GUYTON (1973 e 1988), SELKURT (1986) e HOUSSAY et alli (1956) descrevem que o exercício é o mais potente estímulo para o aumento do metabolismo, já que quando há contração dos músculos, grande parte de energia liberada se dá sob a forma de calor. ASTRAND (1980) indica que o exercício de grande intensidade pode aumentar a produção de calor em até 10 a 20 vezes a normal.

Outra forma de aumentar a taxa metabólica pela atividade muscular é o calafrio, que se desencadeia por um mecanismo reflexo, sendo de ação involuntária. BROOKS & FAHEY (1984) citam ainda que o calafrio é uma maneira eficaz para aumentar a temperatura do corpo, devido a não haver trabalho mecânico dos músculos e a taxa metabólica pode ser aumentada em até 5 vezes a normal, sem gasto de energia.

A tiroxina quando secretada em grandes doses pela glândula tireóide pode aumentar o metabolismo em até 60% acima do normal. Estes efeitos podem ser explicados pelo fato de que a tiroxina tem a função básica de aumentar a

velocidade de quase todas as reações químicas do organismo em todas as células do corpo (BROOKS & FAHEY, 1984 e GUYTON, 1988).

Quando o sistema nervoso simpático é estimulado há liberação de noradrenalina e adrenalina que aumentam a velocidade do metabolismo em quase todos os tecidos. GUYTON (1988) cita ainda que estas substâncias aumentam a degradação do glicogênio em glicose e aumentam a intensidade das reações enzimáticas que facilitam a oxidação dos alimentos.

A elevação térmica do acesso febril é causada por um aumento considerável da produção de calor, (HOUSSAY et alli 1956). GUYTON (1973 e 1988) ainda demonstra que a cada grau Celsius de aumento na temperatura do corpo pode aumentar a intensidade do metabolismo em cerca de 10%, e que quanto mais elevada for a temperatura de um meio quimicamente ativo mais rápida ocorrerão essas reações. Portanto uma pessoa com febre muito alta tem seu metabolismo aumentado como resultado da sua própria febre.

PERDA CALÓRICA

HARDY (1967) *apud* ASTRAND (1980, p 479) relata que os mecanismos da termorregulação estão particularmente ajustados para proteger os tecidos corporais contra o superaquecimento muito mais do que contra o superresfriamento, já que este outro trás conseqüências mais danosas ao organismo, principalmente quando este calor é o resultado da somatória da produção de calor pelo próprio metabolismo, e pelo aumento da temperatura corporal através de um ambiente de temperatura elevada. Nestes casos os

processos da perda de calor devem ser efetivos como meios para não haver sobrecarga térmica nas células orgânicas.

O equilíbrio da temperatura corporal pode ser feito pelos mecanismos da perda de calor, que compreendem a irradiação, a condução, a convecção e a evaporação (ASTRAND 1980; STEGEMANN 1979; GUYTON 1973; SKINNER 1991; BROOKS & FAHEY 1984; McARDLE 1992; FOX 1991; GALLEGO 1992; SELKURT 1986; HOUSSAY et alli 1956).

PERDA DE CALOR POR IRRADIAÇÃO

A maior parte de calor perdido em repouso em uma sala de temperatura normal é feita por irradiação, eliminando cerca de 60% da sua perda calórica total. Perda calórica por irradiação pode ser explicada como perda sob a forma de raios infravermelhos, que são um tipo de ondas térmicas eletromagnéticas, sendo emitidas constantemente pelos objetos. GUYTON (1973) afirma que toda massa no universo que não esteja em temperatura do zero absoluto sempre está irradiando raios caloríficos.

O corpo humano, no entanto, é ao mesmo tempo irradiador e receptor de calor. Quando a temperatura corporal é maior que a temperatura do ambiente, então mais calor é irradiado do corpo para o ambiente; mas se a temperatura do ambiente for maior, o calor é irradiado do ambiente para o corpo. Em situações como no verão, quando o ambiente ao redor tem mais calor que o corpo, este sofrerá uma sobrecarga de irradiação muito grande vinda do ambiente e a temperatura irá se elevar. Portanto, a perda calórica por irradiação demonstrada

por GUYTON (1973), BROOKS & FAHEY (1984), FOX et alii (1991). ASTRAND (1980) e GUYTON (1988), varia diretamente com a diferença térmica entre a temperatura da superfície corporal e a temperatura média do ambiente.

PERDA DE CALOR POR CONDUÇÃO

Este processo de troca de calor consiste na transferência de calor através de um líquido, gás ou sólido de uma molécula para outra que estejam necessariamente em contato direto um com o outro. A velocidade da perda de calor está relacionada com o gradiente de temperatura entre duas superfícies que estão em contato direto, onde o fluxo térmico caminha sempre do objeto/superfície mais quente para o objeto/superfície mais frio (MACARDLE 1992, FOX 1991, ASTRAND 1980).

Em geral, pequenas quantidades de calor se perdem pelo corpo por condução direta da superfície corporal para outros objetos, constituindo uma pequena percentagem de calor total perdido do corpo. No entanto, a perda calórica por condução para o ar é muito significativa, mesmo em condições ambientais normais. Conforme já citado anteriormente que a transferência de calor depende da diferença térmica entre as superfícies, se a temperatura do ar próxima à pele iguala a temperatura da pele, pouca ou nenhuma troca de calor ocorre do corpo para o ar. Portanto, a condução de calor do corpo para o ar só se dará se o ar quente se afastar da pele, de modo que o ar novo, não aquecido, entre continuamente em contato com a pele, (GUYTON, 1973).

A capacidade de remoção do calor corporal, para MCARDLE (1992), pode ser aumentada durante atividades físicas como nadar, onde a água que está em contato direto com a pele, possui uma capacidade de remoção do calor cerca de 20 vezes superior do que a capacidade de remoção de calor pelo ar. A intensidade da perda de calor por condução não depende somente da diferença de calor entre duas superfícies em contato, mas também pode ser otimizada pelas suas qualidades térmicas, ou seja, pela magnitude ou poder de transferência de calor.

PERDA DE CALOR POR CONVECÇÃO

Segundo GUYTON (1973) e FOX (1991) a convecção é definida como a transferência de calor de um lugar para outro graças ao movimento de uma substância aquecida. A condutibilidade térmica pela convecção pode ser feita em meio líquido ou gasoso, e é responsável por cerca de 12% da perda de calor à temperatura ambiente (BROOKS & FAHEY ,1984).

Para STEGEMANN (1979), a condução térmica e convecção relacionam-se entre si. FOX (1991) vai além afirmando que o calor do corpo está sendo perdido por condução, mas as correntes de convecção é que transportam para longe o ar que é aquecido. A eficácia da perda de calor por condução depende da velocidade com que o ar ao redor do corpo é permutado após ter sido aquecido. Quando o movimento do ar ou a convecção for lento, o ar adjacente a pele é aquecido e age como um isolante, diminuindo a perda de calor por condução. No entanto, se o ar mais quente que circunda o corpo é trocado constantemente pelo

ar mais frio, a perda de calor aumenta à medida que as correntes de convecção transportam o calor para longe (McARDLE, 1992).

PERDA DE CALOR POR EVAPORAÇÃO

O corpo em repouso e em ambiente normal, como ressaltam BROOKS & FAHEY (1984), perde cerca de 25% de calor através da evaporação. Este termo é aplicado quando um líquido se transforma em vapor, e esta mudança requer alguma energia. O corpo perde aproximadamente 580 kcal / litro de água ou suor evaporado através da pele (McARDLE 1992; FOX 1991; ASTRAND 1980; BROOKS & FAHEY 1984; NADEL 1996; GUYTON 1988; STEGEMANN 1979). O esfriamento do corpo só ocorre quando o suor se evapora da superfície da pele, que, esfriada funciona esfriando também o sangue quente que foi desviado do interior para a superfície do corpo. Caso contrário, se algum fator impedir que o suor se evapore, a água , cobrindo a superfície da pele se tornará um isolante térmico ou até pode servir como meio de absorção do calor externo, levando a um superaquecimento (McARDLE 1992 e FOX et alli 1991).

PERDA DE CALOR NAS TEMPERATURAS AMBIENTES ELEVADAS

Como foi mencionado, o corpo perde calor por irradiação e condução quando a temperatura corporal é mais alta do que a temperatura do ambiente, porém, quando a temperatura ambiente ultrapassa a temperatura corporal, na

verdade o corpo passa a receber calor por esses mecanismos de transferência térmica (GUYTON, 1973; McARDLE, 1992).

Quando isso ocorre, o único meio que o corpo tem para se livrar do calor excessivo é através da evaporação do suor, onde o ritmo de transpiração aumenta diretamente com a temperatura ambiente.

Para McARDLE (1992), a eficácia da evaporação do suor a partir da pele depende de três fatores: 1) a superfície exposta ao meio ambiente, 2) a temperatura e a umidade do ar, 3) as correntes de convecção. Sendo que a umidade do ar é o fator mais importante e que determina a eficácia da perda de calor. A umidade relativa consiste na relação de água ou vapor d'água existente no ar ambiente, e quanto maior a umidade relativa maior será o percentual de água existente no ar, diz-se então que o ar está saturado. Quando a umidade ambiental é alta, o gradiente de pressão de vapor de água entre a pele e o ambiente é pequena, e a taxa de evaporação será conseqüentemente baixa. Em um ambiente quente e úmido, a perda de calor por convecção e irradiação é pequena devido ao pequeno gradiente de temperatura entre a pele e o ambiente, e a dissipação de calor através da evaporação também é baixa devido ao menor gradiente de pressão de vapor de água entre a pele e o ambiente (NADEL, 1996).

Com a evaporação dificultada, grandes quantidades de suor cobrem a pele e acabam caindo. Essa forma de transpiração representa uma perda de água inútil, que pode induzir a um estado perigoso de desidratação ou de superaquecimento, já que o corpo só se resfria quando o suor em seu estado líquido se transforma em vapor (McARDLE, 1992).

Assim sendo, o organismo precisa ter condições de impedir as oscilações extremas da temperatura corporal, recorrendo aos mecanismos de regulação da temperatura (WEINECK, 1991).

TERMORREGULAÇÃO

A temperatura do corpo é quase inteiramente regulada por mecanismos de controle nervoso autônomo operando quase todos eles por meio do centro regulador da temperatura localizado no hipotálamo (GUYTON, 1993). A função desse sistema termorregulador consiste em manter a temperatura interna relativamente constante, a mais ou menos 37° C e que é denominada de temperatura de referência (FOX et alli, 1991).

O hipotálamo, localizado no Sistema Nervoso Central, é o principal centro de controle da temperatura e é altamente sensível a variações de temperatura, capaz de provocar reações fisiológicas adequadas para que se mantenha ou reestabeleça a temperatura corporal. É no hipotálamo anterior que se determinam as quantidades de perda de calor e das reações que impedem a elevação da temperatura. Já a parte posterior do hipotálamo produz respostas em proteção ao frio, evitando ou corrigindo a perda da temperatura, de acordo com HOUSSAY et alii, (1956).

Esta área é chamada de centro regulador da temperatura ou centro termorregulador, que controla a temperatura corporal alterando a taxa de perda ou a taxa de produção de calor (GUYTON, 1973). No hipotálamo e na região pré-óptica adjacente, existem células nervosas que por aquecimento ou esfriamento

local, podem desencadear reações para a proteção da temperatura de referência HAMMEL (1965) e HARDY (1967) *apud* ASTRAND (1980, p 492). Essas células pertencem ao centro regulador da temperatura, que é ligado através de vias nervosas, com receptores existentes na pele, no SNC e possivelmente em outras áreas do corpo, (HANSEL 1974 *apud* ASTRAND 1980, p 492).

O centro termorregulador é auxiliado por esses receptores que são ativados por estímulos de calor e frio, e que registram não apenas as mudanças de temperatura como também os níveis de temperatura, especialmente se a temperatura cutânea está abaixo de 32^o C no caso dos receptores para o frio e acima de 37^o C no caso dos receptores para o calor (ASTRAND, 1980 p 494 citando KENSHALO et alii 1961).

Para a regulação da temperatura corporal, o centro termorregulador hipotalâmico e os receptores sensíveis à temperatura existentes na pele desempenham um papel dominante (McARDLE, 1992). Esses receptores que estão distribuídos predominantemente como terminações nervosas livres na pele, são chamados de receptores térmicos periféricos e respondem a mudanças rápidas no calor ou no frio ambiental, desempenhando um papel crucial no desencadeamento da resposta reguladora da temperatura. Tanto os receptores centrais quanto os periféricos estão neuralmente conectados ao córtex, assim como ao centro regulador no hipotálamo, e agem como um sistema de alerta inicial que retransmite a informação sensorial para o hipotálamo e o córtex para a produção de alterações reguladoras destinadas a conservar ou dissipar calor (FOX et alii, 1991).

As conexões corticais possibilitam a percepção consciente e voluntária para a proteção contra as temperaturas; procurar áreas quentes, aumentar as vestimentas, encolher-se como proteção ao frio, ou, procurar a sombra e diminuir o volume de roupas para amenizar o calor (McARDLE,1992). Ao contrário das conexões corticais, a regulação que se inicia no hipotálamo é de natureza reflexa e portanto, involuntária.

Felizmente, o sistema termorregulatório humano apresenta notável capacidade de manter o controle fisiológico através de ajustes apropriados numa larga faixa de diferente produção de calor, perda de calor e temperatura ambiental. A eficácia deste sistema se torna mais importante ainda quando por exemplo são somadas duas cargas de aumento para a temperatura corporal, no caso a atividade física e o próprio calor ambiental.

EXERCÍCIO EM ALTAS TEMPERATURAS

Dos obstáculos ambientais, o estresse provocado pelo calor é o de maior importância, já que temperaturas ambientes elevadas podem diminuir a capacidade para o exercício, constituindo em um das causas mais freqüentes de doenças potenciais severas (ACSM, 1994). Sob condições de carga, por exemplo, em temperaturas externas altas ou durante a atividade muscular, ocorre no corpo um aumento na produção de calor. Quando os estresses de exercício e calor são combinados, podem resultar em maiores danos ao sistema termorregulatório do que ambos os estresses isoladamente (SKINNER 1991).

O exercício físico altera dramaticamente a taxa metabólica de produção de energia (calor), com resultantes ajustes fisiológicos, no sentido da perda de calor. O exercício intenso segundo SKINNER (1991), pode resultar num excesso 30 vezes maior do que a produção metabólica de energia do estado basal de repouso.

Existem dois sistemas fisiológicos que estão implicados primariamente com a regulação dinâmica contra o superaquecimento causado pela combinação de exercício e temperatura elevada, que são o sistema cardiovascular e o mecanismo da sudorese. A principal função do sistema cardiovascular é transportar o calor das regiões mais profundas para a superfície do corpo pelo fluxo sanguíneo. Os mecanismos da sudorese são responsáveis pela produção e secreção de quantidades adequadas de suor, pelas glândulas sudoríparas, para o necessário resfriamento evaporativo da superfície da pele (SKINNER, 1991).

McARDLE (1992), relata que ao exercitar-se no calor, o corpo depara com duas demandas competitivas para o sistema circulatório: os músculos necessitam de oxigênio para a manutenção do metabolismo energético e, ao mesmo tempo, o calor metabólico terá que ser transportado pelo sangue dos tecidos profundos para a periferia, sendo que este sangue não pode fornecer seu oxigênio aos músculos ativos.

Segundo o ACSM (1994), o calor que é produzido metabolicamente é trazido à superfície por dissipação, pelo aumento do fluxo sanguíneo cutâneo. Quando em exercício, o fluxo sanguíneo aumenta para os músculos ativos no intuito de dar suporte às demandas metabólicas e, ao mesmo tempo, dissipar a aumentada produção de calor. Este aumento do fluxo torna-se possível através

de um aumento no fluxo sanguíneo total e por uma redistribuição do fluxo sanguíneo regional, ou seja, pela redução do fluxo aos órgãos viscerais.

McARDLE (1992, p 359), cita ainda que o bom fluxo sanguíneo cutâneo e muscular é conseguido graças aos tecidos que podem comprometer temporariamente sua irrigação, por exemplo, *a vasodilatação dos vasos subcutâneos é compensada rapidamente pela constrição compensatória de leito vascular esplâncnico e dos tecidos renais.*

A extensão dos efeitos da temperatura ambiente sobre a capacidade de realizar exercícios depende da habilidade do corpo em gastar calor e manter o fluxo de sangue para os músculos ativos. BROOKS & FAHEY (1984), mencionam ainda que durante exercícios no calor, a demanda circulatória conjunta dos músculos e da pele podem realmente prejudicar a capacidade de transporte de oxigênio, causando a diminuição no desempenho pela falta de irrigação sanguínea nos músculos ativos.

O ACSM (1994) ressalta ainda que com a redução da convecção efetiva e a eliminação de suor causados pelo menor gradiente de temperatura entre o ar e a pele, o organismo tenta compensar aumentando o fluxo sanguíneo da pele e o volume sanguíneo cutâneo. Este desvio de sangue à periferia leva a um declínio na pressão venosa central, no enchimento cardíaco e no volume sanguíneo ejetado. A frequência cardíaca deve portanto elevar-se para que haja a manutenção de um mesmo débito cardíaco, para uma atividade de exercício fixada. Se o exercício e a carga térmica forem suficientemente severos, a frequência cardíaca atinge o seu máximo e o débito cardíaco torna-se insuficiente para suprir às demandas.

Em um dia muito quente, quando a diferença entre a temperatura cutânea e a temperatura ambiental é pequena, a capacidade de transferência de calor da pele para o ambiente por meio da condução e radiação também será pequena, e de pouca ajuda para a dissipação da carga térmica resultante da atividade muscular (NADEL, 1996).

Quando o exercício é feito em ambientes de temperatura elevada, o principal meio de perda de calor é através da evaporação do suor, tendo como auxílio para esta função todo o mecanismo da sudorese. WEINECK (1991) relata que a evaporação do suor da pele provoca um resfriamento da pele, e com isto, um aumento da queda da temperatura no núcleo corporal. Quando a temperatura epidérmica ultrapassa 35 °C começa a secreção de suor, que representa um trabalho ativo da célula sudorípara (STEGEMANN, 1979).

A produção de suor aumenta proporcionalmente com o aumento da temperatura ambiente e com isto, segundo WEINECK (1991), a temperatura média da pele diminui apesar da crescente temperatura interna do corpo, e ocorre então, um aumento no gradiente de temperatura entre o núcleo corporal e a superfície do corpo, promovendo uma melhor perda de calor.

Condicionada pela evaporação, a maior perda de calor do núcleo do corpo para a pele, torna desnecessário um maior aumento da circulação da pele com o aumento da dificuldade de trabalho, e a parcela de volume sanguíneo economizada, pode ser utilizada para a maior necessidade de sangue que a musculatura em trabalho tem, (WEINECK, 1991). Por outro lado, durante o trabalho com grandes grupos musculares, a capacidade de desempenho do coração é exigida excessivamente através da grande irrigação da pele, o que leva

a uma redução do limite de resistência ao esforço. STEGEMANN (1979) menciona ainda que durante um perda intensiva de suor, a viscosidade do sangue irá se elevar e a quantidade de sangue irá reduzir-se temporariamente, o que por sua vez piora ainda mais o abastecimento muscular.

WEINECK (1991) concorda, reforçando que a quantidade de sangue necessária para a circulação da pele pode representar uma exigência demasiada para a capacidade de desempenho cardíaco quando se está sob carga, pois ocorre uma queda do limite de desempenho de resistência quando a temperatura ambiente é crescente.

O exercício intenso associado com a temperatura ambiente elevada poderá levar a um estado de desidratação, onde será desviado relativamente menos sangue para as áreas periféricas com a finalidade de dissipar o calor, evitando também a perda sucessiva de mais água. McARDLE (1992) cita ainda que isto reflete, provavelmente, uma tentativa do corpo para manter o débito cardíaco na vigência de um menor volume plasmático causado pela perda excessiva de água através da transpiração.

Segundo HÜLLEMANN (1978) e WEINECK (1991), surgem as perdas de líquido através da transpiração, onde essa perda se dá principalmente às custas do plasma sanguíneo. Por essa razão, quando há um alto déficit de água, não ocorre apenas uma crescente limitação da capacidade termorreguladora, onde cada vez há menos água disponível para fins de evaporação, mas também ocorrem distúrbios na economia de água e eletrólitos, o que leva a uma limitação crescente da capacidade de desempenho esportivo.

Para FOX (1994) *a consequência mais séria da sudorese profusa é a perda de água corporal*. Esta perda de água resulta na redução do volume sanguíneo e, se for suficientemente intensa, em menor taxa de transpiração e de esfriamento por evaporação. A redução no volume sanguíneo e no esfriamento por evaporação gera, por sua vez, um maior esforço circulatório, com eventual colapso circulatório e elevação excessiva na temperatura retal. Porém, McARDLE (1992), indica que parece provável que no exercício extenuante, a regulação circulatória e o fluxo sanguíneo muscular tenham precedência em relação à regulação da temperatura, ou seja, o organismo abre mão da tentativa de eliminar o calor excessivo em prol da manutenção do sistema circulatório para a demanda muscular. Por isso a reposição de líquidos é de fundamental importância para a manutenção do volume sanguíneo e, portanto para a capacidade de desempenho corporal.

Os ajustes e confrontos circulatórios que ocorrem durante a atividade física realizada no calor podem ser auxiliados ou melhorados a fim de se evitar a possível queda no desempenho do atleta, o método mais eficaz utilizado para se atingir tais ajustes é o da aclimatação.

ACLIMATAÇÃO

A capacidade para tolerar o stress térmico pode ser aprimorada com as exposições contínuas ou repetidas ao calor, onde se produz uma adaptação gradual ou aclimatação a esta carga térmica, (STEGEMANN 1979, ASTRAND 1980, ACSM 1994, SKINNER 1991, SELKURT 1986) .

Para WEINECK (1991), uma estadia prolongada em ambiente quente provoca mudanças no organismo que fazem com que a pessoa resista melhor a este clima. McARDLE (1992) e STEGEMANN (1979) concordam que são especialmente acentuados os processos de adaptação quando o corpo recebe adicionalmente carga física, ou seja, a exposição repetida aos ambientes quentes, especialmente quando combinada com exercícios, resulta em maior capacidade de desempenho e menor desconforto após a exposição ao calor.

Para a capacidade de desempenho do esportista, é sobretudo decisivo, sob condições de calor, que ele se aclimatize de forma ativa, através de cargas gradualmente aumentadas, pois a aclimatação passiva, por exemplo apenas através da permanência em ambiente quente, é insuficiente para o esportista, (WEINECK 1991, 563, citando WYNDHAM / STYDOM 1972).

SKINNER (1991) e SHARKEY (1998) mencionam que, durante a aclimatação, as principais mudanças fisiológicas são o aumento da sudorese, a menor frequência cardíaca e a diminuição da temperatura interna durante o exercício no calor. Essa aclimatação é obtida por ajustamentos fisiológicos do mecanismo da sudorese, sendo que a adaptação essencial do organismo durante a aclimatização é devido ao aumento da produção de suor, um processo que é acompanhado de uma série de medidas complementares, no sentido de uma otimização e economia dos processos de evaporação.

Uma pessoa habituada a trabalhar em ambientes quentes possui em limiar de sudorese mais baixo, ou seja, no decorrer da aclimatação com carga ocorre um aumento da taxa de suor, o processo de transpiração começa cada vez mais cedo, a sudorese ocorre com maior intensidade com a evaporação aumentada, e,

devido à temperatura diminuída da pele, a condução de calor aumenta das áreas corporais profundas para a pele (SELKURT 1986).

Outros processos fisiológicos podem ser alterados e até revertidos quando se utiliza da aclimatação para evitar a queda do desempenho. STEGEMANN (1979) aponta que a condução de calor através da pele é facilitada com a aclimatação, e o aumento do fluxo sanguíneo da pele é compensado pelo aumento no volume sanguíneo total e pela irrigação diminuída em outras regiões vasculares. Como consequência diminuirá também, após a aclimatação, a elevação da frequência de pulso para um mesmo trabalho físico no mesmo clima.

O fluxo de sangue para a pele diminui com a aclimatação, e, tal adaptação auxilia a restauração do volume sanguíneo central, que é vital para a manutenção do volume de pulso e do fluxo sanguíneo para os músculos em atividade. BROOKS & FAHEY, (1984) explicam ainda que a diminuição do fluxo sanguíneo periférico é acompanhado de um grande aumento da transpiração e da capacidade de esfriamento através da evaporação, o que acarreta uma maior condução periférica ao calor.

Alguns autores (McARDLE, 1992; SKINNER, 1991; WEINECK, 1991; COSTILL, 1986) evidenciam que a maior parte da aclimatação se processa durante a primeira semana de exposição ao calor, sendo essencialmente completa ao término de 10 a no máximo 14 dias de exposição somada com o treinamento. Porém a aclimatação não diminui a sudorese nem a necessidade de reposição de líquidos e sais, pois durante o exercício no calor ocorre uma grande perda de líquidos.

CONCLUSÕES

Para evitar os distúrbios que ocorrem quando em exercício ou, mais especificamente numa competição que é realizada em um clima de temperatura ambiente muito elevada, deve-se estar atento às principais causas que levam à queda do desempenho.

Conhecendo as repostas fisiológicas negativas que ocorrem no calor, parece necessário que quando a atividade seja realizada no calor, a melhor maneira de evitar tais efeitos é uma prévia aclimação ao estresse térmico, assim como uma constante ingestão de líquidos, já que como mencionado, a perda excessiva de água através da transpiração é a principal desencadeadora dos processos que levam à incapacidade de realizar o esforço por mais tempo.

O processo da aclimação estará completa entre 10 a 14 dias de exposição ao calor se associada com a atividade física. Após 10 dias de exposição ao calor, a capacidade de sudorese é quase o dobro, sendo que o suor se torna mais diluído e assim preservando os eletrólitos. Os ajustes na maior capacidade circulatória e no melhor esfriamento por evaporação, permitem à pessoa aclimatada ao calor exercitar-se com uma temperatura cutânea e central e uma frequência cardíaca menos elevadas que para uma pessoa não aclimatada.

Porém é importante observar que, a menos que a pessoa esteja bem hidratada, o processo de aclimação é retardado e além disso, os principais benefícios da aclimação são perdidos dentro de duas a três semanas após retornar a um meio ambiente mais favorável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **Prova de esforço e prescrição de exercício.** Rio de Janeiro : Revinter, 1994.
- ASTRAND, Per-Olof. **Tratado de fisiologia do exercício.** Rio de Janeiro : Interamericana, 1980.
- BROOKS, G.A. & FAHEY, T.D. **Exercise Physiology: Human Bioenergetics and its Applications.** John Wiley & Sons , USA, 1984.
- COSTILL, D. L. **Inside Running: Basics of Sports Physiology.** Cooper Publishing, USA, 1986.
- FOX, Eduard L.; BOWERS, Richard W.; FOSS, Merle L. **Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos.** Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 1991.
- GALLEGO, J. G. **Fisiologia de la Actividad Fisica y del Deporte.** Madrid-España, MacGraw - Hill, 1992.
- GANONG, William F. **Fisiologia Médica.** 4. ed. São Paulo : Atheneu, 1983.
- GUYTON, A. C. **Tratado de Fisiologia Médica.** 4 ed. Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 1973.
- GUYTON, A. C. **Fisiologia Humana e Mecanismos das Doença.** 5. ed. Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 1993.
- HOUSSAY, Bernardo; LEWIS, Juan; ORÍAS, Oscar; MENÉNDEZ, Eduardo Braun; HUG, Enrique; FOGLIA, Virgilio; LELOIR, Luis. **Fisiologia Humana.** 2. ed. Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 1956.
- McARDLE, W.D; KATCH, F. I; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano.** 3 ed. Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 1992.
- POLLOCK, M.L; WILMORE, J.H. **Exercícios na Saúde e na Doença: avaliação e prescrição para prevenção e reabilitação.** Rio de Janeiro : Medsi, 1993.
- SELKURT, Ewald E. **Fisiologia.** 5 ed. Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 1986.
- SHARKEY, Brian J. **Condicionamento Físico e Saúde.** 4 ed. Porto Alegre : Artmed, 1998.

SKINNER, James. Prova de Esforço e Prescrição de Exercício para casos específicos. Rio de Janeiro : Revinter, 1991.

STEGEMANN, Jürgen P. Fisiologia do Esforço. 2 ed. Rio de Janeiro : Cultura Médica, 1979.

WEINECK, Jurgen. Biologia do Esporte. São Paulo : Manole, 1991.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Normas para Apresentação de Trabalhos. 2 ed. Vol 1-8. Curitiba : Editora UFPR, 1992.