

EFEITOS E RISCOS DECORRENTES DO USO DE VESTUÁRIO INADEQUADO DURANTE A PRÁTICA DE ATIVIDADES FÍSICAS

Antonio Jorge Birriel

Especialista em Fisiologia, Professor do Curso de Licenciatura em Educação Física do CEFET-RR.

Magna Ester G. de S. Birriel

Especialista em Ensino da Educação Física, Professora do Colégio Santa Teresa de Jesus.

Paulo Henrique Reinbold

Especialista em Fisiologia, Professor do Curso de Licenciatura em Educação Física do CEFET-RR.

RESUMO

A prática de exercícios físicos com alta carga de trabalho, realizados em ambientes quentes, úmidos e mal ventilados e associada ao uso de vestuário confeccionado com tecidos que retenham o calor produzido pelo corpo e que dificultem a dissipação deste calor através da pele para o meio ambiente, compromete o bom funcionamento dos mecanismos de regulação da temperatura corporal, levando o indivíduo a desenvolver distúrbios térmicos que podem ir desde uma internação leve e passageira ao extremo do óbito após 2 horas de atividade física. A correta compreensão destes mecanismos, aliada ao conhecimento de medidas de prevenção ao superaquecimento do corpo e de primeiros socorros em casos de distúrbios térmicos é fundamental para os profissionais que utilizam o exercício e a atividade física como ferramentas de trabalho.

PALAVRAS-CHAVE

Atividade Física. Clo. Hipotálamo anterior. Homeostasia. Metabolismo Energético. Regulação térmica. Set-point. Sudorese. Temperatura. Vestuário.

ABSTRACT

The practical of physical exercises with high load of work, carried out in hot, humid and badly ventilated environments and associate to clothes confectioned with fabrics that hold back the heat produced by the body and that they make it difficult the wear out this heat through the skin to the environment, it compromises the good functioning of the regulation mechanisms of the corporal temperature, taking the individual to develop thermal riots that can go since a light and passenger internment to the extremity of death after 2 hours of physical activity. The correct understandings of these mechanisms, allied to knowledge of measures of prevention to the overheating of the body and of first aids in cases of thermal riots are basic for professionals who use exercise and physical activity as tools of work.

KEYWORDS

Physical activity. Clo, previous Hypothalamus. Homeostasis. Energy Metabolism. Thermal Regulation. Set-point. Sudorese. Temperature. Clothes.

INTRODUÇÃO

O homem é um animal homeotérmico, o que significa que é capaz de manter a temperatura interna de seu corpo num equilíbrio constante de 37°C até mesmo quando exposto a variações climáticas extremas.

A elevação acentuada da temperatura interna, causada, por exemplo, durante o exercício físico, é estreitamente regulada por um mecanismo que envolve a transferência dos excessos de calor dos tecidos profundos até a pele, e dela para o meio exterior. Neste mecanismo complexo, todo o calor produzido deve ser dissipado a fim de se manter o equilíbrio térmico do organismo. As condições ideais para que a dissipação de calor ocorra só podem ser cumpridas se a superfície corporal estiver livremente exposta ao meio extra-cutâneo, uma vez que é devido à diferença de temperatura entre o organismo e o meio externo que esta dissipação acontece.

No caso de haver qualquer agente que dificulte ou que impeça esta dissipação, como durante a atividade física realizada com vestuário confeccionado com material altamente isolante (abrigos, malhas, agasalhos, polainas e outros acessórios), os mecanismos de regulação térmica ficam comprometidos e distúrbios térmicos graves podem sobrevir, incluído o óbito.

A correta compreensão destes mecanismos é fundamental para os profissionais que utilizam o exercício e a atividade física como ferramentas de trabalho, a fim de que possam levar, para a prática da Educação Física, informações que os auxiliem a evitar danos sérios ao corpo e riscos à vida.

METABOLISMO ENERGÉTICO E PRODUÇÃO DE CALOR

GENERALIDADES

O termo metabolismo, de acordo com Vander (1984), se refere ao conjunto de ações e de reações químicas que acontecem num organismo vivo. Estas reações têm por finalidade fornecer a todas as células substâncias essenciais à sua sobrevivência, principalmente através do metabolismo energético.

Conforme Lamb et al. (1988), as substâncias essenciais que compõem a dieta humana são as proteínas, os lipídios e os glicídios. As proteínas são encontradas nas carnes e nos cereais e, após serem catabolizadas, apresentam-se como unidades fundamentais denominadas aminoácidos, importantes por exemplo na estruturação dos tecidos orgânicos. Os lipídios são as gorduras e os óleos, e após

sofrerem degradação, apresentam-se sob a forma de ácidos graxos livres. Os glicídios, abundantes em cereais e frutas, são continuamente degradados até seus constituintes elementares, a frutose, agalactose e principalmente a glicose. Os ácidos graxos livres e a glicose são a matéria prima mais importante do metabolismo energético tanto em repouso absoluto quanto durante o esforço físico.

Segundo Malnic e Lacaz-Vieira (1985) o 1º Princípio da Termodinâmica é também denominado “Princípio da Conservação de Energia”, e estabelece que a energia não pode ser criada nem destruída durante um processo físico ou químico, eis porque o resultado final do metabolismo energético é, sempre, a produção de energia térmica, ou seja, de calor.

Vander (1984) estabelece que existem duas formas de energia contidas em um objeto físico ou em uma substância química: a energia potencial, que é atribuída à posição do objeto ou à estrutura interna da substância (energia química), e a energia cinética, que diz respeito ao movimento das moléculas e que geralmente se manifesta na forma de calor.

Conforme Burton (1977), a 2ª Lei da Termodinâmica diz que “todas as formas de transferência de energia apresentam a tendência de produzirem calor”. Assim, a energia potencial tem a capacidade de se converter em energia, no caso cinética e, de forma semelhante, a energia química tem também a capacidade de se transformar, no caso, em energia térmica.

Para fins de referência, a unidade de medida que define a energia térmica é a caloria (cal), e expressa a quantidade de calor necessária para aquecer 1 grama de água a cada 1º C. Como essa quantidade é geralmente bastante elevada nas reações químicas, utiliza-se mais comumente a unidade quilocaloria por mol (kcal/mol), ou seja, 1.000 calorias para cada 6×10^{23} moléculas de água.

Astrand e Rodahl (1987) revelam que “o mais abundante acumulador de energia utilizado pelas células é o composto chamado Adenosina Tri-Fosfato (ATP)”, sintetizado a partir da junção entre a Adenosina Di-Fosfato e um Fosfato inorgânico (Pi). O ATP é a molécula orgânica que, por excelência, transfere e fornece energia para todas as funções biológicas a partir de sua hidrólise, a reação inversa à da sua síntese.

De acordo com Vander (1984), o mecanismo básico pelo qual o ATP é formado consiste na transferência de energia química dos aminoácidos, e principalmente dos ácidos graxos livres e da glicose, pelo processo de fosforilação oxidativa. Este processo consiste na degradação contínua destes nutrientes na presença do oxigênio, enquanto uma cadeia de acopladores bioquímicos transferem a energia química dos nutrientes (7 kcal de energia calorífica) para a junção entre o ADP e o Pi. Quando o organismo necessita realizar uma atividade física, por exemplo, a

hidrólise de cada molécula de ATP libera também 7 kcal de energia calorífica.

Praticamente todas as células do organismo dependem do ATP, e conseqüentemente da energia calorífica liberada em sua hidrólise, para sobrevivência e para desempenho de suas funções.

Segundo Astrand e Rodahl (1987), as fibras musculares são as células que mais energia térmica liberam em decorrência da hidrólise do ATP. Neste evento, apenas 20% da energia é utilizada para a produção de trabalho externo, enquanto os restantes 80% são liberados na forma de calor.

TAXAS METABÓLICAS E FATORES INFLUENTES

Conforme Guyton (1997), a energia total liberada num determinado período de tempo, quando ocorre degradação de nutrientes e hidrólise de ATP, é denominada Taxa metabólica (Tm), e a unidade que a expressa é o kcal/h ou kcal/d.

A terminologia “Taxa metabólica basal” (Tmb), segundo Selkurt (1986) refere-se à taxa metabólica aferida com o indivíduo consciente e em repouso absoluto. Como a Tmb é um referencial que considera a perda de calor para o meio exterior através da área de superfície corporal, a unidade que a expressa é o kcal/m²/h ou kcal/m²/d.

O valor da Tmb, determinada em um indivíduo do sexo masculino, 20 anos, 70 kg de massa, segundo Selkurt (1986) é de aproximadamente 40 kcal/m/h. Vários são os fatores que influenciam a Tm e a Tmb, como sexo, idade e exercício físico.

1. **Sexo:** Conforme Nadeau e Péronnet (1985), a Tmb em indivíduos do sexo feminino é cerca de 10% mais baixa do que em indivíduos do sexo masculino. Durante a gravidez, a Tmb aumenta acentuadamente como consequência da atividade metabólica adicional do feto.
2. **Idade:** Selkurt (1986) revela que quanto mais jovem o indivíduo, maior a sua Tmb. Isto se deve ao índice de renovação dos tecidos e à síntese protéica serem maiores nas fases de crescimento corporal. Crianças masculinas, com idades de 7 a 10 anos, apresentam a Tmb variando de 52.5 (7 anos) a 48.5 kcal/m²/h (10 anos). As de 11 a 14 anos apresentam Tmb de 47.2 (11 anos) a 46.3 kcal/m²/h (14 anos) e as de 15 a 17 anos, de 46.3 (15 anos) a 44.8 kcal/m²/h (17 anos).
3. **Exercício físico:** Segundo Guyton (1986), é o fator que causa efeitos

mais pronunciados nas T_m e T_{mb} . Seus valores podem ser alterados de 40 kcal/m²/h no repouso absoluto até aproximadamente 600 kcal/m²/h num esforço intenso como uma corrida. A T_{mb} pode aumentar em até 20 vezes o seu valor no exercício físico.

O exercício físico é uma situação em que grandes quantidades de energia química precisam ser mobilizadas para prover a energia necessária para a contração muscular. A energia química contida, em maior escala, nas moléculas de ATP, é convertida durante a contração muscular em energia mecânica na forma de trabalho externo, e em energia térmica na forma de calor de dissipação.

De acordo com Selkurt (1986), a T_m necessária para executar determinada atividade é diretamente proporcional à intensidade e à duração desta atividade. Considerando um indivíduo que durma 8 horas por noite (consumo de 500 kcal), que estude 8 horas por dia (consumo de 420 kcal), que pratique esforço físico intenso durante 1 hora (consumo de 540 kcal) e que desfrute de 7 horas de lazer (1.400 kcal de consumo), além do desempenho de atividades profissionais concorrentes (consumo aproximado de 1.000 kcal), terá necessidades energéticas, para enfrentar um dia neste ritmo, da ordem de 3.800 kcal. Sendo a T_{mb} da ordem de 40 kcal/m²/h, esforços leves como caminhadas exigem um consumo de energia 3 vezes maior que o consumo basal, isto é, cerca de 140 kcal/h. Já um esforço intenso como o de uma corrida requer até 540 kcal/h.

Selkurt (1986) informa que níveis elevados de atividade de trabalho, como aqueles compreendidos entre o esforço intenso de curta duração (3.800 kcal) e o esforço intenso de longa duração (6.200 Kcal de consumo), só podem ser mantidos por períodos de tempo relativamente curtos, antes que sobrevenha um estado de exaustão em decorrência do esgotamento das reservas energéticas, do acúmulo de metabólitos anaeróbicos ou da sobrecarga térmica sistêmica.

Apesar de a hidrólise do ATP na contração muscular se constituir em apenas 20% da produção total de energia, sendo os restantes 80% liberados na forma de calor, é possível reduzir a incidência da exaustão ao esforço pela melhora na eficiência mecânica do exercício.

Segundo Pini (1993) e Beraldo (1978), as alterações térmicas que acompanham o mecanismo da contração muscular são o “calor de ativação”, resultante das reações químicas de acoplamento entre os filamentos de meromiosina pesada e respectivos sítios nas moléculas de actina, e o “calor de encurtamento”, resultante da dobragem das pontes das meromiosinas sobre si mesmas e do deslizamento das moléculas de actina sobre as moléculas de miosina.

De acordo com Astrand e Rodahl (1987), a eficiência mecânica do homem

é de apenas 20%, correspondendo à energia aproveitada em cada hidrólise de ATP.

Em qualquer situação, haverá sempre a liberação de uma carga considerável de calor nas regiões circunjacentes à musculatura envolvida no esforço, e isto implicará na elevação da temperatura interna de forma diretamente proporcional à intensidade e à duração do exercício físico.

MECANISMOS DE REGULAÇÃO DA TEMPERATURA CORPORAL

CONSIDERAÇÕES GERAIS

De acordo com Astrand e Rodahl (1987), Vander (1984) e ainda Guyton (1997), o homem é um animal homeotérmico, ou seja, tem a capacidade de manter a temperatura interna de seu corpo num valor quase constante. Isto significa, praticamente, que o corpo humano pode enfrentar temperaturas externas que vão dos 13°C até os 66°C, mantendo a temperatura interna sempre em torno de 37°C.

Conforme Selkurt (1986), a importância da homeotermia humana reside no fato de que as reações bioquímicas e enzimáticas que sustentam a vida das células dependem de uma temperatura ideal situada entre 36°C e 43°C. A cada 1°C de queda na temperatura corporal, a atividade metabólica do organismo é reduzida em 25%, enquanto que os aumentos de até 43°C implicam em imediata desnaturação de proteínas, oxidação celular, deterioração dos tecidos, convulsões e morte.

O equilíbrio térmico, de acordo com Houssay (1978) e Stegemann (1979), resulta do balanço entre a produção de calor, decorrente do metabolismo basal, da atividade muscular e da temperatura externa, e da perda de calor, decorrente dos mecanismos de regulação térmica.

Como é necessário manter a temperatura interna dentro de estreitos 7°C de variação, é imperativo que se perca calor praticamente na mesma proporção com que ele esteja sendo produzido.

As altas taxas de liberação de energia calorífica durante o exercício físico elevam o conteúdo térmico corporal e impõem ao organismo um estado de hipertermia generalizada. Esta hipertermia é devida ao aquecimento dos tecidos internos e também dos líquidos circulantes, como o sangue e a linfa.

O superaquecimento do sangue reduz a sua viscosidade, segundo Burton (1977), e submete o sistema cardiovascular a uma demanda adicional de traba-

lho, exigindo ajustes e adaptações que possibilitem uma melhor distribuição do volume sanguíneo.

Conforme Stegemann (1979), com a hipertermia há necessidade de transferir o excesso de calor dos tecidos profundos para a superfície corporal. Por ordem de ocorrência, as 4 formas de se transferir o calor são a condução, a convecção forçada, a irradiação e a evaporação.

A condução é a forma de transferência de calor que ocorre entre corpos que apresentam temperaturas diferentes, e que estejam em contato físico. A transferência de calor se dá do corpo mais quente para o mais frio.

Estando a musculatura em contato físico com a rede de capilares sanguíneos que a circundam, e apresentando uma temperatura muito maior, a energia térmica é conduzida até a parede dos vasos.

Para Ganong (1998) e Stegemann (1979), a convecção forçada é a perda de calor devida ao aquecimento e movimento de fluidos ao redor de uma superfície. Ocorre desde que a temperatura do fluido seja menor do que a da superfície. Como a temperatura do sangue é menor que a da parede dos vasos, e estando ele em movimento, ocorre transferência de calor da parede para o sangue.

De acordo com Burton (1977) e com Astrand e Rodahl (1987), o sangue humano, devido à sua alta capacidade térmica (0.9), é o meio ideal de deslocamento do calor interno, uma vez que pode transportar elevadas quantidades de calor sem apresentar, contudo, um aumento exagerado na temperatura interna.

TIPOS DE REGULAÇÃO TÉRMICA

Havendo a necessidade de impedir que a temperatura interna atinja e exceda o limite superior de 40°C (43°C no máximo), a partir do qual tem lugar o comprometimento dos sistemas de manutenção da vida celular, entra em ação o sistema de regulação térmica.

Segundo Selkurt (1986), existem 3 tipos de regulação térmica: a metabólica, a vasomotora e a por sudorese.

1. A regulação metabólica ocorre naturalmente em situações onde o frio ambiental é bastante elevado, de forma que o indivíduo fica sujeito ao resfriamento do corpo. O mecanismo implica no aumento da atividade metabólica como forma de elevar a temperatura interna. Durante o esforço físico não ocorre este tipo de regulação.
2. A regulação vasomotora ocorre quando a temperatura externa é semelhante à interna, ou quando a temperatura do sangue e dos tecidos profundos for suficientemente elevada para desencadeá-la.

Para Vander (1984), o estímulo que a desencadeia é o aumento da tem-

peratura interna. Termorreceptores localizados nos músculos esqueléticos, veias profundas, medula espinhal e pele, sendo extremamente sensíveis às variações térmicas, são ativados e principiam a gerar impulsos e a aumentar a velocidade de descarga desses impulsos em direção ao Sistema Nervoso Central.

Conforme Ganong (1998), as terminações nervosas dos neurônios provenientes dos termorreceptores descarregam os potenciais na região do hipotálamo anterior. Esta região é particularmente sensível a estas descargas e também ao aquecimento local.

Para Selkurt (1986), Ganong (1998) e Lamb et al. (1988), o hipotálamo anterior funciona como um termostato. Dependendo da intensidade das descargas e do calor local, ele compara com um padrão de referência (set-point). Conforme a diferença registrada, o termostato orgânico passa a efetuar a regulação térmica diminuindo a frequência de descargas que ele próprio gera para os os efetores finais da regulação, os vasos capilares cutâneos.

Segundo Guyton (1986), as vias pelas quais as descargas provenientes do hipotálamo chegam até os capilares cutâneos são os neurônios do Sistema Nervoso Autônomo Simpático.

De acordo com Ganong (1998) e com Guyton (1997), as terminações simpáticas que chegam à musculatura lisa dos capilares cutâneos são colinérgicas, isto é, secretam o mediador químico acetilcolina nas junções neuro-musculares. A resposta normal à estimulação simpática seria a contração da musculatura lisa, diminuindo o calibre dos vasos e reduzindo, por vasoconstrição, o fluxo de Sangue em todo o tegumento comum.

Para Vander (1984), em conseqüência da redução nas descargas provenientes do centro termo-regulador, ao invés de uma vasoconstrição, a musculatura relaxa, o calibre dos vasos aumenta e o extensão leito capilar sub-capilar sofre uma vasodilatação generalizada. Em decorrência, aumenta o fluxo sanguíneo para a superfície corporal, reduzindo assim a capacidade isolante da pele.

A transferência de calor através da pele, em repouso, segundo Selkurt (1986), pode ser expressa pela Tmb de cada segmento corporal. Em kcal/m²/h, esses valores seriam os seguintes: cabeça = 20, coxas = 36, tronco = 48.3, pernas = 73, pés = 83, braços = 84 e mãos = 228.6.

Naturalmente, a forma de transferência do calor do sangue para os vasos e destes para a pele é a condução. Pelo aumento da condutância

da pele, e em função de sua capacidade térmica ser bem inferior à do sangue, a região cutânea é aquecida a uma temperatura intermediária entre a do sangue e a do meio exterior.

A 3ª forma de perda de calor ocorre devido, de acordo com Astrand e Rodahl (1987), ao calor ser uma frequência de onda eletromagnética do tipo infra-vermelha. Assim, a tendência dessas ondas é de se propagarem pelo meio externo, abandonando a superfície de qualquer corpo aquecido.

Segundo Stegemann (1979), esta forma de transferência de calor se chama irradiação e, apesar de representar 60% da perda de calor no repouso absoluto, ela só ocorre se a área de superfície do corpo estiver exposta ao ar atmosférico.

3. A regulação por sudorese ocorre continuamente a partir de 36,5°C, e é perfeitamente eficiente frente às alterações térmicas decorrentes do exercício físico intenso e de longa duração.

Todos os eventos que ocorrem no estabelecimento da regulação vasomotora ocorrem neste mecanismo também. De acordo com Guyton (1997), ao invés das terminações nervosas colinérgicas fazerem conexão com a musculatura lisa dos vasos capilares cutâneos, o fazem com a porção secretora das glândulas sudoríparas.

Para Houssay (1978) e Vander (1984), cerca de 2,5 milhões de glândulas sudoríparas respondem com a secreção de uréia, ácido láctico, cloreto de sódio, íons potássio e água. A expulsão do conteúdo sudorífero, segundo Selkurt (1986), se faz graças às contrações rítmicas das paredes do ducto excretor de cada glândula, e sua frequência pode ser de 15 a 20 contrações por minuto durante o exercício físico.

Conforme Astrand e Rodahl (1987), durante a exposição da superfície corporal a climas quentes, ou em momentos de esforço físico extremo, o leito sudorífero é capaz de produzir até 4 litros de suor por hora de atividade. A mobilização das glândulas sudoríparas representa o principal mecanismo para manter o equilíbrio térmico.

O processo da sudorese envolve a vasodilatação cutânea, a perda de calor por condução, o aquecimento da pele e a transferência de calor da pele para o líquido sudoral por convecção forçada.

Segundo Selkurt (1986) a vantagem da sudorese é devida ao aumento do gradiente térmico entre a superfície corporal e o meio ambiente, reduzindo a solicitação dos sistemas da dissipação por irradiação.

De acordo com Lamb et al. (1988), após a secreção do líquido sudoral para a superfície cutânea, é natural que ocorra perda de calor para o meio externo por convecção, graças ao movimento do ar atmosférico. Contudo, a principal forma de transferência de calor que ocorre durante esforços intensos é por sudorese e desde que o suor seja instantaneamente evaporado.

Conforme Astrand e Rodahl (1987), desde que a umidade relativa do ar apresente um gradiente menor que a taxa de sudorese, a evaporação possibilita que, durante um esforço físico intenso, sejam dissipadas 4.960 kcal/h de energia calorífica.

A condutância cutânea representa, segundo Selkurt (1986), uma maior ou menor dissipação de calor por metro quadrado de área de superfície corporal em cada hora, e reflete a área disponível para a transferência de calor.

Segundo Astrand e Rodahl (1987), os segmentos corporais constituem frações da área de superfície total, e contribuem para a perda de calor com percentuais definidos, a saber: tronco = 35%, coxas = 19%, braços = 14%, pernas = 13%, cabeça = 7%, pés = 7% e mãos = 5%.

Para que as áreas de superfície corporal, total ou segmentar, possam promover uma eficiente transferência de calor para o meio exterior, é necessário que este meio não constitua numa barreira aos mecanismos de perda de energia.

Embora o organismo humano possua um sistema integrado para a regulação térmica, e que funciona eficientemente sob certas condições, é necessário observar que alguns fatores podem atuar contra a dinâmica funcional deste sistema.

Dos fatores contra-producentes à dissipação de calor, destacam-se a perda exagerada de líquidos e eletrólitos, a temperatura ambiental e o vestuário.

Apesar da importância dos dois primeiros, o uso de vestimenta inadequada para a prática de exercícios físicos merece, em função de seu sentido prático, uma análise individualizada.

EFEITOS E RISCOS DO USO DE VESTUÁRIO INADEQUADO DURANTE A PRÁTICA DE ATIVIDADES FÍSICAS

Segundo Lamb et al. (1988), “a capa de tecidos biológicos que rodeia o eixo central do corpo pode ser considerada como uma espécie de isolante da temperatura constante das estruturas internas em relação à temperatura do ambiente externo”. Como isolante, o tegumento comum também pode reduzir o grau de interação entre o meio interno e externo, influenciando na magnitude da transfe-

rência de calor para fora do organismo.

Lamb et al. (1988) revelam que o isolamento térmico que o tecido cutâneo proporciona, em repouso, é da ordem de 0.6 clo, e diminui significativamente durante um exercício físico intenso, podendo alcançar valores da ordem de 0.1 clo.

De acordo com Astrand e Rodahl (1987) e também com Lamb et al. (1988), a unidade de medida de isolamento térmico é o clo, onde 1 clo corresponde à quantidade de isolamento fornecida pelo tecido cutâneo de forma que, quando à uma temperatura ambiente de 21°C, proporcione uma sensação confortável de equilíbrio térmico.

Do ponto de vista de Lamb et al. (1988), a possibilidade de que todo o calor produzido pelo organismo num determinado tempo seja perdido através dos mecanismos de transferência de energia calorífica depende, unicamente, das condições térmicas que o meio exterior estiver impondo sobre a superfície corporal.

Astrand e Rodahl (1987) demonstram que um indivíduo posicionado a certa distância de uma fonte emissora de calor (188°C), e sem qualquer material isolante que o proteja da exposição, recebe uma energia radiante de 1.300 kcal/h, e a temperatura ao seu redor atinge 80°C. Interpondo-se um escudo metálico entre a fonte e o indivíduo com a intenção de refletir o calor originário da fonte, observa-se que o calor radiante que o atinge é de apenas 13 kcal/h, enquanto a temperatura ambiente passa a ser de 36°C, indicando que o escudo atuou como um isolante térmico.

Assim como o escudo metálico, o vestuário também se constitui um isolante térmico, só que, neste caso, a fonte de energia calorífica é a superfície corporal, enquanto que o ar atmosférico passa a ser o meio atingido pelo calor radiante do corpo.

De acordo com Lamb et al. (1988), os dispositivos isolantes de uma pessoa vestida se opõem ao fluxo de calor, proveniente das estruturas internas, e que se dirige para o meio exterior. A propriedade isolante dos tecidos utilizados na confecção do vestuário, segundo Astrand e Rodahl (1987), deve-se à espessura e ao grau de inter-relação espacial do conjunto de fibras que o compõem.

Sendo o ar um excelente isolante térmico, o valor de isolamento da maioria dos materiais é diretamente proporcional à quantidade de ar que fica retido entre as fibras do tecido. Lamb et al. (1988) admitem que as roupas “tropicais” apresentam um valor de isolamento de cerca de 1/3 do valor isolante dos trajes de passeio (0.3 para 1.0 clo).

Contudo, segundo Lamb et al. (1988), tanto o ar atmosférico quanto a carga de calor radiante do meio, chamados em conjunto de “temperatura operati-

va”, constituem isolantes à transferência térmica que a superfície corporal intente através da sudorese.

De acordo com Fox e Mathews (1997), um homem despido, exercitando-se num ambiente quente e saturado, não consegue transferir uma quantidade significativa de calor para o meio externo. Apesar de apresentar uma sudorese intensa, a dissipação de calor é impedida pela temperatura operativa.

Selkurt (1986) demonstra que a intensidade da sudorese de um indivíduo vestido, e se exercitando numa caminhada, pode chegar a aproximadamente 1 litro/hora em temperaturas ambientais de 38° C.

Em repouso e exposto à mesma temperatura ambiente, o indivíduo produz apenas 250 ml de suor, indicando que, mesmo sob aquecimento extra-corporal, os mecanismos de produção de suor permanecem operantes.

Fox e Mathews (1997) admitem que os uniformes esportivos provocam sudorese intensa, o que leva à perda excessiva de água pelo organismo. Além disto, a evaporação fica prejudicada, comprometendo o resfriamento do corpo.

Mesmo em um ambiente de temperatura moderada, em torno dos 25°C, Fox e Mathews (1997) advertem que não é possível perder uma quantidade significativa de calor se a superfície da pele estiver recoberta pelo vestuário.

Astrand e Rodahl (1987) revelam que, submetendo indivíduos vestidos com roupas de nylon felpudo e de lã felpuda a 2 horas de repouso (adaptação às vestes), e após isto a 2 horas de esforço físico, o efeito mais significativo observado foi o aumento da temperatura interna de 27°C para 37°C.

No mesmo experimento, a temperatura cutânea média permaneceu inalterada em relação ao valor registrado ao final do período de repouso. Esta temperatura de adaptação às vestes se apresentava elevada em relação à temperatura normal do início do experimento.

Segundo Fox e Mathews (1997), a barreira que os uniformes impõem à transferência de energia para o meio externo é demonstrada pelo superaquecimento da superfície corporal nas áreas recobertas pelo vestuário.

Indivíduos vestidos somente com calções, e submetidos a esforços físicos intensos, apresentam a temperatura cutânea reduzida à metade do valor da registrada em indivíduos uniformizados.

Astrand e Rodahl (1987) advertem para o superaquecimento dos pés, por exemplo, pelo uso de meias de nylon e de polainas de lã em associação com o exercício. Os termorreceptores cutâneos desta região exercem uma influência dominante sobre o centro termoregulador. Em consequência, pode haver a indução reflexa de uma sudorese intensa.

De acordo com Fox e Mathews (1997), “a gravidade do superaquecimento

por exposição ao calor, durante a realização de exercício, predispõe a distúrbios térmicos como a intermação e a exaustão”.

Fox e Mathews (1997) alertam para a ocorrência de óbitos na prática esportiva norte-americana, devidos a distúrbios térmicos oriundos da combinação de uniformes, treinamento e temperatura do ambiente.

Portanto, o superaquecimento de áreas da superfície corporal, pela utilização de vestuário inadequado, pode causar perturbações na sistemática de regulação térmica, com conseqüente comprometimento dos mecanismos de controle da vida dos tecidos orgânicos.

CONCLUSÃO

As implicações do uso do vestuário nos mecanismos de regulação térmica durante a atividade física constituem fatores limitantes no funcionamento destes mecanismos.

Dependendo do tipo e da quantidade de vestuário utilizado, em associação com a prática de exercícios físicos intensos e sob calor ambiental, estas implicações podem ir de uma simples redução no desempenho físico até o extremo do óbito.

Para que a dinâmica dos mecanismos de regulação térmica possa ser bem compreendida, é necessário estabelecer uma provável condição de treinamento físico, onde um indivíduo exageradamente uniformizado se exercita num dia de calor suportável.

Tendo o indivíduo uma eficiência mecânica de apenas 20%, os restantes 80% apareceriam na forma de energia térmica. Com o decorrer do exercício, o aumento na produção de energia elevaria a sua temperatura interna, até um ponto a partir do qual os mecanismos de regulação da temperatura corporal seriam solicitados a distribuir este calor para a superfície do corpo.

Uma vez na superfície corporal, a energia térmica tenderia a se dissipar para o meio exterior pelos processos de irradiação, de evaporação do suor e de convecção. Quanto mais intenso e duradouro o esforço, maior a quantidade de calor dissipado, aumentando a temperatura e a umidade ao redor do corpo.

Estando o indivíduo uniformizado, a roupa tenderia a reter o calor e a umidade dissipados, aumentando a temperatura externa e também a umidade relativa do ar no ambiente entre o corpo e a vestimenta.

Se a temperatura deste ambiente se elevasse até chegar a ultrapassar o valor da temperatura interna, o corpo passaria a ganhar calor, por convecção e por condução, sendo a evaporação do suor a única forma disponível para continuar a

perder calor. Se a umidade relativa do ar também aumentasse consideravelmente, o ambiente entre a roupa e o corpo ficaria “saturado” com o vapor de água resultante da evaporação do suor.

Como a evaporação depende dos níveis de umidade relativa do ar, o ambiente saturado não permitiria que mais suor pudesse ser evaporado. Assim, todas as formas de perda de calor estariam interrompidas, e a temperatura interna tenderia a aumentar.

Com a continuidade do esforço físico, o aumento na temperatura interna faria com que a sudorese aumentasse ainda mais, na tentativa de dissipar o calor crescente. Dependendo do nível do esforço, da temperatura externa e da umidade relativa do ar, o volume de suor poderia chegar a até 4 litros/hora, levando o indivíduo a uma perda excessiva de água.

A perda de água pelas células as tornariam hipotônicas em relação ao sangue. Assim, a tendência seria de elas retirarem água do sangue. No intuito de restabelecerem o seu equilíbrio osmótico, a perda de água pelo sangue levaria a 2 efeitos: a redução no seu volume, causando queda na pressão arterial que, no caso da circulação cerebral, levaria à síncope, e o aumento na concentração e nos níveis de eletrólitos, levando a uma insuficiência cardíaca e, finalmente, à morte.

Convém salientar que se todas as formas de transferência de calor estivessem inoperantes, como no caso exposto, a temperatura interna tenderia a aumentar em até 3° C/hora. Sendo de 37°C a temperatura corporal normal, e de 43°C a temperatura limite para a manutenção da vida, o indivíduo deixaria de sobreviver já a partir do transcurso de 2 horas de atividade.

Como se observa, para a prática de atividades físicas, seja ela realizada na condição de professor ou na de aluno, é importante e necessária a correta compreensão dos mecanismos fisiológicos que regulam as diversas funções orgânicas implicadas no exercício físico.

À exceção dos exercícios de longa duração, como maratonas, grande parte das atividades físicas corriqueiras não consomem elevadas taxas de energia química, e portanto a exigência energética não constitui fator limitante na tolerância ao esforço físico.

Contudo, treinamentos físicos de alto rendimento, e principalmente a prática não orientada de exercícios de curta duração, como sessões de musculação ou de ginástica aeróbica de alto impacto, geralmente executadas em ambientes reduzidos nas academias, ou mesmo em salas de aula de escolas, exigem e consomem uma carga bastante significativa de energia.

Considerando que se nos ambientes acima citados a temperatura externa não estiver controlada, pode-se estar aumentando as possibilidades de se desen-

volver uma alteração térmica. E mais. Se a todos esses fatores estiver associado o uso de malhas de lycra®, polainas de lã, cotoveleiras, joelheiras e tornozeleiras de espuma e feltro, testeiras elásticas, meias de algodão, cintas de poliéster®, tênis em nylon® e sungas elásticas, acessórios largamente propagandeados pela mídia e utilizados indiscriminadamente, é certo o desenvolvimento de um distúrbio térmico de graves proporções.

Isto posto, parece oportuno se registrar as medidas de prevenção ao superaquecimento corporal e que podem evitar a instalação de uma disfunção térmica:

1. usar o mínimo de vestimenta possível, respeitadas quaisquer limitações, é claro, preferencialmente optando por aquelas mais leves e soltas, que possibilitam a circulação de ar ao redor do corpo;
2. optar por roupas de cor clara, uma vez que tais tons têm, geralmente, a propriedade de não reterem calor;
3. desprezar o uso, se possível, de acessórios e de adornos como fitas, cintas, sungas e outros que possam “isolar” a temperatura interna e
4. livrar a superfície corporal, por remoção total ou parcial, nos intervalos de repouso dos exercícios, de partes da vestimenta, a fim de facilitar a dissipação de calor principalmente por evaporação.

Caso o distúrbio térmico já esteja instalado no indivíduo, cabe apontar que medidas de emergência se deve tomar:

1. remover o máximo possível de vestes que envolvam a vítima;
2. promover o resfriamento imediato da superfície corporal, utilizando sempre água fria aplicada através de toalhas molhadas, banhos de ducha ou de mangueira;
3. impedir que a vítima seja “imersa” em tanques ou piscinas;
4. acionar os Serviços de Atendimento de Urgência (Resgate, etc.) e
5. comunicar à Unidade de Saúde para a qual a vítima será encaminhada (hospital, etc), a fim de esclarecer ao Serviço de Emergência que se trata de um caso de distúrbio térmico.

REFERÊNCIAS

ASTRAND, Per-Olof & RODAHL, Kaare. **Tratado de Fisiologia do Exercício**. 2.ed. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1987.

- BERALDO, W.T. **Fisiologia**. 2.ed. Belo Horizonte: Imprensa da UFMG, 1978.
- BURTON, Alan O. **Fisiologia e Biofísica da Circulação**. 2.ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara-Koogan S.A., 1977.
- FOX, Edward L. & MATHEWS, Donald X. **Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos**. 5.ed. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1997.
- GANONG, William F. **Fisiologia Médica**. 17.ed. Rio de Janeiro: Editora Prentice Hall, 1998
- GUYTON, Arthur O. **Textbook of Medical Physiology**. 7.ed. Tokyo: Igaku-Shoin/Saunders International Edition, 1986.
- GUYTON, Arthur C. **Tratado de Fisiologia Médica**. 9.ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara-Koogan S.A., 1997.
- HOUSSAY, Bernardo A. **Fisiologia Humana**. 4.ed. Rio de Janeiro: Libreria El Ateneo Editorial, 1978.
- LAMB, J.F. et al.. **Fundamentos de Fisiologia**. Zaragoza: Editorial Acribia S.A., 1988.
- MALNIC, Gerhard & LACAZ-VIEIRA, Francisco. **Fisiologia Básica**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara-Koogan S.A., 1985.
- NADEAU, N. & PÉRONNET, F. **Fisiologia aplicada na Educação Física**. São Paulo: Editora Manole Ltda, 1985.
- PINI, Mário Carvalho. **Fisiologia Esportiva**. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara-Koogan S.A., 1993.
- SELKURT, Ewald E. **Fisiologia**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan S.A., 1986.
- STEGEMANN, Jürgen. **Fisiologia do Esforço**. 2 ed. Rio de Janeiro: Cultura Médica, 1979.
- VANDER, Arthur. **Fisiologia Humana**. 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan S.A, 1984.