

1.2 Termorregulação

A temperatura pode variar entre diferentes partes do corpo - por vezes, a pele pode ser mais fria do que a parte de dentro do corpo. Por isso, quando nos referimos à temperatura no interior do corpo, temos de falar de temperatura interna, em vez de temperatura externa do corpo.

Enquanto sabe-se que a temperatura corporal normal é de cerca de 37°C, durante o treinamento físico, uma variedade de fatores pode alterar esse número. Isso é parte do que desenvolveremos nesta seção do Módulo, na tentativa de compreender como o corpo normalmente se ajusta a fim de manter seu equilíbrio térmico.

1.2.1 Equilíbrio térmico e regulação de temperatura

Tal como dito anteriormente, a termodinâmica tende a variar consideravelmente entre repouso e exercício. As reações químicas do metabolismo produzem ganhos calóricos de níveis consideráveis durante a atividade muscular (Toner, 1996).

Tabela 2: Termodinâmica durante repouso e exercício

Condição	Repouso	Sudorese máxima
Produção de calor corporal (1 l de consumo de O ₂ = 4,82 kcal)	Cerca de 0,25 l por mln de O ₂ Cerca de 1,2 kcal por mln	Cerca de 0,25 l por mln de O ₂ Cerca de 1,2 kcal por mln
Capacidade do corpo para se resfriar pela evaporação (evaporação de 1 ml de suor = cerca de 0,6 kcal de perda de calor corporal)	Sudorese maxima Cerca de 1,2 kcal por mln	
Aumento da temperatura corporal central	Sem aumento	Cerca de 1 °C a cada 5-7 minutos

Fonte: Elaborado pelo autor.

O hipotálamo dá lugar ao local onde a regulação de temperatura é coordenada. Para entender melhor sua dinâmica, podemos estabelecer uma comparação com uma unidade de controle do clima do termostato, que produz calor em conformidade com a informação que recolhe do ambiente.

1. Geralmente, se os receptores da pele detectam temperaturas mais altas ou se a temperatura do sangue subir, o organismo fará os ajustes necessários na tentativa de perder calor. Primeiro, o sangue pode ser canalizado para mais perto da pele, para que o calor interno possa vir mais próximo ao exterior e irradiar mais facilmente. Ao mesmo tempo, a transpiração e a evaporação começam, levando o calor para longe do corpo.

Por outro lado, se os receptores da pele detectarem temperaturas

inferiores ou se a temperatura do sangue cair, o corpo reage a fim de conservar o calor ou aumentar sua produção. Primeiro, o sangue será canalizado para longe da pele e em direção à parte interna do corpo, o que diminui a perda de calor a partir da radiação de calor e mantém órgãos vitais em uma temperatura adequada. Este é o local onde a agitação pode começar - que é, na verdade, contração muscular - à medida que produzem calor extra através do aumento da taxa metabólica.

Figura 4: Fatores que interferem na regulação da temperatura



Fonte: Elaborado pelo autor.

1.2.2 Termorregulação e temperaturas frias

Geralmente, regular a temperatura central não exige um grande esforço fisiológico. No entanto, quando estamos expostos ao frio extremo, podemos enfrentar a perda excessiva de calor, e é por isso que a produção de calor do organismo aumenta através de diferentes adaptações, tais como:

1. Adaptação vascular

Quando somos expostos a temperaturas frias, existe uma constrição geral de vasos sanguíneos (nomeadamente, uma redução no diâmetro dos vasos sanguíneos), em que o fluxo de sangue em direção à superfície do corpo é reduzida a fim de evitar a perda de calor.

2. Atividade muscular

Em temperaturas extremamente frias, é bastante comum começarmos a tremer involuntariamente - uma reação que aumenta a produção de calor do organismo a partir dos músculos esqueléticos. Da mesma forma, durante movimentação intensa, isso mantém uma temperatura constante, mesmo quando a temperatura ambiente é muito baixa (mesmo se inferior a -25°C e 30°C , aproximadamente).

3. Produção hormonal

Adrenalina e noradrenalina são dois hormônios "produtores de calor" liberados na medula adrenal, e eles aumentam a produção de calor quando expostos a temperaturas frias. Como tal, há um aumento na produção do hormônio tireoidiano da glândula tireóide, que aumenta o metabolismo durante o repouso, gerando assim, uma quantidade extra de calor.

1.2.3 Termorregulação e calor

Durante o exercício físico, a habilidade de dissipar o calor de forma eficiente é de grande importância para o corpo. Para que isto seja possível, a natureza nos equipou com mecanismos homeostáticos que, quando ativados, estimulam a perda ou o ganho de calor, procurando sempre manter nossa temperatura central dentro de valores constantes.

Através de diferentes processos físicos, o excesso de calor é dissipado no ambiente com o objetivo de regular a temperatura da seguinte forma:

1. Perda de calor através da condução

Intercâmbio por condução implica uma transferência direta de calor de uma molécula para outra por meio de líquido, sólido ou gás.

A taxa de perda de calor através de condução depende de dois fatores:

- O gradiente de temperatura entre a pele e as superfícies ao redor.
- As características térmicas das superfícies.

Por exemplo: quando um indivíduo com calor é imerso em água fria, isso pode gerar uma considerável perda de calor. Além disso, para uma pessoa que absorveu altas temperaturas durante sua exposição ao sol, inclinar-se sobre uma rocha na sombra pode favorecer alguma perda de calor corporal através da condução térmica entre a superfície fria da rocha e a superfície quente da pessoa. Se nosso corpo entra em contato com um dado objeto, ocorrerá a troca de calor entre ambos os corpos. A direção deste intercâmbio depende do gradiente térmico dos corpos envolvidos (quente ou frio, como vimos nos exemplos).

2. Perda de calor através da radiação

Todos os organismos irradiam calor através de ondas eletromagnéticas e o sol é a principal fonte radiante de calor. Enquanto nossa temperatura corporal for maior do que a temperatura ambiente, o nosso corpo será capaz de eliminar o calor através do mecanismo de radiação. O maior dos valores observados entre temperatura corporal (TC) e a temperatura ambiente (TA), o mecanismo de perda de calor mais eficaz será através de radiação.

Por exemplo: é incomum suar quando estamos em repouso ou quando estamos em lugares muito frios, precisamente devido à eficácia do mecanismo de radiação, bem como esta diferença de temperaturas.

Figura 5: Produção de calor e transferência



Fonte:

Retirado de Kach, McArdle & Katch.

3. Perda de calor através da convecção

A eficácia da perda de calor através da convecção dependerá da rapidez do intercâmbio de ar (ou água) perto do corpo, uma vez que tenha atingido uma temperatura elevada.

Estamos falando da perda de calor através da convecção quando o objeto faz contato direto com a nossa pele (através de ar ou água). Enquanto nossa temperatura corporal for mais alta do que a temperatura do ar ou da água que nos rodeia, nosso corpo pode perder calor através do mecanismo da convecção, enquanto houver água ou correntes de ar que continuamente substituam o ar ou a água diretamente em contato com a nossa pele.

Por exemplo: quando entramos em uma piscina com água muito fria, a sensação de frio pode desaparecer um pouco se ficarmos parados por um determinado período de tempo. O que aconteceu é que o nosso corpo aqueceu através da utilização do mecanismo de convecção, o que significa dizer, a camada de água em contato direto com o nosso corpo superfície. Uma vez que mudar de posição, você sentirá a água fria novamente, porque a camada de água previamente aquecida foi substituída por uma nova camada, que temos agora de aquecer usando o mecanismo de convecção.

4. Perda de calor através da evaporação

A água evapora do trato respiratório e a superfície da pele continuamente transfere calor para o ambiente.

Cada litro de água evaporada extrai aproximadamente 580 kcal do corpo e elas são então transferidas para o ambiente.

Existem três fatores que contribuem para a quantidade total de suor que evapora através da superfície da pele e pulmão:

- A superfície exposta ao ambiente.
- A temperatura e a umidade relativa do ar presente no ar ambiente.
- As correntes de convecção do ar em torno do corpo.

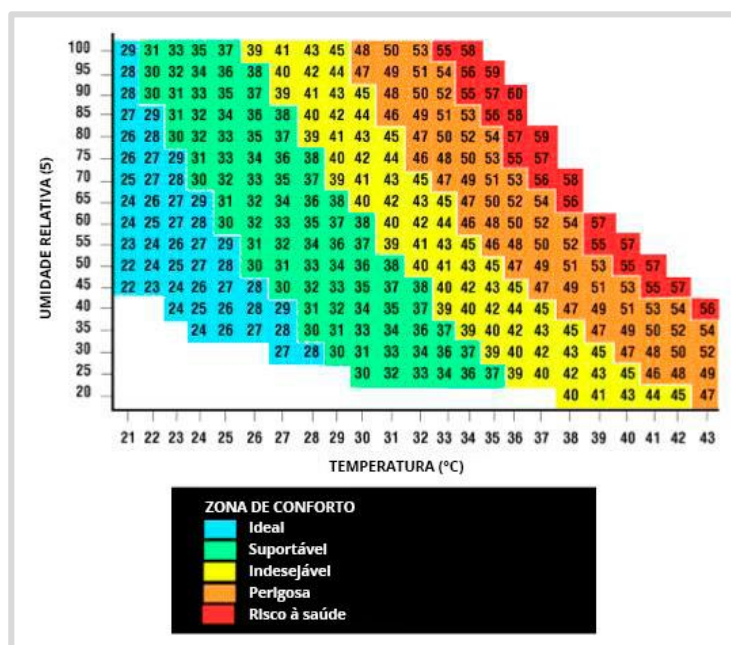
Em locais onde a temperatura ambiente for muito alta, condução, convecção e radiação não são tão eficientes na tarefa de ajudar o corpo a perder calor. Quando a temperatura ambiente for superior à nossa temperatura corporal, o organismo ganha calor através desses três mecanismos de transferência térmica. Neste tipo de ambiente ou quando houver condução, convecção e radiação, não é possível dissipar uma grande carga de calor metabólicas, a evaporação de suor - através da pele e do trato respiratório - constitui o único meio de dissipação de calor. De modo geral, os aumentos na temperatura ambiente produzem aumentos proporcionais na taxa de sudorese.

Quando se trata de alta umidade relativa, ela é considerada o fator mais importante na determinação da eficiência da perda de calor via evaporação. Isso está relacionado à quantidade de água presente no ar ambiente a uma temperatura específica, quando comparado com a quantidade total de umidade que o ar pode conter, e é expressa em percentagem. Por exemplo, uma umidade relativa de 40% implicaria que o ar ambiente esteja usando apenas 40% da sua capacidade para carregar a umidade do ar em uma temperatura especial. Em tempos de alta umidade, a pressão ambiente de vapor é mais próxima da pele humana em torno de 40 mm Hg. Neste cenário, a evaporação diminui muito - mesmo se grandes quantidades de gotas de suor se formarem na pele e, finalmente, gotas de suor começam a correr. Este tipo de

transpiração não é uma maneira útil de perder líquido; ela pode gerar desidratação e sobreaquecimento, pois cria dificuldades.

Na Figura 6, podemos ver as diferentes características do calor ambiente e algumas recomendações dela decorrentes em relação à atividade física e temperatura ambiente, calor radiante e umidade relativa.

Figura 6: Índice de tensão-calor



Fonte: adaptada de <http://www.ec.gc.ca>.

1.2.4 Fatores que modificam a tolerância ao calor

Com o entendimento de que o calor é o principal gerador de desequilíbrios significativos durante o exercício, vamos nos aprofundar nos diferentes fatores que interagem com a tolerância ao calor do sujeito em relação aos ajustes fisiológicos que o organismo possa efetuar.

1. Aclimatização

Estamos falando de aclimatização de calor quando o organismo produz uma série de alterações fisiológicas adaptativas para melhorar a tolerância ao calor.

Durante o exercício, o fluxo sanguíneo cutâneo melhora para permitir a transferência de calor do centro para a periferia. Isto, juntamente com uma distribuição mais eficaz do débito cardíaco, também ajuda a estabilizar a pressão arterial durante a atividade física. Esta aclimatização do fluxo sanguíneo é complementada por uma diminuição do limiar do início da transpiração. Por conseguinte, o processo de refrigeração começa antes que a temperatura central experimente um

aumento perceptível. A capacidade de transpiração, o fator mais relevante no calor de aclimatização, aumenta rapidamente e quase duplica no prazo de dez dias de exposição ao calor. O suor também se torna mais diluído (com menos perda de sal) e é distribuído na forma mais generalizada sobre a superfície da pele, o que não parece acontecer durante o exercício sem treino de aclimatização (Hamouti, Del Coso, Ortega & Mora-Rodríguez, 2011).

A maior aclimatização ocorre na primeira semana de exposição ao calor e é concluída após dez dias. O processo requer apenas entre 2 e 4 horas de exposição diária ao calor. Os principais benefícios da aclimatização são dissipados ao longo de duas a três semanas após o regresso a um clima mais ameno.

2. Idade

Estão em curso debates sobre os efeitos da idade na tolerância ao calor e aclimatização. Os estudos mais recentes mostram que existem alguns fatores relacionados à idade que afetam a dinâmica da termorregulação, apesar do fato de que a capacidade de regular a temperatura central durante o calor de tensão é semelhante entre adultos jovens e idosos. A idade atrasa o início da transpiração e limita a extensão da resposta da transpiração.

Entretanto, os idosos não recuperam da desidratação tão facilmente quanto os jovens, devido a uma diminuição do reflexo de sede. Isso coloca o idoso em um estado de desidratação crônica, com volume plasmático abaixo do nível ideal, o que pode comprometer a dinâmica de termorregulação entre idosos.

3. Sexo

Mulheres e homens não toleram a temperatura da mesma maneira quando aclimatizados em um grau comparável. Nestas circunstâncias, ambos os sexos aclimatizam no mesmo grau.

O que deve ser considerado nesses casos é que uma mulher comum tem uma superfície externa superior por unidade de massa corporal quando exposta ao ambiente, o que favorece a dissipação de calor. Isso se refere a uma vantagem geométrica.

No caso das mulheres, as fases do ciclo menstrual também devem ser consideradas, pois influenciam o controle vascular da pele que modifica a resposta ao fluxo sanguíneo e a transpiração. A última prova sugere que em condições de alta temperatura e umidade, o desempenho ao exercício diminui durante a fase lútea, talvez como uma consequência da maior sensibilidade térmica através do início da atividade (Janse de Jonge, 2003).

4. Nível de treino

Uma pessoa treinada armazena menos calor numa fase precoce durante o exercício, atingindo um estado térmico estável e menor temperatura interna mais rápido do que um indivíduo não treinado.

O treinamento aumenta a sensibilidade e a capacidade de responder à transpiração, o que significa que é desencadeada pela temperatura central inferior, que permite que o corpo produza níveis elevados de suor mais diluído, retendo diversos minerais (Chinevere et al, 2008).

5. Gordura corporal

O excesso de gordura corporal representa uma desvantagem quando se trata de treino em altas temperaturas.

O calor específico da gordura calor excede o calor do tecido muscular, aumentando a capacidade de isolar a superfície do corpo, o que atrasa a condução de calor em direção à periferia. Indivíduos obesos e maiores também têm um nível inferior de área de superfície do corpo em proporção à massa corporal necessária para uma gestão eficaz da evaporação de suor, o que torna a tarefa ainda mais difícil.

Referências

American College of Sports Medicine. (2007) Position Statement: Exercise and fluid replacement. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(2), 377-90.

Chinevere, T. D. and cols. (2008) Effect of heat acclimation on sweat minerals. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(5), 86-91.

Food Standard Agency. (2002) McCance; Widdowson's The Composition of Foods (6th ed.). Cambridge; The Royal Society of Chemistry.

IOM (Institute of Medicine of the National Academies). (2004) Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate. 4: 73-185. National Academies Press, Washington, DC.

Janse de Jonge, X. A. (2003). Effects of the menstrual cycle on exercise performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(5), 833-51.

Hamouti, N., Del Coso, J., Ortega, J. F., & Mora-Rodríguez, R. (2011). Sweat sodium concentration during exercise in the heat in aerobically trained and untrained humans. *European Journal of Applied Physiology*, 111(11), 2873-2881.

Sawka, M. N., Wenger, C. B., & Pandolf, K. B. (1996). Thermoregulatory responses to acute exercise-heat stress and heat acclimation. En C. M. Blatteis & M. J. Fregly, *Handbook of Physiology, Section 4: Environmental Physiology*, pp. 157-186. New York: Oxford University Press for the American Physiological Society.

Sawka, M. N., & Young, A. J. (2005). Physiological Systems and Their Responses to Conditions of Heat and Cold. In C. M. Tipton, M. N. Sawka, C. A. Tate & R. L. Terjung, *ACSM's Advanced Exercise Physiology*, pp. 535-563. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.

Toner, M. M., & McArdle, W.D. (1996). *Human Thermoregulatory Responses to Acute Cold Stress with Special Reference to Water Immersion. Handbook of Physiology. Environmental Physiology, Vol. 1.* New York: Oxford University Press.