

Camilla Moreira de Lima

**EFEITOS DO RESFRIAMENTO DA FACE E /OU DA CABEÇA SOBRE A  
TEMPERATURA CEREBRAL DURANTE O EXERCÍCIO**

Belo Horizonte  
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG  
2011

Camilla Moreira de Lima

**EFEITOS DO RESFRIAMENTO DA FACE E /OU DA CABEÇA SOBRE A  
TEMPERATURA CEREBRAL DURANTE O EXERCÍCIO**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Treinamento Esportivo da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Treinamento Esportivo.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr. Danusa Dias Soares

Co-orientadores:  
Cristiano Lino Monteiro de Barros  
Adriano Lima Alves

## DEDICATÓRIA

Dedico este estudo a meus pais, Adilacy e Efigênia, pelo apoio e incentivo constantes, além do amor incondicional. Amo vocês.

A minha irmã, Prescilla, por estar sempre ao meu lado apesar da distância. Amo você.

Aos meus amigos, que proporcionaram momentos felizes, de apoio e de aprendizagem.

A todas as pessoas que de uma forma ou de outra me ajudaram a chegar até aqui.

## **AGRADECIMENTOS**

Á Deus, pelo amor incondicional que me deu força nos momentos mais difíceis. Por nunca me abandonar e nunca desistir de mim mesmo diante das minhas falhas. Obrigada por estar sempre comigo mesmo quando eu estou longe.

A Professora Danusa Dias Soares, por ter me aceitado como orientanda e pelos ensinamentos em suas aulas, o que me fez despertar mais ainda o interesse pela área.

Ao Professor Kelerson Mauro de Castro Pinto, por me despertar o interesse por esta área do conhecimento. Pelos ensinamentos que foram além da ciência: de amizade, humildade e ética.

Ao Professor Cristiano Lino, por ter me aceitado como co-orientador, pela ajuda prestada e pelas sugestões.

Ao Professor Adriano Lima pela ajuda e atenção prestada desde a época da graduação.

Aos colegas da Especialização pela amizade e por dividirem comigo as mesmas alegrias e frustrações durante o curso.

Ao meu “Grande” amigo Hoffmann, que me fez aprender que verdadeiras amizades continuam a crescer mesmo a longas distâncias. E que mesmo de longe tornou os momentos difíceis mais agradáveis e divertidos.

Aos meus patrões Anderson e Roberto, pela amizade e pelos conselhos, por compreenderem importância das minhas faltas para a realização deste curso e deste trabalho, como forma de crescimento profissional.

E para todos aqueles que de certa forma contribuíram para a construção deste trabalho.

Sem vocês a realização deste trabalho não seria possível. Então, meus sinceros agradecimentos...

## RESUMO

Muitos pesquisadores sugerem a existência, nos mamíferos, de um mecanismo de controle da temperatura cerebral independente daquele que controla a temperatura do restante do corpo. É proposto que a manutenção da temperatura cerebral mais baixa permitiria a realização de um tempo maior de exercício ou a realização de uma tarefa por menor tempo. Dessa forma, essa revisão teve como objetivo identificar os efeitos dos diferentes tipos de resfriamento da face e/ou da cabeça sobre a temperatura cerebral, em humanos durante o exercício, usando como referência a temperatura timpânica. Os estudos demonstraram que independente da técnica utilizada para o resfriamento da face e/ou da cabeça, estas promovem uma atenuação da temperatura cerebral durante o exercício, através da atenuação das respostas da temperatura timpânica, podendo esta ser alterada pelo uso de aparatos na cabeça. Assim, a importância do resfriamento da cabeça não se dá somente durante o exercício, mas em qualquer situação em que o animal se torne hipertérmico a fim de proteger o cérebro contra danos provocados pelo aumento da temperatura.

**Palavras-Chave:** Resfriamento Cerebral Seletivo, Temperatura Timpânica, Exercício.

## **ABSTRACT**

It is proposed that the maintenance of brain temperature would lower the performance of a longer exercise or perform a task in less time. This review aims to identify the effects of different types of cooling of the face and / or head on the brain temperature in humans during exercise, using as reference the tympanic temperature. Studies have shown that regardless of the technique used to cool the face and / or head, they promote an attenuation of brain temperature during exercise, by attenuation of the tympanic temperature responses, which may be changed by the use of devices in the head, or excessive cooling.

**Key-words:** Selective Brain Cooling, Tympanic Temperature, Exercise.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RCS	Resfriamento Cerebral Seletivo
URA	Umidade Relativa do Ar
$T_{\text{timp}}$	Temperatura Timpânica
$T_{\text{es}}$	Temperatura Esofágica
$T_{\text{sd}}$	Temperatura Subdural

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>FIGURA 1</b> - Possibilidades de trocas térmicas.....	15
<b>FIGURA 2</b> - Veias emissárias e seios venosos.....	20
<b>FIGURA 3</b> - Respostas das temperaturas esofágica , timpânica, do sangue arterial e do sangue venoso jugular .....	22
<b>FIGURA 4</b> - Tempo de curso das temperaturas intracranial e central em pacientes antes e após a remoção do tubo endotraqueal.....	23
<b>FIGURA 5</b> - Mudanças individuais nas temperaturas timpânica e esofágica , em função das alterações na temperatura subdural.....	23
<b>FIGURA 6</b> - Temperatura Timpânica durante o exercício.....	25
<b>FIGURA 7</b> - Resultados do experimento 1.....	27
<b>FIGURA 8</b> - Resultados do experimento 2.....	28



## **LISTA DE TABELAS**

<b>TABELA 1-</b> Impacto dos diferentes testes de resfriamento sobre a produção de suor em 5 locais estudados.....	26
<b>TABELA 2-</b> Resumo dos resultados nas condições de repouso e exercício.....	26

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2 MÉTODOS.....</b>	<b>13</b>
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1 Termorregulação.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2 Resfriamento Cerebral.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2.1 Troca de calor pelo mecanismo de contra corrente.....</b>	<b>18</b>
<b>3.3.2 Veias emissárias.....</b>	<b>18</b>
<b>3.3.3 Evaporação da mucosa nasal.....</b>	<b>20</b>
<b>3.3 Temperatura timpânica como índice da temperatura cerebral.....</b>	<b>21</b>
<b>3.4 Temperatura Timpânica e exercício.....</b>	<b>24</b>
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>30</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A temperatura cerebral é determinada por vários fatores, incluindo a temperatura do sangue arterial que supre o cérebro, a taxa do fluxo sanguíneo e a taxa de produção metabólica do cérebro (NYBO *et al.*, 2002; RASCH *et al.*, 1991; CAPUTA, 2004). No entanto, o ganho de calor proveniente do ambiente externo e a prática de atividades físicas também podem aumentar a taxa de acúmulo de calor pelo cérebro. Portanto, Cabanac (1986) propôs que os seres humanos possuem um mecanismo de controle específico da temperatura cerebral denominado Resfriamento Cerebral Seletivo (RCS). Esse mecanismo caracterizado pela capacidade de se manter a temperatura cerebral abaixo da temperatura corporal, principalmente em situações em que o animal se encontra com a temperatura corporal elevada (CABANAC, 1993; CAPUTA, KAMARI e WACHULEC, 1991; CAPUTA *et al.*, 1996.) e tem o papel de proteger o cérebro contra hipertermia (BAKER e NIJLAND, 1993). Dessa forma, são considerados mecanismos separados o resfriamento cerebral e o resfriamento corporal (BAKER e HAYWARD, 1967).

O cérebro é um grande produtor de calor, cerca de dez vezes mais ativo que os outros tecidos corporais e necessita ser permanentemente resfriado e esta necessidade de resfriamento seria assim proporcional ao aumento do tamanho do cérebro que ocorreu ao longo da evolução dos hominídeos (CABANAC, 1986).

A existência de um mecanismo para proteger termicamente o cérebro fez com que muitos autores se questionassem se em situações nas quais há aumento da temperatura corporal, como por exemplo, durante o exercício e/ou a exposição há ambientes quentes a temperatura cerebral aumentaria em níveis mais baixos do que a temperatura corporal. (CABANAC e CAPUTA, 1979a; BRENGELMANN, 1993; CABANAC, 1993; NYBO *et al.*, 2002).

Porém por questões metodológicas e éticas a hipótese da existência do resfriamento seletivo cerebral em humanos não foi demonstrada diretamente, pois a temperatura cerebral nunca foi registrada em indivíduos saudáveis expostos ao exercício em ambiente quente, sendo baseada apenas por evidências indiretas (CAPUTA, 2004). Sendo assim a temperatura timpânica tem sido muito utilizada como índice da temperatura cerebral (DESRUELLE e CANDAS, 2000; MARIK, 2003), apesar da existência de muitas controvérsias entre diversos autores em

considerar esta temperatura como índice da temperatura cerebral (KATSUURA *et al.*, 1996; SIMON, 2007)

O aumento da temperatura do corpo pode levar a interrupção do exercício. (GONZÁLEZ-ALONSO *et al.*, 1999; FULLER, CARTER e MITCHELL, 1998). No modelo proposto por Rodrigues; Silami-Garcia (1998), a fadiga é considerada um mecanismo de proteção que levaria a interrupção do exercício antes que houvesse comprometimento dos sistemas fisiológicos. Como o cérebro é menos tolerante ao aumento de temperatura, a hipertermia cerebral seria um fator mais importante para determinar a interrupção do exercício. Portanto, é proposto que a manutenção da temperatura cerebral mais baixa permitiria a realização de um maior tempo de exercício.

Alguns estudos têm demonstrado que o resfriamento da cabeça ou face, através de ventilação, água ou mistura de ambos, é capaz de melhorar o desempenho físico em esforços de intensidade fixa (ANSLEY *et al.*, 2008), reduzir a percepção subjetiva de esforço (NUNNELEY *et al.*, 1971; ARMADA-DA-SILVA *et al.*, 2004), a sensação de conforto térmico (NUNNELY *et al.*, 1982; MUNDEL *et al.*, 2006), a frequência cardíaca, a concentração plasmática de lactato e as temperaturas retal e da pele (MUNDEL *et al.*, 2007). Estes resultados sugerem que o resfriamento da cabeça esteja relacionado ao retardamento da fadiga e, conseqüentemente, à melhora no desempenho.

Portanto, é proposto que a manutenção da temperatura cerebral mais baixa permitiria a realização de um tempo maior de exercício ou a realização de uma tarefa por menor tempo.

Sendo assim, o objetivo do presente estudo é identificar os efeitos dos diferentes tipos de resfriamento da face e/ou da cabeça sobre a temperatura cerebral, em humanos durante o exercício, utilizando a temperatura timpânica como índice da temperatura cerebral.

## **2 MÉTODOS**

Trata-se de uma revisão de literatura realizada através de levantamento bibliográfico, utilizando revistas indexadas publicadas nas seguintes bases de dados; PUBMED e BIREME e PERIODICOS CAPES. Os termos de indexação utilizados para a pesquisa foram: Selective brain Cooling, Brain Cooling, Tympanic Temperature, Thermoregulation, Face Fanning, Head Cooling, Exercise. Foram utilizados também livros considerando a relevância e o valor informativo. Para a realização desta revisão foram selecionados 55 artigos. Para a busca dos artigos foram adotados os seguintes critérios de inclusão: Estudos sobre resfriamento cerebral seletivo; sobre a temperatura timpânica e exercício.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Termorregulação

Os exercícios físicos podem ser realizados em ambientes denominados termoneutros, que são definidos como aqueles nos quais a taxa metabólica de repouso está no seu limite inferior e os mecanismos de termorregulação não estão sendo muito solicitados (Haymes & Wells, 1986). Segundo Clark e Edholm (1985), a faixa termoneutra para seres humanos está entre 21 e 24 °C, 50 e 75% de umidade relativa do ar (URA) e com a velocidade do vento menor do que 0,1 m/s. Temperaturas inferiores ou superiores à faixa termoneutra provocam respostas fisiológicas específicas, visando a conservação ou dissipação de calor, definida como termorregulação.

Sendo assim, a termorregulação é qualquer mecanismo autonômico ou comportamental que atue para armazenar ou produzir calor corporal em ambientes mais frios que a temperatura do corpo, ou seja, para evitar a hipotermia, ou que atue para dissipar o calor corporal em ambientes nos quais a temperatura é maior que a temperatura corporal, evitando dessa forma a hipertermia (KREGER, 2002)

A temperatura de um corpo representa a medida do seu conteúdo de energia na forma de calor (RODRIGUES, SILAMI-GARCIA e SOARES, 1999). A resultante da combinação entre as condições ambientais e a temperatura corporal é fundamental para a sobrevivência. Alguns animais, como os mamíferos, conseguem manter a temperatura corporal dentro de limites estreitos (aproximadamente 1°C de variação) independente de flutuações na temperatura ambiental, através do equilíbrio entre produção e dissipação de calor. A esses animais é atribuído o termo homeotérmico (REILLY e CABLE, 1996).

GORDON (1993) destaca que a termorregulação nos homeotérmicos é controlada por um sistema que possui quatro componentes principais: de feedback ou retro-alimentação (receptores térmicos), um comparador (neurônios integrativos e de controle do sistema nervoso central), um controlador (mecanismos efetores responsáveis pela produção, conservação e dissipação de calor) e um sistema controlado (temperatura interna e da pele).

O hipotálamo contém o centro integrador das respostas termofetoras que regula a temperatura corporal interna no ponto de ajuste (*set point*) de aproximadamente 37°C, para seres humanos, em condições normais de repouso. O hipotálamo é sensível a variações na temperatura corporal, estando permanentemente comparando-a com uma referência (REILLY e CABLE, 1996). Desta forma, a percepção de alterações significativas na temperatura corporal em relação ao ponto de ajuste, desencadeia respostas de correção, ativando mecanismos de dissipação ou de produção de calor.

A temperatura do corpo é a resultante da produção de calor através do metabolismo e das trocas térmicas com o ambiente através da radiação, condução, convecção e evaporação (WEBB, 1995; GORDON, 1993; REILLY e CABLE, 1996).

As possibilidades de trocas térmicas estão representadas na FIG. 1. A temperatura corporal central é resultado dos mecanismos de produção metabólica de calor pelo músculo em contração, acima da reserva metabólica, e suas relações com o ambiente. A combinação dos fatores produtores de calor corporal e o ambiente resultam no valor da temperatura corporal interna.

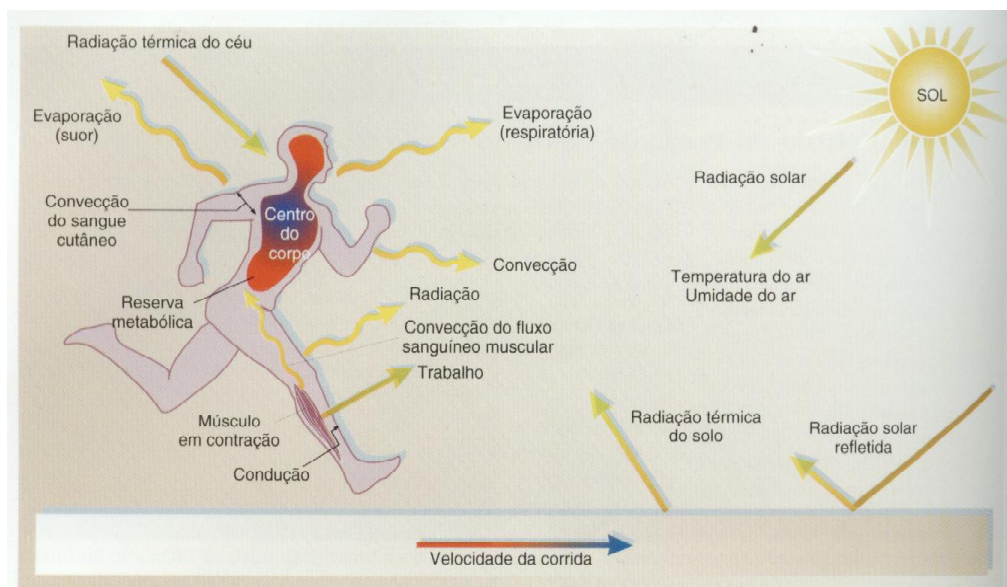


FIGURA 1: Possibilidades de trocas térmicas: os mecanismos de condução, convecção, radiação e evaporação são identificados na figura pela relação homem/ambiente durante o exercício de corrida.

Fonte : POWERS; HOWLEY, 2000, p. 365.

A radiação representa a dissipação ou produção de calor da superfície da pele proveniente de energia infravermelha. Em condições termoneutras e em repouso, aproximadamente 60% da produção de calor é dissipada desta maneira (WEBB, 1995).

Convecção é a troca de calor realizada por transferência térmica entre o ar ou água que passa pela superfície corporal. Esse mecanismo representa 12-15% da dissipação de calor em repouso e a dissipação de calor por esse processo aumenta em relação à velocidade do ar (WEBB, 1995).

A condução possui o menor percentual de troca de calor. A dissipação de calor é realizada pela superfície corporal em contato com algum outro material ou superfície. Em condições normais, em humanos, a condução somente é possibilitada pelo contato dos pés com o solo (WEBB, 1995).

Sendo assim quando o corpo é exposto a um ambiente frio, a pele perde calor para o ambiente através dos processos de radiação, condução e convecção. Essa perda provoca uma redução na temperatura da pele que é percebida pelos receptores cutâneos, os quais irão enviar impulsos a neurônios sensoriais que, por sua vez, irão levá-la aos centros hipotalâmicos responsáveis por regular a temperatura corporal (MORRISON, NAKAMURA, MADDEN, 2008). O aumento na produção de calor ocorre através dos tremores, que são contrações musculares involuntárias. Para a conservação do calor, ocorre o aumento da atividade do sistema nervoso simpático, que promove o eriçamento de pelos e a vasoconstrição periférica, e o mecanismo de contracorrente, que desloca a circulação das veias periféricas para as veias profundas (RODRIGUES, SILAMI-GARCIA; SOARES, 1999; MCARDLE, KATCH e KATCH, 2003).

Ao contrário, quando o corpo é exposto a um ambiente quente, a pele ganha calor do ambiente, o que acarreta um aumento da sua temperatura. Ocorrerá então aumento da atividade dos mecanismos de dissipação de calor, sendo eles: vasodilatação periférica promovida pela diminuição do tônus simpático nas artérias superficiais, aumento da produção de suor que ocorre pelo aumento da atividade simpática colinérgicas nas glândulas sudoríparas écrinas, que produzem o suor, (SHIBASAKI, WILSON, CRAIG, CRANDALL).



Todos estes mecanismos, tanto os de produção/conservação quanto os de dissipação de calor, estão em constante interação dinâmica apresentando maior destaque ou estimulação de um ou outro, dependendo da condição ambiental em que o organismo é exposto.

### **3.2 Resfriamento cerebral**

O cérebro é o órgão metabolicamente mais ativo, tanto em repouso quanto durante atividades físicas e mentais (CAPUTA, 2004). Sendo responsável por 20% da produção de calor do corpo, e uma vez tendo pouca tolerância ao aumento da temperatura, necessita ser permanentemente resfriado (CABANAC, 1986). Entretanto, quando a temperatura central sobe durante o exercício e/ou calor ambiental, haveria maior tolerância ao esforço e à permanência no ambiente se a temperatura cerebral puder ser mantida em valores mais baixos, em decorrência de resfriamento seletivo independente do resto do corpo (CABANAC, 1986).

As alterações da temperatura cerebral em humanos durante o exercício no calor e a influência do resfriamento ativo da cabeça têm sido de grande interesse e controvérsia (CABANAC e CAPUTA, 1979a; BRENGELMANN, 1993; CABANAC, 1993; NYBO *et al.*, 2002). A temperatura do cérebro é determinada pelo balanço entre o calor cerebral produzido pelos neurônios ativos e o calor removido, principalmente pelo fluxo sanguíneo cerebral (FSC) (NYBO *et al.*, 2002; RASCH *et al.*, 1991; CAPUTA, 2004). Este balanço pode ser perturbado com o exercício físico, especialmente durante o calor, quando há aumento da temperatura do sangue arterial. Caputa, Kamari e Wachulec (1991) propõem que o resfriamento seletivo do cérebro (SBC) seja mais pronunciado em situações de hipertermia como exercício e a exposição a um ambiente quente. Portanto, muitos autores sugerem que o mecanismo de SBC seja importante durante exercício para tornar o tecido cerebral menos vulnerável ao calor (WALTERS *et al.*, 1998; BAKER e NIJLAND, 1993; McCONAGHY *et al.*, 1995), aumentar a tolerância ao exercício (McCONAGHY *et al.*, 1995) e permitir ao animal a manutenção do exercício em situação de hipertermia por mais tempo (CAPUTA, FEISTKORN E JESSEN, 1986).

O hipotálamo é uma das estruturas responsáveis pelo controle da temperatura interna, sendo composto por neurônios especializados sensíveis ao calor e ao frio, que detectam quaisquer alterações da temperatura central. Todavia, pode ser que a localização destes termorreceptores esteja relacionada às necessidades particulares do cérebro de ser protegido em situações de hipo e hipertermia. Três mecanismos têm sido propostos para evidenciar a teoria do resfriamento cerebral seletivo: 1) O pré resfriamento do sangue arterial que supre o cérebro (CABANAC e CAPUTA, 1979b); 2) Resfriamento do sangue venoso que supre a face, e em seguida direcionado para o interior do crânio através das veias emissárias (CABANAC, 1986; CABANAC, 1993); 3) Resfriamento por convecção e evaporação da mucosa nasal nas vias aéreas superiores (MARIK *et al.*, 1999; IRMAK *et al.*, 2004).

### **3.2.1 Troca de calor pelo mecanismo de contra corrente**

Cabanac e Caputa (1979b) propõem que ocorra uma troca de calor entre o sangue venoso frio na veia jugular, drenado da pele da cabeça, e o sangue arterial na artéria carótida comum, o que permite a retirada de calor do tecido cerebral pelo sangue arterial resfriado.

No entanto, a teoria do resfriamento seletivo cerebral tem sofrido algumas críticas. Nybo *et al.* (2002) realizaram um estudo, em humanos, no qual mediram a temperatura da veia jugular e da artéria aorta durante a realização de exercício no calor e em ambiente temperado. Os autores estimaram que independente do ambiente, a temperatura média cerebral é  $\sim 0,2^{\circ}\text{C}$  superior à temperatura central.

### **3.2.2 Veias emissárias**

Para Cabanac (1993), em muitos mamíferos o resfriamento cerebral está relacionado a estruturas anatômicas e troca de calor por mecanismos de contra-corrente localizadas principalmente no crânio. Hominídeos apresentam esta estrutura anatômica distinta a partir do desenvolvimento do bipedalismo. As estruturas vasculares responsáveis pela troca de calor e pelo resfriamento cerebral são chamadas de veias emissárias e constituem inúmeras

anastomoses que ligam o plexo venoso subcutâneo da região cefálica com a cavidade intracraniana (IRMAK *et al.*, 2004). Geralmente, as veias emissárias são microscópicas e estão distribuídas por toda a cabeça (CABANAC e BRINEL, 1985). As mais importantes são as veias oftálmicas que drenam o sangue da testa e da região superior da face, as veias emissárias mastóideas que drenam o sangue da região temporal e do ouvido interno, e as veias emissárias parietais que drenam o sangue da região superior e posterior da cabeça (CABANAC, 1986), (FIG. 2). De acordo com o mesmo autor, durante a hipertermia, o sangue flui para as regiões vasodilatadas na cabeça, onde é resfriado pela evaporação do suor na superfície da cabeça e, posteriormente, é direcionado para o interior do cérebro através destas veias emissárias.

Baseado na proposta de Cabanac (1986), Falk (1990) propôs a teoria do “radiador” cerebral. Para ele o cérebro é um órgão extremamente sensível ao calor e as veias emissárias em humanos têm mostrado sua importância no resfriamento cerebral sobre condições de hipertermia. Então, esta rede de veias da linhagem *Homo* atuaria como um radiador que dissiparia o calor cerebral. A teoria do radiador se aplica à linhagem de homínídeos que viviam nas savanas e estavam sujeitos a altas temperaturas ambientes e radiação solar intensa durante o dia. A necessidade de resfriamento cerebral seria assim proporcional ao aumento do tamanho do cérebro que ocorreu ao longo da evolução dos homínídeos.

Cabanac e Brinel (1985) estudaram a direção do fluxo sanguíneo das veias emissárias mastóideas e parietais utilizando a técnica de Doppler, no estado de leve hipotermia e hipertermia induzida pelo exercício. Os resultados demonstraram um direcionamento do fluxo sanguíneo da face para o cérebro durante a hipertermia e do cérebro para a face durante a hipotermia. Segundo estes autores, já que o sangue resfriado na superfície da face flui para o interior do crânio através destas e de outras inúmeráveis veias microscópicas durante a hipertermia, haveria assim a existência do resfriamento cerebral seletivo em humanos.

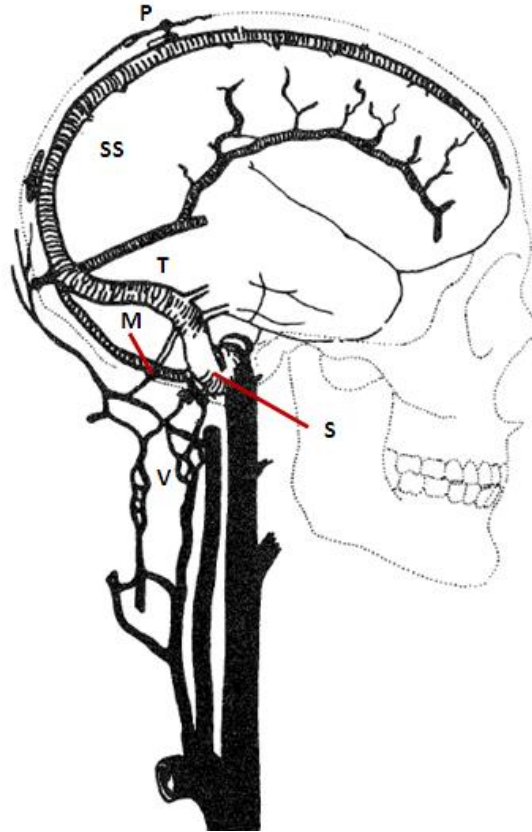


FIGURA 2. Veias emissárias e seios venosos: veias emissárias parietal (P) e mastóidea (M) em seres humanos. Seio sagital superior (SS), seio transverso (T); seio sigmóide (S); veias do plexo vertebral (V).  
Fonte: Adaptado de FALK,1990.

### 3.2.3 Evaporação da mucosa nasal

A hipótese do SBC incluiu também a via área superior como componente de troca de calor, através da evaporação da mucosa nasal (MARIK *et al.*,1999). O sangue venoso resfriando nesta região flui para o interior do seio cavernoso por onde passam as artérias carótidas interna e externa, que irrigam o tecido cerebral. Nessa região, ocorre troca de calor por convecção entre o sangue arterial quente e o sangue venoso frio, fazendo com que o sangue que circule pelo cérebro esteja mais frio que o do tecido, resfriando assim o cérebro (BAKER, 1982; MINAMISAWA *et al.*,1990).

Mariak *et al.* (1999) realizaram um estudo com pacientes conscientes no período pós-operatório após passarem por procedimentos cirúrgicos intracraniais. Esse estudo mostrou que quando os voluntários são desentubados e as ventilações pelas vias aéreas superiores é

retomada, a temperatura próxima ao lobo frontal sofreu uma queda maior que as temperaturas esofágica e retal. Os autores concluem que a perda de calor nas vias áreas superior pode afetar diretamente a temperatura intracranial em humanos contribuindo para o resfriamento seletivo em humanos. Uma vez que a espessura da placa cribiforme entre o nariz e o assoalho da fossa craniana anterior é apenas uma fração de milímetros de modo que as camadas adjacentes do lobo frontal do cérebro sejam também resfriadas por condução.

### **3.3 Temperatura timpânica como índice da temperatura cerebral**

Ainda não é bem estabelecido se seres humanos apresentam ou não formas de RCS. (BAKER, 1982; CABANAC e CAPUTA, 1979a; NYBO e WHITE, 2008). As maiores evidências sobre a existência desse mecanismo baseiam-se na temperatura timpânica, estando esta abaixo da temperatura esofágica ( $T_{es}$ ) em indivíduos hipertermicos (RACH, e CABANAC, 1993; CABANAC E WHITE, 1997; HIRAHITA e SHIDO e TANABE, 1992).

Nybo (2008) discute a existência do mecanismo de RCS em humanos, indicando a impossibilidade de utilizar a temperatura timpânica como índice da temperatura cerebral já que aquela pode ser contaminada pela temperatura da pele da cabeça.

No estudo realizado por Nybo, Secher e Nielsen (2002) no qual foi encontrada uma maior temperatura do sangue venoso presente na jugular quando comparada à temperatura do sangue arterial presente na carótida interna durante o exercício (FIG.3). Essa diferença não foi alterada pelo resfriamento ativo da pele da face. Para esses autores, a temperatura do sangue venoso presente na veia jugular é a que mais se aproxima da temperatura cerebral média e, a temperatura corporal pode ser representada pela temperatura do sangue arterial presente na carótida interna. Já a temperatura timpânica teve uma tendência a seguir as temperaturas internas, porém quando foi aplicado o resfriamento ouve um desvio entre essas temperaturas. Sendo assim, os resultados encontrados nesse estudo indicam que a temperatura cerebral estava maior que a temperatura corporal; que o resfriamento da pele da face não é capaz de diminuir a temperatura do sangue presente na jugular e, portanto, não diminui a temperatura do cérebro; e que a temperatura media do cérebro e a temperatura timpânica são independentes em humanos.

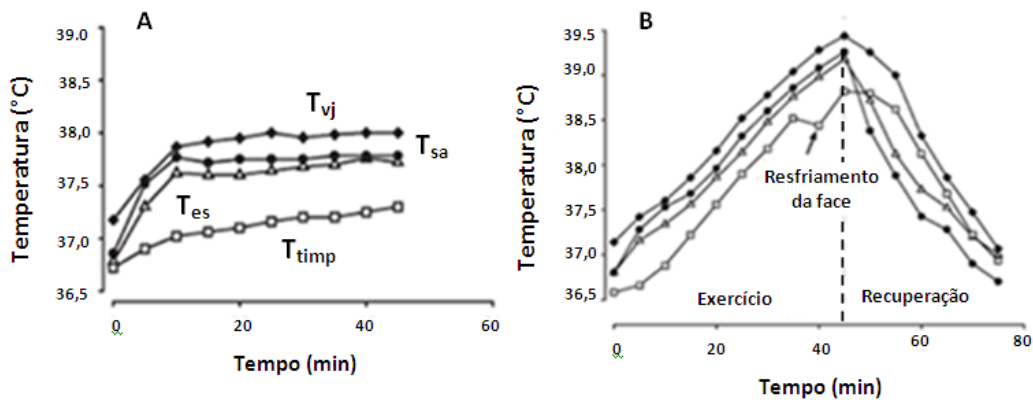


FIGURA 3: Respostas das temperaturas, esofágica ( $T_{es}$ ), timpânica ( $T_{timp}$ ), do sangue arterial ( $T_{sa}$ ) e do sangue venoso jugular ( $T_{vj}$ ). Resultados obtidos com resposta da temperatura central normal (A: controle) e durante o exercício similares com progressiva hipertermia (B). Os desvios padrão foram omitidos, mas o D.P. valores de todas as temperaturas estavam na faixa de 0,1-0,3 ° C.

Fonte: Adaptado de NYBO *et al.*, 2002.

No entanto, Cabanac *et al* (1987) estudaram os efeitos do resfriamento da hemiface durante a hipertermia sobre a  $T_{timp}$ , demonstrando uma redução desta temperatura do lado oposto ao resfriamento, indicando um mecanismo vascular de convecção.

A medição da temperatura craniana foi primeiramente realizada por Mariak *et al.* (1999). Este estudo foi realizado em pacientes conscientes após o período pós-operatório. Pode-se notar que quando os voluntários são desentubados e as ventilações pelas vias aéreas superiores é retomada, que o tempo de curso do  $T_{timp}$  fez uma boa aproximação com a temperatura intracraniana ( $T_{sd}$ ) (FIG. 4). Estes achados servem de suporte a argumentos a favor da validade da  $T_{timp}$  como índice da temperatura cerebral e que a perda de calor pela via aérea superior pode afetar diretamente a temperatura intracranial em humanos.

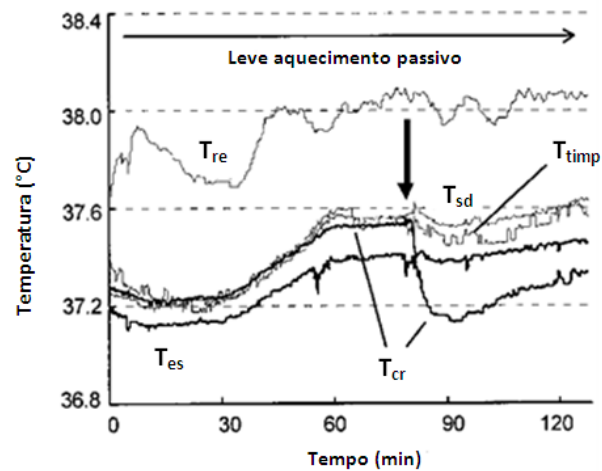


FIGURA 4: Tempo de curso das temperaturas intracranial e central em pacientes antes e após a remoção do tubo endotraqueal (seta vertical). Temperatura Retal ( $T_{re}$ ), Temperatura Esofágica ( $T_{es}$ ), Temperatura da abobada do crânio ( $T_{sd}$ ), Temperatura da placa crivosa ( $T_{cr}$ ), Temperatura timpânica ( $T_{timp}$ ).

Fonte: Adaptado de MARIK *et al.*, 1999.

Em um outro estudo realizado por Mariak *et al* (2003), com pacientes pós operatorio desmostrou uma relação da redução da temperatura do espaço subdural ( $T_{sd}$ ) com a temperatura timpânica ( $T_{timp}$ ) ao resfriamento da face, e uma pequena e insignificante com a temperatura esofágica ( $T_{es}$ ) (FIG. 5).

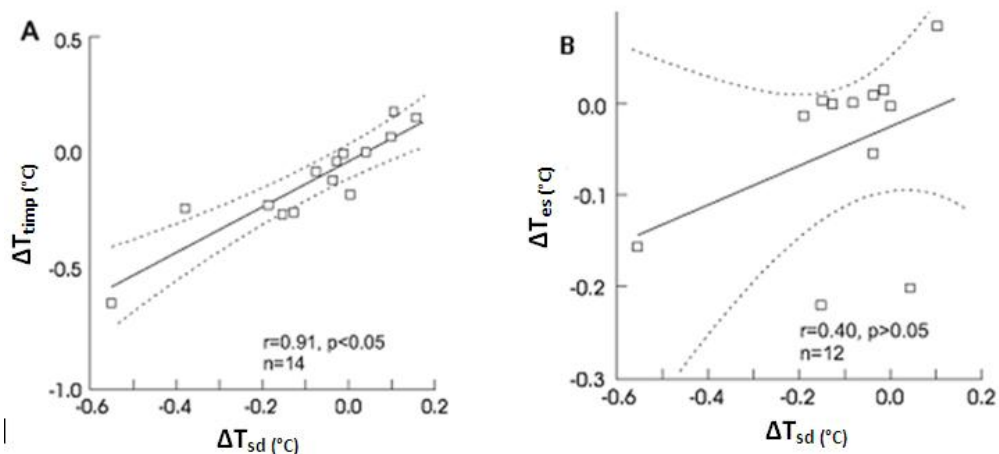


FIGURA 5: Mudanças individuais nas temperaturas timpânica (A) e esofágica (B), em função das alterações na temperatura subdural. As linhas pontilhadas são a representação gráfica do intervalo de confiança de 95% para o coeficiente de correlação de Pearson. Temperatura esofágica ( $T_{es}$ ), Temperatura timpânica ( $T_{timp}$ ), Temperatura subdural ( $T_{sd}$ ).

Fonte: Adaptado de MARIK *et al.*, 2003.

Os autores sugerem que a temperatura timpânica pode ser utilizada como estimativa da temperatura intracranial.

### **3.4 Temperatura Timpânica e exercício**

A alta temperatura cerebral é um fator importante para inibir a atividade motora (NYBO e NIELSEN, 2001; NYBO, 2008). Estes pesquisadores sugerem que o aumento da temperatura no cérebro pode afetar o comando motor durante o exercício isométrico e que o hipotálamo seria a região que controla essa resposta central ao aumento da temperatura, influenciando áreas envolvidas na percepção subjetiva de esforço e, também, áreas responsáveis pela ativação muscular. Estes autores especulam que o mesmo mecanismo pode estar envolvido na fadiga durante o exercício prolongado. Devido ao fato de o tecido cerebral ser mais sensível ao calor e aos efeitos deletérios da hipertermia sobre esse tecido, é sugerido que os mecanismos termorregulatórios ocorram a fim de minimizar o aumento da temperatura cerebral (CABANAC, 1986).

A fim de minimizar os efeitos do aumento da temperatura cerebral, muitos autores têm desenvolvido técnicas de resfriamento da face e ou da cabeça nas condições de exercício e repouso, a fim de reduzir o estresse térmico cerebral.

Ansley e *et al* (2008) estudaram os efeitos do resfriamento da cabeça sobre a temperatura timpânica durante o exercício a 75% do  $VO_2$  máx até a fadiga. Para o resfriamento da cabeça foi utilizado 3 ventiladores (centro, 45° direita e 45° esquerda) há 50 cm da cabeça e uma nevoa de água foi borrifada a cada 30 segundos sobre a cabeça. Os resultados desse estudo demonstraram uma redução da  $T_{\text{timp}}$  na situação com o resfriamento da face em comparação ao controle durante o exercício. No ponto de fadiga também foi observado que a  $T_{\text{timp}}$  com o resfriamento da face foi 2,5° C menor do que a do controle (FIG. 6).



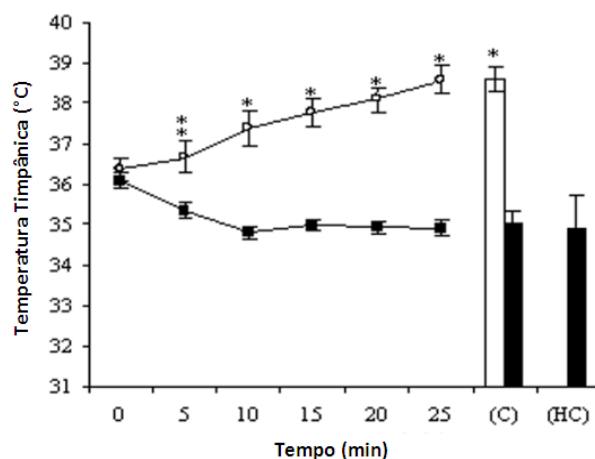


FIGURA 6: Temperatura Timpânica durante o exercício: ■ Resfriamento da cabeça, ○ Controle – (C) ponto de fadiga da situação controle, (HC) ponto de fadiga da situação com resfriamento da cabeça. Diferenças significativas foram encontradas em pontos equivalentes há 5 minutos até o ponto de fadiga da situação controle. Os dados são média  $\pm$  S.E.M. \*  $P < 0,05$ .

Fonte: Adaptado de ANSLEY *et al.*, 2008.

Apesar de Mariak *et al* (1999) terem constatado que a perda de calor pela via aérea superior poderia reduzir a temperatura intracranial em humanos, Desruelle e Candas (2000) não encontraram tal comportamento da temperatura timpanica durante o exercício, quando se utilizou a inalação de ar frio. Desruelle e Candas (2000) utilizaram três tipos de resfriamento: inalação de ar frio ( $10^{\circ}\text{C}$ ), resfriamento da pele da face ( $10^{\circ}\text{C}$ ) e a combinação de ambos na situação de repouso em ambiente quente e durante o exercício. Neste estudo o efeito do resfriamento sobre a redução da  $T_{\text{timp}}$  foi apenas observado durante o resfriamento da face e da combinação dos resfriamentos durante o repouso, em contraste foi observado um aumento da  $T_{\text{timp}}$ , durante o exercício com a inalação de ar frio. (Tabelas 1 e 2). Apesar deste estudo considerar a  $T_{\text{timp}}$  como índice da temperatura cerebral por estar associada com as variações da produção de suor da cabeça, uma vez que o comando central para a sudorese é o maior componente no estímulo para aumentar ou diminuir a taxa de sudorese (Shibasaki, Kondo & Crandall, 2003), este estudo não sustenta a hipótese do RCS através da via aérea superior.

TABELA 1

Impacto dos diferentes testes de resfriamento sobre a produção de suor em 5 locais estudados. Resfriamento da face (FaC); Inalação de ar frio (CAB) e Combinação dos resfriamentos (CoC).

Condição	Local da produção de suor				
	Costas	Cabeça	Perna	Peito	Braço
Repouso	FaC↓	FaC↓	FaC↓		
	CoC↓	CoC↓	CoC ↓	CoC↓	CoC↓
Exercício		CAB↑	CAB↑	CAB↑	CAB↑
	CoC↓	CoC↓	CoC↓		

Fonte: Adaptado de DESRUELLE e CANDAS, 2000.

TABELA 2

Resumo dos Resultados nas condições de repouso (Rep) e exercício (Exer). Temperatura esofágica ( $T_{es}$ ); Temperatura Timpanica ( $T_{timp}$ ); Resfriamento da face (FaC); Inalação de ar frio (CAB) e Combinação dos resfriamentos (CoC).

Condição	$T_{es}$	$T_{timp}$
Rep. CAB	=	=
Exer. CAB	=	↑
Rep. FaC	=	↓
Exer. FaC	=	=
Rep.CoC	=	↓
Exer. CoC	=	=

Fonte: Adaptado de DESRUELLE e CANDAS, 2000.

Porém, varios fatores podem interferir na perda de calor da cabeça e interferir nos valores da temperatura timpanica.

Rasch e Cabanac (1993) estudaram o efeito do uso de uma faixa para cabeça e de uma toca (ambos de lã) num cicloergômetro numa temperatura ambiente de  $23,4 \pm 1,9^\circ \text{C}$  e  $35 \pm 10\%$  de umidade relativa de ar (URA). Cada voluntário participou de dois experimentos. No experimento 1 os voluntários se exercitaram durante 45 minutos há 50W, 100W e 150w,

sendo 15 minutos para cada intensidade, nas situações cabeça descoberta (controle), faixa de lã e boné de lã. No experimento 2, voluntários exercitavam por 5 períodos de 15 min na seguinte ordem: cabeça descoberta, faixa de lã, cabeça descoberta, boné de lã e cabeça descoberta. Em ambos os experimentos o resfriamento da face foi realizado por um ventilador (8-9m/s).

No experimento 1 na situação controle a temperatura timpânica foi significativamente maior do que a temperatura esofágica (FIG.7). Porém no experimento 2 nenhuma diferença significativa foi encontrada entre a temperatura timpânica e esofágica nos 5 períodos (FIG.8). Foi observado que o uso de um boné ou de faixa de lã diminuiu a perda de calor da cabeça durante o exercício e limitando assim a eficiência do resfriamento cerebral seletivo.

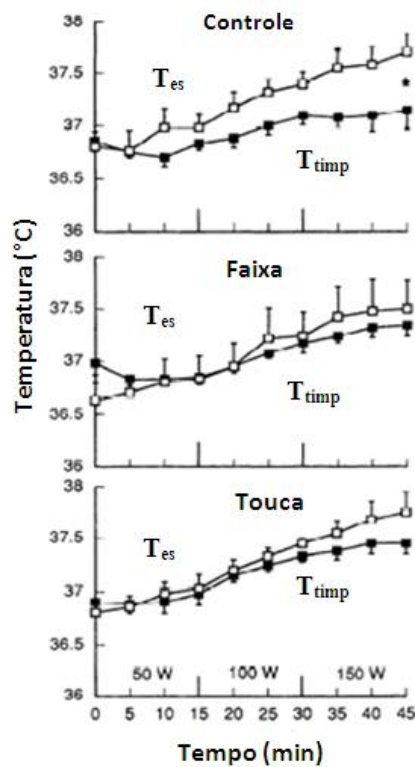


FIGURA 7: Resultados do experimento 1: Temperaturas timpânica ( $T_{timp}$ ) e esofágica ( $T_{es}$ ), nas situações controle (cabeça descoberta), faixa e touca de lã.

Fonte: Adaptado de RASCH e CABANAC, 1993.

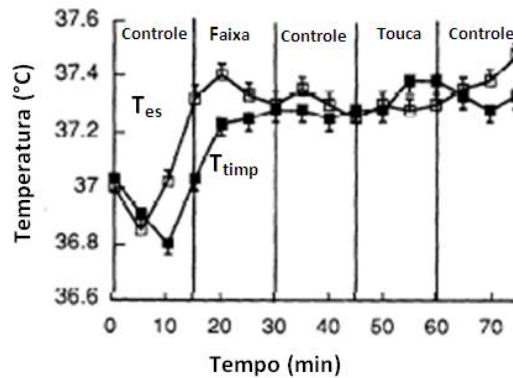


FIGURA 8: Resultados do experimento 2: Temperaturas timpânica ( $T_{timp}$ ) e esofágica ( $T_{es}$ ), durante os 5 estágios: controle, faixa, controle, touca e controle.

Fonte: Adaptado de RASCH e CABANAC, 1993.

Porém segundo Watanuki (2003) o excesso de resfriamento da cabeça não pode ser benéfico para a dissipação de calor durante o exercício. Neste estudo foi utilizado dois experimentos: um com resfriamento e aquecimento da cabeça e outro com aquecimento do tronco com e sem o resfriamento da cabeça durante o exercício. Para o resfriamento e aquecimento da cabeça e do tronco foi utilizado um capuz e um colete respectivamente, dentro dos quais havia uma circulação de água. Os resultados deste estudo demonstraram que a temperatura da membrana timpânica durante o resfriamento da cabeça a 15°C foi significativamente maior do que a 20°C. Segundo estes autores isso pode estar relacionado a uma redução da produção de suor durante o resfriamento da cabeça, o que resulta em um aumento da temperatura central, sugerindo assim, que as técnicas de resfriamento devem de ser aplicadas com cautela para não prejudicar a dissipação de calor durante o exercício.

#### **4 CONCLUSÃO**

Levando se em considerção a temperatura timpanica como indice de temperatura cerebral, pode-se observar que independente da tecnica utilizada pra o resfriamento da face e/ou da cabeça, estas promovem uma atenuação da temperatura cerebral durante o exercicio. Sendo que esta pode ser alterada por uso de aparatos na cabeça.

Vale ressaltar que a importância do resfriamento da cabeça não se da somente durante o exercício, mas em qualquer situação em que o animal se torne hipertérmico a fim de proteger o cérebro contra danos provocados pelo aumento da temperatura. Assim, novos estudos sobre a influência do resfriamento da cabeça, sobre a temperatura cerebral são de extrema importância, uma vez que o resfriamento predominante da cabeça sugere a importância desta região para o sistema termorregulatório, abrindo novas possibilidades de estudo na área da termorregulação.

## REFERÊNCIAS

- ANSLEY, L. *et al* The effects of head cooling on endurance and neuroendocrine responses to exercise in warm conditions. **Physiol. Res.**, Birmingham, v.57, p.863-872, nov. 2008.
- ARMADA-DA-SILVA, P. A. S., WOODS, J.; JONES, D. A. The effect of passive heating and face cooling on perceived exertion during exercise in the heat. **Eur. J. Appl. Physiol.** , v.9, p.563-71, maio. 2004.
- BAKER, M. A. Brain cooling in endothermic in heat and exercise. **Annual Review of Physiology**, v. 44, p. 84-96, 1982.
- BAKER, M. A.; NIJJAND, M. J. M. Selective brain cooling in goats: effects of exercise and dehydration. **J. Physiol.**, Riverside, v. 471, p.679-692, jan. 1993.
- BAKER, M.; HAYWARD, J.N. Carotid rete and brain temperature of cat. **Nature** , Los Angeles, v.216, p.139-141, out. 1967.
- BRENGELMANN, G.L. Specialized brain cooling in humans. **FASEB Journal**, Seattle v.7, p.1148-1153. 1993.
- CABANAC, M. Keeping a cool head. **News. Physiol. Sci.**, v.1, p.41-44, abr. 1986.
- CABANAC, M. Selective brain cooling in humans: "fancy or fact? **FASEB Journal**, Québec, v.7, p.1143-1146, set.1993.
- CABANAC, M., BRINNEL, H. Blood flow in the emissary veins of the human head during hyperthermia. **Eur. J. Appl. Occup. Physiol.**, Oullins, v. 54, p. 172-176, 1985
- CABANAC, M.; CAPUTA, M. Natural selective cooling of the human brain: evidence of its occurrence and magnitude. **J. Physiol.**, Oullins, v.286, p.255-264, jan. 1979a
- CABANAC, M.; CAPUTA, M. Open loop increase in trunk temperature produced by face cooling in working humans. **J. Physiol.**, Oullins, v.289, p.163-174. jul. 1979b.

CABANAC, M.; GERMAIN, M.; BRINNEL, H. Tympanic temperatures during hemiface cooling. **Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.**, v. 56, p. 534-539, 1987.

CABANAC, M; WHITE, M. Heat loss from the upper airways and selective brain cooling in humans. **Ann-N-Y-Acad-Sci.** , Quebec, v. 813, p. 613-616, mar. 1997.

CAPUTA, M. Selective brain cooling: a multiple regulatory mechanism. **J. Therm. Biol.** , Amsterdam, v.29, p.691-702, 2004.

CAPUTA, M.; *et al.* Anatomical and physiological evidence for efficacious selective brain cooling in rats. **J. Therm. Biol.**, v. 21, p. 21-28, fev. 1996.

CAPUTA, M.; FEISTKORN, G.; JESSEN, C. Effects of brain and trunk temperatures on exercise performance in goats. **Eur. J. Physiol.** , Giessen, v. 406, p. 184-189, fev. 1986.

CAPUTA, M., KAMARI, A, WACHULEC, M. Selective brain cooling in rats resting in heat and during exercise. **J. Therm. Biol.**, Torun, v. 16, p.19–24, jan. 1991.

CLARK, R.P.; EDHOLM, O.G. **Man and his thermal environment.** London: Edward Arnold, 1985.

DESRUELLE A. V., CANDAS V. Thermoregulatory effects of three different types of head cooling in humans during a mild hyperthermia. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Strasbourg, v. 81, p. 33-39, jan. 2000.

FALK, D. Brain evolution in Homo: the “radiator” theory. **Behavioral and Brain Sciences**, Albany, v.13, p.333-44, 1990.

FULLER, A.; CARTER, R. N.; MITCHELL, D. Brain and abdominal temperatures at fatigue in rats exercising in the heat. **J. Appl. Physiol.**, Johannesburg, v. 84, p. 877-883, mar. 1998.

GONZÁLEZ-ALONSO, J. *et al.* Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. **J. Appl. Physiol.**, Denmark, V. 86, p.1032–1039, mar. 1999.

GORDON, C.J. **Temperature regulation in laboratory rodents.** New York: Cambridge University Press, 1993. 276 p.

HAYMES, E.M.; WELLS, C.L. **Environment and human performance**. Champaign: Human Kinetics Publishers, 1986.

HIRASHITA, M; SHIDO, O; TANABE, M. Blood flow through the ophthalmic veins during exercise in humans. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v. 64, p. 92-97, 1992.

IRMAK, M.K.; KORKMAZ, A.; EROGUL, O. Selective brain cooling seems to be a mechanism leading to human craniofacial diversity observed in different geographical regions. **Med. Hypothesis**, Ankara, v.62, p.486-492, mar.2004.

KATSUURA T. *et al* .Effects of cooling portions of the head on human thermoregulatory response. **Appl. Human Sci**. Chiba, v. 15, p.67-74, mar.1996.

KREGER, C.D. Human thermoregulation and hair loss. **Human evolution**, 2002.

MARIAK Z. *et al* . Tympanic temperature reflects intracranial temperature changes in humans. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Bialystok, v. 446, p. 279-84, maio. 2003.

MARIAK Z *et al*. Tympanic temperature reflects intracranial temperature changes in humans. **Eur. J. Appl. Physiol.**,v. 446, p. 279-284, 2003.

MARIAK, Z. *et al*. Direct cooling of the human brain loss from the upper respiratory tract. **J. Appl. Physiol.**, v. 87, p. 609-1613, nov. 1999.

McARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 1113p.

MCCONAGHY. *et al*. Selective brain cooling in the horse during exercise and environmental heat stress. **J. Appl. Physiol.**, v.79, p. 1849-1854, dez.1995.

MINAMISAWA, H. *et al*. Preservation of brain temperature during ischemia in rats. **Journal of the American Heart Association**, Dallas, v. 21, p.758-764, maio.1990.

MORRISON, S. F.; NAKAMURA, K.; MADDEN, C. J. Central control of thermogenesis in mammals. **Exp. Physiol.**, Beaverton, v. 93, p. 773-797, maio.2008.



MUNDEL, T. *et al.* The effects of face cooling during hyperthermic exercise in man: evidence for an integrated thermal, neuroendocrine and behavioural response. **Exp. Physiol.**, Birmingham, v.92, p.187-95, jan. 2007.

MÜNDEL, T. *et al.* A. The effects of face cooling on the prolactin response and subjective comfort during moderate passive heating in humans. **Exp. Physiol.**, Birmingham, v.91, p.1007-1014, Ago. 2006.

NUNNELEY, S.A., READER, D.C. ; MALDONADO, R.J. Head-temperature effects on physiology, comfort, and performance during hyperthermia. **Aviat. Space Environ. Med.**, v. 53, p. 623-628, jul.1982.

NUNNELEY, S.A.; TROUTMAN, S.J.; JR.; WEBB, P. Head cooling in work and heat stress. **Aerosp. Med.**, v. 42, p. 64-66, jan.1971.

NYBO, L. Hyperthermia and fatigue. **J. Appl. Physiol.**, v. 104, p. 871–878, 2008.

NYBO, L.; NIELSEN, B. Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. **J. Appl. Physiol.**, v. 91, p. 1055–1060, 2001.

NYBO, L.; SECHER, N.H.; NIELSEN, B. Inadequate heat release from the human brain during prolonged exercise with hyperthermia. **J. Physiol.**, Denmark, v.545, n. 2, p.697-704, dez.2002.

NYBO, L. WHITE, M. D. Do humans have selective brain cooling? In **Physiological Bases of Human Performance During Work and Exercise**. Filadélfia: Elsevier, 2008. Cap. 27, p. 473-481.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 3. ed. São Paulo: Manole, 2000. 365 p.

RASCH, W; CABANAC, M. Selective brain cooling is affected by wearing headgear during exercise. **J. Appl. Physiol.**, v.74, p. 1229-1233, mar. 1993.

RASCH, W. *et al.* Heat loss from human head during exercise. **J. Appl. Physiol.**, Quebec, v.71, n. 2, p.590-595, ago.1991.

REILLY, T., CABLE, N.T. Thermoregulation. In: ESTON, R., REILLY, T., **Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual tests, procedures and data**. London: E. & F.N. Spon, 1996. p. 259-276.

RODRIGUES, L.O.C.; GARCIA, E. S. Fadiga: falha ou mecanismo de proteção. In: GARCIA, Emerson Silami; LEMOS, Kátia ; GRECO, Pablo Juan. (Org.). **Temas Atuais III**. Belo Horizonte: Livraria e Editora Saúde, 1998. v. 3, p. 27-48.

RODRIGUES, L. O.C.; GARCIA, E. S.; SOARES, D. D. Fisiologia da termorregulação - conceitos básicos. In: SAMULSKI, D. M. (Org.). In: **Novos conceitos em treinamento esportivo**. Brasília: Instituto Nacional de Desenvolvimento do Desporto, 1999, v. 1, p. 7-26.

SHIBASAKI, M.; KONDO, N.; CRANDALL, C.G. Non-thermoregulatory modulation of sweating in humans. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, Hagerstown, v.31, p.34-9, 2003.

SHIBASAKI, M.; WILSON, T.E.; CRANDALL, C.G. Neural control and mechanisms of eccrine sweating during heat stress and exercise. **J. Appl.Physiol.**, v. 100, p. 1692-1701, maio. 2006.

SIMON E. Tympanic temperature is not suited to indicate selective brain cooling in humans: a re-evaluation of the thermophysiological basics. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Bad Nauheim, v. 101, p. 19-30, set. 2007.

WALTERS, T. J. *et al* . HSP70 expression in the CNS in response to exercise and heat stress in rats. **J. Appl. Physiol.**,v. 84, p.1269–1277, 1998.

WATANUKI, S. Effects of head cooling on cardiovascular and body temperature responses during submaximal exercise. **Ann. Physiol. Anthropol.**, v.12, p. 327–333, 1993.

WEBB P. The physiology of heat regulation. **Am J Physiol.** , v. 268, p. 838-850, 1995.