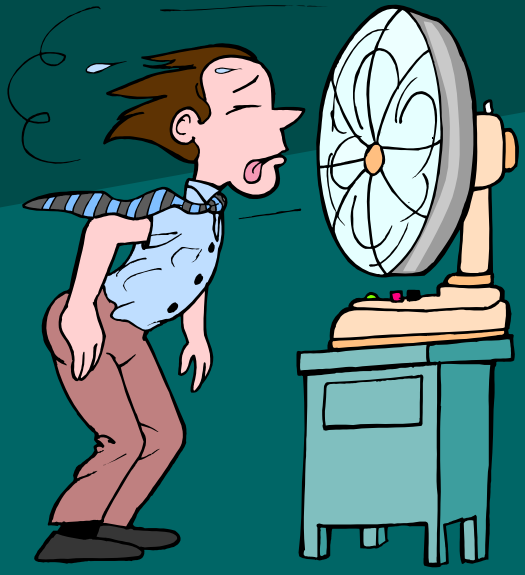


Controle da Temperatura Corporal

Prof. Luiz Guilherme Branco

Fisiologia

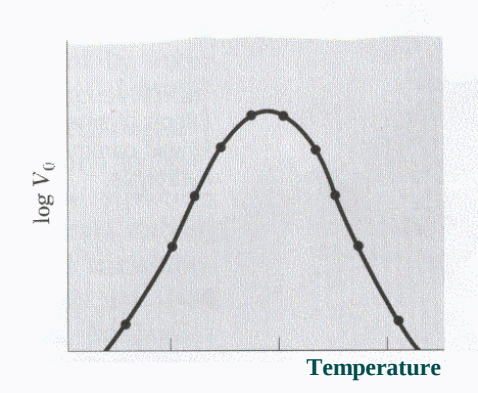
FORP / USP

OBJETIVOS

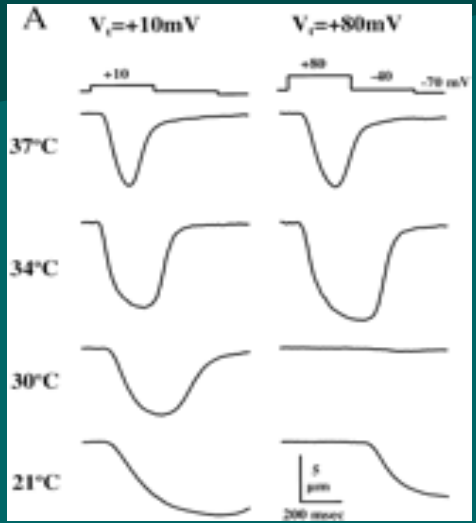
Estudo e entendimento:

- **Fatores que determinam e influenciam a temperatura corporal**
- **Mecanismos de produção e perda de calor**
- **Mecanismos sensores que detectam variações da temperatura**
- **Mecanismos efetores que regulam a temperatura**
- **Mecanismo central de controle da temperatura**
- **Regulação da temperatura corporal durante a febre**

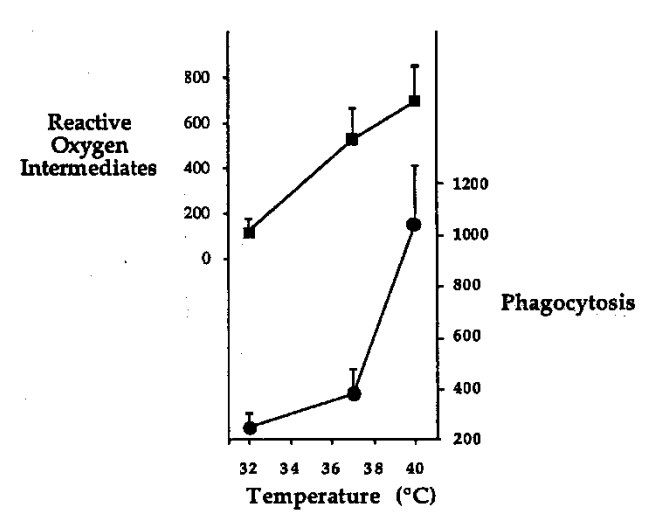
Porque é importante controlar a temperatura corporal?



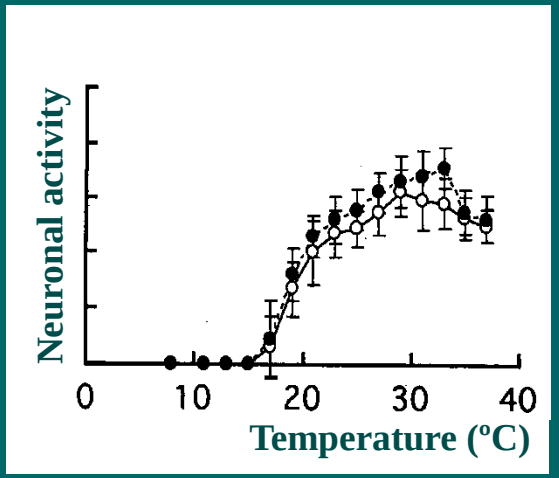
Atividade enzimática
Leninger, 2000



Contratibilidade (cardiomiócitos)
Wasserstrom & Vites, 1999

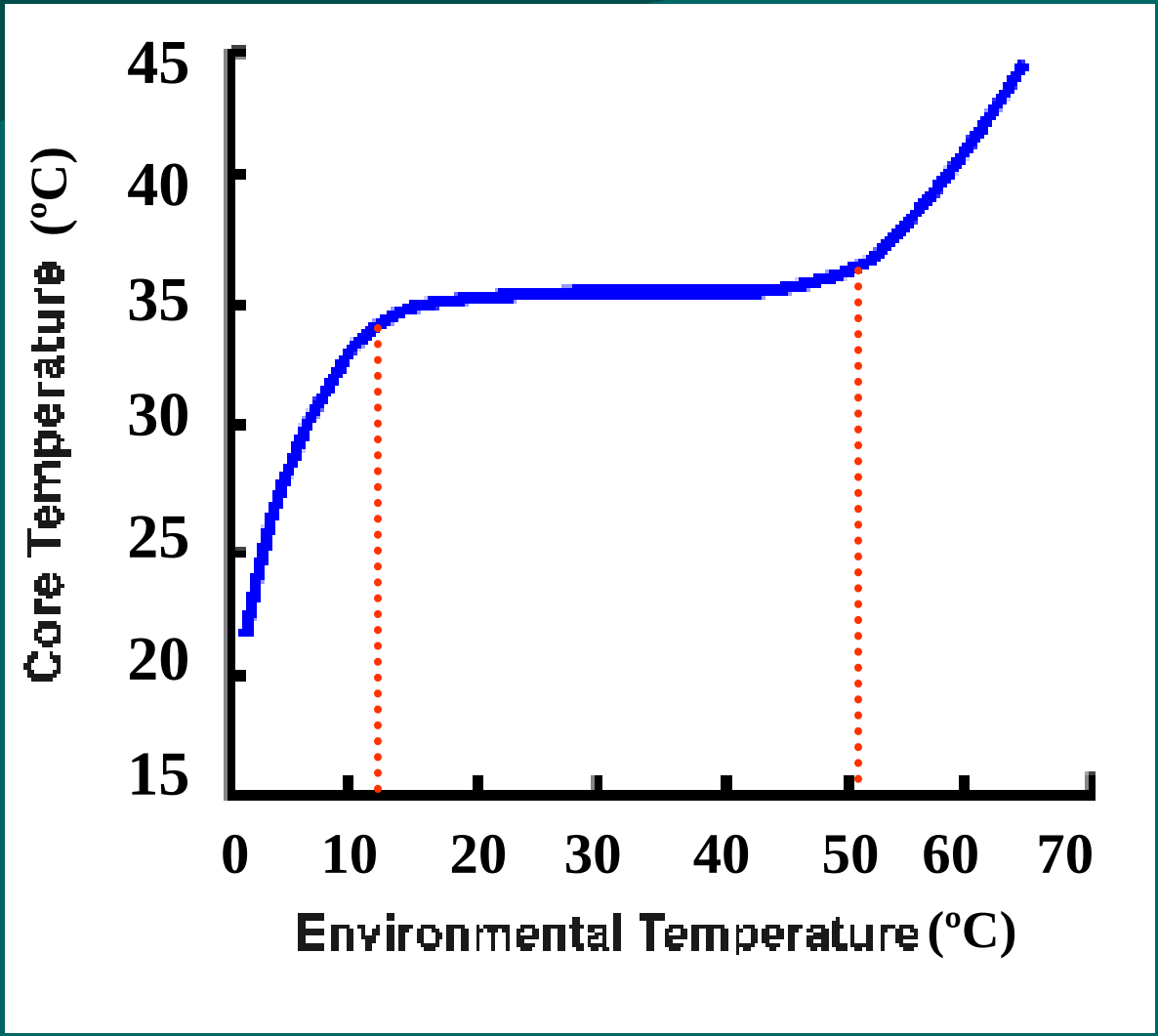


Função Imunológica
Wenisch et al. 1996

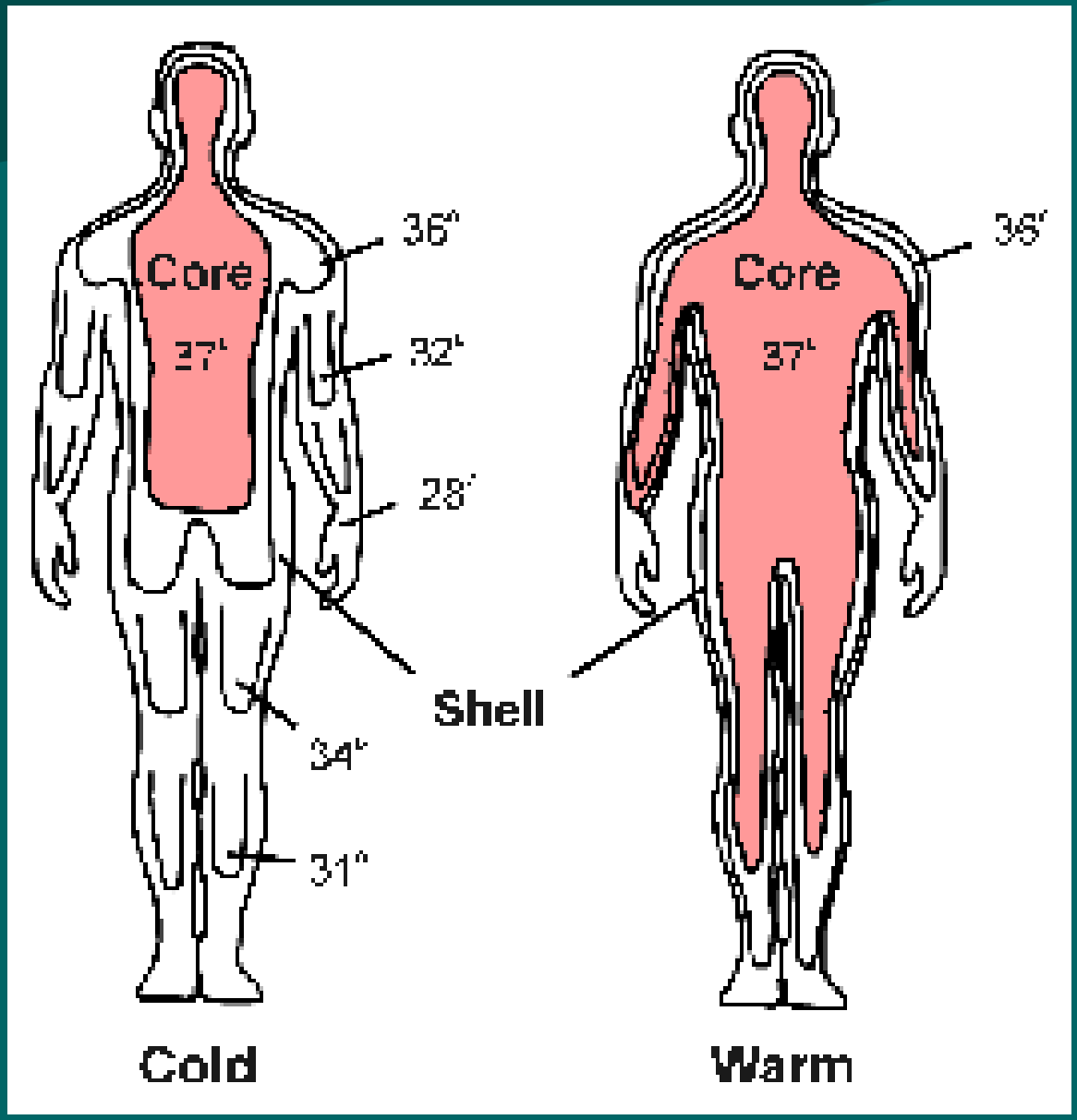


Ativ. Neuronial
Aihara et al. 2001

Temperatura corporal x Temperatura ambiente

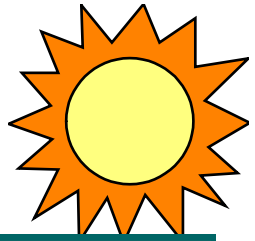


TEMPERATURA DE DIFERENTES REGIÕES DO CORPO HUMANO



Produção de Calor

Perda de Calor



Produção basal de calor

Exercício/Tremor

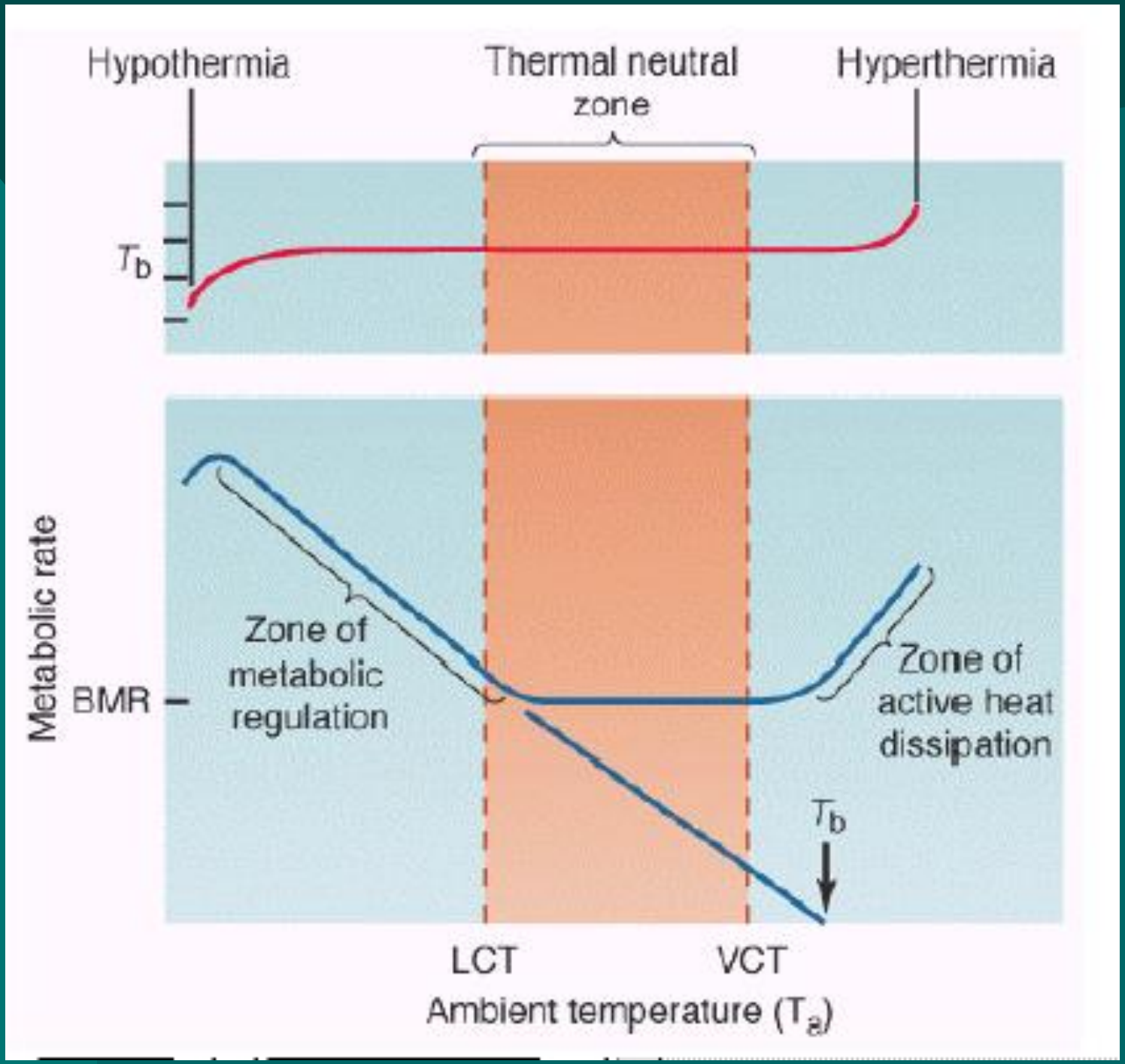
Termogênese sem tremor

↑ Isolamento

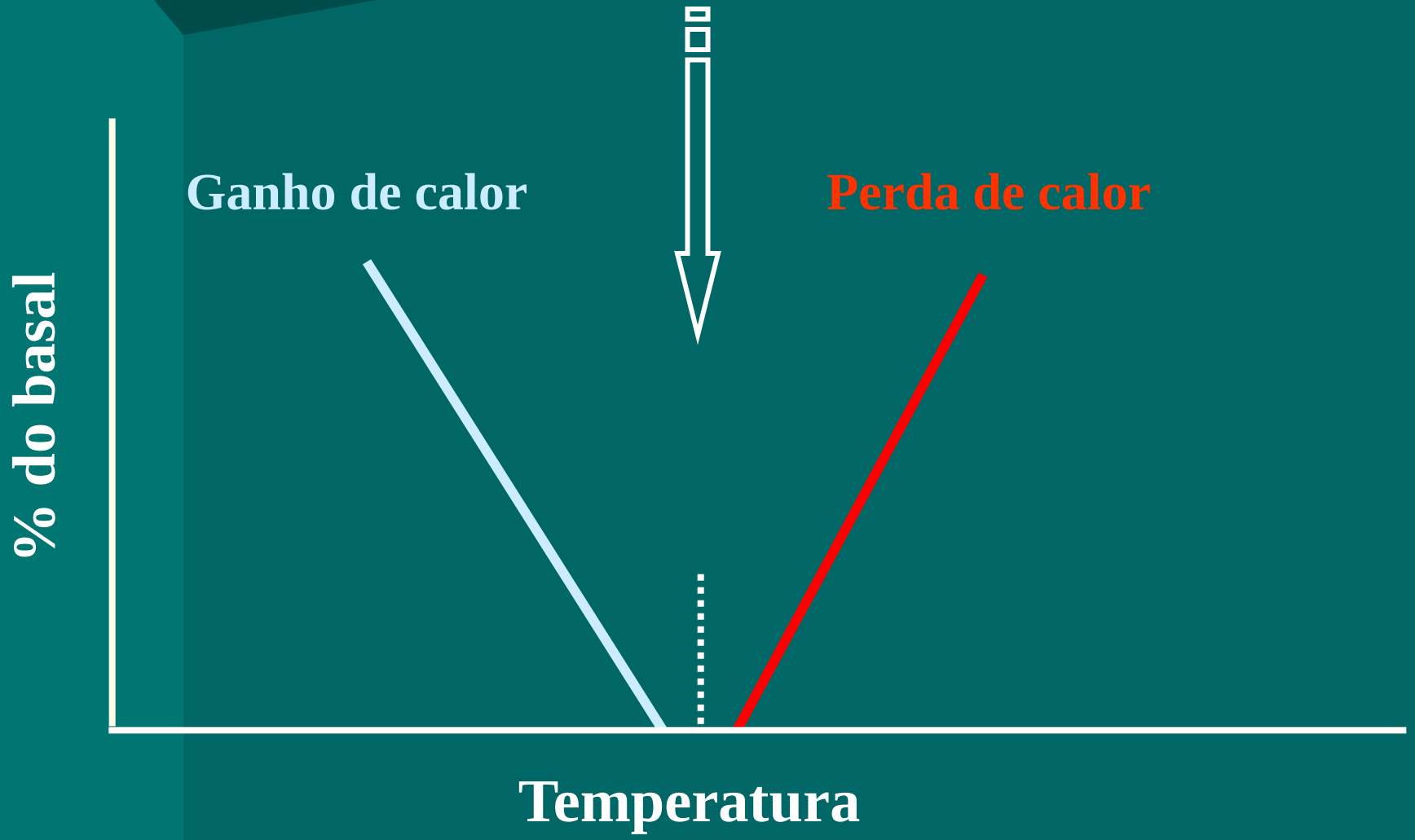
Evaporação:

Suor/Ofegação

↓ Isolamento


Hypothermia
Thermal neutral zone
Hyperthermia
T_b
Metabolic rate
BMR
Zone of metabolic regulation
Zone of active heat dissipation
T_b
LCT
VCT
Ambient temperature (T_a)

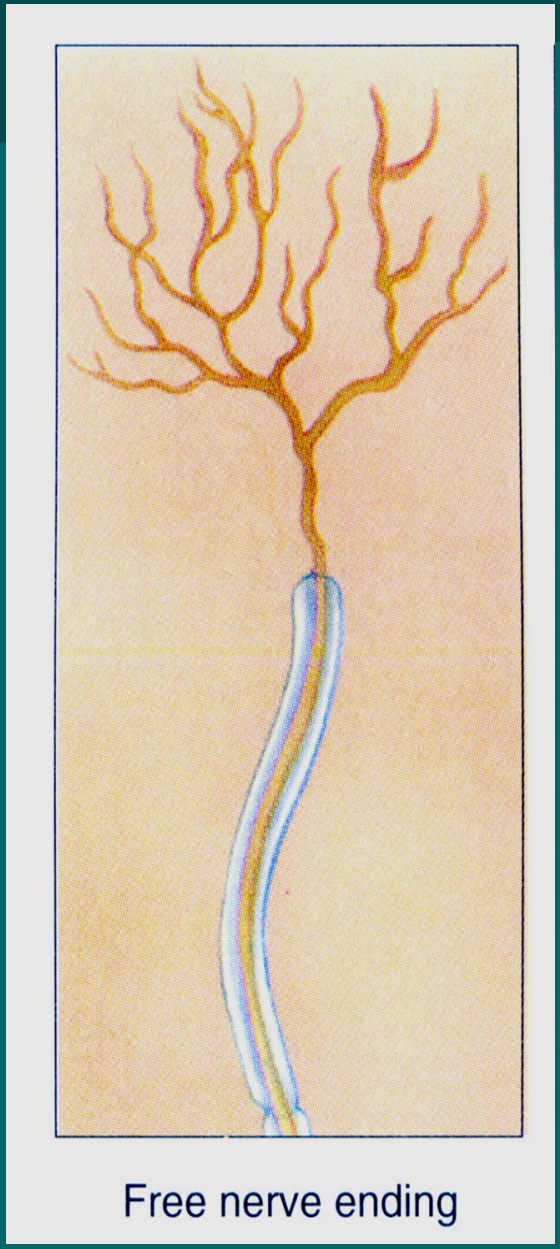
SET POINT: Temperatura ao redor da qual o Temperatura corporal é regulada



Controle da Temperatura Corporal

Sensores

- **Terminações nervosas livres (Pele, orgãos internos e medula espinhal)**
- **Fibras Aδ e C (condução lenta)**
- **Receptores sensíveis ao frio e ao calor**



LOCALIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO TÉRMICA

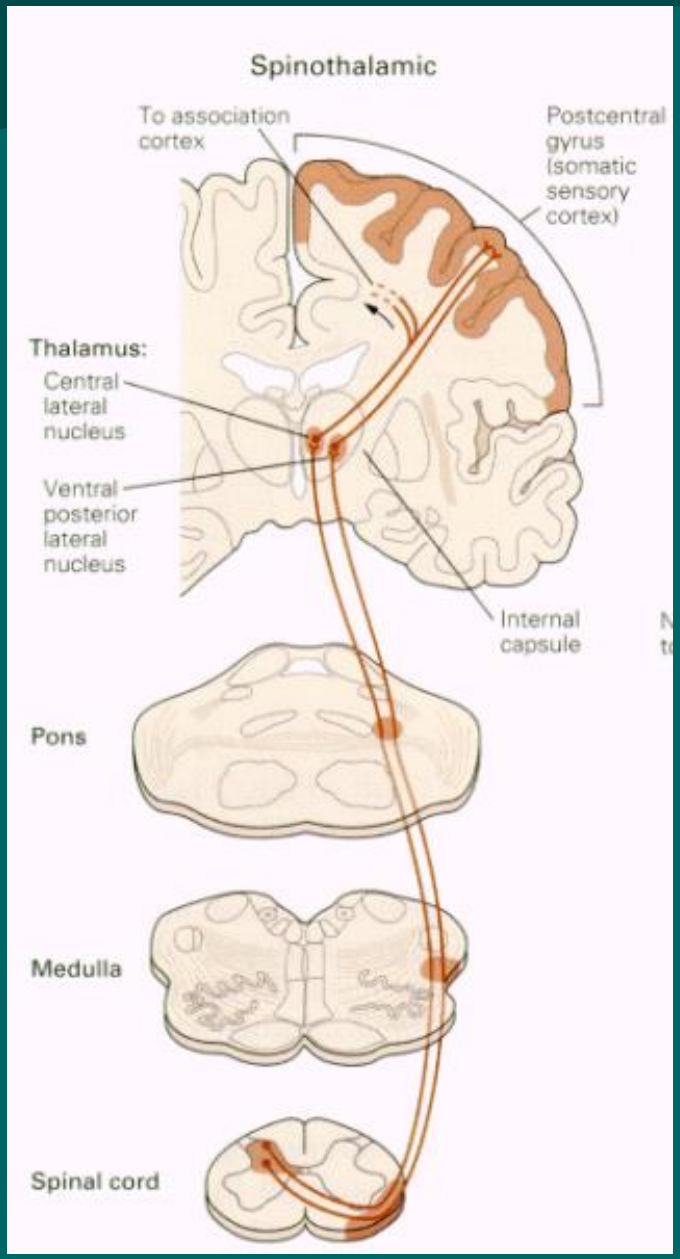
Cortex Somatosensorial Primário

⇧

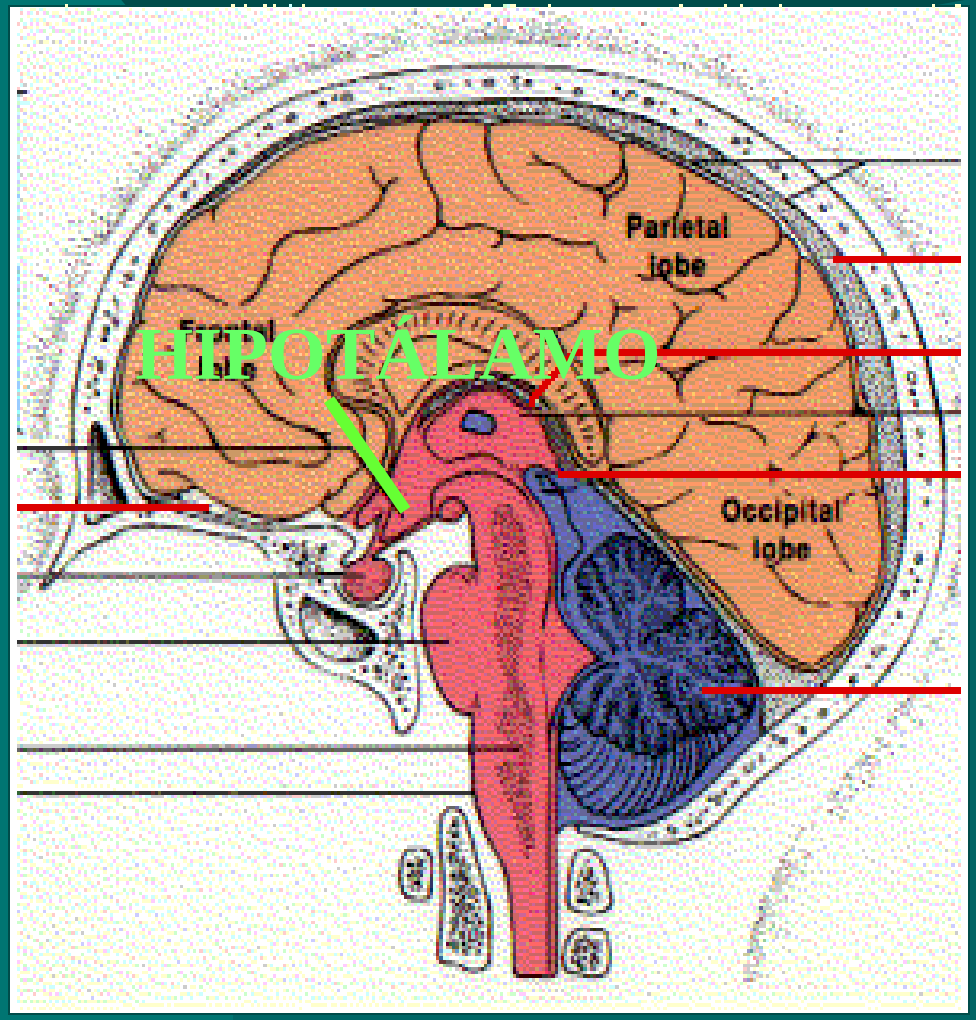
Trato espinotalâmico

⇧

Termorreceptores Cutâneos



CONTROLE DA TEMPERATURA CORPORAL

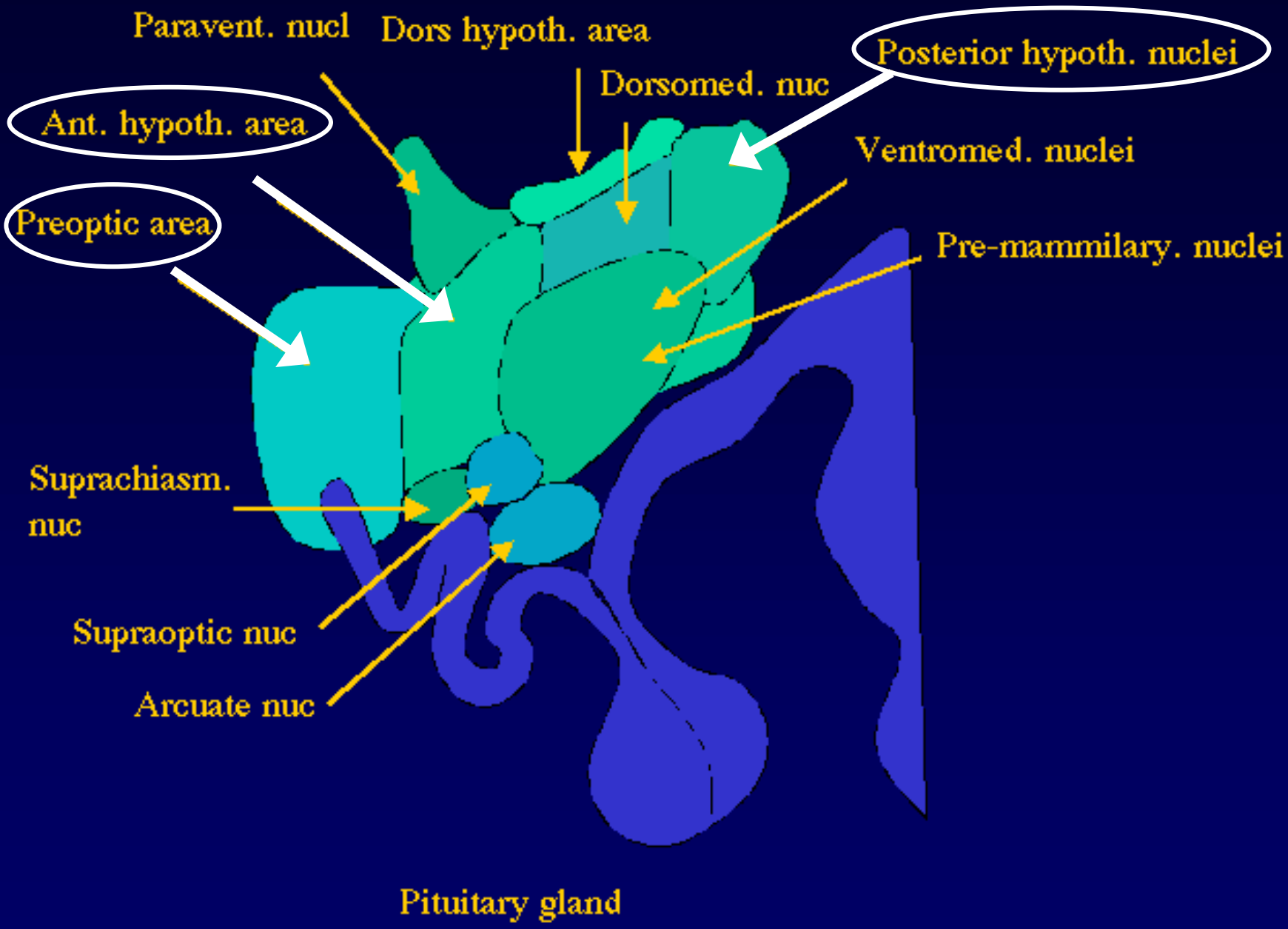


Área Pré Óptica do Hipotálamo anterior

Formação Reticular do Tronco Cerebral

Termorreceptores Cutâneos e Internos

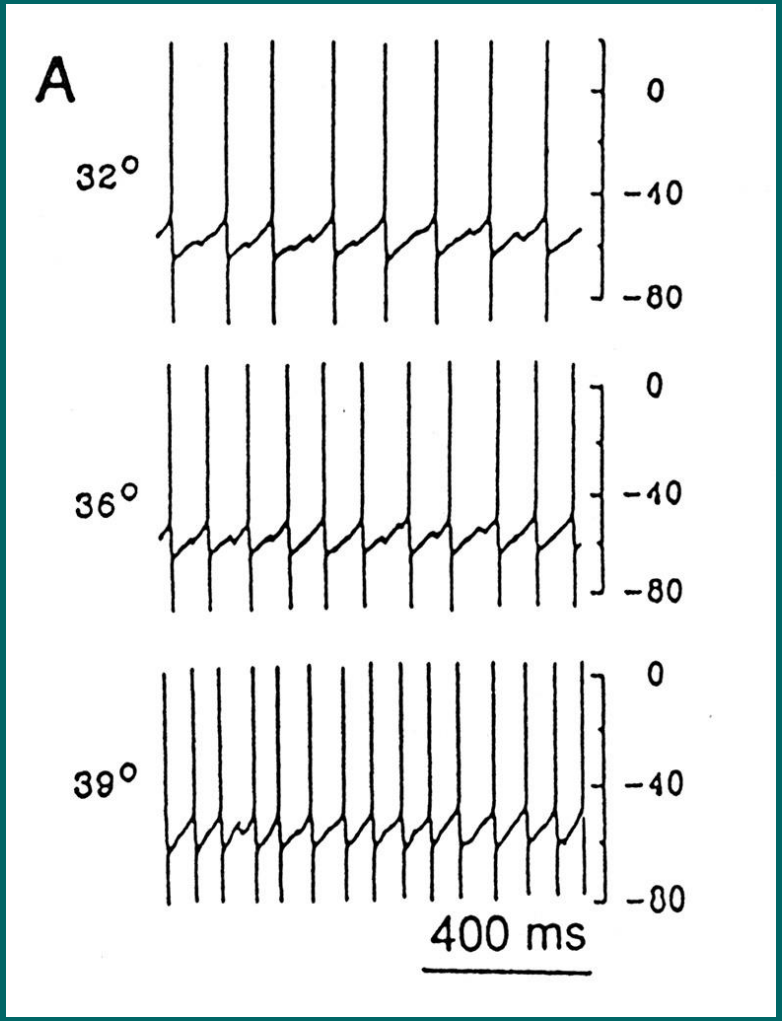
The Hypothalamus



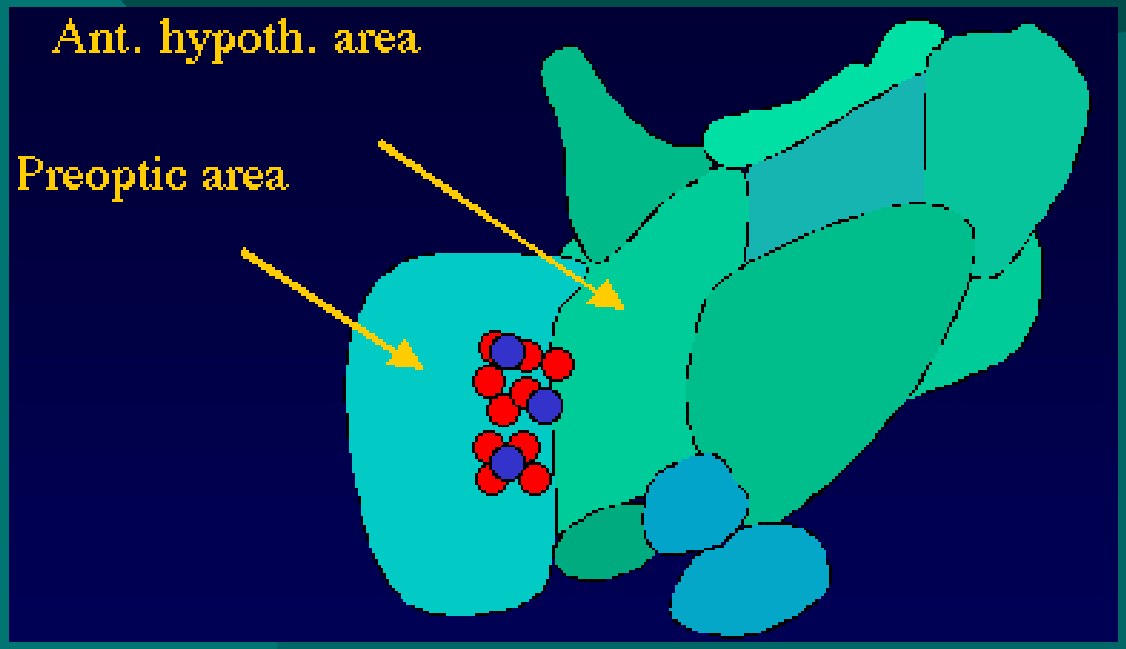
Processamento central do controle da Tc

HIPOTÁLAMO

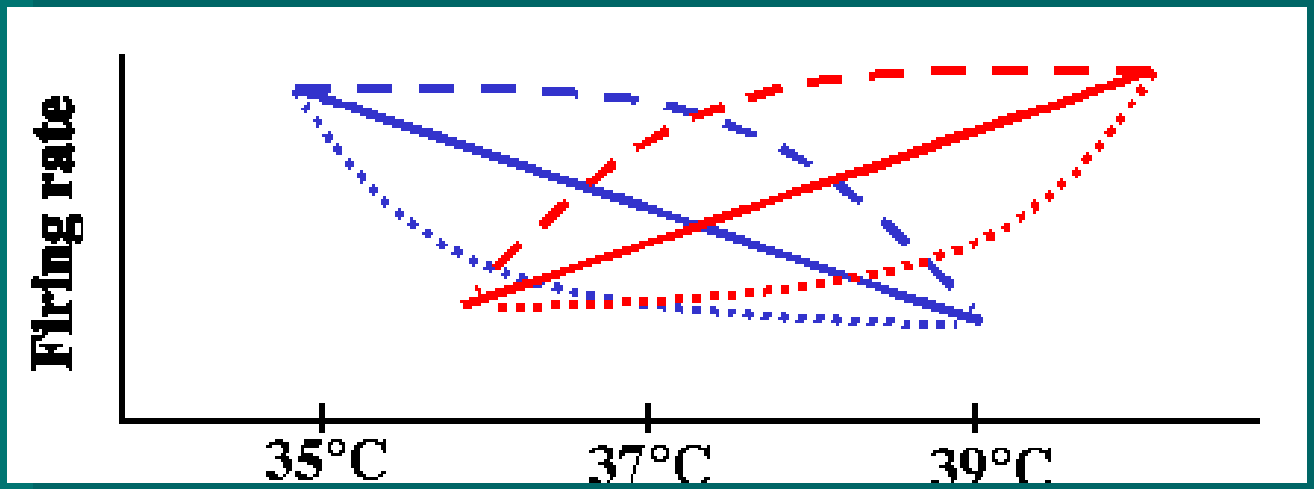
NEURÔNIOS SENSÍVEIS À TEMPERATURA



Neurônios Hipotalâmicos



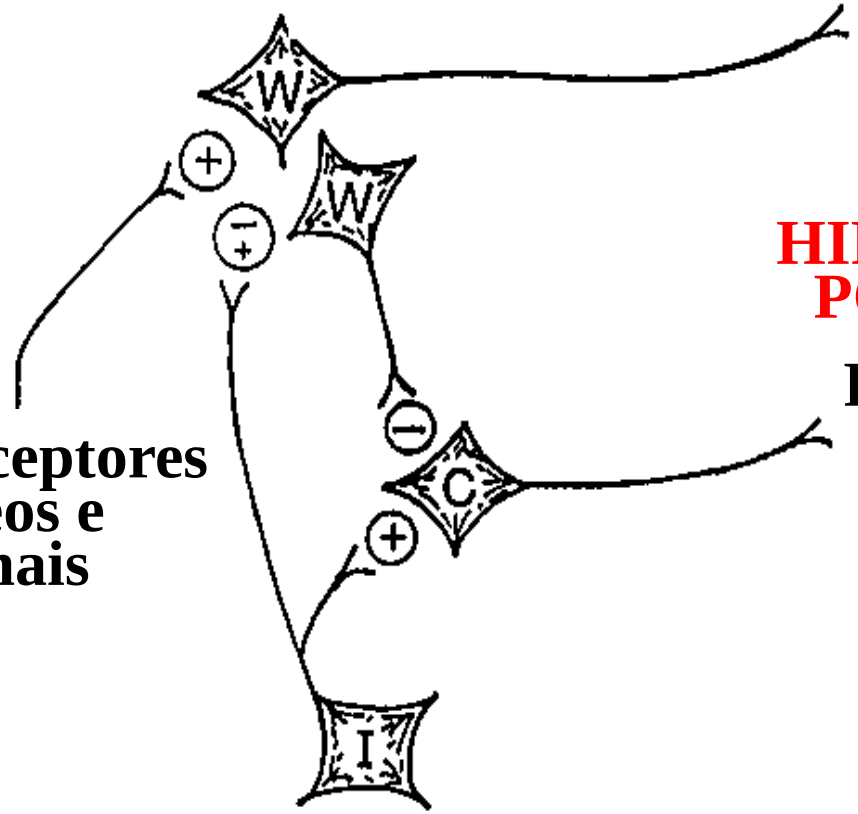
30% sensíveis ao calor
10% sensíveis ao frio
60% insensíveis



HIPOTÁLAMO ANTERIOR

POA

Respostas de perda de calor



HIPOTÁLAMO POSTERIOR

Respostas de produção e retenção de calor

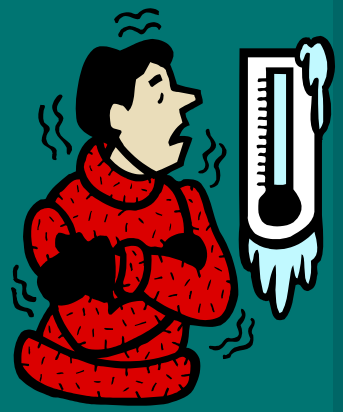
Termorreceptores cutâneos e espinhais

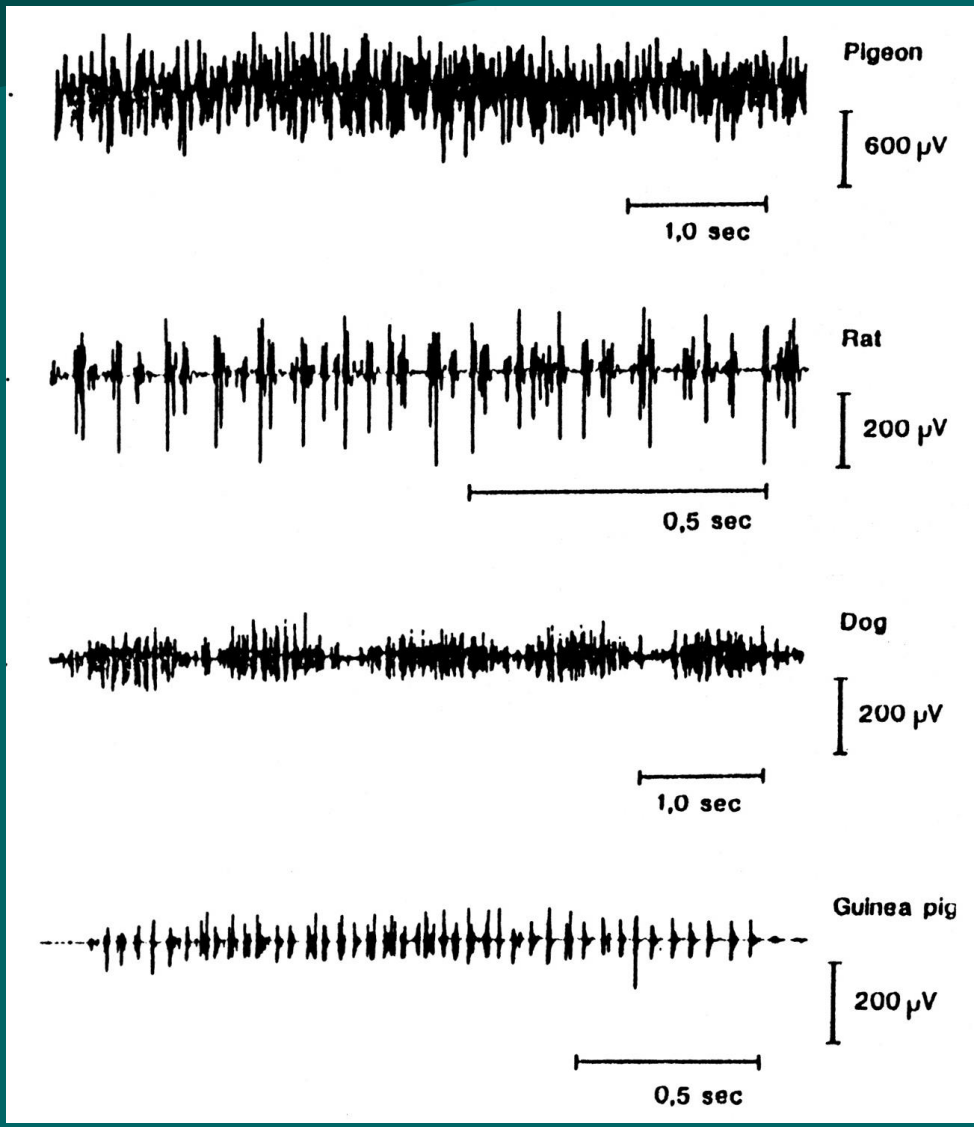
Mecanismos de Produção de Calor

TREMOR

- Exposição ao frio
- Localização
- Controle Nervoso

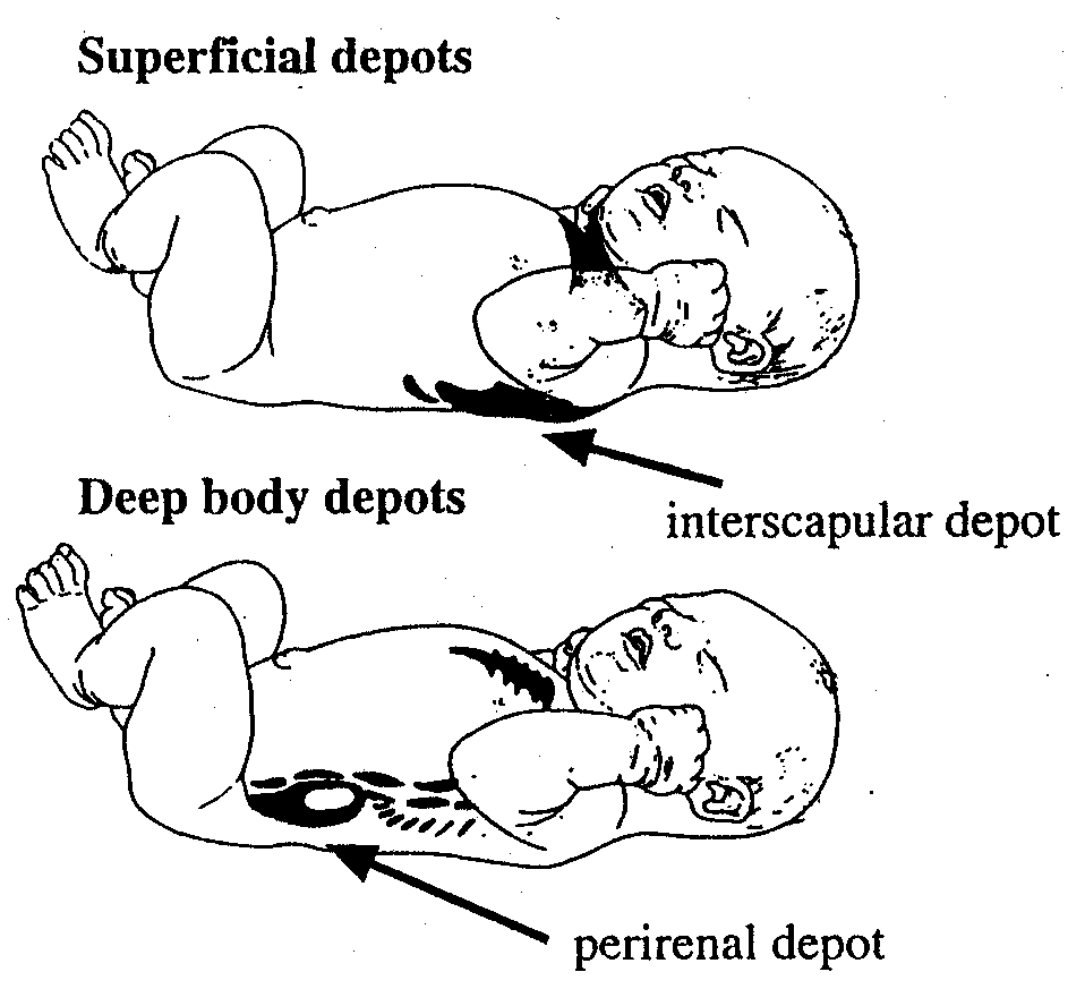
(sitema nervoso simpático)





Mecanismos de Produção de Calor

TERMOGÊNESE SEM TREMOR: Tecido Adiposo Marrom




BROWN FAT

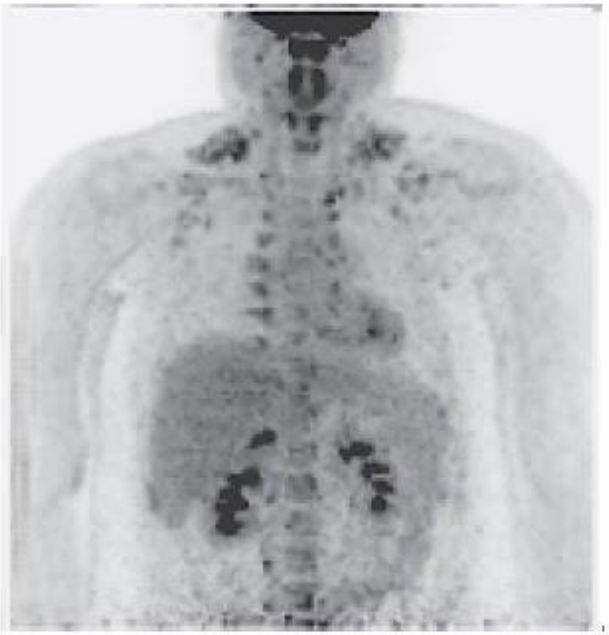
Brown Adipose Tissue Activity

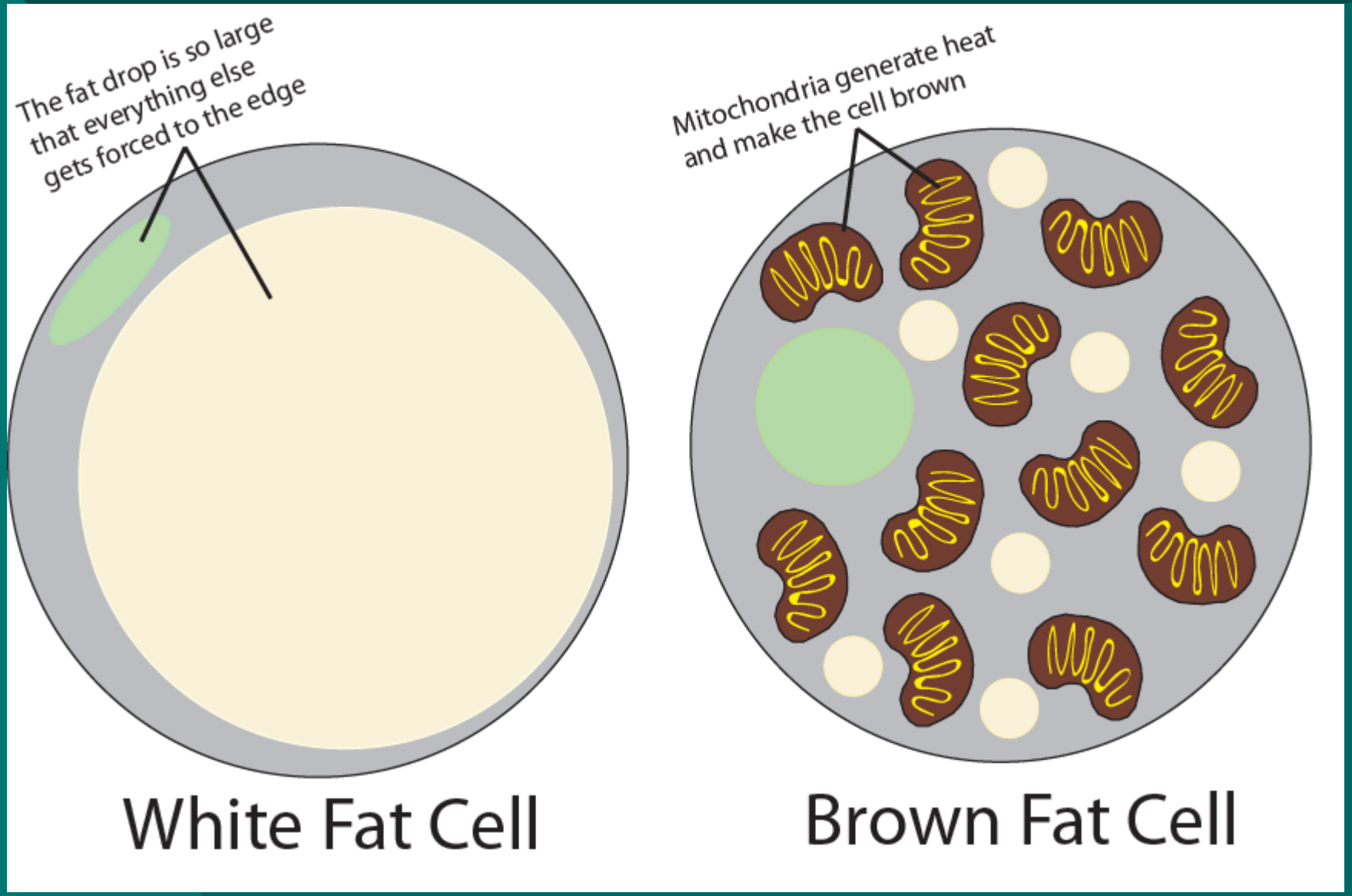
(PET-CT with ^{18}F-FDG)

Lean, Thermoneutral

Lean, Cold Exposure

Overweight, Cold Exposure




The fat drop is so large that everything else gets forced to the edge
Mitochondria generate heat and make the cell brown
White Fat Cell
Brown Fat Cell

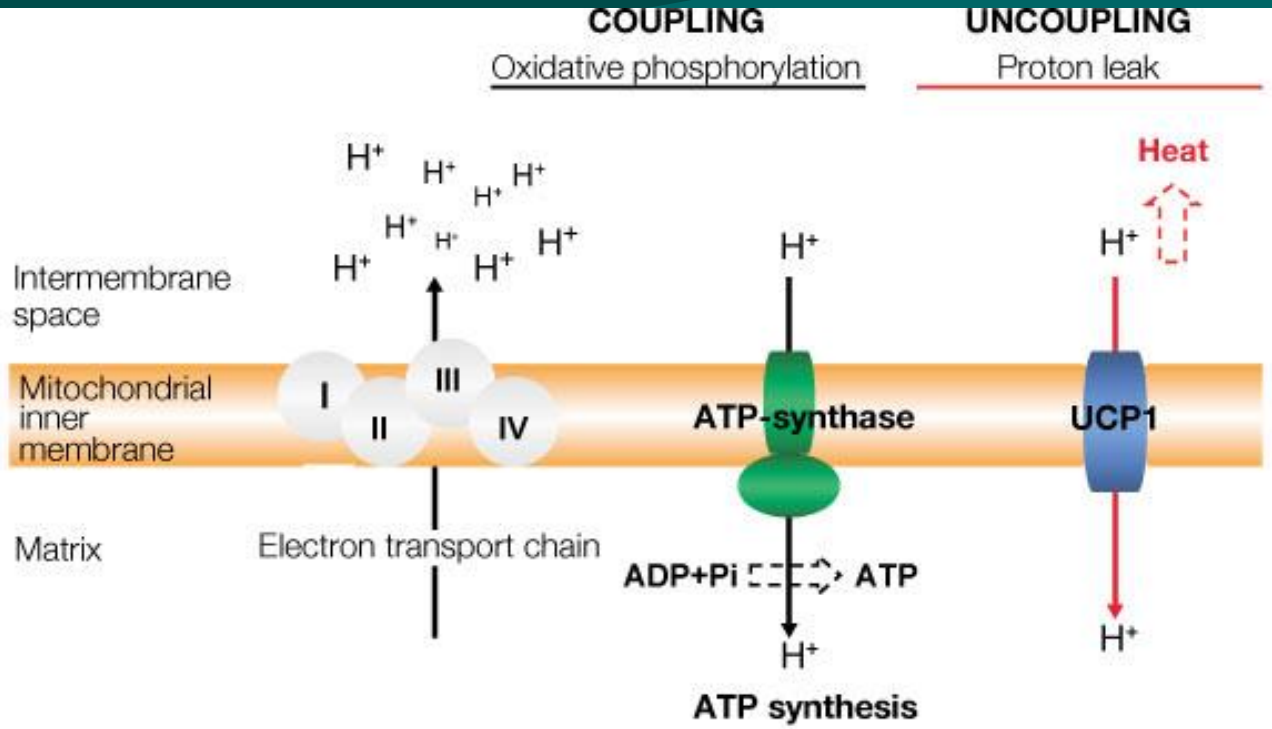


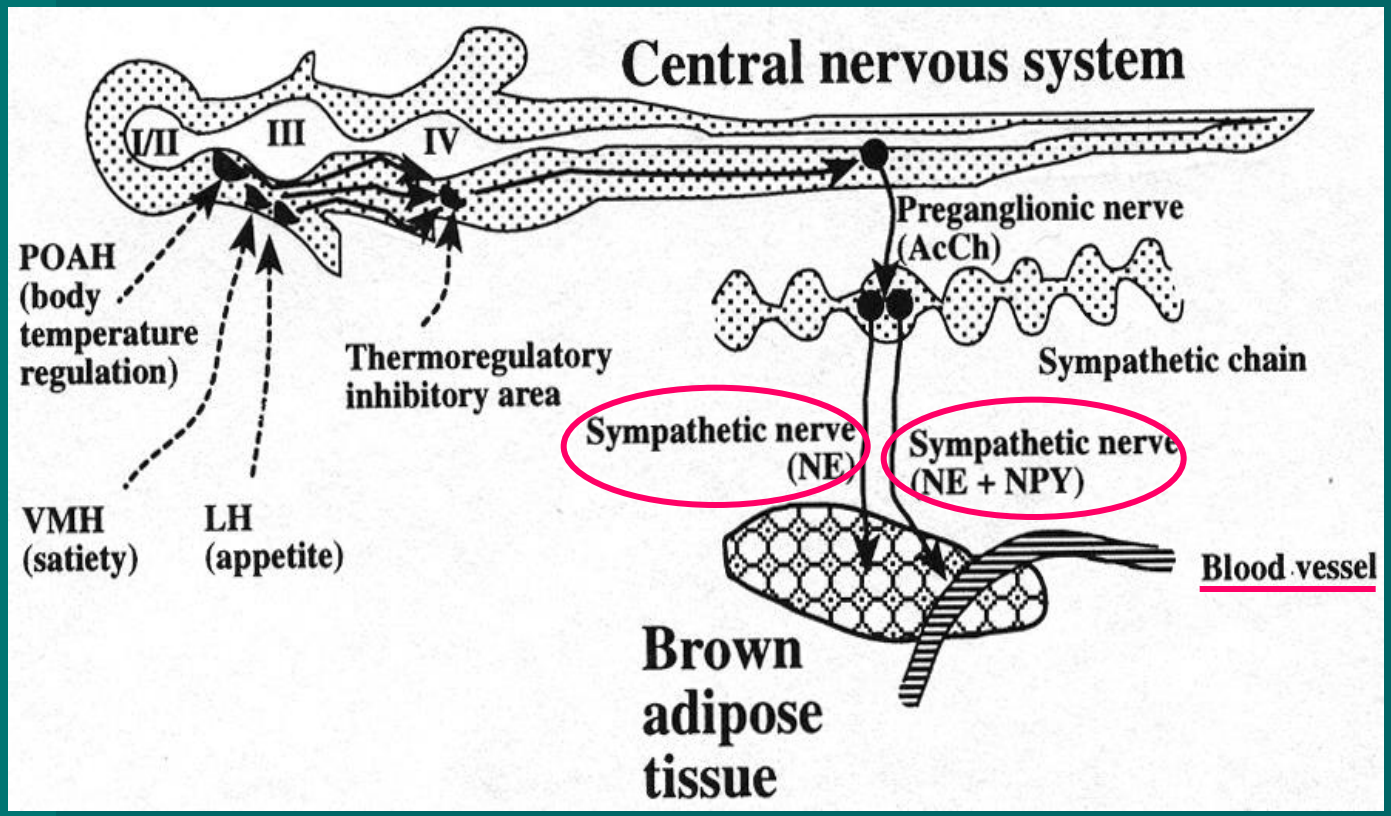
Figure 1. UCP1 location and function in the mitochondrial respiratory chain (MRC). Numbers I-IV corresponds to the MRC complexes. ATP-synthase is the fifth complex of the MRC. During respiration, protons are pumped through the MRC complexes, and a proton gradient is generated. The energy of the proton gradient drives the synthesis of ATP by the ATP-synthase complex. UCP1 catalyzes a regulated re-entry of protons into the matrix, uncoupling the MRC and, consequently, reducing ATP synthesis and generating heat.

Mecanismos de Produção de Calor

TERMOGÊNESE SEM TREMOR

Controle Nervoso: sitema nervoso simpático

Receptores adrenérgicos β_3



Mecanismos de Perda de Calor

Perda de Calor Evaporativa

- $T_{AMB} > T_C$
- Pele (ex: sudorese)
- Trato respiratório superior

(ex: ofegação)

Perda de Calor Não-Evaporativa

- Condução
- Convecção
- Radiação
- Importância do fluxo sanguíneo cutâneo

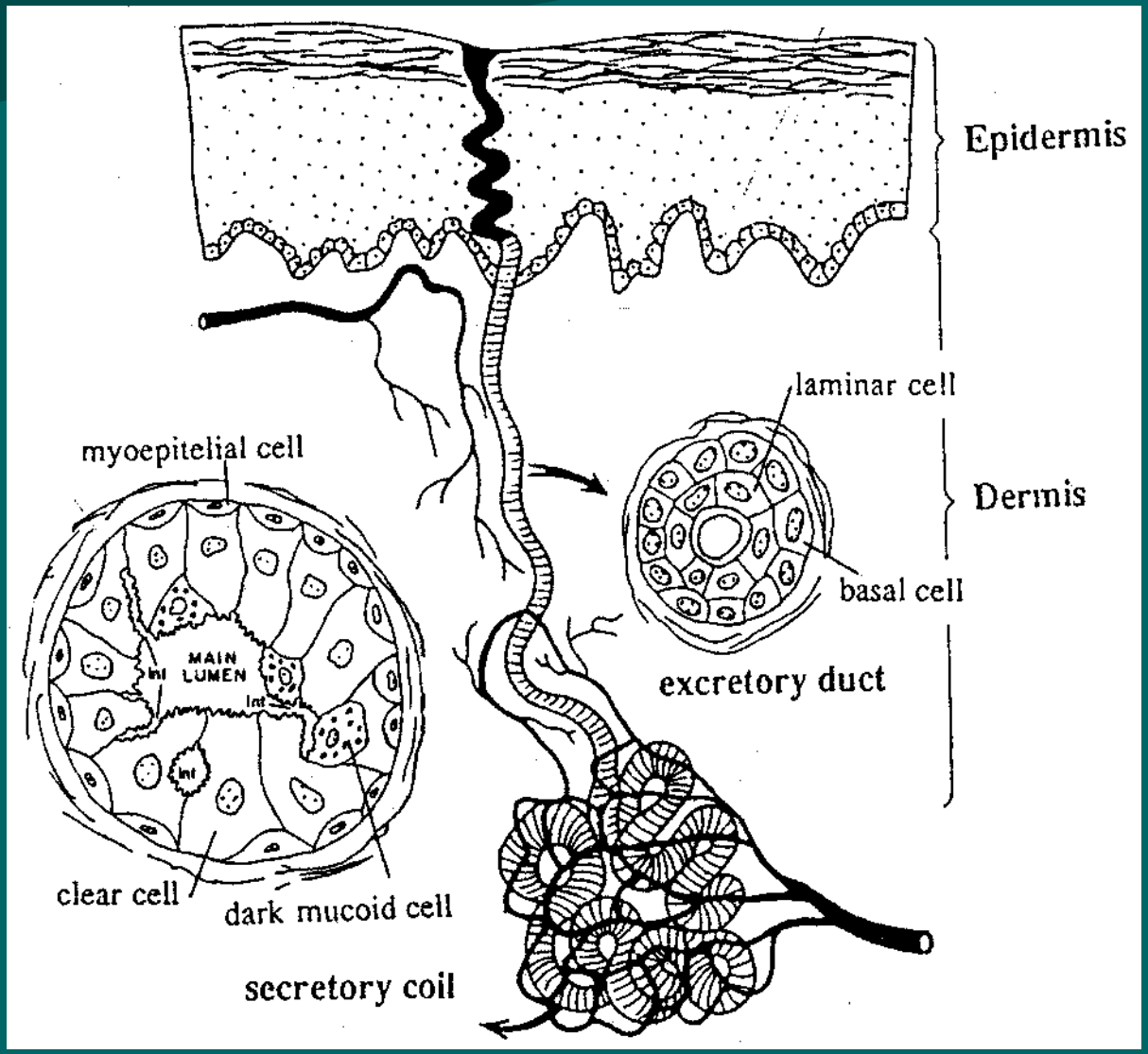
Condução

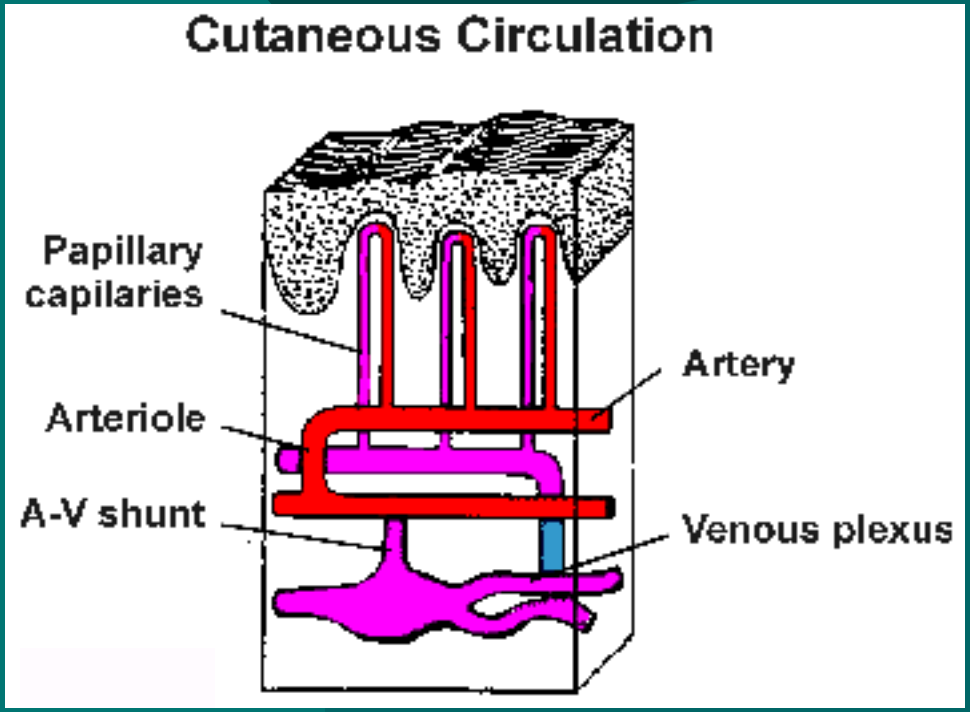
Convecção

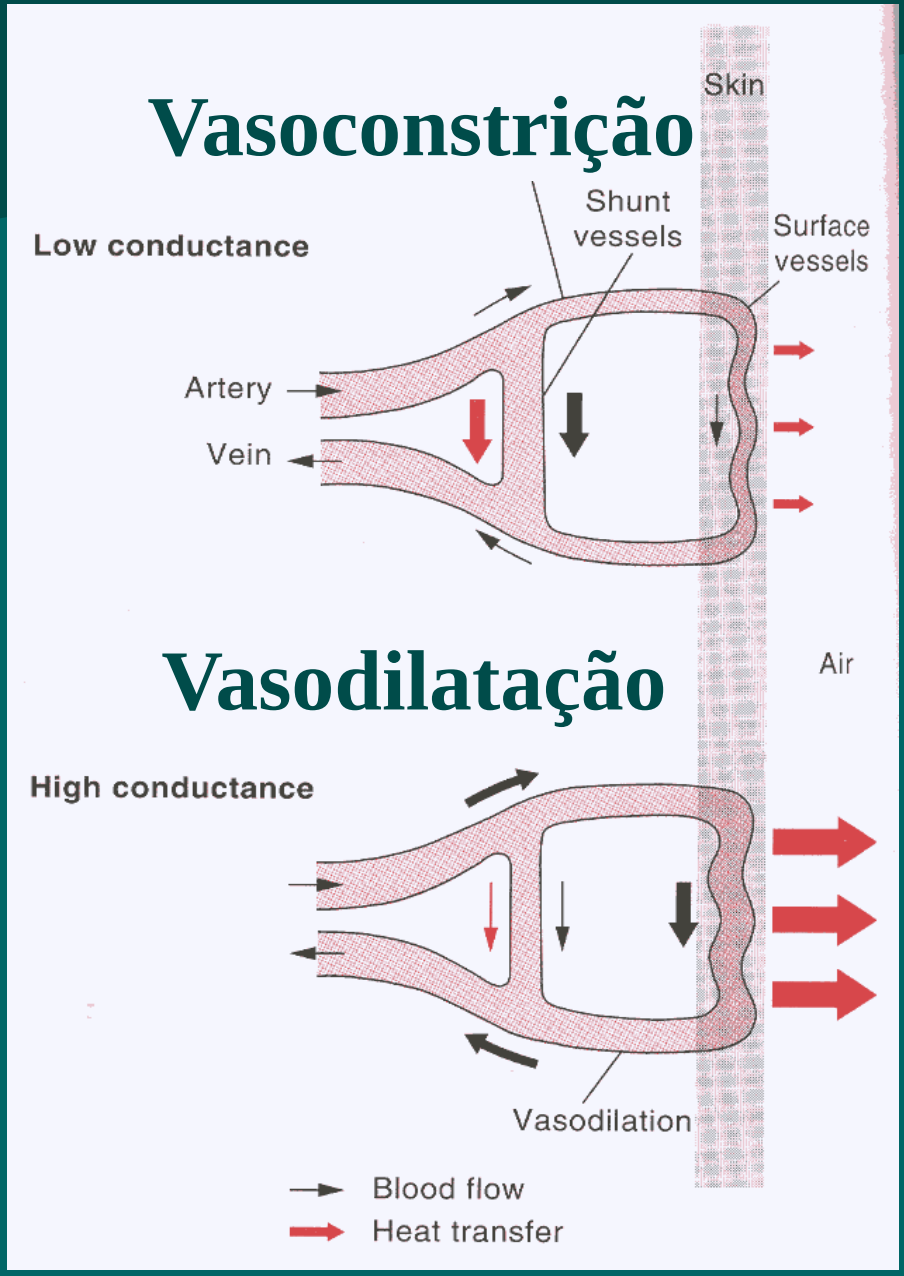
Evaporação

Glândula Sudorípara

Controle nervoso: simpático – colinérgico



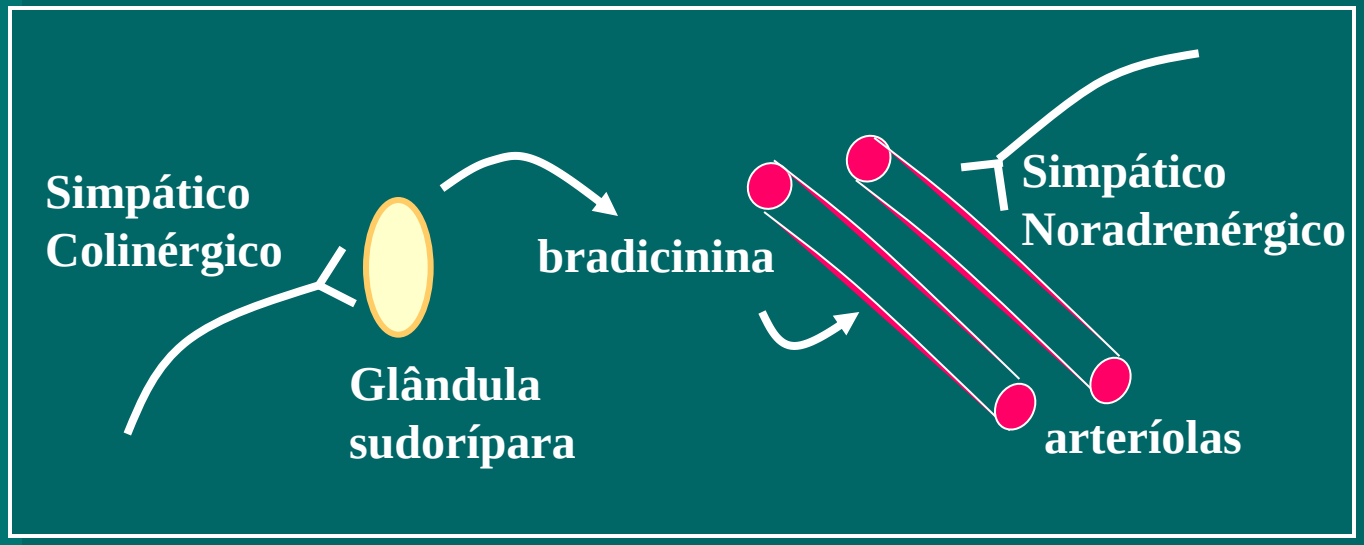

Cutaneous Circulation
Papillary capilaries
Arteriole
A-V shunt
Artery
Venous plexus


Vasoconstrição
Skin
Low conductance
Shunt vessels
Surface vessels
Artery
Vein
Vasodilatação
Air
High conductance
Vasodilation
Blood flow
Heat transfer

Fluxo Sanguíneo Cutâneo

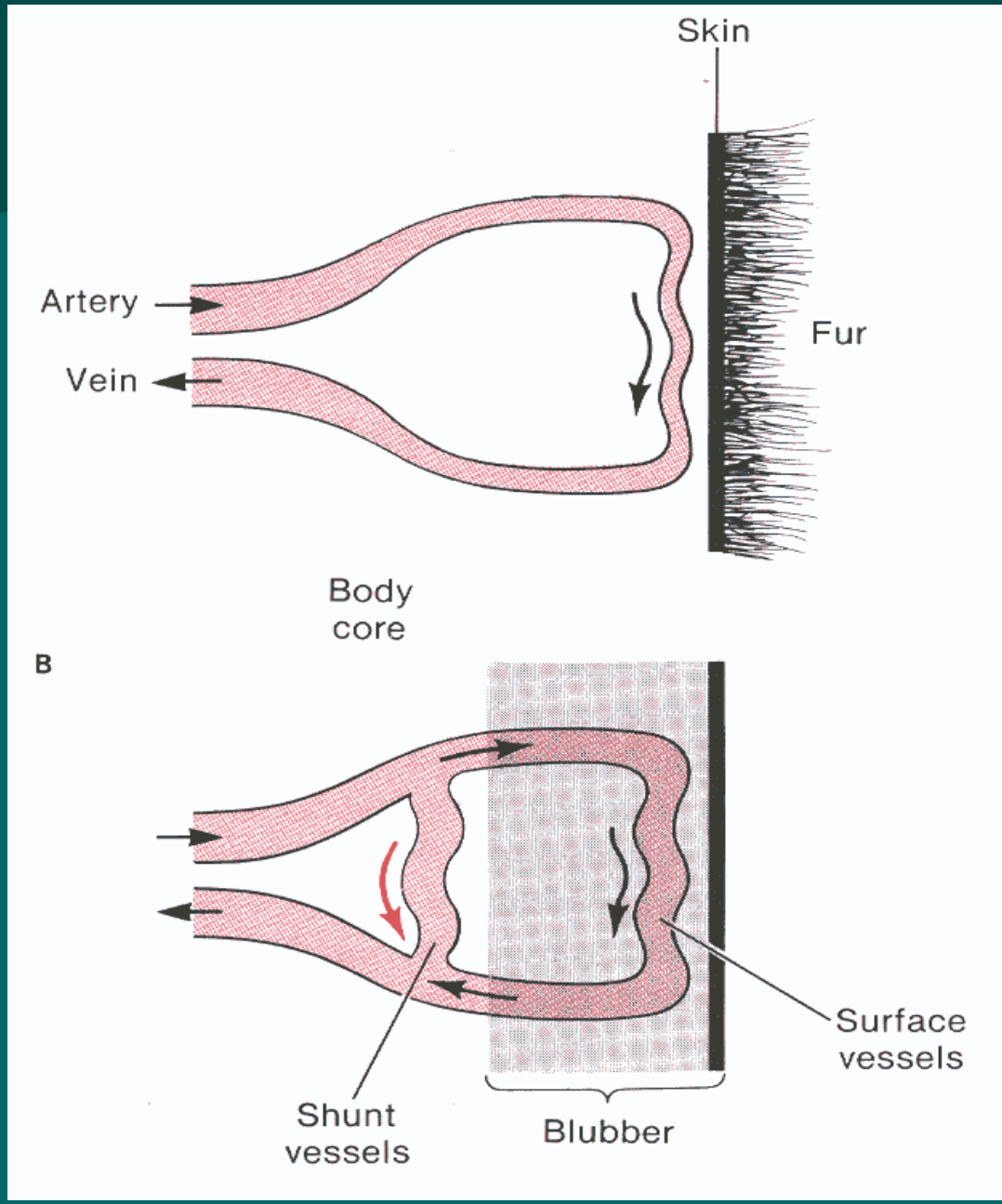
Controle Neural

- Epinefrina e Norepinefrina: vasoconstrição
- Influência das glândulas sudoríparas (simpático colinérgico)



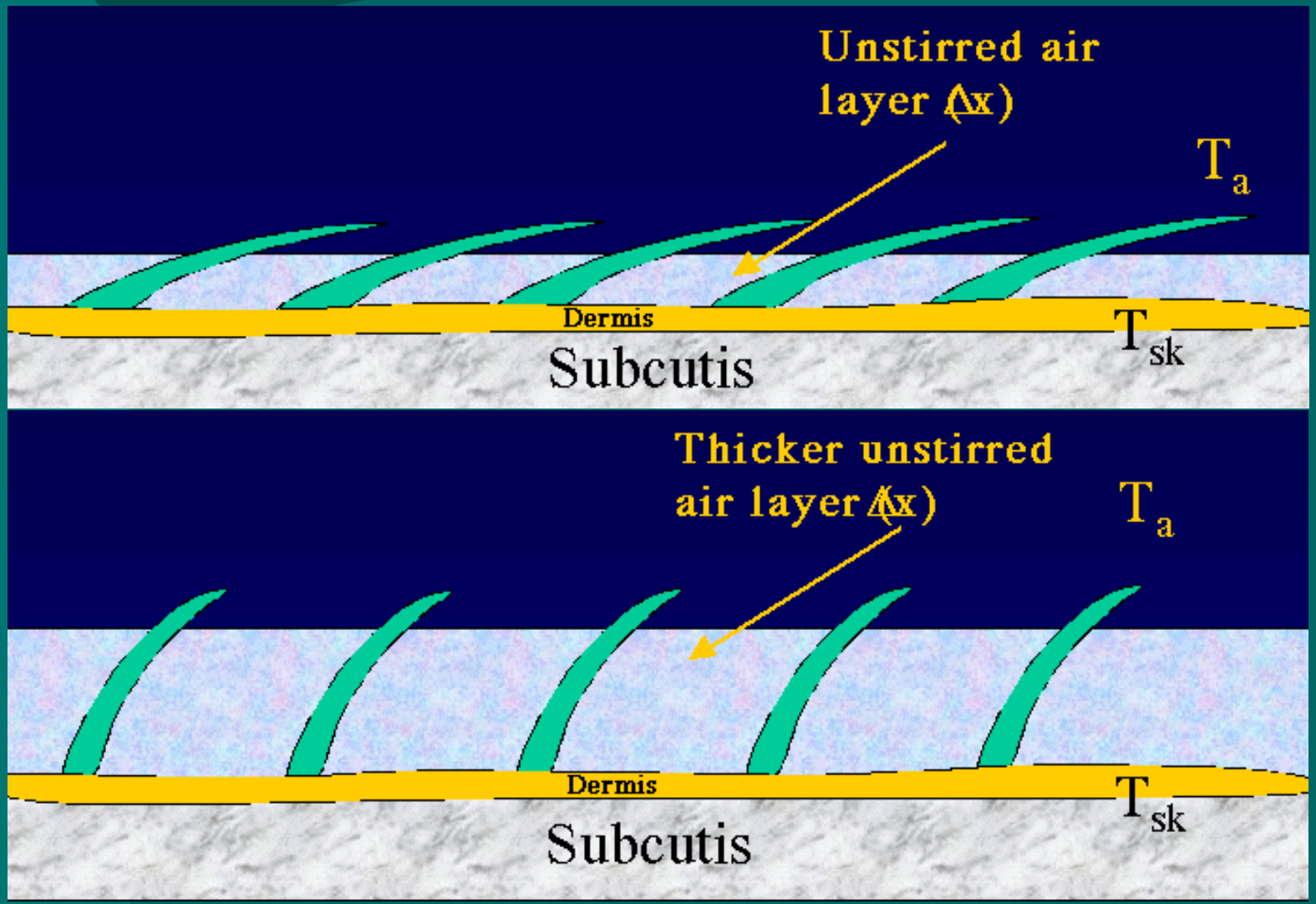
Pêlos

Camada de gordura

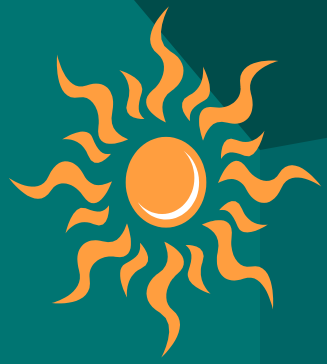


Mecanismos de Conservação de Calor

PILOEREÇÃO



Produção x perda de calor



Radiação Solar

Roupa

Convecção
fluxo sanguíneo

Condução

Temperatura Ambiente

Convecção

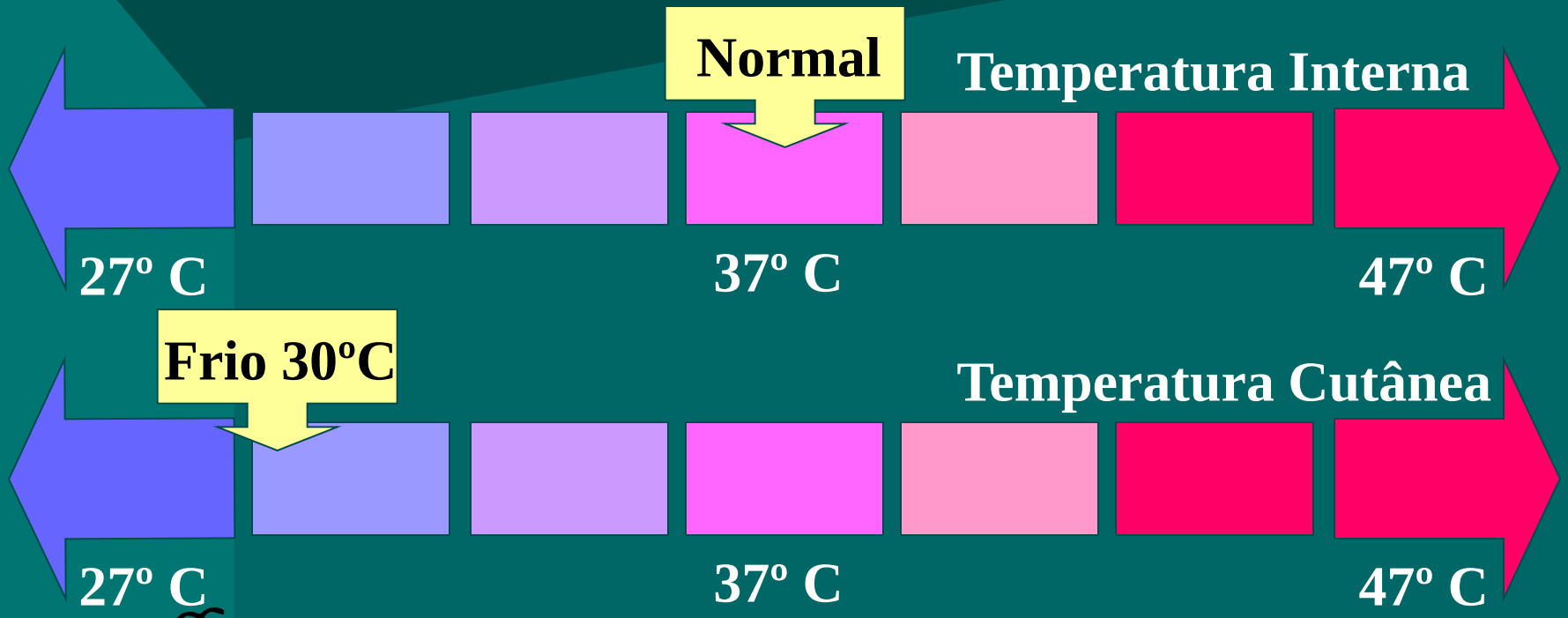
Umidade do Ar

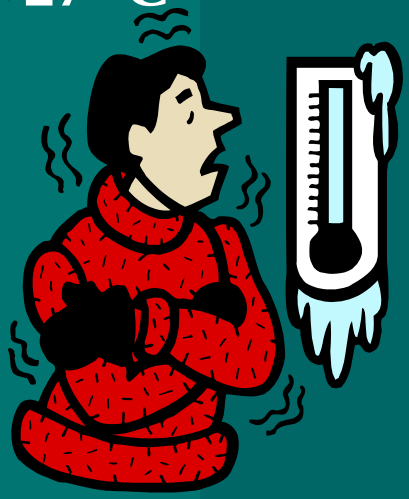
metabolismo

Radiação Solar Reletida

Radiação Térmica Chão

Se a Temperatura Diminui:

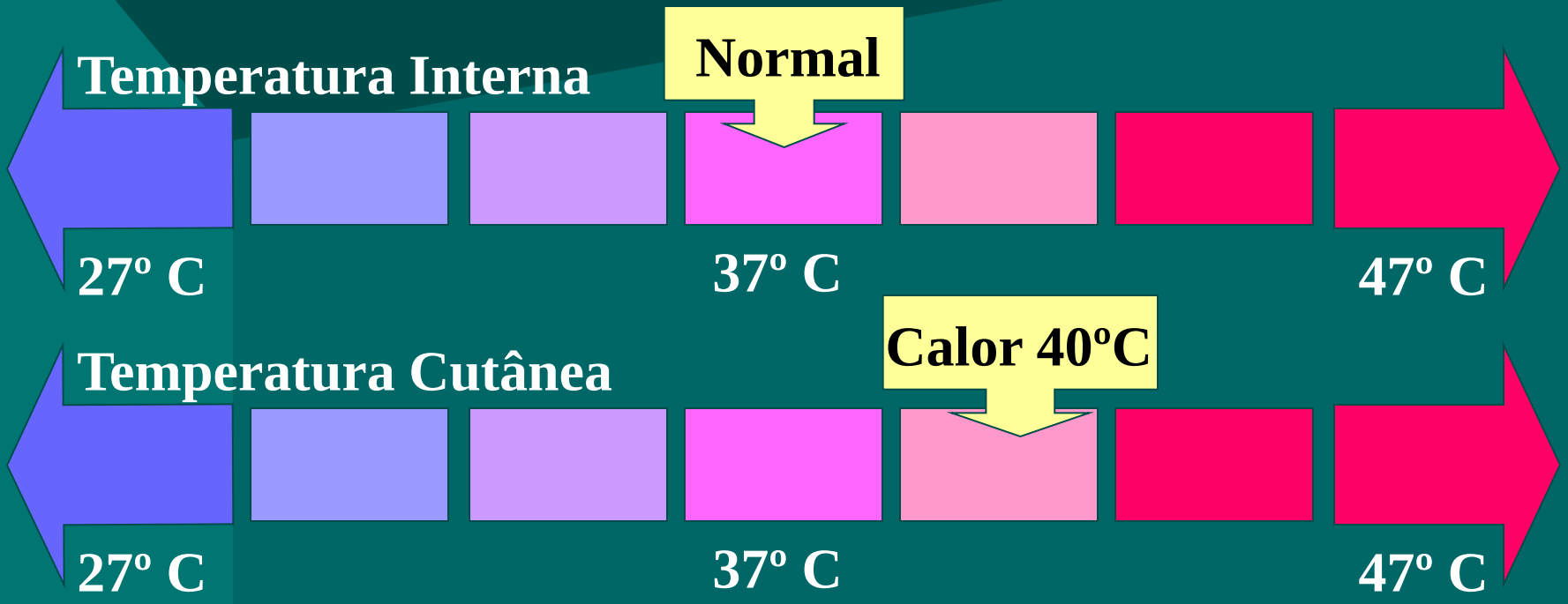


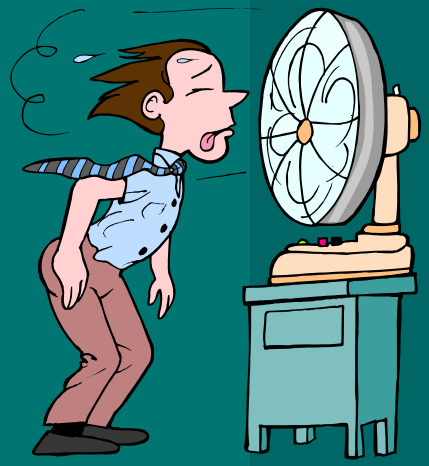


Então o corpo vai produzir/reter calor

1. **Tremor**
2. **↓ Circulação cutânea**
3. **Comportamento (colocar um agasalho)**
4. **Etc.**

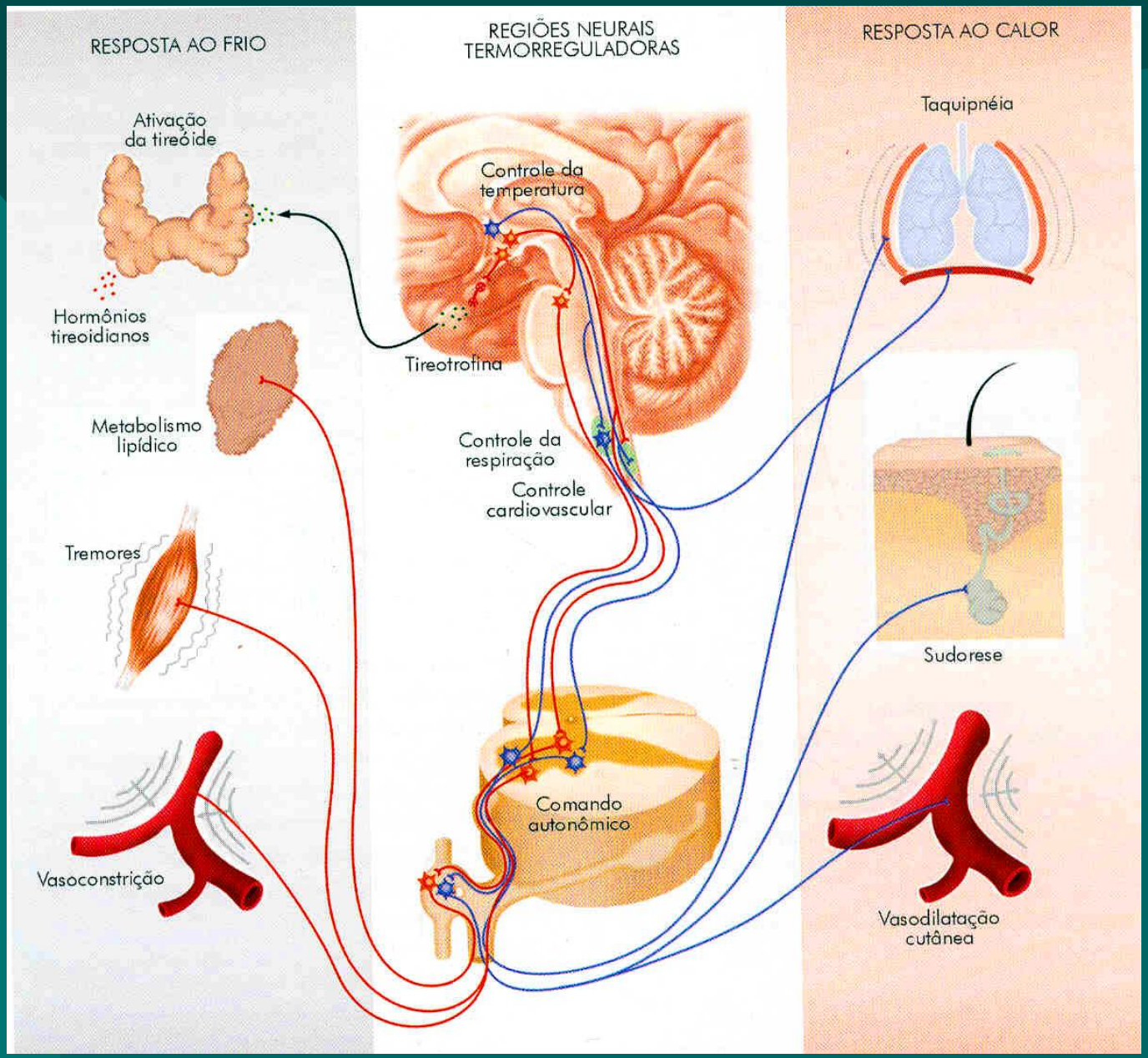
Se a Temperatura Aumenta:



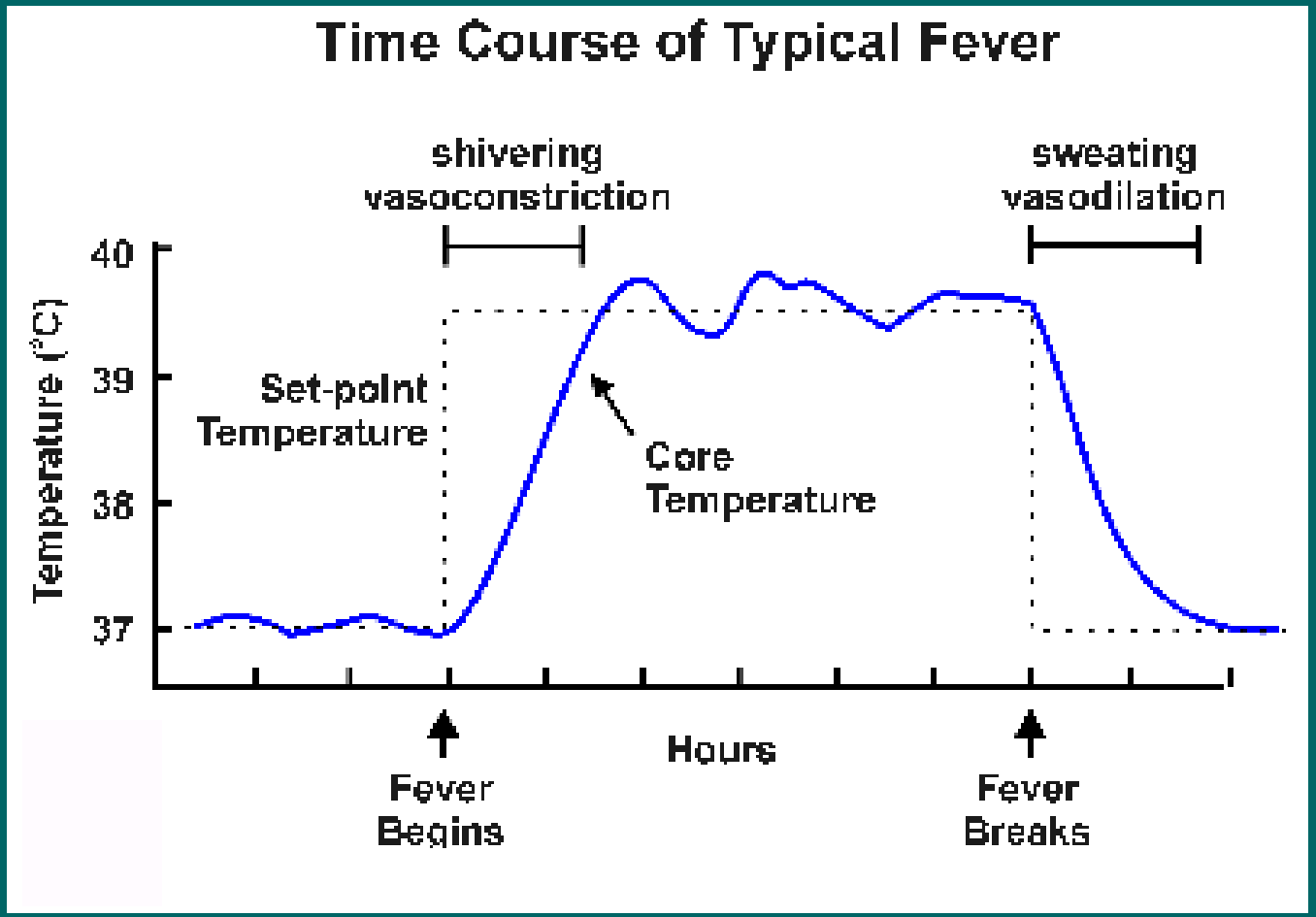


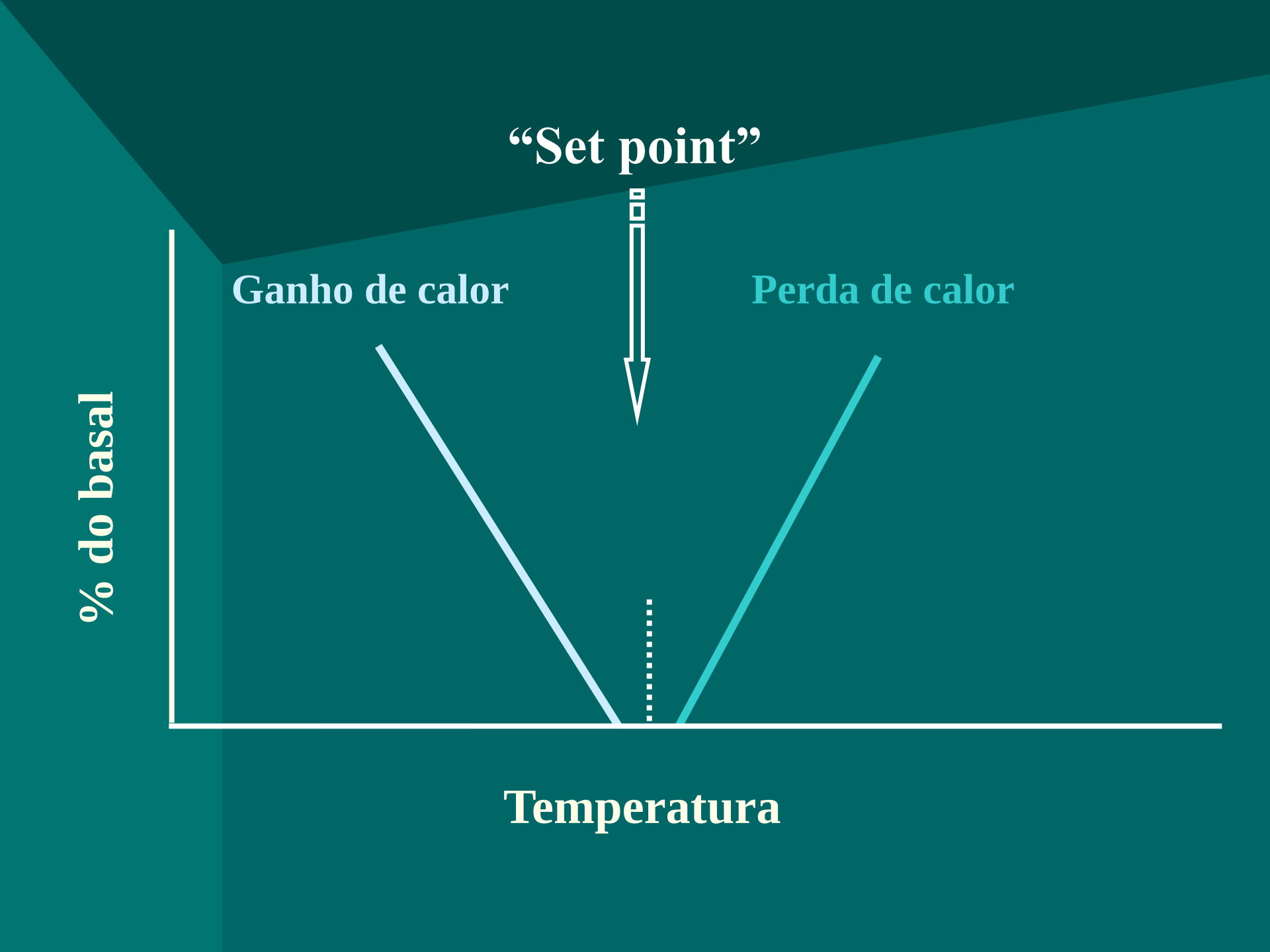
Então o corpo vai perder calor

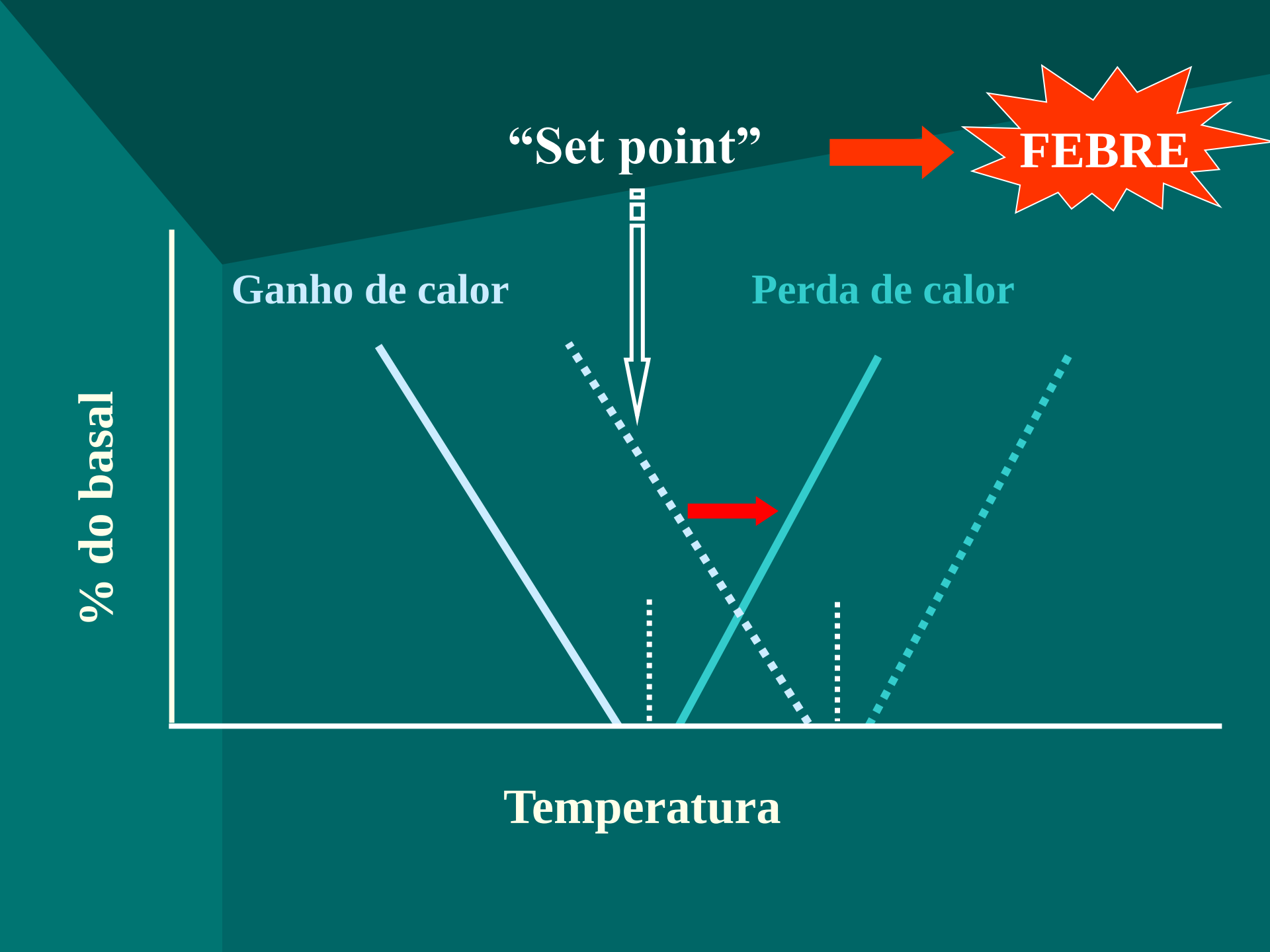
1. **Sudorese**
2. **↑ Circulação cutânea**
3. **Comportamento (ligar o ar condicionado)**
4. **Etc.**


RESPOSTA AO FRIO
REGIÕES NEURAIS TERMORREGULADORAS
RESPOSTA AO CALOR
Ativação da tireóide
Hormônios tireoidianos
Metabolismo lipídico
Tremores
Vasoconstrição
Controle da temperatura
Tireotrofina
Controle da respiração
Controle cardiovascular
Comando autonômico
Taquipnéia
Sudorese
Vasodilatação cutânea

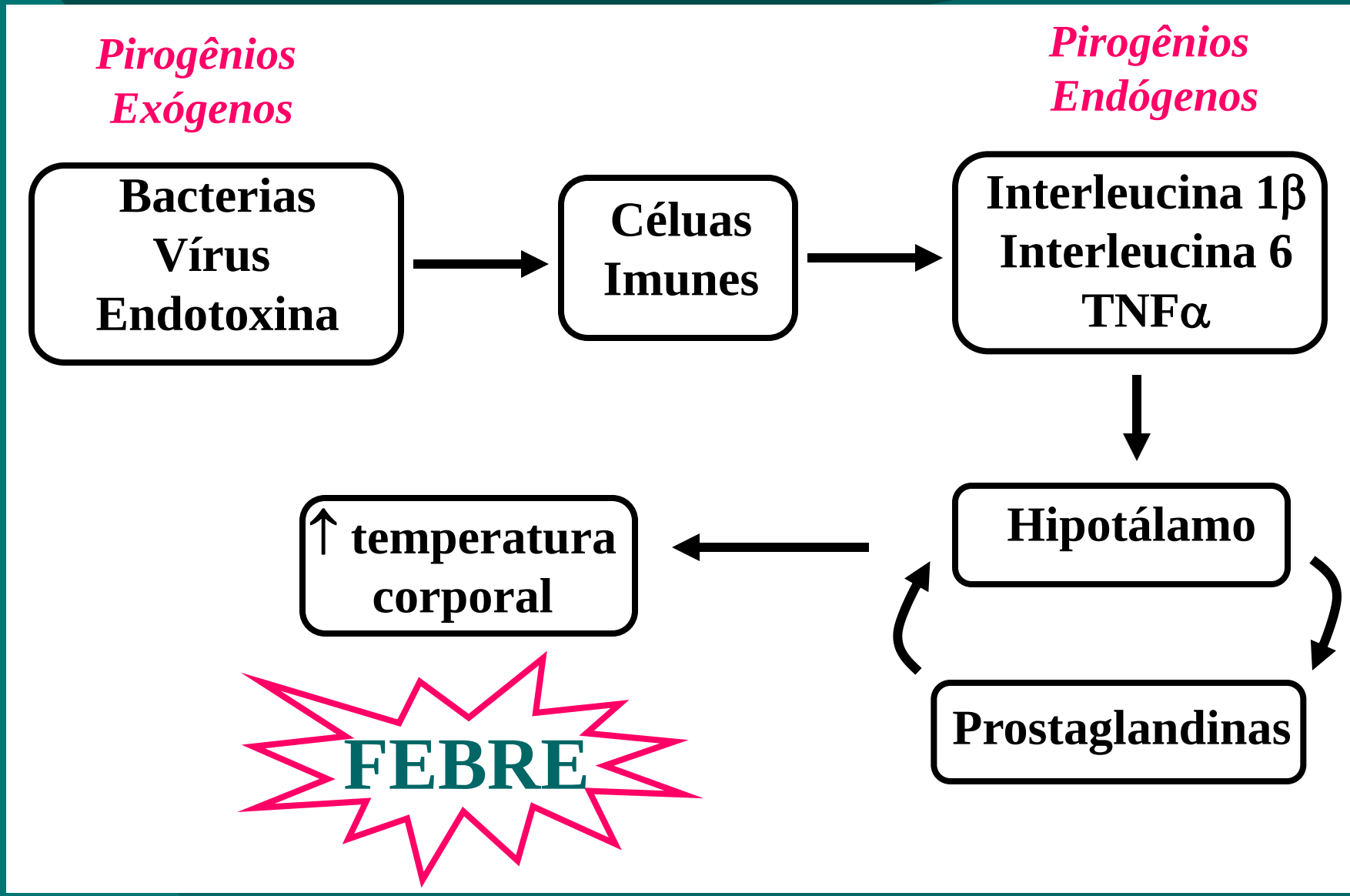
FEBRE


Time Course of Typical Fever
shivering
vasoconstriction
sweating
vasodilation
40
39
38
37
Temperature (°C)
Set-point
Temperature
Core
Temperature
Hours
Fever
Begins
Fever
Breaks

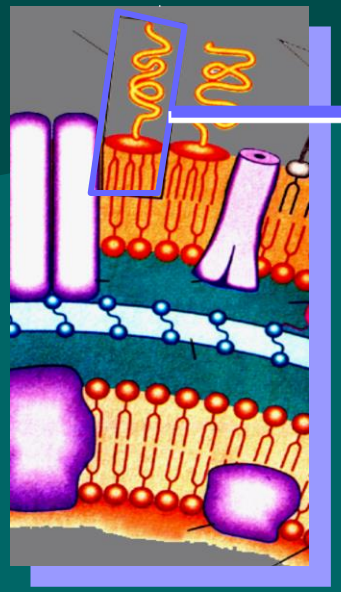

“Set point”
Ganho de calor
Perda de calor
% do basal
Temperatura

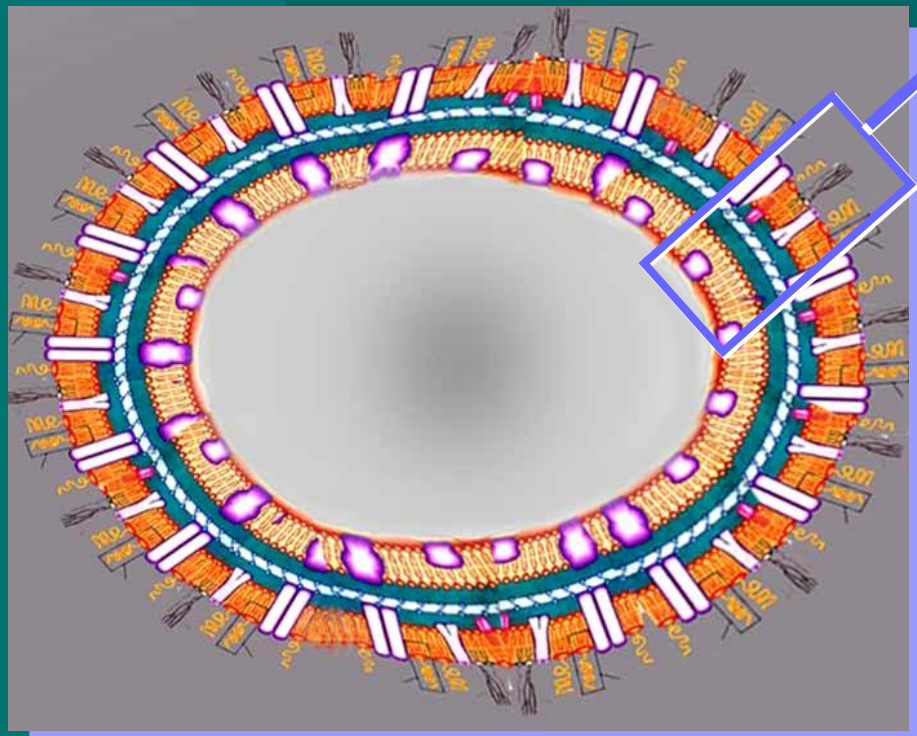

“Set point”
FEBRE
Ganho de calor
Perda de calor
% do basal
Temperatura

Pirogênios e Febre

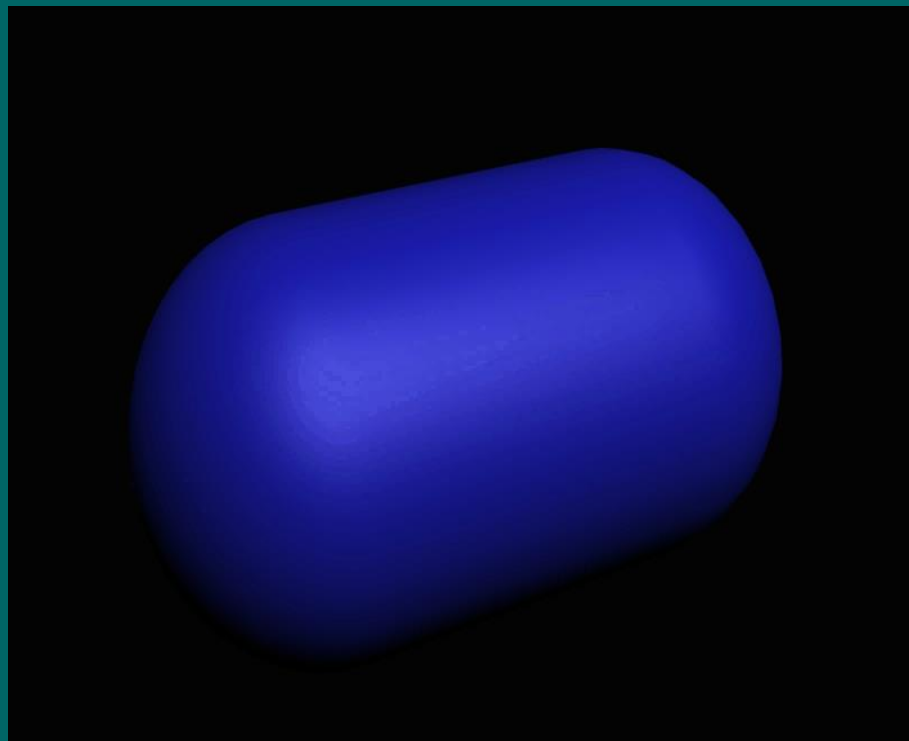


Gram-Negative Microorganism

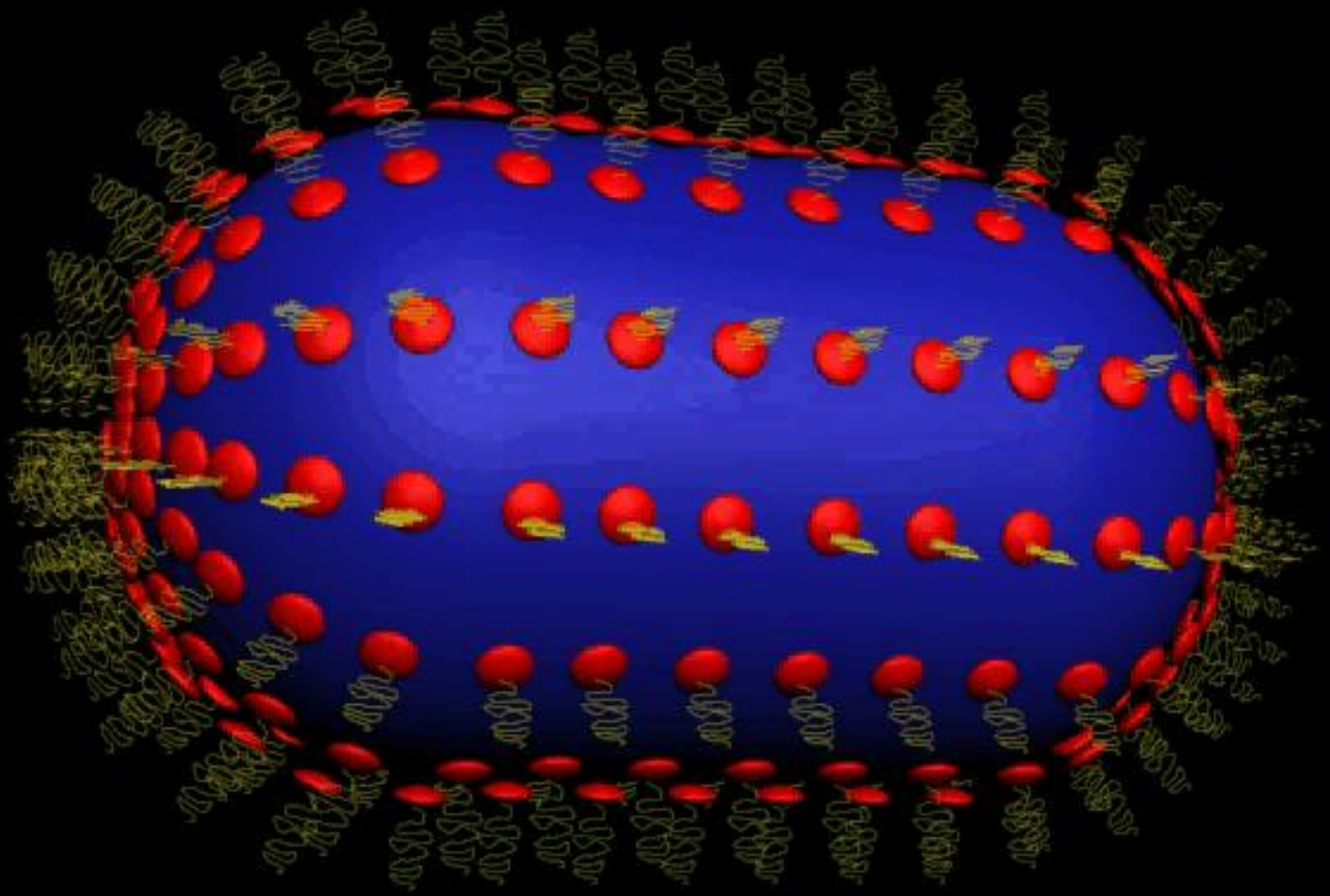




10^6 MOLECULES



Cell death or division



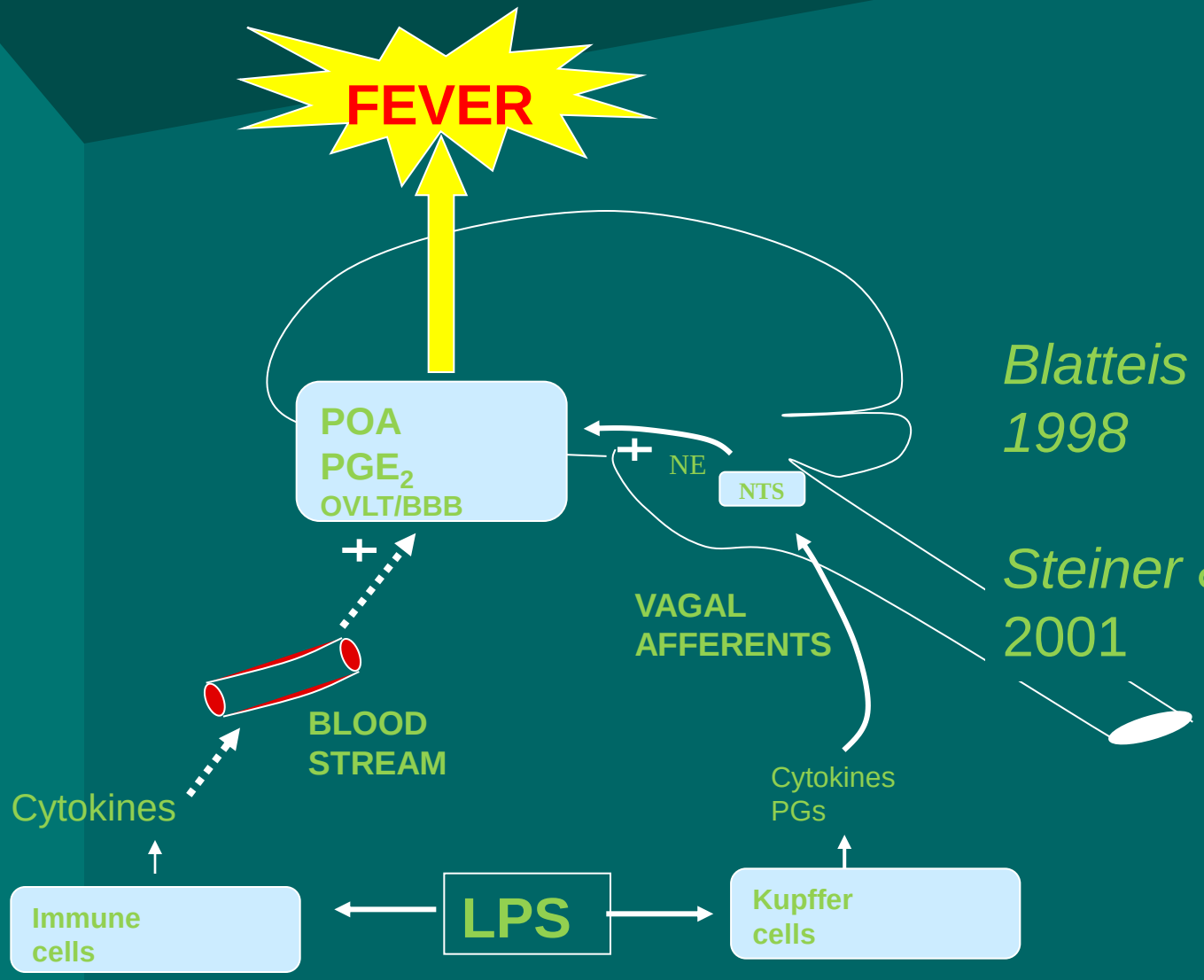
Endotoxin release

LPS in the blood

Cytokines release

RIETSCHEL & BRADE, 1992

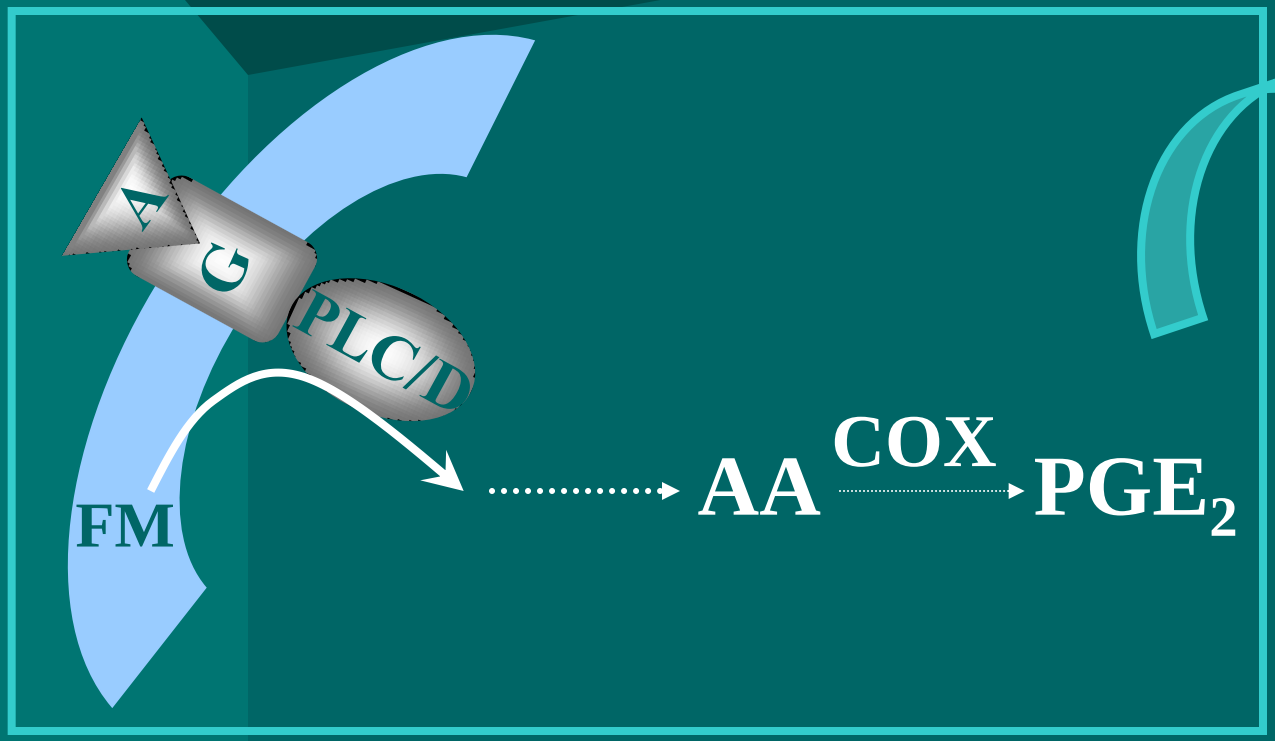
MECHANISMS: FEBRILE RESPONSE



Blatteis et al. 1998

Steiner & Branco, 2001

Prostaglandinas: mediadores finais da resposta febril



FM: fosfolípides de membrana
AA: ácido aracdônico
COX: ciclooxigenase

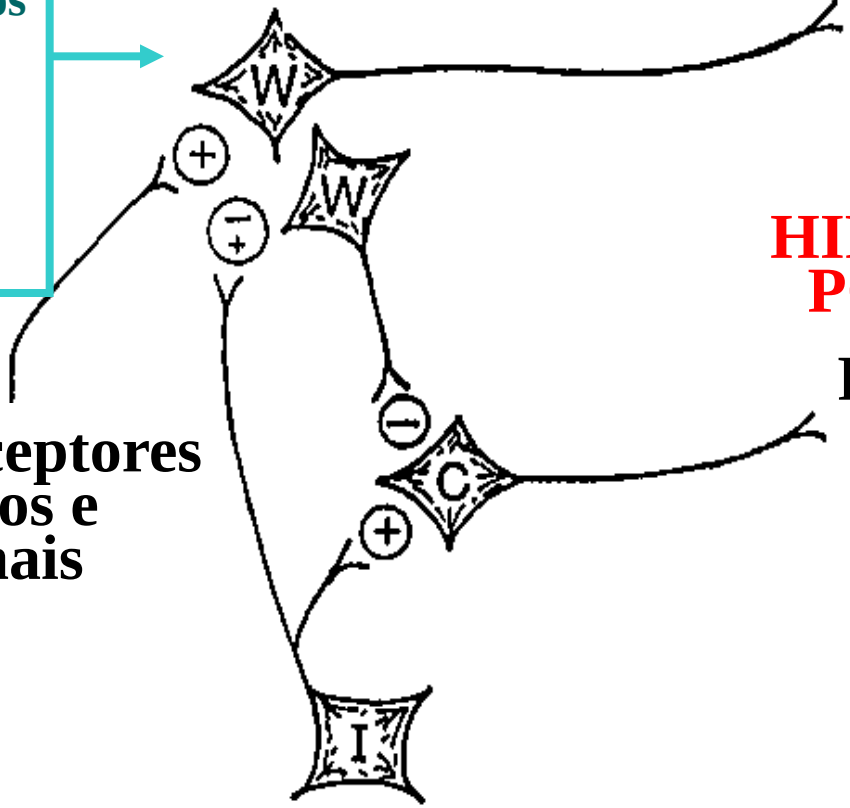
Núcleo Supraquiasmático (ritmo circadiano)

Pirogênios

Fatores Endógenos
- Osmolaridade
- Glicose
- Estrógeno
- Progesterona
- Testosterona

HIPOTÁLAMO ANTERIOR

Respostas de perda de calor



HIPOTÁLAMO POSTERIOR

Respostas de produção e retenção de calor

Termorreceptores cutâneos e espinhais

Medicamentos Antipiréticos

Inibidores da COX (↓ síntese de PGE_2)

Antiinflamatórios não esteroidais

- Salicilatos (AAS)
- Acetoaminofeno (paracetamol)
- Indometacina
- Etc.

Outros

- Dipirona

Socrative...