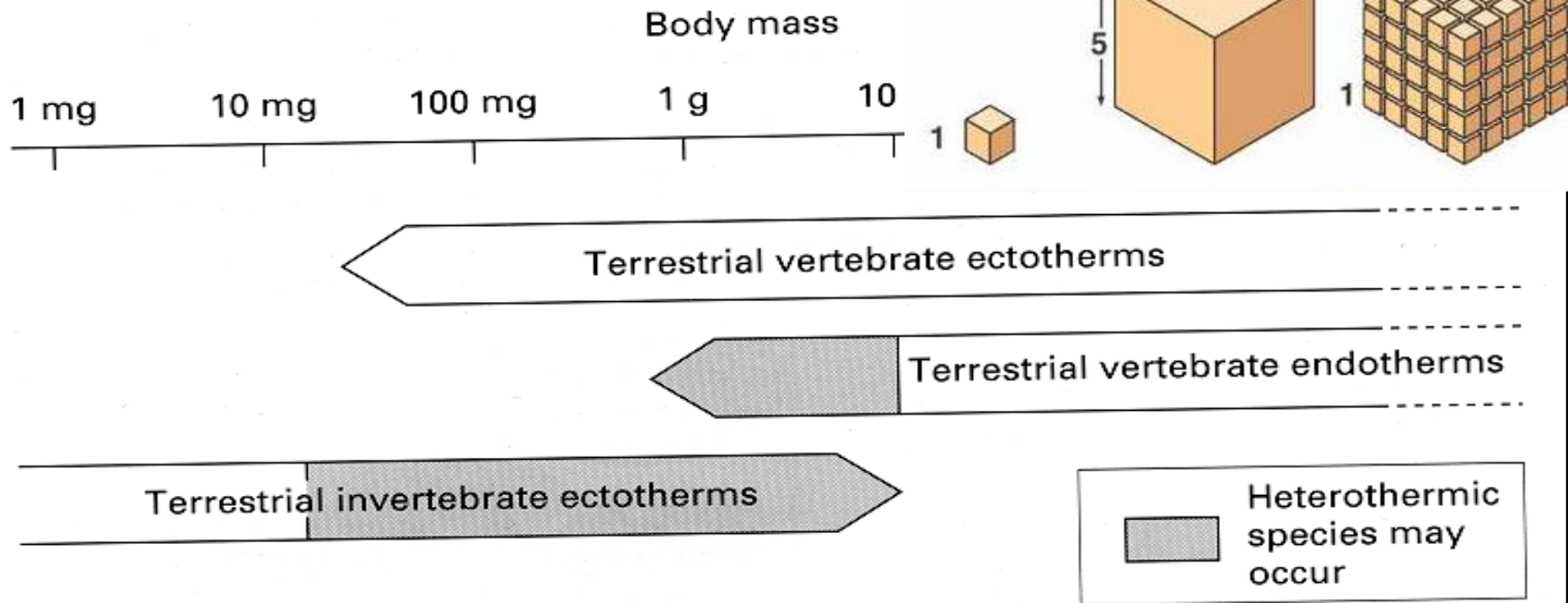


# Teplota a termální fyziologie

Teplota je zásadní faktor pro biochemické děje. Aktivační energie roste a reakce se zrychlují. Mění se aktivita enzymů a vlastnosti membrán.

Rozmezí teplot na Zemi je  $-80$  st.C. po teploty nad  $100$  st.C.

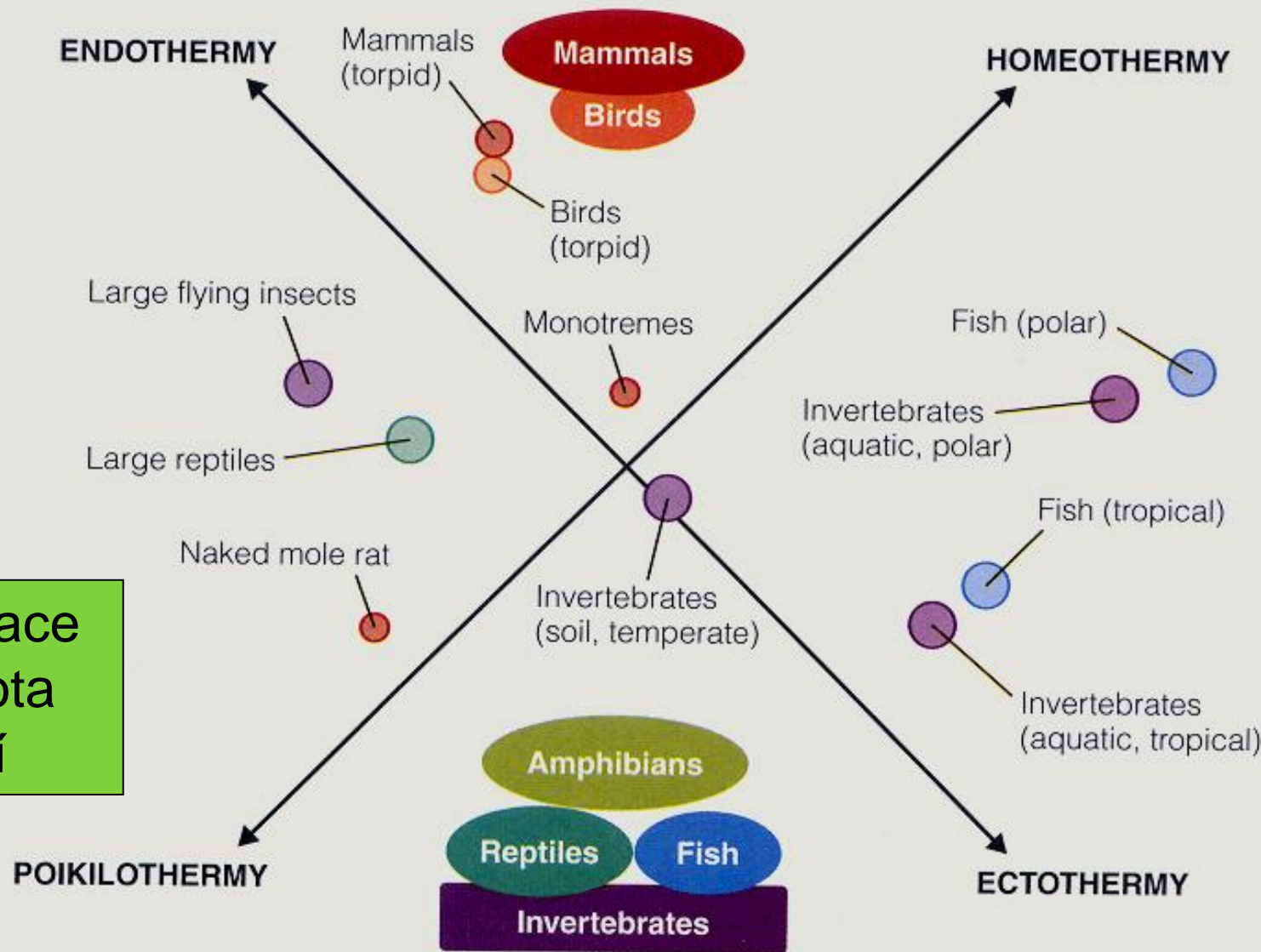
Podstatné je také časové kolísání teplot.



Termoregulace jako evoluční krok k volným nikám.  
Tkáně jsou neustále v optimální teplotě.

Jen velcí si mohou dovolit termoregulovat.

Behaviorální termoregulace je ale dostupná i malým.

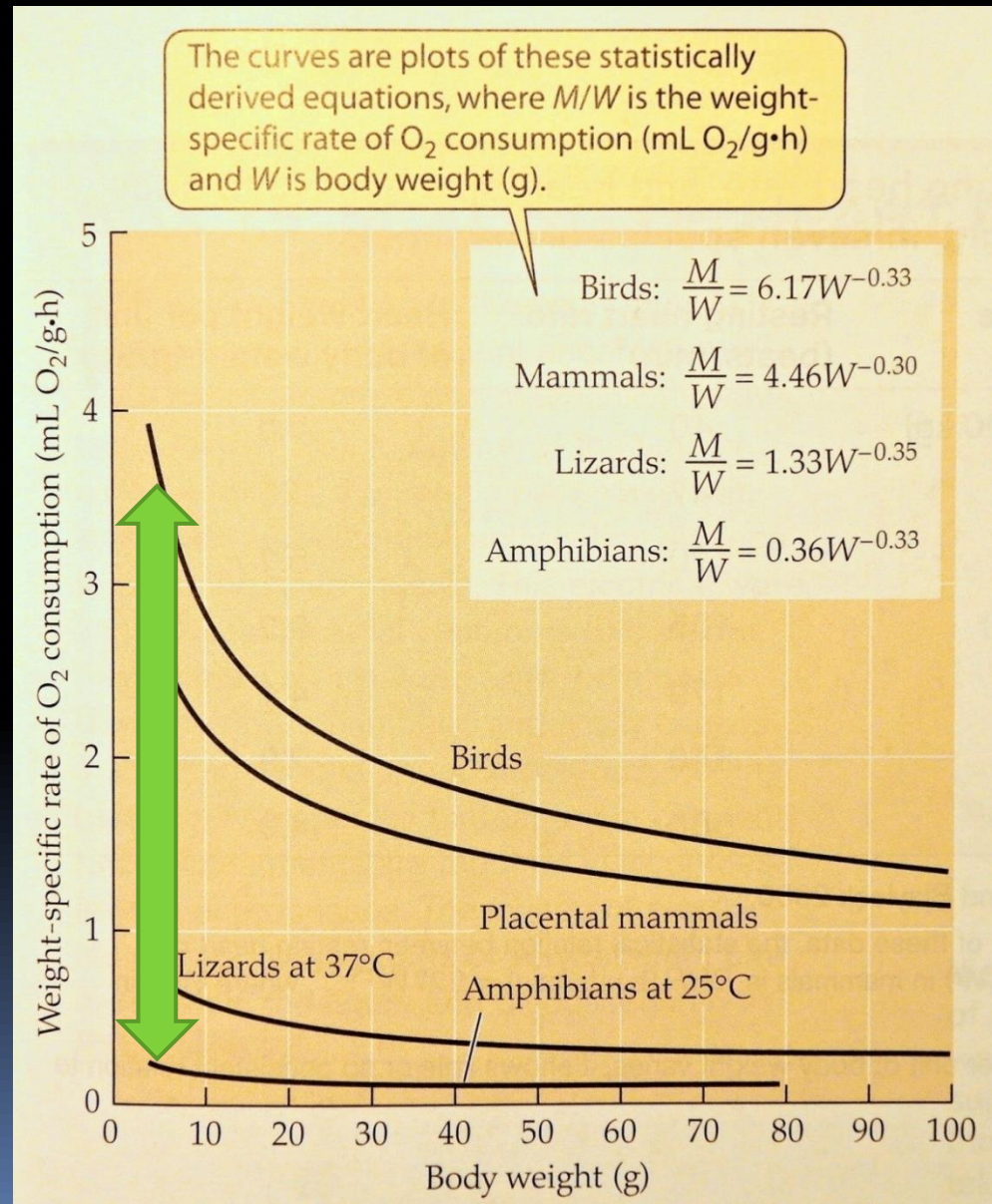


Různé kombinace  
ve vztahu teplota  
těla a prostředí

**Figure 13.6 Thermal strategies** Most animals can be classified as homeotherm or poikilotherm, or alternately, ectotherm or endotherm. This figure illustrates the many species whose thermal strategies combine elements of multiple strategies. For example, monotremes are less homeothermic and less endothermic than other mammals.

Není to zadarmo:

Až 20x větší energetická náročnost homoiotermů při dané hmotnosti proti poikilotermům.



# Teplota a metabolismus u poikilo a homioioteřmů.

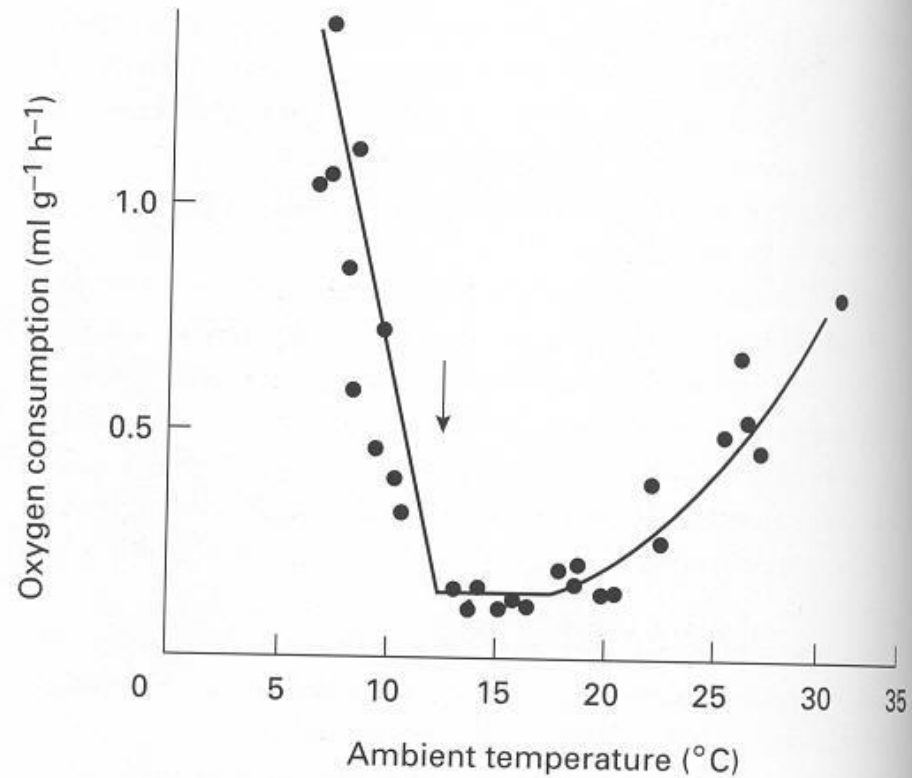
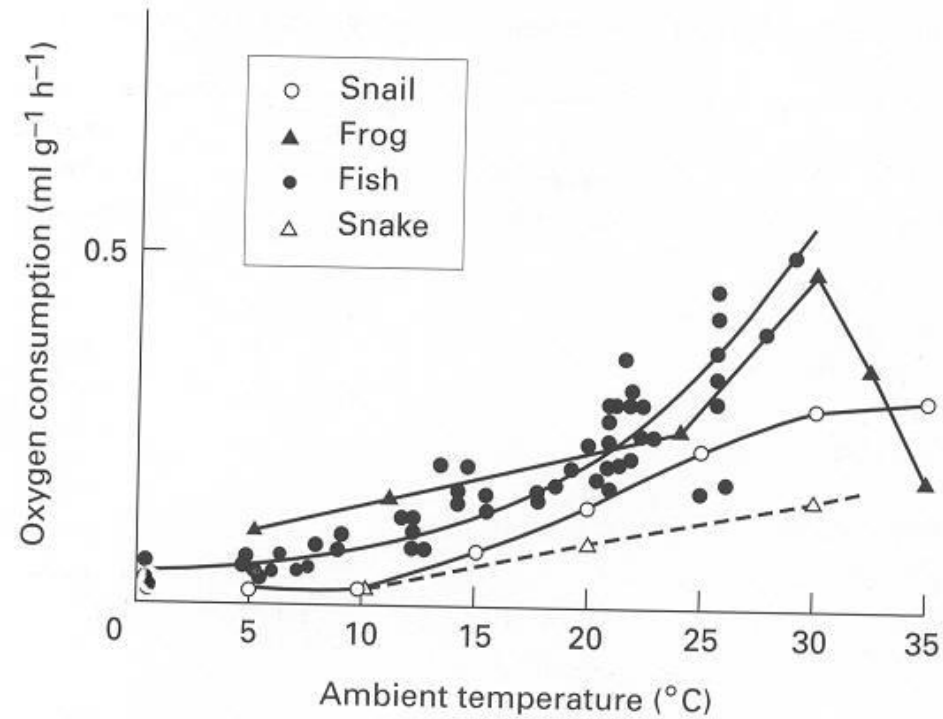
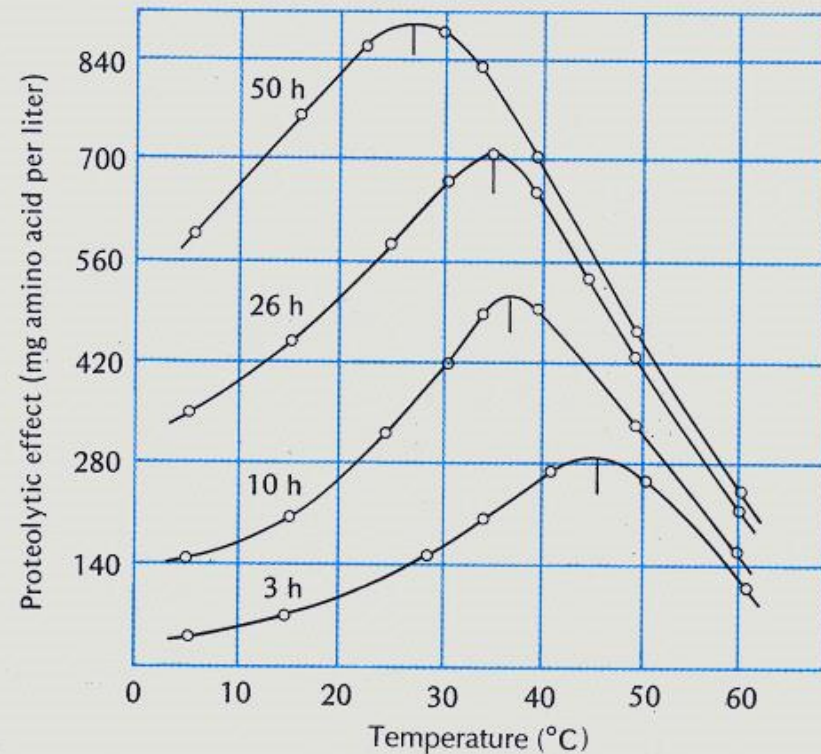


Fig. 6.17 Relationship between ambient temperature and metabolic

# Vlivy teploty

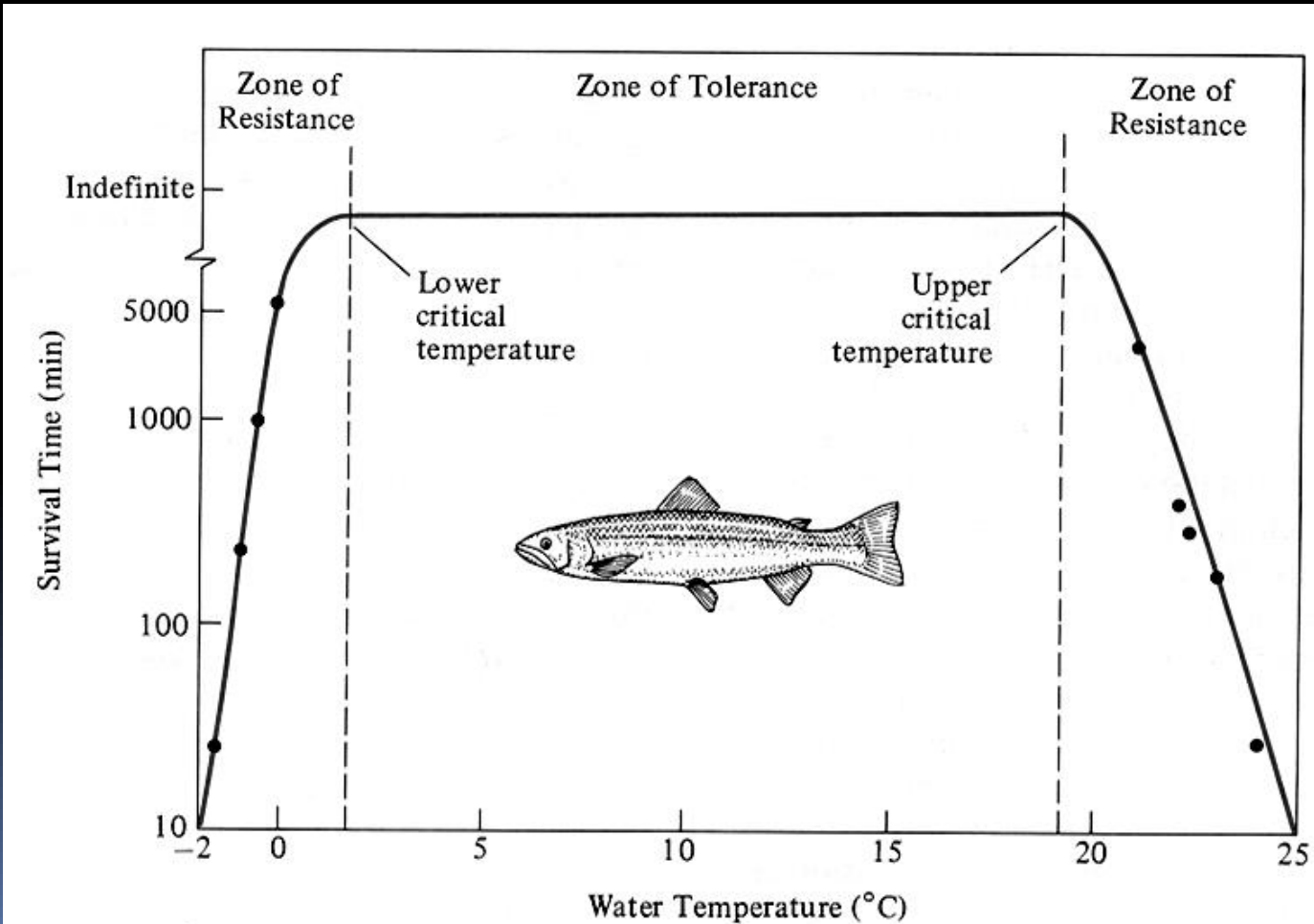
Mění se aktivita enzymů, vlastnosti membrán (gel x tekutost). Protože zejména slabé vazby jsou teplotou ovlivněny, mění se vlastnosti proteinů a lipidů. H můstky a van der W. síly s teplotou slábnou, hydrofobní interakce (vazby) sílí. Záleží tedy na relativní důležitosti a zastoupení vazeb.

- Enzymy mají svá teplotní optima.



**Figure 4.1** The effect of temperature on a protein splitting enzyme (protease) from the ascidian *Halocynthia*. The enzyme effect seems to have a temperature optimum, but this optimum is lower the longer the duration of the experiment. This is explained in the text. [Berrill 1929]

Optimum má širší nebo užší hranice. Stenotermní x eurytermní



# Lze se přizpůsobit i bez termoregulace, ale trvá to déle: Adaptace, Aklimace

*Evoluční adaptace:* většina hmyzu je aktivní v rozmezí 12 - 50 °C. *Grylloblatta*, cvrčkovec, který žije ve vysokých horách Severní Ameriky je aktivní při teplotě -2.5 - 11.5 °C, teplotu 20 °C již nesnese.



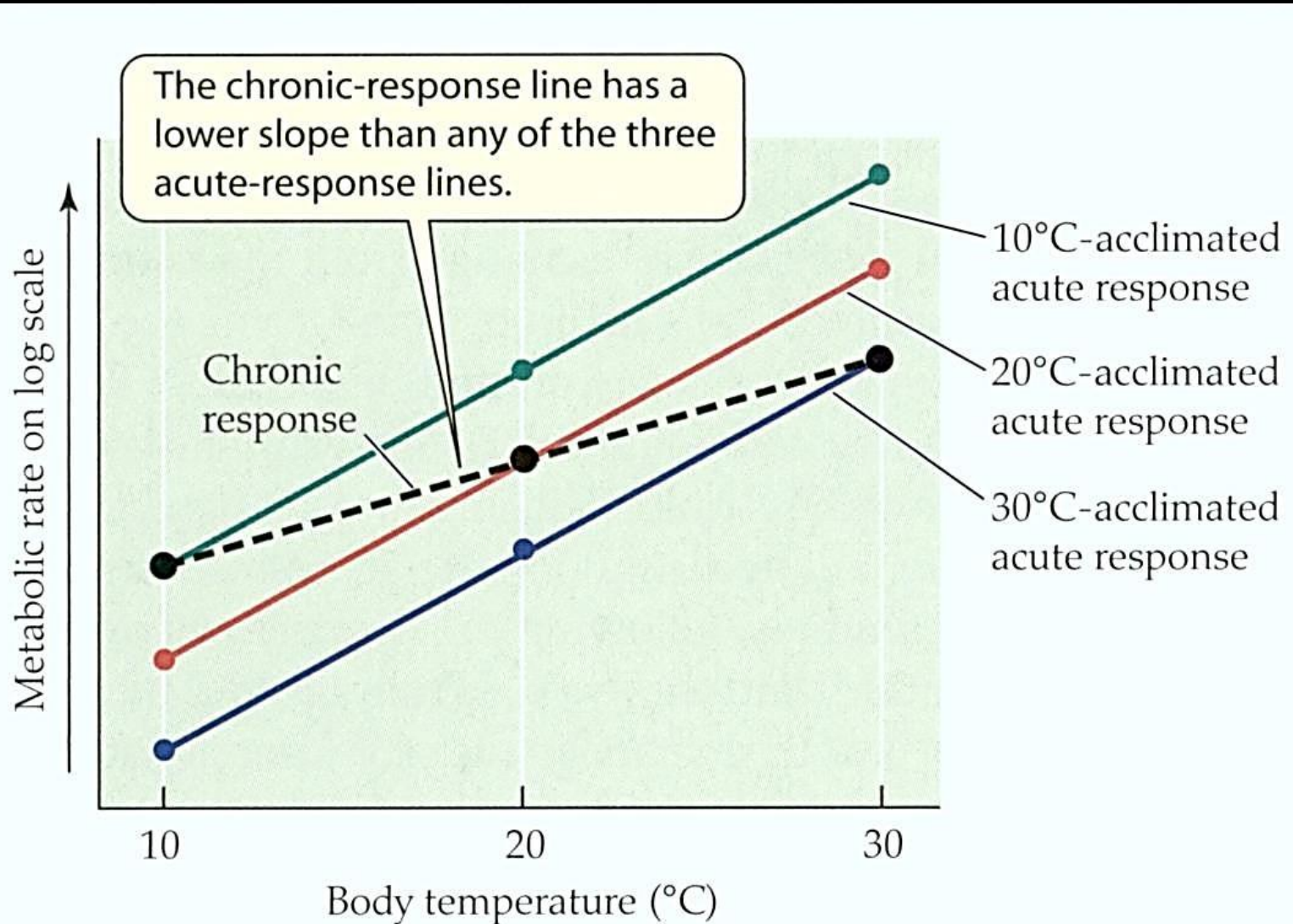


# Adaptace, Aklimace



*Rychlá adaptace - aklimace:* I u jedince může dojít ke změně odolnosti vůči teplotě. Šváb adaptovaný na teplotu 36°C upadá do stavu strnulosti (chládový šok) při snížení teploty na 9.5°C. Byl-li však chován alespoň 24 hod při teplotě 15 °C., pak dojde ke chládovému šoku až při 2°C.

Aklimace je přizpůsobení se dlouhodobému působení určité teploty. Rychlé změny vedou k větším výkyvům v metabolismu. Aklimace vyžaduje čas.



# Aklimace - Jak udržet buněčné děje v chodu.

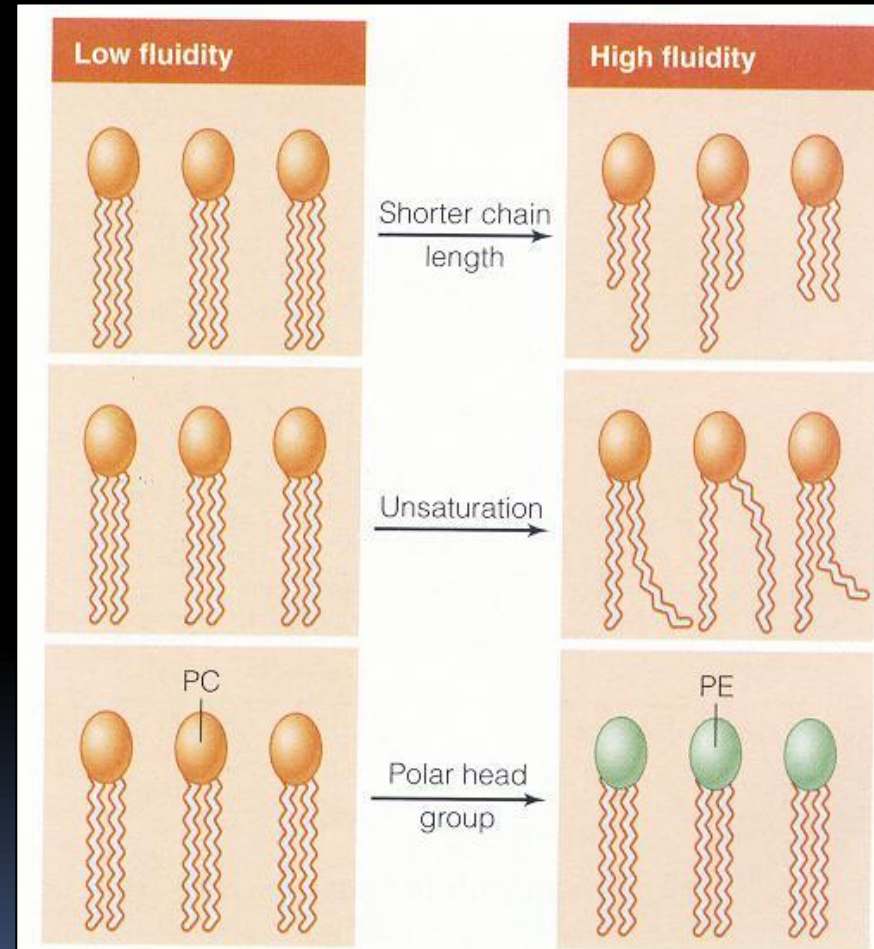
## A. Kontrola fluidity membrán

- Délka řetězce
- Saturace
- Fosfolipidová třída (fosfatidilcholin x fosfatidylethanolamin)
- Cholesterol – udržuje fluiditu za nízkých T

## B. Syntéza ochranných látek (teplo i chlad)

## C. Změny spektra enzymů a/nebo syntéza homologů

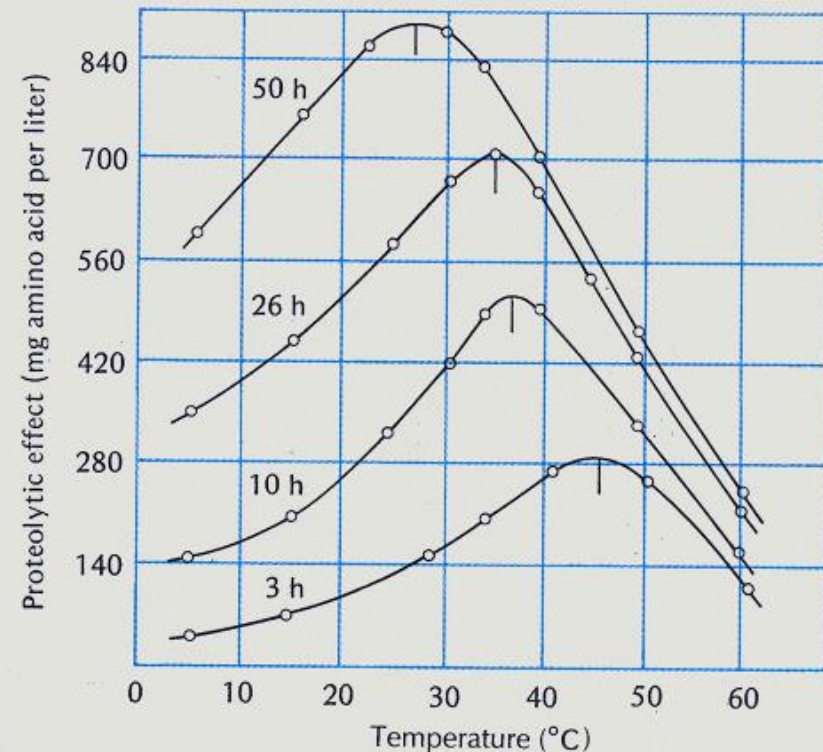
## D. Změny izoform proteinů (např. svalového myosinu)



**Figure 13.12 Phospholipid properties and membrane fluidity** Cells change the fluidity of membranes by altering the composition of membrane phospholipids.

# Aklimace - Jak udržet buněčné děje v chodu.

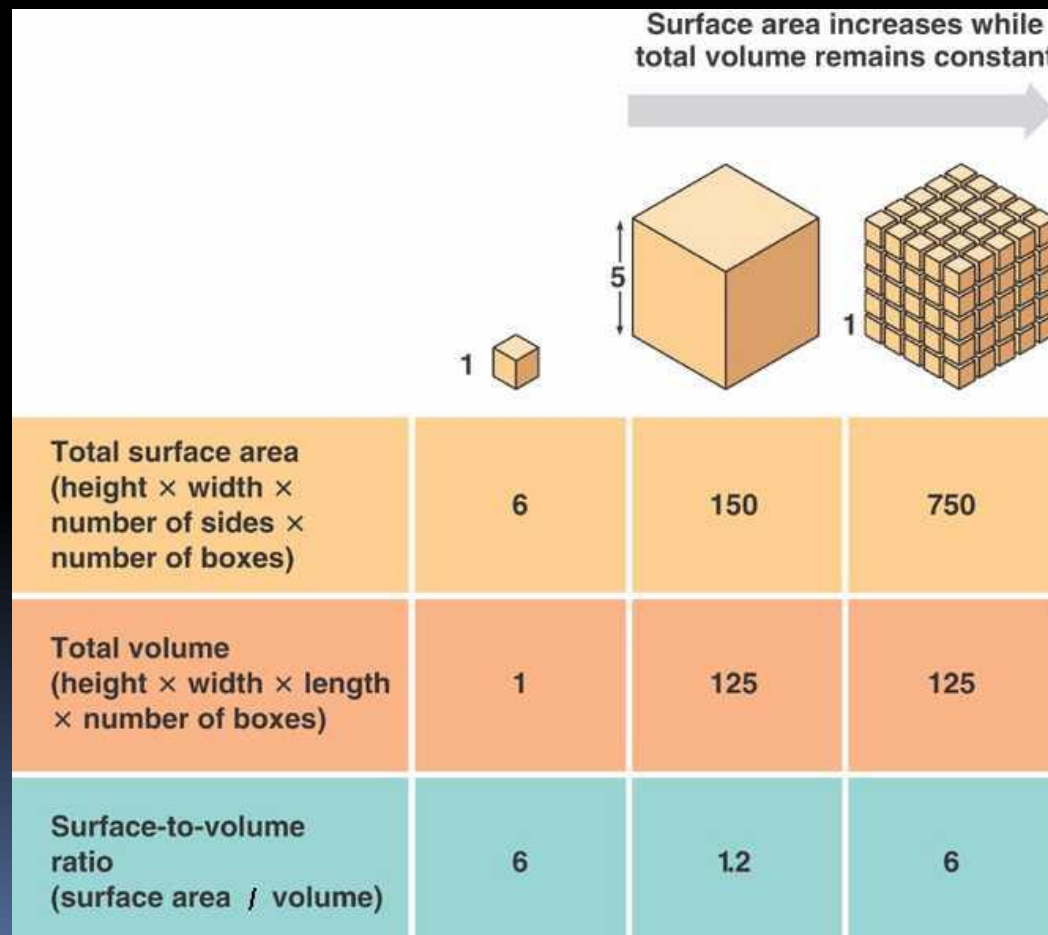
Sumka vystavená chladu:  
S časem trvání experimentu se homologická stavba enzymů přizpůsobuje. Optimum se posouvá doleva.



**Figure 4.1** The effect of temperature on a protein splitting enzyme (protease) from the ascidian *Halocynthia*. The enzyme effect seems to have a temperature optimum, but this optimum is lower the longer the duration of the experiment. This is explained in the text. [Berrill 1929]

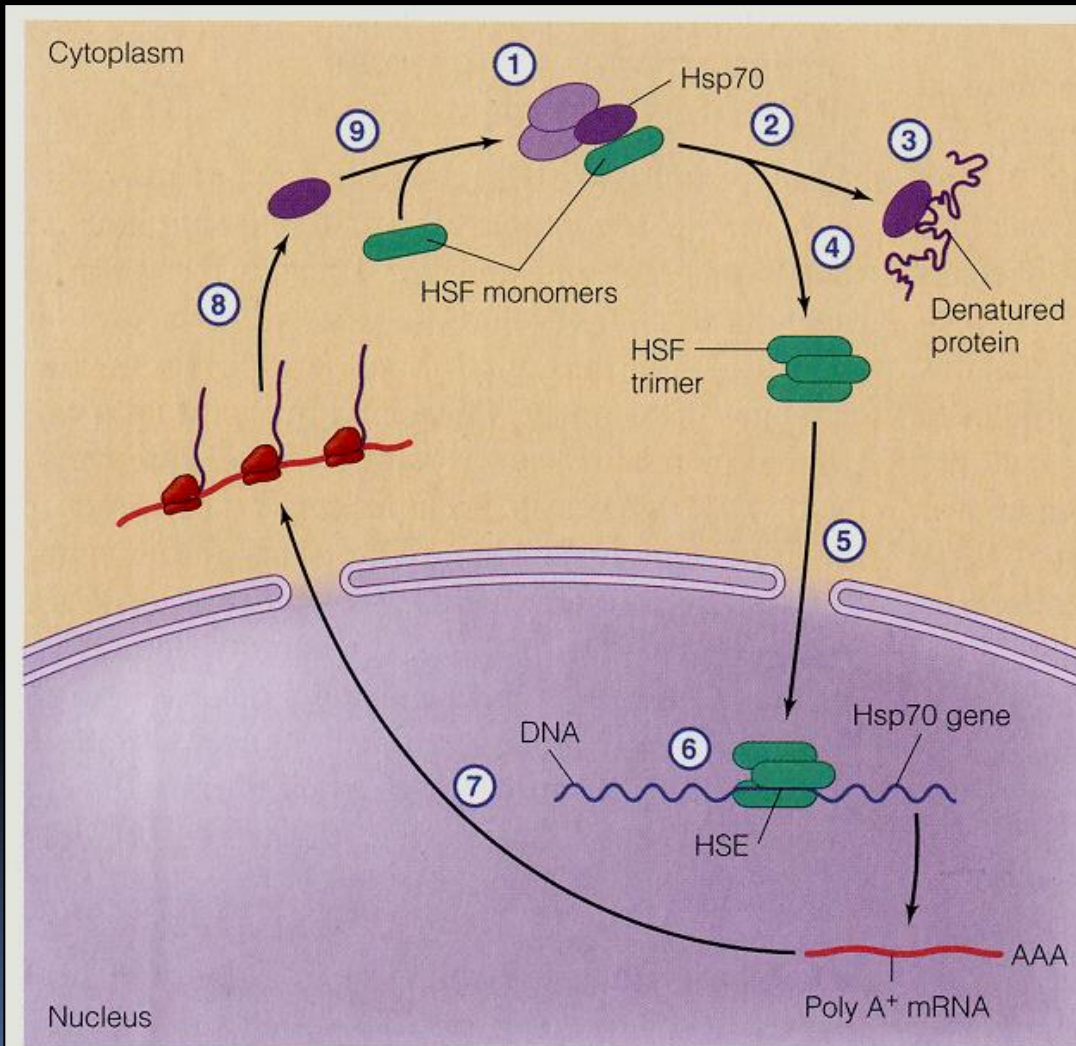
# Poikilotermie

Jako každá konformní strategie je lacinější, pro malé živočichy s velkým povrchem jediná možná. I za cenu snížené výkonnosti.



# Poikilotermie - teplo

Heat shock proteiny – chaperony - opravují denaturované bílkoviny



- 1 Complex of HSF and Hsp's under unstressed conditions.
- 2 Heat stress causes complex to dissociate.
- 3 Hsp70 binds to denatured proteins.
- 4 HSF monomers associate into trimers.
- 5 Trimers move into the nucleus and bind to the promoter of genes with heat shock element (HSE).
- 6 Hsp70 gene transcription increases.
- 7 Poly A<sup>+</sup> mRNA is exported to the cytoplasm.
- 8 Poly A<sup>+</sup> mRNA is translated to form more Hsp70.
- 9 The increase in Hsp70 levels allows the complex to form again, stopping transcriptional activation.

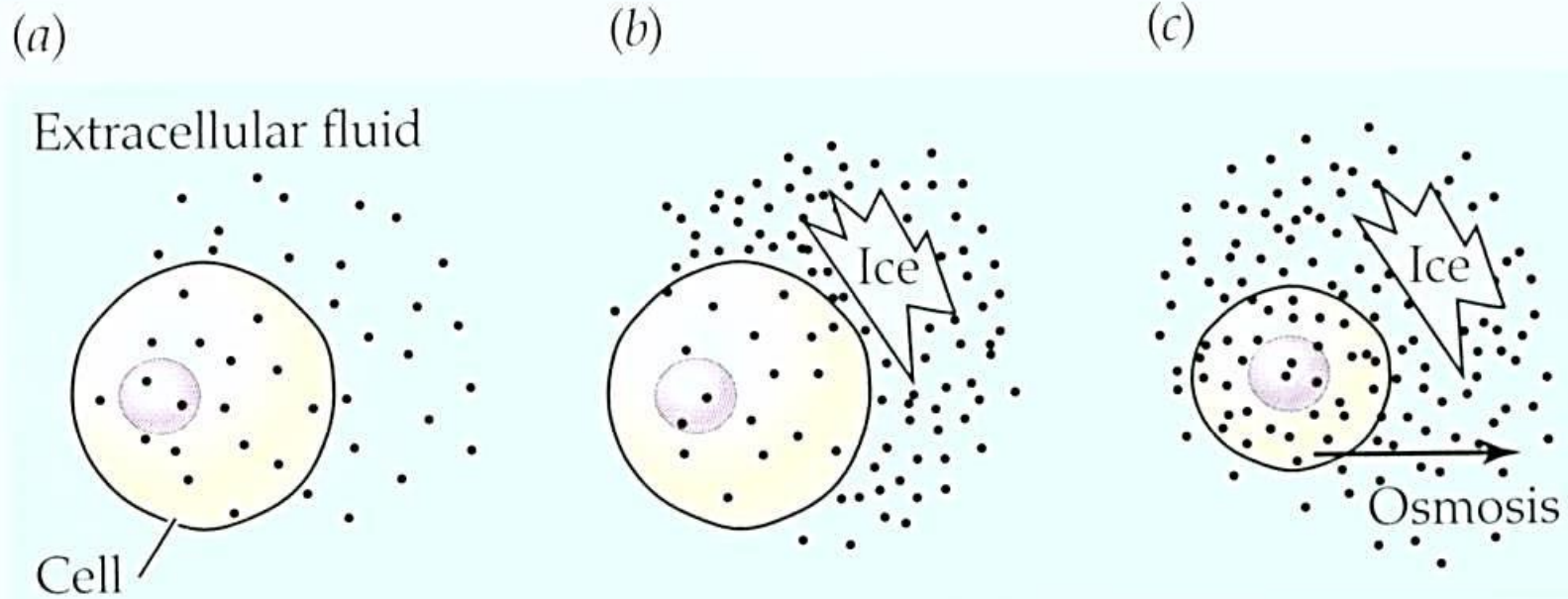
Figure 13.15 Heat shock response

# Poikilothermie - chlad

- A) Zmrznutí tolerující – nukleační I. (kontrolované zmrznutí)
- B) Zmrznutí netolerující – kryoprotektivní I. (glyceroly) udržují tekutiny v podchlazeném stavu a tzv. antifrízy (zabraňují krystalům ledu růst).

Intracelulárně led nesmí vzniknout nikdy.

Ale i tvorba extracelulárního ledu vystavuje buňky osmotickému stresu.



# Obě strategie – srovnání.

**Table 8.5** Freeze tolerance and freeze avoidance.

Characteristic	Freeze-avoiders	Freeze-tolerators
Ice formation	Lethal	Extracellular ice tolerated
LCT	-5 to -20°C (rarely -60°C)	-20 to -70°C
Supercooling capacity	High	Low
Supercooling point	Close to LCT	Well above LCT
Ice-nucleating agents	Absent or masked	Present and active (proteins)
Antifreezes	Polyols ± peptides in fish	-
Cryoprotectants	-	Polyols, ± trehalose, ± proline
Occurrence	Many invertebrates  Some vertebrates, notably polar fish	Common in invertebrates  A few frogs

LCT, lower critical temperature.



skokan



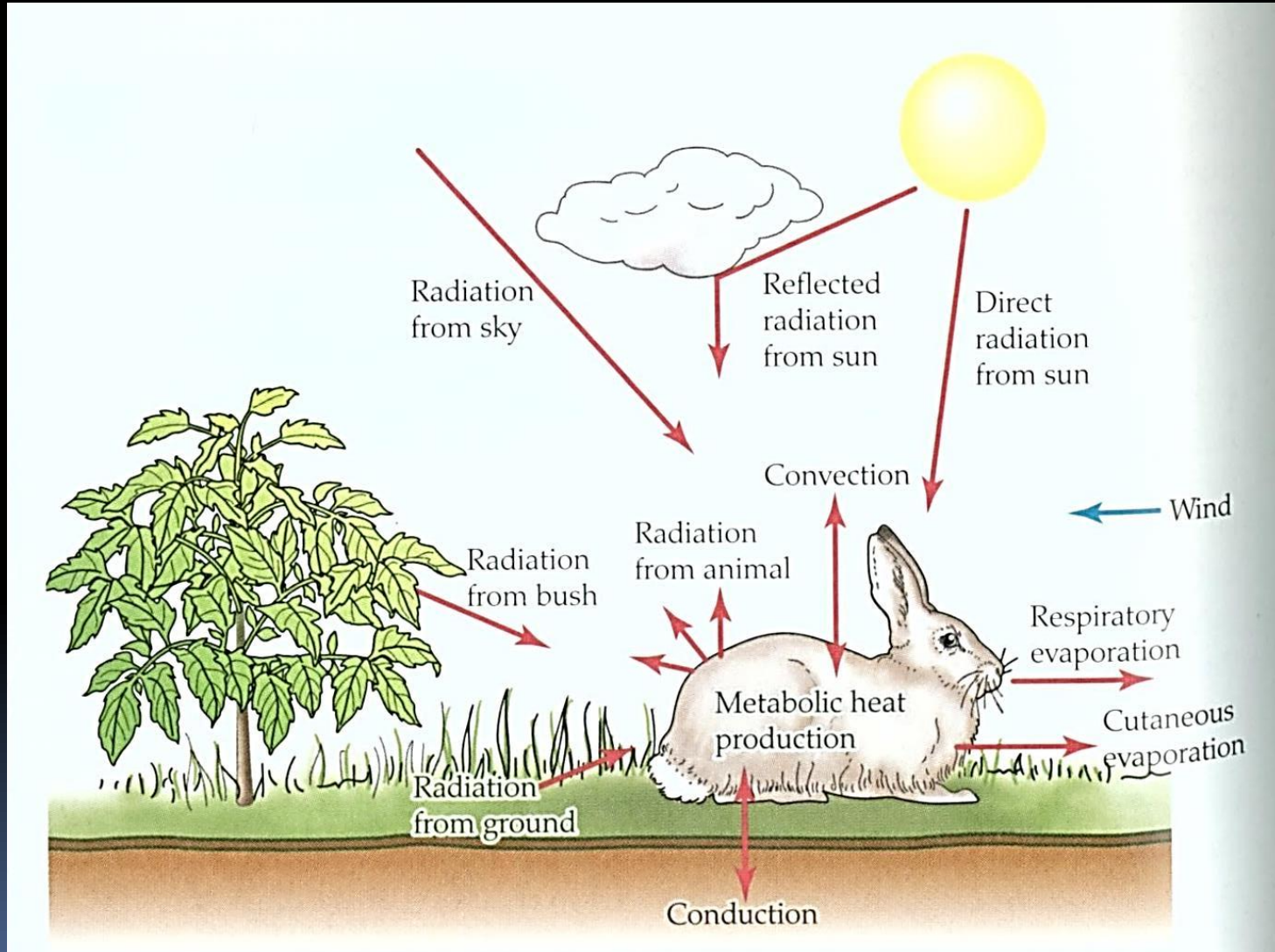
cvrčkovec



# Fyzikální regulace

Výměna tepla mezi organismem a prostředím.

- A) Radiace
- B) Evaporace
- C) Kondukce
- D) Konvekce

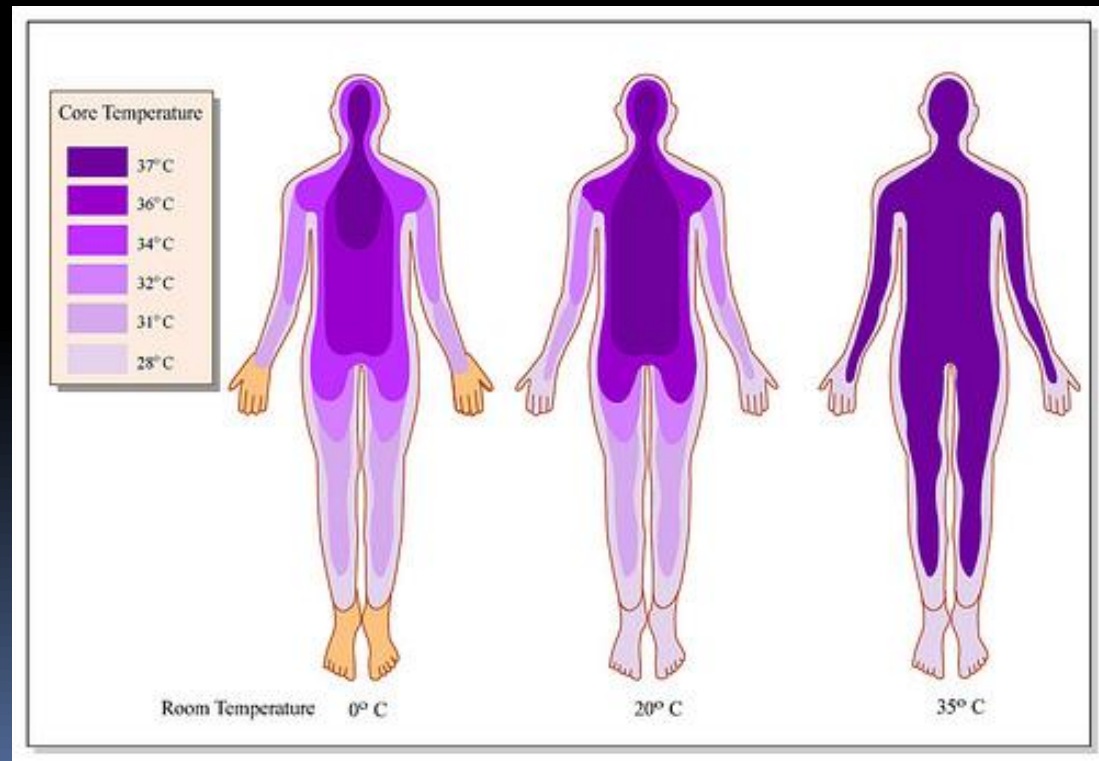


# Fyzikální termoregulace – izolace a plocha pro ztráty tepla - vyhřívání, choulení



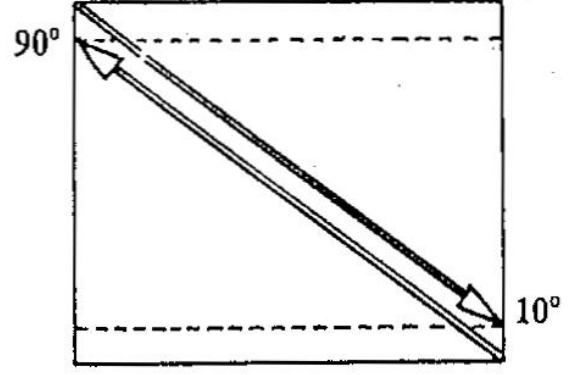
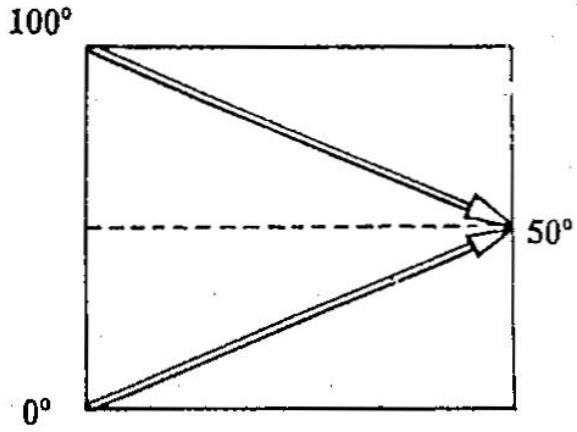
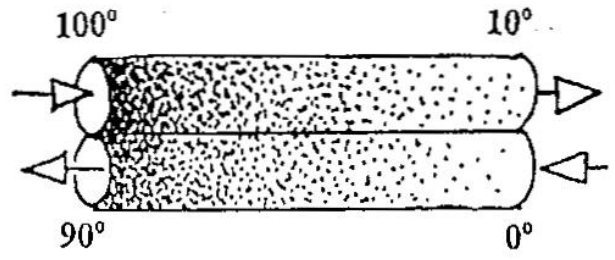
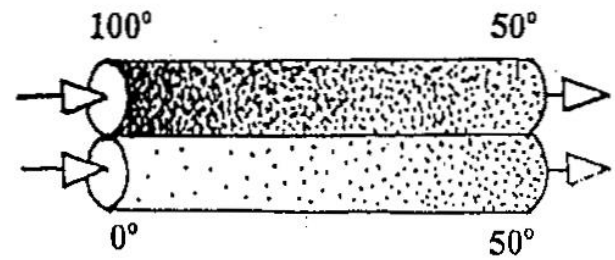
# Homoiotermie a fyzikální regulace

Není nutné prohřívát všechny tkáně, naopak je výhodné regulovat tepelné ztráty.



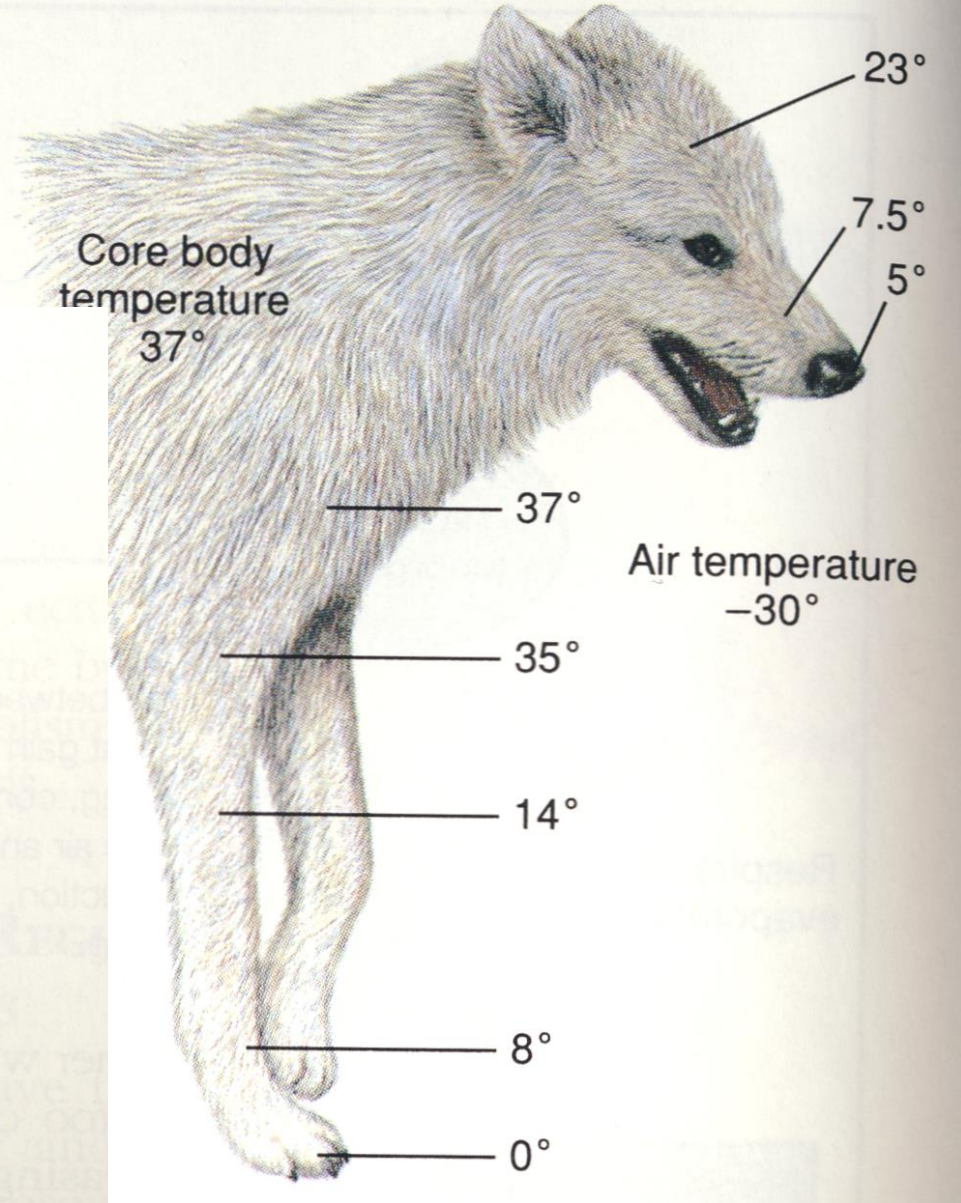
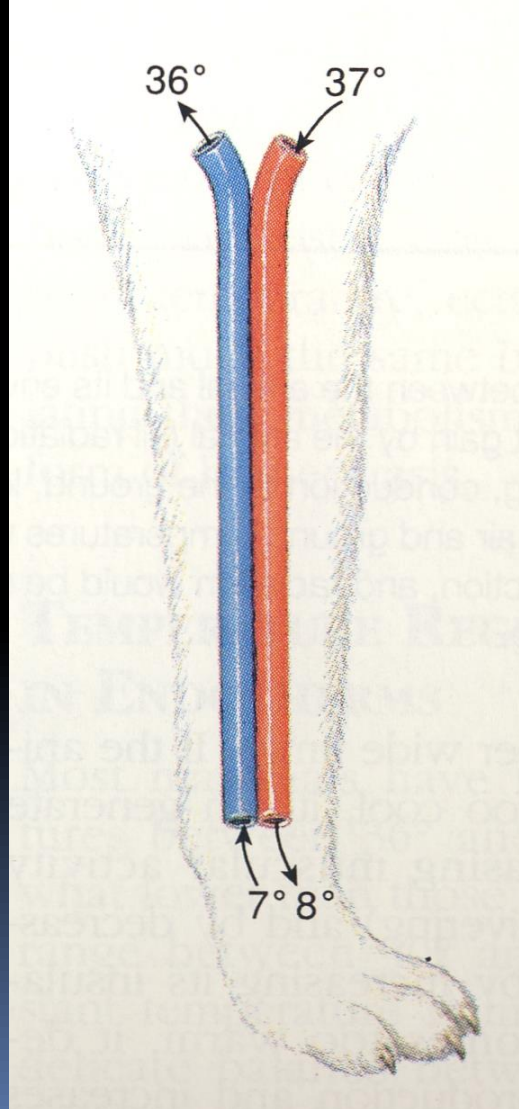
# Protiproudá výměna

Dokáže oddělit  
teplé a studené  
tkáně.



# Protiproudá výměna

Dokáže oddělit  
teplé a studené  
tkáně.



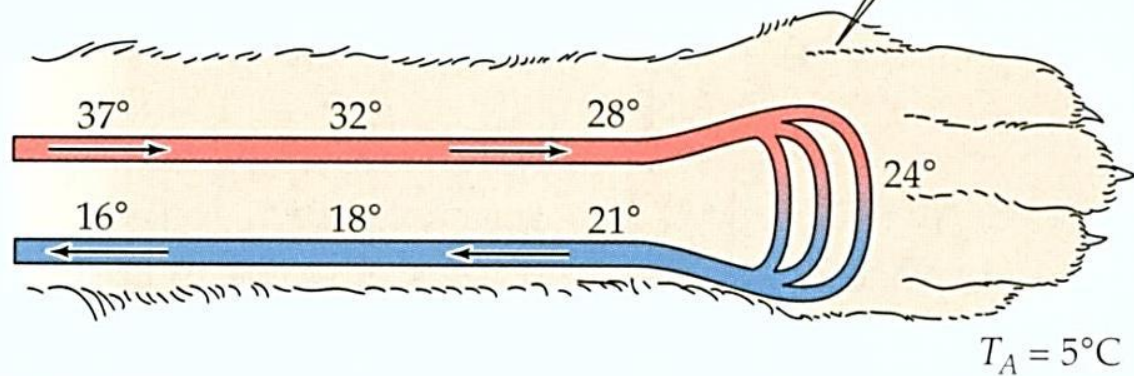
# Protiproudá výměna

Dokáže oddělit  
teplé a studené  
tkáně.

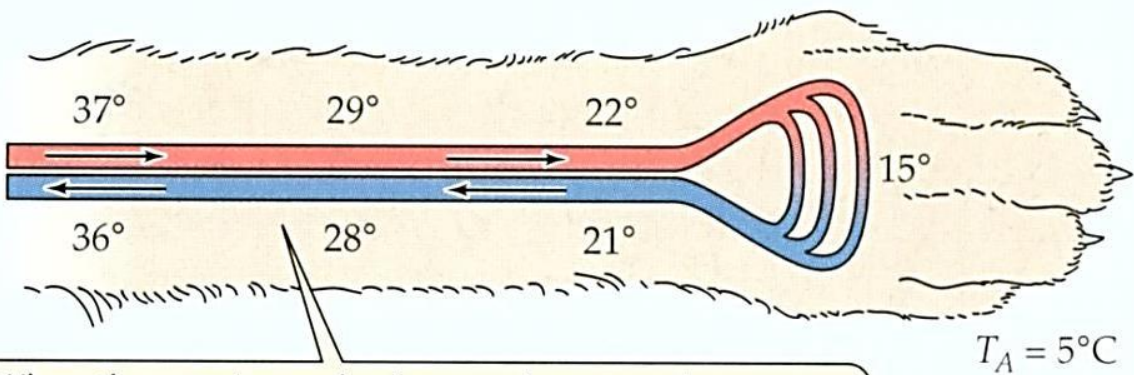
U člověka dvě  
sady žil – podle  
teploty blíže nebo  
dále povrchu.

With this arrangement of blood vessels, blood loses heat steadily to the environment as it flows in and out of the limb, and the temperature of the blood steadily declines.

(a) Blood flow without countercurrent heat exchange



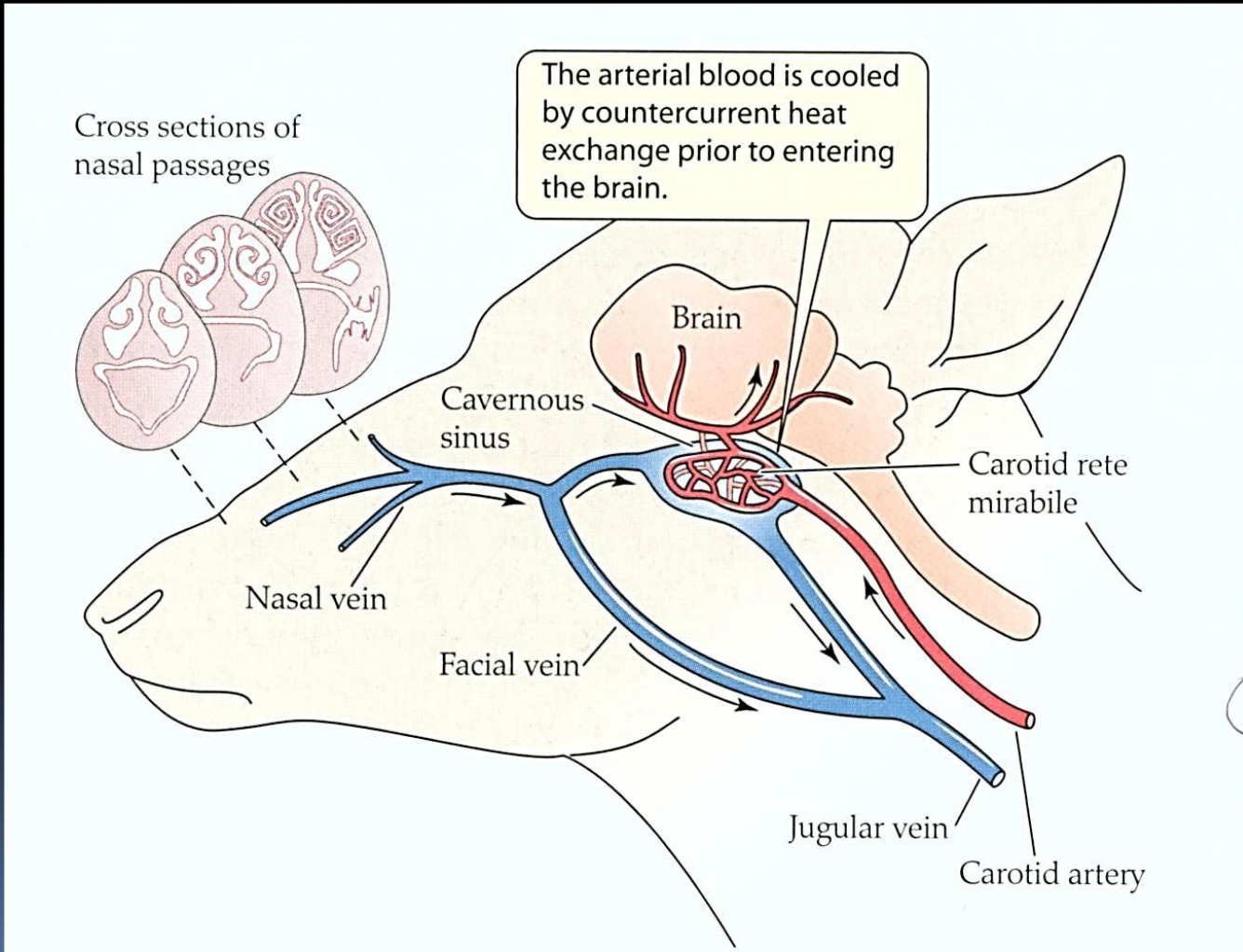
(b) Blood flow with countercurrent heat exchange



When the arteries and veins are close together, allowing countercurrent heat exchange to occur, some of the heat lost from the arterial blood enters the venous blood. The temperature of the venous blood thus rises as the blood travels toward the body.

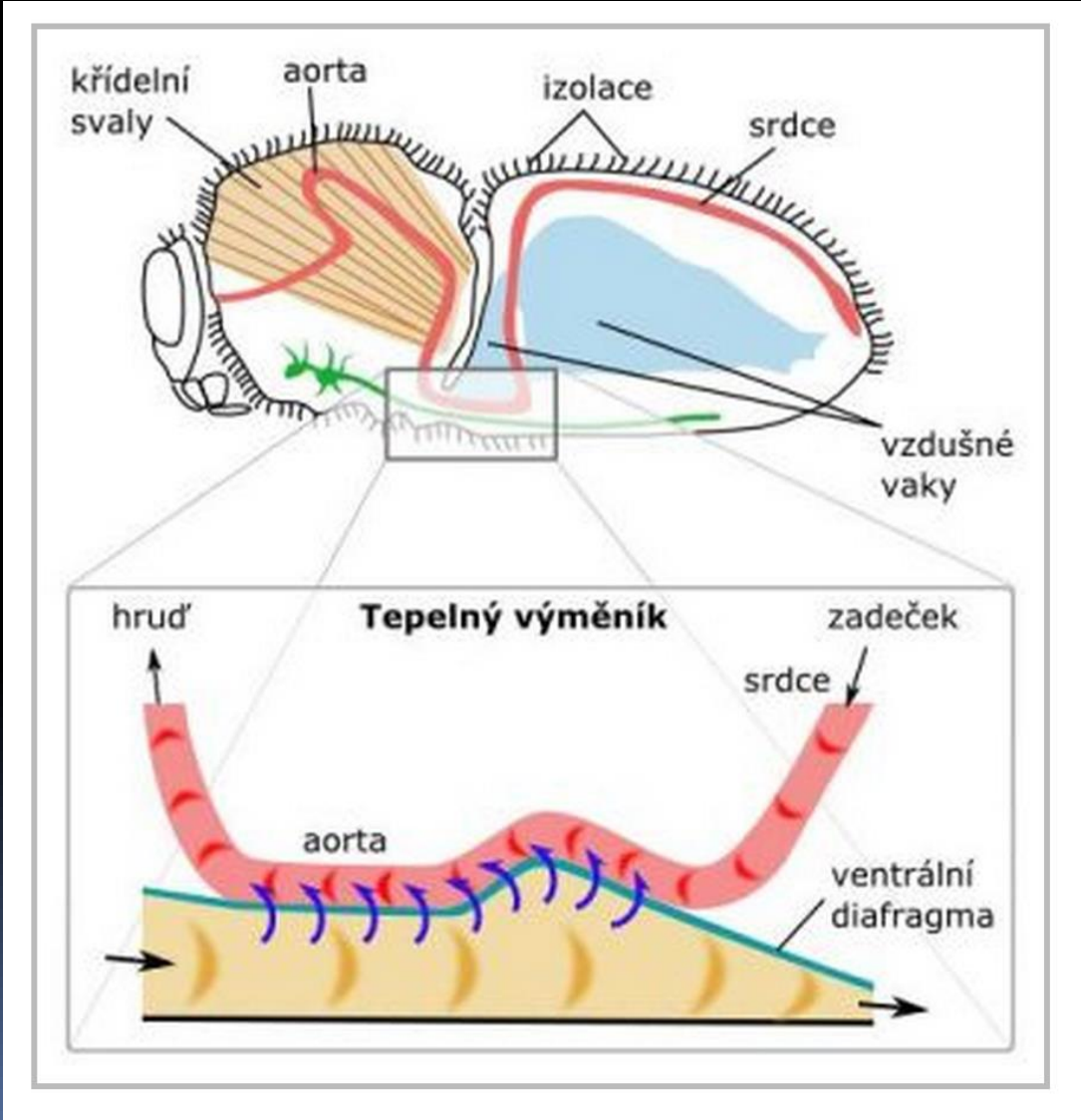
# Protiproudá výměna

Mozek musí mít stálou teplotu.



# Protiproudá výměna i u poikilotermů

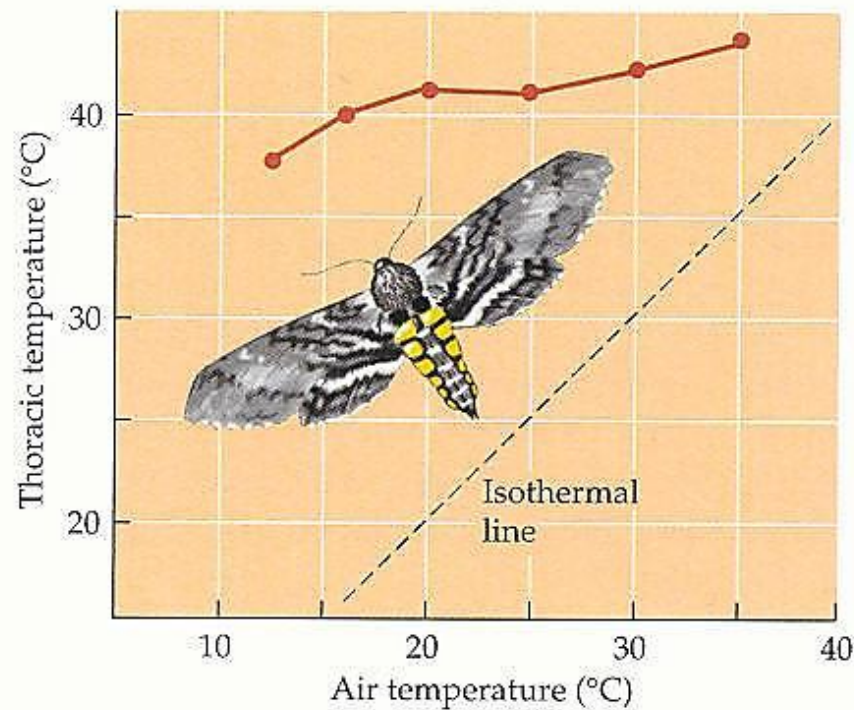
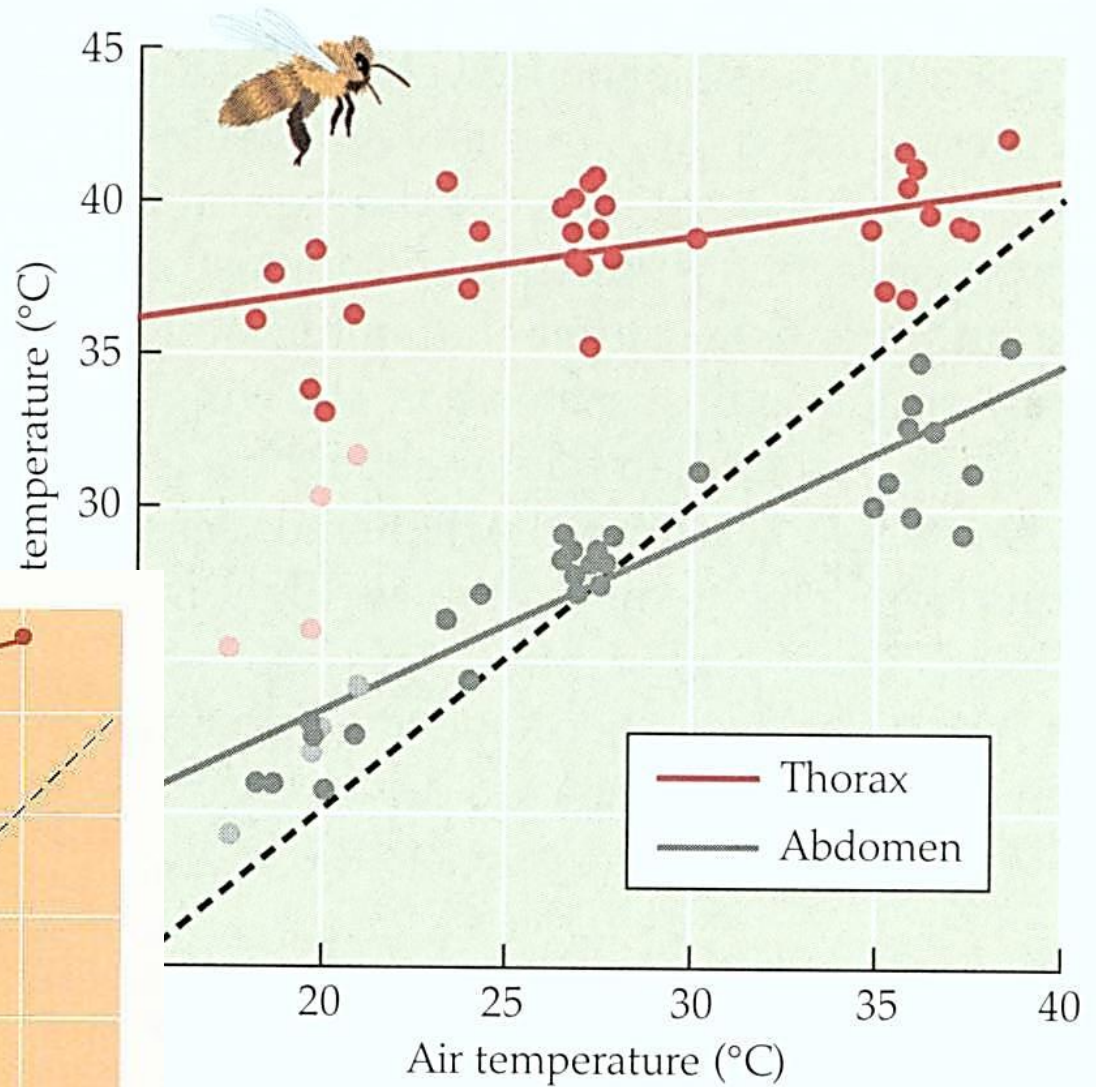
Hrud' včely musí mít stálou teplotu.





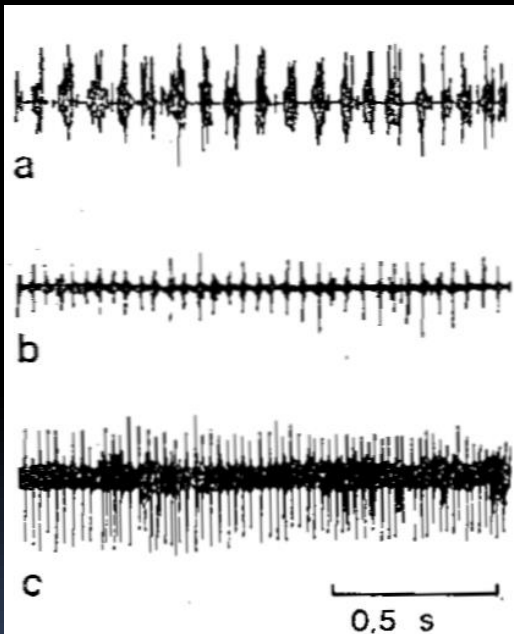
I hmyz termoreguje.  
Thorax je choulostivější  
než abdomen

(a) Temperatures of thorax and abdomen

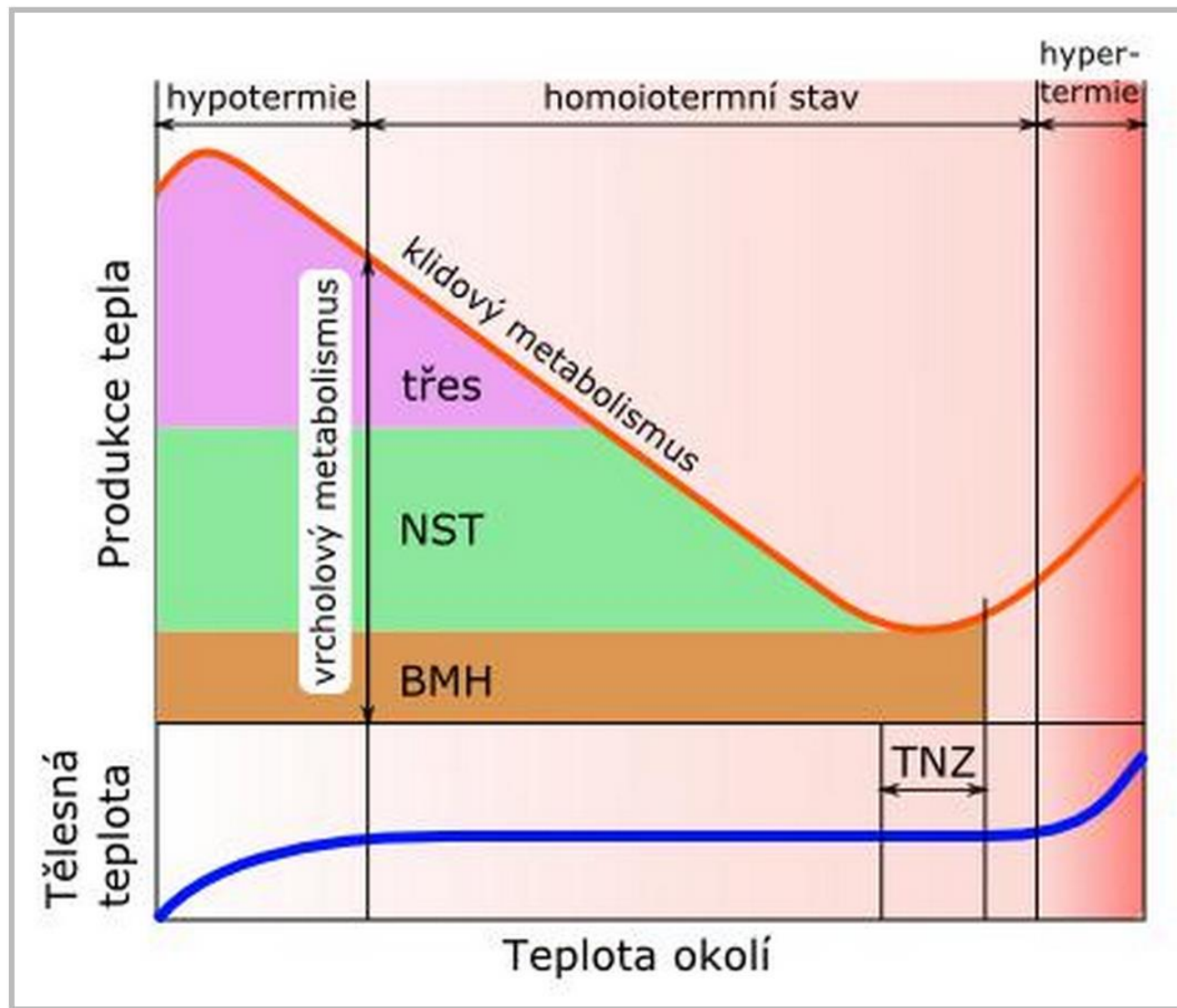


# Chemická termoregulace – z energie chem.vazeb

Třesová a netřesová (NST) termogeneze  
BMH – bazální metabolismus



Elektromyografické záznamy třesové aktivity, ukazující průběh "výbuchů", u morčete (a), krysy (b) a myši (c). (Spass, Kleissmann 1970)



Hnědý tuk zejména u mláďat savců.

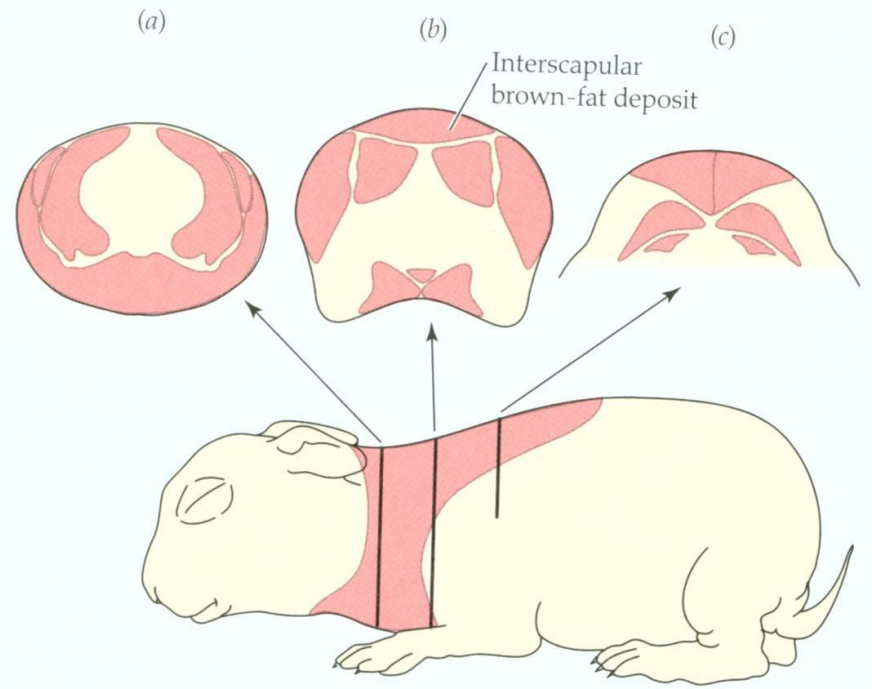
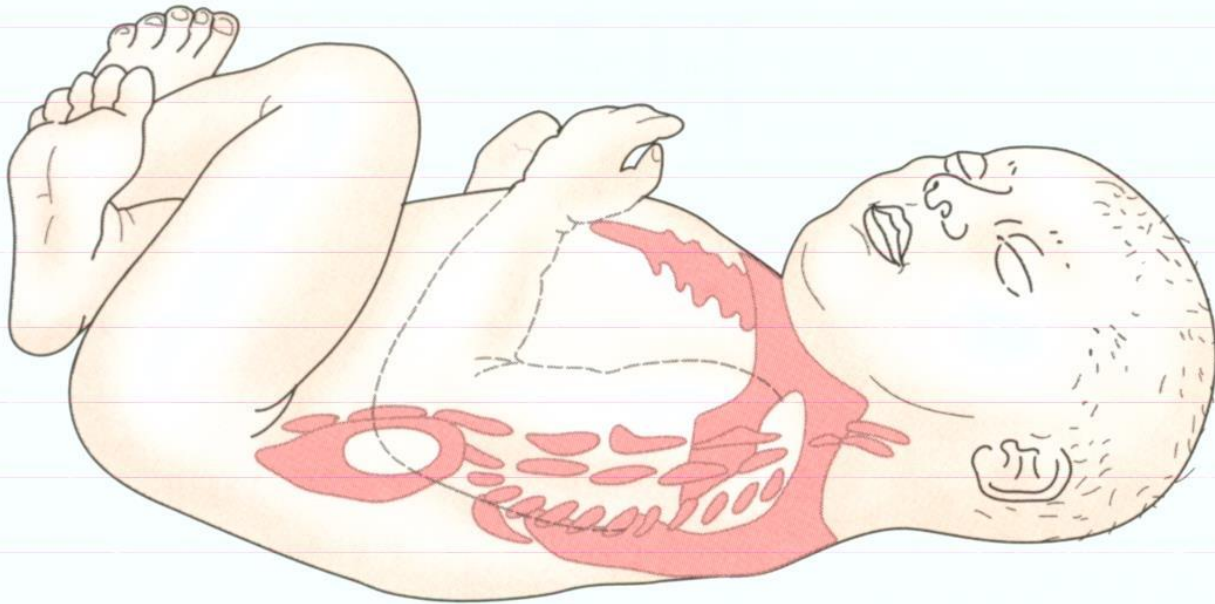
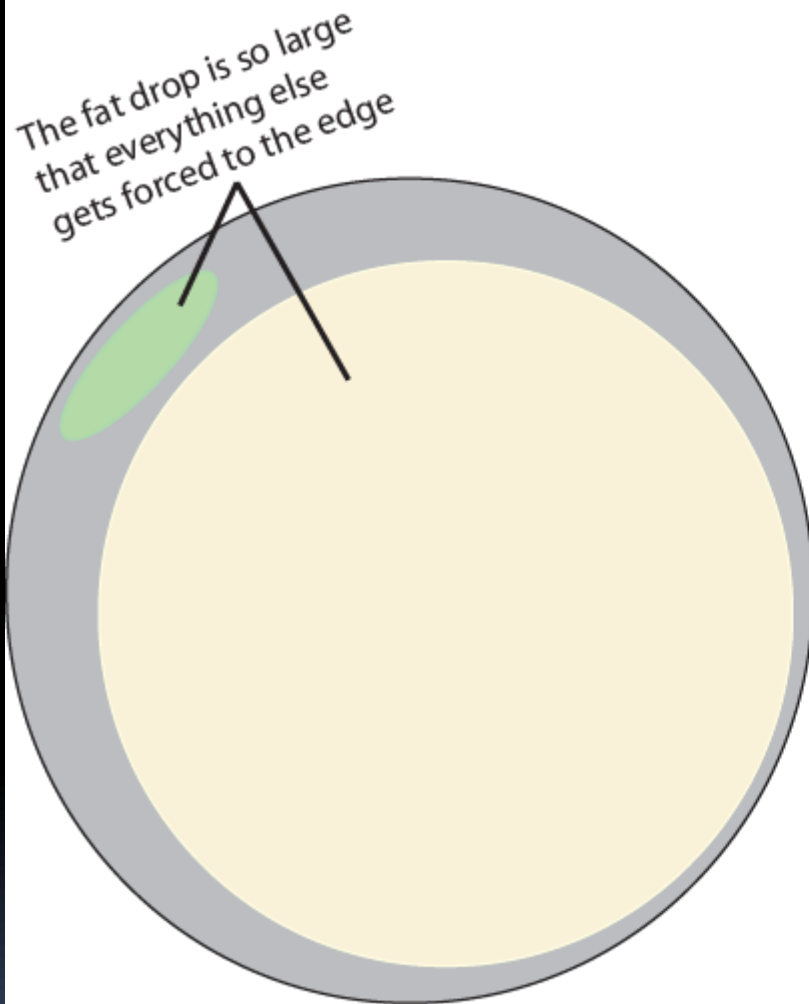


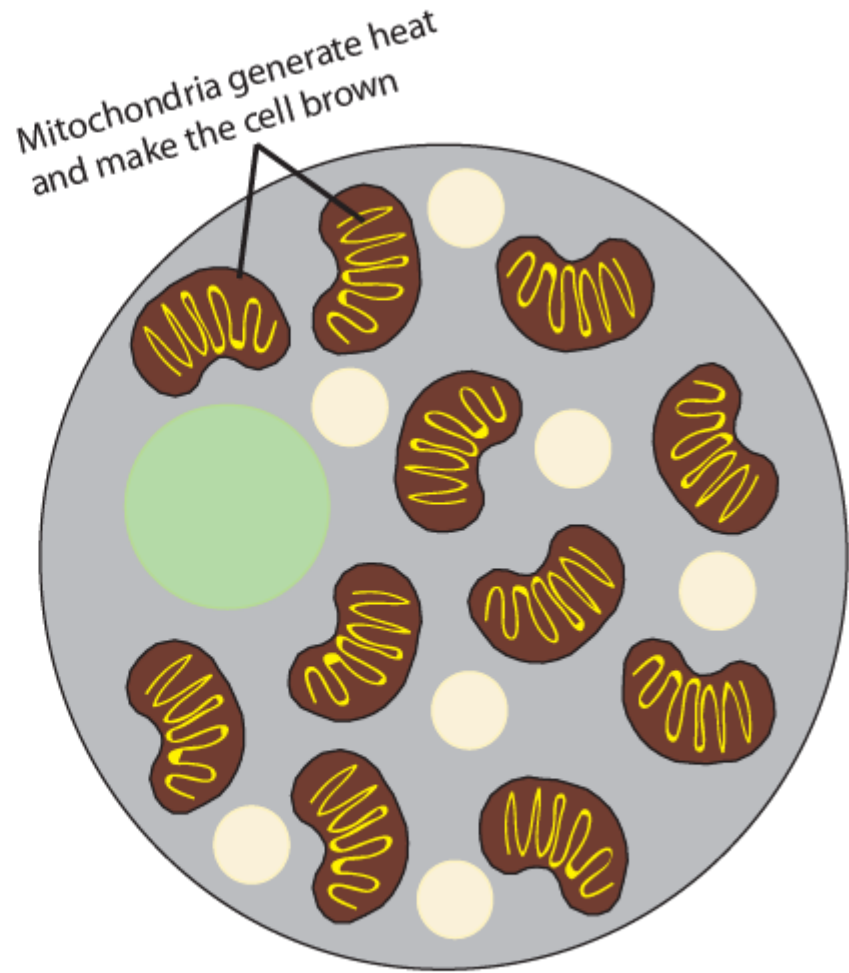
FIGURE 10.21 The distribution of brown fat in a rodent pup.



# Chemická termogeneze - hnědá tuková tkáň

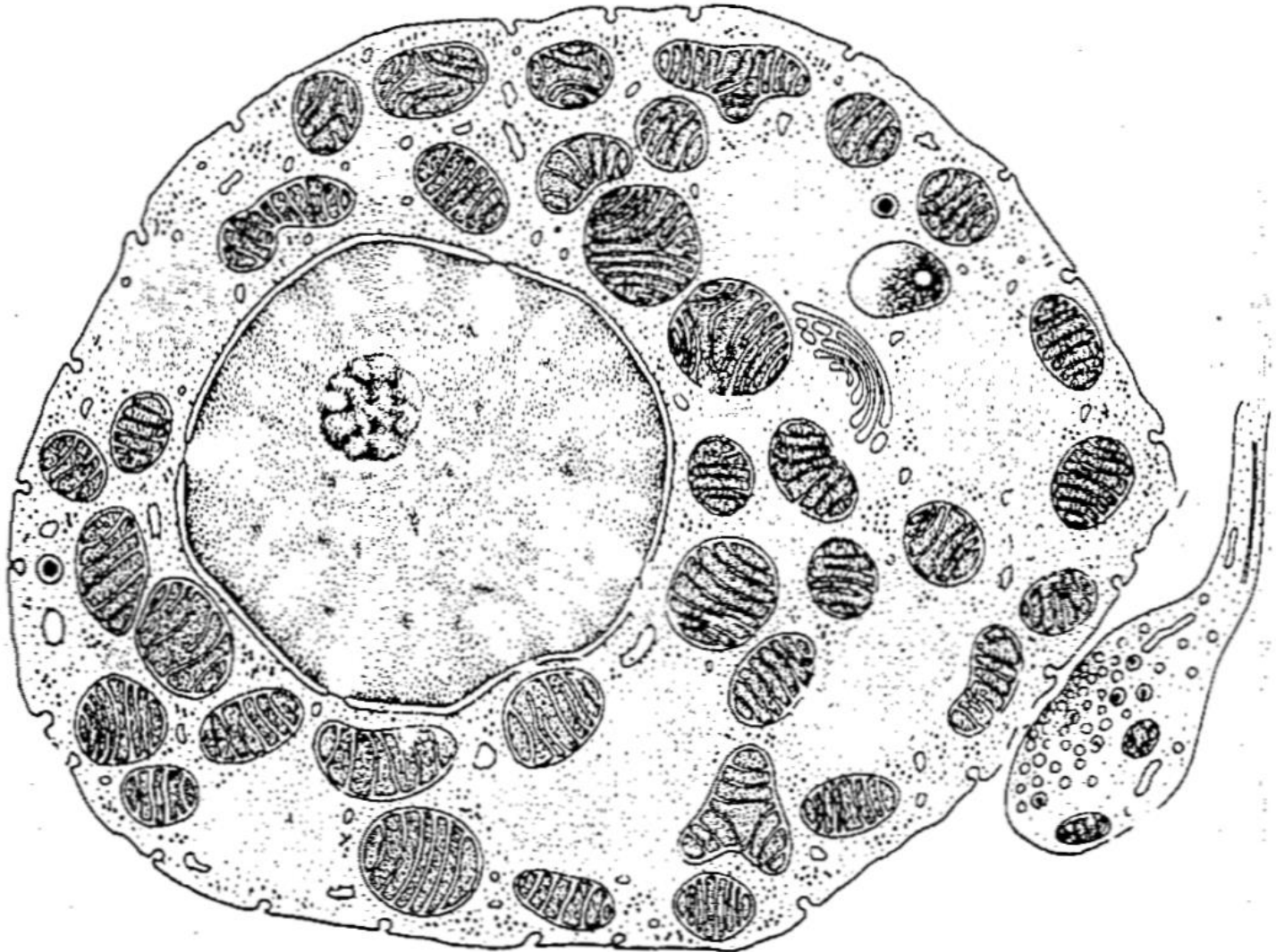


White Fat Cell



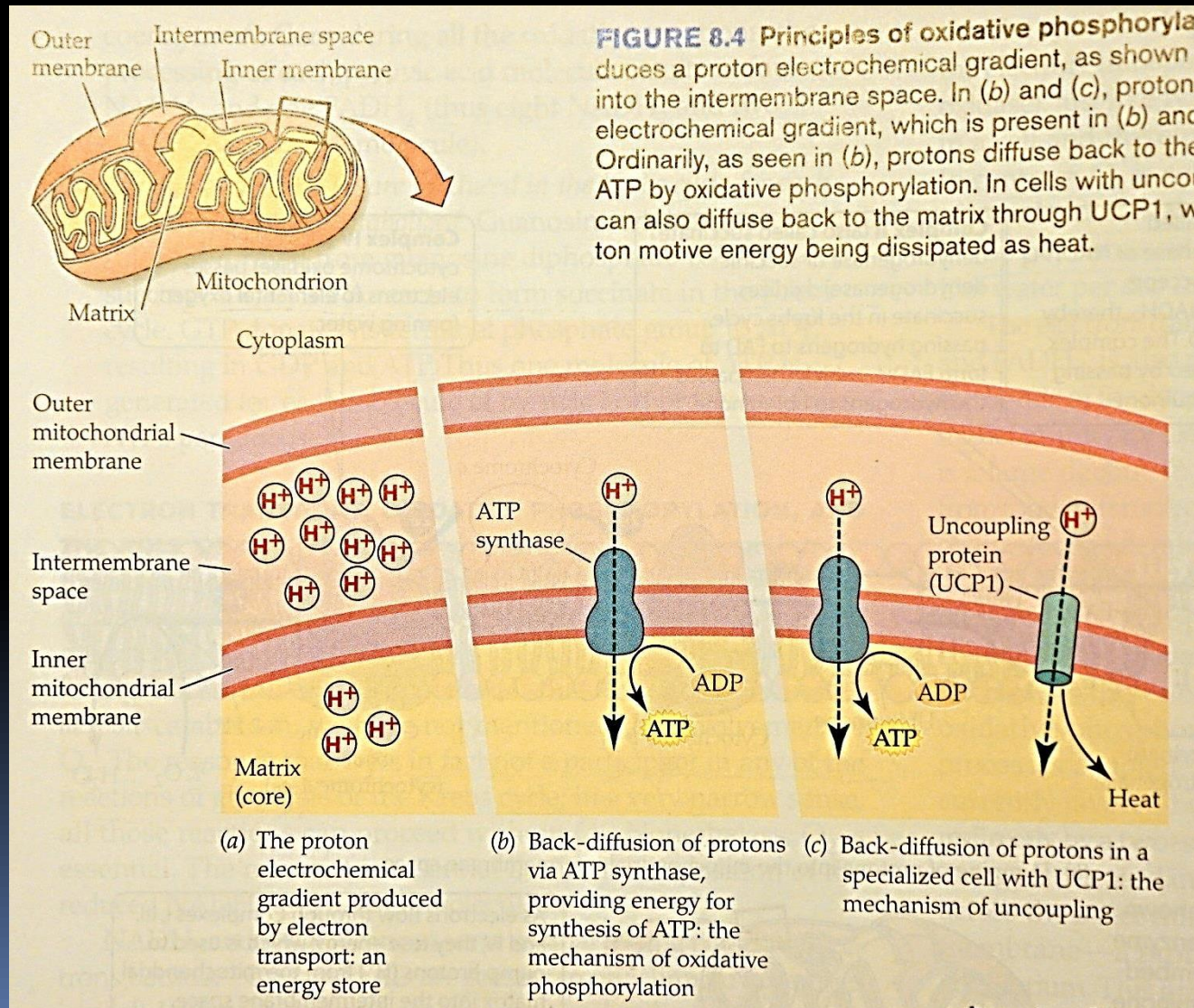
Brown Fat Cell

# Chemická termogeneze - hnědá tuková tkáň



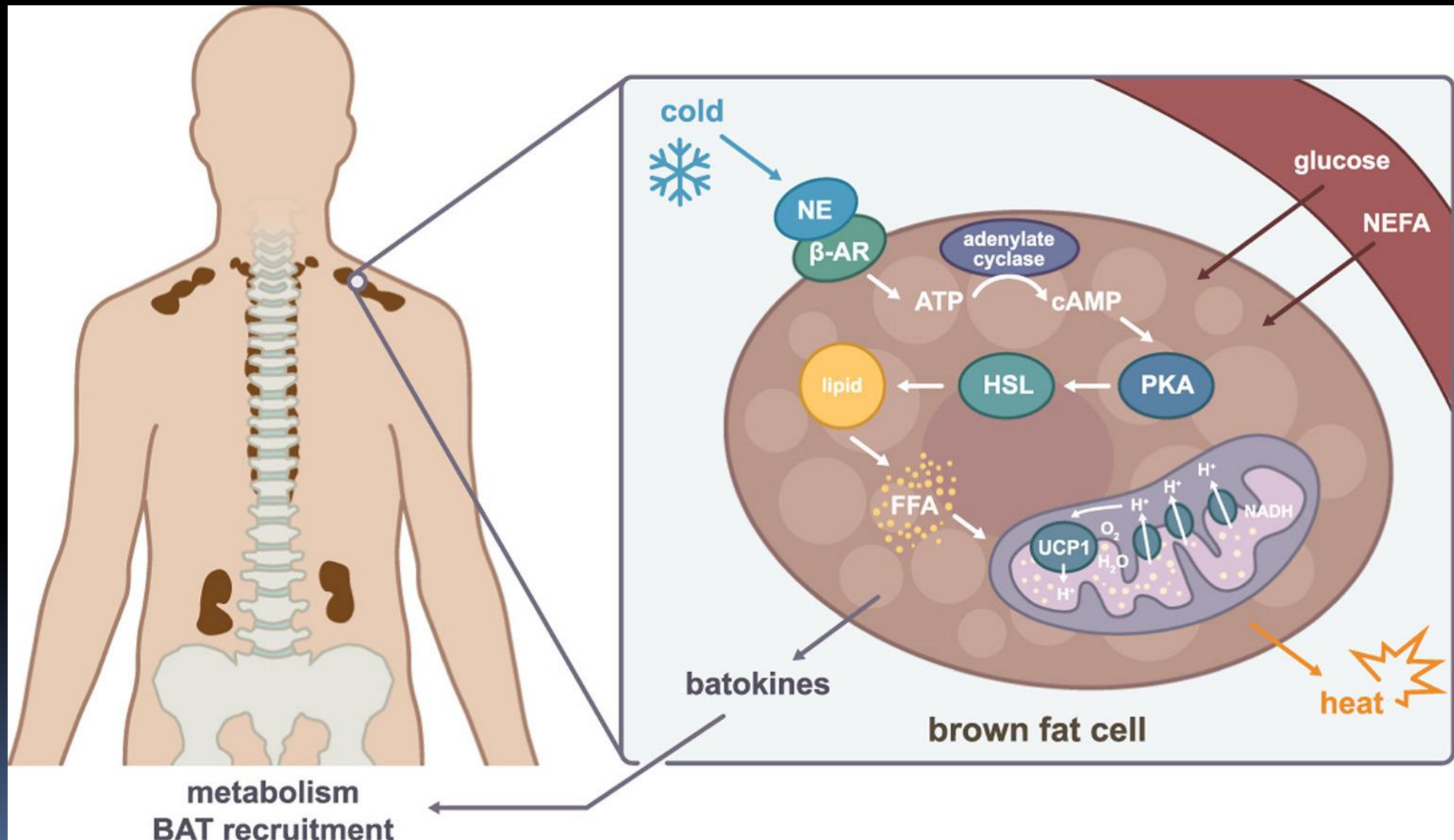
Obr. 6-6. Nákres multilokulární tukové buňky. Povšimněme si jádra, uloženého ve středu, mnohočetných tukových kapek a velkého počtu mitochondrií. Napravo dole je sympatické nervové zakončení.

Hnědý tuk : Uncoupling protein – odpojuje tvorbu ATP od průchodu  $H^+$  iontů. Všechna energie se mění na teplo.

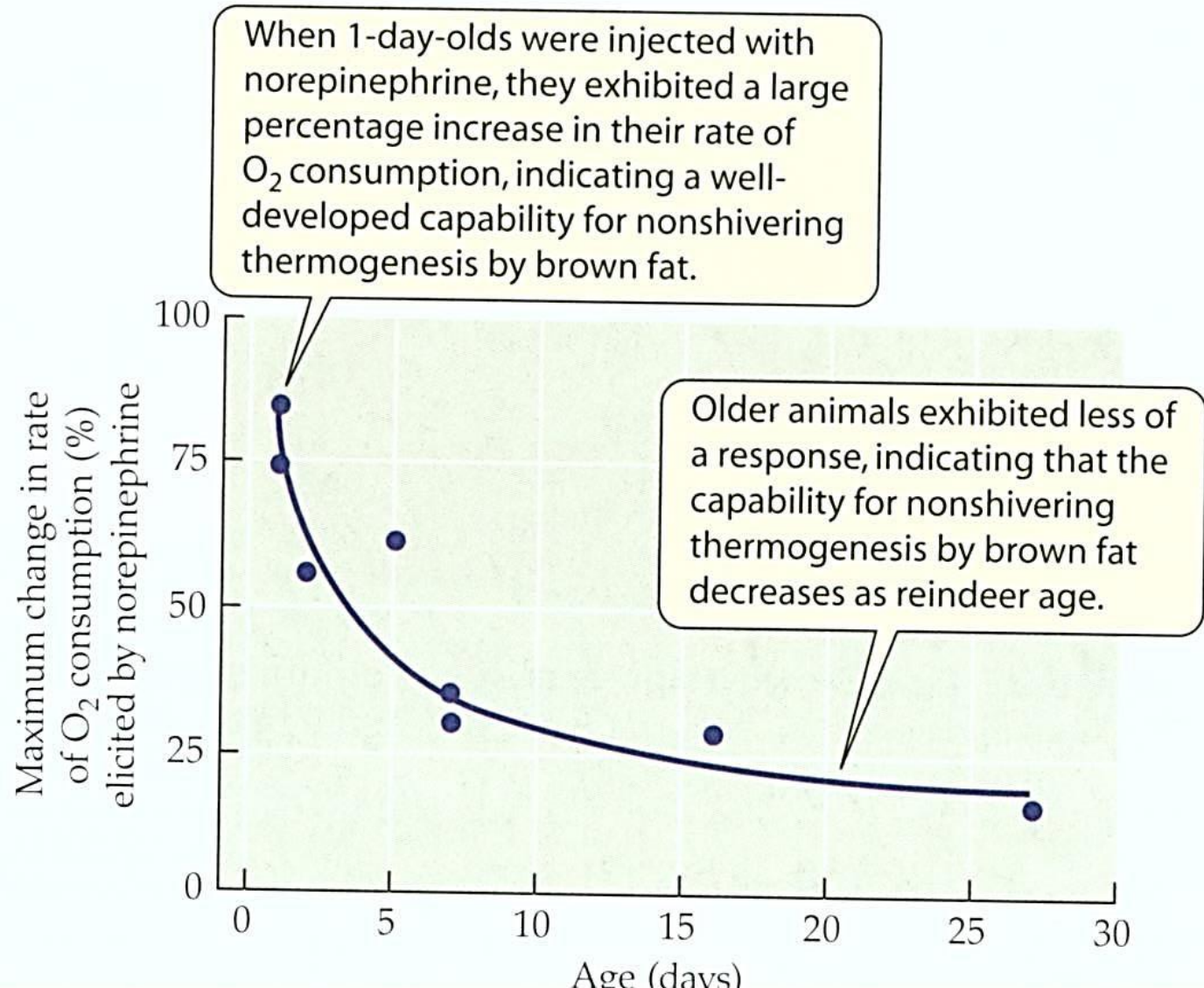


# Chemická termogeneze - hnědá tuková tkáň i u dospělých

Spouští se signálem sympatiku (noradrenalin).

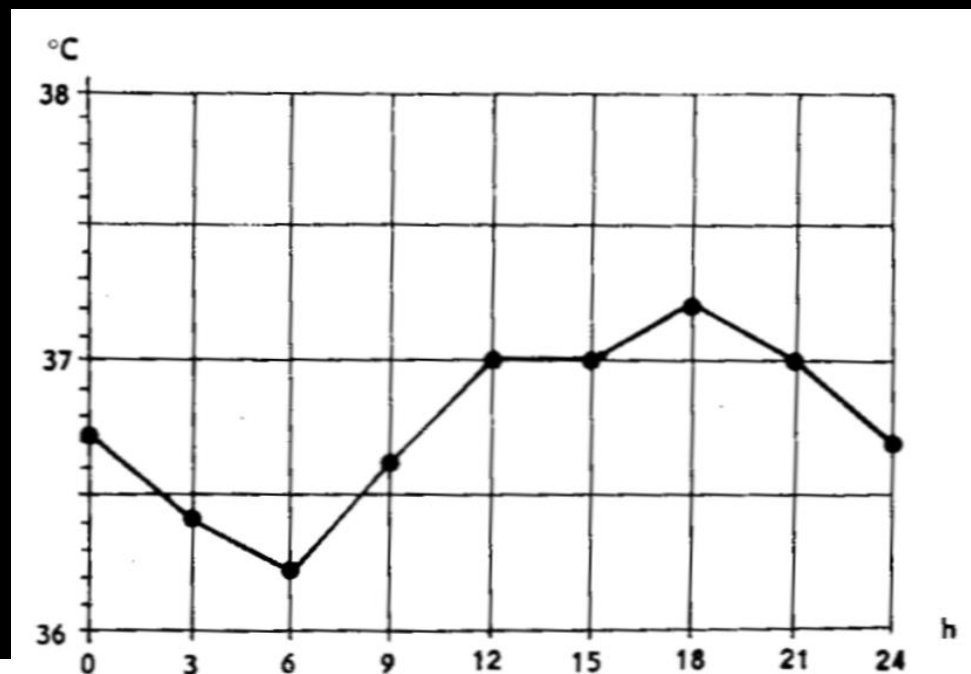


Netřesová termogeneze u aklimovaných, hibernátorů a mláďat.  
S věkem může vymizet.

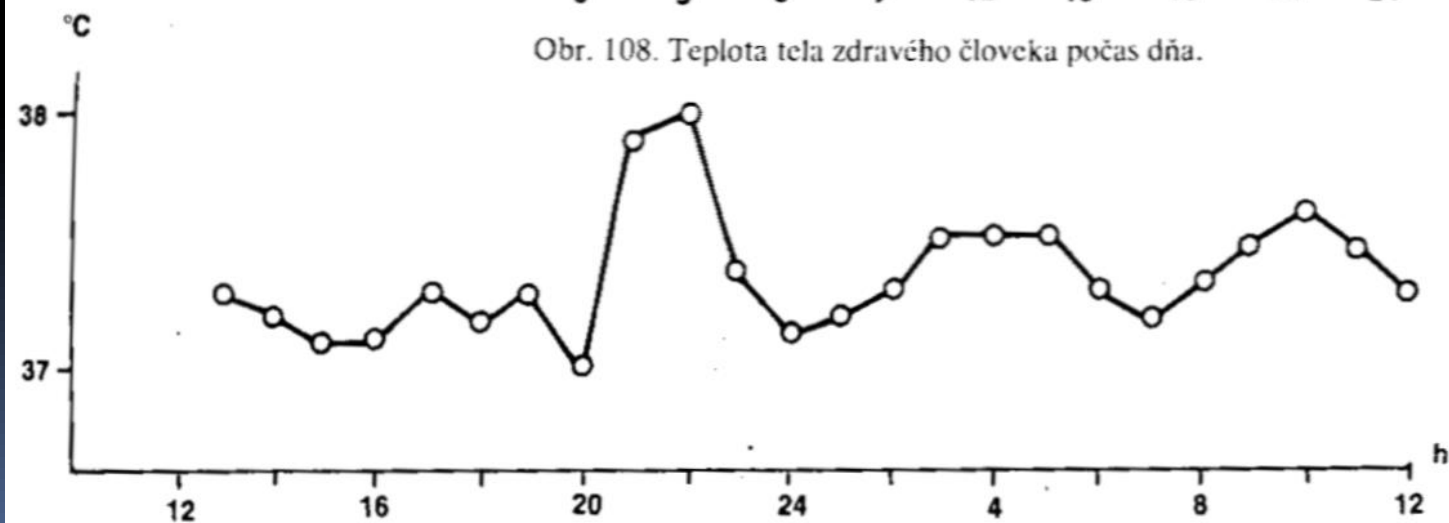




# Homoiotermie – cesta k maximálnímu využití volných nik ale i ta pod vlivem rytmů



Obr. 108. Teplota tela zdravého človeka počas dňa.



Obr. 109. Zmeny teploty tela chrčka zlatého počas dňa.

## **Klidová stádia – „uteč“ strategie poikilotermů a heterotermů**

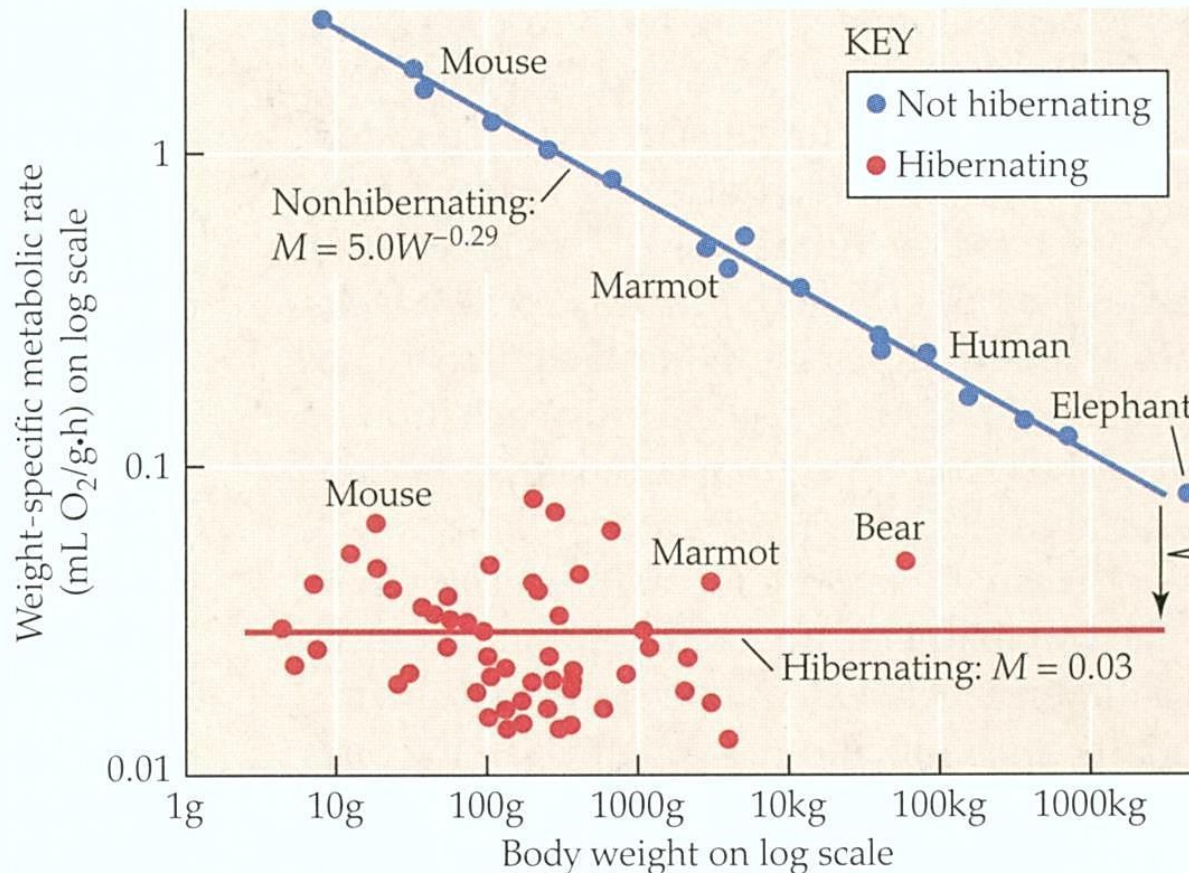
Hibernace – zimní spánek (jezevec, ježek, lelek, medvěd atd.)

Estivace – letní klidové stádium (např. měkkýši)

Torpor – noční ztuhnutí (např. kolibříci, netopýři).

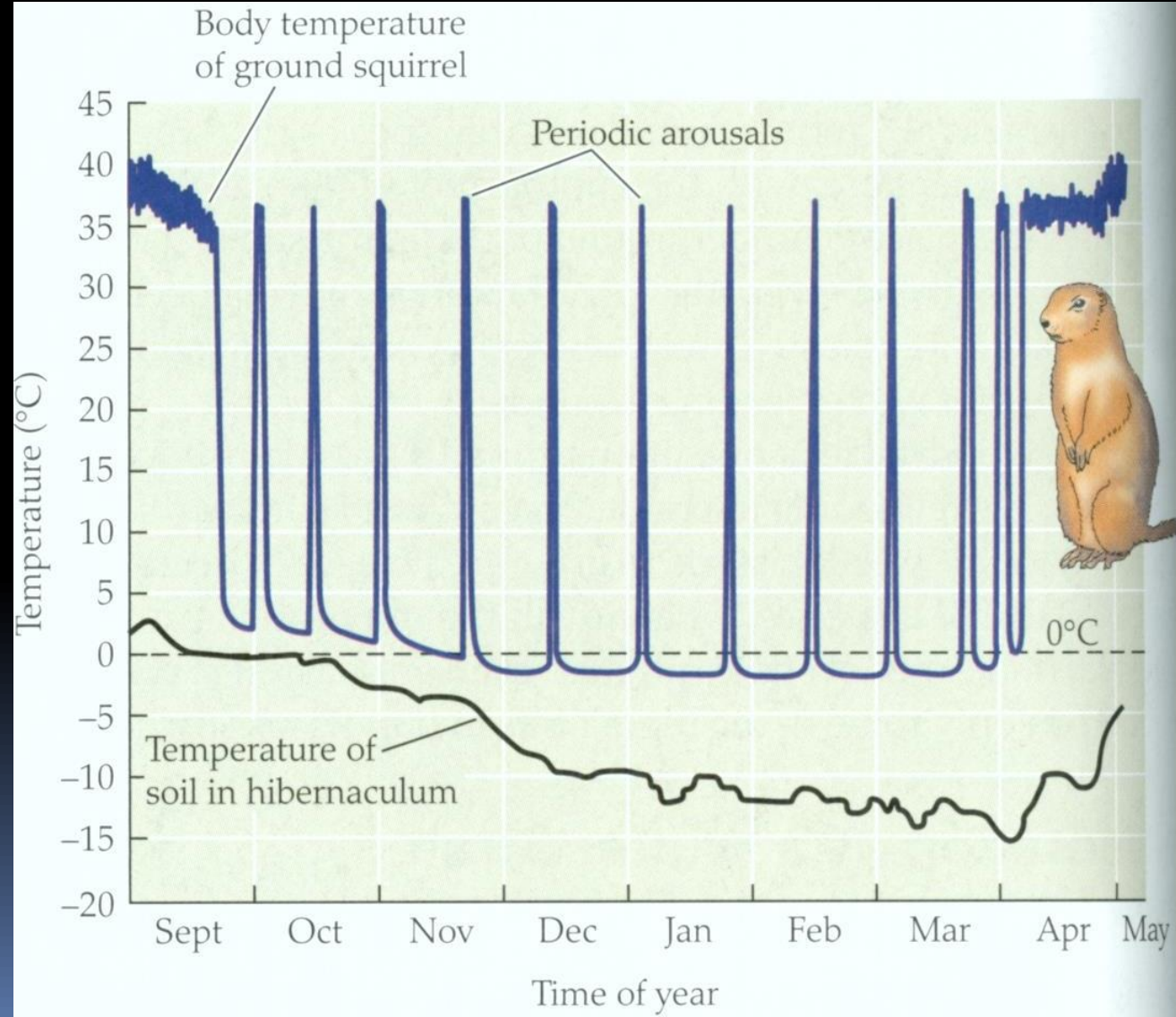
# Klidová stádia

Hibernace se vyplatí nejvíce menším savcům.

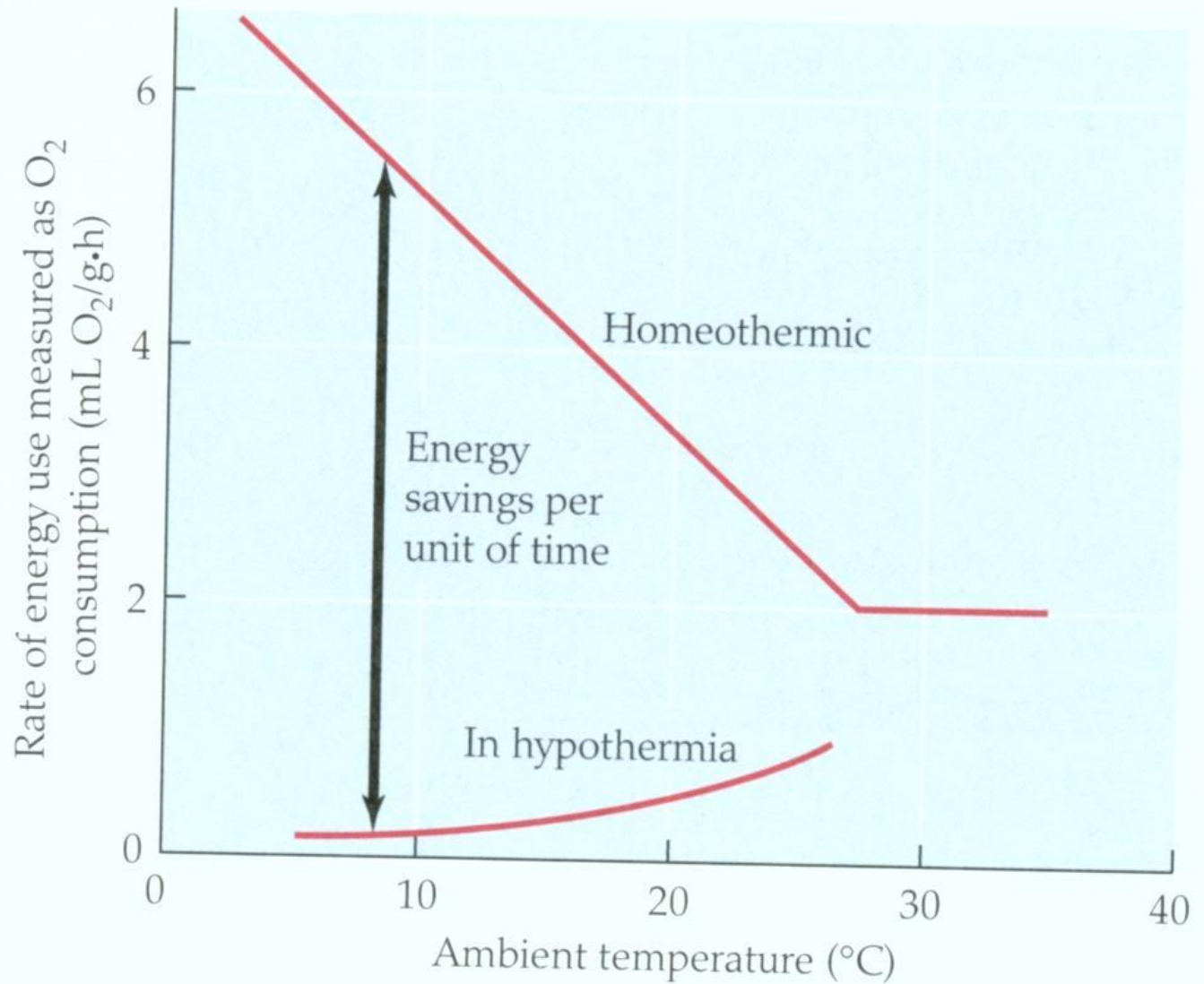


The decrease in metabolic rate brought about by entering hibernation is symbolized by the shift from the blue line to the red line. It diminishes as mammals increase in body size.

Z hibernace je potřeba se občas probudit. Heterotermové termoregulují i při hibernaci. Sysel.



Hypotermie se vyplatí jen při nízké teplotě.



## Shrnutí

Stálá teplota přináší výhodu největšího výkonu životních dějů. Poikilotermie je lacinější strategie vhodná pro malé a málo metabolizující.

Homoiotermie je dražší, ale otevírá nové niky.

Na určitou teplotu se lze aklimatizovat i během života.

Nikdy nesmí vzniknout intracelulární led.

Protiproudá výměna jako prostředek fyzikální termoregulace.

Netřesová a třesová termogeneze jsou chemické zdroje tepla.

Heterotermie není totéž co poikilotermie.