

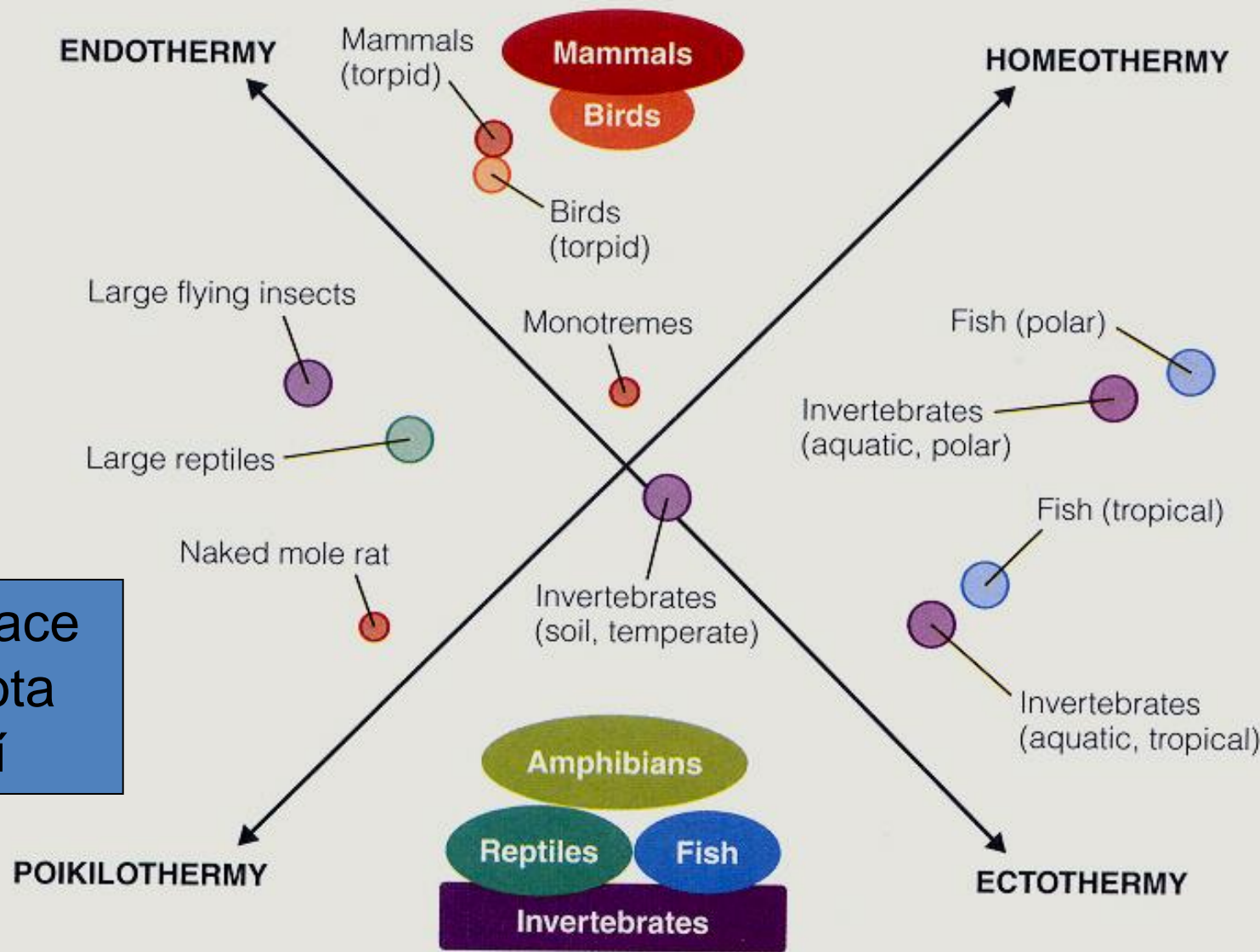
# Teplota a termální fyziologie

Teplota je zásadní faktor pro biochemické děje. Aktivační energie roste a reakce se zrychlují.

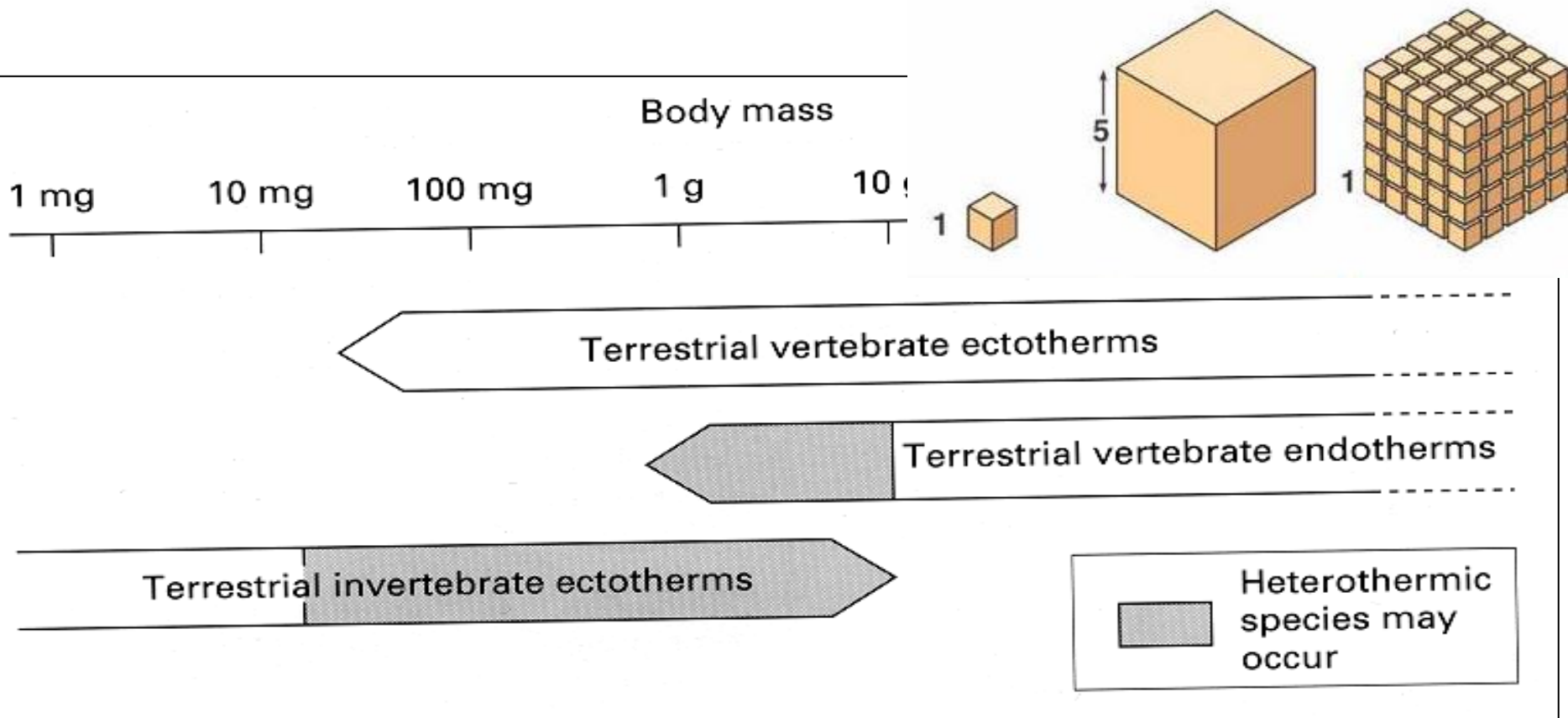
Rozmezí teplot na Zemi je  $-80$  st.C. po teploty nad  $100$  st.C.

Podstatné je také časové kolísání teplot.

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.



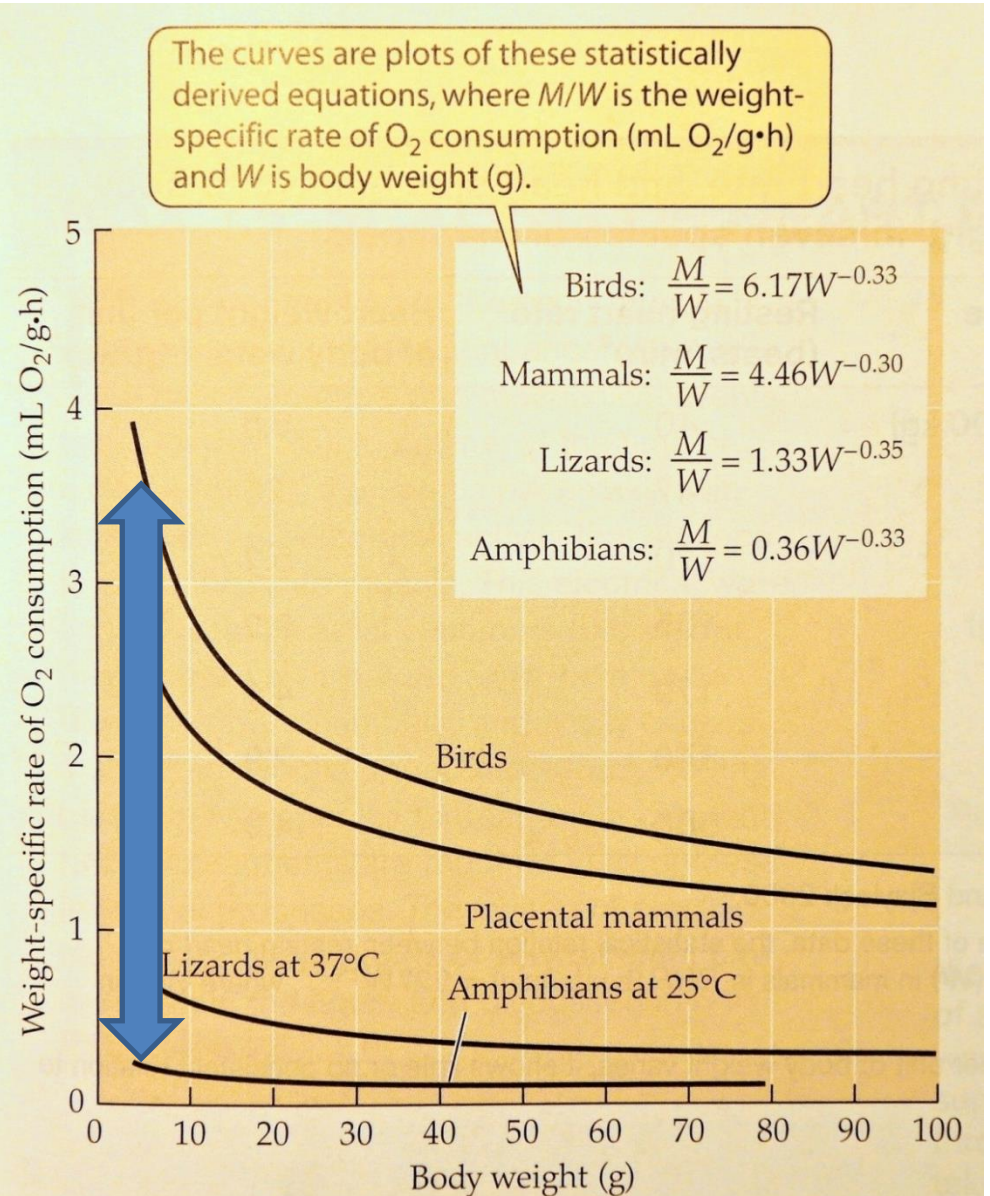
Termoregulace jako evoluční krok k volným nikám.  
Tkáně jsou neustále v optimální teplotě.

Jen velcí si mohou dovolit termoregulovat.

Behaviorální termoregulace je ale dostupná i malým.

Není to zadarmo:

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



# Teplota a metabolismus u poikilo a homioioteřmů.

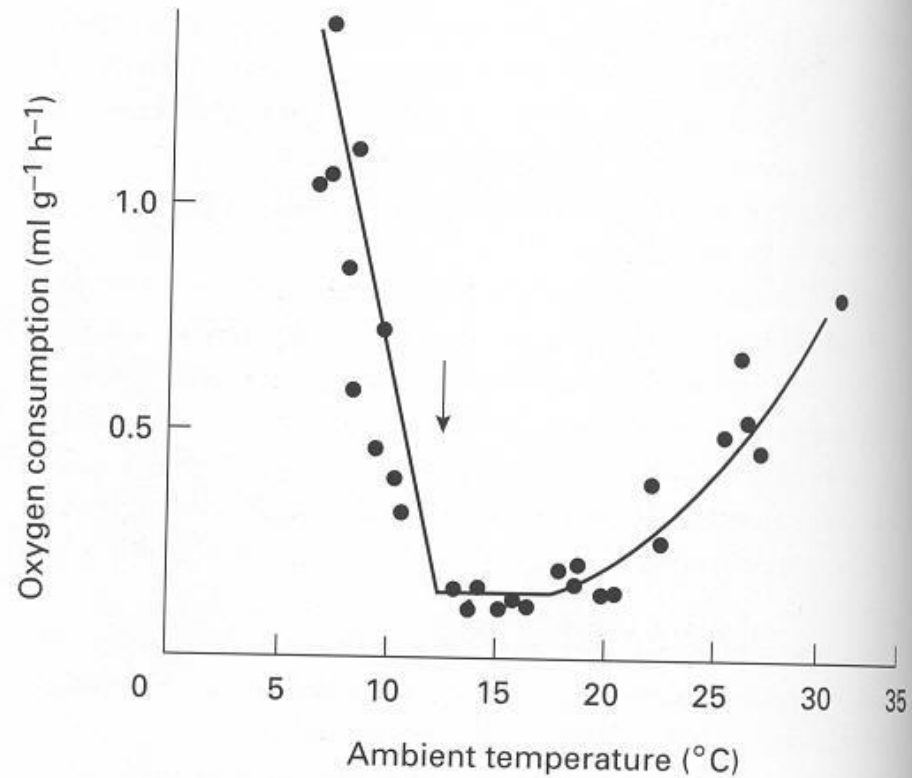
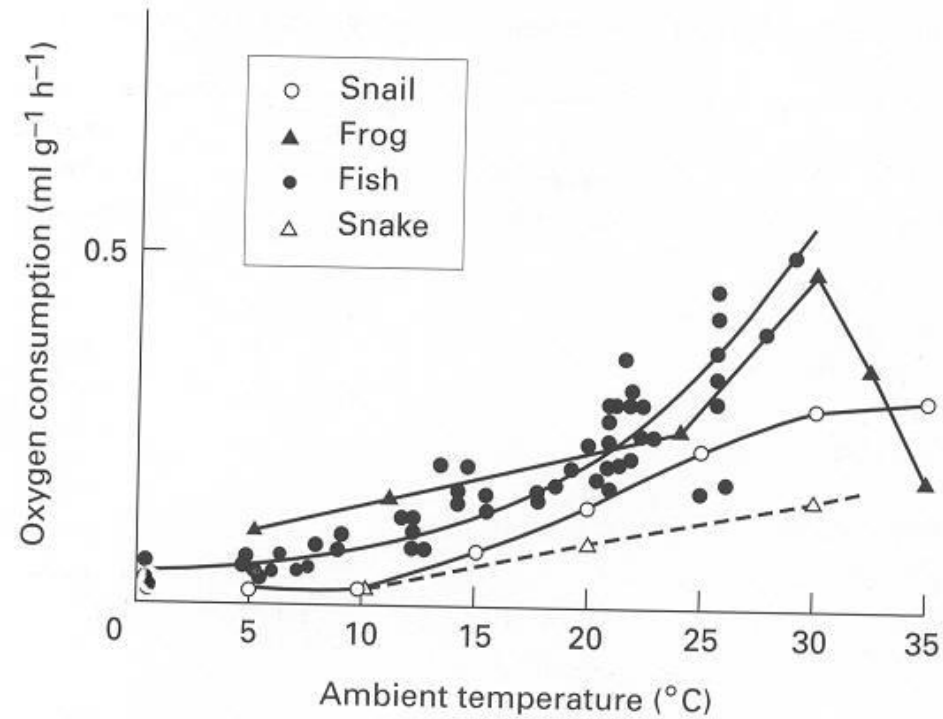


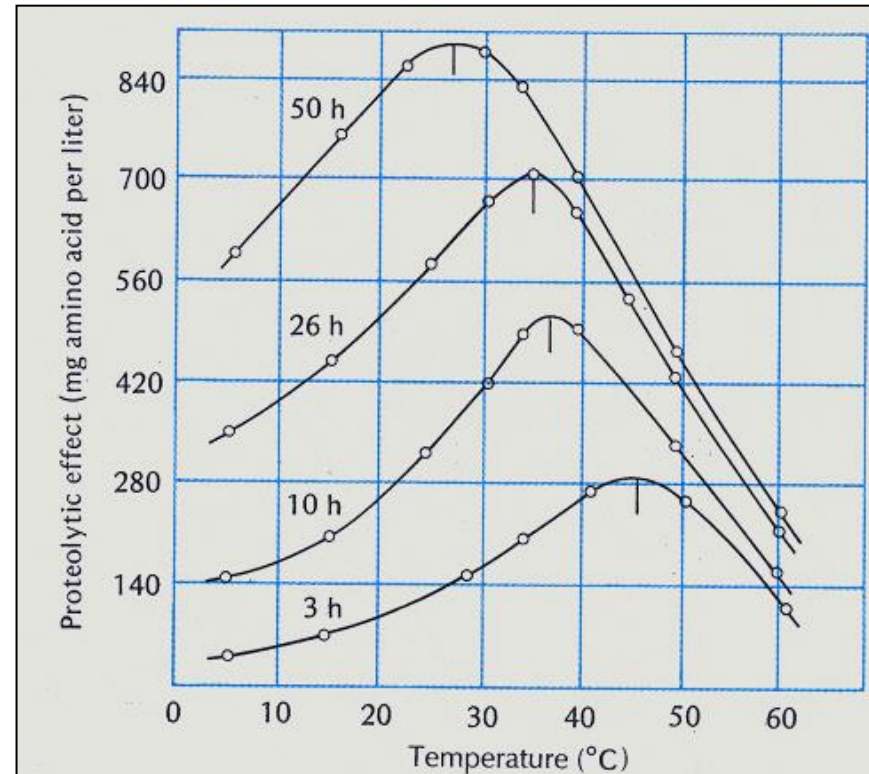
Fig. 6.17 Relationship between ambient temperature and metabolic



# 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]

# 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

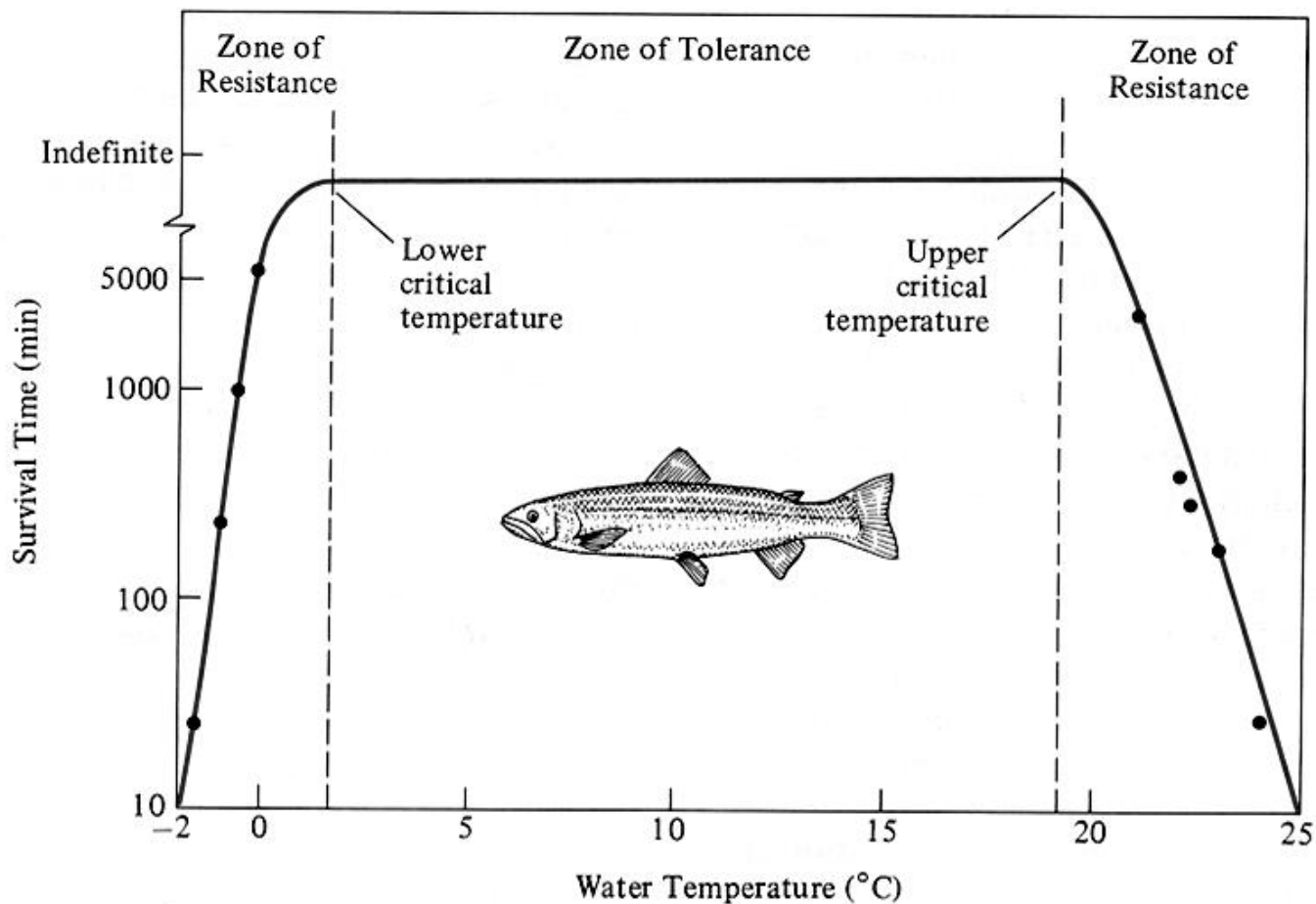


*Rychlá adaptace - aklimace:* I u jedince může dojít ke změně odolnosti vůči teplotě. Šváb adaptovaný na teplotu 36°C upadá do stavu strnulosti (chládový šok) při snížení teploty na 9.5°C. Byl-li však chován alespoň 24 hod při teplotě 15 °C., pak dojde ke chládovému šoku až při 2°C.

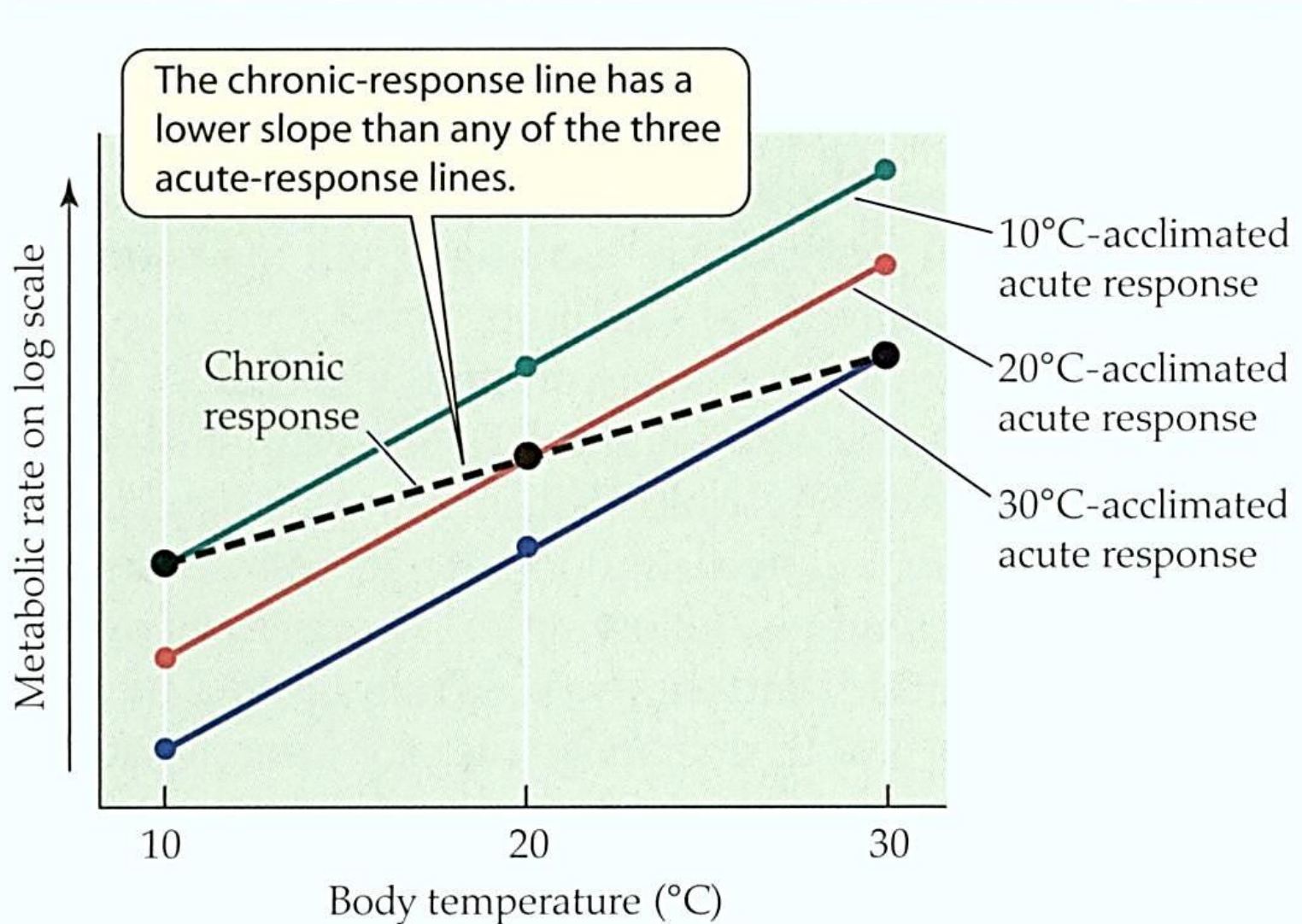


# Adaptace, Aklimace

Optimum má širší nebo užší hranice. Stenotermní x eurytermní

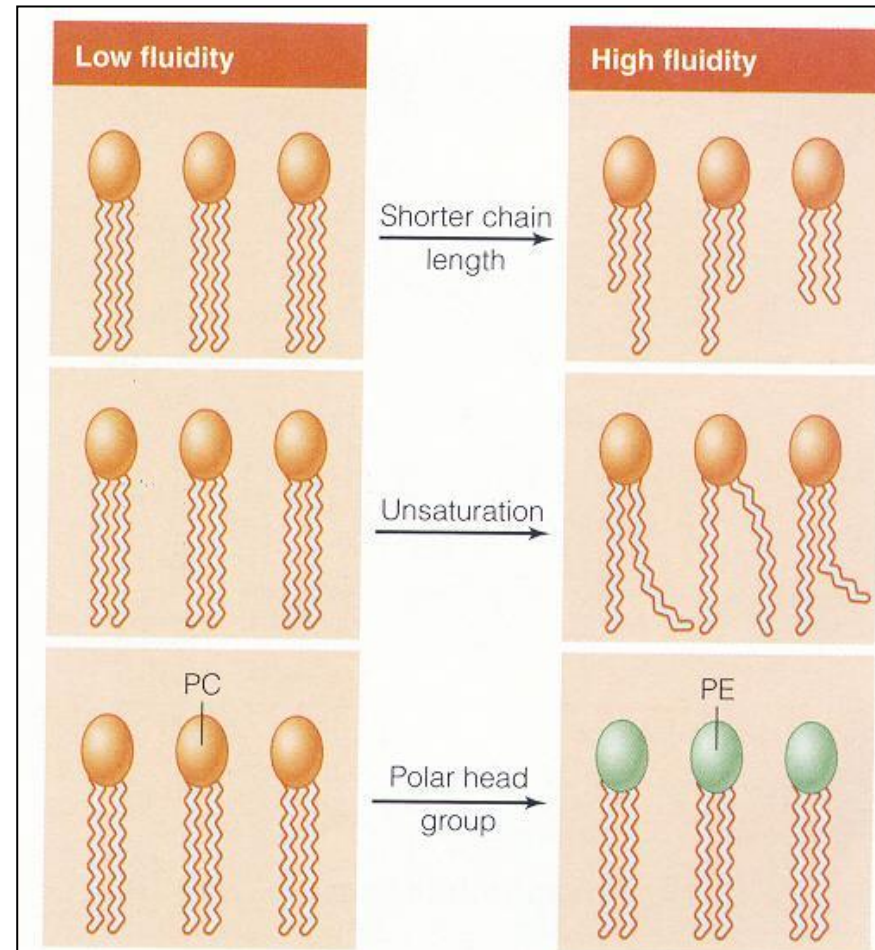


Aklimace je přizpůsobení se dlouhodobému působení určité teploty. Rychlé změny vedou k větším výkyvům v metabolismu. Aklimace vyžaduje čas.



# Aklimace - Jak udržet buněčné děje v chodu.

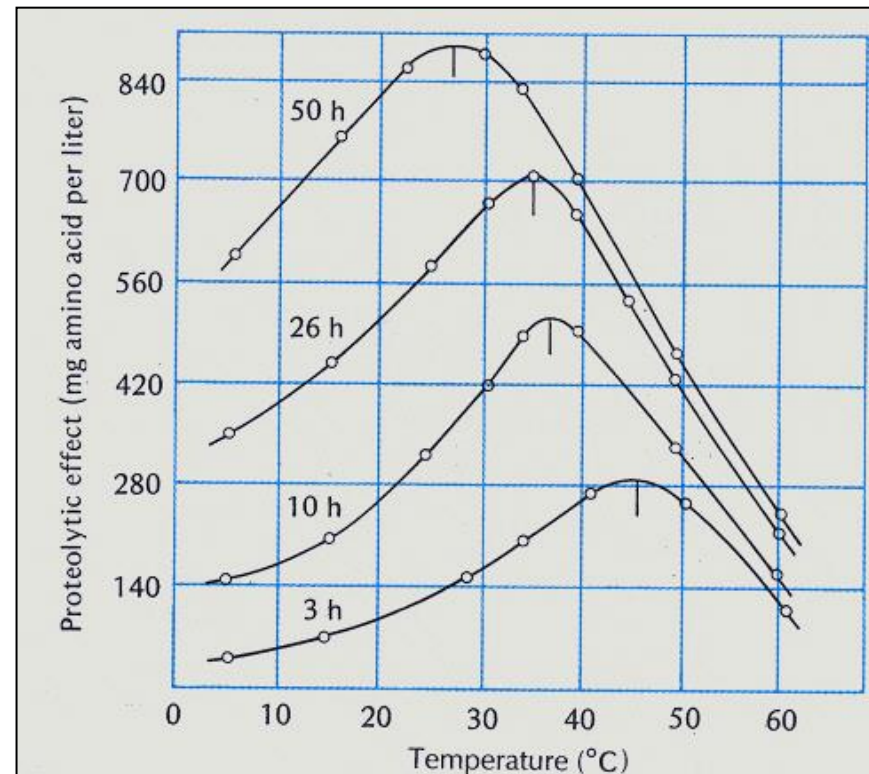
- A. Kontrola fluidity membrán
  - Délka řetězce
  - Saturace
  - Fosfolipidová třída (fosfatidilcholin x fosfatidilethanolamin)
  - Cholesterol – udržuje fluiditu za nízkých T
- B. Syntéza ochranných látek (teplo i chlad)
- C. Změny spektra enzymů a/nebo syntéza homologů
- D. Změny izoformem proteinů (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.

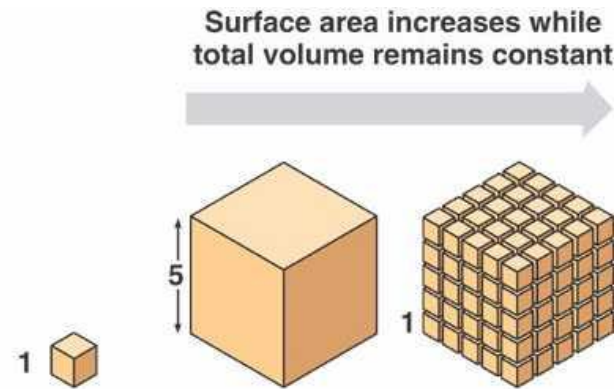


**Figure 4.1** The effect of temperature on a protein splitting enzyme (protease) from the ascidian *Halocynthia*. The enzyme effect seems to have a temperature optimum, but this optimum is lower the longer the duration of the experiment. This is explained in the text. [Berrill 1929]



# Poikilotermie

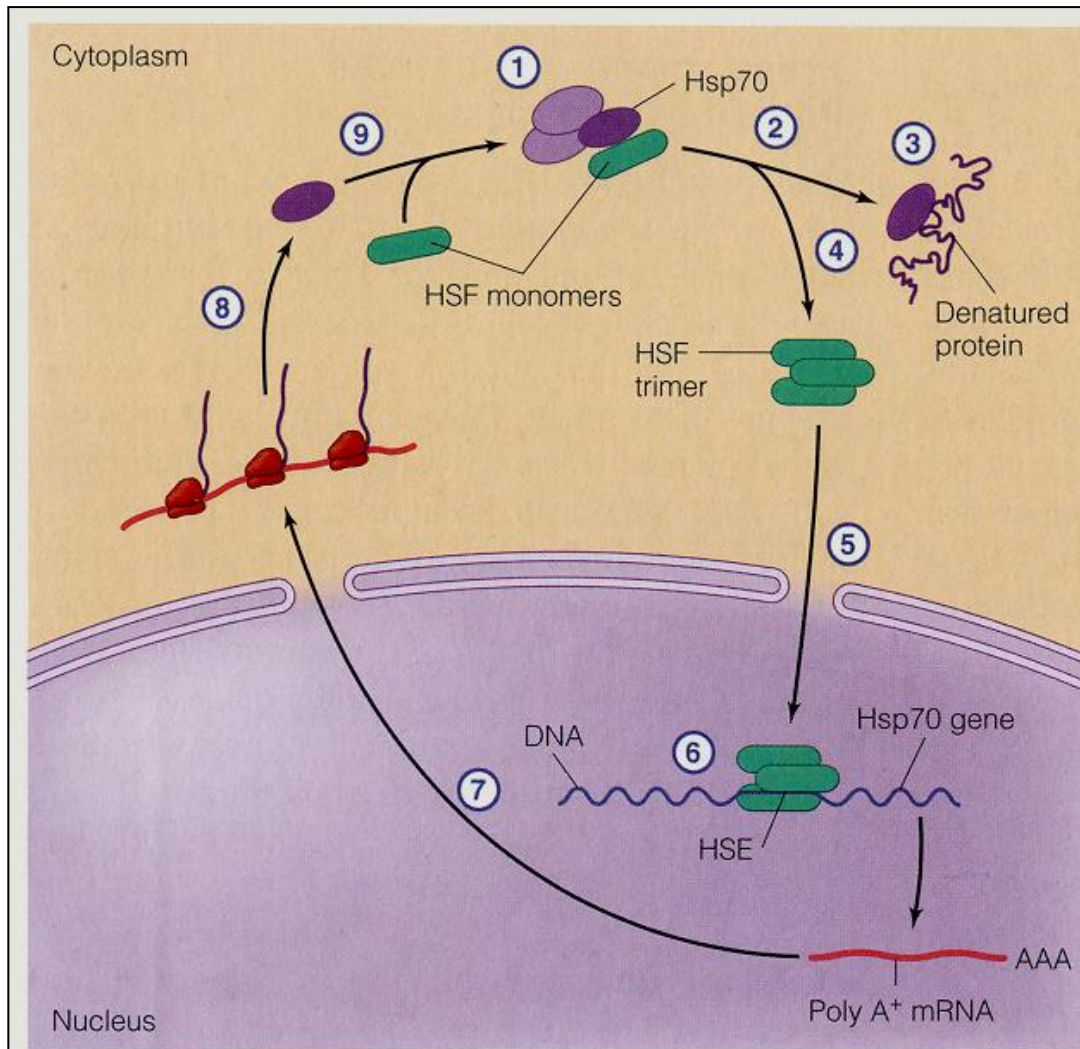
Jako každá konformní strategie je lacinější, pro malé živočichy s velkým povrchem jediná možná. I za cenu snížené výkonnosti.



Total surface area (height × width × number of sides × number of boxes)	6	150	750
Total volume (height × width × length × number of boxes)	1	125	125
Surface-to-volume ratio (surface area / volume)	6	1.2	6

# 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.

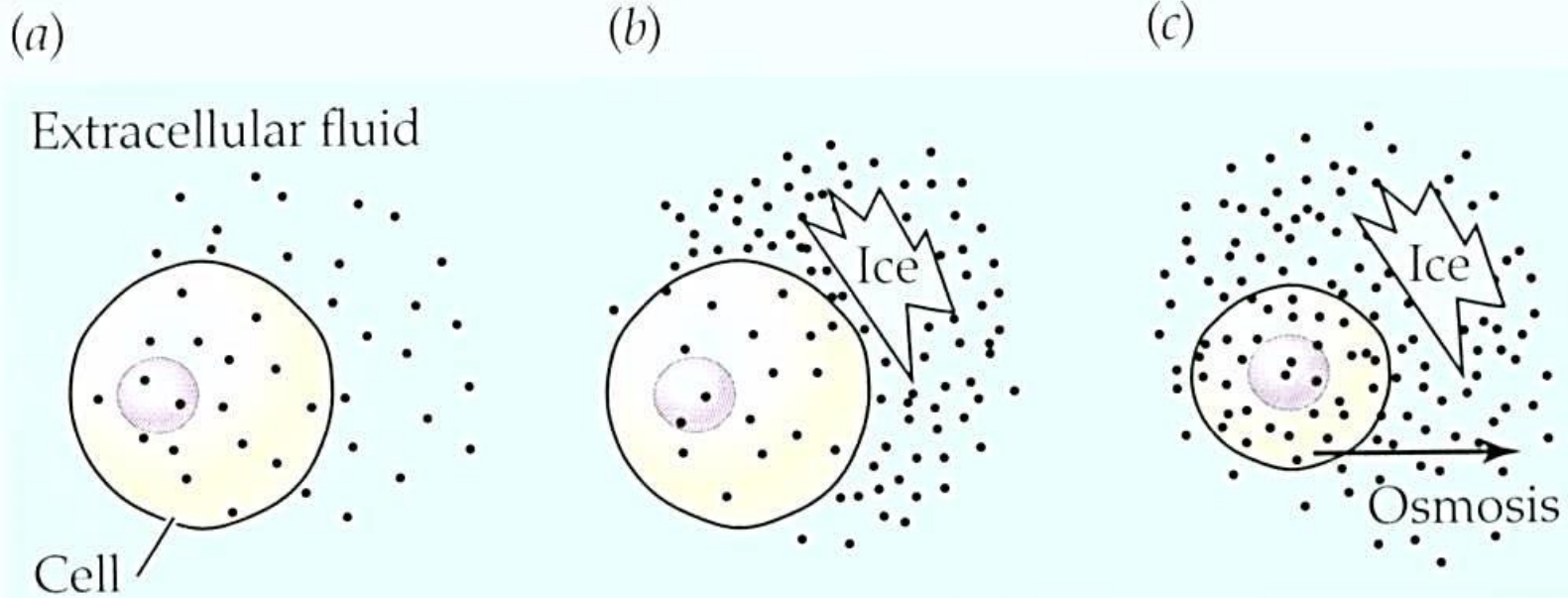
Figure 13.15 Heat shock response

# Poikilotermie - chlad

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

Intracelulárně led nesmí vzniknout nikdy.

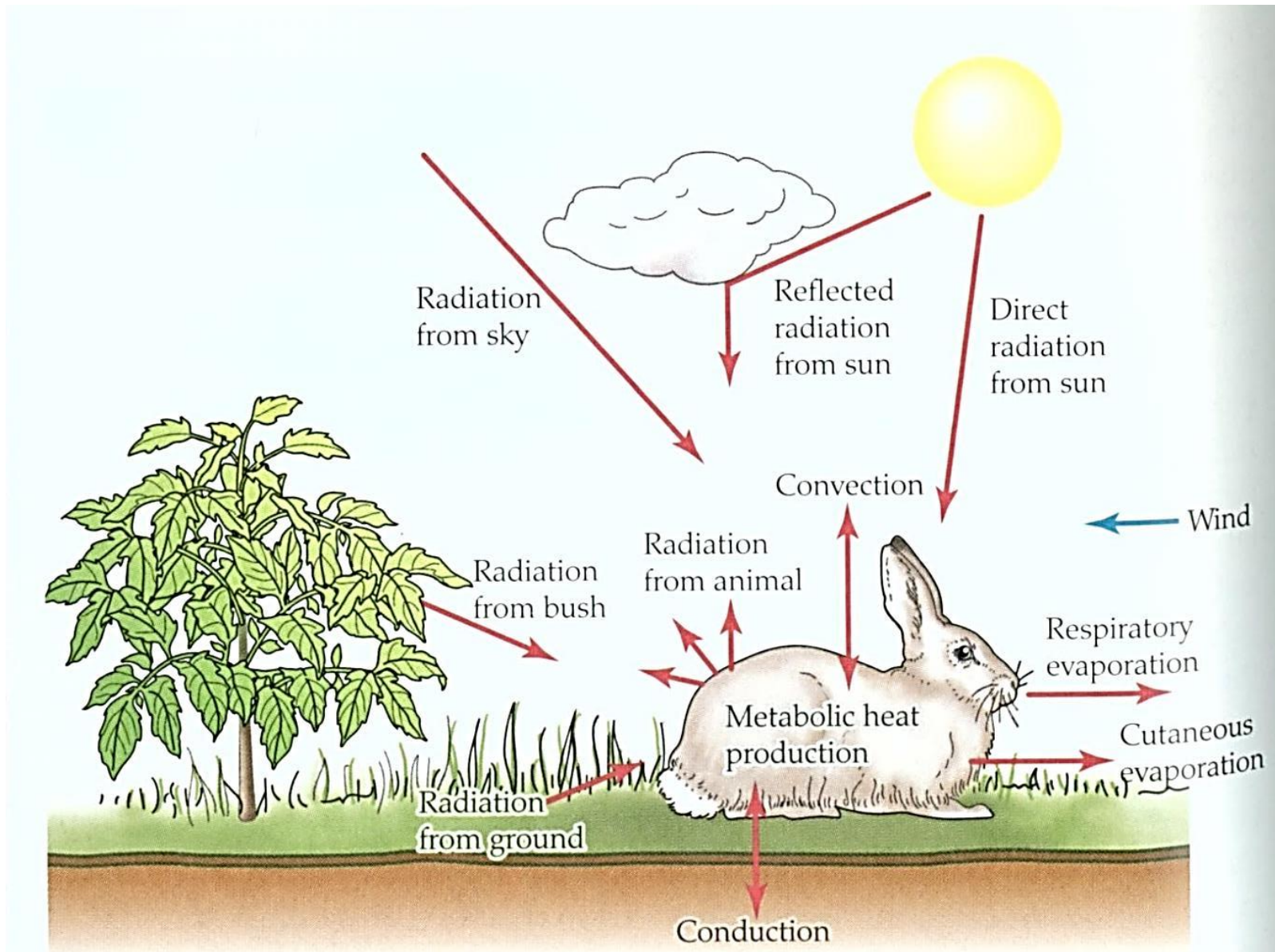
Ale i tvorba extracelulárního ledu vystavuje buňky osmotickému stresu.





# Fyzikální regulace

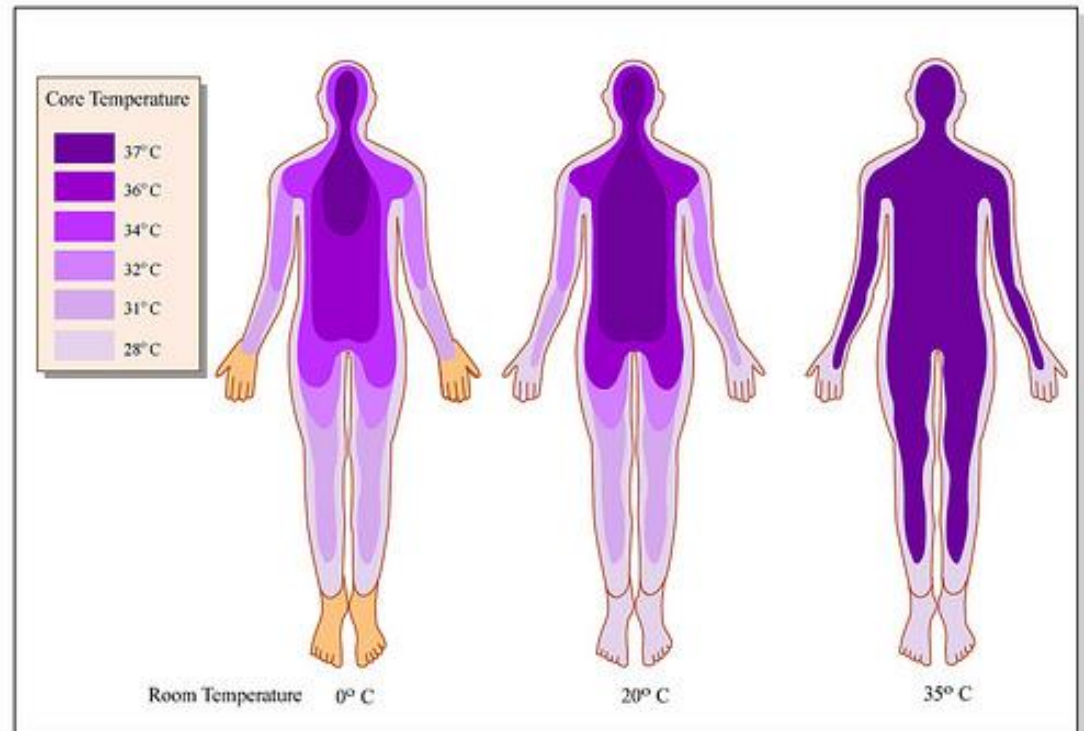
Výměna tepla mezi organismem a prostředím.





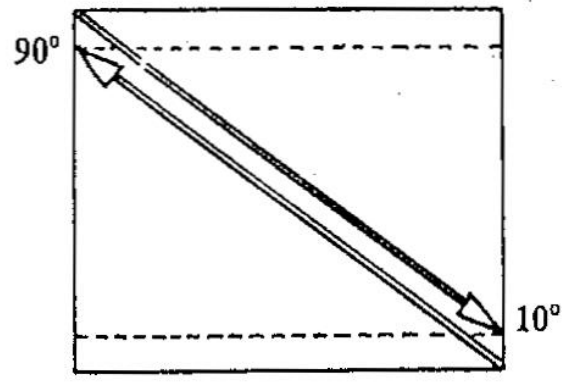
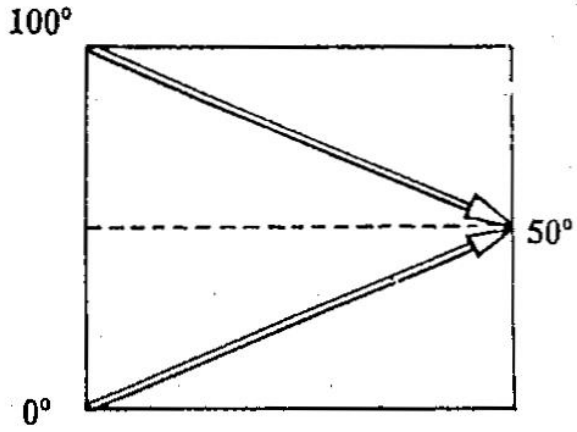
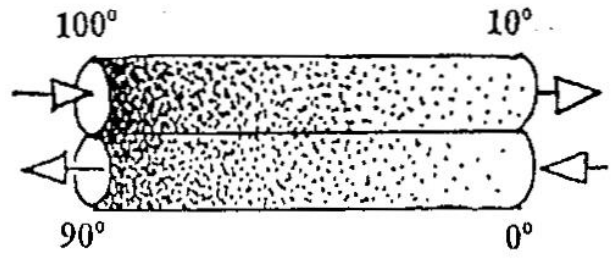
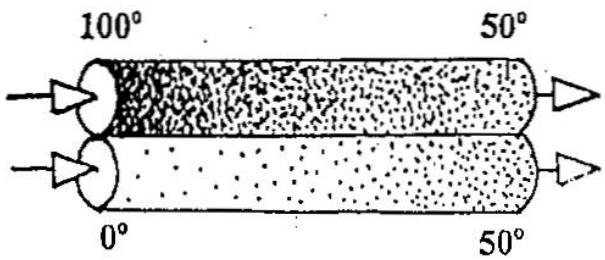
# Homoiotermie a fyzikální regulace

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



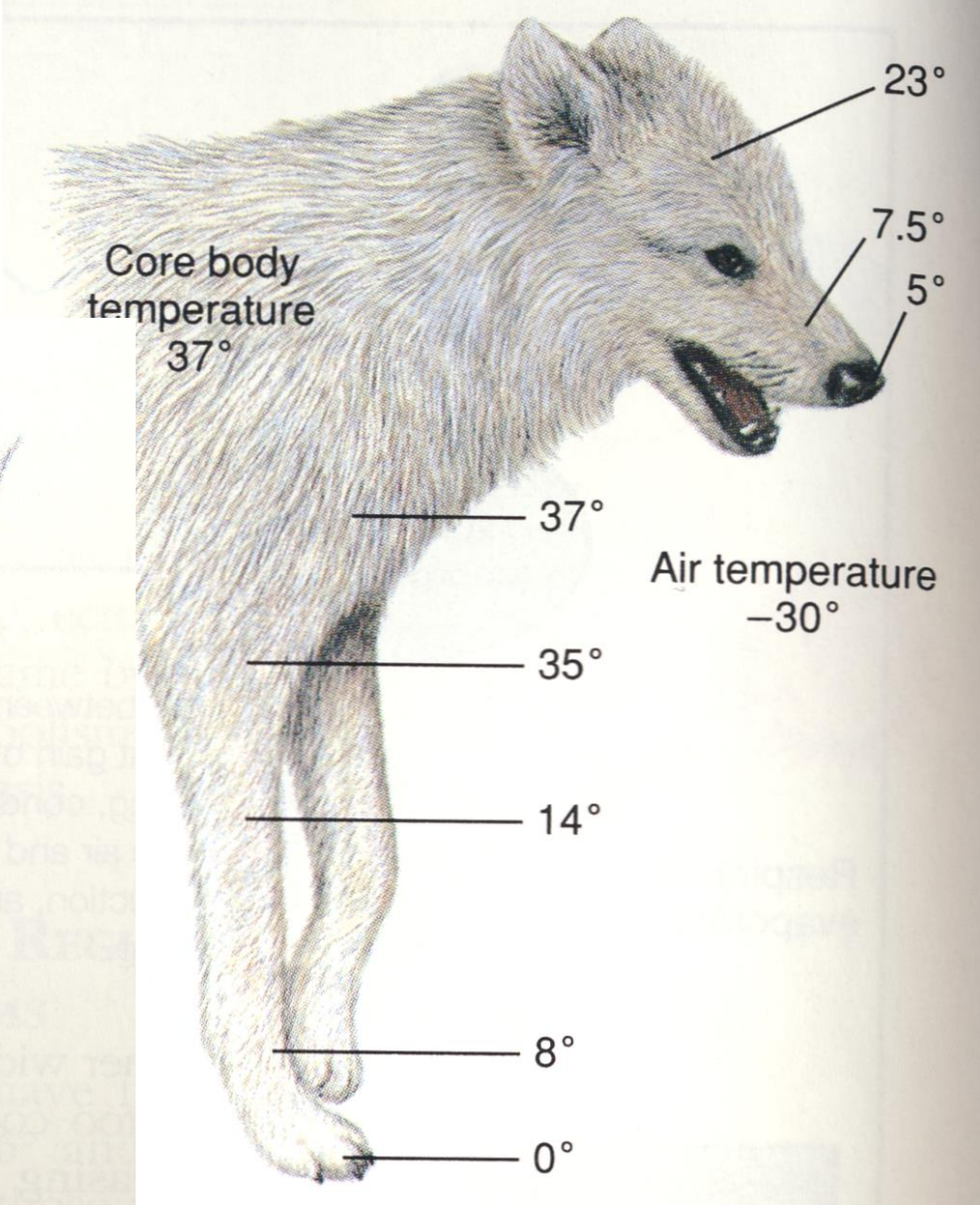
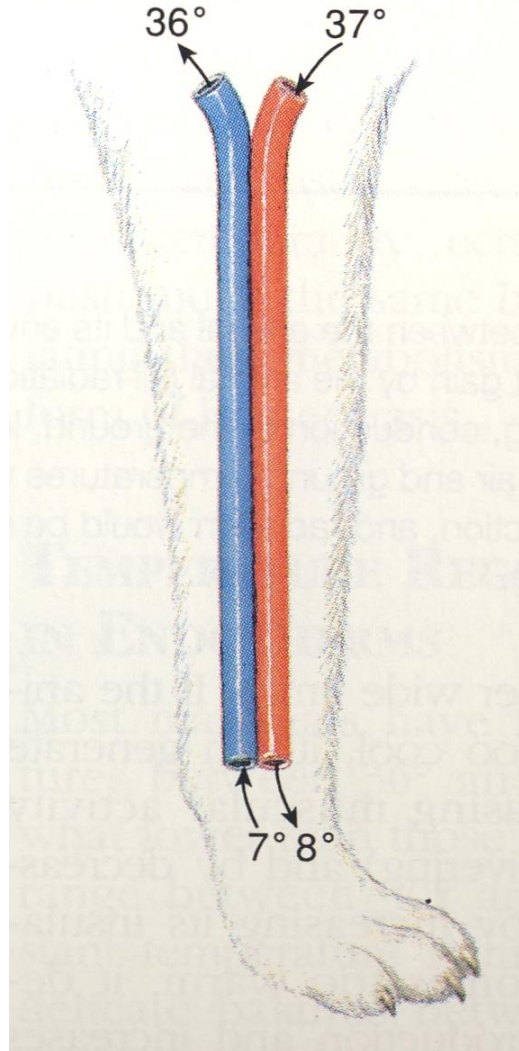
# Protiproudá výměna

Dokáže oddělit  
teplé a studené  
tkáně.



# Protiproudá výměna

Dokáže oddělit  
teplé a studené  
tkáně.



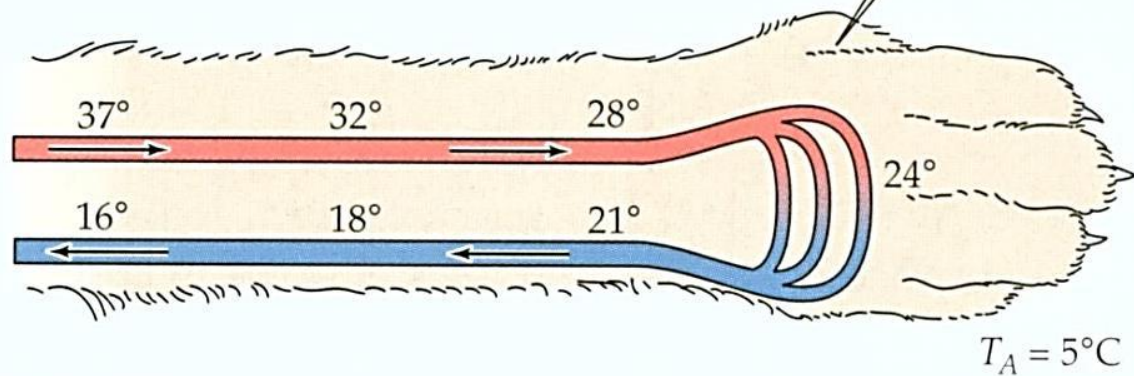
# Protiproudá výměna

Dokáže oddělit teplé a studené tkáně.

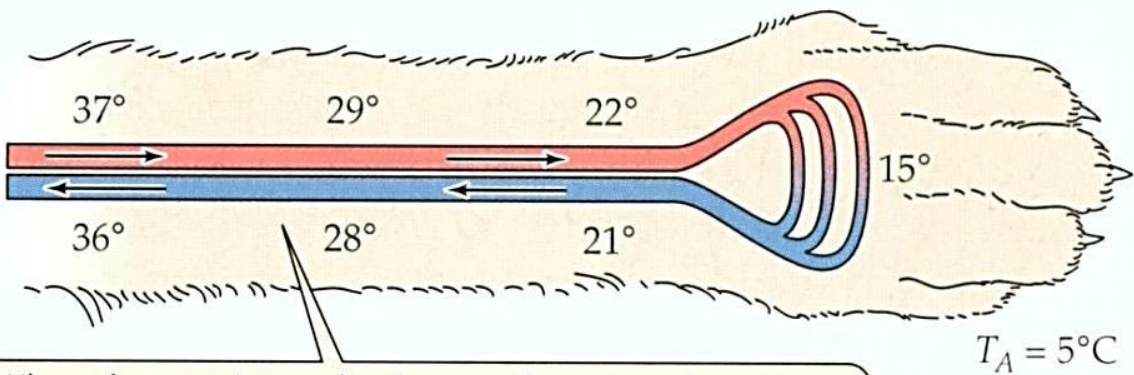
U člověka dvě sady žil – podle teploty blíže nebo dále povrchu.

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

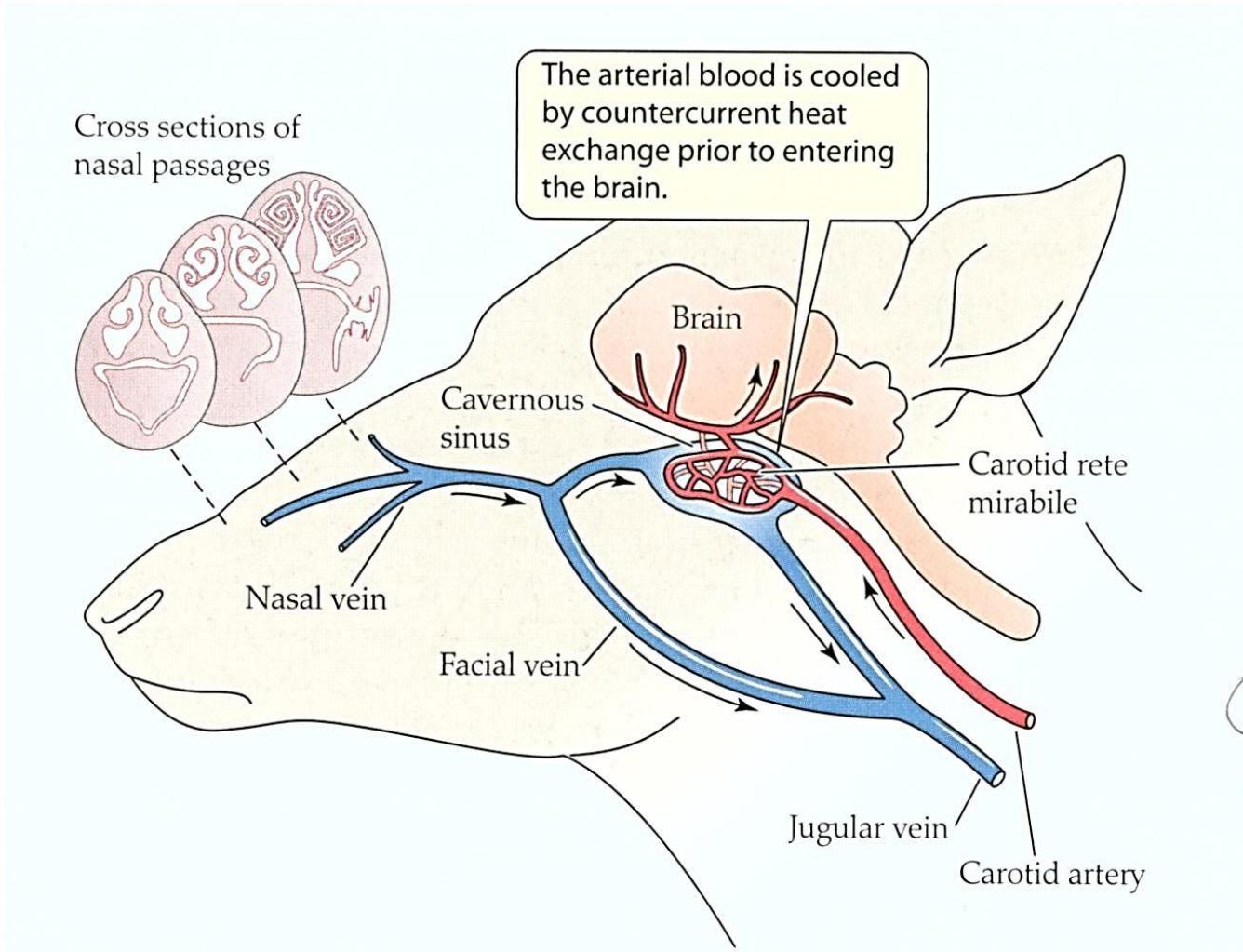


When the arteries and veins are close together, allowing countercurrent heat exchange to occur, some of the heat lost from the arterial blood enters the venous blood. The temperature of the venous blood thus rises as the blood travels toward the body.



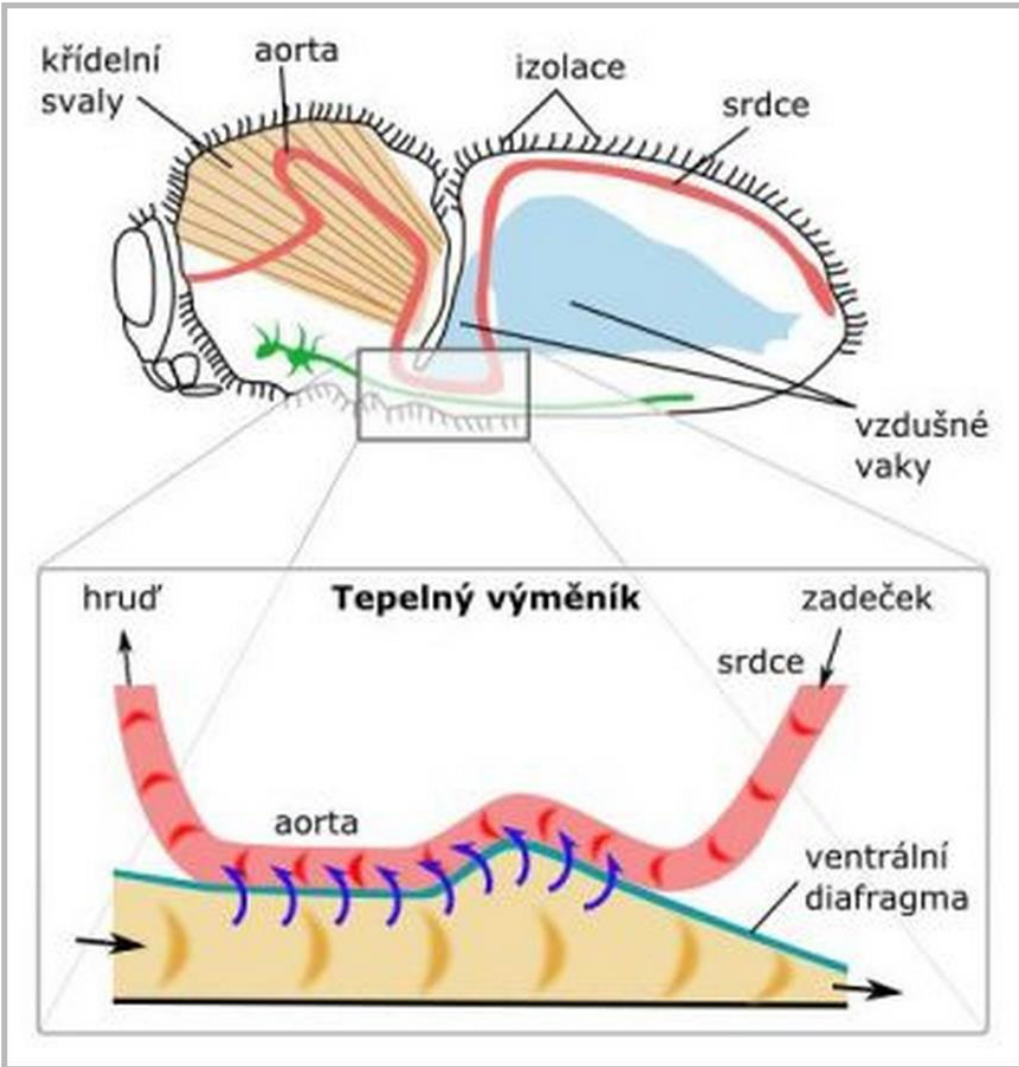
# Protiproudá výměna

Mozek musí mít stálou teplotu.



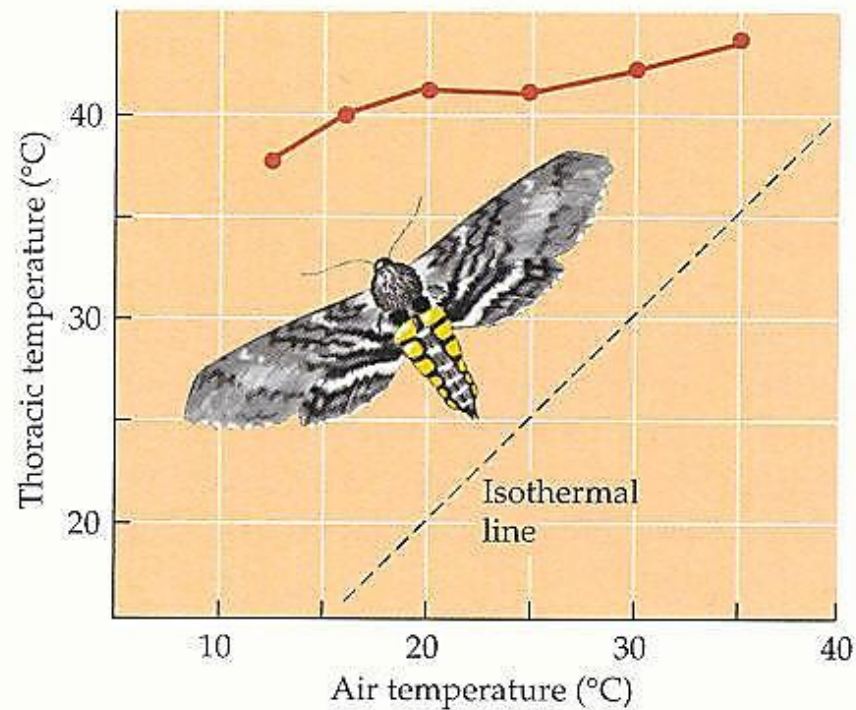
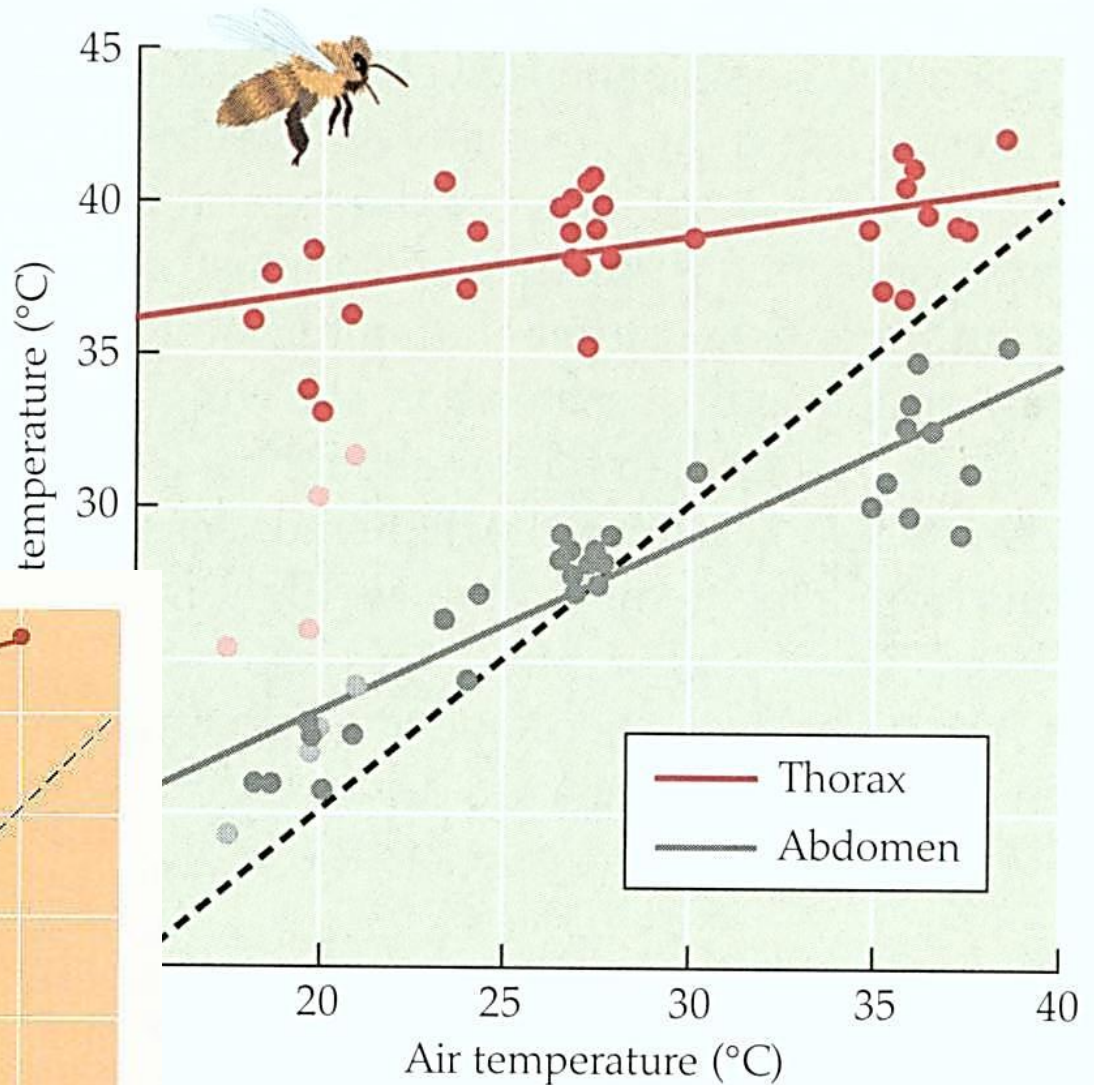
# Protiproudá výměna i u poikilotermů

Hrud' včely musí mít stálou teplotu.

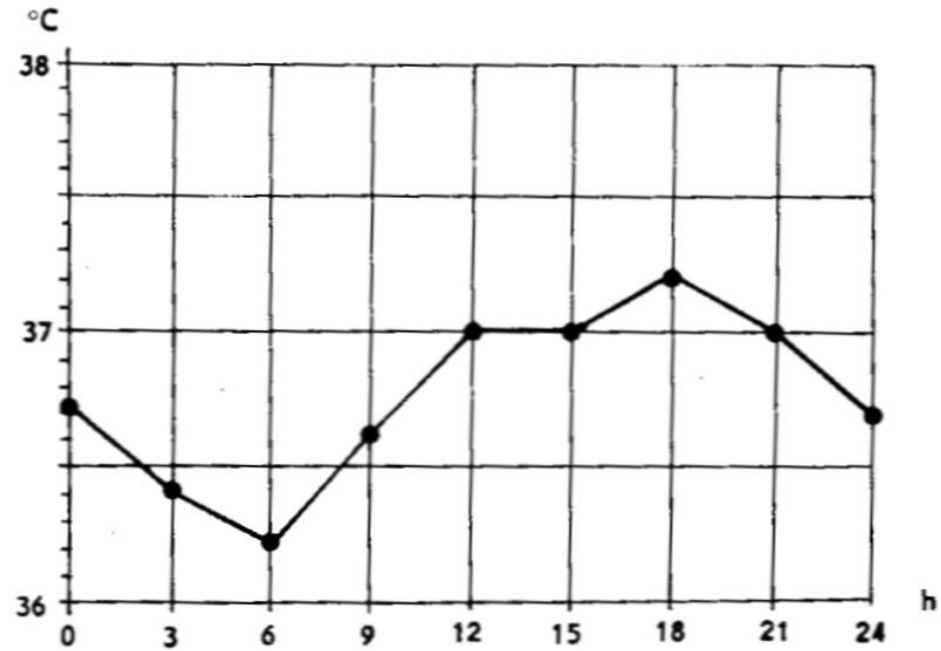


I hmyz termoreguluje.  
Thorax je choulostivější  
než abdomen

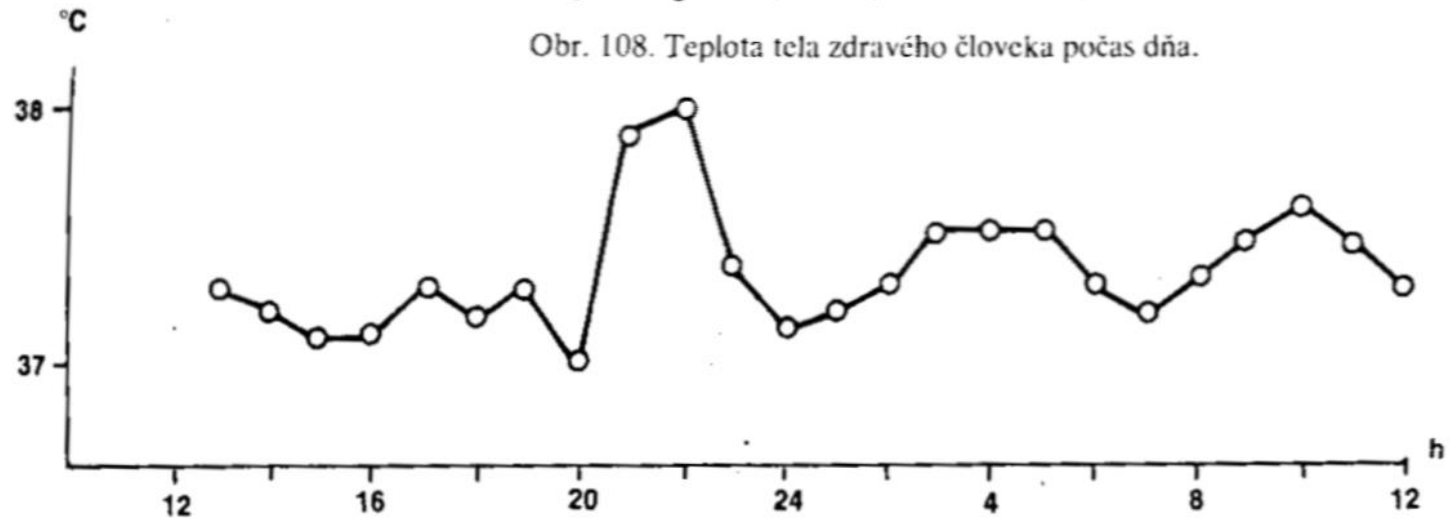
(a) Temperatures of thorax and abdomen



# 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.

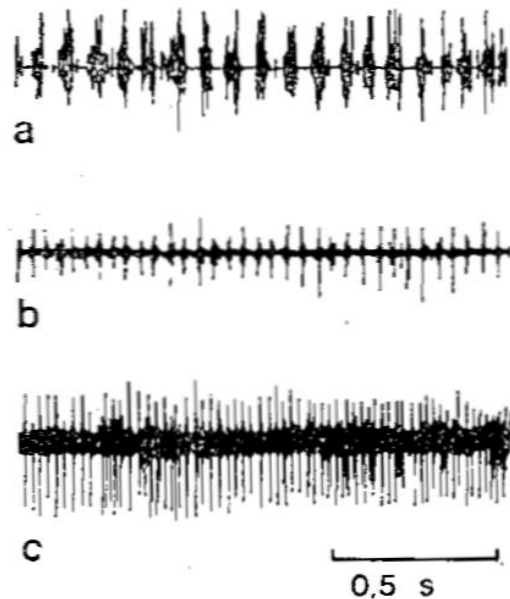


# Fyzikální termoregulace – izolace a plocha pro ztráty tepla - vyhřívání, choulení

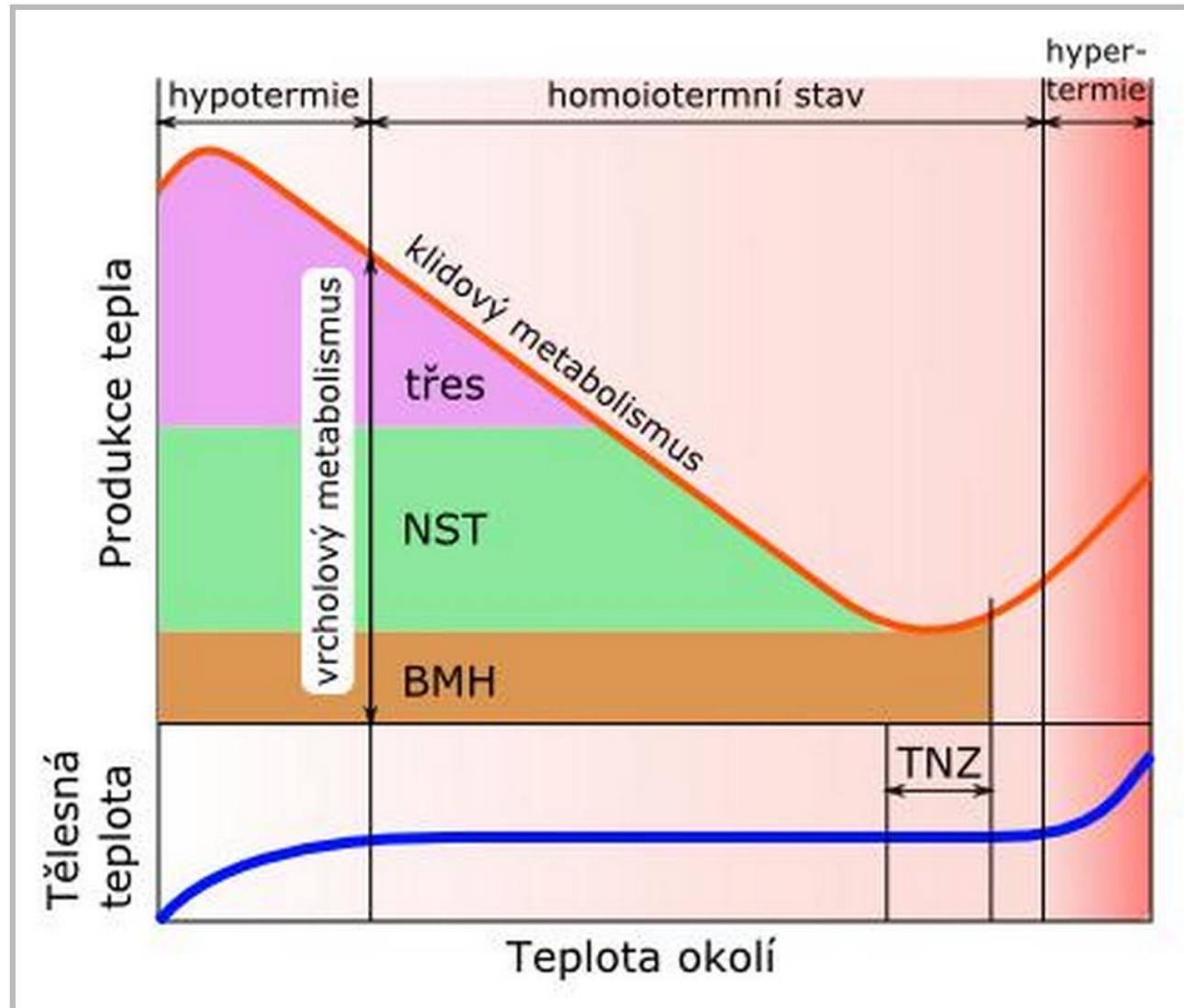


# Homoiotermie a chemická regulace

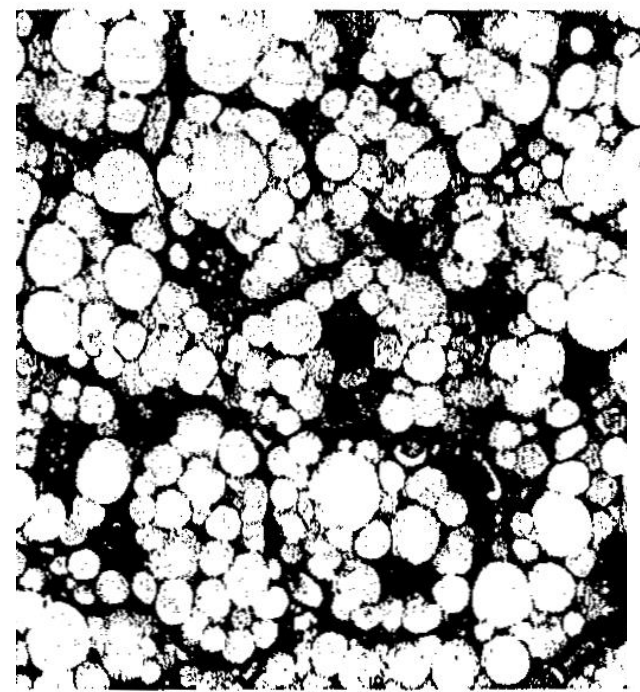
Třesová a netřesová (NST) termogeneze  
BMH – bazální metabolismus



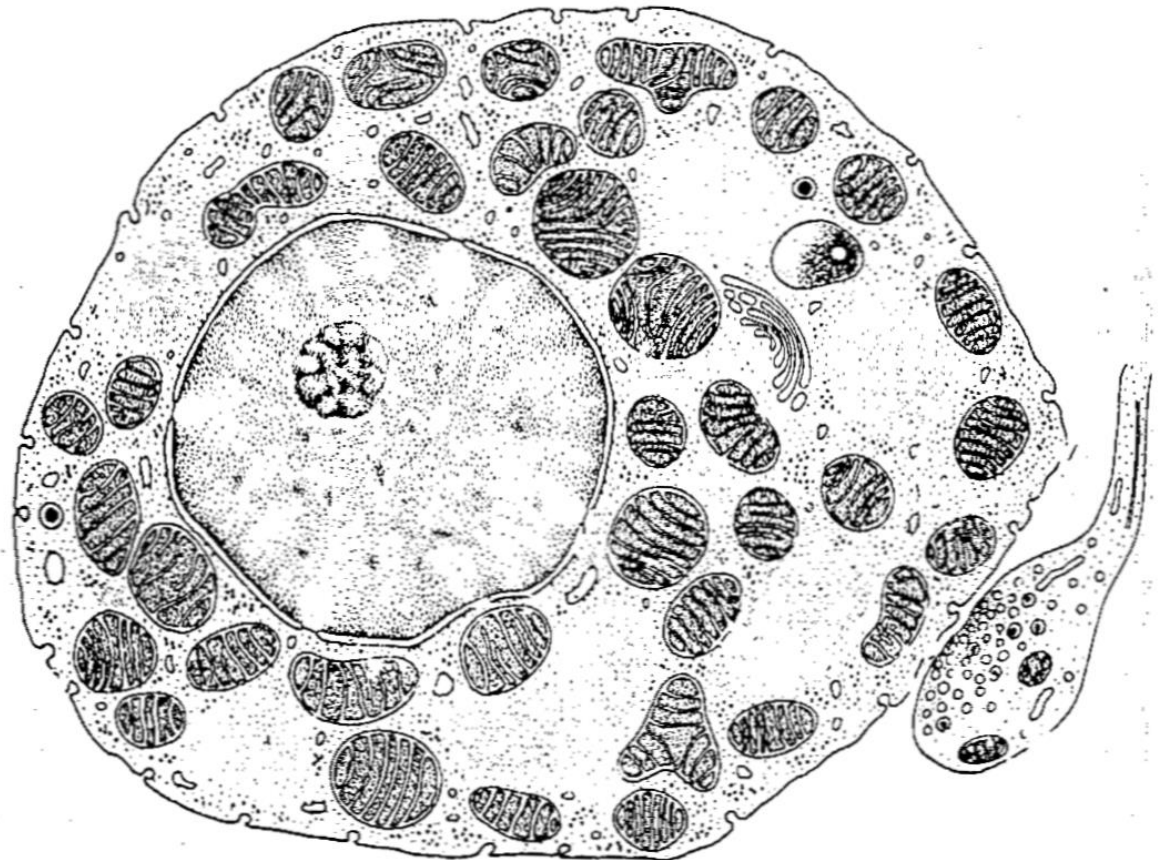
Elektromyografické záznamy třesové aktivity, ukazující průběh "výbuchů", u morčete (a), krysy (b) a myši (c). (Spass, Kleissmann 1970)



# Chemická termogeneze - hnědá tuková tkáň



Obr. 6-5. Mikrofotografie multilokulární tukové tkáně s charakteristickými buňkami obsahujícími centrálně uložené kulovité jádro a tukové kapénky. x 1000.



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 zejména u mláďat savců.

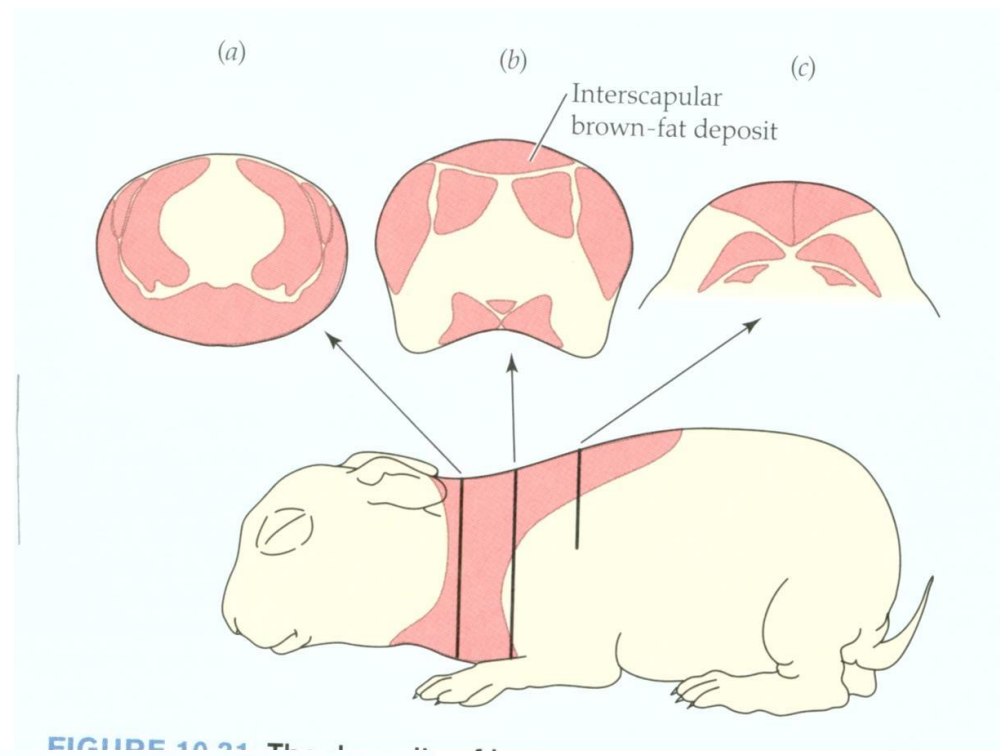
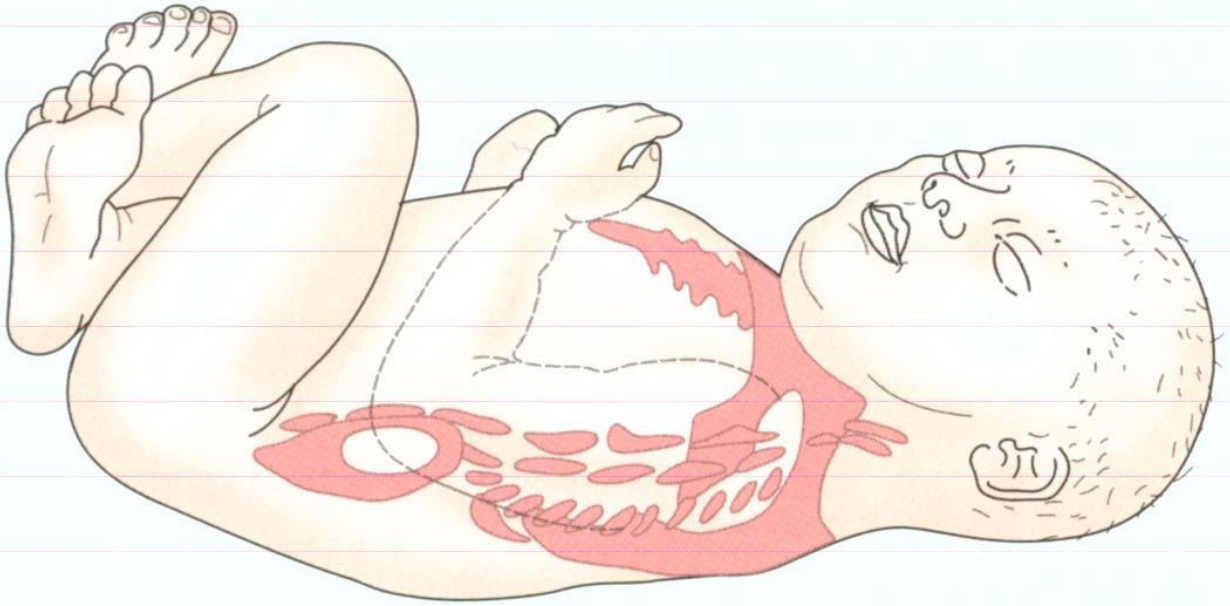
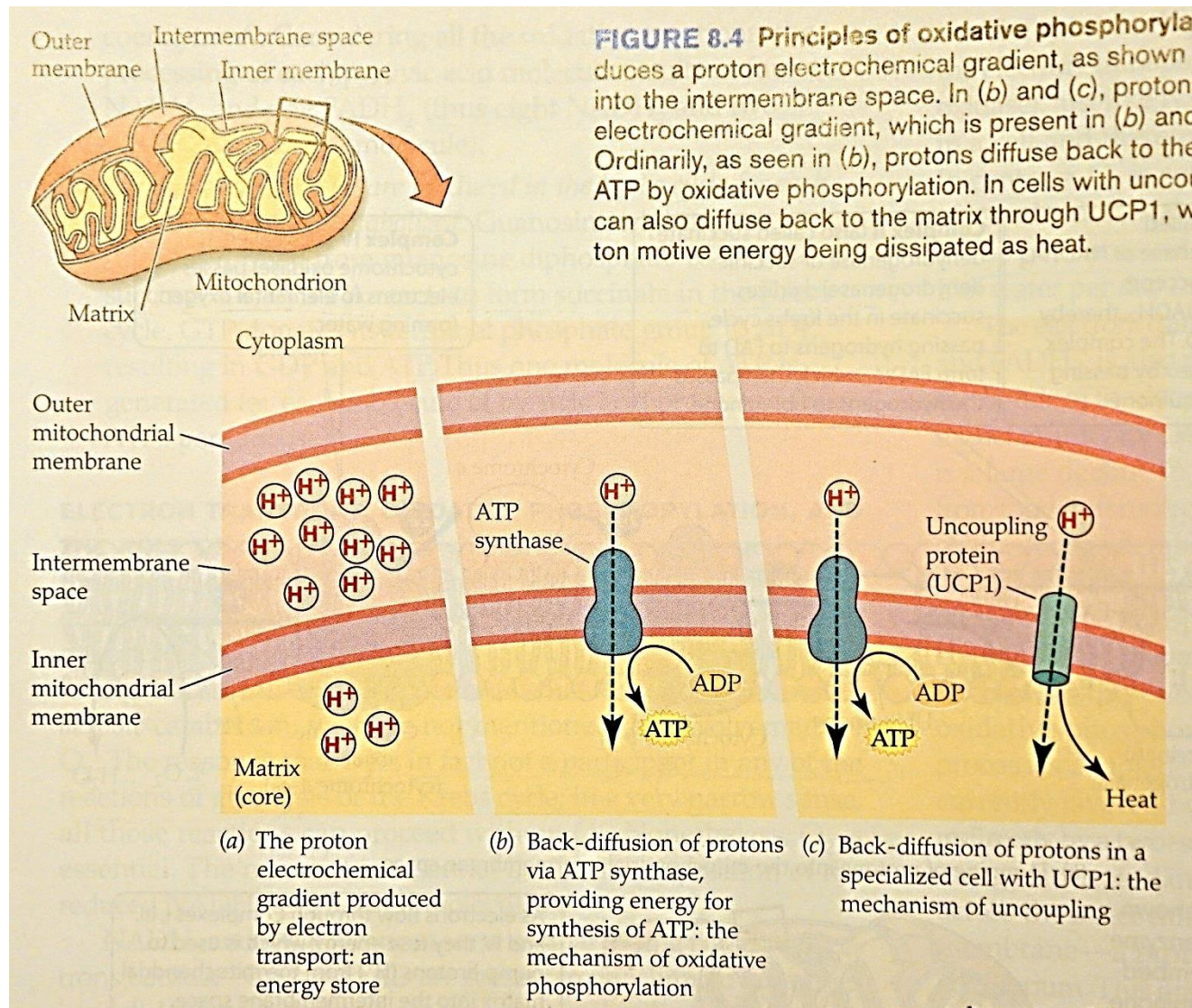


FIGURE 10.31 The distribution of brown fat in a rodent.

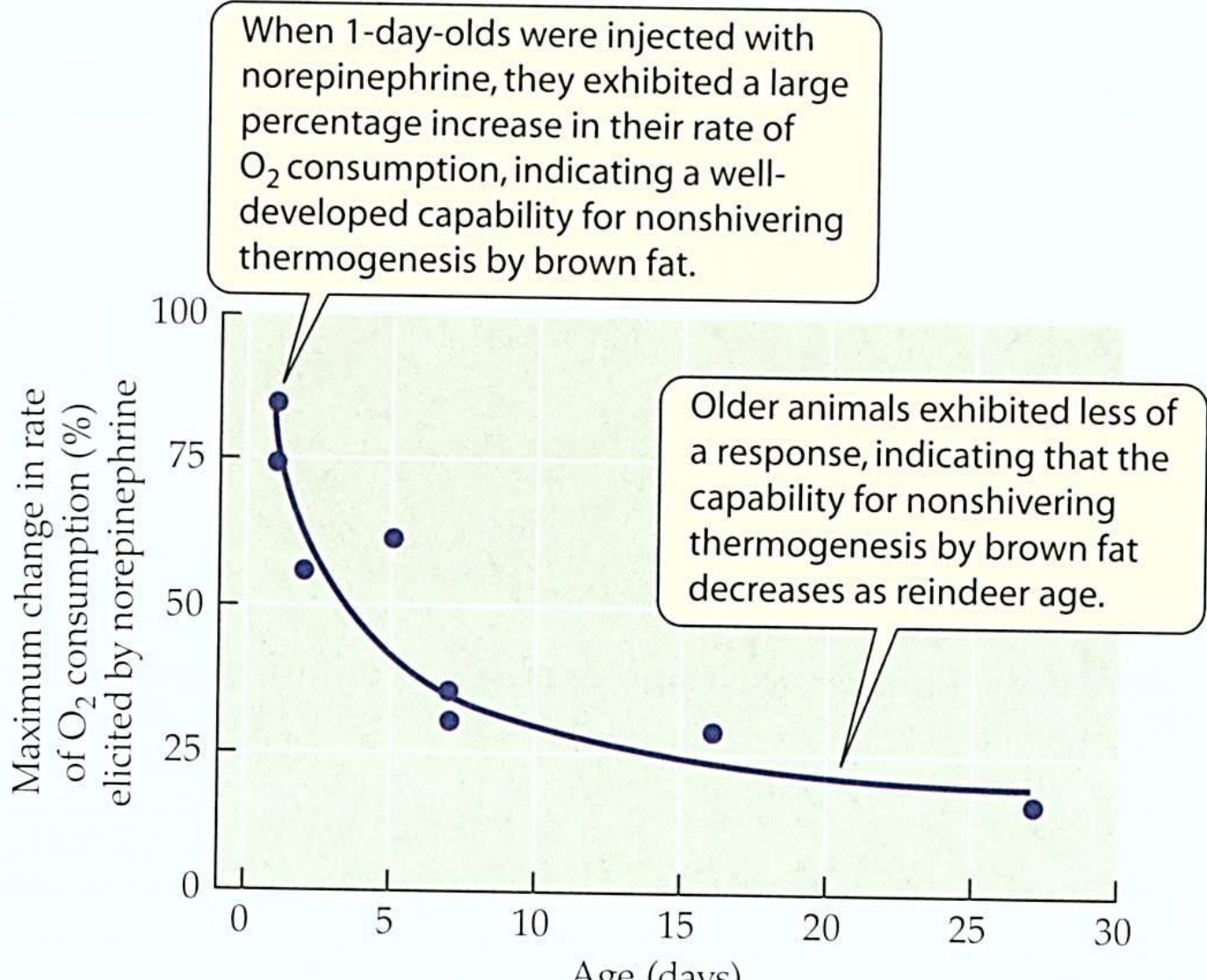




Hnědý tuk : Uncoupling protein – odpojuje tvorbu ATP od průchodu  $H^+$  iontů. Všechna energie se mění na teplo.



Netřesová termogeneze u aklimovaných, hibernátorů a mláďat.  
S věkem může vymizet. Spouští se signálem sympatiku (noradrenalin).



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

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

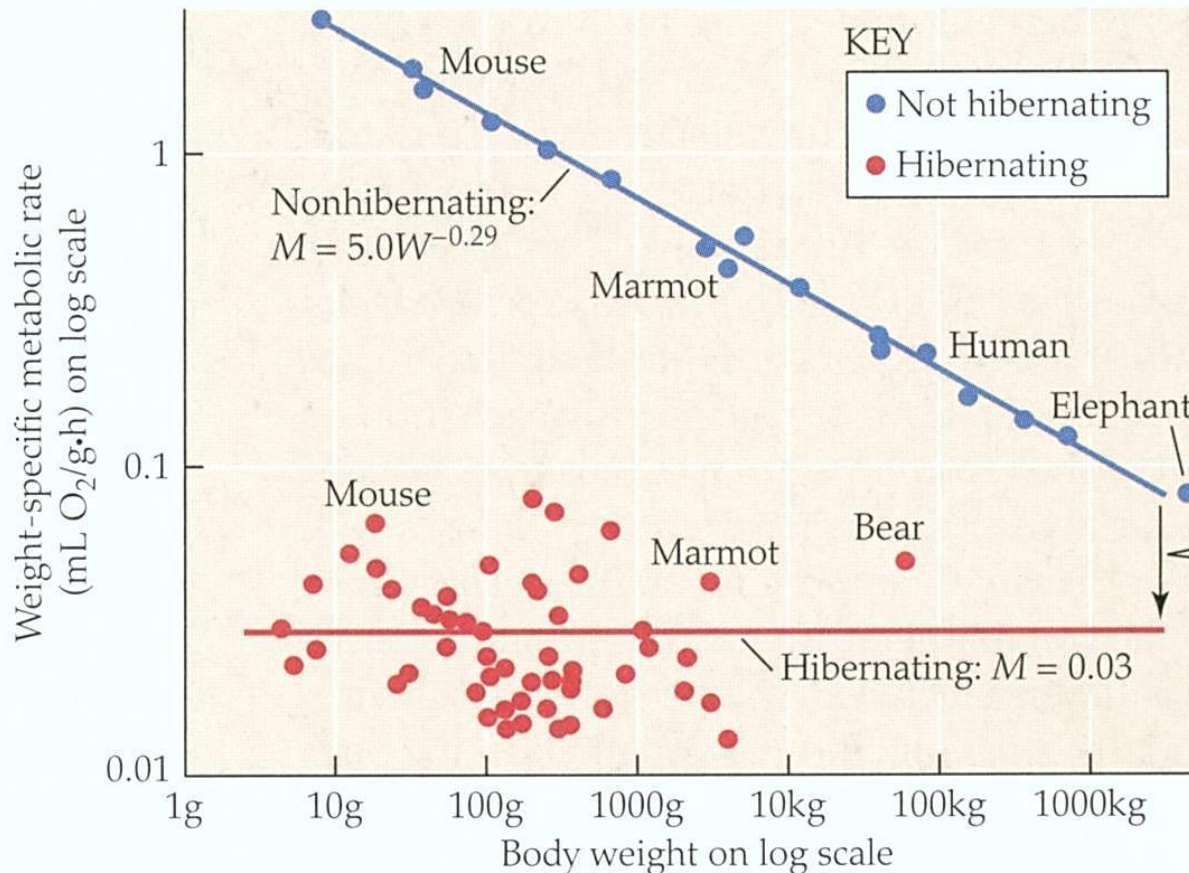
Estivace – letní klidové stádium (např. měkkýši)

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



# Klidová stádia

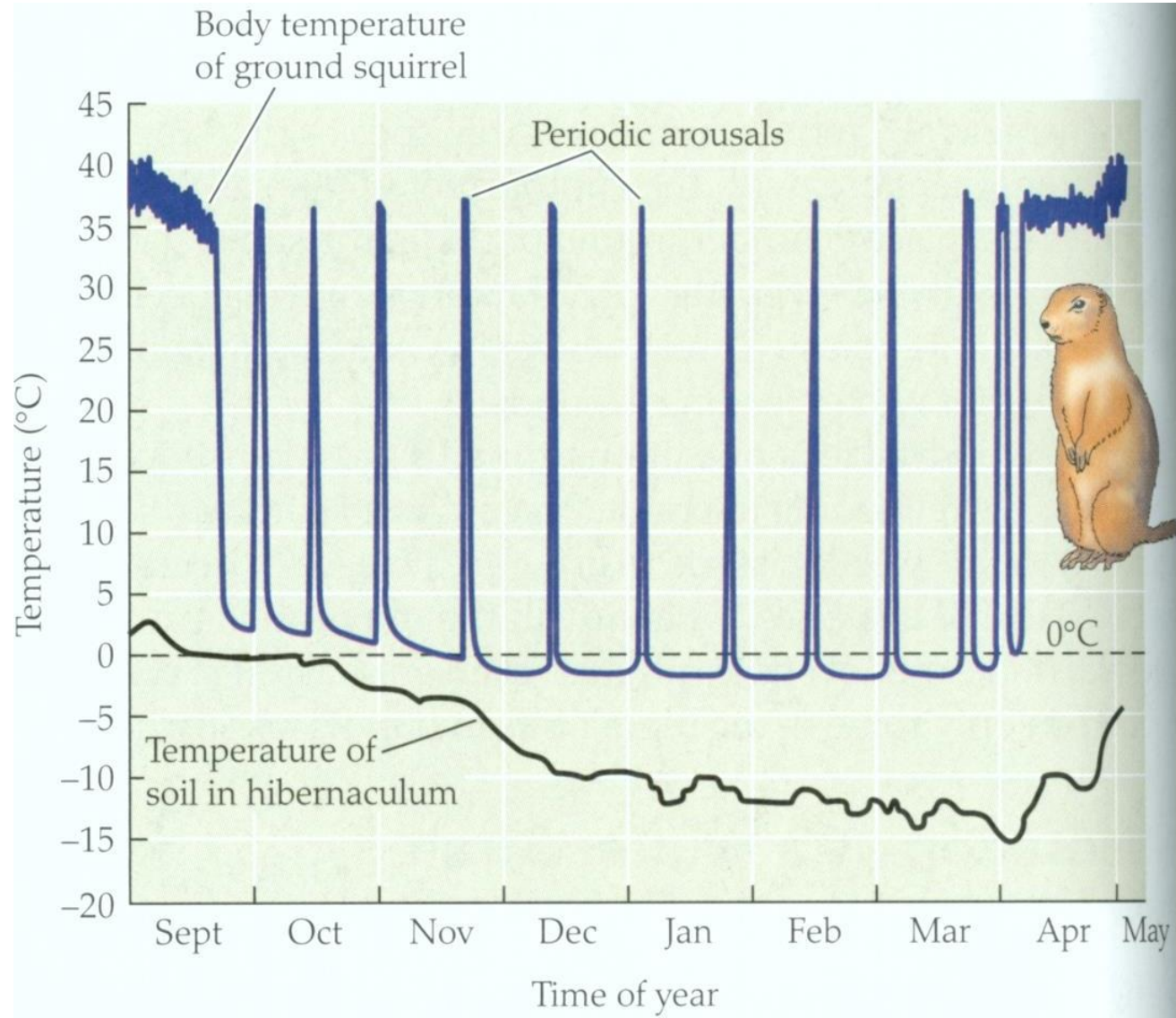
Hibernace se vyplatí nejvíce menším savcům.



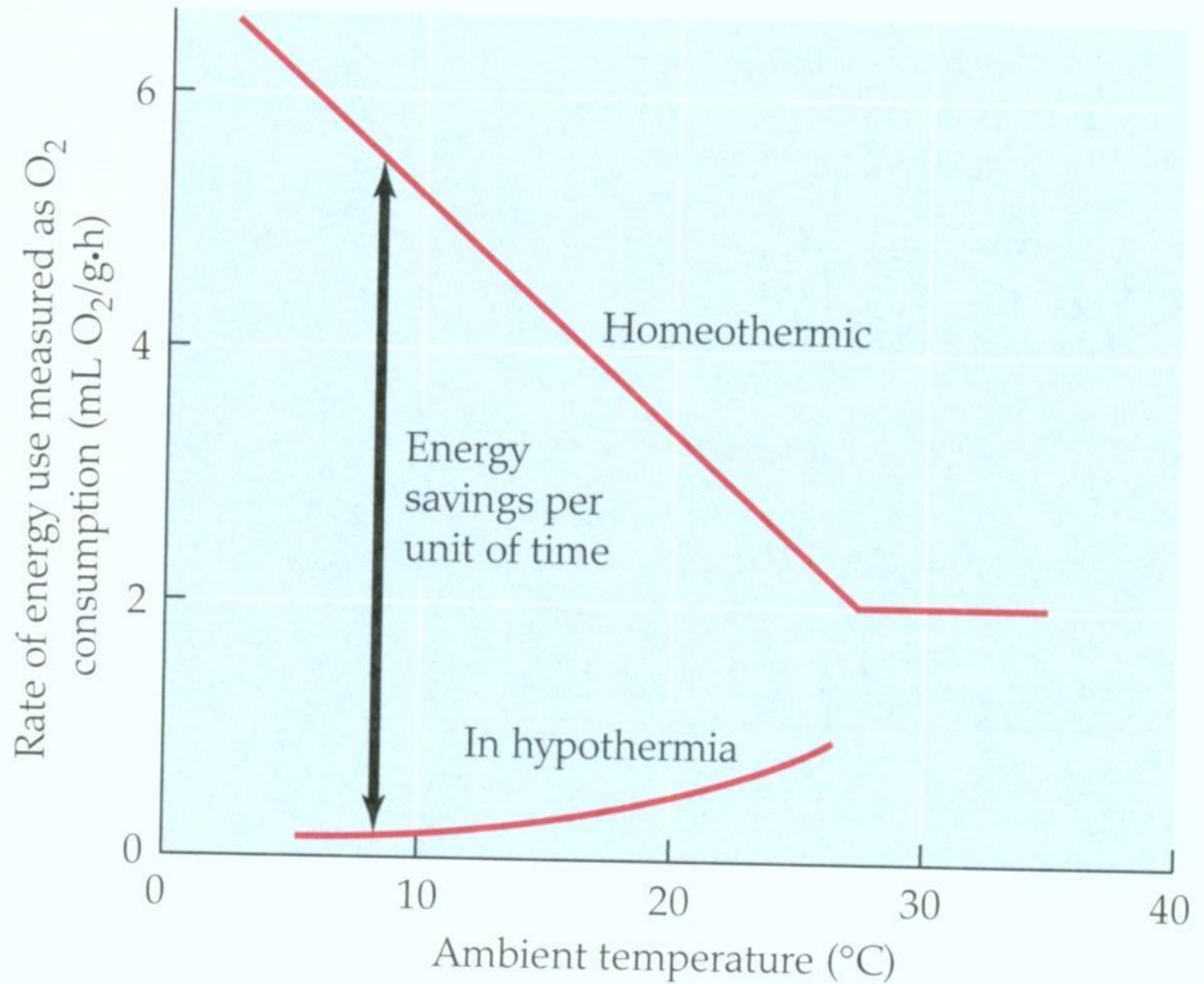
The decrease in metabolic rate brought about by entering hibernation is symbolized by the shift from the blue line to the red line. It diminishes as mammals increase in body size.



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



Hypotermie se vyplatí jen při nízké teplotě.



## Shrnutí

Stálá teplota znamená největší výkon životních dějů.

Poikilotermie je lacinější strategie vhodná pro malé a málo metabolizující.

Homoiotermie je dražší, ale otevírá nové niky.

Na určitou teplotu se lze adaptovat, ale změna teploty je zase problém.

Nikdy nesmí vzniknout intracelulární led.

Protiproudá výměna jako prostředek fyzikální termoregulace.

Teplem poškozené proteiny je třeba opravovat.

Heterotermie není totéž co poikilotermie.