

13 Djurens fysiologi

Under lång tid var livet på jorden encelligt, men efter en lång tid utvecklades flercelliga svampar, växter och djur parallellt. I en flercellig organism har inte alla celler direkt kontakt med den yttre miljön eftersom de befinner sig djupt inne i till exempel ett djurs kropp. Djurets kropp består av flera miljarder celler i ett komplicerat samarbete. Varje cell har en specifik uppgift och tillsammans bygger de upp vävnader och organ. För att förstå hur djurens fysiologi fungerar behöver du kunskaper om hur den enskilda cellen transporterar ämnen och kommunicerar med andra celler. Inget i cellen sker slumpmässigt eftersom processerna måste vara energieffektiva. Fåglar och däggdjur är jämnvarma och lägger mycket energi på att reglera sin kroppstemperatur. Växelvärma djur som insekter och fiskar har samma kroppstemperatur som omgivningen och behöver därför inte lika mycket energi från födan.

När du läst kapitlet ska du ha kunskap om ...

- vad djur har gemensamt
- cellernas energibehov
- vad det innebär att vara jämnvarm respektive växelvarm
- att cellerna i större djur är organiserade i olika vävnader
- att organ är uppbyggda av kombinationer av vävnader
- att organsystem samarbetar med gemensamma uppgifter
- vilken roll diffusion och osmos spelar i cellens transport.

Viktiga begrepp

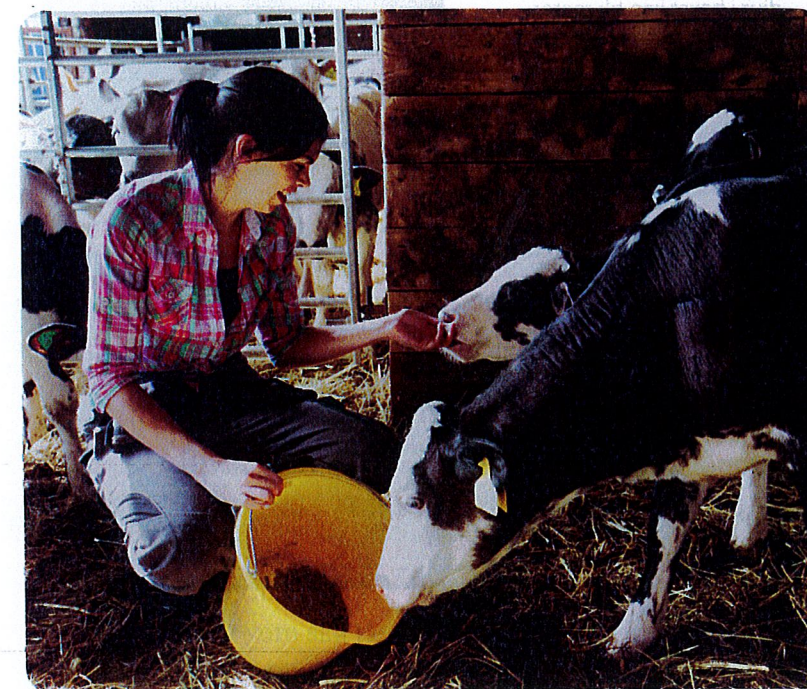
- basalmetabolism
- brunt fett
- diffusion
- epitelvävnad
- homeostas
- jämnvarm
- kanalprotein
- negativ återkoppling
- osmos
- organsystem
- stödjevävnad
- tät fog
- vävnad
- växelvarm

13.1 Djur är flercelliga heterotrofer

Djurens kännetecken

Djur utvecklades för ungefär 700 miljoner år sedan, vilket innebar flercellighet och större komplexitet. Gemensamt för de flesta djur är att:

- De är flercelliga heterotrofer, det vill säga, de äter andra levande eller döda organismer.
- De flesta har ett hålrum (tarmkanalen) för bearbetning av föda.
- Deras celler saknar cellvägg, men har istället strukturproteiner som ger stadga.
- De har nervvävnad för kommunikation och muskelvävnad för rörelse.
- De flesta förökar sig könligt.



Både kor och människa är exempel på flercelliga djur med avancerade kroppar – de äter, rör sig, och kommunicerar tack vare specialiserade vävnader.

Flercellighet kräver kommunikation och samordning

Om den enskilda cellens arbete är fantastiskt, vad ska man då inte tycka om arbetet i flercelliga organismer? Helheten måste fungera samtidigt som alla enskilda celler ska få vad de behöver. En fördel med flercellighet är att varje cell inte behöver göra allt själv och det innebär ett effektivare arbete för organismen. Eftersom cellerna är specialiserade har de olika krav. När de yttre eller inre förutsättningarna för organismen ändras måste den snabbt kunna anpassa sig. Detta kräver en avancerad kommunikation mellan organismens olika delar.

Den enklaste formen av flercellighet innebär att organismen har könsceller och två olika slags kroppsceller, som hos svampdjuren. I djur med organ och mer komplexa kroppar ökar cellernas specialisering och därmed också antalet olika celltyper. Det är mycket tydligt hos människan som består av över 30 000 miljarder celler fördelade på över 400 celltyper. Cellerna förnyas ständigt, och varje dygn byts en procent ut. Det är alltså cirka 300 miljarder celler! Speciella gener styr delningshastigheten så att ingen celltyp delar sig för fort eller något organ växer sig större än det ska. Andra gener styr programmerad celldöd, apoptos (kapitel 4). Balansen mellan celldelning och celldöd fungerar normalt sett perfekt, men är störd vid en del sjukdomar, som cancer, där celldelningen sker okontrollerat.

Svampdjur (*Porifera*) är de enklast uppbyggda djuren med bara två olika slags celler och könsceller. Svampdjur i havet kan bli meterhöga och lever av att filtrera vattnet på plankton. Tidigare fiskades svampdjur och användes som tvättsvampar.



Celler samarbetar

I flercelliga organismer måste cellerna samarbeta för att kroppen ska fungera. Celler med samma funktion bildar **vävnader**, och flera vävnader tillsammans bygger upp organ. En vävnad består av celler som sitter tätt ihop och har liknande utseende och funktion, exempelvis muskelcellerna i hjärtats väggar. Organ består av flera olika typer av vävnader som tillsammans utför en specifik uppgift. Det finns olika sätt för celler att sitta ihop med varandra. Celler i en vävnad hålls samman av **täta fogar** (tight junctions) som håller cellerna på sin plats och hindrar molekyler att passera i mellanrummet mellan cellerna. De täta fogarna består av proteiner samt delar av cellskelettet som binder samman cellerna.

Hos djur finns det speciella kanaler mellan närliggande celler som kallas **kanalproteiner** (gap junctions). Genom kanalproteinerna kan cellen både skicka och ta emot information i form av molekyler och joner från de närmaste cellerna.

För att cellerna i kropp ska kunna känna igen varandra har de specifika proteiner på cellmembranets yta som fungerar som "id-handlingar", så att kroppen ska veta vilka celler som hör till kroppen. I kroppen är det immunförsvarets olika celler som kontrollerar dessa id-handlingar på cellernas yta.

Det sker ett ständigt utbyte av information, där varje cell både skickar och tar emot kemiska signalmolekyler. Vissa celler är mer specialiserade, exempelvis de hormonproducerande cellerna som i huvudsak skickar ut signalmolekyler. Kroppens celler har speciella receptorer på membranet för olika signaler. Signalmolekylerna får saker att ske inne i mottagarcellen, exempelvis att en gen läses av så att ett protein tillverkas.

vävnad – byggs upp av celler med samma funktion.

täta fogar – proteiner som håller ihop celler i en vävnad.

kanalprotein – speciella kanaler mellan celler där information skickas.

Vävnader och organ i djur

De specialiserade cellerna hos större djur är uppdelade i olika vävnader. De flesta djur har fyra huvudtyper av vävnader: epitelvävnad, stödjevävnad, muskelvävnad och nervvävnad. Två eller flera vävnadstyper bildar ett organ som har en specifik uppgift i kroppen. Hjärtat är ett organ som består av muskelvävnad, nervvävnad och stödjevävnad. Flera organ kan tillsammans bilda ett **organsystem** som ansvarar för flera viktiga funktioner. Cirkulationssystemet är ett organsystem som består av hjärta och de tre blodkärlstyperna: artärer, vener och kapillärer.

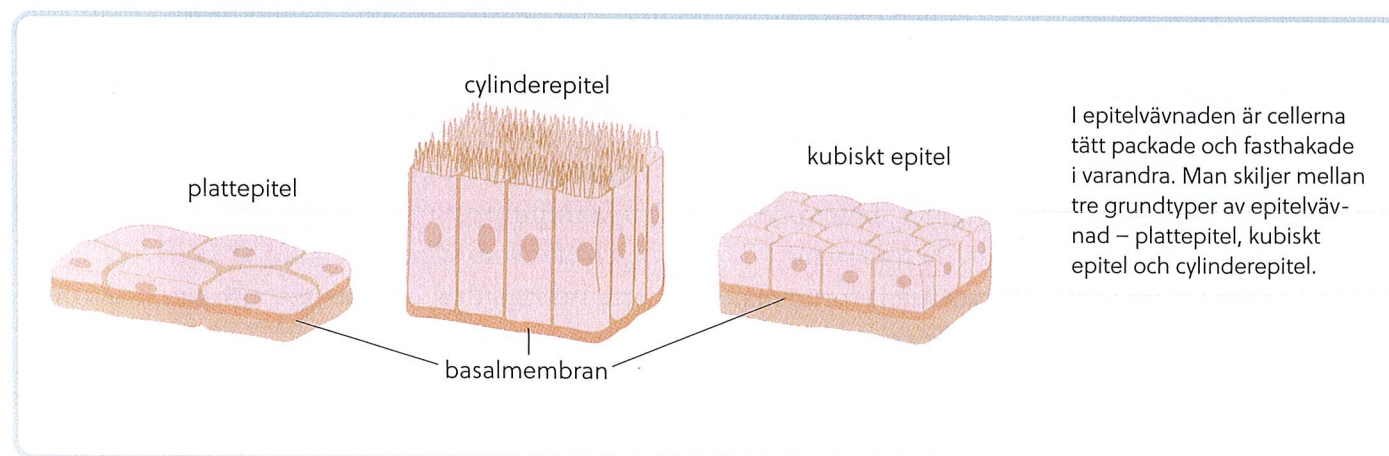
organsystem – flera organ som samarbetar och ansvarar för funktioner.

Epitelvävnad

En djurkropp är väl åtskild från omgivningen. Kroppens inre miljö måste vara konstant och skyddas från yttre fysisk och kemisk påverkan, som variationer i temperatur och fuktighet. Den måste även kunna stå emot angrepp från sjukdomsframkallande organismer som virus och bakterier. Den här avgränsningen från omgivningen sköts av **epitelvävnaden**.

Epitelvävnad finns i huden, men även de inre ytorna som exempelvis munhåla och tarmarna. Ibland utsöndrar epitelvävnad också sekret som till exempel saliv i munnen och tarmsaft i tarmarna. Dessutom passerar allt som ska tas upp av eller avges från kroppen genom epitelvävnaden. I epitelvävnaden är cellerna tätt packade och hålls ihop med täta fogar.

epitelvävnad – den vävnadstyp som täcker och skyddar inre och yttre ytor. Exempel är hud och slemhinnor.



I epitelvävnaden är cellerna tätt packade och fasthakade i varandra. Man skiljer mellan tre grundtyper av epitelvävnad – plattepitel, kubiskt epitel och cylinderepitel.

Stödjevävnad

Skelett, brosk och fett är exempel på **stödjevävnader**. De har till uppgift att stödja, isolera och skydda organ i kroppen. Ibland räknas även blod som stödjevävnad.

Fettvävnaden har flera funktioner. Den lagrar kemisk energi och är viktig för hjärnans funktion. I underhuden, handflator och fotsulor fungerar den även som stötdämpning. Fettvävnaden utgör ungefär 15 procent av kroppsvikten.

Spädbarn kan inte producera värme genom att musklerna skakar och darrar när det är kallt. Som skydd mot kyla har de, förutom det vanliga vita fettet, även **brunt fett**. Det har också många olika djurarter som lever i kallt klimat. Den bruna fettvävnaden bildar stora mängder värmeenergi i cellandningen.

stödjevävnad – vävnadstyp som håller ihop, isolerar och skyddar kroppen, till exempel skelett, brosk och fett.

brunt fett – en typ av fettceller som omvandlar energin i fett till värme istället för ATP. Finns hos spädbarn.

Igelkotten (*Erinaceus europaeus*) lagrar under sommaren energi som brunt fett. Under vinterns dvala ger sedan det bruna fettets värmeenergi som behövs för överlevnad.



Muskelvävnad

Det finns tre typer av muskelvävnad: tvärstrimmig muskulatur, hjärtmuskulatur och glatt muskulatur. Det som är typiskt för all muskelvävnad är att den kan kontraheras, alltså dra sig samman, och på så vis ge upphov till rörelse.

Nervvävnad

Nervvävnaden är uppbyggd av nervceller och gliaceller. Tillsammans med hormoner sköter nervvävnaden kommunikationen mellan kroppens alla delar, men även med omgivningen eftersom våra sinnen består av nervceller. Nervcellerna förmedlar och lagrar information (minnet) genom elektriska och kemiska processer.

13.1 Testa dina baskunskaper

FÖRKLARA BEGREPPEN

- | | | |
|----------------|----------------|--------------|
| • vävnad | • organsystem | • brunt fett |
| • tät fog | • epitelvävnad | |
| • kanalprotein | • stödjevävnad | |

SVARA PÅ FRÅGORNA

- Vad har de flesta djur gemensamt?
- Vilka organisationsnivåer högre än celler kan man tala om i människokroppen?
- Vilken nytta har bebisar och igelkottar av sitt bruna fett?

13.2 Organismen reglerar sin inre miljö

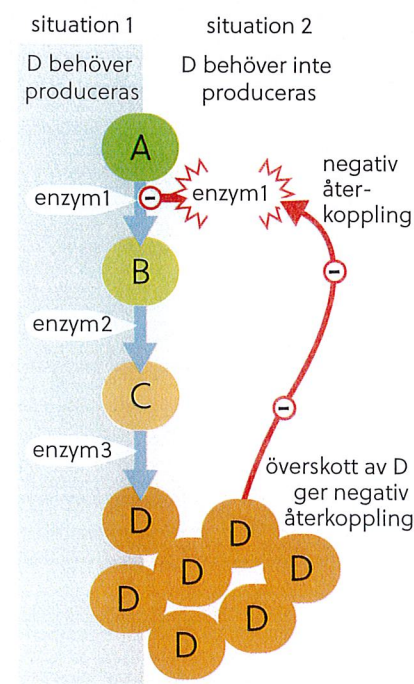
Homeostas

I en organism är det viktigt att den inre miljön ständigt regleras så att den bibehåller en relativt konstant nivå, oavsett yttre förändringar, ett tillstånd som kallas **homeostas**. Hos djur finns system för att reglera bland annat kroppstemperatur, glukosnivåer i blodet, salt- och vattenbalans, pH-värde och utsöndring av restprodukter. Homeostatisk reglering är processer som kräver tillförsel av energi på cellnivå. Exempel på en homeostatisk reglering är din inre kroppstemperatur på cirka 37 °C. Den hålls ganska konstant och du kan vistas i en bastu eller vara utomhus i minusgrader en tid utan att kroppen blir varken för varm eller för kall.

Ett annat exempel på homeostatisk reglering är kroppens kontroll av blodsockret. När glukoshalten i blodet stiger efter en måltid, frisläpps hormonet insulin. Insulinet gör att cellerna kan ta upp glukos från blodet, vilket får glukosnivån i blodet att sjunka tillbaka till det normala. Jämviktsnivån regleras genom **negativ återkoppling**. Negativ återkoppling innebär att ett ämne som kroppen tillfälligt behöver mer av ökar, och när den önskade nivån är nådd bromsas produktionen av ämnet. Detta sker för att organismen inte ska slösa energi på att bygga molekyler i onödan. Ett exempel på ämnen som ofta regleras med negativ återkoppling är hormoner, som finns hos både växter och djur.

homeostas – kroppens förmåga att upprätthålla en stabil inre miljö trots yttre förändringar.

negativ återkoppling – kroppen justerar sina processer för att motverka avvikelser och återgå till en balanserad nivå.



Negativ återkoppling (negativ feedback) kan förklaras så här: Kroppen har underskott på ämne D, och det börjar tillverkas i en reaktionskedja där tre olika enzymer behövs. När koncentrationen av ämne D blir hög så bromsar (inhiberar) D-molekyler enzym 1 och produktionen minskar = negativ återkoppling. När koncentrationen av ämne D åter blir låg så ökar produktionen på nytt.

Diffusion och osmos

Cellmembranet fungerar som en barriär mellan cellens inre och dess omgivning, men det är inte helt tätt. Det är semipermeabelt, vilket innebär att det tillåter vissa små molekyler och gaser, såsom syrgas och koldioxid, att röra sig fritt genom cellmembranet. Större molekyler eller laddade joner kan inte passera igenom. Rörelsen genom membranet sker via **diffusion**, en process där ämnen rör sig från en plats med hög koncentration till en plats med lägre koncentration. Diffusionen sker spontant och kräver ingen energi från cellen. Även vatten kan diffundera över semipermeabla membran. Om vattenkoncentrationen skiljer sig mellan cellens insida och utsida kommer vatten att diffundera genom cellmembranet via aquaporinerna. Denna transport av vatten genom ett semipermeabelt membran kallas **osmos**.

Inuti en djurcell är koncentrationen av lösta ämnen ungefär 0,9 procent. Om cellen placeras i en lösning med samma salthalt, en så kallad fysiologisk saltlösning, sker inget nettoutbyte av vatten – lika mycket vatten diffunderar in som ut, och cellen behåller sin form. Det uppstår en osmotisk balans. Om cellen däremot placeras i destillerat vatten, där inga lösta ämnen finns, är vattenkoncentrationen högre utanför cellen än inuti. Detta gör att vatten strömmar in i cellen genom osmos. För djurceller, som saknar skyddande cellvägg, kan detta leda till att de sväller och spricker. Växternas, svamparnas och bakteriernas celler har däremot en cellvägg som ger stabilitet och hindrar att för mycket vatten tränger in. Om cellen istället placeras i en koncentrerad salt- eller sockerlösning blir effekten den motsatta. Eftersom vattenkoncentrationen är högre inuti cellen än i omgivningen, kommer vatten att diffundera ut. Detta får cellen att krympa. Osmos är en viktig process för många organismer. Växter använder exempelvis osmos för att ta upp vatten från jorden.

diffusion – ett löst ämne sprider sig spontant i en gas eller en vätska.

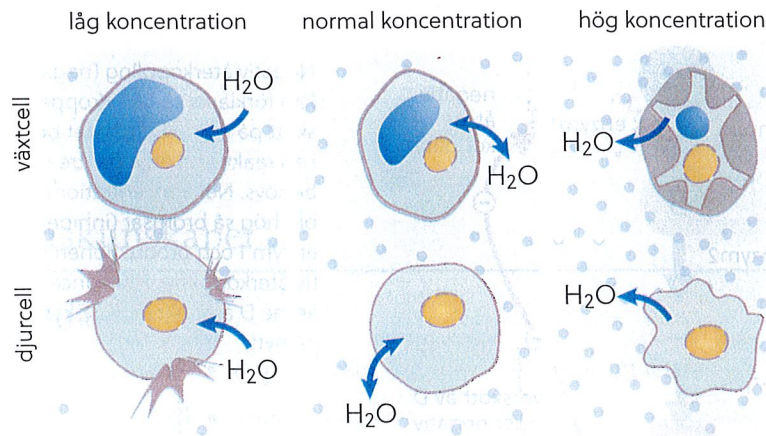
osmos – vattnets rörelse genom ett cellmembran, från högre mot lägre "vattenkoncentration".

Resultatet av osmos i en växtcell respektive en djurcell.

Till vänster: koncentrationen vatten är lägre i cellen än i den omgivande vätskan. Då strömmar vatten in, och cellerna utvidgas.

Mitten: Koncentrationen av vatten inuti cellerna är densamma som i den omgivande vätskan, och jämvikt råder då lika mycket vatten strömmar in som ut, och cellerna behåller sin form.

Till höger: Koncentrationen vatten inne i cellen är högre än i den omgivande vätskan, och vatten strömmar ut ur cellerna som krymper.



Jämnvarma och växelvarma djur

Alla djur behöver ständig energitillförsel, men behovet varierar naturligtvis. Den ämnesomsättning som krävs för att täcka energibehovet i vila brukar kallas **basalmetabolism**. Det handlar om den energimängd som behövs för att hålla alla livsuppehållande funktioner igång, men inte mer än så.

Djur är antingen jämnvarma eller växelvarma. **Jämnvarma** djur reglerar aktivt kroppstemperaturen så att den är jämn, oberoende av den omgivande temperaturen. Jämnvarma djur kallas även endoterma eftersom värmen skapas inuti djuret av cellernas energiomsättning, och till den gruppen hör däggdjur och fåglar. Övriga djur är **växelvarma**, vilket innebär att deras kroppstemperatur ändras med omgivningens temperatur. Växelvarma djur kallas även poikiloterma och de kan alltså inte reglera sin kroppstemperatur alls. Exempel på växelvarma djurgrupper är fiskar, amfibier (groddjur) och reptiler (ödlor, ormar, krokodiler).

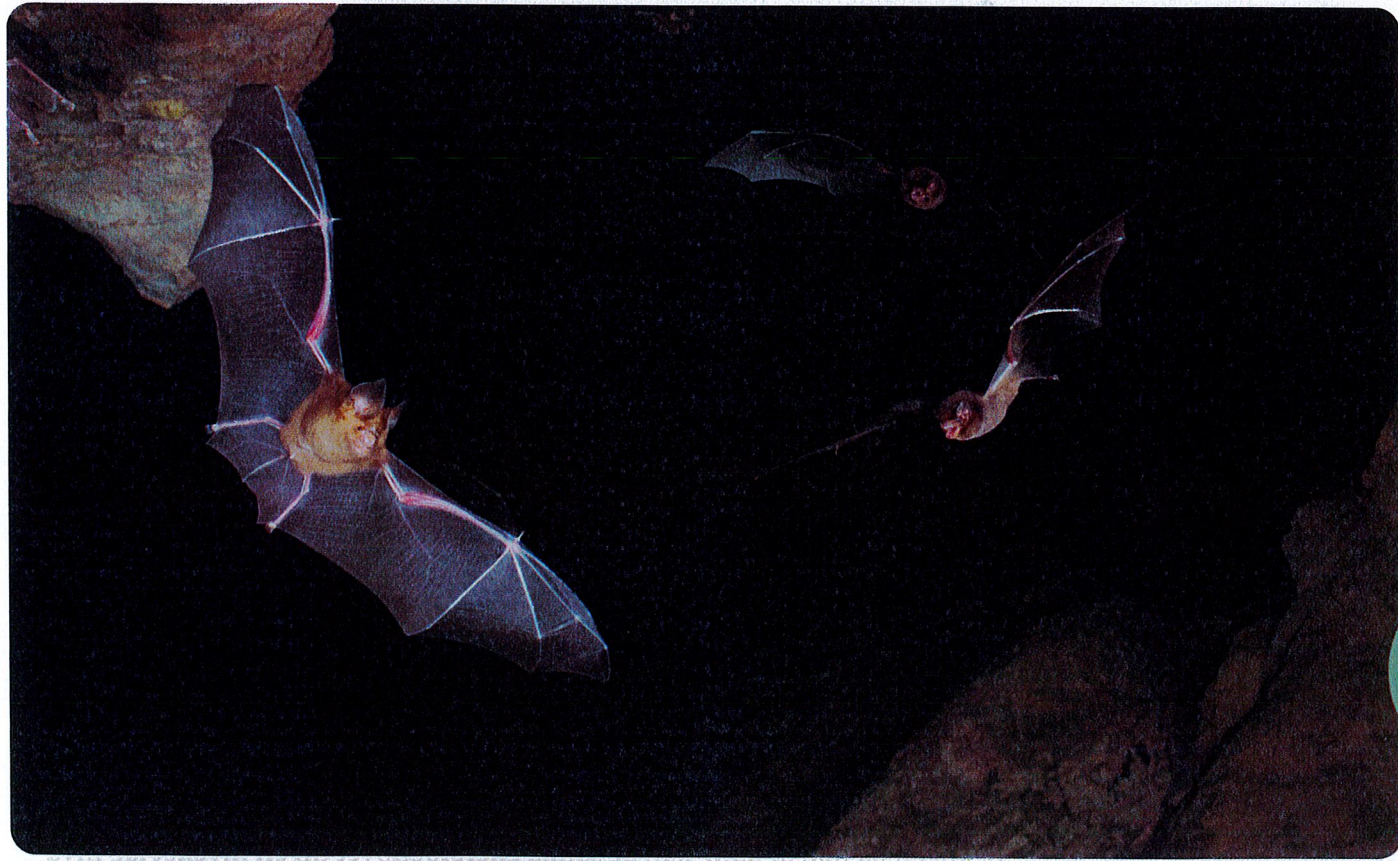
basalmetabolism – den energimängd som krävs för att täcka energibehovet i vila.

jämnvarm – djur som kan upprätthålla en konstant kroppstemperatur.

växelvarm – djur som inte kan reglera sin kroppstemperatur, utan den är samma som omgivningen.

Fördelar och nackdelar att vara jämnvarm eller växelvarm

Jämnvarma djur kan arbeta länge och intensivt, medan växelvarma oftast bara klarar intensivt arbete under kort tid. Jämnvarma djur kan dessutom leva överallt på jorden, medan de växelvarma är beroende av att temperaturen i omgivningen oftast är en bra bit över 0 °C. Ett jämnvarmt djur kan också utan problem röra sig över stora ytor och därmed förflytta sig mellan olika temperaturzoner.



Fladdermöss är jämnvarma däggdjur som finns i alla delar av världen, utom polartrakterna.

För ett litet jämnvarmt djur som blåmesen (*Cyanistes caeruleus*) innebär vintern en ständig jakt på mat för att inte frysa ihjäl. Ofta ser man dem äta björkfrön som är rika på fett, en mer energirik molekyl än kolhydrater.



Att hålla en jämn kroppstemperatur kostar mycket energi – ett jämnvarmt djur förbrukar 50 gånger mer energi än ett växelvarmt djur av motsvarande storlek. För jämnvarma djur är energibehovet också storleksberoende eftersom energi omsätts till bland annat värme i proportion till kroppens volym, medan värmeförlusterna beror av kroppsyntans area. Små djur har större kroppsyta i förhållande till sin volym än större djur, och måste därför ha mer intensiv energiomsättning för att bibehålla kroppstemperaturen. En bra isolerande päls eller fjäderdräkt kan bara delvis lösa det problemet. En liten fågel, som exempelvis blåmesen, behöver därför under en kall vinterdag äta mer än sin egen kroppsvikt för att inte frysa ihjäl. Den inre kroppstemperaturen ligger hos endoterma djur mellan 37–40 grader, beroende på vilket djur det är. Att det är just detta temperaturspann beror på att cellers processer och kemiska reaktioner fungerar bäst vid lite högre temperatur. Vid ännu högre temperatur kan celler istället ta skada, proteiner kan koagulera och hjärnans centrum för temperaturreglering kan slås ut.

Växelvarma djur söker upp en passande temperatur genom att förflytta sig mellan kalla och varma platser. Ett exempel är ormar som ligger på solvarma platser för att höja kroppstemperaturen, och på så sätt ökar cellernas energiomsättning, vilket hjälper dem att bryta ned – spjälka maten. Den högre ämnesomsättningen som strålningsenergin ger är också nödvändig för att ormen ska kunna jaga effektivt.

Å andra sidan behöver växelvarma djur inte äta lika ofta som jämnvarma. När tillgången på mat är dålig kan de sänka energibehovet till en mycket låg nivå genom att hålla sig stilla.

Det finns undantag från grundregeln att de växelvarma djuren är helt beroende av omgivningens temperatur. Många flygande insekter får en drastiskt höjd kroppstemperatur när vingmuskulerna arbetar, eftersom muskelarbetet ger spillvärme. Snabba rovfiskar, som makrill och tonfisk, har ett cirkulationssystem som håller kvar varmare blod i kroppens centrala delar där simmuskulerna finns. Ytterligare ett exempel är att en del stora ormar kan höja temperaturen på äggen de ruvar genom att vibrera med musklerna. Fenomenet liknar muskelskakningarna hos frysande däggdjur.

Det är viktigt att förstå, att den ena energistrategin inte är bättre än den andra. Det är bara olika vägar som evolutionen har tagit, och båda strategierna är framgångsrika.



Insekter och andra växelvarma djur är beroende av omgivningens temperatur för att kunna röra sig. Här ses en nyvaken humla som värmer upp vingmuskulerna i vårsolen sittandes på en krokusblomma.

13.2 Testa dina baskunskaper

FÖRKLARA BEGREPPEN

- | | | |
|------------------------|-------------------|------------------|
| • homeostas | • osmos | • jämnvarmt djur |
| • negativ återkoppling | • basalmetabolism | |
| • diffusion | • växelvarmt djur | |

SVARA PÅ FRÅGORNA

- Ge två exempel på vad kroppen reglerar genom homeostas.
- Vad händer med blodets glukosnivåer efter att du har ätit?
- Vad menas med att ett membran är semipermeabelt?
- Varför kan både jämnvarma och växelvarma djur ha fördelar i tillvaron under olika förhållanden? Ge även ett exempel.
- Varför har små jämnvarma djur en mycket snabb ämnesomsättning jämfört med stora jämnvarma djur?

Reglering av kroppstemperatur

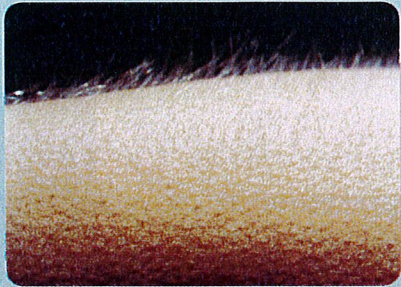
Jämnvarma djur, som däggdjur och fåglar, lever ofta i miljöer där temperaturen varierar. För att upprätthålla en stabil kroppstemperatur reagerar kroppen på förändringar genom att reglera blodflödet i huden. När kroppstemperaturen sjunker, skickas signaler från temperaturreceptorer i huden till hjärnan. Hjärnan i sin tur skickar signaler till de minsta blodkärlen i huden att dra ihop sig (vasokonstriktion). Detta minskar blodflödet till huden, vilket i sin tur minskar värmeförlusten till omgivningen och hjälper kroppen att behålla sin värme.

Vid motsatt situation, när kroppstemperaturen stiger, vidgas blodkärlen istället (vasodilation), vilket ökar blodflödet nära hudens yta. Detta gör att mer värme kan avges till omgivningen och hjälper kroppen att kylas ned.

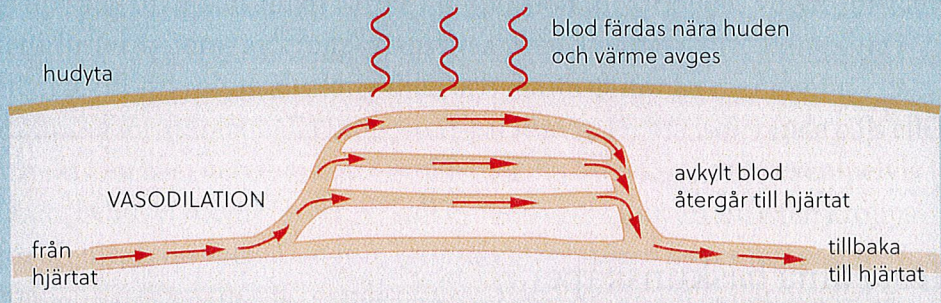
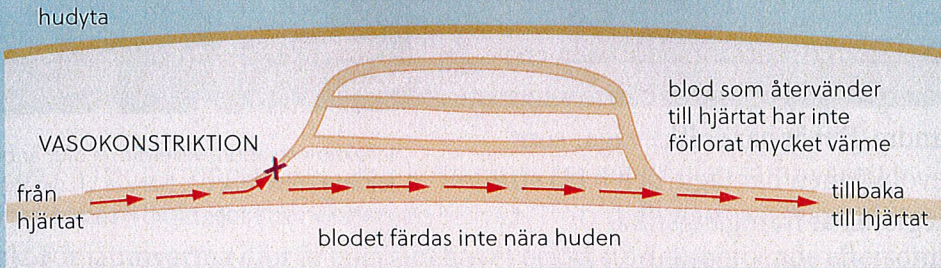
När kroppen behöver kylas ned har vi förmågan att svettas. När svetten avdunstar från huden krävs energi i form av värme, som tas från huden, vilket leder till en nedkylande effekt.

Djur utan svettkörtlar, som vargar, reglerar kroppstemperaturen genom att flåsa med öppen mun så att värme avges via avdunstning från tunga och munhåla. Viss värme avges också via trampdynorna. De flesta jämnvarma djur är aktiva vintertid trots kyla och brist på föda. En del jämnvarma djur, som igelkotten, går i dvala och sänker kroppstemperaturen till strax över fryspunkten. För att inte frysa ihjäl alstras värme bara vid behov. Björnen däremot sover vintersömn med mindre temperatursänkning.

Utöver dessa mekanismer får vi också "gåshud" när vi fryser. Detta beror på att små muskler i huden drar ihop sig, vilket gör att hårstråna reser sig. Denna reaktion hjälper till att skapa ett isolerande luftskikt nära huden, liknande hur fåglar burrar upp sina fjädrar för att hålla värmen.



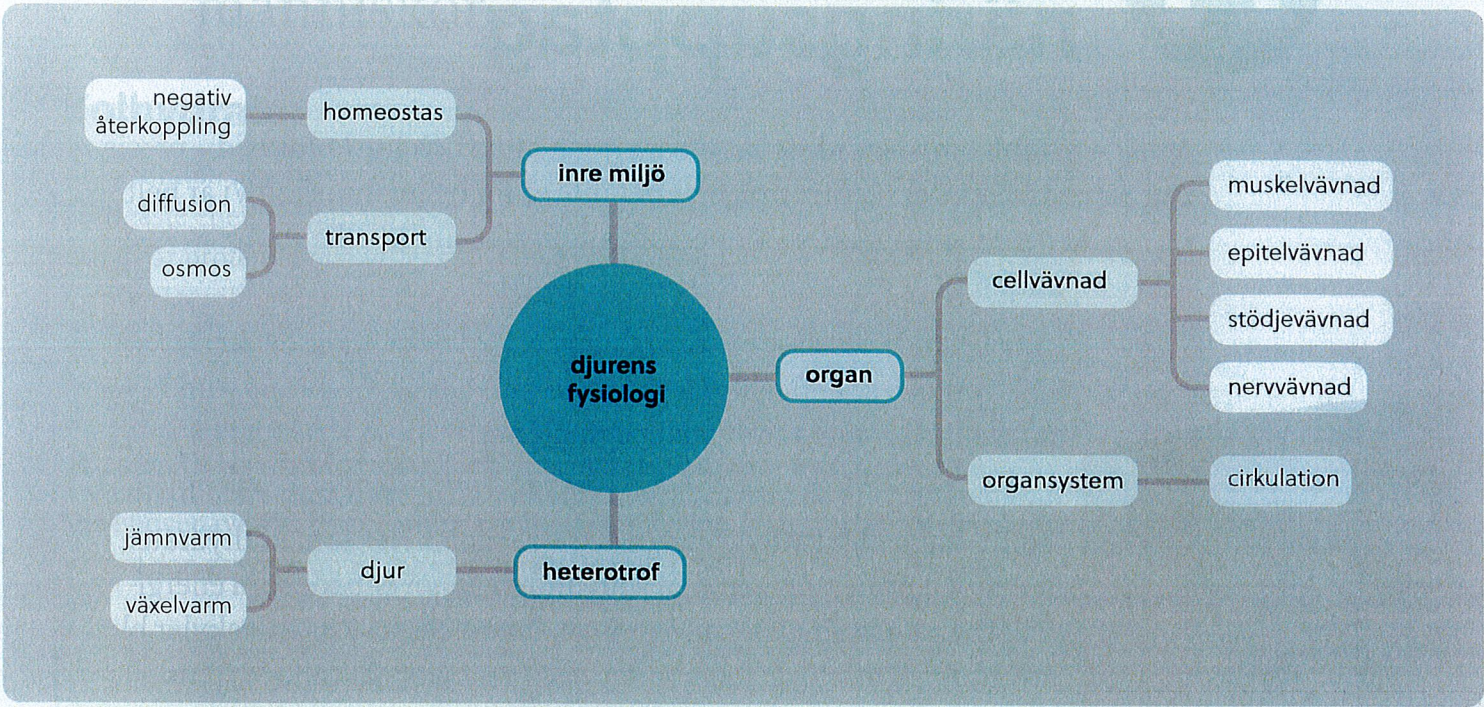
Vi får gåshud när vi fryser och vargar gör av med över-skottsvärme via munnen.



Blodflödet regleras i huden vid sjunkande kroppstemperatur (ovan) och stigande kroppstemperatur (nedan).

- 1. Olika djur har utvecklat olika sätt att reglera sin kroppstemperatur. Finns det några för- och nackdelar med de olika metoderna, och varför tror du vissa arter har utvecklat just sina specifika strategier?
- 2. Hur tror du att klimatförändringar kan påverka djur och människors förmåga att reglera kroppstemperaturen? Kommer vissa arter ha större problem än andra?

Sammanfattning



Uppgifter

- 1. Beskriv skillnaden i uppgifter mellan en encellig organisms enda cell och en enskild cell i exempelvis en människa.
- 2. Ju större och mer avancerade djur är, desto fler organsystem behöver de. Ge en rimlig förklaring.
- 3. Hur kan växelvarma djur som ormar bete sig för att höja sin kroppstemperatur när de inte kan reglera den inifrån?
- 4. Vilka är fördelarna och nackdelarna med att vara ett växelvarmt djur eller ett jämnvarmt djur?
- 5. Fundera på följande om däggdjur som sover vintersömn:
 - a) Ge ett argument för att igelkotten ligger i djup dvala medan björnen sover lättare.
 - b) Trots sin låga aktivitet är igelkottens ämnesomsättning i dvala, räknat per gram kroppsvikt, lika stor som människans vid normal aktivitet. Hur kan det komma sig?
- 6. Vad är skillnaden mellan homeostatisk reglering och osmos när det kommer till energiförbrukning?
- 7. Varför är det mer relevant att prata om vattenkoncentration när det handlar om osmotisk balans, och inte koncentrationen salter till exempel?
- 8. Beskriv vad som händer i din kropp när du sitter i en bastu som är 70 °C.
- 9. Vad betyder det att cellmembranet är semipermeabelt?
- 10. Hur håller celler i vävnader ihop med varandra, till exempel i tarmen eller huden?
- 11. Vad behövs fett till i kroppen, ge flera exempel.
- 12. Vilken nytta har bebisar och igelkottar av sitt bruna fett?
- 13. Ge exempel på när en målnivå för homeostas kan ändras och vad det kan leda till.
- 14. Hur håller celler i vävnader ihop med varandra, till exempel i tarmen eller huden?
- 15. Vad behövs fett till i kroppen, ge flera exempel.
- 16. Ge exempel på när en målnivå för homeostas kan ändras och vad det kan leda till.
- 17. Hur förklarar man att olika celler i en organism har olika utseende trots samma gener?