

## 5. Energiomsætningen

- 5.1 Definere begrebet energiomsætningen (den samlede ændring i kemisk energiindhold som følge af samtlige kemiske processer i perioden) og energiomsætningshastigheden (EOH) (denne ændring pr. tidsenhed)**

**Energiomsætningen**

Organismens samlede ændring i kemisk energiindhold som følge af samtlige kemiske processer i perioden.

**Energiomsætningshastighed**

Dette er energiomsætningen pr. tidsenhed, måles i enheden kJ pr. kg. pr. tidsenhed  
- eller som kJ pr. tidsenhed

- 5.2 Angive, at EOH kan måles ved varmedannelsen (+evt. ydre arbejde) pr. tidsenhed (direkte kalorimetri)**

Direkte kalorimetri:

- man måler varmeafgivelsen fra forsøgspersonen
- hvis personen er aktiv måles det ydre arbejde også
- > Udfra ovenstående kan EOH bestemmes

- 5.3 Beregne EOH ud fra  $\dot{V}_{O_2}$ ,  $\dot{V}_{CO_2}$  og kvælstofudskillelsen i urinen samt angive forudsætningerne herfor (inddirekte kalorimetri)**

**Inddirekte kalorimetri:**

Forudsætninger:

- Forbrændingen af kulhydrat, fedt og protein udgør kvantitativt de mest betydende omsætninger.
- Herunder vides at der for hvert makronæringsstof er et relativt konstant forhold mellem:  
Energiudvikling ved forbrænding  
Forbrug af  $O_2$   
Dannelse af  $CO_2$
- Dannelsen af nitrogen holdige slutprodukter svarer til udskillelsen i urinen.
- At al urinens nitrogen stammer fra protein

**Fremgangsmåde:**

Måler

- Totale  $O_2$ -optagelse:  $\dot{V}_{O_2(\text{total})}$  ( $l O_2 / \text{min}$ )
- Totale  $CO_2$ -udskillelse:  $\dot{V}_{CO_2(\text{total})}$  ( $l CO_2 / \text{min}$ )
- N-udskillelsen i urin:  $n$  (g/min)

**Proteiners indhold af  $N_2$**

- Det defineres som  $1/6,25 = 0,16$  dvs. 16 procent af proteinerne udgøres

- af Nitrogen. (Se documenta physiologica)  
- Dette skal benyttes i den næste udregning for at finde proteinoxidationens bidrag til  $\dot{V}_{O_2}$  og  $\dot{V}_{CO_2}$ .

### Beregning af $O_2$ forbrug og $CO_2$ dannelse ved forbrænding af protein og non-protein

Følgende gælder ved forbrænding af makronæringsstoffer

Forbrænding af:

	$O_2$ forbrug (l/g)	$CO_2$ dannelse(l/g)
- 1 g protein (P)	0,970	0,770
- 1 g kulhydrat (C)	0,828	0,828
- 1 g fedt (F)	2,030	1,430

Tallene står i documenta physiologica

- Beregning af proteinoxidationens bidrag:

$$\dot{V}_{O_2(\text{Protein})} = n \cdot 6,25 \cdot 0,97$$

$$\dot{V}_{CO_2(\text{Protein})} = n \cdot 6,25 \cdot 0,77$$

- Beregning af non-proteinernes bidrag:

$$\dot{V}_{O_2(\text{Non-protein})} = \dot{V}_{O_2(\text{Total})} - \dot{V}_{O_2(\text{Protein})}$$

$$\dot{V}_{CO_2(\text{Non-protein})} = \dot{V}_{CO_2(\text{Total})} - \dot{V}_{CO_2(\text{Protein})}$$

### Beregning af kulhydrat og fedtomsætningen

- Forbruget af  $O_2$  og dannelsen af  $CO_2$  ved non-protein må være lig forbrændingen af fedt og kulhydrat derfor gælder:

$$\dot{V}_{O_2(\text{Non-protein})} = C \cdot 0,828 + F \cdot 2,03$$

$$\dot{V}_{CO_2(\text{Non-protein})} = C \cdot 0,828 + F \cdot 1,43$$

- Dette er to ligninger med to ubekendte

Princip: man isolerer enten C eller F i den ene formel og sætter den ind i den anden.

-> så ender man med en ubekendt og kan isolere denne.

- REGN DEM SELV UD

### Beregning af energiomsætningen

- Udfra de fundne mængder af P, C og F og omsætningsvarmen for disse (se documenta physiologica) kan energiomsætningen beregnes:

$$EOH = P \cdot 17 \text{ kJ/g} + C \cdot 17,5 \text{ kJ/g} + F \cdot 38,9 \text{ kJ}$$

## 5.4 Definere og anvende "iltens kaloriske ækvivalent" til beregning af EOH ud fra

$\dot{V}_{O_2}$

Iltens kaloriske ækvivalent defineres som den energimængde der frigøres når 1 liter

O<sub>2</sub> bruges i forbrændingen af det enkelte næringsstof.

Iltens kaloriske ækvivalent for de tre makronæringsstoffer kan slås op i documenta physiologica.

Proteiner kun udgør en lille del af den samlede energiomsætning derfor har den ikke så stor vægt i gennemsnittet af kaloriske ækvivalenter  
- Man benytter derfor en værdi på 20kJ/l O<sub>2</sub> (vægtet gennemsnit)

Energiomsætningen beregnes ved følgende formel:

$$EOH = V_{O_2(\text{Total})} \cdot 20\text{kJ/l O}_2$$

Dette kaldes den oxymetriske metode til udregning af energiomsætningen

### 5.5 Definere begrebet udnyttelig energi i fødemidler

Udnyttelig energi defineres som den del af den indtagne fødeenergi der absorberes fra mave-tarmkanalen.

- Ved normale omstændigheder er denne del ca. 95%
- Ved patologiske forhold (f.eks. diaré) kan den være betydeligt mindre

### 5.6 Definere og anvende begreberne respiratorisk kvotient (RQ) og respiratorisk udvekslingskvotient (R)

#### Den respiratoriske kvotient (RQ)

Denne defineres som forholdet  $V_{CO_2}/V_{O_2}$  (CO<sub>2</sub> Dannelsen og O<sub>2</sub> forbruget)

Jvf. 349

#### Den respiratoriske udvekslingskvotient (R)

Angiver forholdet mellem CO<sub>2</sub> afgivelsen og O<sub>2</sub> optagelsen.

- CO<sub>2</sub> afgivelsen måles som forskellen mellem ekspireret og inspireret luft.
- O<sub>2</sub> optagelsen måles ved samme princip

### 5.7 Definere begrebet respiratorisk "Steady state" (R=RQ)

Begrebet defineres som der hvor R=RQ

Dette ses ved følgende situation:

- CO<sub>2</sub> afgift = CO<sub>2</sub> dannelse
- O<sub>2</sub> optagelsen = O<sub>2</sub> forbruget

### 5.8 Angive forhold, hvor R er forskellig fra RQ

Generelt når man er ude af respiratorisk steady-state

Eks. Metabolisk acidose (akut mælke syreophobning etc.)

-> R er større end RQ for en periode (indtil der kompenseres)

Metabolisk alkalose (baseophobning)

-> R er mindre end RQ

### 5.9 Redegøre for de kvantitativt betydningsfulde nettoomsætningers indflydelse på RQ og iltens kaloriske ækvivalent

Størrelsen af RQ afhænger i høj grad af fødens sammensætning:

- Ved udelukkende kulhydrater vil RQ nærme sig 1
- Almindelig blandet kost, her vil RQ ligge mellem 0,8 og 0,9
- Ved højt fedtindhold vil RQ nærme sig 0,7
- Umiddelbart er det ikke muligt at bestemme kostens sammensætning ud fra RQ (på trods af ovenstående)

Iltens kaloriske ækvivalent vil på samme måde afhænge af kostens sammensætning (hvis man bruger det vægtede gennemsnit jvf. 373)

- kulhydratrig kost medfører større kalorisk ækvivalent
- Fedttrig kost medfører lavere kalorisk ækvivalent.

### 5.10 Redegøre for balancen mellem tilført energi, energi afgivet fra organismen i form af varme og ydre arbejde, samt energideponering/-mobilisering

### 5.11 Redegøre for faktorer, der influerer på EOH: indre og ydre temperatur, muskelarbejde, søvn, katekolaminer, føde, faste og patologiske tilstande

Temperatur

Ydre temperatur

Her vil der ikke influeres specielt hos mennesket

- Som regel dækket af tøj derfor ikke specielt modtagelig for sænkning af denne temperatur.

-> kun begrænset stigning i energiomsætning

Indre temperatur

Her vil man se en kraftig stigning i energiomsætning

- Ved nedsænkning i 15 °C koldt vand

-> stigning i EOH på 100-400%

- afhænger af personens subcutane fedtvæv

Den øgede EOH skyldes:

- øget muskeltonus
- egentlige ufrivillige rystelser (kulderystelser)
- Aktivering af sympatiske nervesystem

-> øget EOH i nogle organer (efter noradrenalin stimulation) (Non-

shivering

termogenese)

-> Primært øges EOH i hjerte og skeletmuskulatur

Muskelarbejde

Her kan energiomsætningen øges med en faktor 5-10

Kan effektivt bruges til at fremkalde negativ energibalance

-> vægttab

Jvf. evt. 353

Søvn

Ved søvn er energiomsætningen 5-10% lavere end SEOH

Katekolaminer

Stimulerer cellernes energiomsætning (jvf. evt. temperaturen herunder)

Føde

Jvf. 383

Faste

Her oplever man et fald i energiomsætningen.

En stor del af faldet skyldes:

- mindre udgift til fysisk aktivitet
- mindre post-prandial termogenese
- Disse er udover hvad der må forventes ved den nedsatte energiindtagelse.
- Der kan ske et adaptivt fald på 2-4% (pga. nedsat sympatikus + fald i T<sub>3</sub> hormonet)

Patologiske tilstande

Mange patologiske tilstande øger EOH

- Eks:
- Brandsår, svære traumer
  - Hyperthyroidisme (for højt stofskifte)
  - Infektioner (bakterielle, AIDS, parasitter etc.)
  - Parkinsonisme
  - Cancere (lunge, ventrikel og pancreas)
  - Hjertheinsufficiens
  - Dysreguleret diabetes
  - Etc. Etc.

Ved mange af disse er enten legemstemperaturen eller hjertets arbejde øget.

### 5.12 Redegøre for begrebet standard EOH (SEOH)

SEOH ("basalstofskiftet")

Energiomsætning for en person, når han/hun

Vågen

(EOH kan blive ca. 5-10% lavere under søvn)

Fysisk & psykisk ro

Har fastet 12-18 timer

Behagelig temperatur

Udgør 2/3 af døgn EOH

Normalværdi

Ca. 5,4kJ/kg\*time (nøjagtigere, hvis man bruger M<sup>2</sup> i stedet for kg)

Estimering af SEOH

$$\text{SEOH (kJ/time)} = 2 \cdot \text{vægt} + 145$$

$$\text{SEOH (MJ/døgn)} = 0,09 \cdot \text{FFM} + 1,55$$

$$\text{SEOH (MJ/døgn)} = 0,058 \cdot \text{FFM} + 0,026 \cdot \text{FM} - 0,018 \cdot \text{alder} + 0,615 \cdot \text{køn} + 3,322$$

,hvor køn's værdi: mand=1; kvinde=0

### 5.13 Angive faktorer af betydning for SEOH: størrelse, køn, alder, fedtfri legemsmasse. Thyreoida- og sympaticusaktivitet

Fedtfri legemsmasse (FFM)

Ca. 85% af individuelle variation skyldes forskelle i denne  
=energiforbrugende masse (hovedsageligt)

Fedtmasse (FM)

Uafhængigt af ↑

SEOH ↑ med stigende FM

Pga fedtmassens belastning på væv og organer  
Hjerte/ respiration

Størrelse

Køn

Kvinder har lavere basalstofskifte (ikke kun pga lavere FFM)

Alder

Basalstofskiftet -> aftager med stigende alder (ca. 150kJ/10 år)

Børn kan have dobbelt så højt SEOH <-> voksne

Pga ændring af FFM's sammensætning

Thyreoida- og Sympaticus-aktivitet

-> giver anledning til mindre forskelle i SEOH

### 5.14 Redegøre for føde-induceret thermogenese ("specifik dynamisk virkning")

Føde-induceret thermogenese

"den stigning i energiomsætningen, der fremkaldes af fødeindtagelse"

Udgør 10% af døgnenergiomsætningen

Energiomsætning øges momentant ved påbegyndelse af måltid

-> stigning varer 3-12 timer;

afhængigt af måltids energiindhold, sammensætning, smag

Samlede effekt øges ikke efter antal måltider

Opdeles i

Obligatorisk komponent

Kan beregnes i % af måltidets energiindhold

30% for protein

5% for kulhydrat

1% for fedt

Fakultativ komponent (genetisk variation i størrelse)

Thermogenese fremkaldt af sympaticus & adrenalin

Fx adr. frigørelse stim. ved lavt blodsukker

Kulhydrat stim. Noradrenalin frigørelse

### 5.15 Redegøre for energibalancens kontrolsystemer

SE EVT 389 (mavetarm - gammelt nummer)

Apetitregulering

Talrige humorale og nervøse signaler fra periferi = involveret i appetitregulering

Integreres og styres centralt fra hypothalamus

Sammenkobles med sensoriske & emotionelle inputs

Metaboliske substrater af betydning af appetitreguleringen

Glukose, aminosyrer, frie fedtsyrer, glycerol

Hormoner

Insulin,  $\beta$ -endorfin, Somatostatin, CCK, GIP

Kulhydratbalancen

Bl.a reguleret af  $[\text{glucose}]_{\text{plasma}}$  & insulin

-> glucose følsomme neuroner i hypothalamus

Også perifer komponent (levers glykogenindhold; portae-[glucose])

-> via afferente vagus-tråde

-> fremmer mæthed

Mæthed fremmes af

Mekaniske ændringer i mavetarmkanal (distension)

-> frigørelse af CCK/GIP & afferente nervøse impulser

Fedt -> præabsorptiv mættende effekt

Ved fedt i tarm (via CCK, GIP)

Kulhydrat -> postabsorptiv mættende effekt

Via blod-glucose, insulin, levers glykogenindhold

### 5.16 Redegøre for ethanols absorption, fordeling og omsætningshastighed, herunder for tilbageregning af blodalkoholkoncentrationen og beregning af en persons totale alkoholindhold ved hjælp af Widmarks konstanter " $\beta$ " og " $r$ "

Definition

Promille (retsmedicinsk)

g alkohol / kg blod

Absorption

Lokalisation

Langsomt fra ventriklen

Hurtigt fra tøndtarmen

Fremmes ved tilstedeværelse af  $\text{CO}_2$

Hæmmes af fedt

Idet fedt hæmmer ventrikeltømningen

Fordeling

Ethanol fordeles frit i legemets vandfase

Urin

Samme koncentration som i blodets vandfase

Respirationsluft

Beskeden mængde udskilles herved

Omsætning

Langt størstedelen elimineres ved forbrænding i organismen

Stor forbrændingsvarme (30kJ/g)

Første trin

Foregår i leveren (+ringe grad nyrerne)

Ethanol -> acetaldehyd (oxidation, kat. via alkoholdehydrogenase)

-> eddikesyre (oxidation)

kan omsættes overalt i organismen

Hastighed

Alkoholdehydrogenase mættes ved lave alkoholkonc. (>0,1 promille)

-> ved højere koncentrationer sker forbrænding med konstant hastighed uafhængigt af konc.

Beregning af persons totale alkoholinhold

Koncentrationsfald i blodet (konstant hastighed)

= Widmark's  $\beta$ -konstant

= 0,15 promille/time (+/- 33%) (SE DOC.)

Fraktion af legemsvægt, hvori alkohol fordeler sig

= Widmark's  $r$ -konstant ( $\downarrow$  = gennemsnit, +/- 25%)

Kvinde: 0,55

Mand: 0,68

-> kan udregne alkoholkoncentration i blod

vha. Widmarkske faktorer, legemsvægt, indtagen mængde alkohol

-> tilbageregning af koncentrationer på tidligere tidspunkt / indtagen mængde (extrapoleres til initial koncentration,  $C_0$ )

(indtaget på 1 gang, absorberet og fordelt momentant)

Indtagen mængde alkohol = legemsvægt $\cdot r \cdot C_0$

## **6 Legemstemperatur og Tempreaturregulering**

### **6.1 Redegøre for begrebet kernetemperatur**

Kernetemperatur

Legemet inddeles i en kerne og skal (i temperaturmæssigt henseende)

Kerne

Centrale dele af truncus, hals og hoved

+centrale proximale dele af extremiteter

Her eksisterer kun beskedne temperaturforskelle

Temperatur her = kernetemperatur (dybe legemstemp.; core temp.)

Skallen

Hud og distale, profunde dele af extremiteter

Lavere temp & varierer mere <-> kerne

Måling af temperatur (kerne)

I aorta = ideelt (bruges kun ved forskning)

Rektal-temperatur

Mindst 5cm inden for anus

God mål for kernetemperatur i klinik

Hvilende personer, under neutrale temp.-forhold

### **6.2 Definere legemets middeltemperatur**

Legemets middeltemperatur

”temperatur, der ville indstille sig i legemet ved temperaturudligning i dette”

Umulig at måle korrekt

Kan beregnes ved:  $ml.temp = 0,7 \cdot kernetemp. + 0,3 \cdot middelhudtemp$

### **6.3 Beregne varmedeponeringen i kroppen ud fra ændringer i middeltemperatur og legemets specifikke varmekapacitet**

Gennemsnitlige varmefylde for legemet ansættes til 0,83kcal/kg\*°C. Varmedeponering ( $H_s$ )

beregnes i tidsrum, hvor middelslegemstemperaturen beregnes at være ændret fra  $T_{b1}$

->  $T_{b2}$  som:

$$H_s = (T_{b2} - T_{b1}) \cdot 0,83 \cdot legemsvægt(kg)$$

### **6.4 Definere begreberne varmebalance og termiske ”steady state”**

$$H_s = H_M - H_R - H_C - H_E$$

$H_s$  = varmedeponering i legemet inden for vist tidsrum

$H_M$  = varmedannelsen i organismen

$H_R$  = netto-varmetransport ved stråling

$H_C$  = netto-varmetransporten ved konvektion+konduktion

$H_E$  = netto-varmetransporten ved fordampning/kondensation

Varmebalance

Hvis  $H_s = 0$ , siges organismen at have været i varmebalance i tidsrummet  
Ingen netto-varme-afgivelse eller -optagelse

Termisk steady state

“Tilstand, hvor organismen ikke blot producerer og afgiver varme med konstante og identiske hastigheder, men hvor tillige temperaturen overalt i organismen forbliver konstante”

**6.5 Redegøre for de forskellige former for varmedannelse i organismen: den basale energiomsætning, energiomsætningshastigheden ved muskelarbejde, ved fødeinduceret thermogenese (herunder specifik dynamisk virkning), samt ved kuldeinduceret thermogenese med og uden kulderystelser**

Basale EOH

Varmedannelse under standardomstændigheder = ca. 70kcal/time for 1 individ  
65% af varmedannelse foregår i abdominale viscera, hjertet og CNS  
Muskler giver ca. 20%

EOH ved muskelarbejde

Varmedannelse kan blive 10 gange større (hos trænet individ)  
I korte tidsrum med væsentligt større hastighed  
Varme transporteres fra muskler via blod (2+2=4)

EOH ved fødeinduceret thermogenese

SE 383

Kuldeinduceret thermogenese

Stigning i varmedannelse, når individ udsættes for afkøling  
Fysisk thermogenese (kulderystelser)  
Thermoregulatorisk muskelaktivitet  
Hurtig cyklisk aktivering af muskelantagonister (ca. 10/sek)  
Ikke via pyramidebaner  
Baner fra hypothalamus (tæt på rubrospinale)  
Under udtalte kulderystelser  
-> varmedannelse kan foregå med 4-5 gange større hastighed  
Stigning i tonus  
Påvist ved gradvist nedkøling af dyr  
Ses nok også hos mennesker  
Asynkrone enkeltkontraktioner i motor-units  
Kemisk thermogenese (uden kulderystelser)  
Formidles af brunt fedt  
Via afkobling af oxidativ phosphorylering  
SE CELLEBIOLOGI  
Langt større vaskularisering  
Veludviklet sympatisk innervation

Ses især hos spædbørn

## 6.6 Redegøre for varmeudvekslingen mellem legemsoverfladen og omgivelserne ved stråling, konduktion, konvektion, fordampning og kondensering

### Stråling

Legemer udsender elektromagnetisk energi som følge af deres temperatur

Infrarødt område for mennesker

Varmeudvekslingen ved stråling

Afhænger af forskel i temp. af overflader for:

Mennesket <-> flader/genstande omkring

Fx Vægge, vinduer, jord, sol

Varme modtages fra legemer varmere end kroppen (og omvendt)

Menneskets regulering

Ændring af hudtemperatur (via kutan vasodilatation/konstriktion)

Ændring af udadvendte brøkdeler af overfladen

### Konduktion

Finder sted mellem hud og omgivelser, når

Hud er i kontakt med medium, hvori der ikke foregår strømning

Hvori temperatur afviger fra hudtemperaturen

Kun af nævneværdig betydning under specielle forhold

Fx når man sidder på en sten

Fx person iført vådt tøj / befinder sig påklædt i vand

Fx indførsel af varm/kolde drikke i fordøjelseskanal

### Konvektion

Finder sted mellem legemsoverflade og omgivende medium, når

Dette er i bevægelse i forhold til overfladen

Og bevægelsen medfører nævneværdigt større varmeudveksling

(end hvis mediet havde været stillestående)

-> Flydende grænse mellem konduktion & konvektion

Fx nøgent menneske i stille luft

-> opvarmning af luft -> denne stiger op

(erstattes af ny, kold luft)

Fx dykning med våddragt

Tyndt lag vand mellem hud <-> våddragt

-> dette opvarmes -> stiger op -> nyt koldt vand

kommer

Urineret i dragt

Varm urin -> stiger op (og man har våddragtshætte på)

-> Gør ikke dette!!! (=vaske ansigt i urin)

Muligheder for påvirkning

Ændring af hudtemperatur (som før)

Udførelse af bevægelser i mediet (påvirker negativt i vand)

#### Fordampning

1kg vand fordampes ved ca. 30°C -> kræver ca. 580kcal

Sker dette på hudoverfladen/luftvejene

-> energien tages fra legemet

Væsketab fra hudoverflade kan foregå uden at svede (perspiratio insensibilis)

Ca. 350ml/døgn (-> ca. 10% af SEOH)

Væsketab fra luftveje

Ca. Samme størrelsesorden (ca. 10% af SEOH)

(afhænger af antal L luft...kan blive MEGET stor ved dybdedykning)

Kan påvirkes ved at ændre ventilation (jvf forpustede hunde)

#### Sved

2mill. Svedkirtler hos mennesket

Svært at beregne ved svedning

Idet noget vand drypper af/gør tøj vådt etc

Kan blive 2l/time (evt mere i kortere perioder)

= Potentiel enorm varmeudskillelse

Muligheder for påvirkning

Svedsekretionshastighed

Hudtemperatur

(legemsstilling)

(bevægelse af lemme/dele af dette i luft)

#### Kondensering

Kondensering af vanddamp -> legemsoverflade

-> tilførsel af 580kcal/kg vand

### 6.7 Redegøre for varmetransporten fra legemets dybe dele til legemsoverfladen

Dette kan ske på to måder:

Konduktion: jvf. 391

Konvektion via blodet

Ekstremiteterne spiller en vigtig rolle i varmeafgiften

(udgør godt halvdelen af kropsoverfladen)

Ved kuldepåvirkning vil følgende ses:

- Perfusionskoefficienterne sænkes på ekstremiteterne

-> blodet returnerer gennem de dybe vener (har kontakt med arterierne)

-> shunting af varme fra arterierne til venerne.

- Forkøling af arterieblodet og forvarmning af veneblodet.

Fænomenet kaldes ofte for modstrømsudveksling

Ved varmepåvirkning vil man se:

- øget perfusionskoefficient på ekstremiteterne

-> blodet løber gennem de superficielle vener

-> øget varmeafgift (først fra kernen derfra videre til overfladen)

## 6.8 Redegøre for organismens muligheder for at kontrollere varmedannelsen og varmeafgivelsen (kemisk og fysisk temperaturkontrol)

### Kemisk temperaturregulation

Dette er stigninger i energiomsætningshastigheden

-> stigning i varmedannelseshastigheden

- udløses i en organisme som reaktion på afkøling

Denne form for regulation finder kun sted ved afkøling

- eks. er kulderystelserne der ses ved kuldepåvirkninger (jvf.392) Fysisk temperaturregulation

Dette er ændringer i betingelser for organismens varmeafgivelse

- Disse er hensigtsmæssige for opretholdelsen af en normal kernetemperatur.

- Eks. er Ændringer i: - svedproduktion

- Hudens blodgennemstrømning

(konstriktion/dilatation af hudens arterioler.)

## 6.9 Beskrive temperaturregulering inden for forskellige temperaturintervaller (zoner): den kemiske regulationszone, den vasomotoriske zone og den neutrale zone

Se fig. 147 side 617 i supplerende noter i fysiologi

Den neutrale zone:

På figuren ses at EOH er nogenlunde stabilt i temperaturintervallet 20-30 °C.

Intervalleret benævnes:

- Den indifferente eller neutrale temperaturzone

Her vil EOH være lig SEOH

Kemisk temperaturregulering ikke trådt i kraft

Kernetemperaturen opretholdes ved den fysiske varmeregulation

- området betegnes den fysiske temperaturregulerings funktionsbredde.

Den vasomotoriske zone

Dette er området ved ca. 20°C

- Dette er den nedre grænse for den fysiske temperaturregulering

- Konstriktionen af hudens arterioler maksimal.

- Ved temperaturer herunder stiger EOH

-> Dette ved aktivering af den kemiske temperaturregulering

Kemiske regulationszone

Dette er zonen hvor temperaturen er < 20 °C

Hvis temperaturen fortsat falder vil man nå et punkt hvor:

- kemiske varmeregulation maksimalt aktiveret

- temperaturer herunder medfører kompromitering af kernetemperaturen.

Intervaller mellem dette punkt og den vasomotoriske zone er den kemiske temperaturregulations funktionsbredde.

Ved temperaturer  $> 30^{\circ}\text{C}$  stiger EOH  
-> Pga. acceleration i de metaboliske processer i organismen

### 6.10 Beskrive temperaturreguleringens nervøse kontrolapparat

Kernetemperaturen reguleres fra grupper af neuroner i hypothalamus.

- ligger i bunden af 3. ventrikel

Centret er følsomme for deres egen temperatur

- hvis denne afviger fra et naturligt set-point (temperatur cellerne sanser for normaltemperaturen)

-> aktivation af effektorer der ændrer på:

- varmeafgivelsen

- varmeproduktionen

-> temperaturen tilbage mod set-point

Centret påvirkes af temperaturen i det blod der forsyner det

Modtager afferenter fra:

- andre områder af cerebrum

- kropskernen (abdomen, måske musklerne)

- termoreceptorer i huden

Signalerne påvirker (samarbejder med) neuronerne i det hypothalamiske område.

Centret i hypothalamus er placeret i de præoptiske kerner

### 6.11 Redegøre for begreberne: Feber, Pyrogener, Malign hyperthermi varmetræthed, varmesynkope (kredsløbsinsufficiens som følge af kutan arterioledilatation), hedeslag og hypothermi.

#### Feber

Syndrom hvori der bl.a. indgår:

- forhøjet kernetemperatur (pyrexia)

- almindeligt ildebefindede (andre symptomer der går under denne brede betegnelse)

Hyppigste årsag er infektioner af forskellig art.

I situationer med feber mener man at pyrogener påvirker de præoptiske hypothalamuskerner.

-> forhøjet set-point af temperaturen

Mekanismen menes evt. medieret af prostaglandiner frigivet lokalt.

#### Pyrogener

Dette er feberfremkaldende stoffer

Påvirkningen af hypothalamus (set-point) menes medieret af lokalt afgivne prostaglandiner.

Antipyretiske (temperatursænkende midler)

- virker formentligt hæmmende på syntesen af prostaglandiner.

### **Malign hyperthermi**

Genetisk betinget feberform

Patienter reagerer på visse stoffer (eks. halothan) med:

- udtalte toniske muskelkontraktioner
- > mekanismen menes at være svigtende indpumpning af  $Ca^{2+}$  til det sarcotubulære reticulum

### **Varmesyndrome**

Den simpleste form for varmeudmattelse

- skyldes kredsløbinsufficiens
  - > Dette pga. cutan vasodilatation (øget karkapacitet)
- I forbindelse med dette ses ofte tab af plasmavand til interstitierne

### **Varmetræthed**

Næste trin af varmeudmattelse

- karakteriseres ved reduceret svedproduktion i ekstremiteter og på truncus.
    - > moderat forhøjet legemstemperatur (38-40°C)
- Oftest betinges denne af at der er foregået ukompenserede tab af:
- vand
  - salt
- (dette gennem sveden)

### **Hedeslag**

Dette er den alvorligste for varmeudmattelse

- Karakteriseres ved (ofte pludseligt) totalt ophør af svedproduktionen (fra hele kroppen)
  - > (uden behandling) selverperpetuerende hyperpirexi (op til 47°C målt præmortelt)
    - > ledsages af cerebrale symptomer
    - fra let konfusion -> dyb koma

### **Hypothermi**

Kulde kan forårsage lokale frostsår

-> kan medføre nedsat legemstemperatur

Hvis varmetabet er større end varmeproduktion falder

legemstemperaturen. (smart IKKE)

Ved hypothermi påvirkes alle legemsfunktioner

Ved en dyb temperatur på 30-25°C vil varmeregulationen forsvinde (jvf. 394)

For symptomer jvf. 339