

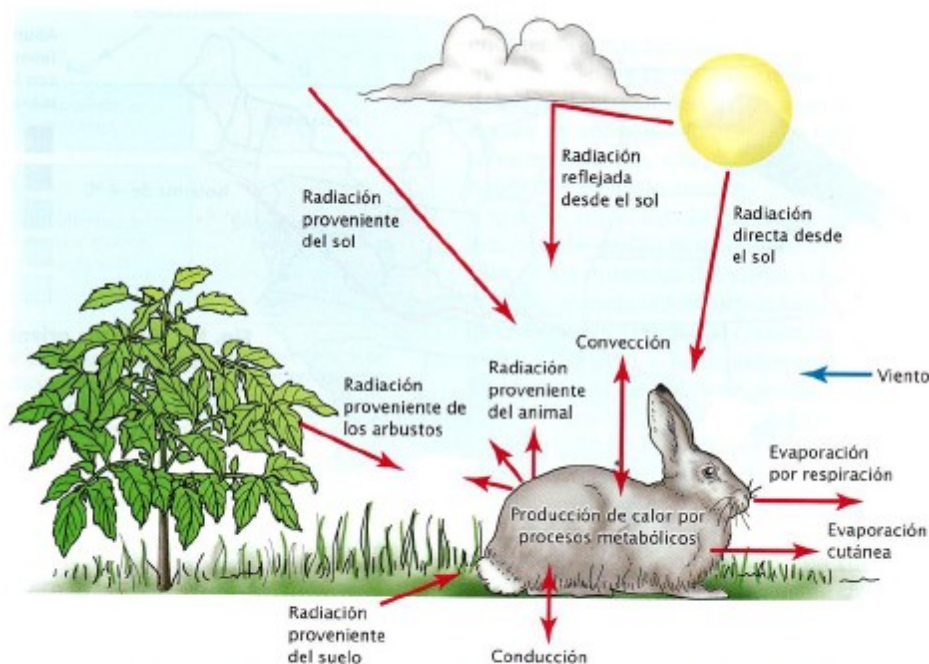
16. GAIA: METABOLISMOA, BERO-EKOIZPENA ETA TENPERATURAREN ERREGULAZIOA

Animalia homeotermoek inguruneak baino tenperatura altuagoa mantentzen dute barnean, eta beraz, beroa galtzen da. Beraz, homeotermoa izateko honako baldintza hauek bete behar dira:

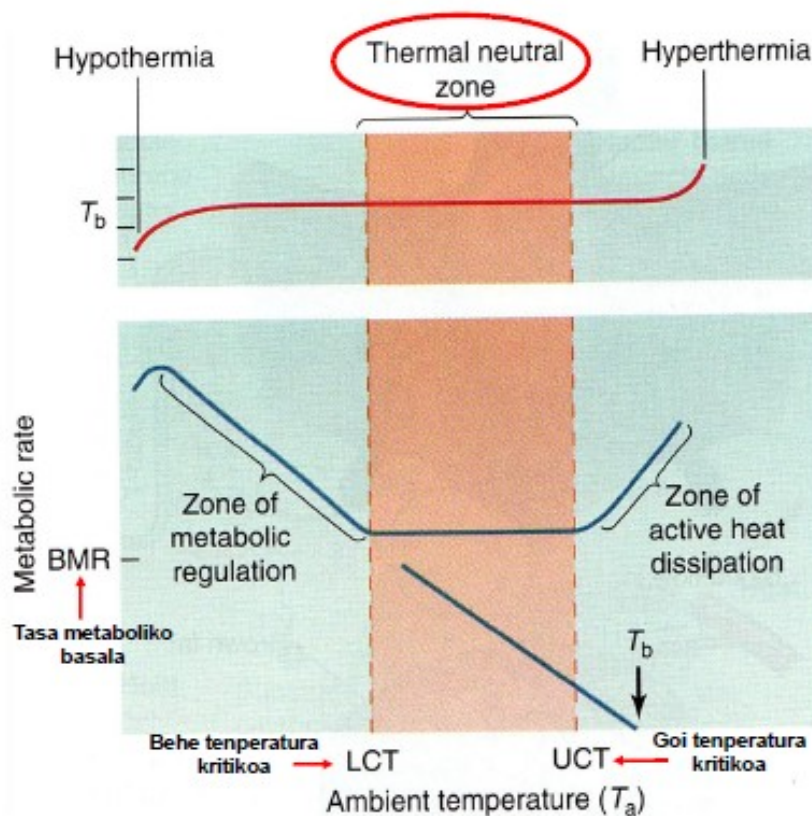
- Tasa metaboliko handia azaltzea, bero ekoizpen altua. Ia derrigorrezkoa da endotermoa izatea.
- Ingurunearekin elkartrukea baimentzen ez duen geruza isolatzailea azaltzea:
 - Ugaztunetan: ile geruza
 - Hegaztietan: lumak

Ingurunearekin gerta daitezkeen elkartrukeak:

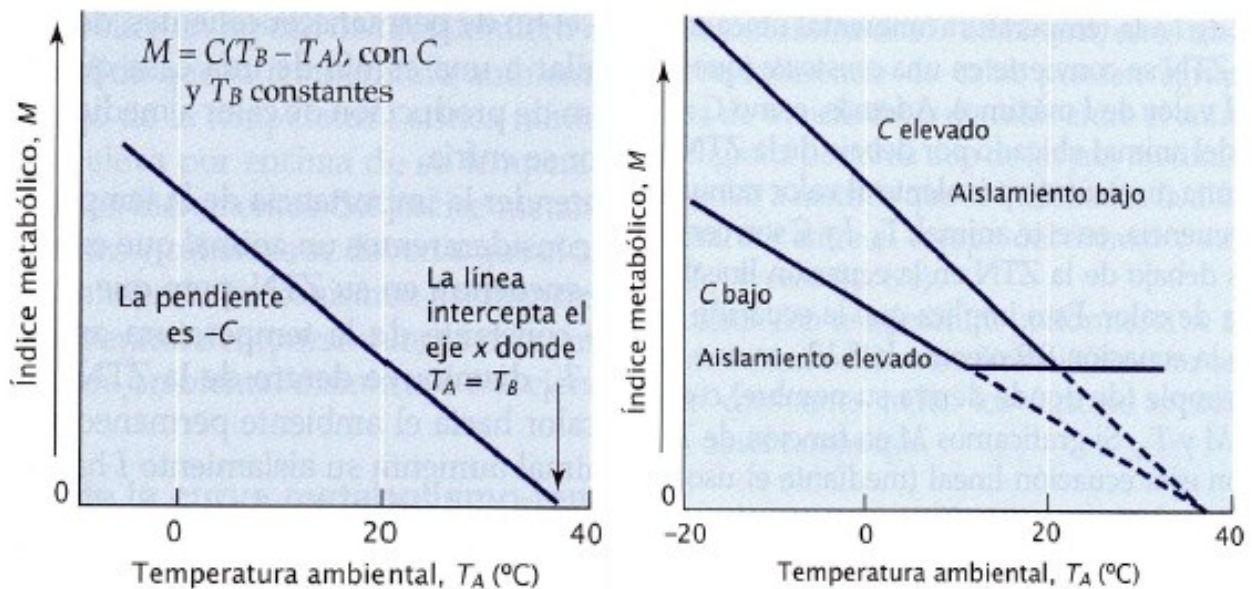
- Kondukzioa: gorputz bero batetik ukimenez beste batera transferentzia gertatzen da.
- Konbekzioa Kondukzioaren kasu partikularra, zeietan gorputz horietako bat fluidoan den eta mugitu egiten den (airea eta ura). Homeotermoen kasuan, normalean ile eta lumen bidez aire geruza bat geratzen da harrapatuta. Gure gorputzak aire masa horri igarotzen dio beroa, baina behin berouta, aire geruza hori mantendu egiten da inguruan, eta beraz, ez dago konbekziorik, ez baita aire masa hotzik gerturatzen.
- Erradiazioa: Edozein gorputzek beroa irradiatzen du kontaktuan egon gabe. Adibidez, eguzkiak erradiatzen duen beroa. Baina guk ere beroa erradiatzen dugu.
- Ebapotranspirazioa: Animalia homeotermoek hozteko erabiltzen duten mekanismoa. Bero trukaketa hori uraren bidez egiten da. Ura berotu egiten da eta horrela galduko dugu beroa. Hori da izerdiarekin gertatzen dena, adibidez. Arazoa: uraren menpekoea dela. Bero handiagoa dagoenean da hau beharrezkoa, eta normalean bero handia egiten duenean ur eskuragarritasuna txikia da.



16.1. Irudia. Animaliak ingurunearekin dituen bero trukeak kondukzioz, konbekzioz, erradiazioz edo/eta ebaporazioz gertatzen dira.



16.2. Irudia. Animalia termoerregulatzailer batetan tasa metabolikoaren eta tenperaturaren ateko erlazioa.



16.3. Irudia. Tasa metabolikoak tenperaturarekin duen erlazioa alde termoneutroan eta tenperatura baxuagoetan.

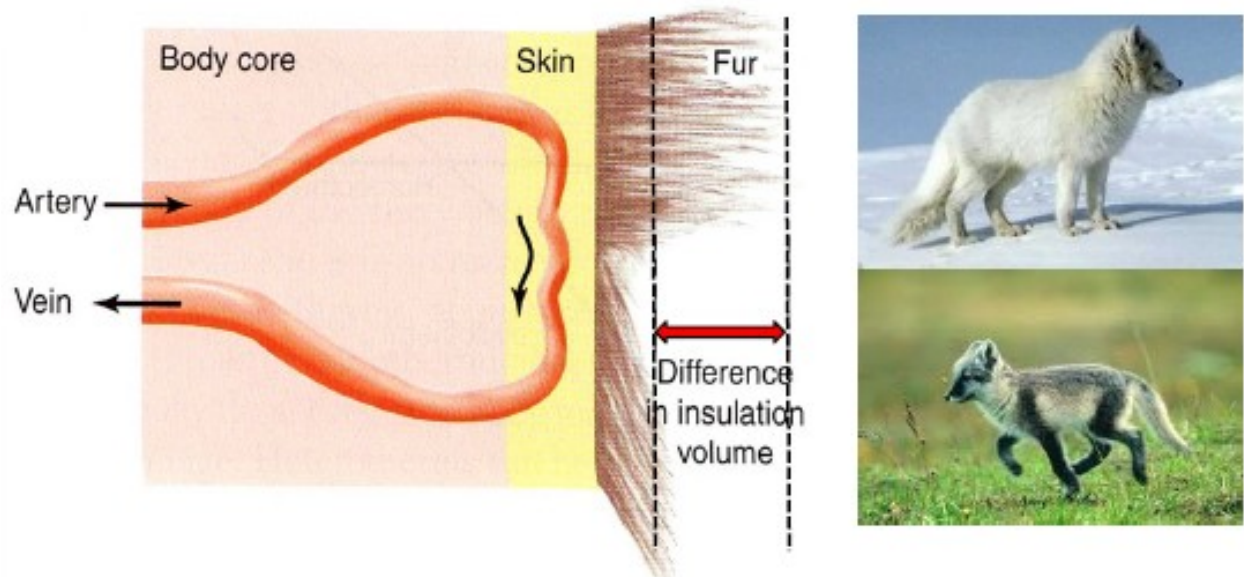
Isolamendu mailak baimenduko du animaliak ingurunearekin dituen bero trukaketak kontrolatzea. Ingurunetik isolatzeko gaitasun handikoek tarte termoneutro zabalagoa dute.

Eskumako grafikoa: 2 animalia konduktantzia (isolamenduaren kontrakoa) eta isolamendu desberdinekin. Animalia baten isolamendu maila altua da, eta konduktantzia txikia da, eta bestean alderantziz. Isolamendu handiagokoak tarte termoneutro zabalagoa izango du, tenperatura hotzagoetan mantendu dezakete kte tasa metabolikoa. Isolamendu maila txikia bada, tasa metabolikoaren igoerarekin nahiko azkar erantzungo du. Gainera, tasa metabolikoaren malda hori handiagoa izango da.

Animaliek 3 mekanismo mota dauzkate (energia gasturik gabekoak, tasa metabolikoa kte mantendu):

1) Erantzun pilomotorea

Ilearen tentetzea da. Hegaztien kasuan lumak izango dira. Ile eta lumen tentetzearekin zer lortzen dute? Gorputzaren inguruan aire masa bat mantentzea. Horrekin konbekzioa murriztu egiten da. Zenbat eta lodiagoa izan, isolamendua emendatu egiten da. Ileak edo lumak tentetuz geruza horren lodiera emendatzea lortzen dugu, eta beraz isolamendua emendatzea. Tenperatura jaisten bada ileak tentetzen dira, bero galera murriztuz. Irudian neguko eta udako pelajea agertzen dira. Negukoa askoz ere potoloagoa da, normalean kolore aldaketarekin.



16.4 Irudia. Alde termoneutroan beroa mantentzeko animaliak isolamendu maila alda dezake, erantzun pilo-eta pilomotoreen bidez. Irudian artikoko azeria agertzen da, neguko eta udako ilajearekin.

2) Erantzun posturalak

Ingurunearekin kontaktuan dagoen azalera murriztea. Taldekatzea, sugeen kasuan biltzea... Gune hotzekin kontaktuan dagoen gorputz azalera murrizteko.



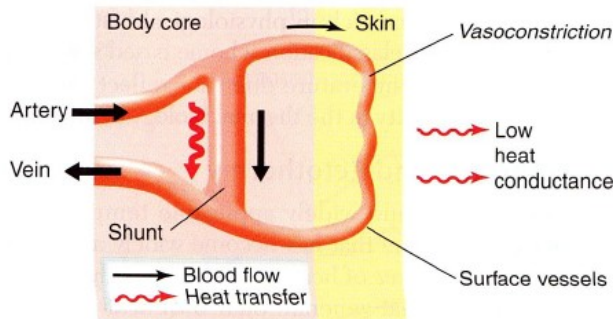
16.5 Irudia. Zenbait portaerak, edo erantzun posturalek, beroaren galera murrizten laguntzen dute.

3) Erantzun basomotoreak

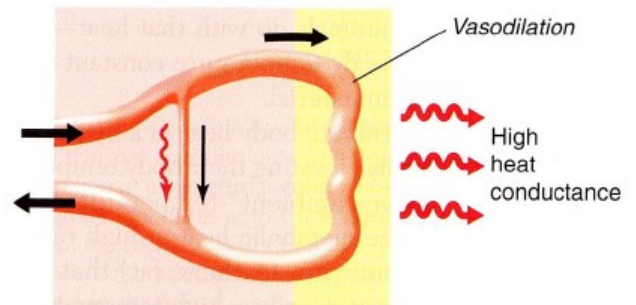
Zirkulazio sistemak hartzen du parte. Bi eratakoa izan daiteke:

- Zirkulazio periferikoaren fluxuaren kontrola: Animalia endotermoetan bero garraiatzailea odola izango da. Organo aktiboetan beroa sortzen da, eta gorputz osora garraiatuko du odolak. Tenperaturak oso hotzak direnean, eta zenbait organoren tenperatura arriskuan jartzen bada, zirkulazio periferikoa murriztu egiten da, eta batez ere gorputz adarretara, belarri, sudurrera... odol fluxua murrizten da.

(a) Response to cold temperature

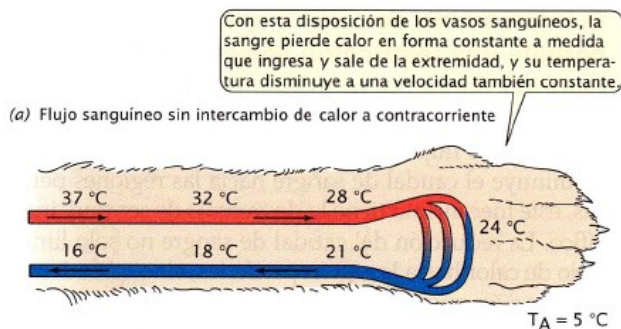


(b) Response to high temperature

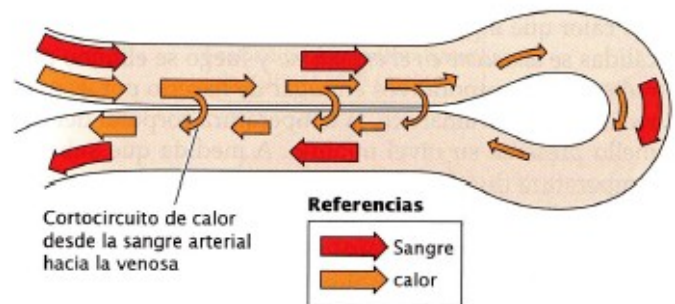
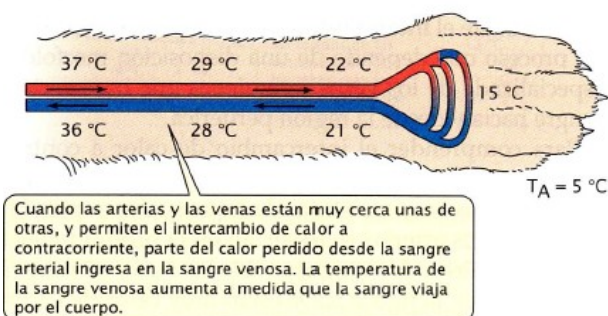


16.6 Irudia. Alde termoneutroan, inguruneko tenperatura jaisten denean, gorputz-adarretara eta azaletik gertu bideratzen den odola murriztu egiten da, bero galerak txikitzeko, tenperaturak gora egitean ordea, zirkulazio hori areagotzen da konduktatziaz galtutako beroa emendatzeko.

- Korrante kontrako bero trukaketa: Ingurunean hotza baldin badago, odol hodietan zehar gorputz adar horretara odola bideratzen dugunean, errai masa, bihotza etab-etik aldetzen doan heinean hoztuz joango da. 16.7 irudia: 37°C-rekin ateratzen da odola eta hanka puntara 24°C-rekin iritsi. Bueltatzen denerako 16°C-tan dago. Honek zenbait organoren funtzionamendua arriskuan jar dezake, gorputzaren tenperatura murriztu dezakeelako. Ukitu egingo dira bena eta arteriak eta beraz, bero trukaketa bat gertatuko da. Gorputz adarretara iristen doan odola tenperatura baxuagoan helduko da, baina berriz organoetara iristen den odola tenperatura altuagoan egongo da.



(b) Flujo sanguíneo con intercambio de calor a contracorriente



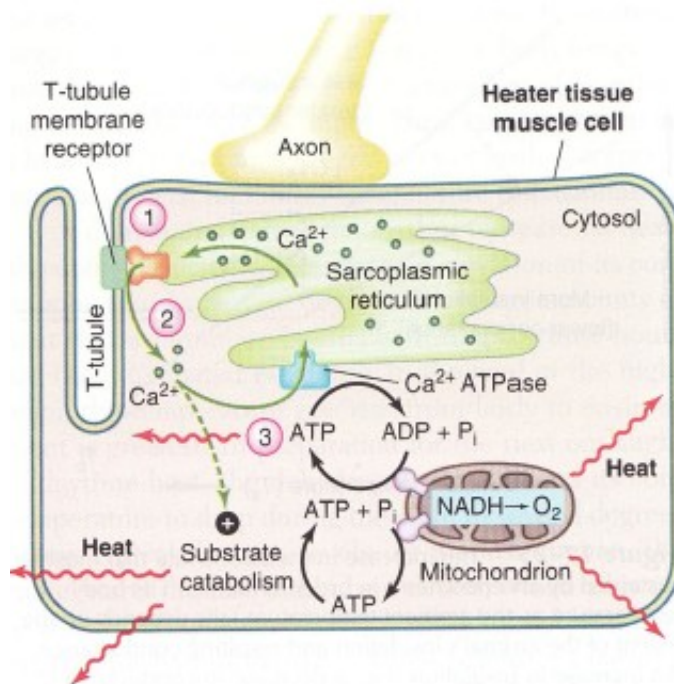
16.7 Irudia. Bero galera murrizteko korrante kontrako bero trukaketa gerta daiteke.

TARTE TERMONEUTROTIK BEHERA

Hauek mekanismo termogenikoak dira, beroa ekoiztu egiten da, beraz energia gastatuko da. Tasa metabolikoak gora egingo du.

1) Dardara bidezko bero ekoizpena

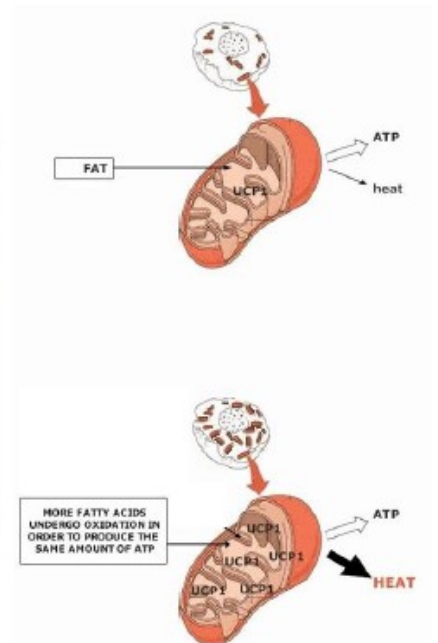
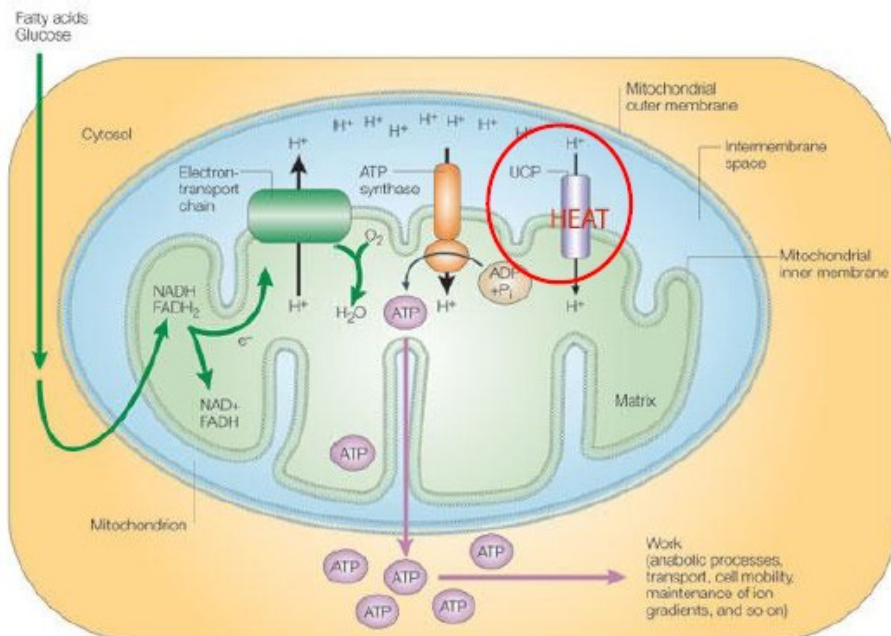
Muskuluen uzkurketa gertatzen da. Baina uzkurketa hori ez da sinkronikoa izango eta beraz ez dute lan bat burutuko, baina ATPa gastatzen ari da muskuluak uzkurtzerakoan, eta transformazioren bat dagoenean energiaren %60 bero moduan askatzen da. Beraz, hemen dardararen bidez beroa ekoizten da. Dardara izango da hotzaren aurrean agertzen den lehen mekanismoa. Baina honek ez dauka eragin handiegirik tenperaturak jaisten jarraitzen badu.



16.8 Irudia. Ezpata arrainen bero ekoizpenerako ehunen metabolismoaren eskema. Kinada baten eraginez erretikulu sarkoplasmatikoko kaltzio kanalak ireki eta Ca^{2+} zitoplasmara askatzen da ATPa kontsumitzen duten prozesu metabolikoak martxan jarritz eta beroa sortuz.

2) Metabolikoki aktiboak diren organoen edo ehunen aktibitatearen emendioa.

Hemen garrantzitsuenak bihotza eta gibela izango dira. Bi organo hauek nahiko aktiboak dira normalean, baina hauen aktibitatea emendatu egiten da. ATPa kontsumitzen da eta bero ekoizpena dago. Ezpata arrainen kasuan, hotzaren aurrean T tubuluetan kaltzioa askatzen da, eta horrekin uzkurketa muskularra gertatzen da. Baina badaude beste hartzaile batzuk, mitokondrioetan eragiten dutenak. Mitokondrioen aktibitatea areagotzen da, beroa askatuz. Kaltzio menpeko katabolismoa da hau, beroa ekoizten duena.

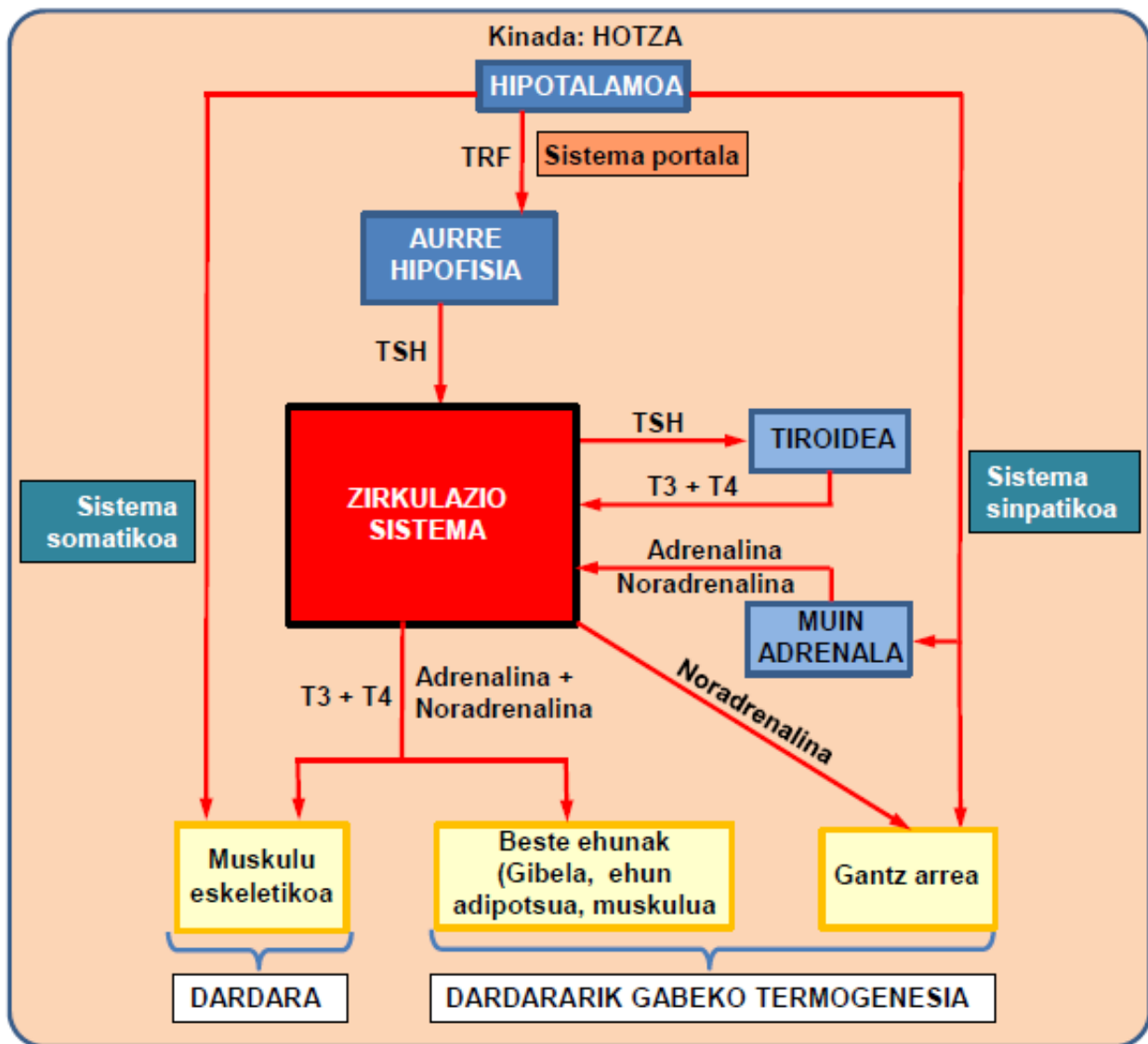


16.11 Irudia. UCP proteina desakoplatzaileak anioi garraiatzaileen familiakoak dira. Gantz arreko zeluletan mitokondrio ugari egoteaz aparte, mitokondrio hauek UCP proteinetan aberatsak dira.

3) Gantz arrea

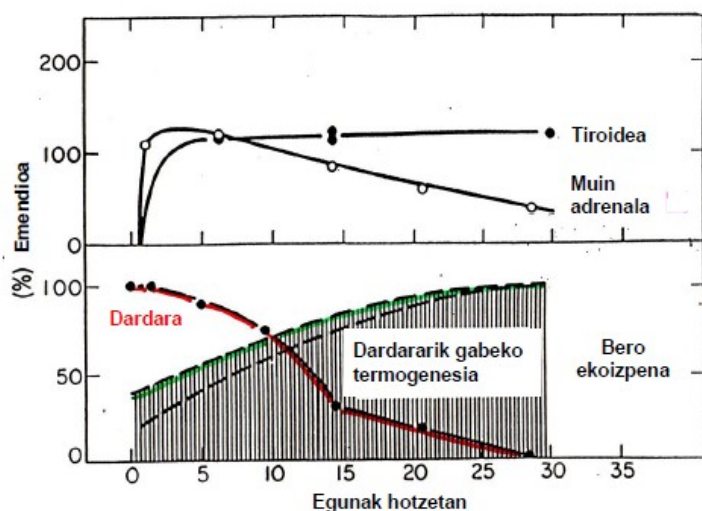
Ez da animalia guztietan agertzen. Batez ere animalia txikietan eta jaioberrietan. Bere eginkizun bakarra beroa ekoiztea izango da. Lepoaldean agertzen da batez ere, gorputzetik burura doan odol hori bero mantentzeko. Arrea da mitokondrio asko dituelako, eta mitokondrioetan ATParen sintesia gertatzen da. Baina, mitokondrio hauetan proteina desakoplatzaile batzuk egongo dira, mota desberdinetakoak. UCP esaterako, protoi gradientea desakoplatzen dutenak. Protoi kanalak izango dira. ATPasa protoi gradienta bat da, gradientearen indarra erabiltzen duena ATP ekoizteko. Protoiak pasatzean proteina desakoplatzaile hauetatik, beroa askatzen da. Animalia txikietan agertzen da, hibernatzen dutenetan batez ere.

Mekanismo hauek nerbio sistemak eta sistema endokrinoak kontrolatzen ditu. Mekanismo batzuk nerbio sistema autonomoak. Hipotalamoan, NSZn, termohartzaile batzuk egongo dira, gorputzeko tenperatura jaisten hasi dela igerriko dutenak. Gorputzeko tenperatura jaisten hasten bada kanpoko jaitsi delako, mekanismoak martxan jarriko dira.



16.12 Irudia. Bero ekoizpenerako kontrol hormonal.

Kinada baten aurrean, muskulu eskeletikoa uzkuertzen hasten da dardaraka, lehenengo erantzuna izango da hau. Tenperaturak jaistne jarraitzen badu, edo sortzen den beroa nahikoa ez bada gorputzeko tenperatura kte mantentzeko, sistema sinpatikoa martxan jarriko da; tropina baten bidez muin adenalean adrenalina eta noradrenalinen askapena eragingo du. Muskuluaren uzkuertura eragin dezakete ehun batzuetan, beste batzuetan aktibitate metabolikoa areagotu dezakete, eta gantz arrea dagoen kasuetan hau martxan jar dezakete. Adrenalina eta noradrenalina hormona hidrosolugarriak dira, beraz nahiko azkar eragingo dute eta erantzuna nahiko azkarra izango da. Eragina ere nahiko azkar desagertzen da. Hormona liposolugarriek geneen adierazpena areagotzen dute, beraz hauek dauden bitartean nahiko luzera mantendu daiteke ekintza mekanismoa. Beraz, hotzak jarraituko balu, TRF askatuko litzakete aurre hipofisian, eta tiroidean T3 eta T4 askatuko lirateke. Hauek metabolikoki aktiboak diren ehunen aktibitatea emendatzen dute, baina epe luzera. Hormona liposolugarri eta hidrosolugarrien funtzioa berdina izango da, baina liposolugarriek epe luzera eragingo dute eta hidrosolugarriek motzera.



Ikus daiteke muin adrenalak 3 egunetan edo maximoa lortu duela. Tiroideak egun batzuk behar ditu maximoa lortzeko, baina gero denpora luzean mantentzen da.

16.13 Irudia. Dardararen bidezko bero ekoizpena oso garrantzitsua da hotzaren aurreko lehen uneetan.

TARTE TERMONEUTROTIK GORA

Hauek ere energia kontsumoa beharko dute.

Tarte termoneutroetan: energi kontsumorik eskatzen ez duten mekanismoak. Tarte termoneutrotik kanpo tasa metabolikoa igo.

1) Izerdiketa.

Uraren bero espezifiko altuan oinarritzen da. Uraren tenperatura aldatzeak, gradu bat igotzeko, energia asko eskatzen du. Nondik hartuko du energia/bero hori? Animaliaen gorputzetik. Beraz, izerdiak zonalde bat hezetuko du eta gorputz horretan dagoen beroa kondukzioz xurgatuko du. Airean 20 gradutan ondo daude. Zer gertatzen da uretan 20 gradutan sartzen bagara? Hasieran ondo, baina ur horrek beroa kentzen digu. Izan ere, zu ur hori berotzen ari zara. Izerdiarekin berdina gertatzen da.

2) Listu sakabanaketa

Mekanismo berdintsua. Katuak etab mihazkatzen direnean. Listua sakabanatzen dute gorputzetik, gorputz adarretan normalean, eta listu horrek beroa eramango du berarekin.

3) Hatsantzea

Bentilazio maistazuna areagotu egiten da, ur eta elektrolitoen balantzean ikusi genuen moduan ura galtzeko modu bat arnasketaren bidez da, aire masa hori berotu eta hezatu egiten delako, eta hori galdu egiten zen. Hatsantzearekin, barneratzen den aire masa hori berotu egiten dugu, eta kanporatzean galdu egiten dugu. Mingaina oso baskularizatuta egongo da kasu askotan, mingain hori hezea dagoen heinean izerdiketaren pareko mekanismoa litzateke, eta beste alde batetik arnasketaren bidez ere beroa kanporatzen ari dira.

4) Aho zorua oszilazioak

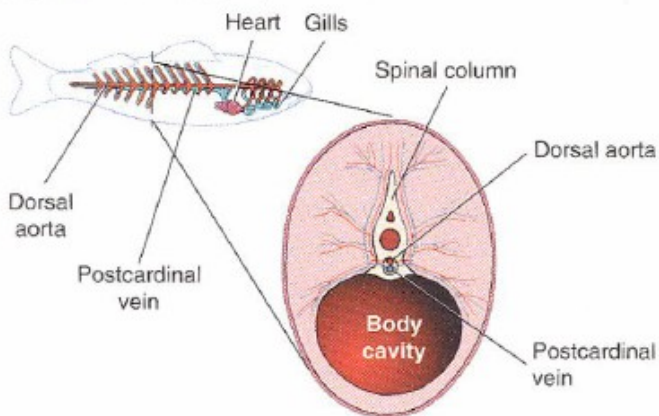
Hegaztietan gertatzen da, hatsantzearen parekoa. Ahoa irekitzen dute, oso baskularizatuta dago zorua, beraz beroa eramango dute. Gune hezea izango da, bentilatuta dagoena (konbekzio bidez beroa galduko dute) eta hori erabiliko dute beroa dissipatzeko.

5) Portaera erantzunak ere egongo dira, itzal bilatzea etab. Baina horiek ez dira mekanismo fisiologikoak.

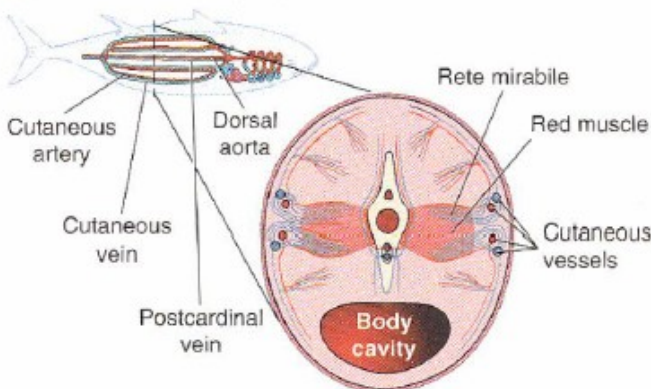
Ektotermia, endotermia, poikilotermia... muturreko egoerak dira. Badaude tarteko hainbat egoera. Esaterako, animalia bat homeotermoa da gorputz osoan?

Endotermo bakarrik ugaztunak eta hegaztiak izango dira. 2 baldintza betetzen dituzte: 1) Isolamendu geruza bat (ileak eta lumak), 2) Tasa metaboliko altuak. Badaude tasa metaboliko oso altuko animaliak, hegazuak esaterako, baina ez dira endotermoak, isolamendu geruzarik ez dutelako, eta urtarak direlako (eroankortasun termikoa oso handia da uretan, beraz, energia asko beharko litzateke urarekiko desberdina den tenperatura bat mantentzeko). Red mirable izeneko sarea daukate, korrante kontrako bero trukaketa gertatzen da bertan. Ez da beste odolarekin nahasten, eta beraz muskuluen inguruan pilatzen den odol horretan tenperatura altuagoa izango da. Animalia hauek nahiko endotermia aila altua erakusten dute, baina ez da nahikoa animalia osoa tenperatura altu baten mantentzeko. Heterotermia erregionala da.

(a) Ectothermic fish (trout)



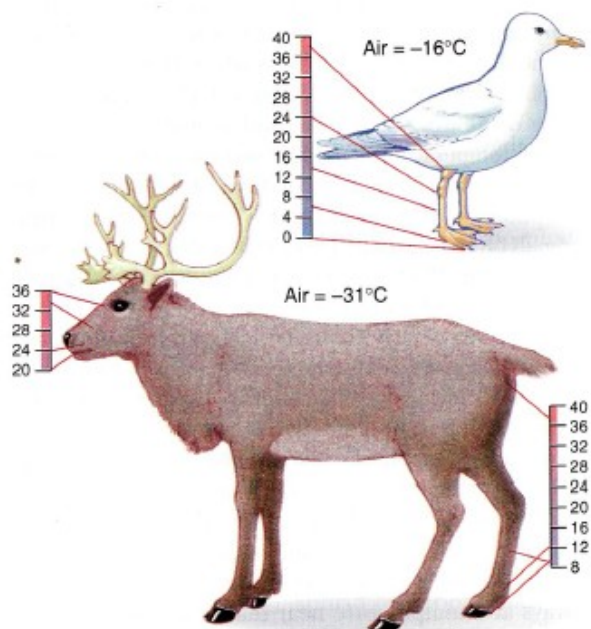
(b) Heterothermic fish (tuna)



16.15 Irudia. Arrain ektotermo arrunt baten (amuarraina) eta heterotermo baten (hegaluzea, *Tunnus thynnus*) arteko ezberdintasun anatomikoak. b) Hegaluzeak "rete mirabile" baten bidez beroa mantentzen du.

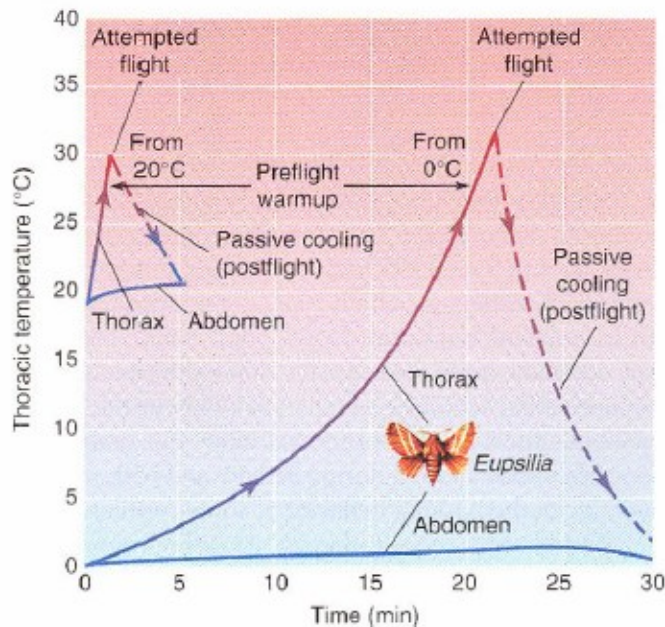
16.16 Irudia. Gorputz-ataleko heterotermia (heterotermia erregionala).

Gorputz osoa tenperatura altuan mantentzea ezinezkoa da inguruko tenperatura oso baxua denean. Hegazti baten oin puntetan 0 gradu inguru egon daitezke, bere gorputza 40 gradutan dagoen bitartean. Hau ezin daiteke luzaroan mantendu, noski. Animaliak noizean behin bere gorputz-adar horiek ebrotu behar dituzte. Hau ere heterotermia erregionala da.



16.17 Irudia. *Eupsilia* generoko sitsek termogenesira jotzen dute, hegaletako muskulu toraxikoen dardararen bidez, toraxeko tenperatura igo eta hegan egin ahal izateko. Mekanismo honen ondorioz ordea, ez da abdomeneko tenperatura aldatzen.

Sits honetan heterotermia erregionala. Bere gorputza 30 gradutara heldu behar da hegan egin ahal izateko. Lurrean daudenean hegoak mugitzen, berotzen ari dira. Muskuluak mugituz, tenperatura igoko dute, eta 30 gradutara heltzean hegan egiten hasiko dira.



16.18 Irudia. Marmotaren hibernazioan zehar gertatzen den denboranzko heterotermia (heterotermia tenporala).

Hibernatzen duten taldeetan agertzen da. Hibernatzen duten animaliak batez ere ugaztun txikiak dira. Hartzek ez dute hibernatzen. Marmota baten adibidea daukagu. Ohiko egoeratik %7ra murrizten du tasa metabolikoa, eta horrekin batera bere gorputzeko tenperatura ere murriztu egiten da. Horrela mantentzen da, kasu honetan bi astez. Gero ohiko balioak baino balio altuagoetara igotzen da tasa metabolikoa. Eta gero ohiko balioetara itzuli. Sasoiaren arabera gorputzeko tenperatura aldatu daiteke.

