

4. TASA METABOLIKOAREN MAILAK

Metabolismo mailan, hiru egoera bereizten dira:

1. MANTENTZEAREN KOSTEAK: bizirik mantentzeak koste energetiko bat dauka. Zelulen osotasuna eta aktibitateak mantentzeko gastatzen den energia.
2. AKTIBITATE FISIKOA: lokomozioa beharrezkoa da animalietan ingurumen baldintza aproposak aurkitzeko eta elikagaia lortzeko.
3. JANARIAREN PROZESATZEA: erregai biokimiko aproposak lortzeko elikagaiak manipulatu eta gorde behar dira.

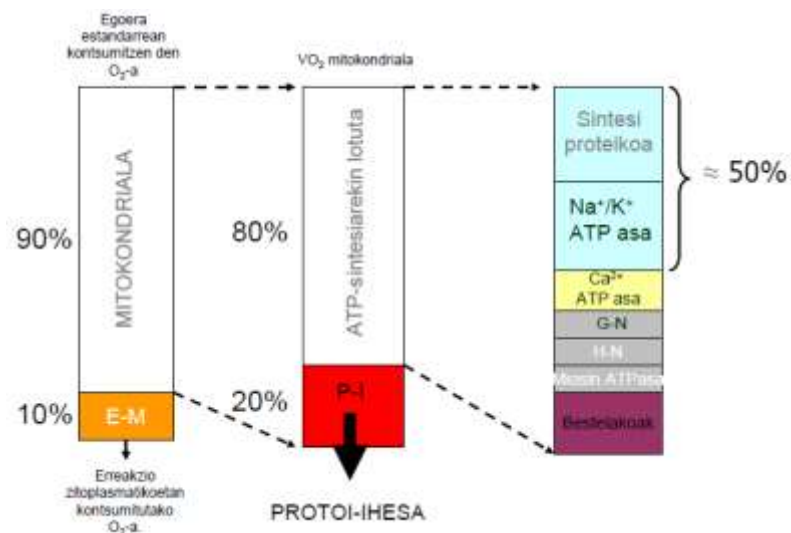
Tasa metabolikoa denboran zehar neurtuko bagenu, minimo eta maximo balioen artean mugituko litzateke. Minimo eta maximo balioen artean hiru egoera ditugu:

- GASTU METABOLIKO BASALA R_{BAS} : animalia batek atsedenean, baraualdian eta egoera optimoetan daukan gastu metabolikoa. Beraz, bizirik irauteko gastatu behar duen gutxieneko energia.

Kontuan hartu behar da kontzeptu hau soilik ugaztun eta hegaztietan aplikatu daitekeela. Termoeraentzaileak direnez, energia gastua beharrezkoa izango da gorputzaren tenperatura konstante mantentzeko. Animalia termokomunztagarrietan tenperatura aldatzen denez kanpo baldintzekin batera, tasa metaboliko estandarra soilik neurtu daiteke. Izan ere, tenperatura desberdinetan neurtuko bagenu animalia baten tasa metabolikoa balio desberdinak izango genituzke.

- GASTU METABOLIKO ESTANDARRA $R_{standard}$: animalia batek atsedenean eta baraualdian baina optimoak ez diren baldintzetan daukan gastu metabolikoa.
- OHIKO GASTU METABOLIKOA R_{RUT} : animalia batek ohiko baldintzetan eta ohiko aktibitateak burutzean daukan gastu metabolikoa.

Gastu metaboliko maximoa ariketa fisikoa bultzatzean



Ikus dezagun orain zertan gastatzen den energia egoera basalean. Eredu hau soilik mamalioetan aplikagarria da. Kontsumitzen den oxigenoaren %90a erreakzio mitokondrialetan erabiltzen da. %10 zitoplasman ematen diren erreakzioetarako bideraturik dago: DNA eta base nitrogenodunen sintesirako erabiltzen da. Mitokondriara doan oxigenoaren %80a ATP sintesiarekin akoplatuta dago. ATP bezala gordetzen den energia hainbat ekintzetarako erabiltzen da: sintesi proteikoa, sodio/potasio ATPasa, Ca^{2+} ATPasa, glukoneogenesia, muskuluen uzkurketan, hondar nitrogenodunen ekoizpena, ... Soilik sintesi

proteikoan eta sodio/potasio ponparen bidez ekoizturiko ATP osoaren %50 kontsumitzen da. Mitokondrian galtzen den energia protoi ihesa deituriko fenomeno baten ondoriozkoa da.

ORGANOAK	MASA OSOAREKIKO %	R _{BAS} -EIKO %
GIBELA	2	17
LISERI-HODIA	2	10
GILTZURRUNAK	0.5	6
BIRIKIAK	0.9	4
N-S ZENTRALA	2	20
BIHOTZA	0.4	11
MUSKULUA	42	25
GUZTIRA	50%	90%

Organoek metabolismo basalean, ekarpen desberdinak izango dituzte. Nahiz eta organoak masa osoarekiko %50 izan, haien kontsumoa metabolismo basalearekiko %90 izango da. Egia da zenbait egitura falta direla. Hala nola, larruazala, hezurak, ... Baina ia pisu osoaren erdia bada ere, mantentzea garestia da. Nahiz eta pisuan metabolismo eskasa izan, ekarpen handia du metabolismo basalean. Ehun desberdinetan funtzio ezberdinak ematen dira. Sintesi proteikoa eta sodio potasio ponpaketa zenbait organoetan oso altua da. Batez ere giblean. Ikus dezakegu nola sintesi proteikoan kontsumitzen den energiaren %24a erabiltzen dela. Gainera, beroa ekoizteko energia galera oso handia da gibel eta muskulu eskeletikoan.

EHUNA	Sintesi proteikoa	Na ⁺ /K ⁺ ATPasa	Ca ²⁺ ATPasa	Bestelakoak
GIBELA	24%	5-10%	5%	Glukoneogenesis (15-40%) Urea sintesia (12%) Oligonukleotidoen sintesia (5%) PROTOI-IHESA (20%) Ez-mitokondrial (20%)
LISERI-HODIA	74%	60%		
GILTZURRUNAK	6%	40-70%		Glukoneogenesis (5%)
BIHOTZA	3%	1.5%	15-30%	Aktomiosina ATPasa (40-50%) PROTOI-IHESA (15% max)
ZEREBROA	5%	50-60%	Esangarria	
MUSK- ESK	17%	5-10%	5%	PROTOI-IHESA (50%) Ez-Mitokondrial (14%)

TASA METABOLIKO BASALAREN ALOMETRIA

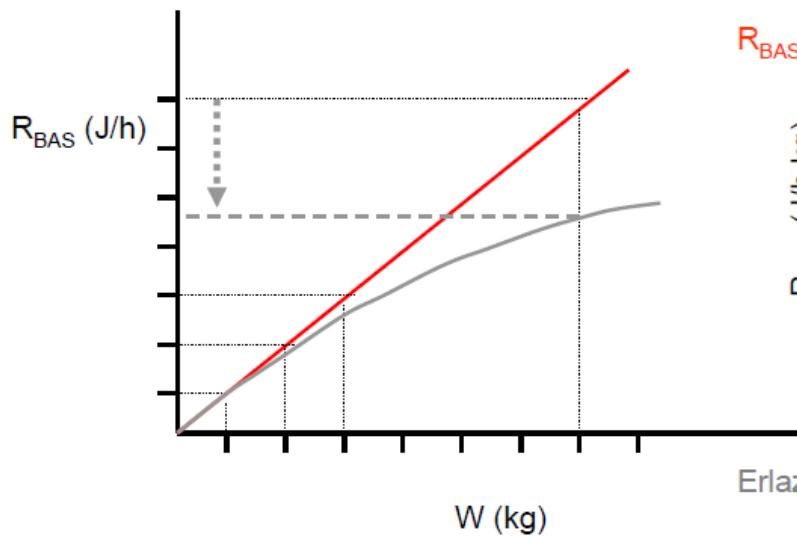
Tasa metaboliko basala animaliairen pisuarekin edo tamainarekin erlazionaturik dago. Ez da erlazio isometrikoa betetzen. Izan ere, gero eta balio altuagoak erabili, orduan eta gehiago desbideratzen da funtzioa lerro isometrikotik. Animalia gero eta handiagoa izan, orduan eta tasa metaboliko handiagoa izango du. Gero eta pisu gehiago, gero eta animalia handiagoa izan, tasa metabolikoa masa unitateko txikiagoa izango da. Ez da proportzionala izango, alometrikoa baizik. Baina tasa metaboliko espezifikoa murriztuz joango da animaliairen tamainarekin.

Funtzio alometriko hau adierazteko orduan, hurrengo ekuazioa erabiliko da:

$$R(J/h)=a \cdot W^b$$

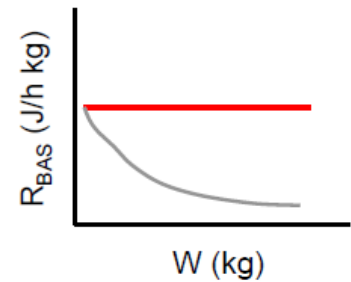
b balioa 1 baino baxuagoa izango da beti eta 0,66 balioaren inguruan ibiltzen da. Hau da, 2/3 erregela beteko da. Espezie desberdinekin egin diren esperimenduek, baita espezie bereko tamaina desberdineko indibiduoekin eginiko saiakera guztiek adierazten dute pisu/tasa metaboliko basalaren arteko erlazioa 0,5-0,8 balioen inguruan dabilela.

Edozein animalia espeziean:



Erlazio isometrikoa:

$$R_{BAS} = a W$$



Erlazio Alometrikoa:

$$R_{BAS} = a W^b (\approx 0.66)$$

a: Proportzionalitatearen konstantea

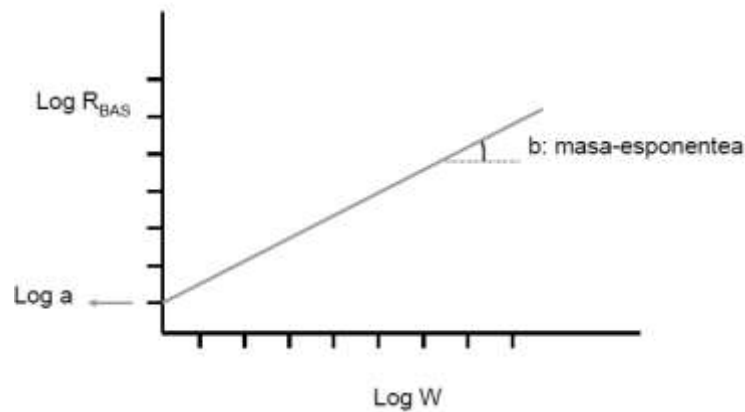
b: masa-esponentea (koefiziente alometrikoa)

Espezie guztientzat

$b = 0.5 - 0.8$; 2/3 legea

Datuak manipulagarriagoak izan daitezen, transformazio logaritmikoa egiten da. Datuak eraldatzean funtzio zuzen bat lortzen dugu:

$$R_{BAS} = a W^b \Rightarrow \text{Log } R_{BAS} = \text{Log } a + b \text{ Log } W$$



Carcinus maenas adibidea:

TASA METABOLIKOAREN TAMAINAREKIKO ESTANDARIZAZIOA

Adibidean ikusi dugun bezala, tamainaren efektuaren zuzenketa ezinbestekoa da datu egokiak interpretatzeko. Tamainak eragin ditzakeen bariazioak ekiditeko balioak estandarizatzen dira.

- REXP: tasa metabolikoaren neurraketa esperimentalean lorturiko balioa
- RSTD: tasa metabolikoaren balio estandarizatua. Erreferentzia-pisu edo pisu estandar balio jakin batentzako zuzenduta

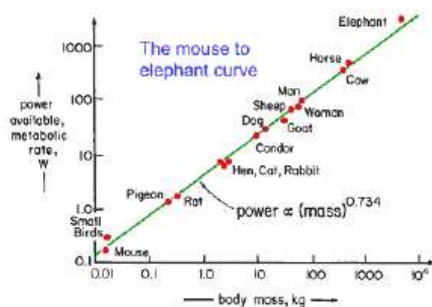
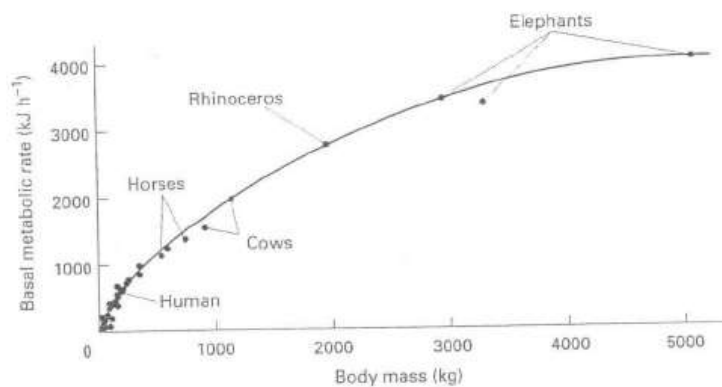
$$R_{STD} = R_{EXP} \times (W_{STD} / W_{EXP})^b$$

Non W_{STD} = ikertzaileak hautatutako pisua, W_{EXP} balio esperimentalak eta b (koefiziente alometrikoa) = esperimentalki neurtu edo literatura zientifikotik hartutako balioa arautuak diren.

Izan ere, espezie desberdinetako tasa metabolikoak konparatzen badira tasa metaboliko/tamiana arteko erlazio interespezifikoak agertzen da. Erlazio alometrikoko kasu honetan, $\frac{3}{4}$ erregela betetzen du. B balioa $0,74=0,75$ ingurukoa baita.

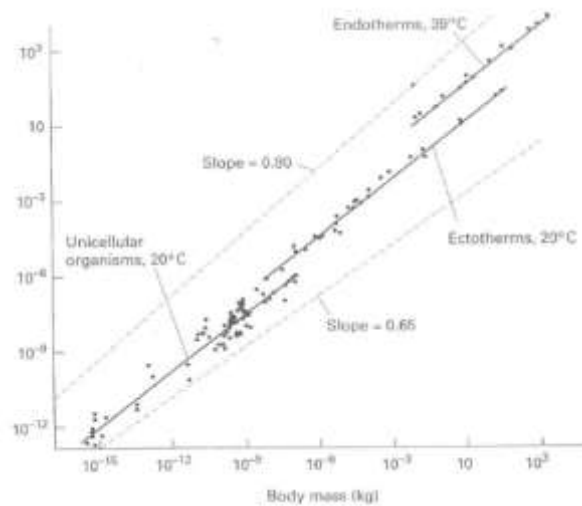
Nahiz eta fenomeno hau ezaguna den, ez dago argi zein den arrazoia. Zientzialariak gaur egun ere duten eztabaida amaigabeetako bat da. Max Rubner-ek tamaina desberdineko txakurren tasa metabolikoak aztertu zituen. Txakur txikiek tasa metaboliko arinago masa unitateko zutela ohartu zen. Hau ikuristik, pentsatu zuen animalia txikiek azalera handiagoa dutela bolumenarekiko, animalia handiak baino. Izan ere, txakur handi eta txikiek gorputz tenperatura bertsua mantentzen saiatzen dira. Baina txakur txikiek azalera/bolumen erlazio handiagoa izanik, energia gehiago gastatu behar dute beroa errazago galtzen dutelako.

$W = (A/V)^{2/3} = 0.66$ Metabolismoa azalarekin zuzenki erlazionaturik egongo balitz. Baina beentako erlazio alometrikoko interespezifikoak $0,75$ da.



RUBNER: fisiologoaren arabera.
Endotermoen bero galera: Azalera-menpekkoa.

Hala ere, ez da soilik endotermoetan ematen den fenomeno bat. Animalia ektotermoetan ere alometria antzekoa ageri da. Kliebber-ek kalkulatu zuen idi bat arratoiaren tasa metabolikoarekin diseinatuko balitz, idiaren azalera egozte-puntuan egon beharko litzakeela tenperatura egokia lortzeko. Kontrakoa burutuko bagenu, beharrezkoa izango litzake arratoiak 20 cm-ko isolapen geruza bat izatea tenperatura konstante mantentzeko. Ez da soilik tamainaren araberakoa izango. Tamaina handitzean, kanpo ingurunearekin trukaketak burutzeko azalera handiagoak izango dira (arnasketa, elikagaien xurgapena, amonio kanporaketa,...) Zelulek konposaketa ioniko desberdina mantenduko dituzte medio extrazelularrarekin eta berriz ere, azalarekin erlazionaturik egongo da. Beraz, organismo osoaren metabolismo tasa ezin da elkartruke guztietan parte hartzen duten geruzen azalarekiko independente izan.

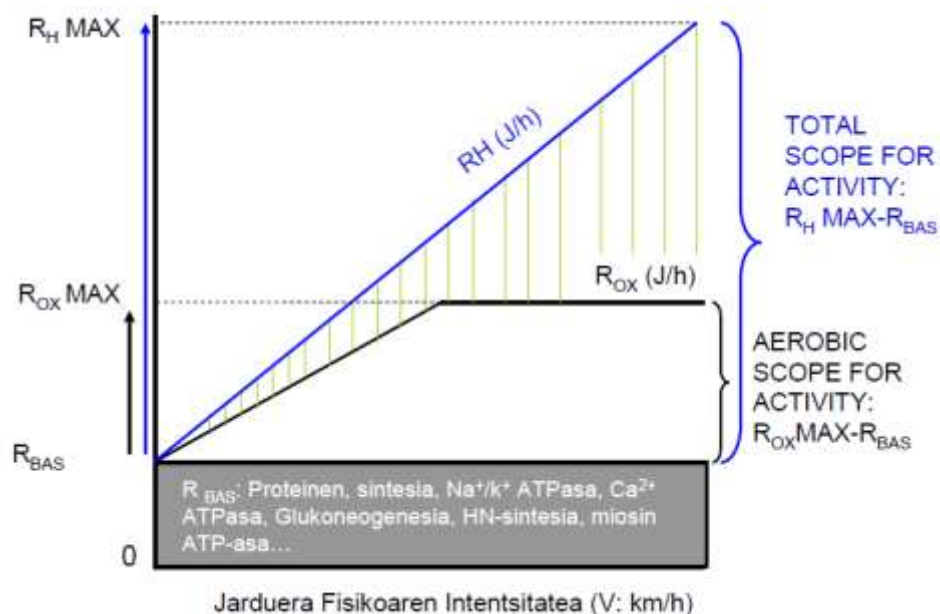


JARDUERA FISIKOAREN KOSTE METABOLIKOA

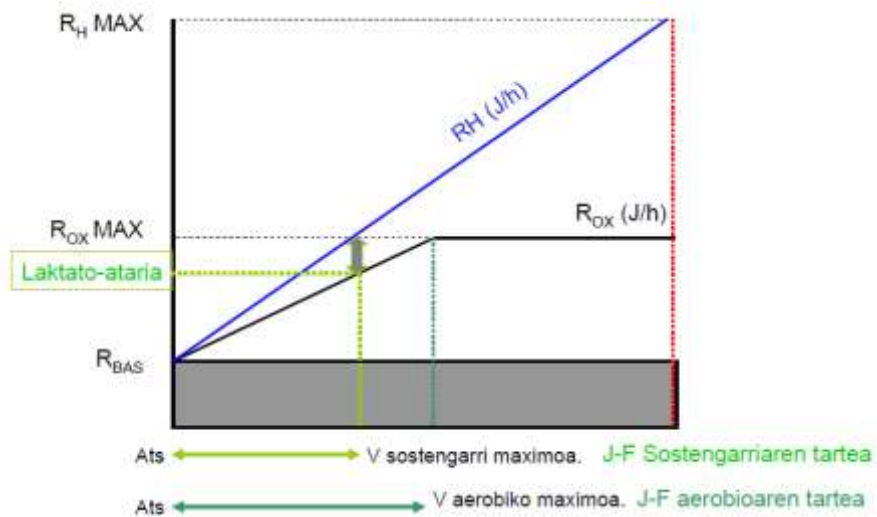
Jarduera fisikoaren intentsitatea edo kasu honetan, lasterketaren abiadura aztertuta, i kus daiteke abiadura gastatzen den energiarekiko proportzionala dela. R_{OX} metabolismo aerobikoa adierazten du, oximetria bidez neurturikoa. Oxigeno kontsumoa ariketa fisikoarekin batera handituko da maximo batera heldu arte. Honi, $R_{OX}MAX$ deritzo. Abiadura aerobio maximoak oxigeno kontsumo maximoa dakar. Bigarren zuzenak, R_H delakoak, metabolismo anaerobioari egiten dio erreferentzia.

ASFA: Aerobic Scope For Activity → Energia eskumende aerobioa

TSFA: Total Scope For Activity → Energia eskumende totala



Laktato ataria tarte aerobioaren barruan defini daiteke. Oxigeno kontsumo maximoaren %60-80 artean kokatzen da eta hau entrenamenduekin alda daiteke. Laktato ataria baino ariketa fisiko intentsoagoetan ez da ariketa fisiko sostenigarria izango. Izan ere, Hartziduraren bidez sortzen den azido laktikoa gibelera garraiatua izan behar da bertan glukosa sintetizatzeko. Laktato ataria baino arinago sintetizatzen den laktatoa erritmo berean metabolizatuko da glukosara. Aldiz, laktato ataria baino intentsitate altuagoetan, laktatoa odolean pilatuko da pH aldaketak eraginez eta muskuluen uzkurketa inhibituz. Ez da ariketa fisiko sostenigarria izango.



SSFA: Sustained Scope For Activity → aktibitaterako eskumende sostenigarria

TSFA: Total Metabolic Scope → aktibitaterako eskumende metabolikoa

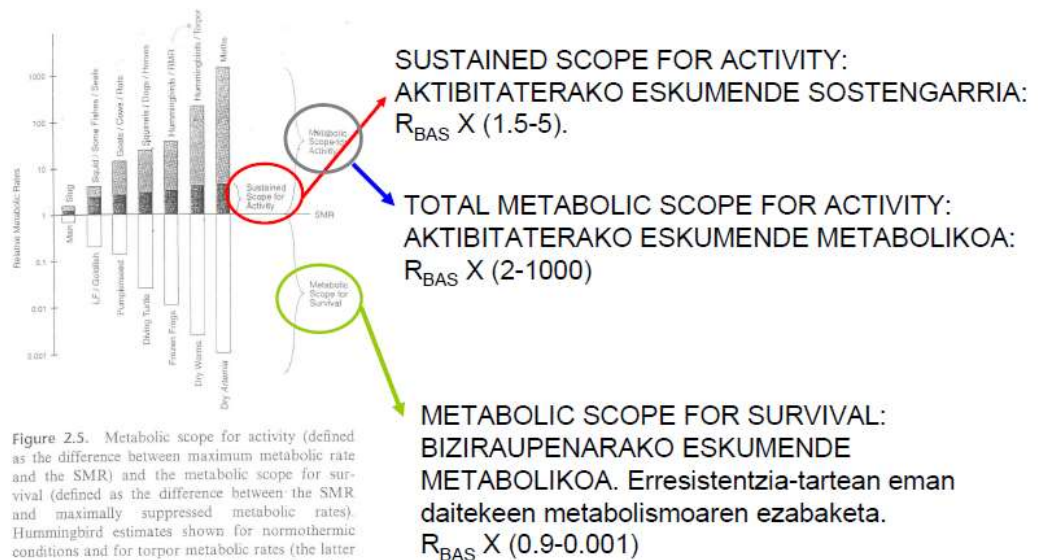
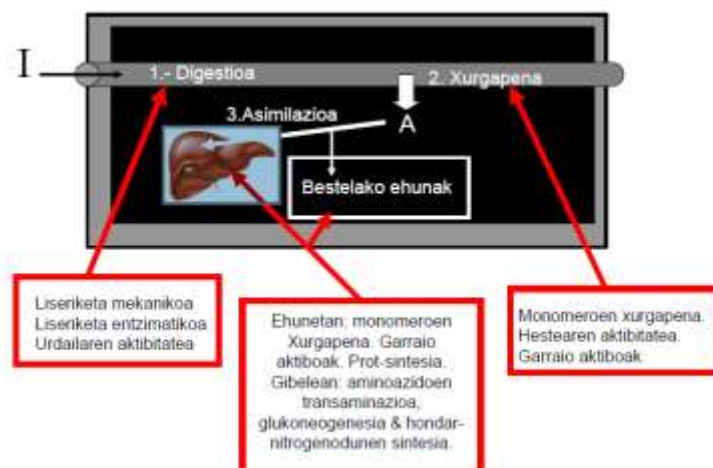


Figure 2.5. Metabolic scope for activity (defined as the difference between maximum metabolic rate and the SMR) and the metabolic scope for survival (defined as the difference between the SMR and maximally suppressed metabolic rates). Hummingbird estimates shown for normothermic conditions and for torpor metabolic rates (the latter gives the full biological scope for activity). Suppressed metabolic rates for the aquatic organisms assume temperatures of about 20°C (except for the pumpkins, where suppressed metabolism occurs during overwintering hibernation at about 4°C). (Modified from Hochachka (1990).)

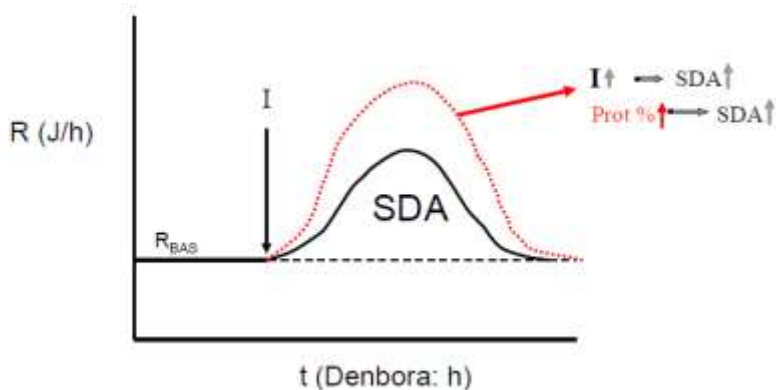
JANARIAREN PROZESAKETAREN KOSTEAK



Elikagaiak ingeritzean, digestioa aktibatzen da. Janaria ahoran daukagunean, liseriketa mekanikoa eta entzimatikoa ematen da. Urdaila ere aktibatzen da prozesurako. Behin elikagaiak txikituta, heste meharren zehar xurgatzen dira monomeroak. Xurgapena ATPasa Na^+/K^+ ponpa garraio aktibo bidez ematen da. Gradiente elektrokimiko baten bidez lortuko da.

Xurgapena emanda, asimilazio prozesua hasiko da. Ehunetan monomeroen xurgapena eta proteinen sintesia burutuko da. Nahiz eta konstanteki gertatzen den prozesua izan, digestio ostean nagusitu egiten da. Giblean aminoazidoen transaminazioa, glukoneogenesisia eta hondar nitrogenatuen sintesia emango da.

Elikagaien prozesatzeak eragiten duen metabolismo emendioari SDA deritzo: elikagaien ekintza dinamiko espezifikoa edo baita bazkal ondoko termogenesisia. Gero eta elikagai gehiago ingeritu eta gero eta eduki proteiko altuagoa izan, orduan eta energia gehiago gastatuko da digestioan.



Grafiko hauetan 6 arrain espeziereen bazkal osteko profil metalikoak irudikatu dira. Espezie bakoitzak ordu konkretu batzuk behar zituen elikagaiak asimilatzeke. Alboko grafikoan *Python molurus* pitoaren tasa metabolikoa neurtu da. Bere pisuaren %65 digeritu ostean, 12 egun ere egon daiteke SDA metabolismoarekin.

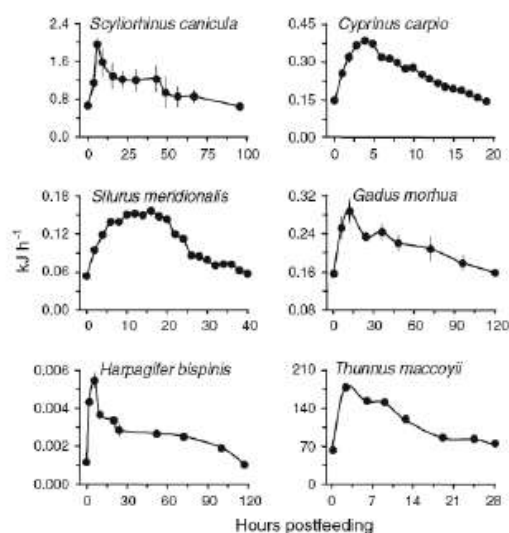


Fig. 4 Postprandial metabolic profile for six species of fishes. Peaks in postprandial metabolism were usually attained within 20 h after feeding at rates two to three times prefeeding levels. Body mass, body temperature, meal type, and meal mass for each figure are presented in Table 4. Figures were drawn from data presented in the following original articles; *Scyliorhinus canicula* (Sims and Davies 1994), *Cyprinus carpio* (Chakraborty et al. 1992), *Silurus meridionalis* (Fu et al. 2005c), *Gadus morhua* (Jordan and Steffensen 2007), *Harpagifer bispinis* (Brodeur et al. 2003), and *Thunnus maccoyii* (Fitzgibbon et al. 2007)

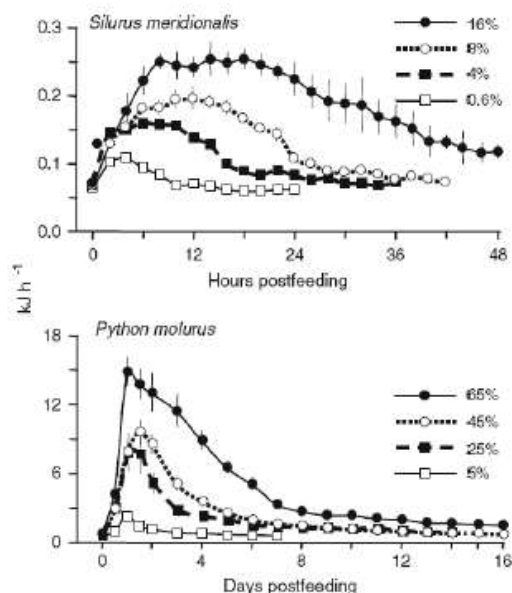


Fig. 13 Effects of meal size (% of body mass) on the postprandial metabolic response of the fish *Silurus meridionalis* and the snake *Python molurus*. Note that with an increase in relative meal size there is a corresponding increase in the peak and duration of the metabolic response. Figures were drawn from data presented in the original articles; *S. meridionalis* (Fu et al. 2005c) and *P. molurus* (Secor and Diamond 1997)

SDA ETA SFA-REN ARTEKO ERLAZIO NEGATIBOA

Zergatik izaten dugu logura bazkal ostean? Bazkalondoko ASFA askoz baxuagoa da eta ondorioz aktibitatea garatzeko emendio metabolikoa askoz eskasagoa da.

