

NIMI
RÜHM
KUUPÄEV

HINGAMISGAASIDE ANALÜÜS. KAUDNE KALORIMEETRIA

Ainevahetuse käigus konverteeritakse suur osa toidus sisalduvat energiat ATP-ks, kuid umbes 35% vabaneb soojusena. Soojus vabaneb ka ATP edasisel kasutamisel keha rakkude ja kudede poolt. Nii näiteks vabaneb soojus kehavalkude ümberehitamisel, lihaskontraktsioonil, vere voolamisel soonestikus. Lõpptulemusena võib öelda, et praktiliselt kogu ainevahetuse käigus vabanenud energia antakse ära soojusena. See asjaolu võimaldab hinnata ainevahetuse taset organismis äraantud soojushulga mõõtmise teel.

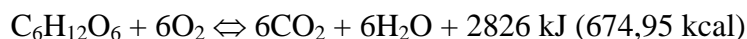
Äraantud soojushulka mõõtmiseks kasutatakse kas otsest või kaudset kalorimeetria.

Otsene kalorimeetria on meetod, kus organismi energiakulu leitakse eraldunud soojushulga mõõtmisel kalorimeetri abil. Kalorimeeter kujutab endast hästi isoleeritud ja hapnikuga varustatud kambrit, kuhu paigutatakse katseisik või katseloom. Viimase poolt teatud ajavahemiku jooksul kambrisse äraantud soojushulk leitakse kambrisse paigutatud veetorudest läbivoolava vee soojenemise põhjal (registreeritakse kambrisse sissevoolava ja väljavoolava vee temperatuuri erinevused ja vee hulk).

Kaudne kalorimeetria lähtub gaasivahetuse andmetest, st mõõdetakse organismi poolt teatud ajavahemikul tarbitud hapniku ja eraldunud süsihappegaasi hulk.

Tarbitud hapniku liitri kohta vabanevat soojushulka nimetatakse hapniku kaloriekvivalendiks e. soojusekvivalendiks e. soojusväärtuseks.

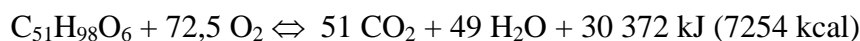
Süsivesikute oksüdatsioonil on kasutatud hapniku ja vabanenud energiahulga seos järgmine:



1 mooli (180 g) glükoosi oksüdatsiooniks kulub 6 mooli hapnikku, s.o. $6 \times 22,4 \text{ l} = 134,4 \text{ l}$ hapnikku ja vabaneb 2826 kJ energiat. Järelikult 1 liitri hapniku tarbimisel vabaneb:

$$2826 : 134,4 = 21,03 \text{ kJ (5,02 kcal)}$$

Rasvade oksüdatsiooni näitena toome tripalmitiini oksüdatsiooni:



1 mooli (806 g) tripalmitiini oksüdatsiooniks kulub 72,5 mooli hapnikku, s.o. $72,5 \times 22,4 = 1624 \text{ l}$ hapnikku ja vabaneb 30372 kJ energiat. Järelikult 1 liitri hapniku tarbimisel vabaneb:

$$30372 : 1624 = 18,7 \text{ kJ (4,47 kcal)}$$

Seega sõltub hapniku kaloriekvivalent oksüdeeritavast ainest.

Rakud toodavad energiat enamasti samaaegselt mitmest substraadist. Selle üle, mida oksüdeeritakse, saab otsustada respiratoorse kvotsiendi (hingamiskoefitsiendi e. hingamissuhtarvu) põhjal, mis väljendab tekkinud süsihappegaasi ja tarbitud hapniku suhet.

Ssivesikute oksüdatsioonil on $RQ = 1$ (glükoosi puhul $6CO_2 : 6O_2$)

Rasvade puhul $RQ = 0,7$ (tripalmiitini puhul $51 \text{ CO}_2 : 72,5 \text{ O}_2$)
Valkude puhul $RQ = 0,8-0,84$; sõltudes struktuurist.

Ühe grammi kindla toitaine oksüdatsioonil vabanenud soojushulka nimetatakse selle energeetiliseks väärtuseks e. energiaekvivalendiks.

Süüivesikute keskmine energeetiline väärtus on $15,7 \text{ kJ}$ ($4,0 \text{ kcal}$), rasvadel $38,1 \text{ kJ}$ ($9,0 \text{ kcal}$), valkudel $15,7 \text{ kJ}$ ($4,0 \text{ kcal}$).

Põhiainevahetuseks (PAV) nimetatakse väikseimat energiahulka, mida organism vajab täielikus füüsilises ja vaimses puhkeolekus ärkvel olles. Põhiainevahetuse mõõtmine inimesel toimub hommikul, indiferentse toatemperatuuri juures, kusjuures viimasest söömisest peab olema möödunud 12-14 tundi.

PAV energia kulub ainete transpordiks läbi membraanide, südame ja vereringe, neerude, hingamiseldute, ajutegevuse, maksatalitluse ja lihastoonuse alalhoidmiseks.

PAV väärtus oleneb vanusest, soost, kehamassist ja sisesekretoorse näärmete talitluse aktiivsusest. PAV väärtus on tervel inimesel suhtelisest püsiv.

Kogu ööpäevase energiatarbe määrab inimese või looma tegevuse aktiivsus ja laad. Energiakulu suurendavad lihastöö, seedimine ja imendumine (toitainete spetsiifilis-dünaamiline efekt), kasv, tiinus, laktatsioon, madal välistemperatuur, palavik, stress. Energiakulu on väikseim magades.

Töövahendid:

Douglase kott, gaasimõõtja, gaasianalüsaator, termomeeter, baromeeter, stopper, Harris-Benedicti põhiainevahetuse normi määramise tabel.

Töö käik:

1. Katsealune istub pingevabalt ja hingab välja läbi voolikuga ühendatud huuliku nii, et väljahingatud õhk koguneb Douglase kotti.
2. Väljahingatud õhk kogutakse 10 minuti jooksul ja seejärel mõõdetakse selle ruumala gaasimõõtja abil.
3. Üks liiter väljahingatud õhku eemaldatakse gaasiproovi võtmise vooliku abil ja selles määratakse O_2 ja CO_2 kontsentratsioonid gaasianalüsaatori abil (viimase puudumisel kasuta andmeid Tabelist 3).
4. Väljahingatud õhu ruumala arvutatakse ümber normaaltingimuste (STPD tingimuste: 0°C , 760 mm Hg , absoluutne kuivus) jaoks, kasutades kas vastavaid tabeleid või valemit:

$$V_o = V_t \frac{P_t - E}{760(1 + 0,00367 \cdot t)}, \text{ kus}$$

V_o - gaasimaht normaaltingimustel,

V_t - uuritava õhu maht (gaasimõõtja näitude põhjal),

P_t - õhurõhk (baromeetri näidu põhjal),

E - antud temperatuuril ruumi küllastava veeauru osarõhk (leitakse tabelist),

t - temperatuur gaasimõõtjas.

Tabel 1. Veeauru rõhk olenevalt temperatuurist

Temperatuur °C	P _{H2O} mm Hg	Temperatuur °C	P _{H2O} mm Hg
11	9,2	18	15,3
11	9,8	19	16,3
12	10,4	20	17,4
13	11,1	21	18,5
14	11,9	22	19,6
15	12,7	23	20,9
16	13,5	24	22,2
17	14,4	25	23,5

Tabel 2. Hingamiskoefitsiendile vastav hapniku kaloriekvivalent

RQ	Hapniku kaloriekvivalent kcal	Oksüdatsioon (%)	
		Süsivesikud	Rasvad
1.0	5,05	100	0
0,95	4,98	83	17
0,90	4,92	66	34
0,85	4,86	49	51
0,80	4,80	32	68
0,75	4,74	15	85
0,70	4,69	0	100

5. Leiame ühes minutis väljahingatud õhu mahu ja gaaside kogused (CO₂, O₂ ja N₂) liitrites vastavalt leitud koostisele.

6. Arvestades lämmastiku kogust ja seda, et lämmastik gaasivahetusel ei osale, leiame sissehingatud õhu ruumala ja gaaside kogused (CO₂, O₂) liitrites.

Puhas õhk: 0,03% CO₂, 20,93% O₂ ja 79,04% N₂

7. Leiame väljutatud CO₂ koguse.

8. Leiame tarbitud O₂ koguse.

9. Leiame RQ.

10. Leiame RQ-le vastava hapniku kaloriekvivalenti.

11. Leiame tarbitud hapnikule vastava energiahulga 1 minutis.

12. Leiame energiakulu ööpäevas ja võrdleme seda Harris-Benedicti tabelitest leitud põhiainevahetuse (PAV) normväärtusega.

Tabel 3. Gaaside osarõhud merepinnal.

Gaasid	Kuiv õhk		Niiske õhk		Alveolaarõhk		Väljahingatud õhk	
	mmHg	%	mmHg	%	mmHg	%	mmHg	%
Lämmastik	600.2	78.98	563.4	74.09	569.0	74.9	566.0	74.5
Hapnik	159.5	20.98	149.3	19.67	104.0	13.6	120.0	15.7
Süsinikdioksiid	0.3	0.04	0.3	0.04	40.0	5.3	27.0	3.6
Veeaur	0.0	0.0	47.0	6.20	47.0	6.2	47.0	6.2