

TEMPERATURA ADAPTACIJE I ISHRANA

S. GELINEO

Fiziološki zavod Prirodno-matematičkog fakulteta, Beograd
(Primljeno 12. XII. 1955.)

Pokazano je, da odrasli beli pacovi, mužjaci, hranjeni *ad libitum* slaninom, ribljim mesom i skrobom, troše više hrane, kad su adaptirani na temperaturu okoline od oko 0°C, nego kad su adaptirani na oko 25°C. Iako u ovim eksperimentima mast predstavlja najveći izvor kalorija za pacova i u toploj i u hladnoj sredini, pri slobodnom izboru hrane životinje troše u hladnoj sredini pored više masti i više belančevina nego u toploj sredini.

Nastavljajući naša ispitivanja o uticaju što ga na organizam vrši temperatura na kojoj ovaj duže vremena živi, postavili smo pitanje: koju osnovnu organsku hranu traži pacov u većoj meri ili manjoj kada se prilagodi raznim termičnim sredinama? Jasno je da će on na svakoj temperaturi, na kojoj duže vremena živi, trošiti i belančevine i masti, i ugljene hidrate da bi zadovoljio funkcije svojih tkiva. Isto tako on će u hladnoj sredini više hrane trošiti nego u toploj, kao što je to utvrđeno za miša (1). Ali je pitanje: hoće li pacov prosto povećavati u svojoj ishrani u istoj meri svaku od ovih materija po prelazu iz tople u hladnu sredinu, i isto tako ih smanjiti po prelazu sa niže na višu temperaturu adaptacije? Ili će, pak, samo neke od ovih materija trpeti kvantitativne promene u svakodnevnoj ishrani posle promene termičke sredine dužeg boravka?

Dugal, Leblond i Thérien (2) nalaze da pacov izložen hladnoći bira hranu bogatu mastima u prisustvu hrane bogate ugljenim hidratima, dok Donhoffer i Vonotzky (1) nalaze kod miša suprotno.

Pristupajući na drugi način ovom problemu energetskih izvora u borbi protiv hladnoće određivanjem respiracionog kvocijenta, Kayser nalazi smanjenje respiracionog kvocijenta na hladnoći u hrčka (4), u pacova (5) i u kobaja (6). Te rezultate potvrđuju u poslednje vreme na pacovu Pagé i Chénier (7). Tako njihovi pacovi sa obične temperature, držani na niskoj masnoj dijeti, imaju u kratkotrajnom gladovanju respiracioni kvocijent na 29° u vrednosti od 0,752. Oni drugi, pak, sa temperature od 8–10°C, takođe držani na niskoj masnoj dijeti, imaju, isto tako u glad-

nom stanju, na 5°C respiracioni kvocijent od 0,694. U istom smislu ponašali su se i njihovi pacovi držani na visokoj masnoj dijeti. Ovi rezultati ukazuju na veliko iskorišćavanje masti u proizvodnji dopunske toplote.

EKSPERIMENTALNI DEO

Mi smo ovom pitanju pristupili tako što smo pacovima davali *ad libitum* svežeg ribljeg mesa od šarana (mišići), svinjske slanine i kuhanog skroba. Životinje smo držali najpre u hladnoj (+ 6 do -8°C), pa zatim u toploj (23-27°C) sredini. Svaki je pacov držan odvojen u svom kavezu veličine 45 × 30 × 35 cm. Data hrana je bila prethodno svakodnevno izmerena, kao što je svakodnevno meren i ostatak hrane. Pored toga iste količine hrane stavljane su svakodnevno u prazan kavez, koji je držan u istoj toplotnoj sredini u kojoj i pacovi, da bi se utvrdio gubitak vode koji nije mali u toploj sredini kod ribe, a naročito kod skroba.

Mi smo upotrebili u ovim ogledima riblje meso umesto uobičajenog govedeg mesa. To je učinjeno iz razloga što smo u seriji još neobjavljenih eksperimenata utvrdili da se pacov odlučuje radje za riblje nego za sisarsko meso.

Da bismo pak izbegli eventualnu pojavu koju je zapazio Widmark (8) i koja bi mogla dovesti eksperimentatora do pogrešnih zaključaka, a ta je da pacov posle perioda gladi u belančevinama traži veće količine hrane bogate sa belančevinama, mi smo životinjama najpre davali *ad libitum* pune dve nedelje istu tu gorepomenutu hranu, pa smo zatim pristupili našim ogledima. Iako naše životinje, pre nego što smo ih odredili za ove ogledе, nisu oskudevale u belančevinama, mi smo, da bismo odbacili svaku sumnju, postupili kao što je kazano. Ogledi su trajali zatim po dve nedelje u svakoj termičkoj sredini. Za to vreme se i njihova termogeneza prilagodila novim toplotnim uslovima (3); tako smo merili potrošnju hrane na temperaturama adaptacije.

Ogledе smo izvršili na belim pacovima mužjacima.

Za vreme naših ogleda nije zapažen pad telesne težine; naprotiv, svi su pacovi dobili u telesnoj težini, kako u hladnoj tako i u toploj sredini. To pokazuju sledeći podaci.

Kretanje telesne težine pacova za vreme ogleda

Pacov i toplotna sredina	Početne i krajnje vrednosti telesne težine
Pacov I	
Na hladno	140-147 g
Na toplo	147-153 g
Pacov II	
Na hladno	100-142 g
Na toplo	142-157 g
Pacov III	
Na hladno	115-140 g
Na toplo	140-155 g
Pacov IV	
Na hladno	125-150 g
Na toplo	150-195 g
Pacov V	
Na hladno	120-154 g
Na toplo	154-169 g

Druga grupa, takođe od 5 pacova (VI-X), srednje telesne težine od 160 grama, stavljena je u toplu sredinu od 23-27°C u isto doba kada i grupa I-V u hladnu sredinu. Za isto vreme boravka porasli su pacovi VI-X u toploj sredini od 160 na prosečno 199 grama. (Napomenimo da je ova grupa boravila samo u toploj sredini.)

REZULTATI I DISKUSIJA

U tablici 1 rezimirane su vrednosti stvarno pojedene hrane u toploj i u hladnoj sredini od svakog pacova napose. Date vrednosti težine pojedene hrane odnose se na stanje u kojem se ove materije javljaju u trgovini, te je tako skrob dat ovde u skoro suhom stanju.

Tablica 1

Potrošnja hrane belog pacova prilagođenog hladnoj (+ 6 do -8°C) i toploj (23-27°C) sredini

Pacov i termička sredina adaptacije	Pojedeno hrane na dan (g)		
	Slanina	Riba	Skrob
Pacov I			
Na hladno	7,4	29,0	3,1
Na toplo	4,0	12,0	3,0
Pacov II			
Na hladno	6,4	29,0	3,8
Na toplo	3,7	12,7	5,0
Pacov III			
Na hladno	5,9	30,0	3,0
Na toplo	4,9	9,7	4,1
Pacov IV			
Na hladno	7,1	28,5	3,7
Na toplo	4,6	13,2	4,3
Pacov V			
Na hladno	6,5	27,1	4,1
Na toplo	5,0	10,9	3,2

Kao što vidimo, svi su se pacovi istosmisleno ponašali. Oni su, naime, adaptirani na hladno, trošili tu više slanine i više ribe nego u toploj sredini, dok je skrob neznatno više trošen u toploj nego u hladnoj sredini. Jedino je pacov V trošio manje skroba u toploj nego u hladnoj sredini.

Srednje vrednosti hrane koju je dnevno pojeo jedan pacov na hladno i na toplo nalaze se u tablici 2. Ukupna težina pojedene hrane na oko 0°C skoro je dva puta veća od hrane pojedene na oko 25°C.

Tako je u toploj sredini potrošnja masti bila u ovih pacova za nekih 34% manja, potrošnja belančevina za 60% takode manja, a potrošnja skroba za nekih 11% veća od potrošnje u hladnoj sredini.

Ovde ćemo dodati i rezultate dobivene na pacovima VI-X na temperaturi od oko 25°C. Prosečno je jedan pacov iz ove grupe dnevno jeo: slanine 3,9 g, ribe 18,1 g, skroba 5,3 g.

Tablica 2

Dnevna potrošnja hrane belog pacova adaptiranog na hladnu (+ 6 do -8°C) i na toplu (23-27°C) sredinu

Termička sredina adaptacije	Pojedeno hrane na dan (g)			
	Slanina	Riba	Skrob	Ukupno
Hladno	6,6	28,7	3,5	38,8
Toplo	4,4	11,7	3,9	20,0

Iako je krajnja prosečna težina ovih pacova bila 199 g, a pacova I-V samo 147 g, ipak, kada uporedimo potrošnju hrane svih pacova VI-X u toploj sredini sa potrošnjom hrane onih drugih u hladnoj sredini, nalazimo, da su više jeli oni u hladnoj sredini, iako su bili lakši. Pacovi VI-X u toploj sredini trošili su na jednu individuu dnevno 29,3 g hrane, dok su pacovi I-V u hladnoj sredini trošili 38,8 g. Na gram telesne težine jeli su dnevno oni na 25°C oko 0,14 g, a oni drugi na oko 0°C konsumirali su oko 0,26 g hrane.

Kada se izrazi potrošnja hranljivih materija na gram -24 sata u pacova I-V na temperaturi od + 6 do -8°C i u pacova VI-X u sredini od 23-27°C, nalazimo istu onu odliku uticaja temperature adaptacije na ishranu na koju smo napred ukazali govoreći o potrošnji hrane u pacova I-V za vreme boravka u hladnoj i u toploj sredini. Potrošnja hrane u ove dve grupe data je u tablici 3.

Tablica 3

Dnevna potrošnja hrane na gram telesne težine u dve grupe pacova u različitim toplotnim sredinama

Termička sredina adaptacije	Pacovi	Pojedeno hrane na gram-24 sata (g)		
		Slanina	Riba	Skrob
+6 do -8°	I-V	0,04	0,19	0,02
23-27°	VI-X	0,02	0,09	0,03

U tablici 4 predstavili smo vrednosti pojedene hrane iz tablice 2 u vidu kalorija, uzimajući da jedan gram slanine daje 7,14, a 1 gram mesa šarana 0,99, a 1 gram skroba 3,64 kalorije.

Tablica 4
Energetska vrednost dnevno pojedene hrane pacova I-V

Termička sredina adaptacije	Dnevna energetska vrednost (u kalorijama)			
	Slanina	Riba	Skrob	Ukupno kalorija
+6 do -8°	47	28	13	88
23-27°	31	12	14	57

U tablici 5 upoređene su energetske vrednosti dnevno pojedene hrane na gram telesne težine u pacova I-V na +6 do -8°C i u pacova VI-X na 23-27°C.

Tablica 5
Energetska vrednost dnevno pojedene hrane na gram telesne težine u dve grupe pacova na različitim temperaturama adaptacije

Termička sredina adaptacije	Pacovi	Dnevna energetska vrednost (kalorija)		
		Slanina	Riba	Skrob
+6 do -8°	I-V	0,28	0,19	0,07
23-27°	VI-X	0,14	0,09	0,11

Tako nalazimo da maksimum energije pacov dobiva iz masti i u hladnoj i u toploj sredini. Na temperaturi od oko 0°C belančevine mogu nositi dva puta više energije nego na oko 25°C. Tako velike razlike ne nalazimo u energetske vrednosti skroba pojeđenog na različitim temperaturama adaptacije, iako je potrošnja ove materije na hladnoći nešto manja nego u toploj sredini.

Srednja dnevna energetska vrednost pojedene hrane pacova I-V iznosila je u hladnoj sredini 88, a u toploj 57 kalorija. To ne znači da je pacov toliko kalorija dnevno gubio, jer je izvestan deo hrane išao na izgradnju novih tkiva, što se je izrazilo u porastu težine, a pored toga treba pretpostaviti i gubitke pri varenju hrane.

Merenja potrošnje kiseonika na temperaturi od 1° i na 25° pokazala su da pacov od 145-150 g, prilagođen tim istim temperaturama, troši u mirnom stanju oko 65 kalorija u toku 24 sata na 1°, a na 25° oko 30 kalorija. To bi govorilo da je u našim ogledima, u jednoj i u drugoj toplotnoj sredini adaptacije, dnevno išlo hrane u vrednosti od oko 25 kalorija na razna kretanja i na izgradnju novih ćelija.

Da zaključimo. Naši ogledi omogućuju nam sledeće zaključke.

Pacov hranjen *ad libitum* slaninom, ribljim mesom i skrobom troši više hrane na temperaturi adaptacije od oko 0°C nego na onoj od oko 25°C.

Pri takvoj ishrani pacov troši u hladnoj sredini više slanine i više ribljeg mesa, a prema tome više masti i više belančevina, nego u toploj sredini. Tako povećanje belančevina u ishrani raste sa opadanjem temperature na kojoj životinja duže vremena živi.

Pri ovako slobodnom izboru hrane, mast je najveći izvor kalorija za pacova i u toploj i u hladnoj sredini.

Literatura

1. Donhoffer, S. & Vonotzky, J.: Amer. J. Physiol., 150 (1947) 329
2. Dugal, L. P., Leblond, C. P. & Thérien, M.: Ca. J. Res. E., 23 (1945) 244, citirano po Pagé & Chénier (7)
3. Gelineo, S.: Annales de Physiol., 10 (1934) 1083
4. Kayser, Ch. & Dell, P.: C. r. Soc. Biol., 126 (1937) 698, citirano po Pagé & Chénier (7)
5. Kayser, Ch.: C. r. Soc. Biol., 126 (1937) 1219, citirano po Pagé & Chénier (7)
6. Kayser, Ch.: C. r. Soc. Biol., 126 (1937) 701, citirano po Pagé & Chénier (7)
7. Pagé, E. & Chénier, P.: Revue Canad. Biol., 12 (1953) 530
8. Widmark, E. M. P.: Acta Physiol. Scand., 7 (1944) 147, 278, citirano po Donhoffer & Vonotzky (1)

Summary

TEMPERATURE OF ADAPTATION AND NUTRITION

The change of thermal environment induces in men and animals complex physiological processes called adaptation to cold or hot environment. Besides the known changes in the intensity of oxidation processes during the period of adaptation, there is still the question of what kind of nutritive constituents are used by the organism to cover the energy expenditure at the temperature of adaptation.

Experiments were made on white male rats. They were fed *ad libitum* with bacon, carp (muscles), and boiled starch. The food given and the food uneaten were measured each day, and the loss of water of the uneaten food was determined.

The animals were living alternately in cold (+6 to -8°C) and warm (23 to 27°C) environment. They put on weight in both environments. They were given the food mentioned for two weeks before the experiment began in order to satisfy the potential need of their organism for some of the nutritive material which might have been missing in their previous diet. While in the experiment, each group spent first two weeks in the unchanged environment, one group in cold and one in warm environment, and then were transferred for two more weeks into the reverse thermal environment: the group from the cold was transferred into the warm environment and vice versa.

The consumption of food in cold environment was nearly twice as high as that in warm environment, i. e. in cold environment one rat consumed per day: 6.6 g of bacon, 28.7 of fish, and 3.5 g of starch - in total 38.8 g, or 88 cal respectively; the

same rat while in warm environment consumed per day: 4.4 g of bacon, 11.7 g of fish, and 3.9 g of starch - 20.0 g in total, or 57 cal respectively.

Daily consumption of food per 1 g of body weight with regard to fat and protein was twice as high in cold environment as it was in warm environment, while the amount of consumed starch was a little higher in warm than in cold environment; thus the energetic equivalent per 1 g of body weight of the food taken in 24 hours was as follows: at + 6 to -8°C: bacon 0.28, fish 0.19, and starch 0.07 cal; at 23 to 27°C: bacon 0.14, fish 0.09, and starch 0.11 cal.

If food can be chosen freely, fat proves to be the main source of calories for rats living either in warm or cold environment; the consumption of protein increases when the temperature of adaptation decreases.

*Institute of Physiology, Faculty of Science,
University of Belgrade,
Belgrade*

*Received for publication
12. 12. 1955.*