STUDIEREA INFLUENŢEI NUTRIENŢILOR GENERATORI DE ENERGIE PENTRU TIPUL NORMOSTENIC AL CONSTITUŢIEI ASUPRA METABOLISMULUI INTERMEDIAR AL AMINOACIZILOR

STUDY OF THE NUTRIENCIES OF ENERGY GENERATORS FOR THE NORMOSTENIC TYPE OF THE CONSTITUTION ON THE INTERMEDIATE METABOLISM OF AMINOACIDS

Anastasia BABILEVA, ORCID: 0000-0002-1126-172X
Universitatea de Stat din Moldova,
Chișinău, Republica Moldova

CZU: 616-056: 612.398.192
e-mail: anastasia.babileva@gmail.com

The development of individualized nutrition systems is relevant to the personalized medicine of the future. The paper presents the fundamental principles of sanogenic nutrition according to the type of constitution (the normosthenic type of constitution), which was used as a criterion for individualization. In order to perform the tasks of the research stage, 4 variants of rations with different calorific value for the normosthenic type of constitution were elaborated. In order to interpret the biological value of the rations used more widely, the entire spectrum of amino acids has been studied. For the assessment of general physiological status, free amino acid pool in rat blood serum and erythrocytes was evaluated. In normosthenic rats, maintained with rations with 16-20% protein, the antioxidant potential of the body is within stable limits, which reflects the limits of the compensatory possibilities of the organism of normosthenic rats. The optimal coefficient of distribution of amino nitrogen between erythrocytes and serum in the blood is also 1.8 and is closer to the optimal one.

Cuvinte-cheie: *algoritmi metabolici, aminoacizi esențiali liberi, tip normostenic, rații alimentare.*

INTRODUCERE

Alimentaţia este unul din factorii ce au o influenţă semnificativă asupra menţinerii, consolidării şi modelării sănătăţii. Utilizarea unui sistem de alimentaţie echilibrat, care în prezent se consideră a fi mult mai desăvârşit fiind bazat pe dovezi ştiinţifice, a demonstrat că satisface necesităţile individuale doar a 26% din populaţie. Motivul situaţiei create este faptul că sistemele de alimentaţie existente sunt concepute pentru o persoană medie şi nu corespund necesităţilor individuale ale majorităţii populaţiei. Prin urmare, devine evident că doar sistemul de alimentaţie direcţionat spre atenţia maximă şi satisfacerea necesităţilor individuale, poate să asigure sanogenitatea organismului.

O abordare individualizată a alimentaţiei necesită o estimare complexă şi testarea persoanei printr-o varietate de indicatori şi caracteristici. Având în vedere complexitatea stabilirii criteriului universal de individualizare, în prezent nu există un model individualizat de alimentaţie. O abordare constructivă în această privinţă reprezintă elaborarea sistemului de alimentaţie în raport cu tipul constituţiei, care poate asigura progres, inovaţie şi succes considerabil în această direcţie.

În traducerea din latină cuvântul “constitution” înseamnă stare, alcătuire sau particularitate. În antropologia constituţională, constituţia este înţeleasă ca sinonim pentru cuvântul “fizic”. Cu toate acestea, însuşi fizicul este doar o parte a constituţiei umane - manifestarea sa morfofiziologică exterioară. Vorbind despre constituţia fizică, care, la rândul său, este doar cea mai evidentă şi mai convenabilă pentru percepţia noastră de manifestare individuală a complexului de particularităţi morfofiziologice, biochimice şi psihice ale individului, ansamblul acestor particularităţi individuale ale omului este numit constituţie.

Criteriile existente de evaluare a unei persoane după tipul de constituţie înglobează o gamă largă de date individuale. Conform previziunilor preliminare ale experţilor, ele permit constituirea unui sistem de alimentaţie, care ar satisface până la 70% din necesităţile individuale ale organismului uman. Iar după evaluarea obiectivă şi organizarea corectă a alimentaţiei, acest indice poate fi mărit până la 80%.

Având în vedere caracterul complex de manifestare a constituţiei, fenomenul integral de estimare a ei este sănătatea individului, rezistenţa lui la influenţa factorilor exogeni şi endogeni, capacitatea de a se adapta la schimbările şi fluctuaţiile acestora.

MATERIAL ȘI METODĂ

Conţinutul aminoacizilor este analizat prin metoda cromatografiei lichide la analizatorul de aminoacizi AAA339M. Pentru determinarea tipului de constituţie a animalelor experimentale este elucidat nivelul reactivităţii nespecifice generale a organismului animalelor, nivelul de streso-reactivitate al acestora stabilit cu ajutorul unora dintre cele mai simple şi adecvate modele, care dau o evaluare obiectivă, cum ar fi: modelul “înotului forţat”, “insula de apă” sau “labirintul ridicat în formă de cruce” [1, 3, 4].

Experimentele au fost efectuate pe animalele de laborator (şobolani albi linia Wistar) selectate pe baza tipului normo-reactiv al organismului (analog tipului normostenic). Din animalele cu tipul normo-reactiv al organismului au format conform principiului analogic (masă corporală, vârsta, sexul) 4 grupe de animale experimentale şi una de control, a câte 4-5 indivizi în fiecare, care au fost menţinute în aceleaşi condiţii cu un regim alimentar analog. Diferenţa va consta în faptul că, fiecare grupă de animale experimentale, a primit raţia alimentară care a deosebit după structura calorică. Grupa de control a fost menţinută cu raţia pentru alimentarea animalelor martor, şobolani albi linia Wistar. Structura calorică a raţiilor alimentare este reprezentată în tabel 1. Durata experimentului – 2 luni.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Cercetările efectuate sunt elaborate în baza conceptului și a principiilor alimentaţiei în concordanță cu tipul de constituție. În pofida scopului comun al alimentaţiei orientată spre satisfacerea simţului foamei și fortificarea sănătății, reprezentanții fiecărui tip de constituție o abordează în diferite moduri. Totodată, căile și elementele realizării obiectivului final, de regulă, nu sunt aceleași, și, uneori, chiar urmăresc abordări complet opuse pentru atingerea acestui obiectiv.

Pentru a realiza sarcinile etapei de cercetare au fost elaborate 4 variante de raţii cu diferită structură calorică pentru tipul normostenic de constituție. La elaborarea și calcularea structurii calorice a raţiilor pentru normostenici, ne-am bazat în primul rând pe faptul că ei ocupă o poziție intermediară între astenici și hiperstenci, la fel și caracteristicile lor tipice metabolismului. La caracteristicile tipice normostenicilor se adaugă capacitatea lor de a adăuga repede în greutate și de a pierde ușor masa corpului. Această particularitate indică faptul că ei posedă un metabolism puternic și un mecanism de reglare durabil, având o influență majoră asupra modificării masei corporale. Metabolismul puternic este asigurat de o digestie intensă și stabilă, care la rândul ei asigură o poftă de mâncare bună și o alimentație variată. Reprezentanții acestui tip nu au restricții similare cu celelalte tipuri de constituții și pot utiliza toate produsele.

Variantele de structură calorică a raţiilor elaborate au fost repartizate în 4 grupe experimentale de animale. Prima grupă experimentală de animale primea o rație compusă din 14% proteine, 28% lipide și 58% glucide. A 2-a grupă experimentală primea o rație compoziția căreia constituia: proteine – 16%, lipide – 26% și glucide – 58%. Rația grupei a 3-a conținea: proteine – 18%, lipide – 25% și glucide – 57%. Animalele grupei a 4-a primeau o rație, structura calorică a căreia constituia 20% proteine, 23% lipide și 57% glucide.

Tabelul 1

Structura calorică a raţiilor alimentare conform grupelor experimentale (%)

Indicii	Grupele experimentale				Control
	I	II	III	IV	V
Proteine	14	16	18	20	12,5
Lipide	28	26	25	23	4,5
Glucide	58	58	57	57	83

În vederea unei interpretări mai largi a valorii biologice a raţiilor utilizate, a fost studiat întreg spectrul de aminoacizi (Tabelul 2).

Tabelul 2

Conţinutul aminoacizilor raţiilor testate pentru tipul normostenic de constituţie

Aminoacizii liberi şi derivaţii metabolismului azotat	GRUPA I	GRUPA II	GRUPA III	GRUPA IV	GRUPA V (control)
Acidul cisteinic (s)	0,0080	0,0087	0,0097	0,0114	0,0054
Taurina (s)	0,0629	0,0646	0,0656	0,0676	0,0509
Acidul aspartic (g,n,i)	0,1428	0,1606	0,1825	0,2071	0,0774
Treonina (g,i,e)	0,0768	0,0844	0,0929	0,1036	0,0449
Serina (g,n,i)	0,0917	0,1000	0,1080	0,1193	0,0585
Acidul glutamic (n,i)	0,5353	0,5631	0,5918	0,6314	0,3939
Prolina (n)	0,2948	0,3069	0,3149	0,3340	0,2454
Glicina (g,n)	0,0662	0,0723	0,0792	0,0873	0,0427
Alanina (g,n,i)	0,1052	0,1131	0,1205	0,1314	0,0720
Valina (g,i,e)	0,0915	0,1006	0,1106	0,1232	0,0546
Cisteina (s,n,i)	0,0385	0,0440	0,0512	0,0591	0,0158
Metionina (s)	0,0413	0,0506	0,0639	0,0779	0,0090
Izoleucina (c,e)	0,0870	0,0987	0,1120	0,1289	0,0424
Leucina (c,i,e)	0,2162	0,2425	0,2699	0,3073	0,1198
Tirozina (c,n,i,)	0,0673	0,0785	0,0916	0,1076	0,0273
Fenilalanina (c,i,e)	0,1054	0,1195	0,1363	0,1568	0,0499
Acidul γ-aminobutiric(i)	0,0031	0,0015	0,0019	0,0021	0,0015
Triptofan (c,i,e)	0,0461	0,0481	0,0489	0,0522	0,0331
Lizina (c,e)	0,0826	0,0952	0,1099	0,1276	0,0393
Histidina (e)	0,0546	0,0631	0,0722	0,0833	0,0292
Arginina (e)	0,1657	0,1909	0,2222	0,2582	0,0693
Amoniacul	0,0381	0,0390	0,0382	0,0411	0,0293
∑ A Liberi	2,3893	2,6148	2,8617	3,1822	1,4885
∑ Ind, Metab, Azotat	2,4219	2,6468	2,8958	3,2181	1,5127
∑ AL neesenţiali	1,3431	1,4393	1,5404	1,6780	0,9333
∑ AL esenţiali	0,9683	1,0948	1,2390	1,4185	0,4912
∑ AL imunoactivi	1,1298	1,2170	1,3094	1,4305	0,7524
∑ AL glicogeni	0,5821	0,6317	0,6942	0,7727	0,3505
∑ AL cetogeni	0,6051	0,6840	0,7695	0,8811	0,3123
∑ AL proteinogeni	2,3116	2,5339	2,7794	3,0966	1,4245
∑ AL ce conţin sulf	0,1500	0,1680	0,1898	0,2149	0,0818

Dinamica aminoacizilor în toate variantele structurii calorice ale raţiilor are o tendinţă pozitivă în conformitate cu creşterea nivelului de proteine, ceea ce denotă faptul

că, ele au fost echilibrate şi susţinute conform structurii calorice planificate pentru tipul normostenic. Din datele prezentate în tabelul 2, putem face o concluzie preliminară precum că nivelul optim al raţiilor echilibrate conform structurii calorice pentru tipul normostenic de constituţie, trebuie să conţină un raport de aminoacizi esenţiali şi neesenţiali la nivelul de 0,67.

Pentru evaluarea statutului fiziologic general al organismului este foarte importantă evaluarea pool-ului de aminoacizi în conținutul atât a aminoacizilor individuali, cât și a grupelor funcționale ale acestora, care participă la diferite procese fiziologice și biochimice: aminoacizi imunoactivi, glicogeni, ketogeni și proteinogeni.

Tabelul 3.

Conţinutul de aminoacizi liberi (Mmol/100 ml) în serul sanguin al şobolanilor normostenici cu diferită raţie alimentară

Aminoacizi	Grupele				
	I	II	III	IV	V Control
ac.cisteinic	1,47±0,23	1,34±0,23	1,37±0,14	1,08±0,21	1,16±0,13
taurina	53,32±2,33 **	34,84±6,59	28,22±2,55	32,76±4,44	23,03±3,05*
fosfoetanolamina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
ac.aspartic	8,36±1,11 **	4,78±0,62	6,47±1,03*	4,68±0,95	5,13±0,28
hidroxiprolina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
treonina	25,74±3,79	22,03±5,00	17,87±1,49	17,42±3,24	18,543±1,87
serina	29,05±4,92 *	20,42±2,50	19,00±1,72	17,77±2,44	21,76±1,43
asparagina	17,68±2,57 **	7,07±1,38	6,21±2,16	7,44±2,40	4,86±0,60*
ac.glutamic	18,68±2,10**	9,88±1,41	18,62±2,48*	21,59±1,73**	20,24±2,25**
glutamina	61,92±6,81 **	31,07±1,74	14,05±3,89**	21,60±2,39**	18,11±5,12**
ac.α-aminoadipinic	0,80±0,07	0,89±0,13	1,10±0,08*	1,26±0,08**	1,20±0,16*
prolina	17,33±2,88	21,11±1,56	12,59±1,92**	13,81±1,10**	14,72±3,27*
glicina	18,09±2,72	17,43±2,38	20,08±3,25	15,47±0,70	21,49±0,78
alanina	40,67±1,74**	27,35±2,92	43,03±7,85**	31,76±4,44	37,82±3,59**
citrulina	0,84±0,1455	0,78±0,05	0,68±0,06*	0,85±0,05	0,79±0,07
ac.α-aminobutiric	0,86±0,12	0,84±0,09	0,65±0,12 *	0,94±0,05	0,88±0,11
valina	15,07±3,40	13,72±0,63	12,51±1,88	15,57±1,49	10,84±2,14*
cisteina	2,46±0,4847**	5,23±0,69	2,11±0,23 **	2,36±2,17	2,84±0,42**
homocisteina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
metionina	0,92±0,06 **	1,27±0,14	1,47±0,15	2,24±0,15 **	1,81±0,27*
cistationina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
izoleucina	10,74±0,37**	8,6749±0,48	5,09±0,55**	5,36±1,07**	3,53±0,53**
leucina	14,14±1,99	13,11±1,89	9,26±1,46*	11,86±0,97	6,40±0,84**
tirozina	13,33±0,50 **	9,03±0,40	5,90±0,68**	5,90±0,84**	8,66±0,53
fenilalanina	6,75±0,35 **	4,82±0,388	4,47±0,97	4,13±1,01	3,86±0,64*
β-alanina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
ac.β-aminobutiric	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
ac.γ-aminobutiric	0,90±0,14	0,77±0,09	0,54±0,12*	0,66±0,08*	0,64±0,09

etanolamina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
triptofan	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
ornitina	2,82±0,42**	4,47±0,72	3,88±0,24	3,48±0,64	2,42±0,69
lizina	32,48±1,34 *	29,48±1,15	21,75±1,50**	24,78±5,14	14,08±2,33**
histidina	4,33±0,63	4,59±0,14	6,34±1,05*	6,32±0,43**	3,97±1,02
1-metilhistidina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3-metilhistidina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
arginina	6,75±0,45	7,12±0,25	8,70±0,61**	11,09±1,06**	7,40±0,99
ureea	122,04±14,76	132,71±29,43	109,83±9,37	112,08±20,75	74,10±14,63*
amoniac	179,25±18,63	214,90±19,53	163,81±13,43**	181,16±6,87*	169,07±10,27**
Σ aminoacizi liberi	405,52±27,44**	302,16±16,34	271,99±26,14	282,24±30,53	256,56±23,88*
Σ indicii metab. azotat	706,82±14,12**	649,78±13,74	545,63±23,59*	575,48±49,72*	499,74±44,06**
Σ am.neesențiali	227,57±20,08**	153,39±9,74	148,07±20,93	142,40±13,27	155,64±14,11
Σ am.esențiali	116,92±9,70	104,83±5,47	87,47±4,04**	98,79±12,52	70,45±8,46**
Σ am.imunoactive	158,63±15,97**	111,26±9,34	126,37±15,75	119,27±14,64	122,04±10,22
Σ am.glicogeni	136,99±15,08 *	105,73±11,49	118,96±15,47	102,68±12,03	115,59±7,12
Σ am.ketogeni	77,44±3,22 **	65,12±2,09	46,47±2,79**	52,04±8,92*	36,54±4,35**
Σ am.proteinogeni	344,49±28,22**	258,22±2,09	235,54±24,32	241,20±25,47	226,08±21,35
Σ am.cu conținut de S	58,18±2,76 **	42,70±5,71	33,18±2,50*	38,46±4,42	28,84±3,26**

* p≤0,01, ** p≤0,001

Datele prezentate în tabelul 3 indică faptul că conținutul total de aminoacizi liberi în serul sanguin al șobolanilor din grupele II, III și IV este aproape același, totuși, în rația 1 este evident (p <0,001) mai ridicat (405,52 ± 27,44 μm / 100 ml). În același timp, în grupa de control, acest indice este (p<0,01) mai redus comparativ cu grupa a II-a și vizibil crescut (p<0,001) comparativ cu I-a grupă.

Conținutul total de aminoacizi liberi în serul din sângele șobolanilor normostenici, menținuți cu rația a 5-a este nesemnificativ mai mic (cu 15% decât cu rația a 2-a, cu 5,7% cu rația a 3-a, cu 9,1% cu rația a 4-a).

Totuși, acest indice la șobolanii din grupa a V-a este substanțial mai mic (cu 36,7%) comparativ cu rația 1. Această diferență semnificativă poate fi cauzată de particularitățile structurii calorice a acestor rații. Menționăm că, în rația a 5-a, hrana conține 83% glucide (în comparație cu 58% în 1-a rație). Întrucât rația a 5-a include o cantitate mai mare de glucide, în organism se secretă o cantitate mai ridicată de insulină, care stimulează încorporarea aminoacizilor în proteine și depunerea acestora în țesutul muscular. Probabil, la animalele cu rația 1 conținutul de insulină este mai mic decât la animalele cu rația a 5-a, ceea ce favorizează scindarea proteinelor și creșterea cantității de aminoacizi în sânge.

Într-adevăr, la conținutul de proteine de 14,0%, în rația primei grupe de animale, conținutul total de aminoacizi liberi în serul sanguin al șobolanilor normostenici este vădit mai ridicat. Dacă animalele sunt întreținute cu o rație cu conținut scăzut de proteine,

atunci la ei se dezvoltă foarte repede deficitul de proteine, caracterizat prin dereglarea unui șir de funcții fiziologice importante ale organismului. În experimentele efectuate pe șobolani, s-a demonstrat că deficitul de proteine la animale nu se manifestă în micșorarea organelor și țesuturilor și nici în scăderea activității enzimelor, care reprezintă substanțe absolut necesare pentru toate transformările chimice din organism.

Concomitent cu tulburările generale ale metabolismului proteinelor, în deficitul de proteine pot apărea și dereglări specifice în metabolismul aminoacizilor individuali. De exemplu, în deficitul de proteine, funcția enzimelor care participă la oxidarea histidinei este redusă brusc, iar funcția histidindecarboxilazei, în rezultatul acțiunii căreia din histidină se formează histamina, din contra, se intensifică. Acest lucru implică o creștere semnificativă a formării și acumulării histaminei în organism. Starea este caracterizată de leziunea pielii, dereglarea activității cardiace și funcției tractului gastro-intestinal. Având în vedere cele expuse mai sus, se poate spune că 1-a rație este mai puțin indicată pentru hrănirea șobolanilor normostenici.

În același timp, la rațiile ce conțin 16-20% proteine, conținutul total de aminoacizi liberi în serul sanguin nu se diferențiază esențial. Aceasta poate demonstra capacitatea ridicată a normostenicilor de a menține în stare stabilă pool-ul aminoacizilor liberi din ser în sânge în condiții cu diferit conținut de proteine în rația lor.

Raportul dintre aminoacizii esențiali și neesențiali a fost de 0,45 în grupa a V-a, 0,51 în grupa I-a, 0,68 în grupul a II-a, 0,60 în grupa a III-a și 0,69 în grupa a IV-a. În general, o dată cu creșterea procentului conținutului de proteine din rație, se observă creșterea raportului dintre aminoacizii esențiali și neesențiali $K_{esențiali/neesențiali}$.

În condițiile în care rațiile au un conținut de proteine de 16-20%, raportul dintre aminoacizii esențiali și neesențiali a fost mai mare de 0,55, ceea ce constituie raportul optimal pentru animalele sănătoase mature în condiții confortogene, conform datelor lui Nevoia A [1].

Aminoacizii neesențiali influențează semnificativ asupra necesității de aminoacizi esențiali. Astfel, necesitatea de metionină (H3) este determinată de conținutul de cistină [3] în rație. Cu cât mai multă cistină este în hrană, cu atât mai puțin este utilizată metionina pentru sinteza biologică a cistinei. Unii aminoacizi neesențiali devin esențiali dacă nu sunt furnizați concomitent cu hrana, deoarece organismul nu face față sintezei lor. Astfel, insuficiența de cistină duce la inhibarea creșterii celulelor chiar și în prezența tuturor celorlalți aminoacizi în mediu. Analiza tabelului arată că conținutul de cisteină este într-adevăr mai mare în sângele animalelor din grupa a II-a. În acest caz, raportul cisteină/metionină este respectiv de 1,57 în grupa V, 1,43 în grupa III-a, 1,05 în grupa a IV-a, 2,67 în grupa I-a. Acest indice este maxim 4,11 în grupa a II-a, care indică raportul cel mai optim de cisteină/metionină pentru asigurarea creșterii animalelor.

Analiza comparativă a procentului de aminoacizi liberi glicogeni în suma totală de aminoacizi liberi a arătat că este mai mare în grupa V (45,0% comparativ cu 33,8% în I-a grupă, 35,0% în a II-a grupă, 43,7% în a III-a grupă, 36,4% în a IV-a grupă), ceea ce poate fi explicat printr-un procent maxim de glucide în rația grupei V.

Este interesant faptul că ponderea conținutului total de ΣAL în volumul total al indicilor metabolismului azotat rămâne relativ constant (46,5% în a II-a grupă, 49,8% în a III-a grupă, 49,04% în a IV-a grupă, 51,33% în grupa V). În același timp, ponderea produselor finale ale metabolismului azotat este mai semnificativă la animalele din a II-a grupă (53,5%), ceea ce indică creșterea vitezei lui.

Produsul final al metabolismului azotat este ureea, care se formează sub influența enzimelor ciclului ornitinic. Acest indice este mult mai evident la animalele din a II-a grupă. Întrucât conform conținutului de uree în sânge putem observa, într-o oarecare măsură, eficiența asimilării azotului în organismul animalelor, putem constata că rația a 2-a contribuie la o asimilare mai bună a hranei animalelor acestei grupe.

În continuare am studiat pool-ul aminoacizilor liberi în eritrocitele şobolanilor normostenicii hrăniţi conform celor 5 raţii alimentare.

Tabelul 4. *Conţinutul aminoacizilor liberi (Mmol/100 ml) în eritrocitele şobolanilor normostenici alimentați cu diferite raţii*

Aminoacizi	**Grupele**				
	I	**II**	**III**	**IV**	**V (control)**
ac.cisteinic	1,96±0,40	1,39±0,27	1,61±0,54*	1,92±0,26 *	3,07±0,89 *
taurina	23,37±2,01*	17,64±2,64	22,45±7,00	22,53±2,46 *	33,24±17,13
fosfoetanolamina	0,0000	0,0000	0,00	0,0000	0,0000
ac.aspartic	4,45±0,59*	7,52±1,57	3,02±0,45**	3,91±0,67 **	6,53±0,91
hidroxiprolina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
treonina	22,25±4,42*	36,89±10,10	15,93±0,96	20,26±1,03 *	27,98±6,79
serina	20,38±3,62	24,82±6,17	18,67±0,99	17,73±1,29	43,90±5,19 **
asparagina	9,29±0,88**	17,55±3,25	14,02±2,05	15,39±3,11	39,87±7,93 **
ac.glutamic	22,16±1,83	37,84±13,36	22,74±2,02	22,33±0,86	45,82±6,41
glutamina	20,95±3,55	31,08±7,58	25,61±4,52	25,36±2,74	45,99±5,50 *
ac.α-aminoadipinic	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
prolina	111,82±5,35**	18,80±3,40	48,18±9,53**	45,22±5,86 **	107,88±9,03 **
glicina	22,62±1,57	30,21±6,37	16,40±2,96**	14,58±1,52 **	34,18±4,49
alanina	36,82±4,04*	55,03±9,51	24,62±2,43**	25,61±1,89 **	46,49±5,55
citrulina	1,64±0,18**	0,86±0,22	0,94±0,10	0,95±0,10	1,75±5,55 **
ac.α-aminobutiric	1,78±0,13**	0,79±0,14	1,01±0,12	1,07±0,11 *	1,84±0,32 **
valina	11,85±1,70	14,40±3,54	7,68±0,86*	8,16±0,80 *	13,86±2,49
cisteina	3,08±0,26**	1,60±0,20	2,28±0,65	2,11±0,18 *	3,39±0,92 **
homocisteina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
metionina	9,11±1,08**	29,04±2,56	7,79±1,65**	12,27±4,88 **	11,23±1,55 **
cistationina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
izoleucina	9,12±2,05*	15,78±3,88	5,99±0,59**	5,39±0,52 **	8,54±1,34 *
leucina	29,29±6,08**	73,93±16,63	13,42±1,69**	17,12±5,00 **	23,87±3,08 **

tirozina	8,91±0,53**	16,05±2,97	5,97±0,65**	7,33±0,59 **	11,10±2,38 *
fenilalanina	42,32±7,87**	68,75±10,17	19,05±1,56**	24,71±6,78 **	25,13±4,24 **
β-alanina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
ac.β-aminobutiric	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
ac.γ-aminobutiric	2,78±0,46*	1,93±0,27	1,24±0,07**	1,08±0,14 **	1,34±0,32 *
etanolamina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
triptofan	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
ornitina	3,39±0,58	2,87±0,40	4,19±0,25**	3,92±0,74	7,99±1,64 **
lizina	26,74±2,9637	31,87±3,98	31,14±4,21	33,20±3,22	33,82±6,11
histidina	4,52±0,27	3,98±0,53	5,09±0,15**	4,75±0,40	5,97±1,12 *
1-metilhistidina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3-metilhistidina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
arginina	16,80±1,34	20,92±3,52	27,14±3,32*	28,45±4,90	33,96±5,29 **
ureea	169,50±17,48	145,80±19,83	103,77±8,52 **	162,80±54,98	205,39±60,98
amoniac	35,45±15,81	29,62±19,42	32,29±5,86	43,31±6,82	75,73±17,73 *
Σ aminoacizi liberi	467,43±35,20*	561,56±64,67	346,20±25,35**	365,36±26,17 **	618,75±55,47
Σ indicii metab. azotat	672,38±44,29	736,97±62,98	482,27±38,64**	571,48±72,90 *	899,88±113,15 *
Σ am.neesenţiali	260,49±16,87	240,51±37,47	181,51±11,03*	179,57±13,89 *	385,15±25,68 **
Σ am.esenţiali	172,01±20,32**	295,57±30,14	133,24±8,58**	154,32±18,26 **	184,36±19,76 **
Σ am.imunoactive	133,07±14,13*	197,58±38,28	110,21±5,58**	116,58±6,79 **	229,18±19,42
Σ am.glicogeni	118,38±13,66*	168,87±27,67	86,33±5,24**	90,24±5,24 **	172,95±23,60
Σ am.ketogeni	116,38±14,81**	206,39±19,64	75,57±5,11**	87,75±14,68 **	102,45±10,30 **
Σ am.proteinogeni	432,50±35,12*	536,08±65,93	314,75±18,13**	333,89±25,90 **	569,51±42,85
Σ am.cu conţinut de S	37,52±1,52**	49,68±3,04	34,13±8,29*	38,83±2,59 **	50,93±17,34

* p≤0,01, ** p≤0,001

Analiza tabelului 4 ilustrează că, conţinutul sumar al aminoacizilor liberi în eritrocite este maximal la animalele grupei a II-a şi a V-a și este majorat comparativ cu celelalte grupe experimentale.

Un interes deosebit prezintă compararea conţinutului total al aminoacizilor liberi în serul sangvin şi în eritrocite (coeficientul ∑AL eritrocite/ser).

Este confirmată pe deplin teoria lui Zbarschi B. [9] despre participarea aminoacizilor în reglarea concentraţiei aminoacizilor în plasmă. Aminoacizii relativ uşor sunt absorbiţi în eritrocite şi din nou trec în plasma sangvină. Reversibilitatea absorbţiei este demonstrată *in vivo* şi *in vitro*. Ţesuturile primesc aminoacizii datorită trecerii lor din plasmă, iar pe măsura scăderii concentraţiei lor din plasmă deficitul acestora se compensează din contul reabsorbţiei unei părţi de aminoacizi din eritrocite, ceea ce stabilizează metabolismul aminoacizilor dintre ţesuturi şi sânge [10].

Tabelul 5

Indicii conţinutului de glutation, carnozină precum şi valorile coeficienţilor din eritrocite şi plasma sangvină la şobolanii normostenicii hrăniţi cu diferite raţii alimentare

Indicii	I grupă	II grupă	III grupă	IV grupă	V grupă (Control)
Coeficientul ∑AL eritrocite/ser	1,12±0,08**	1,86±0,22	1,28±0,20**	1,30±0,12**	2,44±0,68
Glutatiuon oxidat mkm/100 ml	26,51±1,45**	12,74±2,91	19,39±4,21	19,87±2,60	28,17±7,46**
Carnozină mkm/100 ml	19,29±2,23**	10,64±2,92	11,23±2,57	16,21±0,91*	18,24±2,41**

Conform cercetărilor lui Zbarschi B., coeficientul optim de distribuție a azotului aminic între eritrocite și serul sângelui constituie 1,8. În același timp, scăderea coeficientului de distribuție a azotului aminic în sânge mai puțin de 1,0 – constituie un sindrom patologic, fiind rezultatul dereglării necompensate a condițiilor normale din organism [9]. La șobolanii normostenici întreținuți cu a 2-a rație alimentară, era mult mai aproape de cel optim.

Prezintă interes, în fine, analiza conţinutului glutationului în eritrocitele şobolanilor normostenici hrăniţi cu diferite raţii alimentare. Sistemul glutationului este unul dintre cele mai sensibile sisteme de reglare a homeostaziei organismului [12]. Conținutul ridicat al sistemului glutationului în eritrocite determină rolul său ca cel mai important factor de stabilizare a integrității structurale și menținerea viabilității eritrocitelor, capacitatea sa de agregare și deformabilitatea. Enzimele principale ale metabolismului său sunt glutationperoxidaza, glutationreductaza și glutationtransferaza. Raportul dintre formele de reconstituire/oxidare ale glutationului în celulă este unul dintre cei mai importanți indici, care arată nivelul de stres oxidativ și constituie 13-20 u.c. [12, 15].

În experimentul s-a cercetat conținutul de glutation oxidat în eritrocitele șobolanilor normostenici, întreținuți cu 5 rații alimentare. Concentrația cea mai mică a acestei legături se înregistrează în eritrocitele șobolanilor din a II-a grupă (12,74±2,91 μmol/100 ml), ceea ce permite indirect să presupunem un conținut ridicat de glutation reconstituit. La șobolanii din a III-a și a IV-a grupă glutationul oxidat chiar dacă e mărit de 1,5 ori comparativ cu a II-a grupă, totuși nu este esenţial. Putem constata că la întreținerea șobolanilor normostenici în condiții cu rațiile 2, 3 și 4 potențialul antioxidant al organismului este în limitele stabile. Mai mult decât atât, la șobolanii întreținuți cu rațiile 1

și 5 (cu conținutul de proteine 12,5-14%), acest indice este vizibil sporit și semnificativ mai mare – de 2,2 ori. Probabil la șobolanii întreținuți cu aceste rații putem concluziona dificultăți de reconstituire a glutationului. La aceste rații alimentare, celulele, cel mai probabil, nu pot menține homeostaza la nivelul corespunzător în rezultatul scăderii activității glutationreductazei și glutotionperoxidazei, ceea ce se caracterizează prin sporirea considerabilă a concentrației de glutation oxidat și scăderea concentrației de glutation reconstituit. Într-adevăr, datele din literatura despre studierea conținutului de glutation general și fracțiunile sale au arătat că, toate tipurile de influențe negative asupra statutului fiziologic al organismului contribuie la sporirea potențialului oxidativ al celulelor și provoacă prezența stresului oxidativ ca și componentă al sindromului general de adaptare [12, 14]. Procesul de peroxidare a lipidelor joacă rolul de mecanism, care asigură disponibilitatea componentelor lipido-proteice ale membranelor celulare pentru fosfolipaze și respectiv proteaze [5, 11]. Prin urmare, creșterea peroxidării lipidelor membranelor celulare ale eritrocitelor duce la consolidarea sau distrugerea bistratului lipidic, sporirea microvascozității, reducerea zonei de interacțiune proteino-lipidice, dereglarea activității funcționale a enzimelor, modificării permeabilității membranare și încărcării de suprafață, dereglarea stării funcționale a complexului membrano-receptor. Datele obținute arată hotarele posibilităților compensatoare ale organismului, astfel încât optimalitatea metabolismului se manifestă nu doar în stimularea proceselor anabolice, dar și în cursul echilibrat al reacțiilor catabolice datorate neutralizării în timp a toxinelor metabolice prin formarea potențialului ridicat de detoxifiere al organismului.

Când au fost analizate cromatogramele eritrocitelor s-a reușit să fie identificat vârful carnozinei. Identificarea activității antioxidante a carnozinei a permis savanților să-și formeze o părere asupra rolului biologic al acestei legături și a explicat diversitatea efectelor sale celulare. Astfel, introducerea carnozinei la animale determină o îmbunătățire semnificativă a eficacității sistemului antioxidant al organismului, crește stabilitatea și activitatea funcțională a elementelor structurale și uniforme ale sângelui, ceea ce indică o creștere a rezistenței la factorii de stres oxidativ [9]. În cele din urmă, carnozina are o acțiune imunomodulatoare, care se exprimă prin reglarea fagocitozei și producerea de forme active de oxigen prin neutrofile. Efectul carnozinei depinde de concentrația sa și starea funcțională a celulelor. Este demonstrat că, carnozina poate interveni în procesele de sinteză al proteinelor, îndeplinind o funcție specifică reglatoare, orientată spre menținerea genelor necesare celulei în stare activă și care asigură sporirea totală a vitalității celulelor. Într-adevăr, Boldîrev A A. și colaboratorii săi, au depistat că prezența carnozinei în lichidul cultural ce contribuie la conservarea celulelor viabile și este însoțită de sinteza sporită a unui șir de proteine, inclusiv vimentin, care contribuie la interacțiunea dintre bistratul membranar și carcasa citoscheletului [6, 7]. Carnozina interferează cu hemoliza acidă și osmotică a eritrocitelor. Astfel, carnozina și derivatul său acetilat au un set de proprietăți diferite, care nu se limitează doar la activitatea antioxidantă, ci vizează normalizarea metabolismului celular, care crește capacitatea de adaptare a celulei.

Era studiat conținutul de carnozină în eritrocitele șobolanilor normostenici, întreținuți cu 5 rații alimentare (Tabelul 8). Conținutul de carnozină constituia 16-19 μm/100 ml, deosebindu-se vizibil de acesta (10-11 μm/100 ml) la șobolanii întreținuți cu rațiile alimentare 2 și 3. Putem presupune că creșterea concentrației de carnozină în eritrocitele șobolanilor normostenici în condiții cu o rație atât cu conținut ridicat de glucide (1 și 5), cât și de proteine (4), are un caracter adaptiv.

Analizând rezultatele obţinute putem constata că a 2-a raţie alimentară este mai optimală pentru decurgerea metabolismului azotat la şobolanii cu această masă corporală.

CONCLUZII

În condițiile cu rații cu conținutul de proteine 16-20% raportul dintre aminoacizii esențiali și neesențiali este ridicat - 0,55, ceea ce constituie raportul optim pentru animalele mature sănătoase în condiții confortogene. Relația cisteină/metionină este maximă – 4,11 în a II-a grupă (conținutul proteinelor 16,0%), ceea ce indică un raport mult mai optim de cisteină/metionină pentru asigurarea creșterii animalelor.

La șobolanii normostenici, întreținuți cu rații cu 16-20% proteine, cantitatea totală de aminoacizi liberi în ser în sânge nu se deosebește esențial. Aceasta poate indica o capacitate înaltă a normostenicilor de a menține în stare stabilă pool-ul aminoacizilor liberi în ser în sânge în condiții cu diferit conținut de proteine în rațiile sale.

La întreținerea șobolanilor normostenici în condiții cu rațiile 2, 3 și 4 (16-20% proteine) potențialul antioxidant al organismului este în limitele stabile, ceea ce reflectă limitele posibilităților compensatoare ale organismului șobolanilor normostenici.

La șobolanii normostenici, întreținuți cu a 2-a rație alimentară (16% proteine), coeficientul optim al distribuției azotului aminic între eritrocite și ser în sânge constituie 1,8 și este mai aproape de cel optim.

Referințe:

1. Nevoia A. Modificările conţinutului aminoacizilor liberi la şobolanii de diferită vârstă la acţiunea factorilor stresogeni de diversă natură. Teze doct. în biologie, Chişinău, 2007.
2. Huang, S.-C. Attenuation of Long-Term Rhodiola rosea supplementation on exhaustive swimming-evoked oxidative stress in the rat. In: Chinese Journal of Physiology. 2009. Vol. 52, Nr. 5, p. 316-324.
3. Kellett, G. L., Helliwell, P. A. The diffusive component of intestinal glucose absorption is mediated by the glucose-induced recruitment of GLUT2 to the brush-border membrane. In: Biochem. J., 2000, nr. 3, p. 155-162.
4. Pellow S., Chopin P., File S.E., Briley M. Validation of open: closed arm entries in an elevated plus-maze as a measure of anxiety in the rat. J.Neurosci. Methods. 1985. 14, 149-167.
5. Sushil J.K. Evidence for membrane lipid peroxidation during the in vivo aging

of human erythrocytes // Biochim. Biophys. Acta: Biomembranes. 1988. V. 937. № 2. P. 205-210.

6. Беляев М.С. Карнозин как фактор эндоэкологическойц защиты организма от повреждений, вызванных окислительным стрессом. Дисс. канд.биол.н. М., 2008.
7. Болдырев А А, Беляев М С , Трунова О А. и др. Нейропептид карнозин увеличивает устойчивость липопротеинов и эритроцитов крови и эффективность иммунокомпетентной системы у пациентов с хронической дисциркуляторной энцефалопатией // Биологические мембраны - 2008 - Т 25,№8, 18-27.
8. Болдырев А А. Карнозин и защита тканей от окислительного стресса. М.: Диалог-МГУ, 1999. - 362 с.
9. Збарский Б.И., Демин Н.Н. Роль эритроцитов в обмене белков. М., 1949.
10. Збарский Б.И., Иванов И.И., Мардашев С.Р. Биохимия. Л., 1972.
11. Кузник Б.И. Физиология и патология системы крови. М.: Вузовская книга, 2004. 296 с.
12. Мартусевич А.К., Соловьева А.Г., Мартусевич А.А., Перетягин П.В. Особенности функционально-метаболической адаптации организма в условиях травматического стресса // Медицинский альманах. 2012. №5. С. 175-178.
13. Меньшиков В.В. (Ред.) Энциклопедия клинических лабораторных тестов. М.,1997.
14. Новицкий В.В., Рязанцева Н.В. Структурная дезорганизация мембраны эритроцитов как универсальная типовая реакция целостного организма при болезнях дизрегуляции // «Дизрегуляционная патология». М.: Медицина, 2002. С. 395-405.
15. Орлов Д.С., Рязанцева Н.В., Степовая Е.А.и др. Изменение системы глутатиона в клетках опухолевой линии Р19 при гипоксии //Бюлл.сибирск. медицины,2015.т.14, №4, 41-45.