CZU: 612.398.192 **https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_01**

INFLUENȚA STRUCTURII CALORICE A RAȚIILOR ASUPRA CONȚINUTULUI AMINOACIZILOR LIBERI ÎN SÂNGE LA ȘOBOLANII HIPERSTRESOREACTIVI

Tudor STRUTINSCHI,
Anastasia BABILEVA,
Lilia POLEACOVA,
Svetlana GARAEVA,
Galina POSTOLATI,

Universitatea de Stat din Moldova

Studiul evaluează influența structurii calorice a rațiilor alimentare asupra metabolismului aminoacizilor liberi la șobolani cu hiperstresoreactivitate, considerați analogi ai tipului constituțional astenic. Experimentele au fost realizate pe patru grupe de animale, alimentate cu rații ce diferă prin proporția de proteine, lipide și glucide. Metabolismul proteic a fost apreciat prin determinarea concentrației aminoacizilor liberi din serul sanguin și eritrocite, precum și prin analiza principalelor grupe funcționale de aminoacizi. Rezultatele au evidențiat că rația cu 12% proteine, 27% lipide și 61% glucide determină o creștere semnificativă a concentrației aminoacizilor liberi, inclusiv a celor imunoactivi, glicogeni, cetogenici și proteinogeni. Această structură calorică s-a dovedit a fi optimă pentru menținerea unui metabolism proteic eficient în condiții de stres crescut.

Cuvinte-cheie: *metabolism proteic, aminoacizi liberi, structură calorică, hiperstresoreactivitate. tip astenic, nutriție diferențiată, grupe funcționale de aminoacizi.*

INFLUENCE OF DIETARY CALORIC STRUCTURE ON THE FREE AMINO ACID CONTENT IN THE BLOOD OF HYPERSTRESS-REACTIVE RATS

The study investigates the influence of dietary caloric structure on free amino acid metabolism in hyperstress-reactive rats, considered analogues of the asthenic constitutional type. Four experimental groups were fed diets differing in protein, lipid, and carbohydrate proportions. Protein metabolism was assessed by determining free amino acid concentrations in blood serum and erythrocytes, as well as by analyzing major functional amino acid groups. The results demonstrated that the diet containing 12% protein, 27% lipids, and 61% carbohydrates induced a significant increase in total free amino acids, including immunoactive, glucogenic, ketogenic, and proteinogenic amino acids. This caloric structure ensured the most favorable metabolic response under conditions of increased stress. The findings support the concept of constitutionally differentiated nutrition and highlight the importance of optimizing dietary protein content to maintain metabolic balance in stress-reactive organisms.

Keywords: *protein metabolism, free amino acids, caloric structure, stress reactivity, asthenic, type, differentiated nutrition, functional groups of amino acids.*

Introducere

Nutriția reprezintă un factor cu impact semnificativ asupra menținerii și fortificării sănătății [8, 17]. Deși știința nutriției a înregistrat progrese importante, potențialul său sanogen rămâne departe de a fi pe deplin valorificat. Una dintre sarcinile sistemului de nutriție individuală, adaptat tipului de constituție, nu este doar satisfacerea senzației de foame, ci și asigurarea aportului adecvat de substanțe nutritive și a raportului optim al acestora. De asemenea, acest sistem urmărește prevenirea dereglărilor metabolice, optimizarea parametrilor sanogeni ai metabolismului și homeostaziei și, în final, menținerea unei stări stabile de sănătate a individului.

Structura valorii calorice a rațiilor alimentare joacă un rol important și indispensabil în sistemul alimentar echilibrat. Rația alimentară trebuie să asigure necesarul organismului în energie, precum și în elemente structurale și plastice. Acest lucru se realizează prin includerea în alimentație a nutrienților esențiali, în cantitățile și proporțiile necesare. Nutrienții alimentari sunt metabolizați în organism, iar în procesul acestor reacții există

o interdependență strânsă între aceștia. Totuși, aceasta nu înseamnă că își pot compensa reciproc deficitele. Necesitatea în nutrienții principali trebuie acoperită prin rația alimentară consumată, iar doar o parte nesemnificativă poate fi suplinită prin conversia reciprocă, pentru o perioadă determinată și scurtă.

Aceste particularități determină actualitatea și impun anumite cerințe privind structura valorii calorice a dietei utilizate. Stabilirea structurii optime a valorii calorice a rației pentru un anumit tip de metabolism are o importanță primordială, deoarece aceasta nu trebuie să permită deficitul unor nutrienți și compensarea lor din contul altora, precum și să prevină excesul acestora. Din punct de vedere fiziologic, astfel de procese nu sunt justificate, iar în unele cazuri sunt imposibile, ceea ce generează dezechilibre alimentare și provoacă un dezechilibru în sistemul de alimentație [17].

În marea varietate de procese metabolice, unul dintre rolurile principale revine metabolismului proteinelor. Aminoacizii reprezintă unitățile structurale de bază ale proteinelor și sunt indispensabili pentru menținerea tuturor funcțiilor organismului uman, inclusiv creșterea și regenerarea masei musculare, funcționarea sistemului nervos central, activitatea sistemului imunitar și acoperirea necesităților energetice ale organismului [11, 14, 15]. Procesele și caracteristicile fundamentale ale metabolismului proteinelor se reflectă, în principal, prin indicatorii cantitativi și calitativi ai aminoacizilor liberi din sânge [3, 15]. Acest fapt a constituit baza studiului spectrului aminoacizilor sanguini ca indicator al metabolismului proteinelor la șobolanii hiperstresoreactivi, în condițiile administrării și evaluării dietelor cu structură calorică diferită, corespunzătoare tipului constituțional hiperstresoreactiv.

Relevanța și noutatea cercetărilor constau în faptul că, pentru prima dată, sunt evaluați indicatorii metabolismului proteic la nivelul aminoacizilor liberi în condițiile utilizării rațiilor cu structură diferită a conținutului caloric, elaborate în conformitate cu primul sistem individual-tipologic de nutriție, în funcție de tipul astenic de constituție (tip constituțional hiperstresoreactiv). Pentru realizarea obiectivelor propuse, au fost efectuate experimente pe șobolani cu hiperstresoreactivitate, în vederea studierii potențialului nutrițional și metabolic al rațiilor cu structură calorică diferită asupra stării metabolismului proteic, apreciată prin indicii aminoacizilor liberi din sânge.

Ca indicatori de evaluare (testare) au fost utilizați indicii nivelului aminoacizilor liberi din plasma sanguină și din eritrocite, precum și starea principalelor grupuri funcționale de aminoacizi: aminoacizi imunoactivi, glicogeni, cetogeni, proteinogeni, neesențiali și esențiali. Fondul de aminoacizi liberi din celulele tuturor organismelor este constituit dintr-un set complet de 20 de aminoacizi proteinogeni, din care sunt sintetizate proteinele, precum și din aminoacizi care îndeplinesc funcții biologice specifice [14, 15].

Materiale și metode de cercetare

Pentru realizarea experimentelor au fost selectate patru grupuri de animale-model, reprezentate de șobolani albi Wistar, conform principiului analogilor (greutate, sex, vârstă, linie de origine și stresoreactivitate), fiecare grup fiind format din câte cinci exemplare masculi cu vârste între 4 și 5 luni. A fost utilizată o metodă standardizată de selecție a animalelor experimentale cu hiperstresoreactivitate, prin metoda „labirintului plus ridicat" (*Elevated Plus Maze*) [6], cu aplicarea unor modificări. Studiile au fost efectuate pe șobolani cu stresoreactivitate crescută, alimentați cu rații cu structură calorică diferită, calculate pentru tipul constituțional astenic.

Tabelul 1. Structura calorică a rațiilor alimentare pentru tipul astenic de constituție conform grupelor experimentale pentru animalele cu hiperstresoreactivitate (%)

Macronutrienți	I grupă	II grupă	III grupă	IV grupă
Proteine	8	11	12	14
Lipide	35	29	27	25
Glucide	57	60	61	61

Structura valorii calorice a rațiilor prezentată în tabelul 1 a fost calculată ținând cont de particularitățile metabolice și funcționale ale tractului digestiv la persoanele de tip constituțional astenic, pentru perioada morfo-funcțională stabilă. Aceste particularități au fost abordate printr-un conținut minim de proteine de

origine animală în structura valorii calorice, un nivel moderat de lipide și o concentrație sporită de glucide [8]. Analiza conţinutului aminoacizilor liberi în ser şi eritrocite s-a efectuat prin metoda cromatografiei lichide cu schimb de ioni [13]. A fost determinat conținutul aminoacizilor liberi pe grupe funcționale, în funcție de rolul fiziologic al aminoacizilor: neesențiali, esențiali, imunoactivi, glicogeni, cetogeni, proteinogeni și a aminoacizilor individuali. Analiza statistică a rezultatelor obținute s-a realizat cu utilizarea t-criteriului Student. Experimentele pe animale au fost efectuate în conformitate cu Directiva 86/609/CEE din 24 noiembrie 1986 privind protecția animalelor utilizate în scopuri științifice și au fost aprobate de Comisia metodică a Institutului de Fiziologie și Sanocreatologie, Universitatea de Stat din Moldova.

Rezultate și discuții

Influența formulei studiate a structurii calorice a dietelor pentru tipul astenic de constituție asupra metabolismului aminoacizilor se evaluează după nivelul aminoacizilor liberi în serul sângelui animalelor experimentale cu stresoreactivitate crescută, care sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2. Influența rațiilor alimentare pentru tipul constituțional astenic asupra nivelului aminoacizilor liberi din serul sanguin al animalelor experimentale cu hiperstresoreactivitate (µmol/100 ml)

Aminoacizii	I grupă (control)	II grupă	III grupă	IV grupă
Acidul cisteinic	4,13 ± 0,53	6,38 ± 1,42*	8,40 ± 0,87**	3,47 ± 0,57
Taurina	25,96 ± 3,59	27,33 ± 5,58	57,18 ± 2,52***	36,68 ± 4,89*
Acidul aspartic	7,81 ± 1,14	5,91 ± 1,12*	11,63 ± 0,76*	8,23 ± 1,55
Treonina	18,71 ± 2,03	17,77 ± 3,46	30,14 ± 2,11**	20,59 ± 2,77
Serina	33,16 ± 3,79	18,34 ± 4,18**	35,17 ± 2,07	26,20 ± 4,52*
Asparagina	14,06 ± 2,00	6,78 ± 1,42*	12,62 ± 1,26	19,54 ± 2,27*
Acidul glutamic	7,29 ± 1,04	5,23 ± 1,08*	7,33 ± 1,14	8,74 ± 0,90*
Glutamina	27,56 ± 3,93	16,50 ± 3,67*	20,01 ± 1,39*	25,65 ± 3,09
Acidul α-aminoadipinic	0,61 ± 0,14	0,51 ± 0,04	0,78 ± 0,21	0,75 ± 0,21
Prolina	14,17 ± 3,63	11,64 ± 2,20	24,38 ± 3,44*	13,11 ± 1,56
Glicina	25,17 ± 2,43	15,60 ± 3,15*	43,25 ± 1,99***	21,19 ± 1,52*
Alanina	32,82 ± 3,41	30,66 ± 6,72	70,91 ± 2,59***	36,82 ± 2,50
Citrulina	0,66 ± 0,19	0,67 ± 0,12	1,26 ± 0,12*	1,03 ± 0,15*
Acidul α-aminobutiric	0,72 ± 0,23	0,73 ± 0,15	1,37 ± 0,20*	1,01 ± 0,25
Valina	13,72 ± 1,66	9,01 ± 1,97*	21,08 ± 1,75**	16,06 ± 1,72*
Cisteina	5,90 ± 0,49	1,95 ± 0,45***	6,0 9± 1,03	5,57 ± 1,15
Metionina	1,65 ± 0,15	1,51 ± 0,12	2,92 ± 0,50*	3,08 ± 0,45*
Izoleucina	4,57 ± 0,60	5,86 ± 1,04*	12,43 ± 1,55**	8,52 ± 1,13*
Leucina	8,46 ± 1,11	7,57 ± 2,08	19,29 ± 2,04**	10,51 ±1,06*
Tirozina	6,11 ± 1,16	7,06 ± 1,44	21,01 ± 2,04***	11,49 ± 2,02*
Fenilalanina	4,55 ± 0,60	4,62 ± 0,45	6,43 ± 0,63*	6,38 ± 1,13*
Acidul γ-aminobutiric	0,22 ± 0,05	0,39 ± 0,07*	0,80 ± 0,14**	0,40 ± 1,12
Ornitina	2,23 ± 0,34	3,13 ± 0,68*	5,53 ± 0,80**	3,01 ± 0,43*
Lizina	25,42 ± 3,42	29,52 ± 3,76	48,79 ± 4,30**	39,01 ± 4,22*
Histidina	2,94 ± 0,32	3,96 ± 0,78*	8,73 ± 0,78***	3,94 ± 0,44*
Arginina	5,13 ± 0,68	7,58 ± 1,11*	14,44 ± 1,37***	8,52 ± 1,90*

*Notă: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001 – diferențe semnificative dintre loturile II, III și IV comparativ cu lotul I (control).*

Indicii aminoacizilor liberi din serul sanguin al animalelor din grupa de control I, care au fost alimentate cu o rație ce conținea 8% proteine, așa cum este prezentat în tabelul 1, demonstrează că, în ansamblu, nivelul aminoacizilor liberi se menține în limitele unui standard biologic adecvat. Rațiile administrate animalelor din grupele II, III și IV, conținând 11%, 12% și, respectiv, 14% proteine, au exercitat un impact semnificativ mai pronunțat asupra concentrației aminoacizilor liberi din serul sanguin al animalelor experimentale. În grupa III, comparativ cu grupa I (control), s-a constatat o creștere semnificativă ($p<0,001$) a concentrației aminoacizilor liberi în plasmă, cu excepția serinei, cisteinei, asparaginei, acidului glutamic și acidului α-aminoadipinic. De asemenea, nivelul asparaginei a prezentat o tendință de diminuare, înregistrând valori de 12,62 ± 1,26 µmol/100 ml, comparativ cu 14,06 ± 0,22 µmol/100 ml în grupa de control I.

Din punct de vedere fiziologic, aminoacizii pot fi clasificați, în funcție de activitatea lor funcțională, în următoarele grupe: proteinogeni, care intră în structura proteinelor (20 de aminoacizi), și neproteinogeni, care nu fac parte din structura proteinelor, dar îndeplinesc alte funcții importante în organismul uman; aminoacizi esențiali (12 aminoacizi) și neesențiali (8 aminoacizi); glicogeni, care se transformă în glucoză și apoi în glicogen sau se descompun pe calea metabolismului glucozei, generând ATP (majoritatea – 19 aminoacizi – sunt glicogeni într-o anumită măsură, cu excepția leucinei); cetogeni, care pot fi transformați în corpi cetonici (acizi grași cu lanț scurt) (izoleucină, leucină, lizină, tirozină, triptofan și fenilalanină); imunoactivi, implicați în formarea sistemelor de protecție imună [1, 4, 14, 15, 16]. Grupa experimentală III prezintă o concentrație semnificativ mai mare de aminoacizi esențiali și neesențiali comparativ cu grupa de control (figura 1).

Rațiile alimentare și caracteristicile metabolice individuale ale animalelor au influențat conținutul de aminoacizi neesențiali din serul sanguin. În grupa experimentală II, nivelul aminoacizilor neesențiali a scăzut la 119,68 ± 23,47 µmol/100 ml ($p \leq 0,05$) comparativ cu grupa de control (174,05 ± 18,81 µmol/100 ml). Această diferență poate fi atribuită particularităților individuale ale metabolismului animalelor din grupa II.

Cantitatea maximă de aminoacizi neesențiali a fost identificată în serul sanguin al animalelor din grupa experimentală III, cu o valoare de 252,40 ± 4,31 µmol/100 ml, semnificativ mai mare ($p \leq 0,01$) decât în grupa de control. În grupa experimentală IV, nivelul aminoacizilor neesențiali a crescut nesemnificativ la 176,55 ± 10,69 µmol/100 ml, comparativ cu grupa de control I.

Indicatorii aminoacizilor esențiali au fost mai caracteristici și mai stabili în toate grupele experimentale. Nivelul aminoacizilor esențiali din serul sanguin în grupa de control I a fost de 85,16 ± 7,39 µmol/100 ml, iar în grupa experimentală II a crescut la 87,41 ± 14,06 µmol/100 ml, diferența fiind nesemnificativă.

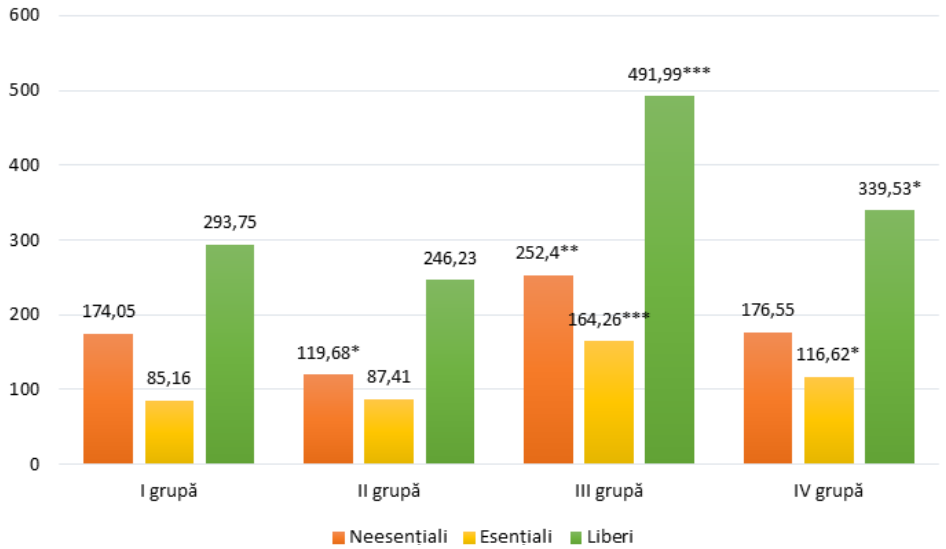


Figura 1. Concentrația aminoacizilor liberi, esențiali și neesențiali din serul sanguin al animalelor experimentale cu hiperstresoreactivitate (µmol/100 ml)

*Notă: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001 – diferențe semnificative dintre loturile II, III și IV comparativ cu lotul I (control)*

Cantitatea maximă de aminoacizi esenţiali a fost înregistrată în grupa experimentală III (164,26 ± 7,06 µmol/100 ml) şi în grupa experimentală IV (116,62 ± 10,08 µmol/100 ml), depăşind semnificativ valorile grupului de control ($p \leq 0,001$ şi $p \leq 0,05$, respectiv).

Valorile crescute ale metabolismului proteinelor, reflectate prin dinamica aminoacizilor liberi din serul sanguin al animalelor experimentale, sunt rezultatul unui aport optim de proteine în raţie [10]. În ansamblu, concentraţia totală de aminoacizi liberi a fost de 246,23 ± 45,29 µmol/100 ml în grupa experimentală II, 491,99 ± 10,93 µmol/100 ml în grupa III ($p \leq 0,001$) şi 339,53 ± 22,16 µmol/100 ml în grupa IV ($p \leq 0,05$), comparativ cu 293,75 ± 27,65 µmol/100 ml în grupa de control I.

Unul dintre parametrii utilizaţi pentru evaluarea structurii calorice a raţiilor este analiza impactului acestora asupra diferitelor grupe funcţionale de aminoacizi. Studiul acestor grupe evidenţiază implicarea lor directă în diverse procese fiziologice şi biochimice. În cadrul grupului aminoacizilor proteinogeni se regăsesc 20 de aminoacizi care constituie structura de bază a proteinelor: acidul aspartic (aspartat), acidul glutamic (glutamat), arginina, glutamina, treonina, serina, prolina, glicina, alanina, izoleucina, leucina, valina, cisteina, metionina, tirozina, fenilalanina, lizina, histidina, asparagina şi triptofanul.

În figura 2 este prezentată influenţa structurii calorice a raţiilor specifice tipului constituţional astenic asupra grupului de aminoacizi proteinogeni. Conform rezultatelor obţinute, în grupa de control I, concentraţia aminoacizilor proteinogeni a fost de 259,21 ± 26,05 µmol/100 ml. În grupa experimentală II, acest nivel a avut o tendinţă de scădere, ajungând la 207,09 ± 37,37 µmol/100 ml. În contrast, în grupa experimentală IV s-a observat o creştere, atingând 293,17 ± 19,99 µmol/100 ml, iar în grupa experimentală III s-a înregistrat o creştere semnificativă faţă de grupa de control ($p \leq 0,001$), valoarea fiind de 416,66 ± 9,70 µmol/100 ml.

Având în vedere importanţa imunităţii asupra sănătăţii individuale, în ultimii ani a fost identificat un grup de aminoacizi imunoactivi, care include treonina, valina, triptofanul, acizii aspartic şi glutamic, serina, alanina, cistina şi acidul γ-aminobutiric [1, 4]. Rezultatele efectelor structurilor dietetice testate asupra concentraţiei de aminoacizi imunoactivi sunt prezentate în figura 2. Analiza datelor indică faptul că grupa experimentală III a prezentat cea mai mare concentraţie de aminoacizi imunoactivi, atingând 195,77 ± 7,80 µmol/100 ml ($p \leq 0,01$), comparativ cu grupa de control I, care a înregistrat 133,69 ± 13,35 µmol/100 ml. Grupa experimentală IV a avut o concentraţie de 142,16 ± 10,79 µmol/100 ml, în timp ce grupa II a prezentat o reducere a nivelului aminoacizilor imunoactivi, situându-se sub valoarea grupului de control, cu 96,05 ± 19,36 µmol/100 ml.

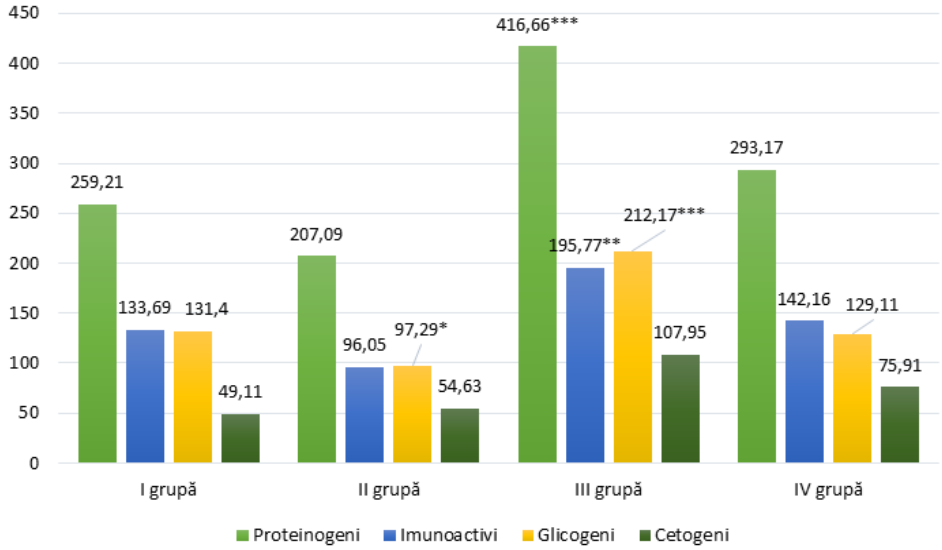


Figura 2. Concentraţia aminoacizilor din diverse grupe funcţionale în serul sanguin al animalelor experimentale cu hiperstresoreactivitate (µmol/100 ml)

*Notă: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001 – diferenţe semnificative dintre loturile II, III şi IV comparativ cu lotul I (control)*

Conform lui A. Lehninger (1985), aminoacizii pot fi clasificați în funcție de punctul lor de intrare în ciclul acidului citric. În grupul aminoacizilor glicogeni se regăsesc: glicina, alanina, histidina, metionina, asparagina, glutamina, prolina, cisteina, arginina, glutamatul, aspartatul, valina, serina și treonina. Acești aminoacizi sunt denumiți glicogeni datorită rolului lor ca precursori importanți ai D-glucozei. Conversiile lor conduc la formarea acidului piruvic, acidului oxaloacetic și acidului α-cetoglutaric, ceea ce permite sinteza glucozei sau a glicogenului [14, 15].

Procesele menționate demonstrează că o serie de aminoacizi joacă un rol activ în procesele energetice ale organismului și reprezintă o sursă importantă de energie. Se știe că, la oxidarea completă a 1 g de proteină într-o bombă calorimetrică, se obțin în medie 5,65 kcal. Carbonul aminoacizilor se oxidează până la CO_2, hidrogenul până la H_2O, iar azotul până la NO_2. Totuși, în organismul uman energia sub formă de ATP poate fi obținută doar prin oxidarea componentei hidrocarbonatate a aminoacizilor. De aceea, din cele 5,65 kcal, organismului îi sunt accesibile doar 4,3 kcal, iar restul de 1,3 kcal reprezintă energia oxidării azotului.

S-a stabilit că din 100 g de aminoacizi se pot forma doar 57 g de glucoză. În primele 3-4 zile de înfometare, din aminoacizi se formează în medie aproximativ 41 g de glucoză pe zi, iar după câteva săptămâni de înfometare, formarea glucozei scade până la 16 g pe zi. În diabetul zaharat de tip 2, transformarea aminoacizilor glicogeni în glucoză are loc cu o viteză mult mai mare decât la persoanele sănătoase [13, 16]. Ca urmare, la persoanele cu diabet se elimină prin urină o cantitate mare de uree, care se formează în procesul de dezaminare a aminoacizilor glicogeni. În stările critice, viteza gluconeogenezei cu utilizarea aminoacizilor crește, de asemenea, semnificativ. Dintre aminoacizi, cei care se transformă cel mai eficient în glucoză sunt serina, alanina și prolina, în timp ce glutamina, utilizată pe scară largă în nutriția enterală și parenterală, se situează pe locul patru [13].

Nivelul aminoacizilor glicogeni a fost evaluat în grupa de control I, unde a fost de 131,40 ± 11,63 μmol/100 ml. În grupa experimentală II, acesta a scăzut la 97,29 ± 20,21 μmol/100 ml ($p \leq 0,05$), în grupa III experimentală a crescut semnificativ la 212,17 ± 7,70 μmol/100 ml ($p \leq 0,001$), iar în grupa IV experimentală a fost de 129,11 ± 10,01 μmol/100 ml (Figura 2). Aceste rezultate indică faptul că, pe măsură ce proporția proteinelor în aportul caloric al rațiilor crește de la 8% la 12%, cu o sporire nesemnificativă a glucidelor de la 57% la 61%, nivelul aminoacizilor glicogeni crește treptat.

Grupa aminoacizilor cetogeni este formată din aminoacizi care se transformă în acetil-CoA sau acetoacetat. Distribuția aminoacizilor în categoriile glicogeni și cetogeni nu este strict definită, iar diferiți autori includ anumiți aminoacizi în aceste categorii. În cadrul aminoacizilor cetogeni, A. Lehninger a identificat următoarele: izoleucină, fenilalanină, tirozină, leucină, lizină și triptofan.

Conform datelor prezentate în figura 2, concentrația aminoacizilor cetogeni tinde să crească odată cu sporirea aportului de proteine în structura calorică a rațiilor, până la un nivel considerat optim pentru tipul constituțional astenic al animalelor experimentale cu hiperstresoreactivitate. Astfel, în grupa de control I (8% proteine), nivelul aminoacizilor cetogeni a fost de 49,11 ± 4,43 μmol/100 ml; în grupa experimentală II (11% proteine) 54,63 ± 7,94 μmol/100 ml; în grupa III experimentală (12% proteine) 107,95 ± 5,69 μmol/100 ml; iar în grupa IV experimentală (14% proteine) concentrația a scăzut la 75,91 ± 7,37 μmol/100 ml comparativ cu grupa III.

Scăderea schimbului de aminoacizi în grupa IV, în ciuda conținutului ridicat de proteine (14%) din rație, poate fi explicată prin mai mulți factori. Unul dintre aceștia este activitatea proteolitică redusă a enzimelor digestive la indivizii cu tip astenic, care limitează digestia eficientă a cantității crescute de proteine. De asemenea, eficiența utilizării proteinelor depinde de sincronizarea hidrolizei și a eliberării aminoacizilor în timpul digestiei, în raport cu viteza de utilizare a acestora în procesele metabolice și de reparare. Structura calorică a variantei IV a rației poate să nu fi favorizat această sincronizare.

Un alt factor care poate contribui la scăderea energiei în grupa IV este nivelul ridicat de proteine, care stimulează procesele metabolice și poate conduce la reducerea greutății corporale. Prin urmare, structura calorică a variantei rației pentru grupa III, cu 12% proteine, 27% lipide și 61% glucide, s-a dovedit a fi cea mai optimă, asigurând un metabolism eficient al aminoacizilor.

Un subiect de interes științific actual și semnificativ îl reprezintă influența rațiilor cu valori calorice

diferite asupra concentrației aminoacizilor liberi în eritrocite. Aceasta a constituit baza pentru analiza influenței acestor rații asupra nivelurilor de aminoacizi liberi din eritrocite (tabelul 3). Eritrocitele, care conțin hemoglobină, joacă un rol-cheie în transportul oxigenului și în procesele de oxidoreducere din întreg organismul.

Tabelul 3. Conținutul de aminoacizi liberi (µmol/100 mg) în eritrocitele șobolanilor hiperstresoreactivi întreținuți cu rații alimentare cu structuri calorice diferite

Aminoacizii	I grupă (control)	II grupă	III grupă	IV grupă
Acidul cisteinic	2,023 ± 0,31	3,70 ± 1,04*	5,86 ± 0,69***	3,36 ± 0,57*
Taurina	29,01 ± 4,40	30,03 ± 5,3*	73,00 ± 7,87**	42,46 ± 2,43*
Acidul aspartic	6,99 ± 2,26	5,15 ± 0,83	7,61 ± 1,65	5,38 ± 1,74
Treonina	16,09 ± 2,46	14,51 ± 2,05	23,43 ± 1,90*	13,89 ± 1,60
Serina	28,27 ± 4,23	18,79 ± 3,51*	28,64 ± 3,07	18,61 ± 1,67*
Asparagina	4,53 ± 1,20	4,16 ± 1,18	14,68 ± 3,12*	10,30 ± 1,35*
Acidul glutamic	13,96 ± 2,38	12,68 ± 3,35	34,11 ± 6,72*	16,73 ± 0,44*
Glutamina	20,91 ± 5,00	17,16 ± 4,85	42,89 ± 8,29*	21,92 ± 0,91
Prolina	61,53 ± 11,60	48,38 ± 11,85	104,54 ± 7,69*	56,87 ± 3,94
Glicina	17,51 ± 2,84	18,51 ± 5,17	38,80 ± 3,43**	20,11 ± 1,33
Alanina	25,30 ± 2,48	17,85 ± 5,25*	47,37 ± 4,82**	27,47 ± 1,47
Citrulina	1,66 ± 0,38	1,81 ± 0,52	3,89 ± 0,28**	1,33 ± 0,19
Acidul α-aminobutiric	1,62 ± 0,45	1,66 ± 0,54	4,33 ± 0,48**	1,69 ± 0,15
Valina	7,53 ± 1,04	4,72 ± 1,17*	13,53 ± 1,32**	6,42 ± 0,84
Cisteina	1,25 ± 0,64	1,81 ± 0,37	4,83 ± 0,55**	2,57 ± 0,28*
Metionina	3,53 ± 0,54	3,11 ± 0,78	6,92 ± 0,93*	3,93 ± 0,32
Izoleucina	5,27 ± 0,51	4,88 ± 0,73	9,22 ± 1,24*	9,08 ± 2,42*
Leucina	8,89 ± 0,85	5,84 ± 0,98*	10,13 ± 0,99	10,99 ± 3,28
Tirozina	7,50 ± 0,76	3,71 ± 0,93*	6,62 ± 1,95	5,78 ± 0,75*
Fenilalanina	10,09 ± 1,55	4,78 ± 0,87*	8,96 ± 1,50	10,64 ± 0,79
Acidul γ-aminobutiric	1,51 ± 0,11	2,43 ± 0,33*	3,62 ± 0,42**	4,49 ± 0,69**
Ornitina	4,18 ± 0,70	2,26 ± 1,03*	4,14 ± 0,55	3,94 ± 0,43
Lizina	18,48 ± 2,62	27,05 ± 3,62*	60,00 ± 5,45***	39,68 ± 3,46**
Histidina	4,06 ± 0,53	4,89 ± 1,82	11,44 ± 0,94***	6,20 ± 1,26*
Arginina	12,05 ± 3,37	8,58 ± 1,97	19,42 ± 1,63*	18,56 ± 2,17*

*Notă: *p≤0,05; **p≤0,01; ***p≤0,001 – diferențe semnificative dintre loturile II, III și IV comparativ cu lotul I (control)*

Datele prezentate în figura 3 arată că concentrația aminoacizilor liberi neesențiali în eritrocitele animalelor de laborator variază de la 187,76 ± 18,80 µmol/100 mg în grupa de control până la 330,11 ± 12,54 µmol/100 mg în grupa experimentală III, unde a fost semnificativ mai mare ($p \leq 0,01$). În grupele experimentale II și IV, concentrația aminoacizilor liberi esențiali a fost mai scăzută comparativ cu grupa de control (148,21 ± 33,84 și 185,75 ± 2,13 µmol/100 mg, respectiv), însă diferența nu a fost semnificativă, indicând că valorile se încadrează în marja de eroare a experimentului și nu depind de condițiile factorilor studiați.

Rațiile studiate cu structuri calorice diferite, au influențat conținutul de aminoacizi liberi esențiali în eritrocitele animalelor de laborator. Concentrația de aminoacizi esențiali în eritrocitele grupei experimen-

tale II a fost de 78,38 ± 12,61 µmol/100 mg, comparativ cu 85,99 ± 5,82 µmol/100 mg în grupa de control, însă diferența nu a fost semnificativă și a prezentat doar o tendință. Cea mai pronunțată influență asupra conținutului de aminoacizi esențiali a fost observată în grupele experimentale III și IV. În grupa experimentală IV, concentrația aminoacizilor esențiali a crescut la 119,38 ± 3,11 µmol/100 mg ($p \leq 0,001$), iar în grupa experimentală III a atins 163,05 ± 11,74 µmol/100 mg ($p \leq 0,001$), fiind semnificativ mai mare comparativ cu grupa de control.

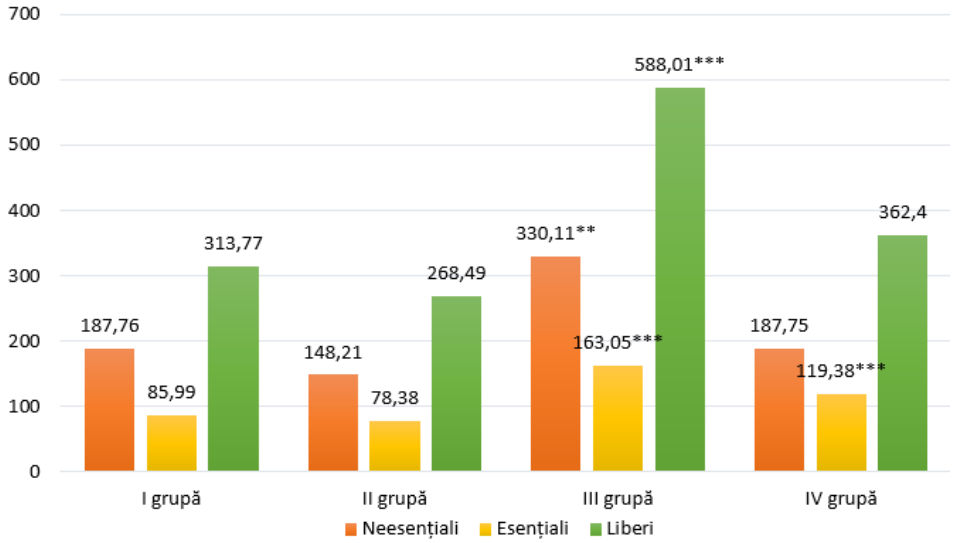


Figura 3. Concentrația aminoacizilor neesențiali, esențiali și liberi în eritrocitele animalelor experimentale cu hiperstresoreactivitate (µmol/100 mg)

*Notă: **p<0,01; ***p<0,001 – diferențe semnificative dintre loturile II, III și IV comparativ cu lotul I (control)*

Concentrația de aminoacizi liberi în eritrocite este, în general, mai ridicată decât în plasma sanguină și variază într-un interval mai larg. Acest fapt, conform multor cercetători, sugerează că eritrocitele reprezintă principala sursă de aminoacizi de depozit. Aceasta este deosebit de important, deoarece deficitul chiar și al unui singur aminoacid în molecula de hemoglobină poate conduce la modificări ale formei eritrocitelor și la tulburări ale funcțiilor acestora, cum ar fi schimbul de gaze sau apariția anemiei.

Rezultatele cercetărilor prezentate în figura 3 arată că cea mai mare concentrație de aminoacizi liberi a fost observată în eritrocitele grupei III (588,01 ± 17,96 µmol/100 mg, $p \leq 0,001$), care au fost întreținute cu rația alimentară corespunzătoare variantei a III-a de structură calorică (proteine – 12%, lipide – 27%, glucide – 61%). Concentrația de aminoacizi liberi în grupa III a fost semnificativ mai mare ($p \leq 0,01$ și $p \leq 0,001$) comparativ cu grupele I, II și IV, ceea ce sugerează că varianta a III-a de structură calorică a rației este optimă pentru tipul constituțional astenic.

Rațiile testate pentru tipul astenic de constituție au influențat, de asemenea, concentrația grupurilor funcționale de aminoacizi în eritrocitele din sângele animalelor hiperstresoreactive (figura 4). Concentrația aminoacizilor proteinogeni la animalele din grupele experimentale a variat într-un interval larg. În grupa experimentală II, nivelul aminoacizilor proteinogeni a fost de 226,59 ± 43,56 µmol/100 mg, comparativ cu 273,76 ± 17,68 µmol/100 mg în grupa de control ($p \leq 0,05$). Concentrația maximă a fost depistată în eritrocitele din sângele animalelor din grupa III, atingând 493,16 ± 19,55 µmol/100 mg, semnificativ mai mare ($p \leq 0,001$) decât în grupa de control I. În grupa IV, nivelul aminoacizilor proteinogeni a fost de 305,14 ± 4,48 µmol/100 mg, depășind de asemenea indicatorii grupei de control ($p \leq 0,05$).

În ciuda fluctuațiilor, toți indicatorii studiați au fost semnificativ mai mari în grupa III, animalele cărei a au fost alimentate cu rație cu structura calorică: 12% proteine, 27% lipide și 61% glucide. Aceste date sugerează că această variantă de rație este optimă pentru animalele hiperstresoreactive cu tipul astenic de constituție.

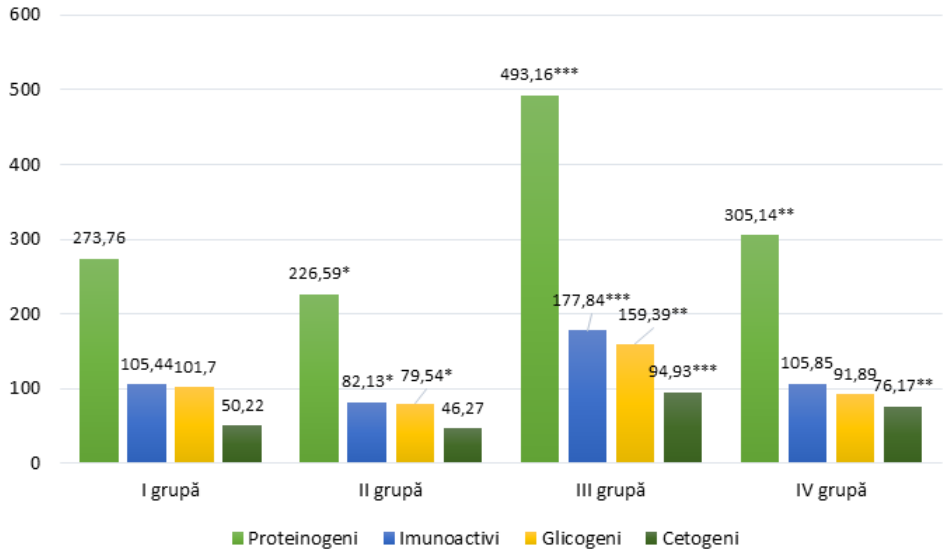


Figura 4. Concentraţia aminoacizilor liberi din diverse grupe funcţionale în eritrocitele animalelor experimentale cu hiperstresoreactivitate (µmol/100 mg)

*Notă: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001 – diferenţe semnificative dintre loturile II, III şi IV comparativ cu lotul I (control)*

Concentraţia aminoacizilor imunoactivi a scăzut în grupa experimentală II la 82,13 ± 15,76 µmol/100 mg ($p \leq 0,05$) comparativ cu grupa de control I (105,44 ± 6,65 µmol/100 mg). În grupa experimentală III, nivelul aminoacizilor imunoactivi a crescut semnificativ, atingând 177,84 ± 8,99 µmol/100 mg ($p \leq 0,001$), în timp ce în grupa IV a rămas aproximativ la nivelul grupei de control, cu 105,85 ± 7,15 µmol/100 mg (figura 4). Diferenţele identificate par să fie determinate mai mult de particularităţile individuale ale metabolismului animalelor, care au generat o variaţie mare a indicatorilor în grupa experimentală II, decât de raţia alimentară.

Nivelul aminoacizilor glicogeni în grupa experimentală II a scăzut la 79,54 ± 16,18 µmol/100 mg ($p \leq 0,05$) comparativ cu grupa de control I (101,70 ± 3,86 µmol/100 mg). O tendinţă similară a fost observată şi în grupa experimentală IV (91,89 ± 5,15 µmol/100 mg). Concentraţia maximă de aminoacizi glicogeni a fost în grupa experimentală III, atingând 159,39 ± 13,47 µmol/100 mg ($p \leq 0,01$), semnificativ mai mare decât în grupa de control (figura 4).

Metabolizarea aminoacizilor cetogeni a fost similară cu cea a grupelor funcţionale anterioare de aminoacizi. Acest lucru se datorează, evident, faptului că nu există încă o diferenţiere clară între ei şi că mulţi dintre ei pot participa la aceleaşi reacţii biochimice. În grupul experimental II, nivelul aminoacizilor cetogeni a scăzut la 46,27±6,84 µmol/100 mg, comparativ cu 50,22±3,87 µmol/100 mg în grupul de control I, însă diferenţa identificată a avut caracter de tendinţă, deoarece nu a fost semnificativă. O creştere semnificativă a aminoacizilor cetogeni a fost observată în grupul experimental III – 94,93±7,21 µmol/100 mg ($p \leq 0,001$) şi în grupul experimental IV – 76,17±3,98 µmol/100 mg ($p \leq 0,01$).

Astfel, în comparaţie cu grupa I de control toţi indicatorii studiaţi au fost semnificativ mai mari la animalele din grupul experimental III care au primit o dietă cu o structură calorică de 12,0% proteine, 27,0% lipide şi 61,0% carbohidraţi, ceea ce serveşte ca bază probatorie a optimităţii acestora pentru reprezentanţii tipului astenic testaţi pe animale cu hiperstresoreactivitate [9].

Concluzie

Structura conţinutului caloric al raţiei administrate celui de-al treilea grup de animale experimentale hiperstresoreactive, corespunzătoare tipului astenic de constituţie (proteine – 12 %, lipide – 27 %, glucide – 61 %), a asigurat o creştere maximă şi semnificativă ($p \leq 0,001$) a tuturor aminoacizilor liberi studiaţi. De asemenea, s-a observat o creştere a aminoacizilor activi din punct de vedere funcţional (imunoactivi, glicogenici, cetogenici şi proteinogeni) în serul sanguin şi în eritrocitele animalelor hiperstresoreactive, în comparaţie

cu grupul control și cu celelalte grupuri experimentale (II și IV) [5]. Această eficiență superioară a ratiei nr. 3 poate fi explicată prin proporția optimă de glucide și proteine, care furnizează energie și precursori metabolici necesari sintezei proteice și menținerii nivelurilor funcționale ale aminoacizilor, stimulând echilibrul între gluconeogeneză și căile cetogenice în condițiile unui metabolism hiperactiv indus de stres [2, 7, 12].

Bibliografie:

1. CALDER, PC, CARR, AC, GOMBART, AF, EGGERSDORFER, M. Optimal nutritional status for a well-functioning immune system is an important factor to protect against viral infections. In: *Nutrients.* 2020, 12(4), p. 1181. https://doi.org/10.3390/nu12041181
2. D'ANDREA, G. Classifying amino acids as gluco(glyco)genic, ketogenic, or both. In: *Biochemical Education*. Volume 28, Issue 1, 2000, pp. 27-28. https://doi.org/10.1016/S0307-4412(98)00271-4
3. HOLEČEK, M. Branched-chain amino acids in health and disease: metabolism, alterations in blood plasma, and as supplements. In: *Nutrition and Metabolism*. 2018, 15(33), pp. 1-12. https://doi.org/10.1186/s12986-018-0271-1
4. LI, P., YIN, Y., LI, D., KIM, S.W., WU, G. Amino acids and immune function. In: *Br J Nutr*. 2007, 98(2), pp. 237-252. doi: https://doi.org/10.1017/S000711450769936X
5. MÜLLER, W., SEITZ, H. *Amino acids: metabolism and role in nutrition.* 1984, Berlin: Springer.
6. 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. In: *J. Neurosci. Methods.* 1985. Vol. 14, p. 149-167.
7. SANVICTORES, T, CASALE, J, HUECKER, Mr. *Physiology, Fasting*. 2023. Sursă online (disponibil: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30521298/)
8. STRUTINSCHI, T., TIMOȘCO, M., ȘEPTIȚCHI, V. et al. *Sistemul de alimentație diferențiată în raport cu tipul constituției (Recomandări).* Chișinău: Tip. Bons Offices, 2019. 68 p. ISBN 978-9975-87-522-6.
9. WANG, J., ZHOU, C., ZHANG, Q. et al. Metabolomic profiling of amino acids reveals a distinct diagnostic model for diabetic kidney disease. In: *Amino Acids.* 2023, 55, pp. 1563-1572. https://doi.org/10.1007/s00726-023-03330-0
10. WOLFE, RR, KIM, I-Y, PARK, S, et al. Tracing metabolic flux to assess optimal dietary protein and amino acid consumption. In: *Experimental & Molecular Medicine*. 2022, 54, pp. 1323-1331. https://doi.org/10.1038/s12276-022-00817-w
11. WU, G. *Amino acids in nutrition and health. Amino acids in systems function and health*. Guoyao Wu, editor. Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland AG; 2020. 220 p. ISBN 9783030453275. ISBN 3030453278.
12. YOUNG, V. R., AJAMI, A. M. Amino acid metabolism in animals. In: *Journal of Nutrition.* 2001, 131(6), pp. 1649S–1658S.
13. ВЫСОЦКИЙ, В. Г. К оценке потребности человека в белке. В: *Вопросы питания*. 1978. №6. с. 8-17.
14. ГАРАЕВА, С. Н., РЕДКОЗУБОВА, Г. В., ПОСТОЛАТИ, Г. В. *Аминокислоты в живом организме.* Кишинев, 2009, 552 с.
15. ЛЕНИНДЖЕР, А. *Основы биохимии*. В 3 томах. М.,1985.
16. ЛЫСИКОВ, Ю. А. Аминокислоты в питании человека. В: *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. № 2, 2012, с. 88-105.
17. МАК-МЮРРЕЙ, У. *Обмен веществ у человека*. М., Мир, 1980, 302 С.

Date despre autori:

Tudor STRUTINSCHI, doctor habilitat în științe biologice, conferențiar cercetător, șef laborator, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova.
ORCID: 0000-0002-1034-5534
E-mail: nutrivit@yandex.ru

Anastasia BABILEVA, doctorandă, Universitatea de Stat din Moldova.
ORCID: 0000-0002-1126-172X
E-mail: anastasia.babileva@gmail.com

Lilia POLEACOVA, doctor în ştiințe biologice, secretar ştiințific, Institutul de Fiziologie şi Sanocreatologie al Universităţii de Stat din Moldova.
ORCID: 0000-0001-8212-096X
E-mail: poleacovalilia85@gmail.com

Svetlana GARAEVA, doctor în ştiințe biologice, cercetător ştiințific coordonator, Institutul de Fiziologie şi Sanocreatologie al Universităţii de Stat din Moldova.
ORCID: 0000-0002-9257-5818
E-mail: garaeva.47@mail.ru

Galina POSTOLATI, cercetător ştiințific, Institutul de Fiziologie şi Sanocreatologie al Universităţii de Stat din Moldova.
ORCID: 0000-0001-8634-4856
E-mail: galinapostolati@mail.ru

Prezentat: 23.01.2026
Recenzat: 19.03.2026
Acceptat spre publicare: 20.05.2026