

Instytut Biologii UMCS
Zakład Biologii Komórki

Wacław WASILEWSKI, Ewa ORŁOWSKA

**Zmiany wartości wskaźników morfotycznych krwi obwodowej chomika
złocistego pod wpływem głodu i powtórnego karmienia**

Изменение величин морфотических показателей периферийной крови хомячка
золотистого под влиянием голодания и повторного кормления

Variations of the Morphotic Index Values in the Peripheral Blood of the Golden
Hamster Caused by Starvation and Realimentation

Wpływ głodu na objętość i skład krwi obwodowej był przedmiotem licznych badań. W warunkach długotrwałego niedoboru pokarmu, a szczególnie niedoboru białka, obserwowano niekiedy wzrost objętości osocza na jednostkę ciężaru ciała i jednoczesne powolne zmniejszanie się masy czerwonych krwinek i koncentracji hemoglobiny (6, 14). Natomiast w wyniku całkowitego pozbawienia pokarmu obserwowano najczęściej szybkie zmniejszanie się objętości osocza i jednocześnie znacznie wolniej zmniejszającą się objętość masy czerwonych krwinek (15, 21). Powodowało to wzrost wartości hematokrytowej i stężenia hemoglobiny w jednostce objętości krwi (1, 7, 11, 19, 21, 25).

Wiadomo jednak z publikacji Kutschera, Stillmana i Weissa (16), Kutschera (17) oraz Wrighta (30), że powszechnie używane do tego typu doświadczeń zwierzęta, takie jak: szczur, świnka morska oraz niektóre rasy myszy wyraźnie zmniejszają ilość wypijanej wody w czasie głodu. Natomiast inne gatunki gryzoni, u których jednak nie badano zmian składu krwi w czasie głodu, takie jak: *Meriones unguiculatus*, *Dipodomys merriami*, *Dipodomys spectabilis* oraz chomik złocisty w podobnych warunkach wypijają nadmierne ilości wody. Można oczekiwać, że nadmiar pobranej wody w okresie głodu będzie u tych gatunków gryzoni przeciwdziałał odwodnieniu organizmu, jednocześnie będzie zmniej-

szał ucieczkę wody z osocza, co powinno znaleźć odzwierciedlenie w składzie krwi. W celu sprawdzenia takiej hipotezy podjęto badania nad wpływem pozbawienia pokarmu na różne wskaźniki krwi obwodowej chomika złocistego.

MATERIAŁ I METODA

Do badań użyto 149 chomików złocistych (*Mesocricetus auratus* Waterh. 1839) pochodzących z hodowli Zakładu Biologii Komórki UMCS. Pożywieniem badanych zwierząt były płatki owsiane, wafle pszenne, marchew lub zielone części roślin, porcja mleka oraz woda. W okresie zimowym podawano chomikom również kiełkującą pszenicę. Zwierzęta otrzymywały pokarm raz dziennie w nadmiarze o godz. 9.00 przed południem. Temperatura pomieszczenia hodowlanego wynosiła 18—21°C. W czasie zimy pomieszczenie to było podłączone do centralnego ogrzewania. Oświetlenie pomieszczenia hodowlanego było naturalne — dzienne, a więc okres fazy świetlnej zmieniał się w zależności od pory roku. Badania przeprowadzono w miesiącach letnich (V—VIII) i jesiennych (IX—XI) oraz nieliczną grupę zwierząt zbadano w miesiącach zimowych (I—II). Doświadczenia wykonywano na chomikach dwumiesięcznych, a więc zwierzętach, które znajdują się już w fazie tylko powolnego wzrostu organizmu (9) oraz mają ustabilizowane wartości parametrów hematologicznych (29). Ponieważ wskaźniki krwi młodych samców i samic chomików złocistych nie wykazywały wyraźnych różnic płciowych, dlatego analizowano je we wspólnych grupach.

Z każdego miotu jedno losowo wybrane zwierzę stanowiło kontrolę. Pozostałym chomikom danego miotu odebrano pokarm na okres 1—6 dni, podając im tylko wodę *ad libitum*. Pod koniec 7 doby głodzenia o godz. 8 przed południem część zwierząt otrzymała powtórnie normalne pożywienie. W kolejnych dniach głodzenia i powtórnego karmienia brano z każdego miotu po 1 osobniku do badań hematologicznych. W rezultacie uzyskano grupę kontrolną składającą się z 22 chomików normalnie karmionych, po 10—11 osobników w kolejnych dniach głodzenia i w czasie powtórnego karmienia aż do 4 doby oraz 14 osobników 10 dni powtórnego karmionych. Sekcję zwierząt doświadczalnych wykonywano zawsze o godz. 11 przed południem. Krew do badań pobierano z otwartej komory serca podczas narkozy eterowej.

Czerwone krwinki liczone na powierzchni 0,4 mm², a białe — na powierzchni 10 mm² komory Bürkera. Wartość hematokrytową oznaczano przy użyciu heparynizowanych kapilar po odwirowaniu na wirówce mikrohematokrytowej przez 4 min. przy 12 tys. obr./min. Hemoglobinę oznaczano metodą cyjanową na spektrofotometrze. Według opisanej w literaturze metody (5) wyliczono: objętość erytrocytów ze stosunku wartości hematokrytowej do liczby czerwonych krwinek, ciężar hemoglobiny w krwince ze stosunku poziomu hemoglobiny w krwi do liczby czerwonych krwinek oraz średnie procentowe stężenie hemoglobiny w krwince ze stosunku poziomu hemoglobiny w krwi do wartości hematokrytowej. Częstość występowania w krwi obwodowej młodych polichromatofilnych erytrocytów określano na podstawie analizy 10 tys. erytrocytów w rozmazach krwi każdego osobnika. Procentowy skład białych krwinek wyliczono na podstawie analizy 200 komórek. Analizę statystyczną przeprowadzono przy pomocy testu *t* Studenta dla zmiennych nie połączonych.

WYNIKI

1. Porównanie sezonowych wartości parametrów krwi

Analiza badanego materiału z uwzględnieniem pory roku pozwoliła zaobserwować, że głód w okresie jesiennym powodował w krwi chomików złocistych wyraźniejszy niż w miesiącach letnich wzrost liczby erytrocytów na 1 mm^3 krwi, wartości hematokrytowej i koncentracji hemoglobiny (tab. 1). Jednakże, być może, z powodu niewystarczającej liczby obserwacji statystyczna istotność tych różnic nie została potwierdzona. W czasie powtórnego karmienia uprzednio głodzonych chomików sezonowe różnice zanikły.

Ponieważ w różnych porach roku opisane w metodzie pełne cykle doświadczeń prowadzone były w sposób podobny, łączenie uzyskanych wartości parametrów hematologicznych zwierząt doświadczalnych z całego roku nie prowadziło do istotnych błędów, a jednocześnie pozwalało na operowanie bardziej reprezentatywnymi grupami zwierząt. Dlatego też bardziej szczegółową analizę wskaźników hematologicznych przeprowadzono bez uwzględniania pory roku.

2. Erytrocyty

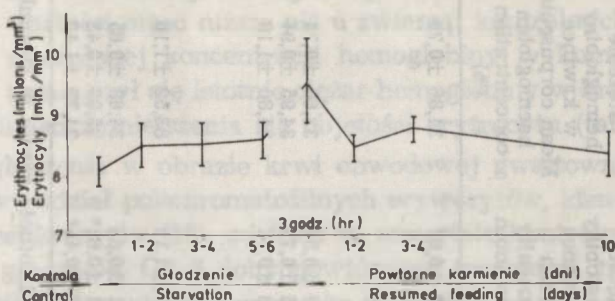
Podczas 6-dniowego głodzenia jak również w okresie kilku dni po podaniu pokarmu uprzednio głodzonym chomikom złocistym, obserwowano podwyższoną liczbę erytrocytów w 1 mm^3 krwi obwodowej przeciętnie o ok. 6% w stosunku do wartości stwierdzonych u zwierząt kontrolnych (tab. 2, ryc. 1).

Analogicznie do wzrostu liczby czerwonych krwinek stwierdzono u zwierząt głodzonych podwyższone wartości hematokrytowe (tab. 2, ryc. 2) przy nie zmienionej objętości erytrocytu (tab. 2). W czasie ponownego podawania pokarmu uprzednio głodzonym chomikom obserwowano zmniejszenie się objętości czerwonej krwinki (tab. 2) i równoległe zmniejszanie się wartości hematokrytowej (tab. 2, ryc. 2). W wyniku tego po 10 dniach powtórnego karmienia zwierząt objętość czerwonej krwinki i wartość hematokrytowa były istotnie niższe niż u zwierząt kontrolnych.

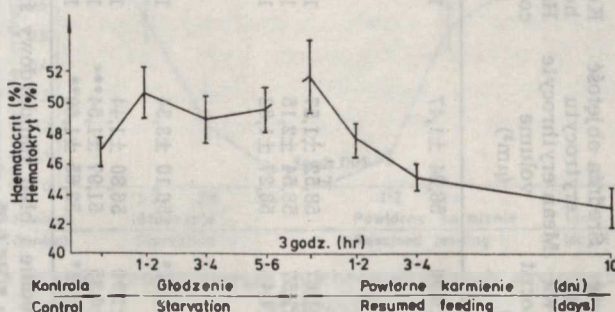
Koncentracja hemoglobiny w krwi obwodowej chomika złocistego w okresie 6-dniowego głodzenia, uległa podwyższeniu w stosunku do wartości kontrolnych, średnio o ok. 5% (tab. 2, ryc. 3), przy nie zmienionym w stosunku do kontroli ciężarze hemoglobiny w komórce (tab. 2) i nie zmienionym stężeniu hemoglobiny w krwince (tab. 2). Powtórne podawanie pokarmu uprzednio głodzonym chomikom spowodowało stopniowe

Tab. 1. Średnie wartości wskaźników krwi u zwierząt kontrolnych, głodzonych i powtórnie karmionych
 Mean values of blood indices in various year's seasons in control animals, starved and realimentated

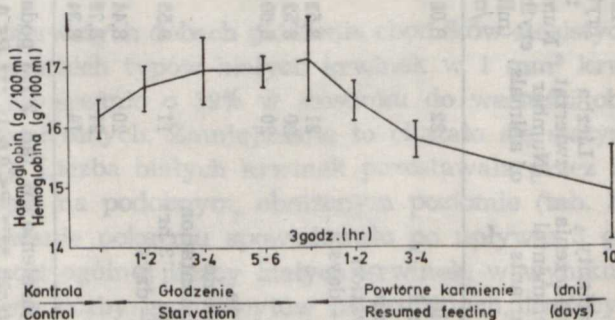
Warianty doświadczalnego karmienia	Miesiące	Liczba zwierząt	Erythrocytes	Wartość hematokrytu	Srednia objętość erythrocytu	Koncentracja hemoglobiny	Ciężar hemoglobiny	Stężenie hemoglobiny	Leukocyty
Experimental variants	Months	Number of animals	(millions/mm ³)	Haematocrit (%)	Mean erythrocyte volume (μm ³)	Haemoglobin concentration (g/100 ml)	Mean corpuscular haemoglobin (μg)	Mean corpuscular haemoglobin concentration (%)	(thousands/mm ³)
Kontrola	V-VIII	10	8,112	48,05	58,49	16,85	20,83	35,53	6,958
	IX-XI	8	8,194	46,33	57,99	15,48	19,52	33,71	5,377
Głodzenie	I-II	2	7,625	44,36	58,16	15,81	21,00	36,12	6,570
	V-VIII	29	8,373	48,90	58,72	16,94	20,41	35,00	4,237
Starwaczenie	IX-XI	21	8,822	50,54	56,84	16,88	19,73	34,29	3,691
	I-II	10	8,421	49,83	61,33	16,56	20,37	38,30	2,491
Powtórne karmienie	V-VIII	5	8,952	48,60	55,06	16,56	18,97	34,63	6,730
	IX-XI	4	10,411	54,56	56,08	17,17	17,57	31,75	4,600
Realimentacja	I-II	2	9,332	54,13	58,73	18,59	20,06	34,31	3,300
	V-VIII	20	8,508	45,02	53,44	15,64	18,68	34,89	5,735
Karmienie	IX-XI	18	8,596	47,57	55,92	16,53	19,44	34,83	6,092
	I-II	3	9,343	46,69	50,67	16,35	17,71	35,03	3,035
Powtórne karmienie	V-VIII	8	8,415	44,63	53,66	14,48	17,15	32,20	5,590
	IX-XI	6	8,234	41,62	51,29	15,48	18,76	37,32	7,848



Ryc. 1. Wpływ głodzenia i powtórnego karmienia na koncentrację erytrocytów w krwi obwodowej (linie pionowe na ryc. 1—6 oznaczają błąd standardowy średniej)
Influence of starvation and realimentation on the concentration of erythrocytes in the peripheral blood (vertical lines in Figs. 1—6 indicate standard error of the means)



Ryc. 2. Zmiany wartości hematokrytowej w krwi obwodowej
Variations of the haematocrit values in the peripheral blood



Ryc. 3. Zmiany koncentracji hemoglobiny w krwi obwodowej
Variations of the haemoglobin concentration values in the peripheral blood

Tab. 2. Wpływ głodu i powtórnego podawania pokarmu na niektóre parametry erytrocytów krwi obwodowej
Effect of starvation and realimentation on some parameters of erythrocytes in the peripheral blood

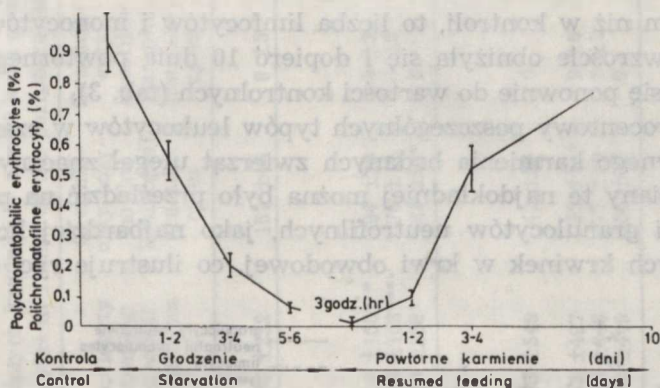
Warianty doświadczenia Experimental variants	Liczba zwierząt Number of animals	Liczba erytrocy- tów Number of erythrocyte (millions/ /mm ³)	Wartość hemato- krytowa Haematocrit (%)	Srednia objętość erytrocytu Mean erythrocyte volume (μm^3)	Koncentracja hemoglobiny Haemoglobin concentration (g/100 ml)	Ciężar hemoglobiny w krwince Mean corpuseular haemoglobin (pg)	Stężenie hemoglobiny w krwince Mean corpuseular haemoglobin concentration (%)
Kontrola Control	22	8,08 ± 0,25	46,84 ± 0,96	58,24 ± 1,47	16,15 ± 0,34	20,32 ± 0,67	34,86 ± 0,79
Głodzenie Starvation							
dni -- days							
1-2	21	8,52 ± 0,35	50,60 ± 1,67	58,52 ± 1,57	16,66 ± 0,38	19,97 ± 0,59	33,68 ± 0,74
3-4	20	8,52 ± 0,36	48,88 ± 1,57	58,54 ± 2,15	16,97 ± 0,53	20,36 ± 0,79	34,95 ± 0,94
5-6	20	8,60 ± 0,31	49,50 ± 1,48	58,27 ± 1,82	16,94 ± 0,29	20,13 ± 0,72	34,80 ± 1,18
Powtórne karmienie Realimentation							
3 godz. -- 3 hrs							
dni -- days							
1-2	11	9,55 ± 0,71*	51,77 ± 2,57*	56,10 ± 3,54	17,15 ± 0,69	18,67 ± 1,12	33,52 ± 1,16
3-4	20	8,44 ± 0,24	47,54 ± 1,10	56,80 ± 1,44	16,42 ± 0,34	19,71 ± 0,63	34,68 ± 0,65
5-6	21	8,76 ± 0,22*	45,04 ± 0,85	51,97 ± 1,54***	15,76 ± 0,33	18,21 ± 0,61*	35,06 ± 0,43
10	14	8,34 ± 0,36	43,34 ± 1,33*	52,65 ± 1,69**	14,91 ± 0,78	17,84 ± 0,45*	34,39 ± 1,49

Objaśnienia: W tab. 2 i 3 podano wartości średnie i błąd standardowy średniej. Statystyczna istotność różnic w stosunku do kontroli: **** P<0,001; *** P<0,01; ** P<0,02; * P<0,05.

Explanation: In Tables 2 and 3 mean values and standard error of the mean are given. Statistical significance of differences in relation to control: **** P<0,001; *** P<0,01; ** P<0,02; * P<0,05.

zmniejszanie się koncentracji hemoglobiny w krwi obwodowej, osiągające po 10 dniach wartości nieco niższe niż u zwierząt kontrolnych (tab. 2, ryc. 3), przy nie zmienionej koncentracji hemoglobiny w komórce (tab. 2). Jednocześnie zmniejszył się istotnie ciężar hemoglobiny w krwince (tab. 2), co było wynikiem zmniejszenia się objętości erythrocytu (tab. 2).

Podczas głodzenia w obrazie krwi obwodowej gwałtownie zmniejszył się procentowy udział polichromatofilnych erythrocytów, identyfikowanych często jako retikulocyty (26), od 0,9% w materiale kontrolnym do 0,06% po 6 dniach głodzenia. Od 3 doby powtórnego karmienia zwierząt liczba polichromatofilnych erythrocytów szybko wzrastała, osiągając 10 dnia wartości bliskie kontrolnym (ryc. 4).

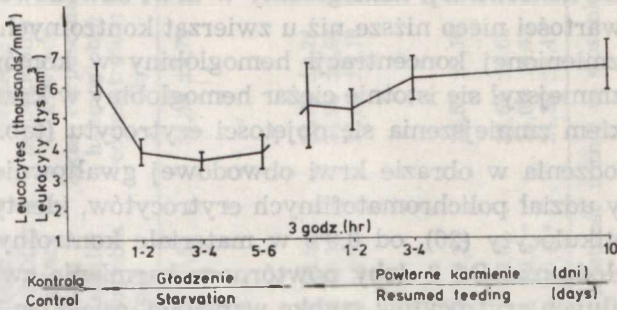


Ryc. 4. Zmiany udziału procentowego polichromatofilnych erythrocytów w krwi obwodowej

Variations of the per cent values of polychromatophilic erythrocytes in the peripheral blood

3. Leukocyty

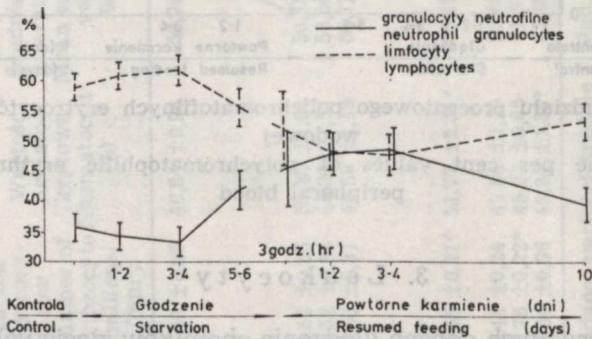
Już po 2 pierwszych dobach głodzenia chomików złocistych, bezwzględna liczba wszystkich typów białych krwinek w 1 mm^3 krwi obwodowej zmniejszyła się średnio o 39% w stosunku do wartości obserwowanych u zwierząt kontrolnych. Zmniejszenie to okazało się statystycznie istotne ($P < 0,001$). Liczba białych krwinek pozostawała przez cały 6-dniowy okres głodzenia na podobnym, obniżonym poziomie (tab. 3, ryc. 5). Powtórne podawanie pokarmu spowodowało po upływie 3 godz. ponowny wyraźny wzrost ogólnej liczby białych krwinek, w wyniku gwałtownego zwiększenia się liczby granulocytów neutrofilnych, limfocytów oraz monocytów. Podczas gdy liczba granulocytów neutrofilnych u chomików powtórnie karmionych utrzymywała się do końca doświadczeń na pozio-



Ryc. 5. Zmiany liczby białych krwinek w krwi obwodowej
Variations of the number of leukocytes in the peripheral blood

nie wyższym niż w kontroli, to liczba limfocytów i monocytów po krótkotrwałym wzroście obniżyła się i dopiero 10 dnia powtórnego karmienia zbliżyła się ponownie do wartości kontrolnych (tab. 3).

Udział procentowy poszczególnych typów leukocytów w czasie głodzenia i powtórnego karmienia badanych zwierząt ulegał znacznym przesunięciom. Zmiany te najdokładniej można było prześledzić na przykładzie limfocytów i granulocytów neutrofilnych, jako najbardziej licznych populacji białych krwinek w krwi obwodowej, co ilustruje ryc. 6.



Ryc. 6. Zmiany procentowego udziału granulocytów neutrofilnych i limfocytów w krwi obwodowej
Variations of the per cent values of neutrophil granulocytes and lymphocytes in the peripheral blood

4. Ciężar ciała

Ubytki ciężaru ciała chomików złocistych w wyniku 6-dniowego głodzenia wynosiły 29,6%. Po 10 dniach powtórnego karmienia ciężary ciała uprzednio głodzonych zwierząt wyraźnie wzrosły, lecz były jeszcze niższe niż przed głodzeniem o 6,7%.

Tab. 3. Całkowita liczba białych krwinek w 1 mm³ krwi obwodowej
Total number of leukocytes in 1 mm³ of the peripheral blood

Warianty doświadczalne Experimental variants	Liczba zwierząt Number of animals	Liczba leukocytów Number of leukocytes	Granulocyty neutrofilne Neutrophil granulocytes	Granulocyty eozynofilne Eosinophil granulocytes	Granulocyty bazofilne Basophil granulocytes	Limfocyty Lymphocytes	Monocyty Monocytes
Kontrola Control	20	6287 ± 510	2166 ± 232	157 ± 43	8 ± 5	3747 ± 332	209 ± 27
Głodzenie Starvation dni -- days							
1-2	20	3629 ± 396****	1310 ± 150****	94 ± 18	3 ± 2	2329 ± 257***	93 ± 19***
3-4	20	3565 ± 313****	1132 ± 103****	76 ± 18	5 ± 2	2255 ± 260***	97 ± 15****
5-6	20	3870 ± 536****	1536 ± 238*	61 ± 21*	0	2202 ± 337***	71 ± 15****
Powtórne karmienie Realimentation 3 godz. -- 3 hrs dni -- days							
1-2	11	5332 ± 1403	2208 ± 549	42 ± 25	0	2955 ± 858	127 ± 40
3-4	20	5173 ± 694	2583 ± 497	55 ± 14*	9 ± 6	2424 ± 335***	102 ± 18***
10	21	6190 ± 727	3305 ± 648	77 ± 19	6 ± 3	2634 ± 231***	168 ± 32
	14	6558 ± 858	2618 ± 449	300 ± 86	0	3428 ± 110	212 ± 57

Objaśnienia patrz tab. 2 — For explanation see Table 2.

DYSKUSJA

Około 6% zwiększenie się liczby erytrocytów w jednostce objętości krwi obwodowej oraz podobny wzrost wartości hematokrytowej i koncentracji hemoglobiny w warunkach pozbawienia pokarmu chomika złocistego jest zjawiskiem analogicznym, jakkolwiek 2-, 3-krotnie mniej wyraźnie zaznaczonym niż to stwierdzano w czasie ostrego głodu u szczura (25), myszy (7) czy człowieka (27). Jednakże zestawienie badanego materiału w układzie sezonowym (tab. 1) ujawnia, że wzrost wartości wymienionych parametrów krwi u głodzonych chomików występował głównie w okresie jesiennym. Być może, jest to następstwem mniejszej zdolności układu wydalniczego do regulowania ilości płynów ciała w warunkach pozbawienia pokarmu w tej porze roku.

Gwałtowne zmniejszanie się w krwi obwodowej chomika złocistego młodych, polichromatofilnych erytrocytów w okresie pozbawienia pokarmu miało przebieg podobny jak zmniejszenie się liczby retikulocytów w czasie ostrego głodu w krwi szczura (25). Wskazuje to na zahamowanie procesów erytropoetycznych szpiku. Do przyjęcia takiego wniosku upoważniają wstępne własne obserwacje zmniejszania się udziału procentowego komórek szeregu erytropoetycznego w szpiku chomików głodzonych oraz podobne spostrzeżenia u głodzonych myszy (3) bądź też zahamowanie inkorporacji żelaza u szczurów trzymanyh na diecie bezbiałkowej (24).

Zahamowanie erytropoezy w czasie głodu prowadzi nieuchronnie do zmniejszenia się masy czerwonych krwinek w następstwie fizjologicznego starzenia się i rozpadu pewnej liczby tych komórek, co wykazano doświadczalnie w krwi szczura po diecie niskobiałkowej (18) lub bezbiałkowej (13), oraz po ostrym głodzie u owcy (28) czy u człowieka (15). Utrzymywanie się więc lekko podwyższonej koncentracji czerwonych krwinek w krwi obwodowej głodzonych chomików, mimo prawdopodobnego zmniejszenia się ich masy w wyniku 6-dniowego pozbawienia pokarmu, da się wytłumaczyć dużym zmniejszeniem objętości osocza.

Zaobserwowany po 3 godz. powtórnego karmienia chomików złocistych przejściowy wzrost koncentracji czerwonych krwinek był prawdopodobnie następstwem ucieczki wody z osocza w związku z pobraniem pokarmu.

Pojawienie się od 3 doby powtórnego karmienia zwierząt licznej populacji młodych, polichromatofilnych erytrocytów w krwi obwodowej chomika złocistego wskazuje na regenerację zniszczonego w czasie głodu układu erytropoetycznego szpiku. Odpowiada to czasowo pojawieniu się licznych retikulocytów w krwi szczura po uprzedniej bezbiałkowej diecie (24).

Dalszym następstwem uprzedniego głodu było pojawienie się w krwi obwodowej populacji erytrocytów o zmniejszonej objętości, prawdopodobnie jako następstwo wcześniejszego niedoboru składników pokarmowych w szpiku. W wyniku tego przy nie zmienionej liczbie erytrocytów w jednostce objętości krwi nastąpiło zmniejszenie wartości hematokrytowej, a przy nie zmienionym stężeniu hemoglobiny w krwince obserwowano zmniejszenie ciężaru hemoglobiny w erytrocycie.

Jak wynika z przeglądu literatury, zachowanie się liczby leukocytów w warunkach pozbawienia pokarmu nie jest jednoznaczne. A s c h k e n a s y (4) dochodzi do wniosku, że głód powoduje zmniejszenie się liczby leukocytów w krwi obwodowej ludzi, o ile tego nie zakłóca zjawiska chorobowe. Natomiast P a l m b l a d (20) nie obserwuje zmian liczby białych krwinek u zdrowych, głodzonych ludzi. Przeciwnie u szczura, S z u l z i M ü l l e r (25) w podobnych warunkach stwierdzili nawet kilkukrotne zmniejszenie się liczby białych krwinek. Natomiast u chomika złocistego obserwowane przez nas zmniejszenie się liczby leukocytów o 39%, jakkolwiek statystycznie istotne, nie różni się rzędem wielkości od fizjologicznych, dobowych wahań liczby tych komórek u innych ssaków, jak np. u królika (10). Uwzględniając fakt, że w 3 godz. po podaniu pokarmu chomikom uprzednio głodzonym pojawiła się w dużych naczyniach krwionośnych znacznie podwyższona liczba limfocytów i granulocytów neutrofilnych, wydaje się mało prawdopodobne, by tak szybki wzrost liczby tych komórek nastąpił w wyniku uwolnienia rezerwy szpikowej, tym bardziej że nie zwiększył się wyraźnie procentowy udział pałeczkowatych form granulocytów. Bardziej prawdopodobne jest, że w warunkach głodu część leukocytów zostaje zatrzymana w obszarach kapilar, nie uczestnicząc w krążeniu. Zjawisko to wykazuje pewną analogię do sytuacji stressowych obserwowanych u chomika europejskiego po obudzeniu go ze snu zimowego czy podczas ogólnego podniecenia zwierzęcia (23) bądź u myszy po wycięciu nadnercza czy po wstrzyknięciu epinefryny (8).

Wczesne zwiększenie się i utrzymanie się wyższej niż w kontroli liczby granulocytów neutrofilnych w pierwszych dniach powtórnego karmienia chomików złocistych oraz znacznie późniejszy wzrost liczby limfocytów i monocytów (tab. 3) wykazuje znaczne podobieństwo do zmian stosunków liczbowych tych komórek w przebiegu infekcyjnych stanów zapalnych u ludzi (2). Zjawisko to może być związane z mobilizacją obronnej funkcji białych krwinek. Jednakże w świetle współczesnych badań nad rytmem biologicznymi (12, 22) nie można wykluczyć, że zmiany liczby białych krwinek w krążeniu w okresie powtórnego karmienia uprzednio głodzonych chomików złocistych mogą być następstwem zaburzeń rytmiki dobowej aktywności wydzielniczej gruczołów dokrewnych.

Reasumując należy podkreślić, że pozbawienie pokarmu powoduje w krwi obwodowej chomika złocistego stosunkowo małe przesunięcia wartości badanych wskaźników czerwonekrwinkowych i białokrwinkowych. Pewne zmiany, będące następstwem głodu, utrzymują się jednak w okresie wielu dni powtórnego karmienia zwierząt.

PISMIENICTWO

1. Aarseth P., Klug D.: Dehydration-Induced Reductions in Total Blood Volume and in Pulmonary Blood Volume in Rats. *Acta physiol. scand.* **85**, 277—282 (1972).
2. Aleksandrowicz J., Lisiewicz J.: *Hematologia chorób zakaźnych*. PZWL, Warszawa 1975.
3. Antonijević M., Dragić M., Hajduković S.: The Effect of Starvation and Realimentation on the Phagocytic Capability of Bone Marrow Reticular Cells in the Rat. *Jugosl. physiol. et pharmacol. Acta* **7**, 393—399 (1971).
4. Aschkenasy A.: *Proteins and Haematopoiesis*. [w:] Bourne G. H.: *World Review of Nutrition and Dietetics*. Vol. 2. Pitman Med. Publ., London 1960.
5. Barański S., Czernicki P., Krzemińska-Ławkowicz I., Krzymowski T., Ławkowicz W.: *Układ krwiotwórczy zwierząt laboratoryjnych*. PWN, Warszawa 1962.
6. Benditt E. P., Straube R. L., Humphreys E. M.: The Determination of Total Circulating Serum Proteins and Erythrocyte Volumes in Normal and Protein Depleted Rats. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* **62**, 189—192 (1946).
7. Brodeur J., Lalonde S., Leroux J.: Influence of Starvation on Absorption, Distribution and Action of Barbital in Mice and Rats. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* **52**, 1192—1200 (1974).
8. Dougherty T. F., Frank J. A.: The Quantitative and Qualitative Responses of Blood Lymphocytes to Stress Stimuli. *Journ. Lab. Clin. Med.* **42**, 530—537 (1953).
9. Fanghänel J., Schumacher G. H., Timm D., Wolff E., Trzcza A.: Zum postnatalen Wachstum des syrischen Goldhamsters (*Mesocricetus auratus* Waterhouse). I. Körpergewichte und Längenwachstum. *Gegenbaurs morph. Jahrb.* **120**, 254—263 (1974).
10. Fox R. R., Laird C. W.: Diurnal Variations in Rabbits: Hematological Parameters. *Amer. Journ. Physiol.* **218**, 1609—1612 (1970).
11. Heard C. R. C., Frangi S. M., Wright P. M., McCartney P. R.: Biochemical Characteristics of Different Forms of Protein-Energy Malnutrition: an Experimental Model Using Young Rats. *Brit. Journ. Nutr.* **37**, 1—21 (1977).
12. Inoue K., Takahashi K., Takahashi Y.: Influence of Change in Feeding Regime and Food Deprivation on Circadian Rhythm of Adrenal Cortical Activity in Rats. *Folia endocrinol. jap.* **52**, 898—907 (1976).
13. Ito K., Reissmann K. R.: Quantitative and Qualitative Aspects of Steady State Erythropoiesis Induced in Protein-Starved Rats by Long-Term Erythropoietin Injection. *Blood Journ. Hemat.* **27**, 343—351 (1966).
14. Keys A., Brozek J., Henschel A., Mickelsen O., Taylor H. L.: *The Biology of Human Starvation*. Vol. I. Univ. of Minnesota Press, Minneapolis 1950.

15. Krzywicki H. J., Consolazio C. F., Matoush L. O., Johnson H. L.: Metabolic Aspects of Acute Starvation. *Amer. Journ. Clin. Nutr.* **21**, 87—97 (1968).
16. Kutscher C. L., Stillman R. D., Weiss I. P.: Food-Restriction Polydipsia in Hamsters. *Psychon. Science* **11**, 243—244 (1968).
17. Kutscher C. L.: Species Differences in the Interaction of Feeding and Drinking. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **157**, 539—552 (1969).
18. Lasher E. P., Simmons B. S., Everett N. B.: Effects of Semistarvation on the Distribution of Erythrocytes and Plasma in Organs and Tissues of the Rat. *Journ. Nutrition* **65**, 317—326 (1958).
19. Mourek J.: Influence of Age and Starvation on pO_2 , pCO_2 and Haematocrit Values in the Rat. *Physiol. Bohemoslov.* **25**, 245—250 (1976).
20. Palmblad J.: Fasting (Acute Energy Deprivation) in Man: Effect on Polymorphonuclear Granulocyte Functions, Plasma Iron and Serum Transferrin. *Scand. Journ. Haematol.* **17**, 217—226 (1976).
21. Pereira M. D., Sicher N., Lang S.: Blood Volume, Serum Protein, and Haematocrit Changes in Abnormal Nutritional States. *Arch. Surg.* **77**, 191—195 (1958).
22. Philippens K. M. H., Mayersbach H., Scheving L. E.: Effects of the Scheduling of Meal-Feeding at Different Phases of the Circadian System in Rats. *Journ. Nutrition* **107**, 176—193 (1977).
23. Raths P.: Untersuchungen über die Blutzusammensetzung und ihre Beziehungen zur vegetativen Tonuslage beim Hamster (*Cricetus cricetus* L.). *Zeitschr. Biol.* **106**, 109—123 (1953).
24. Reissmann K. R.: Protein Metabolism and Erythropoiesis. I. The Anemia of Protein Deprivation. *Blood Journ. Hematol.* **23**, 137—145 (1964).
25. Schulz J., Müller H.: Haemogram of Normal and Starved Rats. *Nature* **196**, 178 (1962).
26. Stobbe H.: *Hämatologischer Atlas*. Akademie-Verlag, Berlin 1959.
27. Taylor H. L., Henschel A., Mickelsen O., Keys A.: Some Effects of Acute Starvation with Hard Work on Body Weight, Body Fluids and Metabolism. *Journ. Appl. Physiol.* **6**, 613—623 (1954).
28. Wade L., Sasser L. B.: Effects of Acute Starvation on Iron Clearance Rate and Body Fluid Volumes in Sheep. *Journ. Appl. Physiol.* **29**, 64—66 (1970).
29. Wasilewski W., Orłowska E.: Peripheral Blood Formation in the Golden Hamster (*Mesocricetus auratus* Waterh., 1839) in the First Months of Postnatal Life. *Zool. Poloniae* **26**, 455—473 (1977).
30. Wright J. W.: Effect of Hunger on the Drinking Behaviour of Rodents Adapted for Mesic and Xeric Environments. *Anim. Behav.* **24**, 300—304 (1976).

РЕЗЮМЕ

Исследования проводились на 61 золотистом хомячке, подвергнутом голоданию от 1 до 6 дней, на 66 хомячках после предварительного 7-дневного голодания, после которого животные получали корму *ad libitum* от 3 часов до 10 дней и 22 контрольных хомячка. Во время шестидневного голодания в периферической крови золотистого хомячка наблюдался 6% рост количества эритроцитов в единице объема крови, сходный рост величины гематокрита и концентрации гемоглобина. Рост величины этих параметров явился более отчетливым

в группе животных, исследованных в осенние месяцы. Кроме того, во время голодания наблюдали отсутствие притока в кровь молодых, полихроматофильных эритроцитов и уменьшение на 39% количества лейкоцитов. Во время повторного кормления предварительно подвергнутых голоданию хомячков наблюдали уменьшение величины эритроцитов и пропорциональное ему уменьшение величины гематокрита, концентрации гемоглобина и повторное появление многочисленных полихроматофильных эритроцитов, быстрый рост числа нейтрофильных гранулоцитов, а затем и лимфоцитов.

Авторы предполагают, что изменение числа эритроцитов, величины гематокрита и концентрации гемоглобина во время голодания обусловлено уменьшением объема плазмы, в место того уменьшение величины эритроцитов было следствием дефицита питательных веществ во время голодания. Рост числа нейтрофильных гранулоцитов (свыше контрольных величин) во время повторного кормления, возможно было следствием защитной реакции организма или же следствием нарушения суточного ритма.

SUMMARY

Examinations were carried out on 61 golden hamsters, starved for 1—6 days, 66 hamsters starved for about 7 days and, next, fed for 3 hrs to 10 days, and on 22 control hamsters. The observations, during starvation period of 6 days, showed the following variations in the peripheral blood of the hamsters: a 6% increase of erythrocytes in one blood volume unit, a similar increase in the haematocrit and haemoglobin concentration values. A higher increase of the above parameters was observed in the experimental animals examined in the autumn months. During starvation period no supply of young polychromatophilic erythrocytes, and a 39% decrease in the number of leukocytes, was observed. During realimentation period of the hamsters, the observations showed a decrease in the erythrocyte volume and a parallel decrease in the haematocrit and a haemoglobin concentration values, a repeated occurrence of numerous polychromatophilic granulocytes and, next, lymphocytes.

According to the authors, variations in the erythrocyte number, haematocrit and haemoglobin concentration values during starvation, depended on a decreased content of the plasma, whereas a decreased number of erythrocytes was probably due to a deficit of nutrient components during starvation period. The increase in the number of neutrophil granulocytes, higher than that found in control animals during realimentation period, was possibly a defensive reaction of the organism or a result of disturbances in the 24-hour rhythm.