振動・寒冷・光等に暴露された白鼠の代謝および 心理的行動に及ぼす蛋白質の影響 (第2報)

Influence of Protein Quality upon Metabolism and Psychological Behavior of White Rats Exposed to Vibration, Cold and Light (Report 2)

陸上幕僚幹部 (Ground Staff Office)

中 島 欽 一 (Kinichi Nakajima)

Influence of protein quality—protein score 95, 85, 75—upon metabolism and psychological behavior of white rats exposed to vibration and cold was observed for 10 weeks.

Total calories consumed per day was strictly kept to a same amount for all groups in this experiment, though the feeds had been consumed as rats had liked in the previous report.

Each stress of cold and vibration retarded the growth rate of the rats, moreover influence of the cold revealed much heavier than that of the vibration, specially in the feed of the low protein score.

This retardation of growth rate against the vibration was fairly protected by feeding the protein of high score.

The stabilimeters with which the activity of rats was measured, showed that both the feed of high protein score and the exposure to vibration kept the animal more active than the contrast cases.

I はしがき ¹⁾ 第1報の実験により動物性蛋白の含量の高い飼料で飼育した場合摂取量が多ければ白鼠に対する振動などの影響を相当緩和し得ることを知つたが、これまでの実験ではいずれも振動群が対照群に比し飼料の摂取量が少ない傾向を示し、また植物蛋白飼料群は「カゼイン」などを含む動物蛋白飼料群に比し白鼠の嗜好的な関係からか多量に摂取するので、両群間の差を見る場合量的な面の要素を考慮しなければならない問題が生じた。そこで本実験においては投与飼料の量を一律 (制限食) として給餌することとした。またこれまでの冬季間実験の場合寒冷負荷も加わりこの影響も併せ明確にする必要があるので今回は特に寒冷群をもうけることとした。

飼料については本実験においても前回に引続き蛋白の質を重点に考え蛋白価に3段階を設けた。制限食に対し比較のため各群共自由食群を設けたかつたが実験の都合上蛋白価85群のみ自由摂取群を置いた。また臓器の機能、心理的影響などを更に一層詳しく観察し、鼠の行動量についても計器により測定し飼料および負荷の影響を比較することとした。

II 実験方法 寒さへの抵抗力を考慮し生後約55日たつた同腹の白鼠 (含のみ) 55匹を使用し、これを蛋白価 (以後P.S. と略記する) 95制限飼料群15匹, P.S. 85制限飼料群15匹, P.S. 75制限飼料群15匹, P.S. 85自由摂取群10匹に分け各群に対照, 振動, 寒冷の3群を設けた。P.S. 85自由摂取群は、実験の都合上寒冷群を省略した。各群は初め栄養研究所動物飼育室 (20°C ± 1°) に入れ標準基礎飼料で1週間飼育した後実験に移

第 1 表 (その 1) 動物実験各飼料配合組成表

品目	群別	標準群	蛋白価95群	蛋白価85群	蛋白価75群
デキストリン		5%	55.8%	56.0%	41.9%
カゼイン		8	20.7	24.7	8.1
乾燥卵白粉		—	6.5	2.3	—
脱脂大豆粕		—	—	—	33.0
大豆油		9.7	9.7	9.7	9.7
肝油		0.3	0.3	0.3	0.3
塩類		4.0	4.0	4.0	4.0
薬用酵母		3.0	3.0	3.0	3.0
蛋白質質		16%	22%	22%	22%
100 g 当り熱量		422Cal	422Cal	422Cal	422Cal

塩類配合組成表

塩 類 名	重量割合
塩化アンモニウム	458 g
沈降炭酸カルシウム	637
硫酸マグネシウム	545
沃化カリウム	15
拘櫟酸鉄アンモニウム	118
磷酸ナトリウム	347
磷酸 2 水素カリウム	1,331

第 1 表 (その 2) 飼料中窒素 1 g 当り必須アミノ酸組成表

種 類		P. S.	イソロイシン	ロイシン	リジン	含硫アミノ酸	フェニルアラニン	スレオニン	トリプトファン	バリン
理 想 蛋 白		100	270	306	270	270	180	180	90	270
カゼイン乾燥卵白粉	77% 23	} 95	402	611	468	257	347	273	86	457
カゼイン乾燥卵白粉	92 8		} 85	402	490	487	230	339	272	85
カゼイン脱脂大豆粕	30 70	} 75		354	527	426	202	317	255	86

し対照群のみ飼育室に放置した。振動群は振動負荷時飼育室より出し負荷を終った後再び動物室へ戻した。寒冷群は実験開始後 5 週間迄は室温に置いたが外気温が上昇し始め室温の最低が 10℃ 以上になったので 6 週間目より栄養研究所の寒冷室を使用することとした。この場合温度は「コントロール」がむずかしいため 1～8℃ の範囲にあつた。この条件のため寒冷群では「ストレス」の影響が強く現れた。「ストレス」として負荷した振動は前回よりも強くし左右動 1 分間 100～125 回とした。この振動回数では鼠は体を籠に固定できず飼育籠にしつかりとつかまつていた。

給餌は毎朝行ない給餌量は初期寒冷群の平均体重の 9 % とし次第に制限の度を強化したが寒冷群が完全に摂取するにもかかわらず対照、振動群特に P. S. 95, P. S. 85 群は餌を残す傾向が現れたため、実験中途より飼料を最も多量に残す振動群に基準を置くこととし当該群の体重の 5～6 % に制限した。その結果対照、振動群の一部および寒冷群に対しては強い制限を加える結果となつた。この場合各群とも飼料は完全に摂取し、ことに P. S. 75 群および寒冷群では飼料投与後 5 分にして食い尽す程であつた。使用した各群の飼料および塩類配合組成は第 1 表 (その 1, その 2) の通りである。この場合第 1 報における P. S. 85 群と同じく P. S. 95 群には卵白、牛乳「カゼイン」を使用し、また P. S. 75 群は牛乳「カゼイン」を一部加え脱脂大豆粕をもつて所定の蛋白価を持つ飼料を調製した。

尿、糞、肝臓窒素の定量、肝臓粗脂肪の定量、血液性状測定、腹部後壁脂肪、大動脈の重量、「コレステロール」²⁾含量、尿中「クレアチニン」量、肝臓および血清中の「コレステロール」³⁾含量などについては前報と同様の実験分析を行なつた。その他肝臓酵素については田所の第 3 報³⁾において Xanthin Oxidase の活性力を比色法により測定したが今回は検圧法⁴⁾により測定した。

また「ストレス」と栄養の関係が骨の発育に影響が有るのではないかと考え右大腿骨を取りこれを僅かに湯

第 2 表 群別窒素出納表

群 別		窒 素			排 泄 窒 素			窒 素	
		摂取 g	摂取窒素 g	1g 増加に要 した窒素量 g	尿 g	糞 g	計 g	利用率 %	平衡 g
蛋飼 白料 餌 95群 (制限)	対 照 群	963	33.0	0.277	17.4	5.78	23.2	82.5	+9.81
	振 動 群	959	32.8	0.339	19.6	5.22	24.8	84.1	+8.05
	寒 冷 群	1020	35.0	0.603	28.0	6.33	34.4	81.9	+0.60
蛋飼 白料 餌 85群 (制限)	対 照 群	990	33.9	0.263	16.9	5.26	22.2	84.5	+11.77
	振 動 群	968	32.9	0.358	19.6	5.53	25.1	83.2	+7.74
	寒 冷 群	1018	35.0	0.592	28.6	5.50	34.1	84.3	+0.89
蛋飼 白料 餌 75群 (制限)	対 照 群	1026	35.1	0.306	18.6	8.32	26.9	76.3	+8.23
	振 動 群	1002	34.3	0.359	16.1	9.05	25.2	73.6	+9.08
	寒 冷 群	1013	34.7	1.175	22.4	8.65	31.1	75.1	+3.63
蛋飼 白料 餌 85群 (自由)	対 照 群	997	34.1	0.271	9.6	5.16	14.8	84.8	+19.28
	振 動 群	1041	35.7	0.301	18.1	5.21	23.3	85.4	+12.42

浴上で煎た後肉を取除き「デシケーター」中に乾燥後重量および長さを測定して見た。

心理実験として前報で迷路を利用して潜時の値を測定したが今回は行動量を測定する計器により鼠が一定時⁵⁾間に動いた量を「カウント」数で測定することとした。これは白鼠を1日約20~24時間この計器の容器内に入れ水および餌を与えながら、鼠が動くとき前後左右に籠がかたむきその都度「カウント」を記録する方法であつて行動量の一測定法である。

Ⅲ 実験結果および考察 昭和34年2月6日より4月8日に至る10週間上記実験方法により前報同様に飼育

試験を行ない、体重の増減、飼料の摂取状況、排泄窒素を定量し窒素出納を調べた結果は第2表および第1図の通りであり、体重の変化は第2図の通りである。10週間の飼育後解剖し各臓器の分析を行なつたがその結果は第3表の通りである。

1) 飼料の摂取量と体重増加について：飼料を制限する場合何を基準としどれだけ制限すればよいかと言う問題があるが、初めより制限を強くすると振動、寒冷など「ストレス」が負荷されているため死亡のおそれがあつたのと寒冷群では1,2日の予備試験で体重の11%位を完全に残さず摂取するので、本実験においてはまず寒冷群の体重の平均を取りその9%を全体一律に投与することとし後に次第に制限度を強くした。特に体重増加のいちじるしい P.S. 95, 85群の対照群においては、第7週の如きは寒冷群に対し6.6%の制限度の場合5.7~5.8%となる結果を示した。しかるに

第 2 図 成長曲線図

P. S. 75群は各群とも全然残さず投与した飼料を摂取したのに反し, P. S. 95, 85群にあつては対照, 振動群に常に残すものが認められ制限が一部個体に止るので制限開始5週半より振動群の平均体重を基準にして制限量を決め他の基準とした。

したがつてその後の摂取量はほぼ同一となつた。またこの場合制限度合は第9週目において振動群の平均体重に対し5.9%の時対照群では5.2~5.5%であつた。寒冷群は摂取量では最も多いが体重増加は最も悪く特にP. S. 75群は悪い。P. S. 95, 85群では蛋白質による体重の増加差は見られなかつた。対照群ではP. S. 75群が摂取量多いにもかかわらず他の2群に比し悪い結果を示し, 振動群ではP. S. 85群が摂取量の影響によるためか僅かにおちた。P. S. 85飼料で自由摂取群を設けたが自由摂取対照群の摂取量は初め制限食対照群よりはるかに低くそのため自由摂取対照群は制限食対照群より悪い成長を示したが, 自由摂取振動群では制限食振動群に比し摂取量が多かつたため, 制限食群の対照群に比較してもおとらぬ程の成長を示した。即ち前報でものべた如く組成の良い高蛋白飼料を多くとることにより振動の影響は相当防げることを知つた。これに反し「カロリー」消費の多い寒冷群では寒冷「ストレス」負荷が大きな影響を与えたがこれは蛋白の問題ばかりではなく糖質, 脂質量とも関係があるので別の研究を必要としよう。

体重1g増加に要した窒素量を見ても振動群は対照群より多く, また途中で飼料制限を強化した場合, P. S. 75群ではその影響が他群に比し大きく現れた。

2) 窒素出納について: 窒素出納ではP. S. 75群が植物性蛋白を含むため前報同様糞中窒素が多く尿中窒素は飼料による差は少なく寒冷群が他の群に比し多くの窒素を排泄し窒素平衡は「0」に近づいている。利用率ではP. S. 95, 85群が75群より良好である。寒冷群が尿中窒素が多いのは体蛋白の異化が充進するためと思われる。またP. S. 95, 85の振動群について制限, 自由両群とも僅かではあるが尿中窒素が対照に比し多くな

群 別		体 重						肝 臓					
		初 g	終 g	最高時 g	増加量 g	平均1日増 加量 g	増加率 %	生重量 g	対体重 %	水分 %	蛋白質 %	粗脂肪 %	コレステ ロール mg/%
蛋 白 限 飼 95料	対照群	146	266	266	119	1.70	0.82	10.28	3.86	69.31	19.8	4.26	385
	振動群	146	244	244	97	1.28	0.66	10.21	4.19	68.83	19.7	3.33	260
	寒冷群	146	204	214	58	0.83	0.40	7.10	3.47	70.15	22.1	2.87	266
蛋 白 限 飼 85料	対照群	146	275	276	129	1.84	0.88	10.18	3.69	68.50	20.5	3.67	336
	振動群	146	238	239	91	1.31	0.63	9.65	4.05	67.99	19.5	3.40	294
	寒冷群	145	204	219	59	0.84	0.41	7.06	3.45	69.62	22.8	2.69	287
蛋 白 限 飼 75料	対照群	145	260	261	115	1.64	0.79	9.79	3.75	69.25	20.8	3.14	281
	振動群	146	242	244	95	1.36	0.65	8.63	3.56	70.02	21.2	3.63	327
	寒冷群	147	177	202	29	0.42	0.20	6.34	3.56	70.20	23.4	2.69	264
蛋 白 自 由 飼 85料	対照群	146	272	272	125	1.79	0.86	10.49	3.85	69.03	20.2	3.93	320
	振動群	146	264	264	118	1.69	0.81	10.30	3.89	68.76	20.1	3.50	289

っている。

3) 肝臓機能について：10週間飼育後の重量，蛋白，粗脂肪，水分，コレステロール含量を測定し，各群3～4例について Xanthin Oxidase 活性力の測定を行なった。肝臓重量では飼料別には大した差を認められなかったが P.S. 95, 85の動物蛋白飼料群で振動群が体重に対して多い値を示した。これは田所の第3報³⁾，前報などと同じ傾向である。水分含量では P.S. 75群が他に比し幾分多く，また寒冷群が他の群に比し多いに反し，振動群は対照群に比し幾らか少ない結果となつている。蛋白質含量は寒冷群最も多く，対照，振動群では差を認めない。飼料による差では P.S. 75群が他に比し多い。肝臓脂肪は P.S. 95群最も多く P.S. 75群は少ない。寒冷群はいずれの飼料群でも最も少なく，振動群は対照群に比し少ない。

以上を見るに「カロリー」消費としては後にものべる如くまず腹部脂肪，肝臓脂肪などが消耗し，次に蛋白質に及ぶが如く考えられる。肝臓「コレステロール」含量は大きな変化はないが対照群が他に比し多く，寒冷群が僅かに少ない。Xanthin Oxidase 活性力については全数の実験を行なえず一部の平均値であるが対照群が多い値を示している。臓器酵素については今後とも「ストレス」の影響を研究して行く必要がある。

4) 血液性状について：全血比重では各群いちじらしい差を認めないが対照群に比し振動群が僅かに低い値を示した。血清蛋白濃度では対照群，振動群，寒冷群の順に低くなりまた前報同様 P.S. 75群は全般的に P.S. 95, 85群に比較して低い。血清「コレステロール」値は前報同様 P.S. 95, 85群が P.S. 75群に比し高く，振動，寒冷群では寒冷群が対照群に対し高い値を示している。制限食群と自由食群では飼料の摂取量にもよるのか全血比重，血清蛋白濃度では大した差を認めないが「コレステロール」値で対照群間に大きな差を生じている。

5) その他：腹部後壁脂肪は先にものべた如く肝臓脂肪と同じ傾向にあり対照群最も多く沈着し，次に振動群が多く寒冷群は少ない。この傾向は各 P.S. 飼料いずれにも現れている。中でも P.S. 75群の寒冷群は特に

能 比 較 表

X. O activity μl/hr/g	血 液			腹部後壁脂肪		大 動 脈		(右)大腿骨		尿中クレアチニン量 mg/100g/日		行動量 カウント No/hr
	全血 比重	血清蛋 白濃度	血清コレ ステロー ルmg/dl	重量 g	対体重 %	重量 mg/100g	コレステ ロール mg/g	重量 g/100g	長さ mm/ 100g	9 週目	10週目	
57.6	1.056	5.38	75.2	10.16	3.78	30.7	4.32	0.143	12.0	1.22	0.28	32.0
48.9	1.056	5.10	71.2	7.04	2.88	36.8	4.44	0.154	13.2	0.77	0.14	38.8
46.6	1.055	4.72	74.4	5.88	2.77	36.0	3.50	0.181	15.4	2.03	1.14	10.5
50.5	1.055	4.88	65.4	8.70	3.14	27.1	2.70	0.153	12.0	1.19	0.60	21.2
49.7	1.054	4.92	77.6	6.80	2.88	32.6	3.96	0.160	13.5	1.29	0.44	27.8
53.1	1.056	4.86	84.8	5.18	2.43	40.4	3.81	0.187	15.3	1.68	1.97	16.6
51.0	1.053	4.76	64.0	8.46	3.26	28.8	3.94	0.150	12.3	0.88	0.82	15.4
46.0	1.057	4.82	70.6	7.56	3.11	34.1	3.63	0.160	13.1	0.27	0.26	26.9
54.9	1.056	4.72	78.2	2.74	1.51	44.7	3.74	0.189	17.0	1.78	1.08	11.4
54.7	1.055	4.98	91.8	9.66	3.55	31.1	3.04	0.160	12.0	0.33	0.59	25.5
50.9	1.053	4.92	71.2	7.84	2.92	29.5	2.89	0.153	12.4	0.38	0.10	—

少ない。振動寒冷群が少ないのは第1報にのべた如く「カロリー」源としての消耗によるものと思われる。

P.S. 95群と P.S. 85群では P.S. 95群の方が全般的に沈着の量が多い。自由摂取群と制限食群では僅かに自由摂取群が多い。大動脈重量は前報同様制限食群においては対照群に比し振動群が多い。寒冷群は更に高い値を示している。大動脈の「コレステロール」値は P.S. 95, 85群の制限食では振動群が高く出ている。全般的な傾向では動物蛋白群が僅かに多い傾向が認められる。

今回骨格の一部右大腿骨について測定したが、体重比で見ると制限飼料の場合振動群はいずれも対照群より重く、また寒冷群は振動群より重い。P.S. 75群は P.S. 95, 85群に比して僅かに大きい。また長さにおいても重量と同じ傾向を示している。自由摂取群ではこれが見られなかった。

尿中「クレアチニン」含量については振動群は対照群より僅かに少ないが寒冷群は対照、振動群よりはるかに多い。これは摂取蛋白とともに筋肉蛋白の「ストレス」への影響を示すものと思われる。各飼料による差は今回は明らかに現れなかった。9週目と10週目の尿について測定を行なったのであるがほぼ同じ傾向を示している。

6) 心理「テスト」について：今回の実験では迷路走行の実験よりも明確な数をつかみ得た。白鼠の一定時間(1時間値)における動きの数字では P.S. 95群最も多く次に P.S. 85群となり、P.S. 75群は動きが最も少ない。また各群では振動群が最も多く次に対照群が多い。これは前報において振動群の潜時が他に比し短くまた動物蛋白飼料群が植物蛋白飼料群より短かかったことと関連が有るとと思われる。即ち振動により不安定な状態に置かれている白鼠が早く安定な状態にもどろうとする欲求の現れで動物の本態によるものであろうが、この本態の現れ方が強く早いのであろうと考えられる。唯本実験では1個体1回の測定しか行なえなかったのが今後更に実験を進める必要があると思う。

IV 要約 1) 前報の実験では自由摂取のため「ストレス」負荷や白鼠の嗜好などにより摂取量が異なり、

22 振動・寒冷・光等に暴露された白鼠の代謝および心理的行動に及ぼす蛋白質の影響(第2報)第22巻
その影響の判定が困難となつたので、今回は摂取量を一定とする制限食実験を行なつた。飼料は前報同様蛋白質の質を重点に考え蛋白含量22%における白鼠の成長および臓器の機能を比較研究した。心理実験では白鼠の行動量について測定を行なつた。

2) 蛋白価の高い飼料は低価の飼料より良好な成長を示し、振動と寒冷の「ストレス」負荷では寒冷の方が一層強い影響を示し、殊に質の良くない飼料の場合更に大きな影響を現した。また同一摂取量では「ストレス」により成長の度合に大きな差を生じた。

3) 良質の蛋白を含む飼料を多くとることにより振動の「ストレス」の影響を相当緩和できた。

4) 臓器機能における「ストレス」負荷の影響は前報同様特に植物蛋白飼料群に大きく現れた。

5) 白鼠の行動量については、動物蛋白飼料群が高く活発な動きを示すとともに振動群が他群に比し動きが多かつた。

6) 寒冷「ストレス」を負荷した場合自由摂取であれば「カロリー」が不足することがないと思われるのでその影響は軽かつたが今回は制限食下における比較であるから従来より一層強い寒冷の影響が現れた。

文 献

1) 中島：栄養学雑誌，22，10 (1964)

2) Roy G. H. : *proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, Vol. 94 (1957) 22992

3) 田所：栄養学雑誌，21，171 (1963)

4) 八木：フラビンの生化学

5) Byrona Campell : *Design and reliability of a new activity-recording device*.

(受付：昭和38年10月30日)

抄 録

ネズミの栄養と長生きの関係 V. 離乳時体重と成熟時体重および疾病に対する抵抗性 Nutrition and longevity in the rat V. Weaning weight, adult size, and onset of disease. Benjamin N. Berg, Henry S. Simms, Arthur V. Everitt : *J. Nutrition*, 80, 255 (1963)

白ネズミに生後28日の離乳時から、市販ビタミンD欠乏飼料を ad libitum に与えて500~900日飼育し、この間における成長の様子、最高体重および数種の疾病に対する影響が離乳時の体重の違いによつてどう変るか観察している。その結果、最高体重は離乳時の体重が重い程大きかつたが、脛骨の長さは影響されなかつた。慢性糸球体腎炎性、動脈周囲炎、骨格筋変性、心筋変腫瘍にかかつた割合も、離乳時体重の差によつて影響を受けないようである。(見目)

糖質の種類と蛋白摂取量、カロリー摂取量、発育、肝脂肪との関係 Influence of Various Carbohydrates on the Utilization of Low Protein Rations by the White Rat V. Relationships Among Protein Intake, Calorie Intake, Growth and, Liver Fat Content. R. P. Weener, M. Yoshida and A. E. Harper : *J. Nutrition*, 80, 278 (1963)

糖質源として Sucrose (S)又は Dextrin (D)を与えたときの発育、N-平衡、肝脂含量等を比較したが、低蛋白、低脂肪でD群はS群よりも蛋白摂取多く、発育良い。N-平衡とN-消化吸収率は両群間に差はないが、D群の糞中 metabolic NはS群のそれよりも多かつた。体全部を分析するとN含量はS群もD群も差はみられないが、S群では水分多く脂肪少なかつた。また肝の脂肪含量はS群の方がD群よりも多かつた。(松野)