蛋白質摂取量とアミノ酸の特異動的作用

Amount of Protein Intake and Specific Dynamic Action of Amino Acid.

(昭和 36 年 1 月 23 日 受 理)

六 島 博 郎
(Hiroh Rokushima)

The specific dynamic action of amino acid was investigated with the rabbit under various protein supplies.

1. Changes in the protein supply did not affect the basal metabolic level.
2. In high protein diet, the specific dynamic action of glycine or of the hydrated product of protein appears most significantly high, while in low protein diet these are much low, being nearly half of the former cases

緒 言

蛋白質或はアミノ酸の示す特異動的作用

(S. D. A.) は古く Rubner が初めて指摘して以来多数の研究が報告されたが^{1) 2)} S. D. A. 発見の有無はアミノ酸の種類により差異を示し、その発現の状況もまた実験条件の如何に左右される事は馬淵教授等の成績^{1) 2) 3)} のみに徴しても疑う余地がない。

その発現機序に関しては諸説紛々としてまだ一元的な解明は得られていない。従ってその生理学的意義に関してもまた明確でない。

生体に投与されたアミノ酸が主として分解に或は体蛋白質合成に或はアミノ酸から誘導される他の物質の合成に関与する傾向の強度の相異、換言すればその反応方向の如何が、総合的結果として S. D. A. の発現に差異を表わすのではなからうかとも考えられる。

私は斯の如き疑問を解決すべく、蛋白質含有量の異なる混合飼料で飼育した家兎に、単一アミノ酸及びカゼインの水解物を投与したときの S. D. A. 発現の消長を対象として本研究を企てた。

実 験 方 法

a) 実験動物

体重 2.1~2.5 kg の成熟雄性家兎を用いた。実験に先立ち 2~3 週間実験食餌を以て飼育した後、実験に供した。

b) 混合飼料

下記の如き組成を有する高、中、並びに低蛋白質の 3 種の混合飼料を作成して用いた。

c) 実験に供したアミノ酸

単一アミノ酸としては、S. D. A. の大きいグリシンを体重 kg 当り 4g を投与した。

カゼインの硫酸加水分解産物を予めその窒素量を測定し、(Kjeldahl 法に従う)、グリシン投与の場合と同一の窒素量を含有するようにして、各々を約 20cc の水に溶解し、胃ゾンデをもって経口的に投与した。

d) ガス代謝測定法

総て馬淵³⁾吹沢⁴⁾の法に従って行った。即ち Knipping の呼吸装置(市川製)に鉄製動物恒温槽を連結し、更に

i) 高 蛋 白 食

	重 量	カ ロ リ ー	内 蛋 白 カ ロ リ ー	蛋 白 カ ロ リ ー 総カ ロ リ ー
	gm	Cal.	Cal.	
カゼイン	4	14.8	14.8	
オカラ	85	約 60	約 16	
白菜	40	約 5	約 2	
		約 80	約 33	41/100

ii) 中 蛋 白 食

	重 量	カ ロ リ ー	内 蛋 白 カ ロ リ ー	蛋 白 カ ロ リ ー 総カ ロ リ ー
	gm	Cal.	Cal.	
オカラ	105	約 75	約 20	
白菜	40	5	2	
		約 80	約 22	28/100

iii) 低 蛋 白 食

	重 量	カ ロ リ ー	内 蛋 白 カ ロ リ ー	蛋 白 カ ロ リ ー 総カ ロ リ ー
	gm	Cal.	Cal.	
サツマ芋	65	約 75	約 4	
白菜	40	約 5	約 2	
		約 80	約 6	8/100

CO₂ ガス吸収用硝子製 Williams 瓶を変形せるものを
 連接して、所謂閉鎖式ガス代謝法を採用した。

ガス代謝測定は法に従い、実験24時間前に授乳を絶った
 家兎について行った。

毎回1時間の基礎代謝を測定した後、グリシンを経口
 投与して6時間に亘って、1時間毎にガス代謝測定を行
 った。

実験中室温は20~23°Cに保つようにして、Spirome-
 ter 内の酸素容量の激変を避ける事に努めた。酸素消費
 量は Knipping 呼吸装置の Spirometer に充たせる酸
 素減少量より算出した。

CO₂ 排泄量は Winkler 氏変法⁶⁾ に準じて定量した。
 ガス容量は 0°C, 760 mm Hg に換算して、体表面積
 1m²/1hr 当りで表示した。

S. D. A. は基礎代謝に対する O₂ の増加率を以て示し
 た。

体表面積は Mee の式⁷⁾ $A(\text{cm}^2) = C^3 \sqrt{W^2(\text{gm})}$, $C =$
 10.68 に従い算出した。

実験成績

各群3匹の家兎を配し、各匹3回の観測を行ったが、
 通覧に便ならしめるため各群の平均値のみを示す事とし
 た。

A, 基礎代謝値(1~6表)を通覧するに酸素消費量に
 於て 650~590 cc/m²/hr,

炭酸ガス排泄量に於て 580~520 cc/m²/hr,

R. Q. 0.92~0.86 である。

O₂ 消費量, CO₂ 排泄量共に低蛋白質食群が高, 中蛋白
 質食群に比してやや低く, 摂取蛋白質量の多少が基礎代
 謝の上に若干の影響を招くが如きも, その動揺範囲はO₂
 量に於て10%: CO₂ 量に於て11%を示し, 正常動揺範囲
 の域と見做して大過なく, R. Q. の変動に於ても, 生理
 的に有意性は認め難き程度である。

要之, 日常食餌中の蛋白質含有量の多寡は基礎代謝に
 影響を示さない。

グリシン投与の S. D. A. 及びガス代謝

第 1 表

食 飼 群	ガス代謝及び S. D. A. 体表面積 1 m ² /1 hr につき	投与前 1 hr 値	投 与 後						6 hr 平均値
			1 h.	2 h.	3 h.	4 h.	5 h.	6 h.	
高 蛋 白 質 食 群	O ₂ 消費量(cc)	630	800	810	840	860	890	890	850
	S. D. A.=基礎代謝に対する増 加率(%)	—	27	29	33	37	41	41	35
	CO ₂ 排出量(cc)	580	830	790	790	830	—	860	820
	基礎代謝に対する増加率(%)	—	43	36	36	43	—	48	41
	R. Q.	0.92	1.04	0.98	0.94	0.97	—	0.96	—

第 2 表

中 蛋 白 質 食 群	O ₂ 消費量(cc)	620	770	760	780	800	830	850	800
	S. D. A. (%)	—	24	23	26	29	34	37	29
	CO ₂ 排出量(cc)	560	740	710	730	730	—	770	740
	基礎代謝に対する増加率(%)	—	32	27	30	30	—	38	32
	R. Q.	0.90	0.96	0.93	0.94	0.91	—	0.91	—

第 3 表

低 蛋 白 質 食 群	O ₂ 消費量(cc)	590	660	650	660	680	700	690	670
	S. D. A. (%)	—	12	10	12	15	19	17	14
	CO ₂ 排出量(cc)	510	600	560	580	590	—	600	590
	基礎代謝に対する増加率(%)	—	18	10	14	16	—	18	16
	R. Q.	0.86	0.91	0.86	0.88	0.87	—	0.87	—

B 特異動的作用 (S. D. A)

(1) グリシン投与

$$S. D. A = \frac{\text{アミノ酸投与後の消費O}_2\text{量}}{\text{基礎代謝 (O}_2\text{量)}} \times 100$$

で示す事とした。

表 (1~3 表) を通覧するに各食餌群何れもグリシン投与後試験期 6 時間を通じて S. D. A. の発現を見る事は共通であるが、その S. D. A. の強度及び逐時的経過には著明な相異が認められる。

グリシン投与 1 時間後に見る。

S. D. A. は各蛋白質食群、それぞれ相異り、高、中、低蛋白質食群はそれぞれ 27 % ; 24 % ; 12 % を示し、低蛋白質食群は最少にして辛うじて発現せる程度である。反之、高蛋白質食群は 27 % , 中蛋白質食群は 24 % を示して略等しく、著明である。その後逐時的に両食群何れも、S. D. A. の増大を示しているが、高蛋白質食群に於てその程度強く、中蛋白質食群はやや低位であるが 6 時間に於て前者は平均 41 % , 後者は 37 % を示して尚正常に復帰していない。

低蛋白質食群に於ては初期 3 時間は甚僅少、その後漸く増大を示すも尚高蛋白質食群の 1/2 に達せない程度で、甚だ小さい。6 時間を通じての S. D. A. を平均すれば、高蛋白質食群は 35 % , 中蛋白質食群は 29 % , 低蛋白質食群は 14 % にして、甚だしく前二者に比して殆んど S. D. A. を呈せないと見解しても大過はないであろう。

要之、アミノ酸投与後 S. D. A. の発現する事実は既に Rubner 以来周知の事実であり何等異とするに足らないが、上掲の成績の如く食餌中の蛋白質含有量の如何により、グリシン投与後の S. D. A. 発現状態は相違し蛋白質の僅少の場合は S. D. A. は甚低位であり、比較的多量を含む場合には甚大である事は興味少しとせない。

(2) カゼイン水解物投与

4~6 表を通覧してカゼイン水解物投与により、S. D. A. は試験期時間を通じて発現を持続して正常値に帰復せず、6 時間を通じて平均高蛋白質食群 37 % , 中蛋白質食群 32 % , 低蛋白質食群 19 % の順に小さくなり、後者の

カゼイン加水分解物投与の S. D. A. 及びガス代謝

第 4 表

食餌群	ガス代謝及び S. D. A. 体表面積 1 m ² /1 hr につき	投与前 1 hr 値	投 与 後						6 h. 平均値
			1 h.	2 h.	3 h.	4 h.	5 h.	6 h.	
高蛋白質食群	O ₂ 消費量 (cc)	650	890	900	930	900	860	840	890
	S. D. A. = 基礎代謝に対する増加率 (%)	—	37	38	43	38	32	29	37
	CO ₂ 排出量 (cc)	580	820	790	790	740	—	710	770
	基礎代謝に対する増加率 (%)	—	41	36	36	28	—	22	33
	R. Q.	0.89	0.92	0.88	0.85	0.82	—	0.85	—

第 5 表

中蛋白質食群	O ₂ 消費量 (cc)	630	820	850	880	800	800	810	830
	S. D. A. (%)	—	30	35	40	27	27	29	32
	CO ₂ 排出量 (cc)	560	700	710	750	710	—	720	720
	基礎代謝に対する増加率 (%)	—	25	27	34	27	—	29	29
	R. Q.	0.89	0.85	0.84	0.85	0.89	—	0.89	—

第 6 表

低蛋白質食群	O ₂ 消費量 (cc)	590	680	690	690	700	730	720	700
	S. D. A. (%)	—	15	17	17	19	24	22	19
	CO ₂ 排出量 (cc)	520	610	580	590	580	—	590	590
	基礎代謝に対する増加率 (%)	—	17	12	13	12	—	13	13
	R. Q.	0.88	0.90	0.84	0.86	0.83	—	0.82	—

S. D. A. は前二者の $\frac{1}{2}$ に匹敵し、この関係はカゼイン投与1時間後の S. D. A. に於てもまた同じく認め得られる。

要之、カゼイン水解物即ちアミノ酸混合物投与により見る S. D. A. の発現はグリシン投与時の S. D. A. に比してその程度遙かに強大である事は著しく相違する処で注目に値する。

食餌中の蛋白質含有量の高いもの程アミノ酸混合物の S. D. A. は大である関係は先頃の単一アミノ酸投与の場合と同一である。

C. CO₂ 排泄及び R. Q.

表1~6を通覧するに、CO₂の排泄量はグリシン又は蛋白質水解により得たアミノ酸混合物投与により上昇し、その逐時的経過はO₂消費量と略平行している。

CO₂排泄量の増加は6時間を平均して高蛋白質食群では41%、中蛋白質食群はこれにつき30%、を示して前者に近接し、低蛋白質食群は16%、で前者の $\frac{1}{2}$ を示し最低である事は、S. D. A. に於て見ると同一の関係にある。

カゼイン水解物投与例に於ても全く同様の傾向が認められる。

グリシン投与例では各時期に於てはCO₂排泄量の増加はO₂消費量のそれより大きい。カゼイン水解物投与例ではこの関係は見られない。R. Q. はグリシン投与の各食群共それぞれの安静値に比して上昇の傾向にある。カゼイン水解物投与例ではR. Q. は不規則であるのは、C O₂の上昇率の関係より了解できる。平均して前者に対して後者は低い。

考 察

私の成績ではグリシンの S. D. A. は試みに全観察期間中の平均1時間当り、高蛋白質食群に於て最も大きく(35%)、中蛋白質食群これにつき(29%)、低蛋白質食群では最小(14%)を示して高蛋白質食群のその $\frac{1}{2}$ 以下である。

カゼイン水解物の S. D. A. に於ても同一の関係が見られる。

蛋白質特異動的作用の本態に関しては、Lusk はアミノ酸自身の細胞に対する特別な刺激作用と考え、Borsook はアミノ酸の炭素部分の代謝や、窒素の代謝排泄に伴って発生するエネルギーが増えるためであると考え、その他諸家の見解もあって、区々として一致を見ていない。Borsook の説に従えば、分解をうけるアミノ酸の多少が S. D. A. の強弱と関係密なる事を想わしめる。

高蛋白質食群では一応体蛋白質は充分飽和された状態にあって、過剰に負荷されたアミノ酸は大部分分解されるであろう。従ってBorsookの説から考えればS. D. A

は大となるべきであり、又蛋白質食群では負荷されたアミノ酸は体蛋白又は他の誘導体合成の資材として利用されて分解生成物の生産は小さく、延びては S. D. A. は少くなるであろう。

私の成績でもこの関係は明かに看取され、分解されるアミノ酸の量の多寡と S. D. A. の大きさは接な関係があるように思われる。

Mitchell⁹⁾ は平衡のよくとれた食物ほど、そのエネルギー発生量は多い事を認めている。

私の用いたカゼイン加水分解物の如きは総合アミノ酸の混合物であり、Mitchell のいうバランスのとれた食物に類すべきものと解し得べく、従ってカゼイン水解物の投与時の酸素消費量がグリシンの如き単一アミノ酸の投与時のそれに比して大なる事は又当然であろう。本実験成績だけから本現象の本質的な解明のできない事は遺憾とする。

結 論

摂取蛋白質量のグリシン特異動的作用に及ぼす影響を検討して結論を得た。

1) 家兎の基礎代謝は日常食餌の蛋白質含有の多寡により影響を受けない。

2) グリシンの S. D. A. は高蛋白質食で飼育した家兎に於て最も大きく低蛋白質で飼育した場合はその $\frac{1}{2}$ で最も小さい。

3) 蛋白質水解物の S. D. A. はグリシンの S. D. A. に比べて大きく、食餌中の蛋白質含量の多寡と S. D. A. との関係は2)と全く同一である。

以上の実験に際し終始熱心なるご指導を賜った恩師馬淵教授並びに白井助教授に対し深く感謝の意を表します。

(本研究の一部は第10回栄養・食糧学会総会(1956)に於て発表した。)

文 献

- 1) Oppenheimers Handbuck d. Biochem Erg.-Werk 3 Bd. (1934)
- 2) Handbuck d. normal. u. patholog. physiolog. 5 Bd. (1928)
- 3) Masai Mabuchi, u. Fukiwaki : Biochem Zeitschrift : 283, 159 (1936)
- 4) 吹沢, 大阪医事新誌第5巻第10号, 1, (昭和9年)
- 5) Lusk, G. J. : J. Biol. Chem., 20, 8 (1915)
- 6) Tredweel, F. P. : Kurz. Lehrbuch d. Analyt. chem., Bd. 2 (1930)
- 7) 林 : 解剖学及び生理学計数表 (1956)
- 8) Lusk, G. : J. Biol. Chem. 20 (1915)
- 9) Borsook, H. : Biolog. Reviews; Vol. 2, 147 (1936)
- 10) Mitchell, H. H. : Science, 80, 558 (1934)
(神戸医科大学医化学教室)(経費著者負担)