原 著

特異動的作用に関する研究(第3報)

Study on the Specific Dynamic Action in Man (Report III)

摂取熱量を異にした場合の S. D. A.

S. D. A. Influenced by Ingested Calories.

国立栄養研究所

(The National Institute of Nutrition)

鈴木慎次郎 (S. Suzuki)

長嶺 晋吉 (S. Nagamine)

山川喜久江 (K. Yamakawa)

大島壽美子 (S. Oshima)

It has been a general rule to estimate the amount of SDA as 10% of his basal metabolism which seems nearly a function of body size. But SDA should be rather more correlated with the amount of food intaken which is a funktion of working intensity as well as the body size. This is not only a logical, but a practical problem as a muscular worker takes nearly 4000 Cal. for a day.

The test meals are graded merely by their calories, but contain same ratios of three caloric nutrients as shown in table I.

As the conclusion of this experiment, we recognized a proportional relation between SDA and calories of foods, except the SDA for 3 hours right after the meals which is almost invariable in every case and supposed to come from digestive action.

まえがき 第一報¹⁾に於て三養素の構成を変えた場合の特異動的作用(S. D. A.)について観察し、普通食に於ては摂取熱量の7~8%, 高蛋白食に於ては約16%の熱量がS. D. A. に当ることを知つた。

従来内外の文献によると、一日の所要熱量を算定するに当つてS. D. A. を基礎代謝の10%として計算した例が見られるが、この考え方は果して實際的にも理論的にも妥当なことであろうか。例えば1日4000 Cal となるような重労働者の場合でもやはりS. D. A. を基礎代謝の10%と見做して差支えないのであろうか。われわれは、この関係を明かにするために、即ち摂取熱量の相異とS. D. A. との間にどの程度の併行性が認められるかを知るために本実験を行つた。

実験條件 被験者は報告者の一人S. S. で、実験は昭和26年11月に行われた。

実験食は普通食(蛋白13%, 脂肪12%, 糖質75%)と高蛋白食(蛋白40%, 脂肪15%, 糖質45%)の二形態に於て、各々につき熱量を夫々600, 800, 1000, 1200 Calの四段階とした。食品としては白米

牛乳, バター・ほうれん草が用いられた。(第1表)

測定は食事前安静仰臥に於て先づ基礎代謝が測られ次で摂食(午前9時) 15分後より同様安静仰臥の姿勢に於て, 食後6時間までは30分おきに以後は1時間おきに採氣され, 普通食の場合は食後8乃至9時間まで, 高蛋白食の場合は食後12時間まで測定された。測定はダグラス嚢法によつた。尚, 採氣時間毎に採尿され, 尿中N, クレアチニンが併せ測定された。各採尿期間の尿量を一定にするために1立の茶水を測定時間内に等分して摂らしめた。

成績及總括 extra-calorie の發生(S. D. A. の高さ)を基礎代謝に対する%で見ると(第1図)普通食に於ては食後3時間までに最高のS. D. A. の發生を示し, 600 Cal の場合は23%, 800 Cal に於ては24%, 1000 及び1200 Cal に於ては夫々約32%を示して, 食後3時間以後は漸次低下し, 9時間後に於ては10%以下となる。食後5時間乃至6時間頃何れの場合も一時的に再上昇の傾向を示すのは偶然か, 何に原因するのか本試験からは明かでない。第1報の高脂低蛋白食の例に於てもこの傾向が見られた。

高蛋白食に於ては食後4~6時間に最高のS. D. A. の發生を示し, 600, 800 Cal 食に於ては約30%で普通食の場合より高く, 1000 Cal 食の場合は32%で, 1200 Cal 食の場合は40%近い上昇を示す。高蛋白食の場合食後4~6時間に最高の上昇を示す傾向は前回の実験(第1報)に於ても同様に見られたところである。食後12時間に於ては10%以内に減少する。

總体的経過を見るに, 普通食に於ては食後3時間頃までは1200 及び1000 Cal 食のS. D. A. は800及び600 Cal 食のそれより高い値を示すが, 然し摂取熱量に相応した差異は明かでなく, その後に於て始めて摂取熱量に相応した差異を示してくる。高蛋白食に於てはこの傾向は顯著で食後3時間までは摂取熱量による差異は全く見られず, 更に食後4~6時間の最上昇期に於て各上昇線は一時的に交錯を示し, 食後6時間以降の下降期に於て明かな摂取熱量による差を示してくる。この食後3時間頃までのS. D. A. は消化器管の活動を中心とする代謝亢進を表わすものと考えられ, この期間のS. D. A. は栄養素の相異による差も明かでなく, 摂食量による差も摂食量が甚しく違わない限り明かでないことを示している。

次に total extra calorie (S. D. A. の累積和)を見るに第2表の如く, 普通食に於ては摂取熱量600, 800, 1000, 1200 Cal に対して夫々その熱量の11.6, 9.6, 9.9, 9.0%を示して大差なく, 高蛋白食に於ては夫々20.3, 16.2, 13.8, 13.2%を示して摂取熱量の少い程高率の傾向を示す(600 Cal の場合は特に高い)。普通食の場合にもこの傾向はある程度見られる。この傾向の原因は, 前述したように食後3時間までは摂取熱量に相応した差異を示さなかつたことにある。高蛋白食の場合は更に食後4~6時間の最上昇期における交錯が加わつてこの傾向を普通食の場合よりも大きくしている。このことは第2図の累積曲線に於て明かに見ることが出来る。因みに普通食に於て食後3時間以降のS. D. A. の累積和を摂取熱量に対比してみると夫々7.1, 6.3, 6.0, 6.2%となつて上記の値よりも更に良く比例した値を示す。高蛋白食に於て食後6時間以降のS. D. A. の累積和を摂取熱量に対比してみると夫々7.2, 6.6, 5.8

6.2 %となつて大体よく比例した値を示し、食後3時間以降の累積和についてみると夫々13, 11, 10, 10 %となつてこれも大体比例した値を示す。即ち、以上のことから食後3時間の消化期間を除けば、摂取熱量を異にするS. D. A. はその摂取熱量に全く比例して発生するものであることを知る。

以上の事実から、吾々は過去に於て1日の所要熱量を算定するに当つて、S. D. A. を基礎代謝に基準を置いてその何%として計算したこと及びそういうS. D. A. に対する概念を捨て去らねばならない。因みに普通食の場合の各熱量食群のS. D. A. を一日量に概算し、これを基礎代謝に対比せしめてみると夫々約14, 16, 20, 20%という数値を示して、摂取熱量に対する上記の値に較べ大きな開きを持つ。故にS. D. A. はあくまでも摂取熱量を基準として考えられ、用いられるべきである。

今回の普通食(高糖質食)1000 CalにおけるS. D. A. 9.9%, 高蛋白食1000 CalにおけるS. D. A. 13.8 %の値は、前回の同一人の成績、高糖質食1000 Calの場合7%、高蛋白食1000 Calの場合12%よりも若干高い値を示した。総成績を第3, 4表に示す。

総窒素の時間的尿中排泄並に併せ観察した SO_3 とクレアチニンの尿中排泄についてみるに、第3図及第5表に示す通り、総Nは普通食に於ては特別の傾向を示さないが、高蛋白食に於ては何れの熱量食群も食後5~7時間乃至6~8時間に排泄の上昇を示し、前回でも観られた如くS. D. A. の最上昇期より約1時間遅れて総N排泄の上昇が一致してみられることはここに蛋白質のS. D. A. の高い原因があるように考えられ、この原因が高分子化合物の加水分解、アミノ酸のアミノ基脱等によるものなのか、今後検討を要する興味ある点である。クレアチニンの時間的排泄は普通食、高蛋白食共に1時間当り大体の30~60 mg 範囲内を動いて大差なく、ただ高蛋白食1200 Calに於て食後3~6時間にかなり高い排泄を示す。しかもこの山はNや SO_3 の山より2~3時間早期に現われている。即ち、クレアチニンの尿中排泄は食餌にそれ程影響されないようである。無機硫酸についてみるに普通食のような高糖低蛋白食に於ては1時間当り排泄量20 mg 以下で甚だ少く、高蛋白食に於ては1時間当り20~160 mg の排泄を示し、 SO_3 排泄は食餌に著しく影響されることを示す。高蛋白食における時間的排泄は食後5~8時間に最高の排泄を示し、総Nと殆ど同様の経過を示す。この SO_3 の排泄が食餌によつて著しく影響されることは吾々の過去の成績²⁾に於ても見られたところであり、クレアチニン及び SO_3 の時間的排泄の経過も前回の成績とよく一致する。

結 論 摂取熱量の相異とそれらのS. D. A. との間にどの程度の併行性があるかを知るために摂取熱量を変えた場合のS. D. A. を測定した結果次の結論を得た。

(1) 普通食 600, 800, 1000, 1200 Cal を摂取した場合のS. D. A. は、その摂取熱量の夫々11.6, 9.6, 9.9, 9.0%を示し、S. D. A. は摂取熱量に大体比例することを示した。食後3時間の消化管活動時の代謝亢進によると思われるS. D. A. は摂取熱量による差を示さないで、この期間のS. D. A. の量を除くとその後のS. D. A. は更に良く摂取熱量に比例する。

(2) 高蛋白食に於てはそれぞれ 20.3, 16.2, 13.8, 13.2% の S. D. A. の発生を示し、摂取熱量の少い程高率を示す傾向を有するが、食後3時間以降、特に6時間以降の S. D. A. は全く摂取熱量に比例した値を示した。

以上の結論から1日の消費熱量算定に当つての S. D. A. の計算は摂取熱量に基準をおいて考えられるべきであり、また S. D. A. に対してはそういう概念に立つことが妥当であることを明かにした。

その他の結論として、

(3) 摂食後3時間までの S. D. A. は消化管の活動を中心とした代謝亢進を表わすものと考えられ、この間の S. D. A. は摂取熱量に甚しき差がない限り摂取熱量に比例しない。

(4) 普通食に於ては食後3時間までに S. D. A. は最高値を示すが、高蛋白食に於ては食後4～6時間に最上昇値を示す。これは前回の実験成績と一致する。

文 献

- 1) 鈴木慎次郎, 長嶺晋吉他: 栄養学雑誌, 9巻1号, 12頁, 1951
- 2) 長 嶺: 栄養学雑誌, 9巻1号, 6頁, 1951

Table I Test Meals

Foods	Normal Diet (High Carbohydrate diet)				High Protein Diet			
	Cal 600	Cal 800	Cal 1000	Cal 1200	Cal 600	Cal 800	Cal 1000	Cal 1200
Rice, gm	140	180	230	280	85	115	145	175
Beef, gm	40	55	70	85	240	325	410	490
Butter, gm	7	10	12	14	3	4	5	6
Sugar, gm	2	7	8	8				
Spinach, gm	80	100	100	100	100	100	100	100
Distribution of Calories	Protein 13% Fat 12% Carbohydrate 75%				Protein 40% Fat 15% Carbohydrate 45%			

Table 2 Cumulative extra Calories

Hours Post Prandium	Normal Diet				High Protein Diet			
	Cal 600	Cal 800	Cal 1000	Cal 1200	Cal 600	Cal 800	Cal 1000	Cal 1200
$\frac{1}{4}$	1.7	1.1	3.1	4.0	3.1	0.9	2.4	0.4
$\frac{1}{2}$	3.7	3.1	7.8	6.9	6.1	3.4	4.9	2.1
1	9.3	8.6	15.2	14.1	14.7	9.7	12.8	5.9
1 $\frac{1}{2}$	15.4	14.8	23.8	20.7	21.8	16.9	19.9	12.7
2	21.5	19.7	31.0	26.8	28.7	23.8	28.5	20.5
2 $\frac{1}{2}$	27.3	25.6	39.7	33.7	37.1	31.9	35.5	29.1
3	33.5	32.1	47.6	42.2	44.1	39.7	42.3	37.6
3 $\frac{1}{2}$	38.6	38.4	54.6	50.0	48.9	45.7	49.2	47.4
4	42.8	44.1	61.4	57.5	54.4	53.3	57.4	58.4
4 $\frac{1}{2}$	45.3	48.8	67.1	64.1	62.7	61.7	65.3	66.3
5	47.2	56.0	71.4	70.3	72.6	69.0	71.8	76.1
5 $\frac{1}{2}$	51.7	60.1	76.6	76.8	78.6	76.9	80.7	84.4
6	56.2	62.8	82.7	85.5	85.4	84.2	89.1	94.9
7	62.7	67.9	92.1	94.3	92.0	94.8	103.3	113.0
8	69.6	72.4	98.2	102.4	100.0	102.9	114.1	128.2
9		75.6	99.3	107.9	108.2	112.7	125.6	141.3
10					115.2	121.8	130.8	147.3
11					116.4	124.2	136.3	155.5
12					121.8	129.6	138.3	158.8
Total extra Cal	11.6	9.6	9.9	9.0	20.3	16.2	13.8	13.2
Ingested Cal (%)								

Table 3 Results of Measured S. D. A. in Normal Diet.

Subj. S. S. { Height 174.5 cm
Weight 56.3 kg
Surface Area 1.697 m²

Hours Post Prandium	600 Calories						800 Calories					
	O ₂ /Minute	R. Q	Cals./Hr.	Pulse per Minute	Respiration per Minute	Body Temperature	O ₂ /Minute	R. Q	Cals./Hr.	Pulse per Minute	Respiration per Minute	Body Temperature
¼	213	0.81	60.6	60	16	36.5	206	0.87	58.4	62	16	35.7
½	219	0.80	62.0	60	16	36.5	216	0.92	62.0	64	16	36.2
1	226	0.84	65.0	60	16	36.4	227	0.90	65.0	66	16	36.2
1 ½	230	0.84	66.0	62	15	36.4	232	0.87	66.3	60	17	36.2
2	232	0.83	66.1	60	16	36.5	222	0.89	63.7	62	16	36.2
2 ½	231	0.83	65.4	59	16	36.5	229	0.89	65.8	56	16	36.4
3	232	0.86	66.3	58	16	36.6	232	0.92	67.0	58	17	36.4
3 ½	218	0.89	64.1	68	15	36.7	232	0.92	66.6	60	17	36.4
4	212	0.93	62.3	62	15	36.5	231	0.88	65.3	58	16	36.5
4 ½	205	0.85	58.9	58	16	36.5	221	0.88	63.3	59	16	36.5
5	202	0.82	57.6	58	16	36.6	231	0.96	68.3	61	17	36.6
5 ½	219	0.83	62.9	60	16	36.5	213	0.91	62.2	60	16	36.5
6	220	0.81	62.9	58	15	36.5	207	0.83	59.4	58	16	36.5
7	215	0.76	60.4	60	15	36.7	207	0.82	59.1	62	16	36.6
8	214	0.77	60.8	61	14	36.7	203	0.80	58.5	60	15	36.3
9							201	0.80	57.2	60	15	36.3
Basal	187	0.78	52.8	58	15	35.7	192	0.89	54.0	63	16	35.7

Hours Post Prandium	Ingested Calories											
	1000 Calories						1200 Calories					
	O ₂ / Minute (CC)	R. Q	Cals. /Hr.	pulse per Minute	Respira- tion per Minute	Body Tempe- rature	O ₂ / Minute (CC)	R. Q	Cals. /Hr.	Pulse per Minute	Respira- tion per Minute	Body Tempe- ratur- e
¼	230	0.90	66.5	65	16	36.3	240	0.87	69.6	63	17	36.5
½	252	0.90	72.8	62	16	"	227	0.86	65.4	63	15	"
1	241	0.90	68.7	62	17	36.5	236	0.87	68.1	62	15	36.7
1 ½	246	0.90	71.2	62	16	36.6	232	0.86	66.9	62	16	36.7
2	238	0.90	68.4	59	18	36.5	224	0.93	65.9	64	16	36.8
2 ½	247	0.90	71.3	65	15	36.7	235	0.86	67.4	60	16	36.8
3	242	0.90	69.7	60	18	36.7	244	0.90	70.7	68	16	36.8
3 ½	237	0.93	67.9	55	16	36.5	236	0.93	69.2	64	17	36.8
4	236	0.93	67.6	59	16	36.6	238	0.85	68.7	66	16	36.9
4 ½	226	0.93	65.3	60	16	36.8	227	0.93	66.8	65	16	36.9
5	217	0.94	62.5	59	17	36.8	227	0.89	66.0	64	16	36.9
5 ½	223	0.93	64.3	59	17	36.6	231	0.87	66.7	65	15	36.8
6	231	0.91	66.1	60	16	36.8	239	0.97	71.0	65	15	36.9
7	222	0.93	61.5	61	16	36.8	217	0.86	62.5	62	14	36.9
8	211	0.86	60.1	61	15	36.6	218	0.79	61.8	66	15	36.7
9	197	0.89	55.1	60	15	36.4	209	0.79	59.2	62	15	36.7
Basal	193	0.89	54.0	57	15	36.0	188	0.85	53.7	58	15	36.4

Table 4 Results of Measured S.D.A in High Protein Diet

Hours Post Prandium	Ingested Calories						800 Calories					
	600 Calories											
	O ₂ /Minute (CC)	R. Q	Cals./Hr.	Pulse per Minute	Respiration per Minute	Body Temperature	O ₂ /Minute (CC)	R. Q	Cals./Hr.	Pulse per Minute	Respiration per Minute	Body Temperature
1/4	241	0.83	68.5	64	16	36.2	203	0.89	58.8	66	16	36.3
1/2	239	0.84	68.1	64	16	36.2	225	0.88	65.1	60	16	"
1	252	0.86	72.1	70	15	36.3	233	0.91	67.8	63	16	"
1 1/2	247	0.85	70.2	63	16	36.3	241	0.87	69.5	61	16	36.5
2	245	0.87	69.7	66	16	36.3	240	0.85	69.0	63	16	"
2 1/2	255	0.86	72.8	70	16	36.5	246	0.88	71.3	59	17	36.7
3	243	0.83	69.9	70	16	36.4	245	0.87	70.7	56	16	36.7
3 1/2	231	0.83	65.5	68	16	36.6	234	0.86	67.2	59	17	36.7
4	239	0.81	67.0	66	16	36.5	242	0.90	70.4	64	17	36.8
4 1/2	255	0.87	72.5	69	15	36.7	248	0.91	72.0	65	16	36.8
5	265	0.86	75.7	69	15	36.6	242	0.89	69.7	62	16	36.8
1/2	244	0.81	67.9	69	15	36.6	250	0.86	71.0	64	16	36.9
6	248	0.82	69.6	69	16	36.7	245	0.80	69.7	64	16	36.8
7	224	0.79	62.6	70	15	36.9	234	0.80	65.8	62	16	36.7
8	230	0.76	64.0	72	16	36.6	227	0.77	63.3	69	15	"
9	226	0.83	64.2	73	16	36.9	234	0.75	65.0	63	16	36.5
10	228	0.71	63.0	66	16	37.0	231	0.75	64.3	67	15	36.7
11	205	0.77	57.2	66	15	37.0	208	0.74	57.6	66	14	36.8
12	222	0.71	61.4	67	13	36.8	218	0.74	60.6	63	12	36.6
Basal	198	0.81	56.0	61	15	36.2	191	0.88	55.2	56	16	36.3

Hours post Prandium	Ingested Calories						1200 Calories					
	1000 Calories			1200 Calories			1200 Calories			1200 Calories		
	O ₂ /Minute (CC)	R. Q	Cals./Hr.	Pulse per Minute	Respira- tion per Minute	Body Tempe- rature	O ₂ /Minute (CC)	R. Q.	Cals./Hr.	Pulse per Minute	Respira- tion per Minute	Body Tempera- ture
¼	230	0.88	65.4	70	15	36.3	195	0.89	55.7	70	16	36.4
½	230	0.90	65.9	70	16	"	214	0.88	61.1	70	17	"
1	246	0.90	71.7	66	16	36.4	213	0.94	61.8	69	17	"
1 ½	245	0.91	70.1	59	16	36.2	235	0.92	67.8	76	16	36.5
2	250	0.95	73.0	62	16	36.5	246	0.91	69.9	71	16	36.3
2 ½	243	0.86	69.8	65	16	36.5	247	0.94	71.5	72	16	36.5
3	240	0.90	69.5	63	16	"	248	0.90	71.2	68	16	36.7
3 ½	243	0.90	69.6	61	17	36.6	260	0.88	73.9	73	16	"
4	246	0.93	72.2	60	17	36.5	265	0.92	76.2	69	16	36.8
4 ½	250	0.88	71.7	62	15	36.7	249	0.84	70.0	69	16	36.9
5	243	0.87	68.8	61	16	36.8	258	0.92	73.8	70	16	37.0
5 ½	255	0.90	73.7	67	16	36.6	253	0.85	70.9	66	16	36.9
6	254	0.87	72.7	66	16	36.5	262	0.92	75.2	70	16	37.0
7	250	0.84	70.1	67	15	36.6	258	0.85	72.4	63	17	37.1
8	236	0.82	66.7	64	15	36.5	250	0.86	69.5	68	16	36.7
9	239	0.86	67.4	65	15	36.5	244	0.81	67.4	68	16	36.9
10	220	0.79	61.1	66	14	36.3	217	0.82	60.3	70	14	36.9
11	220	0.74	61.4	66	14	36.4	225	0.80	62.5	69	14	36.8
12	210	0.73	57.9	65	14	36.3	207	0.79	57.6	63	17	36.8
Basal	191	0.93	55.9	64	13	36.0	183	0.92	54.3	55	14	36.4

Table 5 Excretion of Total N., Creatinin and SO₃ in Urine.

	Hours post Prandium	600 Cal. Diet				800 Cal. Diet				1000 Cal. Diet				1200 Cal. Diet			
		Volume of Urine	Total Creatinin	SO ₃	mg	Volume of Urine	Total Creatinin	SO ₃	mg	Volume of Urine	Total Creatinin	SO ₃	mg	Volume of Urine	Total Creatinin	SO ₃	mg
Normal Diet	0	146	596	47	6	189	677	48	0	149	687	11	152	462	36	16	16
	1	255	545	51	1	130	629	60	6	100	599	53	137	566	34	12	12
	2	205	475	46	5	154	632	60	1	156	627	55	114	646	42	13	13
	3	270	435	37	3	425	842	47	0	340	908	52	312	522	36	6	6
	4	395	493	39	10	220	553	55	0	202	728	65	269	491	42	14	14
	5	143	468	43	1	330	440	50	0	274	754	45	295	516	39	4	4
	6	216	430	44	4	275	480	50	0	315	882	41	238	428	36	0	0
	7	95	384	47	0	138	510	61	0	135	580	51	177	411	44	1	1
	8					93	520	44	0	212	1038	53	121	444	48	10	10
	Basal Metabolism	237	680	62	1	350	892	45	0	340	1038	54	440	660	35	4	4
High Protein Diet	0	133	542	42	64	137	469	56	29	152	467	52	122	573	58	42	42
	1	141	684	46	61	207	590	69	45	162	497	49	173	843	68	35	35
	2	125	663	49	75	138	550	55	43	178	480	51	178	745	82	68	68
	3	117	621	36	77	133	578	61	67	165	578	54	176	856	87	93	93
	4	175	680	36	92	168	610	66	97	212	721	57	176	890	88	113	113
	5	344	811	41	57	255	790	46	87	177	548	53	176	949	84	124	124
	6	163	633	46	90	264	810	74	110	144	912	50	193	1037	77	158	158
	7	143	605	27	65	185	588	56	123	196	865	51	267	1250	59	152	152
	8	71	470	33	77	198	510	50	85	171	845	46	242	1070	48	136	136
	9	148	570	28	68	277	562	54	44	140	775	48	279	873	45	117	117
	10	70	439	21	65	212	462	55	60	210	550	40	213	793	41	98	98
	11	100	414	25	62	124	406	48	39	100	515	42	200	596	68	79	79
	Basal Metabolism	267	608	40	35	295	548	44	9	208	649	52	257	470	57	21	21

Fig. 1 Percentage of extra Calories production by S.D.A. above basal metabolism after meals.

Fig. 2 Cumulative extra calories.

Fig. 3. Urinary Excretion of Total N, Creatinin and SO_3 in High protein Diet.