

腸管への⁴⁵Caの排泄について

安川正敏・長野慶一郎

On the Excretion of ⁴⁵Ca into Intestinal Tract

Masatoshi YASUKAWA and Keiichirō NAGANO

(Laboratory of Veterinary Physiology)

緒言

吸収された Ca, Mg, Fe, 或は P 等が, 腸管内へ再び排出される事実は, 従来からよく知られている. 殊に近年, RI の利用普及に伴つて, この方面の研究は著しく進展している. 即ち ⁴⁵Ca についてみても, 諸家⁽¹⁻⁵⁾ による報告が, 主として代謝追究の立場からなされている. これらの諸成績は, その目的或は方法の差はあつても, 結局いずれも糞中の代謝性 ⁴⁵Ca を測定する点では一致している. 例えば各条件下における, 糞中排出量またその消長,^(1,2,3) 或は糞及び尿への排出割合の比較,^(4,5) 等である. 同様な研究は, ⁴⁵Ca 以外の RI についても, もちろん行われている.

このように, 糞中に排出する RI が論じられているにもかかわらず, 更に一歩進めて, それが腸管のどの部位から, かつまた, どのような量的関係で排出されるか, については, 寡聞にして報告あるを知らない. ただ単に腸管内容の Activity を測定したもの^(6,7) は見受けられる. しかし, いうまでもなく内容の絶えざる移動が存する限り, 各部位別の排泄を知ることはできない.

それで著者らは, 内容移動を阻止するため, 予め腸管を結紮した家兎に, ⁴⁵CaCl₂ を皮下注射し, 一定時間後の各部位内容量及び Activity を測定し, この両者から各部位に存在する cpm の総量を求め, 排出の傾向を窺おうとしたのである. ところで, この実験のもう1つの意図は, 遠側結腸の生理的意義を吟味することにあつた. 著者ら^(14,15) が既に報告したように, 家兎, 山羊の遠側結腸は, 少くともその長さにおいては, 近側結腸に匹敵するにもかかわらず, この部位の吸収は甚だ微弱である. 従つて遠側結腸の機能として, 単に消化吸收面だけを考えることは, 納得しがたい. ここで著者らは, 寧ろ排泄が主体ではなからうか, という大胆な想像を抱き, 検討を行つたわけである. 実験の結果は予期に反していたが, それはさておき, 各部位の一応の比較がえられたので, 報告することにした. それは著者らが現在進めている, 放射能障害の問題に対して, 色々な意味で関連があると思われた故でもある.

実験方法

1. 白色在来種の成兎 (1.8~3.1 Kg) を予めキャベツだけで1週間飼育し, 19~27 hrs 絶食させた後, ウレタン麻酔の下に開腹, 8号縫合糸で腸管の結紮を行つた. 結紮を施した部位は十二指腸起始部, 回盲口部, 結盲口部, 結腸括約部及び直腸末端の5個所で, これによつて全腸管を小腸, 盲腸, 近側結腸及び遠側結腸の4部位に区分した. 結紮は, 内容の移動を全く阻止するように, 充分に行つた. このさい腸管膜血管と腸壁の空隙を刺通し, 血管をさけるよう特に留意した. この点で最も慎重を要したのは, 結盲口部であつた. なお酵酵制止の目的で, 胃内にクレオソート原液

0.5 ml を直接注入した。結紮完了後に腹壁を縫合，閉鎖したのはいうまでもない。実験着手前には，鼓張または腸管 Ileus による斃死を懸念したが，予備実験の結果では，約 2 日間は生存しうる事が確かめられた。尚妊娠時についても実験したが，これは開腹時に胎児を確認した。

2. 手術終了直後に，生理的食塩水で稀釈した $^{45}\text{CaCl}_2$ の $10 \mu\text{c/ml}$ を 2 ml, 背部皮下に注射した。19~24 hrs 後にクロロホルムの吸入麻酔で致死，直ちに開腹して全腸管を別出し，2重結紮を施してから，各部位を切断する。腸壁に可及的近くで腸間膜を切除，腸管外壁を流水で 30 分以上十分に洗い（洗液の Benzidin 反応は 5 分以内に陰性），更に小腸は 4~5，近側結腸は 2 個に分断し，断端から注射器で注水し，腸壁を按摩して内壁に附着する内容を剥脱，ロートを介して秤量済みの三角コルペンに流しこむ。内容を完全に移すまで，これを繰返した。遠側結腸の内容は，硬固な糞塊なので，これを搾出した後腸管を水洗し，洗液を糞塊に加えて乳鉢で細挫した。

3. 腸管内容は恒温器中で水分を除き，乾物量を秤量した。乾物 1 gm をとつて灰化し，この灰分 50 mg をステンレス製試料皿に正確に秤取し，局方アルコールを加えて耳搔棒の先端で丹念に磨碎し，皿内になるべく平等の厚さに分布させた。ついで赤外線 lamp で乾燥し，秤量の上アルコール消失を確認してから count した。灰分を 50 mg としたのは，多い場合の自己吸収，少ない場合の皿中試料のバラツキを考慮して，適当量と認めたからである。Counting は科研 G-M Counter, Model 32 及び 100 を使用した。試料皿は 1 段目におき，計数管電圧は Model 32 では 1.2 Kv, Model 100 の場合は 1.15 Kv とした。

4. 灰分として ^{45}Ca の Activity を計測する場合，測定誤差の要因としては，自己吸収及び自己散乱等のほかに， ^{40}K 等の如き天然放射性同位体の混在がある。この意味から，全く同様に処理し，ただ ^{45}Ca の注射だけを行わない家兎の内容を count した。測定値はいずれも，Back ground より若干高いだけであつたが，これを天然放射性同位体によるものとみなし，実験例の灰分 50 mg の測定値から控除（♂，♀の各部位別の値を差引く）して補正した。

更に $^{45}\text{CaCl}_2$ の自己吸収の測定を行つたが，その目的，方法は実験成績に後述する。

5. 灰分 50 mg の cpm から，腸管の 4 部位の内容中に含まるべき cpm 総量を算出した。算定式はつぎの通りである。

$$\text{cpm 総量} = \text{Ns} \times \frac{\text{M}}{50} \times \text{D}$$

Ns…… 灰分 50 mg の cpm (Back ground 及び天然放射性同位体を補正済み)

M…… 乾物 1 gm 中の灰分量 (mg)

D…… 各部位の乾物量 (gm)

内容量が少いため，灰分が 50 mg に達しない場合が若干あつたが，このさいはつぎの式で 50 mg の cpm を算出した。

$$\text{灰分 50 mg の cpm} = c \times \frac{50}{a} \times \frac{S_1}{S_2}$$

c…… 灰分 a mg の cpm

S_1 …… 自己吸収の実験成績 (A法) における，灰分 50 mg の cpm

S_2 …… 自己吸収の実験成績 (A法) における，灰分 a mg の cpm

(a が 10 mg 以下の端数のときは，その前後の階級の cpm から按分比例で算定)

実験結果

1. 腸管内容量

対照実験を含めて、本実験に使用した♂, ♀ 14例 (対照実験の1例は棄却) について、腸管内容量 (乾物量) の平均値信頼限界 ($p = 0.05$) は、盲腸が $19.03 \sim 27.51 \text{ gm}$ で最も多く、他の3部位はこれより遙かに少く近側結腸の $3.46 \sim 5.63 \text{ gm}$, 遠側結腸の $1.22 \sim 4.22 \text{ gm}$ と続き、小腸のそれは $1.25 \sim 2.49 \text{ gm}$ であった。即ち全腸管の内容量は大腸、それも盲腸に偏在している。これらの動物は、すべて $18 \sim 29 \text{ hrs}$ 絶食させた後、更に $19 \sim 24 \text{ hrs}$ に亘り絶食させた場合のものである。しかし結紮してあるので、胃からの移入もないし、また各区分からの移出もない。ただこの間における、吸収或は排出がありうるわけである。

2. 腸管内容の天然放射能

腸管内容中の、主として ^{40}K に基因する放射能を調べた結果は、Table 1 に示される。

Table 1. Natural activity of intestinal contents

Case No.	Rabbit	Preparation	Portion of intestine *	Dry matter of content gm	Cpm per 50 mg of ash	Cpm per 1 mg of dry matter	Amount of cpm of intestinal contents
1	♂ 2.6 kg	Sacrificed 20 hrs. after ligating	SI	0.8254	10.6 ± 2.2	20.9	17
			C	29.2099	4.2 ± 2.1	29.1	850
			PC	6.1458	5.0 ± 2.4	36.5	224
			DC	2.3513	3.4 ± 2.1	23.8	56
2	♀ 2.4 kg (Pregnancy)	Sacrificed 21 hrs. after ligating	SI	1.2903	5.6 ± 2.2	15.0	19
			C	27.4292	5.4 ± 2.1	19.8	543
			PC	3.9990	1.0 ± 1.9	2.4	10
			DC	22.1817	3.6 ± 2.1	10.2	226
3	♂ 3.1 kg	Not ligated	SI	2.4722	1.6 ± 2.0	5.1	12
			C	26.9771	5.9 ± 2.1	18.2	491
			PC	4.4397	5.0 ± 2.1	15.5	69
			DC	7.2600	7.8 ± 2.2	37.4	272

* SI, Small intestine. C, Caecum. PC, Proximal colon. DC, Distal colon.

個体または腸管部位によつて、若干の相違があるが、灰分 50 mg 当り $10.6 \sim 1.0 \text{ cpm}$ の間に分布しており、 10.6 cpm の1例を除けば、他はすべて 10 cpm 以下に過ぎない。ただ腸管の全内容として計算すれば、この3例の値は $1147, 798$ 及び 844 cpm と、かなりの Activity を示すことになる。

3. ^{45}Ca 注射による腸管内容の cpm

$^{45}\text{CaCl}_2$ の $20 \mu\text{c}$ を皮下注射した♂ 3例, ♀ 4例, 更に♀ (妊娠) 5例, 合計12例の成績を一括して示したのが、附表の Table 4 である。この概要を摘記すれば、つぎの通りである。

A. 雄兔

Back ground と天然放射性同位体の補正をした、小腸の灰分 50 mg 当りの3例の測定値は $1273, 2129$ 及び 1854 cpm で、他の部位に比し著しく高い。近側結腸がこれについており、他の2部位、つまり盲腸と遠側結腸は 100 cpm 内外、またはそれ以下に過ぎない。つぎに各部位の全内容の cpm を算出し、各々の、全腸管 cpm 総計に対する比例を求めてみると、Fig. 1 のようになる。

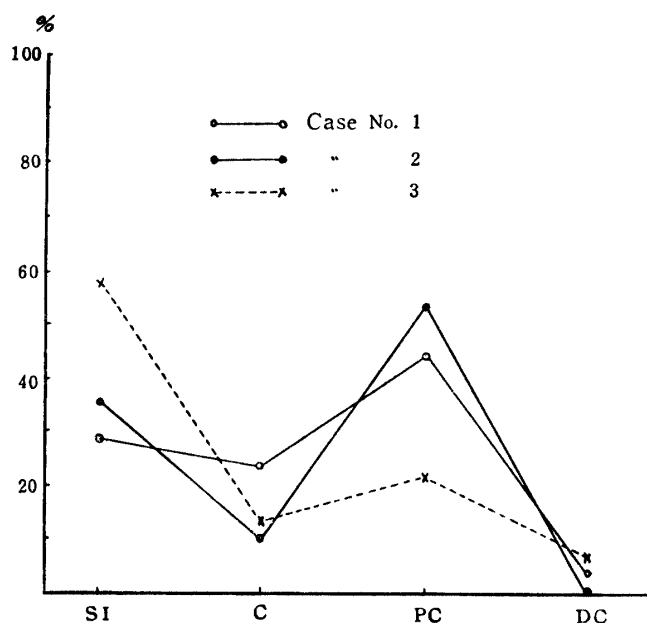


Fig. 1. Comparison between the amounts of *cpm* in each portions (%) ♂

Remarks: 1) SI, Small intestine. C, Caecum. PC, Proximal colon. DC, Distal colon.

2) The amount of *cpm* of contents in the whole intestine is estimated as 100%.

例数は3例で少いが、この平均は小腸が $40.8 \pm 15.3\%$ 、盲腸が $15.7 \pm 7.0\%$ 、近側結腸が $40.1 \pm 16.0\%$ 、そして遠側結腸が最も低く $3.4 \pm 3.0\%$ を占めるだけである。結局、小腸と大腸を加えた全内容の大部分（約80%）が、小腸と近側結腸に見出されたことになる。またこの両部位の平均はほぼ等しくなっているが、Fig. 4に示したように、小腸の方が多いもの1例、反対に近側結腸が最高であるものが2例、という結果になっている。小腸内容の灰分の *cpm* が著しく高いのに、小腸全内容とすると、近側結腸のそれと大体匹敵するのは、もちろん小腸内容が少いためである。

B. 雌 兎

供試4例の測定結果によると、灰分 50mg の *cpm* は雄の場合と同様に、小腸が遙かに高い。更に全腸管中の *cpm* 総計に対し、各部位の占める割合も、雄と類似している。具体的な数値で示すと、小腸、盲腸、近側結腸、遠側結腸は、それぞれ 43.3 ± 9.0 、 4.8 ± 3.3 、 51.3 ± 10.2 及び $0.6 \pm 0.3\%$ の割合である。従つて、やはり小腸と近側結腸両部位への集中的偏在性は、雄と類似し、かつそれより高度といえる。Fig. 2で明らかのように、 ^{45}Ca の分布曲線は鋭い2つのPeakを形づくっている。尚、4例のうち、小腸が近側結腸を凌駕する場合は2例、その反対が2例である。以上要するに、雄の場合と大して変らない。

C. 雌 兎（妊娠時）

妊娠時のCa代謝は、非妊のそれと、量的或は質的に差異があると考えられる。その意味で実験を行つてみた。供試したのは、交尾後8日、14日、18日、25日、及び28日の5例である。交尾後の、この日数に当る日に、 ^{45}Ca を注射したのである。

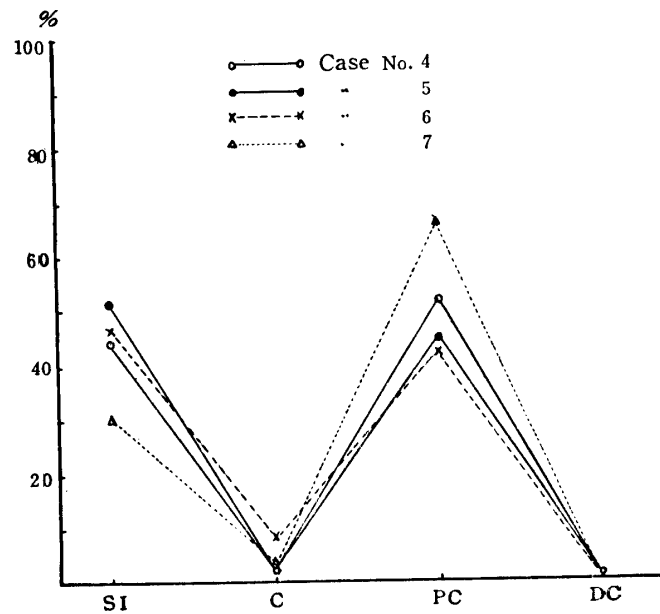


Fig. 2. Comparison between the amounts of *cpm* in each portions (%)
♀, Nonpregnant.

Remarks: 1), 2) Same as Fig. 1.

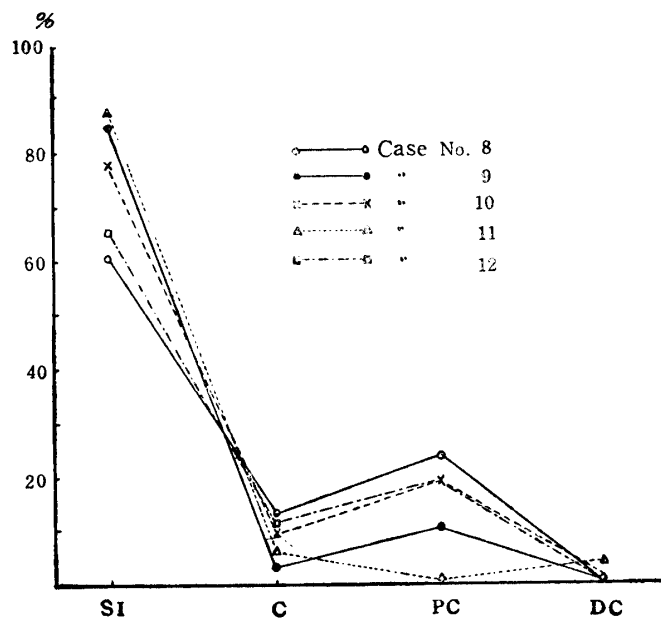


Fig. 3. Comparison between the amounts of *cpm* in each portions (%)
♀, Pregnant.

Remarks: 1), 2) Same as Fig. 1.

灰分 50 mg において、小腸の Activity が特に高い点は、前 2 者の場合と変らない。しかし腸管の *cpm* 総計の部位別百分比の数値は、Fig. 3 の通りで、若干の相違が指摘される。それは小腸の *cpm* 総計が、各例とも最高という点に見出される。5 例の数値を挙げるならば、小腸の占める

割合は 61.1, 85.0, 69.1, 87.9 及び 65.4 であり, 平均は $73.7 \pm 11.3\%$ になる. この値は雄及び非妊時の, それぞれ 40.8 ± 15.3 , $43.3 \pm 9.0\%$ にくらべると, 明らかに高い. 更につけ加えるならば, 妊娠時 5 例のうち, 小腸の最低値は 61.1% であるが, 他の雄及び非妊時の計 7 例の, 小腸最高値は 58.0% である. このように小腸の%が高いにもかかわらず, 遠側結腸が $1.8 \pm 1.4\%$ を占めており, 非妊時の $0.6 \pm 0.3\%$ より寧ろ高い傾向にある. つぎに 5 例の交尾後の日数は, 妊娠の前, 中, 後の各時期に亘ると考えられるが, 妊娠期の進行に依る, 特定の傾向は認められない.

♂, ♀ 等の, 以上 3 Group について, 各例の各部位における, *cpm* の順位を比較したのが Fig. 4 である.

Portion *	Order											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
SI	•	••			••	••			•••			
C			••				••			•	••	•
PC	••	•			••	••				••	•	••
DC				••				••				••
	♂				♀				♀			
					Nonpregnant				Pregnant			

Fig. 4. Order of ⁴⁵Ca content in intestinal portions

* Same as Fig. 1

4. 自己吸収の測定

著者らの実験目標は, 腸管各部位の ⁴⁵Ca 量を比較することにあつた. この限りでは, 既に述べた *cpm* の値で, 一応達せられよう. しかしこれは実在線量を示してはいない. いうまでもなく自己吸収, 自己散乱その他の因子のためである. そこで著者らは, 自己吸収の測定を行つたのである. その目的は, より正確な線量を知るためばかりでなく, 著者らの行つた, 試料皿内の, 試料分布の均等性が, 信頼できるかどうかを, 吟味するためでもある. また前述したように, 灰分が 50 mg に満たない場合の補正としても, これを知る必要があつた.

実験方法としては, つぎの 2 通りを行つた.

A. 近側結腸の内容を灰化し, 灰分を 10 mg の公差で 10 例, 即ち 10 mg から 100 mg まで, 正確に試料皿に秤取, 各皿に 0.002 $\mu\text{c}/\text{ml}$ を 1 ml ずつ添加し, 耳搔棒の先端で混和, 皿内になるべく平等に分布させ, 赤外線 lamp で乾燥して count した.

B. 近側結腸内容の灰分一定量に, 0.002 $\mu\text{c}/\text{ml}$ の一定量 (灰分 800 mg に 16 ml, 即ち 50:1) を加える. これに 10 倍量の水を加え, Homogenizer で 2500 r.p.m., 2 分かき, 均一化した後乾燥し, 以後 A と同様 10 mg 刻みの, 10 区分の sample として, count した.

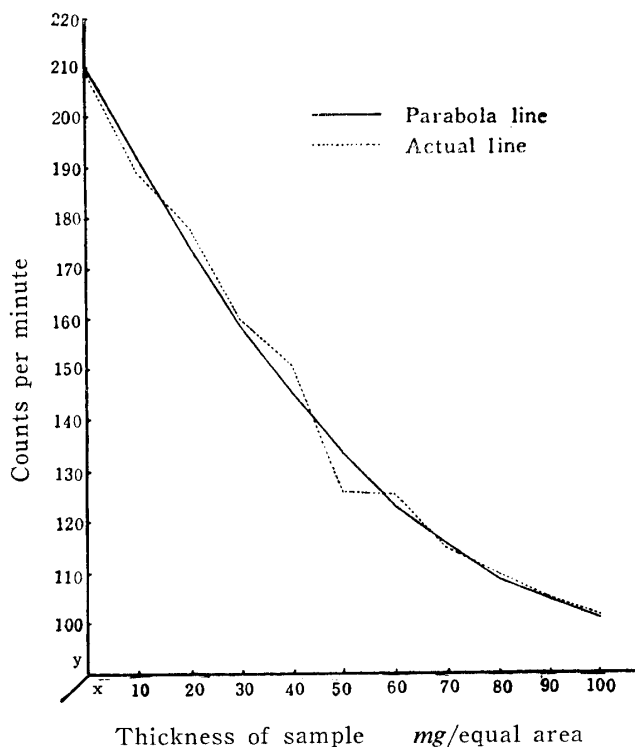
A, B とともに, 基本的には類似しているが, A 法は同一の Activity をもつものが, 灰分量によつてどう変るかであり, B 法は一定の濃度のものが厚さを増すに伴つて, どのような *cpm* の減少を示すか, ということの意味するであろう. ただしかし, 50 mg の Case に限つては, 灰分量と ⁴⁵Ca の割合はほぼ同一で, 50 mg : 0.002 $\mu\text{c}/\text{ml}$ の 1 ml, である (注: 厳密にいえば, B 法の灰分量は ⁴⁵Ca の量を含んでいる). 著者らの実験が, 灰分 50 mg について count しているのを, ここを中心としたわけである.

Table 2. Experimental data of self-absorption in case of ^{45}Ca

Ash mg (x)	Actual line cpm	Parabola line cpm (y)	f_s^* (N_i/N_0)
0		210.9	1.000
10	189.0	191.8	0.906
20	177.5	174.6	0.828
30	160.0	159.1	0.754
40	150.7	145.4	0.689
50	125.7	133.5	0.633
60	125.0	123.4	0.585
70	114.8	115.1	0.546
80	109.0	108.6	0.515
90	104.3	103.9	0.493
100	101.3	101.0	0.479

* f_s , Coefficient of self-absorption.

A法による測定成績を示すと、Table 2 及び Fig. 5 の通りである。

Fig. 5. Experimental data of the self-absorption in case of ^{45}Ca

実測値 (Actual line の cpm) から、公式によつて求めたのが、Parabola line の cpm である。この数値はかなり整然と、灰分量の階級値に対応していた。試料の厚さ、 $t = 0$ のときの Specific activity の理論値は、Parabola line の公式において、 $x = 0$ とおき、 $y = 210.9 cpm$ がえられた。従つて、灰分 $50 mg$ の場合における、自己吸収の補正項 $f_s = N_i/N_0$ は $133.5/210.9 = 0.633$ 、即ち 63.3% となる。

B法による結果では、 $50 mg$ の $f_s = 0.682$ であつた。従つて、これにより補正を行えば、腸管各部位に見出された ^{45}Ca の cpm は、Table 3 の通りである。

Table 3. Amount of *cpm* of contents in the whole intestine

Case No.	<i>cpm</i> (A)	<i>cpm</i> $f_s = 0.63$	A/ f_s $f_s = 0.68^*$
1	24.685	39.182	36.301
2	20.760	32.952	30.529
3	11.666	18.517	17.155
4	21.049	33.411	30.954
5	39.175	62.182	57.610
6	145.968	231.695	219.952
7	94.125	149.404	138.419
8	74.103	117.623	108.975
9	80.823	128.290	118.573
10	20.076	31.866	29.523
11	45.503	72.226	66.475
12	34.244	54.355	50.358

* f_s , Coefficient of self-absorption.

考 察

1. 試料中の ^{45}Ca の Activity は, Ca-Oxalate として分離, 測定するのが常道であろうが, 著者らは単に Ash として count した. というのは ^{45}Ca が微量なので, 分離操作による損失をさげたいのと, 多数の sample を迅速に処理したいからにほかならない. Carrier を使用しなかつたのも後者の理由による. ところで Ash として測定するときの問題となるのは, ^{40}K 等の天然放射性同位体の混在と, 自己吸収が高まることであろう. このうち天然放射性同位体による Activity は, 灰分 50 mg 当り, たかだか 10 *cpm* 程度で小さい. しかし一応これによつて補正した. 従つて, 各試料の *cpm* は ^{45}Ca に基因するとみてよい.

つぎに自己吸収であるが, 著者らの実験目的は, 腸管各部の比較にある. それで absolute な値は, 必しも必要でない. 各試料の灰分量 50 mg の自己吸収量が等しいならば, 大きな支障にはなるまい. しかし若干例で, 50 mg に不足する場合があります. この換算には自己吸収の補正を欠くことができない. 測定誤差を懸念される, もう 1 つの条件は, 試料皿中のバラツキである. 神立ら⁽⁸⁾は兔糞に $\text{Ba}^{35}\text{SO}_4$ を添加, 灰化して, 水を加えて混和, 均一に分布させ, 乾燥後 Activity を測定すると, 回収率が 34.0 ~ 75.0 % と広く散り, 充分に Ash を粉碎すると回収率は上昇するという. 著者らの試料処理 (試料皿中における) の技術が, 信頼できるかどうか, この点の吟味が必要であつた. これらの理由から, 自己吸収の測定を行つたわけである. 結果は 10 mg 刻みの各階級に対し, *cpm* がかなり正しく対応していた. この程度において, 著者らの処理が信頼されうる, と考えている. これからみて, 灰分 50 mg の自己吸収量には, 殆んどずれはないと思われる.

以上要するに, 灰分としての測定成績は, 信頼してよいと考える. 腸管各部位の *cpm* の隔差からみて, 少くとも相互の比較を狂わす程の影響は考えられない.

2. 各部位を結紮したのであるから, 結局絞縊性 Ileus を作為したことになる. その意味で, 本成績が正常のそれを示すかどうか, という疑問がありうる. しかし, 致死後の肉眼的所見では, 胃の膨満, 結紮局所に限局する軽度の鬱血または壊死を認めるほかは, 腸管になんらの異常を認めなかつた. 腸管の内容物も, 小腸内容が末端に偏在する傾向があり, 全腸管内容がやや乾燥している以外には, 格別の変状がない. いい換えれば Ileus の変状が認められない. これは恐らく, 結紮の間隔が著しく長いためと思われる. これらの所見から, 著者らのえた成績は, 大体正常な機能の下におけるものと解したい.

3. つぎに実験結果であるが、♂、♀ともに単に灰分 50 mg の *cpm* では、小腸が著しく高い。SMITH ら⁽⁶⁾ は七面鳥に ³²P を注射し、腸管内の分布を調べ、十二指腸のそれが最も多い、といっている。また堀内ら⁽⁷⁾ はモルモットの気管内に Ra D を注入した結果、初期には小腸内容に最も多く見出され、大腸内容、更に盲腸内容がこれにつぐ、と記載している。単位量当りの *cpm* として、小腸が特に高い点は、著者らの成績も同様である。しかしこれらの成績は、内容全体を捉えていないし、また結紮等の処置をせず、自由に移動を許しているから、もちろん各部位の排出の比較にはならない。

著者らの成績によると、小腸灰分の *cpm* が著しく高いにもかかわらず、各部位それぞれの全内容とすると、小腸と近側結腸が接近し、この両者で全腸管の *cpm* 総計の大部分を占めることになる。盲腸は内容量が最大であるが、前 2 者に及ばない。また遠側結腸は最低である。尚小腸内容量が僅少なものは、絶食のためだけではない。何故なら胃には、まだ十分な量が認められたからである。緒言で言及したように、著者らの目的の 1 つは、遠側結腸の生理的意義の吟味にあつた。著者ら^(14,15) が既に報告した成績と同様に、本実験に供用した家兎 15 例で調べた結果をみても、遠側結腸はその長さが、近側結腸より寧ろ長い。詳述すると、平均値信頼限界は ♂ で 46.8 ~ 92.0 cm と 34.1 ~ 44.3 cm, ♀ で 57.0 ~ 88.8 cm と 39.2 ~ 44.5 cm を示している。しかるに遠側結腸の吸収力は微弱である。^(14,15) とすれば遠側結腸の主体的機能をどう解すべきなのか。ともあれ、排出器官であるかも知れない、という著者らの予想は、少くとも Ca に関する限りは、当つていない。

ところで妊娠時には、やや異つた所見を呈していた。それは小腸全内容の *cpm* が、相対的比例において特に高い、という点である。こうした小腸への集中性を、どう理解すべきかに苦しむ。妊娠時には、正常時とは量的または質的に、違つた Ca 代謝が営まれることは、怪しむにたらない。例えば COPP ら⁽¹⁰⁾ は、妊娠マウスに ⁴⁵Ca を与え、出産時の胎児骨に、母体骨の 2 ~ 3 倍の ⁴⁵Ca を見出している。石沢ら⁽¹¹⁾ は妊婦で測定し、妊娠期の進むにつれて、血清 Ca 量が減少すると述べている。これらの現象は、胎児の発育に伴う必然性が、理論的にも肯定されうる。ところが、著者らのえた結果は、合目的性とどのようにも結びつきにくい。Ca の腸管内排出自体の意義が明確にされない限り、解釈が困難というほかない。

4. 腸管の各部位、つまり小腸、盲腸、近側結腸と遠側結腸の 4 部位の内容中の ⁴⁵Ca 量には、かなりの隔差が存していた。しかし、ともかくいずれの部位にも見出されるのである。

ただここで、注意を要するのは、この *cpm* から直ちに、各部位の排泄能を規定しえないであろう、ということである。というのは、排出とともに、腸管内での再吸収がありうるからである。毛利⁽¹²⁾ は家兎の別出腸管を灌流しつつ、腸管内に ⁴⁵CaCl₂ を注入すると、速やかに灌流流出液に現われ、また灌流液に ⁴⁵CaCl₂ を滴加すると、腸管内に ⁴⁵Ca が認められるという。こうした腸管内壁を介する相互移動は、恐らく D'AGOSTINO⁽¹³⁾ の主張するように、両相のイオン勾配によつて、大きく支配されるものであろう。血中の ⁴⁵Ca 量は時間経過に従つて変動するし、血中及び腸管内の非放射性 Ca 或はその他の各イオンの問題もあり、腸管における排出、再吸収は甚だ複雑な機構の上に成立つと考えられる。以上から、著者らの成績は、必しも真の排泄能を意味しないかもしれないが、それがすべて腸管内へ排泄されたことは、当然明らかであり、従つて Ca が腸管の各部位において排出することは、確かめられたわけである。また、もし再吸収が起るものと仮定すれば、ここにえられた数値は、排泄と吸収の決算的な結果を意味することになる。

摘 要

腸管への Ca 排泄を窺うために、家兎について、つぎの実験を行った。

即ち、結紮によつて腸管を小腸、盲腸、近側結腸及び遠側結腸の 4 部位に区分し、内容の移出入を阻止した家兎に、 $^{45}\text{CaCl}_2$ を皮下注射し、一定時間後に致死、各区分の内容乾物量を秤量し、この一部を灰化して、*cpm* を計測した。この測定値について、 ^{40}K 等の天然放射性同位体に基づく *cpm* を補正した後、これから腸管各部位に存在する *cpm* の総計を算出、比較した。

結果はつぎの通りに要約される。

1. 上記 4 部位の、いずれにも、 ^{45}Ca の排出が認められた。
2. 全腸管中に存在する ^{45}Ca 量に対する、各部位の占める割合は、雌、雄ともに、小腸と近側結腸が高く、1 位或は 2 位を占める。この兩者につくものは盲腸であり、遠側結腸が最低であつた。
3. 妊娠期には、小腸の占める割合が高まる。
4. 上述の成績は、必しも各部位の、真の排泄能を意味しないであろう。というのは、腸管内における ^{45}Ca の再吸収が、ありうるからである。

本研究の一部は、文部省の総合科学研究費の援助によつた。絶えず御懇篤な御指導を賜つた、研究代表者、東大、大久保義夫教授に深謝いたします。尚、本成績の一部は、日本獣医学会 (1957) で報告した。

文 献

- 1) VISEK, W. J. *et al.*: *J. Nutrit.*, **50**, 23 (1953).
- 2) HANSARD, S. L. *et al.*: *Amer. J. Physiol.*, **177**, 383 (1954).
- 3) SHIRLEY, R. L. *et al.*: *Poultry Sci.*, **30**, 730 (1951).
- 4) TUTTLE, L. W. & LAWRENCE, J. H.: *Ann. Intern. Med.*, **15**, 487 (1941).
- 5) CAMPBELL, J. A. *et al.*: *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **26**, 176 (1940).
- 6) SMITH, A. H. *et al.*: *J. Nutrit.*, **61**, 373 (1957).
- 7) 堀内一弥 他: 医学と生物学, **42**, 43 (1957).
- 8) 神立 誠・吉原一郎: 生化学, **27**, 541 (1955).
- 9) 神立 誠・吉原一郎: 日本畜産学会 (1953).
- 10) COPP, P. H. *et al.*: *J. Nutrit.*, **29**, 261 (1945).
- 11) 石沢正一・西原 道: 医学と生物学, **46**, 52 (1958).
- 12) 毛利直文: 日本薬理誌, **51** (No. 1), 43 (1955).
- 13) D'AGOSTINO, A. *et al.*: *J. Clin. Invest.*, **32**, 444 (1953).
- 14) 安川正敏・長野慶一郎: 日本獣医誌, **16**, 271 (1954).
- 15) 安川正敏・長野慶一郎: 鹿大農学術報告, **3**, 121 (1954).

R é s u m é

It is well known that calcium in blood is excreted into intestinal tracts. Using rabbits the authors made an experiment on the problem, in which portion of intestine calcium is excreted.

By ligating, the whole intestine was divided into 4 portions, such as the small intestine, caecum, proximal colon, and distal colon. Soon after the operation, $^{45}\text{CaCl}_2$ was injected subcutaneously in dosage of $20 \mu\text{c}$. The rabbits were sacrificed 19 ~ 24 hrs. after injection, and the quantity of contents (drymatter, *gm*) and *cpm* in 50 *mg* of ash were determined. Then *cpm* originated in ^{45}Ca was obtained by

deduction that of ^{40}K etc. from the count of ashes, and the amount of *cpm* was calculated in each intestinal portion. The results are outlined below.

1. In every portion of intestine, the excretion of ^{45}Ca could be recognized.
2. As for the comparison between the amount of ^{45}Ca in each portion, the small intestine or the proximal colon ranked from the first to second place.
3. During the pregnancy, a tendency of ^{45}Ca to concentrate on the small intestine was observed.
4. It seems that the above described result does not always indicate the true value of ^{45}Ca secretion, because re-absorption may occur.

Table 4. Amount of *cpm* of contents in each portion

Case No.	Rabbit	Portion of * intestine	Dry matter of content <i>gm</i>	Cpm per 50 <i>mg</i> of ash	Cpm per 1 <i>mg</i> of dry matter	Amount of <i>cpm</i> ** in intestinal content	
						<i>cpm</i>	%
1	2.2 <i>kg</i>	SI	1.8170	1273	3869	7029	28.5
		C	25.3395	41	230	5825	23.6
		PC	4.3752	561	2496	10920	44.2
		DC	3.3258	55	274	911	3.7
2	1.9	SI	1.1124	2129	6710	7448	35.9
		C	20.1296	33	105	2113	10.2
		PC	4.3825	677	2538	11121	53.6
		DC	1.6729	13	47	78	0.3
3	1.8	SI	1.3565	1854	4987	6762	58.0
		C	21.2300	28	73	1549	13.3
		PC	3.1274	321	837	2617	22.4
		DC	0.6323	102	314	738	6.3
$\bar{x} \pm s$ ***	SI					40.8 \pm 15.3	
	C					15.7 \pm 7.0	
	PC					40.1 \pm 16.0	
	DC					3.4 \pm 3.0	
4	Nonpreg. **** 2.1	SI	1.4305	3387	6536	9346	44.4
		C	22.9091	17	27	618	2.9
		PC	4.7688	912	2298	10938	52.0
		DC	1.4268	38	104	147	0.7
5	Nonpreg. 2.0	SI	1.3027	4986	15506	20157	51.4
		C	20.6718	21	55	1136	2.9
		PC	5.2777	1175	3372	17770	45.4
		DC	0.5560	69	204	112	0.3
6	Nonpreg. 2.8	SI	2.6049	8839	26340	68484	46.9
		C	40.4428	127	350	14154	9.8
		PC	4.8715	3571	12712	61907	42.4
		DC	7.0169	80	203	1423	0.9
7	Nonpreg. 2.7	SI	4.2817	2928	6675	28569	30.4
		C	20.3515	49	161	3276	3.5
		PC	8.3423	1666	7397	61690	65.5
		DC	7.4847	18	79	590	0.6
$\bar{x} \pm s$	SI					43.3 \pm 9.0	
	C					4.8 \pm 3.3	
	PC					51.3 \pm 10.2	
	DC					0.6 \pm 0.3	

8	Preg. ***** (8)	2.3	SI	1.6780	8163	27101	45258	61.1
			C	28.7260	73	340	9764	13.2
			PC	4.6317	817	3896	18038	24.3
			DC	1.4920	155	700	1043	1.4
9	Preg. (14)	2.8	SI	2.4330	8173	28278	68715	85.0
			C	16.7579	49	144	2412	3.0
			PC	3.1370	1033	2851	8923	11.0
			DC	2.9217	97	265	773	1.0
10	Preg. (18)	2.2	SI	0.3656	3754	17118	13882	69.1
			C	25.6834	25	77	1977	9.8
			PC	4.3331	317	957	4146	20.7
			DC	0.8112	64	194	71	0.4
11	Preg. (25)	2.2	SI	2.0038	10277	19999	39998	87.9
			C	8.2389	175	360	2962	6.5
			PC	1.1609	227	432	501	1.1
			DC	0.4215	2135	4864	2042	4.5
12	Preg. (28)	2.7	SI	3.6877	4035	5931	22419	65.4
			C	19.0958	104	219	4180	12.2
			PC	2.7725	786	2585	7160	20.9
			DC	1.7965	70	271	485	1.5
$\bar{x} \pm s$	SI						73.7 \pm 11.3	
	C						8.9 \pm 4.2	
	PC						15.6 \pm 9.5	
	DC						1.8 \pm 1.4	

* SI, Small intestine. C, Caecum. PC, Proximal colon. DC, Distal colon.

** Amount of cpm = cpm (dry matter 1 gm) \times dry matter (gm).

*** Standard deviation. **** Nonpreg., Nonpregnant. Preg., Pregnant.

***** Number in bracket indicates the elapsed days after copulation.