

小児期における燐代謝に関する研究

第2編 健康な幼児, 学童並びに数種發育異常小児
における燐排泄量

昭和43年7月9日 受付

信州大学医学部小児科学教室

(主任: 吉田 久教授)

飯 沼 和 枝

Studies on Phosphorus Metabolism in Infants and Children

Part II. Phosphorus Output in Healthy Children and in Several
Diseases of Growth and Development

Kazuo IINUMA

Department of Pediatrics, Faculty of Medicine, Shinshu University

(Director: Prof. H. Yoshida)

I 緒 言

当教室における小児期の物質代謝に関する研究の一環として、著者は燐(以下Pと略す)代謝につき検討を企て、第1編においては乳児を対象とした出納試験の成績を報告した。今回はこれに引き続いて、幼児学童を対象としてのP代謝につき、その排泄状況より検討を行った。健康な幼児あるいは学童についてこのような検討を行った報告は、窒素、カルシウムのそれに比較するとはるかに少ないようであり、ことに本邦小児については少数であった¹⁾²⁾。またこの種の成績は一般に実験条件によって比較的大きな差をきたしうるので、今回も第1編に準じてまず健康対象につき著者自身の正常値を求め、これを以降の研究の対象とした。ついで従来比較的報告のみられていない種々の發育異常小児に関して検索を行った。又その一部に甲状腺ホルモン剤、Vitamin D 剤を投与してその影響を検討した。

II 研究対象及び測定方法

1) 研究対象

(i) 健康幼児, 学童: 対象とした幼児は5才~6才の健康小児6例(男3, 女3例), 学童は7才~13才の健康小児6例(男児のみ), 計12例である。幼児は保育園々児より特記すべき異常を認めなかったものを選んだ。学童は健康診断の目的で来院し特記すべき異常を認めなかったものを主とし、急性疾患の治癒後相当期間を経過し正常に復したと思われたものを含めた。検索を行った時の体重は幼児が14.8~20.8kg, 学

童は19.2~46.5kgであった。摂取食事は全例普通食事であり、P排泄量はそれぞれ3日間連続して測定し、その平均値を求めた。又えられた成績は主に体重1kg宛の値について検討した。

(ii) 發育異常小児: 対象は当科に収容した2才10ヶ月から18才までの疾患児合計44例で、内分泌、代謝異常に基くと考えられる發育異常小児を主としている。ここにいう發育とは成長を含めた広義のそれであり、その内訳は肥胖症として単純性肥胖症12例, Laurence-Moon-Biedl 症候群6例, 小人症として下垂体性小人症4例, 原発性小人症7例, 甲状腺疾患として甲状腺機能低下症6例, その他の疾患として進行性筋萎縮症7例, 腎性尿崩症1例, 遺伝性仮性欠乏性クル病(Prader)1例である。これらの一部のもの、即ち Laurence-Moon-Biedl 症候群の1例, 甲状腺機能低下症の5例に使用した甲状腺ホルモン剤は全て乾燥甲状腺末であり、P出納検査時までの使用期間は7~25日, 使用総量は、570~1,350mgである。腎性尿崩症, 遺伝性仮性欠乏性クル病に使用した Vitamin D はチヨコラDで、総量120~240万単位を経口的に投与した。なおこれらの小児の摂取食餌, P排泄量の求め方は特記しない限り(i)に述べたところと同じである。

2) 測定方法

P測定方法及び検体の採取方法は第1編に述べたものと同様である。糞便の排泄が非常に不定であった一部の例では Maker としてカルミンを使用した。肥胖症, 小人症の定義は、一般臨床所見及び体重身長を参考とした。後者に関しては Fanconi³⁾に準じ、歴年令

に対する体重年令または身長年令を基準とした。ただし、それぞれの程度による細分は行わなかった。疾患小児における成績は、対象と等しい年令層の健康小児の成績と比較した。即ち健康小児の棄却限界を正常範囲と見做し、これを逸脱した場合を異常高値または低値とするとともに、信頼限界を逸脱した場合を比較的高値または低値として取り扱い、対象の一部では平均値の比較を行った。推計学的処理は危険率5%とした。またホルモン剤などを使用した場合の成績は、使用前と使用時につき比較した。

III 測定成績

(i) 健康幼児, 学童

a) 幼児: 対象6例の尿, 糞便につき計36検体のP量を測定した。各対象別の実測値, 体重1kg宛換算値は表1, 図1に示した如くになった。即ち実測値の平均値は尿中排泄量: 316.5mg/日, 糞便中排泄量: 218.2mg/日, 総排泄量: 534.7mg/日であった。棄却限界(危険率5%)を正常範囲とみなした際, 体重1kg宛換算値による正常範囲は, 尿中排泄量: 9.8~24.8mg/kg/日, 糞便中排泄量: 4.8~19.2mg/kg/日, 総排泄量

表 1 健康幼児, 学童における磷排泄量 (mg/日)

幼 児					学 童								
症 例	年 令	性 別	体 重 (kg)	排 泄 量			症 例	年 令	性 別	体 重 (kg)	排 泄 量		
				尿 中 排 泄 量	糞 便 中 排 泄 量	総 排 泄 量					尿 中 排 泄 量	糞 便 中 排 泄 量	総 排 泄 量
1	5	♀	14.80	295.7	214.7	510.4	1	7	♂	19.2	253.7	189.6	443.3
2	5	♂	18.10	295.7	196.0	491.7	2	8	♂	26.3	291.1	265.5	556.6
3	5	♀	19.25	281.8	271.4	553.2	3	8	♂	25.0	385.6	182.0	567.6
4	6	♀	17.60	252.5	178.7	431.2	4	9	♂	31.0	243.8	228.4	472.2
5	6	♂	19.15	373.7	262.0	635.7	5	10	♂	24.0	343.3	209.0	552.3
6	6	♂	20.80	399.7	186.2	585.9	6	13	♂	46.5	341.0	258.8	599.8
平 均 値				316.5	218.2	534.7	平 均 値				309.8	222.2	532.0
変 動 範 囲				252.5 399.7	178.7 271.4	431.2 635.7	変 動 範 囲				243.8 385.6	182.0 265.5	443.3 599.8

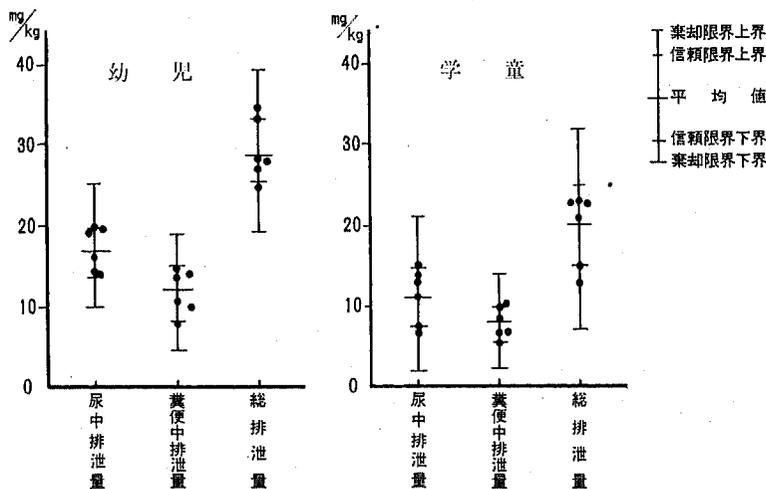


図 1 健康幼児, 学童における磷排泄量 (mg/kg/日)

量: 19.4~39.4mg/kg/日となった。又それぞれの平均値及び信頼限界は、尿中排泄量: 17.3±2.8mg/kg/日、糞便中排泄量: 12.0±2.7mg/kg/日、総排泄量: 29.4±3.8mg/kg/日であった。

b) 学童: 対象6例の尿、糞便につき計36検体のP量を測定した。各対象別の実測値、体重1kg宛換算値は表2、図1に示した如くになった。即ち実測値の平均値は、尿中排泄量: 309.8mg/日、糞便中排泄量: 222.2mg/日、総排泄量: 532.0mg/日であった。体重1kg宛換算値について幼児の場合と同じ基準で正常範囲を求め次の値をえた。尿中排泄量: 1.8~21.2mg/kg/日、糞便中排泄量: 2.3~13.9mg/kg/日、総排泄量: 7.5~31.9mg/kg/日、またそれぞれの平均値と信頼限界は、尿中排泄量: 11.5±3.7mg/kg/日、糞便中排泄量: 8.1±2.2mg/kg/日、総排泄量: 19.7±4.6mg/kg/日であった。

(ii) 発育異常小児

a) 肥胖症: 対象とした18例は1例を除き全例学童である。これらの尿、糞便につき計108検体のP量を測定した。各対象別の実測値、体重1kg宛換算値は表3に示した。後者を図示したものが図2である。図中に示した平均値、信頼限界、棄却限界は上述の(i)においてえた対象と等しい年齢層の健康小児(この場合は学童)の値である(以下各図同じ)。

1) 単純性肥胖症: 対象12例の体重1kg宛換算値による1日排泄量は、尿中排泄量: 3.7~11.5mg/kg、糞便中排泄量: 0.8~8.0mg/kg、総排泄量: 4.5~16.3

mg/kgであった。以上の成績を前述した健康学童の成績と対比すると、極端に糞便量の少なかった例を除き全例正常範囲内にあった。しかし、大多数は比較的低値を示し、表3に示した各排泄量の平均値は何れも健康学童の平均値と有意の差を示した。

2) Laurence-Moon-Biedl 症候群: 対象6例の体重1kg宛換算値による1日排泄量は、尿中排泄量: 3.7~12.2mg/kg、糞便中排泄量: 2.2~6.4mg/kg、総排泄量: 7.2~18.1mg/kgであった。全例ほぼ正常範囲内にあり比較的低値を示すものが多かった。

b) 小人症: 対象とした小児11例は全例学童である。これらの尿、糞便につき計66検体のP量を測定した。各対象別の実測値、体重1kg宛換算値は表4、図3に示した。

1) 下垂体性小人症: 対象4例の1kg宛換算値による1日排泄量は、尿中排泄量: 11.5~24.7mg/kg、糞便中排泄量: 6.5~20.1mg/kg、総排泄量: 22.0~40.2mg/kgであった。健康学童に比べ尿中排泄量では1例が異常高値、1例が比較的高値を示した。糞便中排泄量、総排泄量ではそれぞれ1例が異常高値、2例が比較的高値を示した。

2) 原発性小人症: 対象7例の当kg1日排泄量は、尿中排泄量: 8.7~25.4mg/kg、糞便中排泄量: 6.1~12.7mg/kg、総排泄量: 15.0~31.5mg/kgであった。尿中排泄量では1例が異常高値、1例が比較的高値を、糞便中排泄量、総排泄量ではそれぞれ2例が比較的高値を示した。

表 2 健康幼児、学童における磷排泄量 (mg/kg/日)

幼 児				学 童									
症 例	年 令	性 別	体 重 (kg)	排 泄 量			症 例	年 令	性 別	体 重 (kg)	排 泄 量		
				尿 中 排 泄 量	糞 便 中 排 泄 量	総 排 泄 量					尿 中 排 泄 量	糞 便 中 排 泄 量	総 排 泄 量
1	5	♀	14.80	20.0	14.5	34.5	1	7	♂	19.2	13.2	9.9	23.1
2	5	♂	18.10	16.3	10.8	27.1	2	8	♂	26.3	11.1	10.1	21.2
3	5	♀	19.25	14.6	14.1	28.7	3	8	♂	25.0	15.4	7.3	22.7
4	6	♀	17.60	14.3	10.2	24.5	4	9	♂	31.0	7.9	7.4	15.3
5	6	♂	19.15	19.5	13.7	33.2	5	10	♂	24.0	14.3	8.7	23.0
6	6	♂	20.80	19.2	9.0	28.2	6	13	♂	46.5	7.3	5.6	12.9
平 均 値				17.3	12.1	29.4	平 均 値				11.5	8.2	19.7
標 準 偏 差				2.7	2.6	3.6	標 準 偏 差				3.5	2.1	4.4
信 頼 限 界				17.3 ±2.8	12.0 ±2.7	29.4 ±3.8	信 頼 限 界				11.5 ±3.7	8.1 ±2.2	19.7 ±4.6
棄 却 限 界				17.3 ±7.5	12.0 ±7.2	29.4 ±10.0	棄 却 限 界				11.5 ±9.7	8.1 ±5.8	19.7 ±12.2

表 3 肥胖症における磷排泄量 (mg/日及びmg/kg/日)

病名	症例	氏名	性別	年齢	体重 (kg)	尿中排泄量		糞便中排泄量		総排泄量	
						mg/日	mg/kg/日	mg/日	mg/kg/日	mg/日	mg/kg/日
単純性 肥胖症	1	宮○ほ○枝	♀	7 j 0m	28.280	186.2	6.1	186.2	6.1	372.4	12.2
	2	市○愛○	♀	7 j 6m	41.000	240.0	5.9	159.1	3.9	399.1	9.8
	3	大○敏○	♂	7 j 11m	46.000	340.2	7.4	370.1	8.0	710.3	15.4
	4	宮○山○	♀	8 j 0m	35.190	404.7	11.5	168.0	4.8	572.7	16.3
	5	永○千○子	♀	9 j 2m	51.440	190.2	3.7	42.2	0.8	232.4	4.5
	6	中○充○	♂	9 j 8m	48.000	468.6	9.8	289.2	6.0	757.8	15.8
	7	中○昭○	♀	10 j 6m	42.760	341.0	8.0	220.8	5.2	561.8	13.2
	8	関○一○志	♂	11 j 0m	52.540	480.1	9.1	209.7	4.0	689.8	13.1
	9	諏○博○	♂	11 j 1m	57.000	440.2	7.7	305.4	5.4	745.6	13.1
	10	野○房○	♀	11 j 7m	54.375	248.7	4.6	270.3	5.0	519.0	9.6
	11	小○英○	♂	11 j 9m	69.600	514.3	7.4	161.1	2.3	675.4	9.7
	12	笹○和○	♂	12 j 9m	39.500	182.3	4.6	253.5	6.4	435.8	11.0
平均値						336.4	7.2	219.6	4.8	556.0	12.0
Laurence- Moon- Biedl 症候群	13	内○登○	♂	7 j 3m	30.360	370.5	12.2	177.6	5.9	548.1	18.1
	14	北○美○子	♀	11 j 9m	62.600	233.1	3.7	216.7	3.5	449.8	7.2
	15	丸○千○	♀	12 j 5m	55.406	429.4	7.8	119.7	2.2	549.1	9.9
	16	小○学○	♂	13 j 4m	69.225	755.7	10.9	206.7	3.0	962.4	13.9
	17	小○丈○	♂	14 j 0m	59.500	402.0	6.8	341.5	5.7	743.5	12.5
	18	小○充○	♀	18 j 8m	55.500	251.6	4.5	356.1	6.4	607.7	10.9
平均値						407.1	7.7	236.4	4.5	643.4	12.1

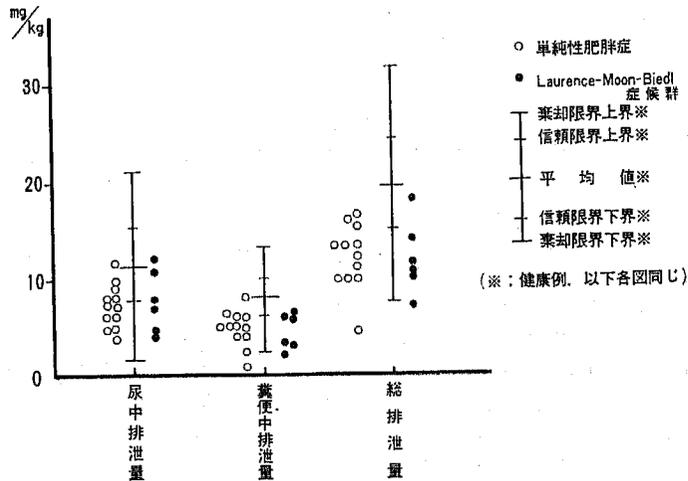


図 2 肥胖症における磷排泄量 (mg/kg/日)

c) 甲状腺機能低下症: 対象とした小児 6 例の尿, 糞便につき計 36 検体の P 量を測定した。内訳は幼児 2 例, 学童 4 例ある。これらの対象別実測値, 当 kg 1

日宛排泄量は, 表 5, 図 4 に示した。1 kg 宛換算値による 1 日排泄量は, 尿中排泄量: 2.7~15.9 mg/kg, 糞便中排泄量: 4.9~13.8 mg/kg, 総排泄量: 7.6~28.2

表 4 小 人 症 に お け る 磷 排 泄 量
(mg/日 及び mg/kg/日)

病 名	症 例	氏 名	性 別	年 令	体 重 (kg)	尿 中 排 泄 量		糞 便 中 排 泄 量		総 排 泄 量			
						mg/日	mg/kg/日	mg/日	mg/kg/日	mg/日	mg/kg/日		
下 垂 体 性 小 人 症	19	山○利○	♂	9 j 11m	10.520	211.9	20.1	210.9	20.1	422.8	40.2		
	20	久○田○治	♂	11 j 2m	18.500	219.4	11.5	200.4	10.5	419.8	22.0		
	21	*手○康○	♂	14 j 0m	18.300	452.0	24.7	118.8	6.5	570.8	31.2		
	22	古○正○	♂	14 j 3m	30.500	400.2	13.1	416.7	13.7	816.9	26.8		
(*尿崩症を伴う)						平 均 値		320.9	17.4	236.7	12.7	557.6	30.1
原 発 性 小 人 症	23	渡○美○子	♀	7 j 7m	18.288	250.5	13.7	119.7	6.6	370.2	20.3		
	24	岸 ○ 栄	♀	8 j 9m	17.232	150.4	8.7	108.1	6.3	258.5	15.0		
	25	吉 ○ 幸	♀	10 j 0m	15.480	189.8	11.9	159.8	10.0	349.6	21.9		
	26	久○田○子	♀	11 j 7m	20.800	200.2	9.6	169.3	8.1	369.5	17.7		
	27	藤○し○子	♀	11 j 8m	22.430	393.7	17.6	284.9	12.7	678.6	30.3		
	28	白○す○子	♀	13 j 4m	27.000	321.3	11.9	306.9	11.4	628.2	23.3		
	29	赤○勝○	♂	15 j 0m	22.920	583.2	25.4	139.8	6.1	723.0	31.5		
平 均 値						298.4	14.1	184.1	8.7	482.5	22.8		

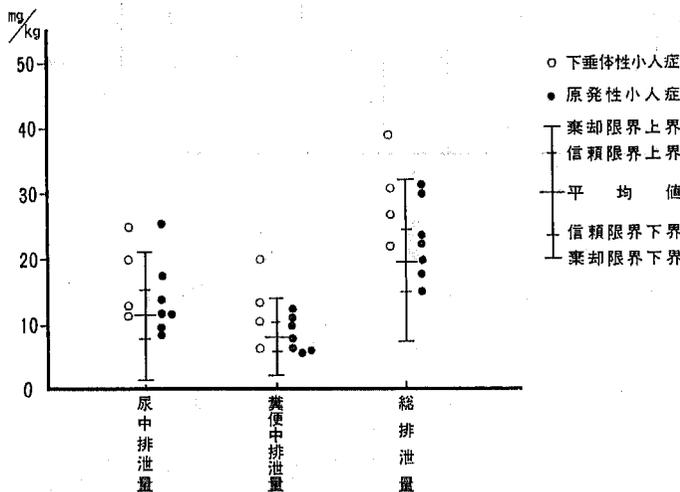


図 3 小 人 症 に お け る 磷 排 泄 量
(mg/kg/日)

mg/kgであった。尿中排泄量では1例が比較的高値を示したが、他の4例は全例比較的低値を示した。糞便中排泄量では1例が、総排泄量では3例が比較的低値を示した。

d) 進行性筋萎縮症：対象7例(学童)の尿、糞便につき計42検体のP量を測定した。当kg1日宛排泄量は、尿中排泄量：3.3~8.2mg/kg、糞便中排泄量：6.6~22.6mg/kg、総排泄量：12.2~26.7mg/kgであった。尿中排泄量は1例を除いて全例比較的低値を示した。糞

便中排泄量では異常高値4例、比較的高値1例を示した。総排泄量は半数に比較的高値または低値を示したが、全例正常範囲にあった(表6, 図5)。

e) 腎性P尿崩症：対象1例(幼児)の1日宛排泄量は、尿中排泄量：25.7mg/kg、糞便中排泄量：15.5mg/kg、総排泄量：41.2mg/kgであった。尿中排泄量は異常高値を、糞便中排泄量は比較的高値を、総排泄量は異常高値を示した(表6, 図5)。

f) 遺伝性仮性欠乏性クル病：対象1例(学童)の

表 5 甲状腺機能低下症における磷排泄量
(mg/日 及び mg/kg/日)

症例	氏名	性別	年齢	体重 (kg)	尿中排泄量		糞便中排泄量		総排泄量	
					mg/日	mg/kg/日	mg/日	mg/kg/日	mg/日	mg/kg/日
30	中○栄○	♀	4 j 4m	11.190	149.1	13.3	149.0	13.3	298.1	26.6
31	田○和○	♂	6 j 1m	14.500	201.1	13.9	152.5	10.5	353.6	24.4
32	半○清○	♂	7 j 0m	15.950	253.4	15.9	123.2	7.7	376.6	23.6
33	塩○純○	♀	7 j 2m	13.100	177.1	14.4	181.2	13.8	358.3	28.2
34	中○幸○	♀	11 j 0m	28.000	75.0	2.7	136.3	4.9	211.3	7.6
35	小○朝○	♂	13 j 5m	36.150	228.3	6.3	237.0	6.6	465.3	12.9
平均 値 (幼児)					175.1	13.6	150.8	11.9	325.9	25.5
平均 値 (学童)					183.5	9.8	169.4	8.3	352.9	18.1

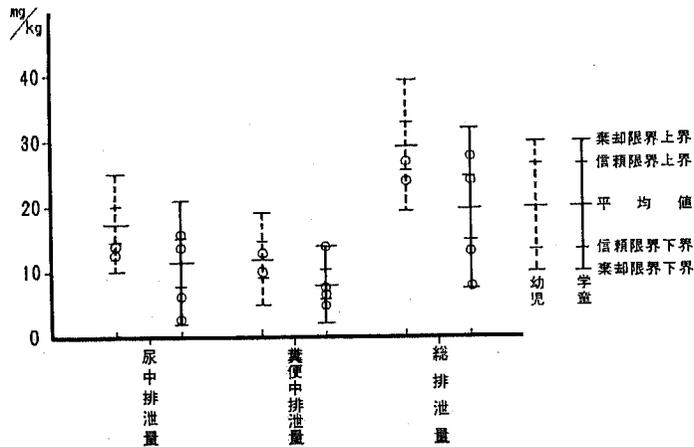


図 4 甲状腺機能低下症における磷排泄量
(mg/kg/日)

表 6 数種疾患における磷排泄量
(mg/日 及び mg/kg/日)

病名	症例	氏名	性別	年齢	体重 (kg)	尿中排泄量		糞便中排泄量		総排泄量	
						mg/日	mg/kg/日	mg/日	mg/kg/日	mg/日	mg/kg/日
進行性 筋萎縮症	36	渡○芳○	♂	9 j 10m	24.50	186.0	7.6	385.5	15.7	571.5	23.3
	37	小○正○	♂	9 j 11m	28.00	142.1	5.1	603.7	21.6	745.8	26.7
	38	赤○佳○	♂	10 j 2m	19.00	113.0	5.9	294.0	15.5	407.0	21.4
	39	北○紀○	♂	10 j 8m	17.00	56.0	3.3	383.8	22.6	439.8	25.9
	40	森○栄○	♀	12 j 1m	29.00	238.5	8.2	192.4	6.6	430.9	14.8
	41	諸○正○	♂	12 j 1m	33.00	214.5	6.5	430.6	13.0	645.1	19.5
	42	赤○と○子	♀	12 j 8m	30.50	163.8	5.4	208.1	6.8	371.9	12.2
平均 値						159.1	6.0	356.9	14.5	516.0	20.5
腎性磷尿崩症	43	小○則○	♀	2 j 10m	12.72	327.1	25.7	197.4	15.5	524.5	41.2
遺伝性仮性欠乏性くる病	44	中○信○	♂	7 j 2m	20.15	433.2	21.5	360.7	17.9	793.9	39.4

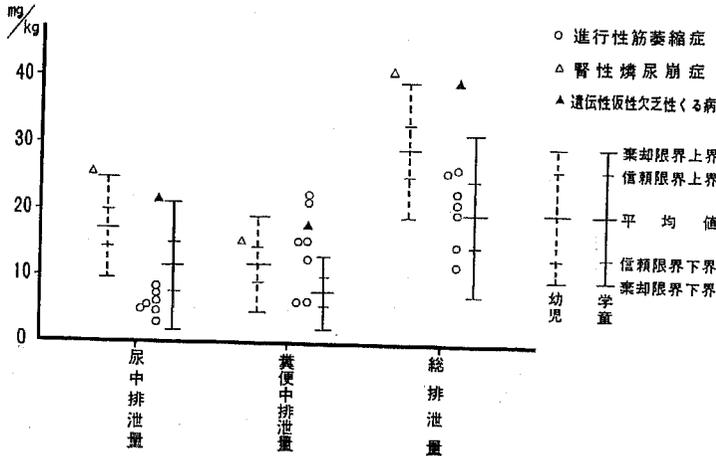


図5 数種疾患における磷排泄量 (mg/kg/日)

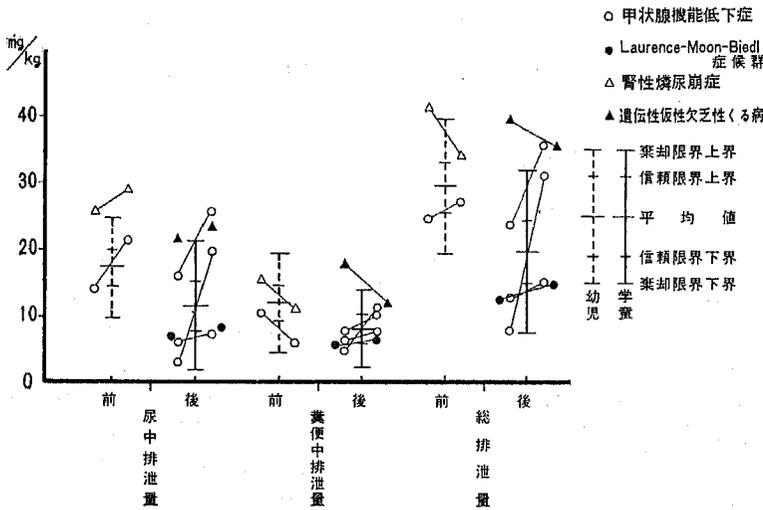


図6 甲状腺ホルモン、Vitamin D 剤使用前と使用時の磷排泄量 (mg/kg/日)

1日宛排泄量は、尿中排泄量：21.5mg/kg、糞便中排泄量：17.9mg/kg、総排泄量：39.4mg/kgで尿中、糞便中、総排泄量ともに異常高値を示した(表6、図5)。

(iii) 甲状腺ホルモン、ビタミンD剤使用小児

(a) 甲状腺ホルモン剤使用小児：対象とした5例の内訳は、甲状腺機能低下症4例(幼児1、学童3)、Laurence-Moon-Biedl 症候群1例(学童)である。P排泄量測定までの乾燥甲状腺末使用状況は、使用期間、総量、測定時使用量の順に記すと、症例31：25日、1085mg、75mg/日、症例32：15日、570mg、45mg/日、

症例34：17日、790mg、50mg/日、症例35：15日、580mg、50mg/日、症例17：7日、1350mg、200mg/日であった。各対象別の実測値、体重1kg宛換算値は表7、図6に示した。各対象の使用前値はそれぞれ尿中排泄量：13.9、15.9、2.7、6.3、6.8mg/kg、糞便中排泄量：10.5、7.7、4.9、6.6、5.7mg/kg、総排泄量：24.4、23.6、7.6、12.9、12.5mg/kgであった。使用を開始した後の排泄量は、それぞれ尿中排泄量：21.3、25.7、19.7、7.3、8.1mg/kg、糞便中排泄量：5.8、9.9、11.3、7.8、6.5mg/kg、総排泄量：27.1、35.6、31.0、

表 7

甲状腺ホルモン, Viramin D 剤使用前後の磷排泄量
(mg/日及びmg/kg/日)

	症 例	氏 名	性 別	年 令	体 重 (kg)	尿中排泄量		糞便中排泄量		総排泄量		病 名
						mg/日	mg/kg/日	mg/日	mg/kg/日	mg/日	mg/kg/日	
甲 状 腺 ホ ル モ ン 剤 使 用 前	31	田○和○	♂	6 j 1m	14.500	201.1	13.9	152.5	10.5	353.6	24.4	甲 状 腺 機 能 低 下 症 Laurence-Moon- Biedl 症候群
	32	半○清○	♂	7 j 0m	15.950	253.4	15.9	123.2	7.7	376.6	23.6	
	34	中○幸○	♀	11 j 0m	28.000	75.0	2.7	136.7	4.9	211.3	7.6	
	35	小○朝○	♀	13 j 5m	36.150	228.3	6.3	237.0	6.6	465.3	12.9	
	17	小○丈○	♂	14 j 0m	59.500	402.0	6.8	341.5	5.7	743.5	12.5	
		平	均	値		232.0	9.1	198.1	7.1	430.1	16.2	
甲 状 腺 ホ ル モ ン 剤 使 用 中	31	田○和○	♂	6 j 10m	14.500	309.5	21.3	83.4	5.8	392.9	27.1	甲 状 腺 機 能 低 下 症 Laurence-Moon- Biedl 症候群
	32	半○清○	♂	7 j 2m	16.260	417.9	25.7	161.6	9.9	579.5	35.6	
	34	中○幸○	♀	11 j 3m	26.500	521.7	19.7	300.3	11.3	822.0	31.0	
	35	小○朝○	♀	13 j 6m	38.800	285.1	7.3	302.8	7.8	587.9	15.2	
	17	小○丈○	♂	14 j 0m	59.790	483.8	8.1	391.2	6.5	875.0	14.6	
		平	均	値		403.6	16.4	247.9	8.3	651.5	24.7	
ヴ イ タ ミ ン D 剤 使 用 前	43	小○則○	♀	2 j 10m	12.740	327.1	25.7	197.4	15.5	524.5	41.2	腎性磷尿崩症 遺 伝 性 仮 性 欠 乏 性 ク ル 病
	44	中○信○	♂	7 j 2m	20.150	433.2	21.5	360.7	17.9	793.9	39.4	
	43	小○則○	♀	2 j 10m	11.740	338.7	28.9	129.7	11.1	468.4	34.0	
	44	中○信○	♂	7 j 4m	16.810	389.9	23.2	203.5	12.1	593.4	35.3	

15.2, 14.6 mg/kg で 1 例の糞便中排泄量を除けば、全例で尿中、糞便中、総排泄量が多少なりとも増加していた。平均値と比較してみると、尿中排泄量は 9.1 から 16.4mg/kg、糞便中排泄量は 7.1 から 8.3mg/kg に、総排泄量は 16.2 から 24.7mg/kg に増加し、尿中及び総排泄量の増加は推計学的にも有意であった。

b) Vitamin D 剤使用小児：前述した腎性 P 尿崩症と遺伝性仮性欠乏性クル病の 2 例にそれぞれ Vitamin D 剤を使用して使用前の値（既述）と使用時の値とを比較した。前者に Vitamin D 10 万単位を 12 日間連日服用させた後の P 排泄量は、尿中排泄量：28.9mg/kg、糞便中排泄量：11.1mg/kg、総排泄量：34.0mg/kg となり、使用前（既述）に比べ尿中排泄量は軽度増加、糞便中及び総排泄量は減少した。また後者に Vitamin D 10 万単位を 24 日間連日服用させた後の P 排泄量は、尿中排泄量：23.2mg/kg、糞便中排泄量：12.1mg/kg、総排泄量：35.3mg/kg となり使用前（既述）に比べ、尿中排泄量はほぼ不変であったが、糞便中及び総排泄量は減少した（表 7、図 6）。

IV 考 按

P は生体のエネルギー代謝に不可欠であり、小児の成長と発育上必須の要素である。従って幼児期以降の

小児について P 代謝を出納あるいは排泄量の見地から検討した成績も欧米では可成りみられるが^{4)~15)}、本邦小児についての報告は比較的少く¹⁶⁾、かつこれらの成績の間には後述のように報告者によって可成り大きな差がみられる。これは実験方法、即ち実施期間や実施方法、対象の摂取食餌の質量の相違、内分泌腺活動、その他各個体の諸条件が複雑に影響してくるためと思われる。そこで著者は、今回幼児、学童を対象として P 代謝に関する検討を行うに当り、まず健康小児について検討を企てた。この際、摂取量を均一にした食事を与えると、日常の食生活とは異った不自然さを生ずることを考慮に入れ、対象小児の食餌は原則として当院における普通食餌を好むままに与えた。またこれらの成績は第 1 編に準じて、主として単位体重宛に検討した。まず内外における従来の健康な幼児学童に関する成績のうち、知りえたものを幼児学童別に算出し、著者のものと比較した。結果は図 7 のようになった。図から明らかなように、著者のえた値は従来のものに比べて比較的低かった。即ち P の総排泄量 (kg/日) は、海外の諸報告が^{4)~15)}幼児：45.5~69.8mg、学童：16.5~55.0mg と述べているのに対し、著者の値はそれぞれ 29.4mg 及び 19.7mg であった。本邦小児について見た台志²⁾の成績においても、排泄量はそれぞれ 32.5

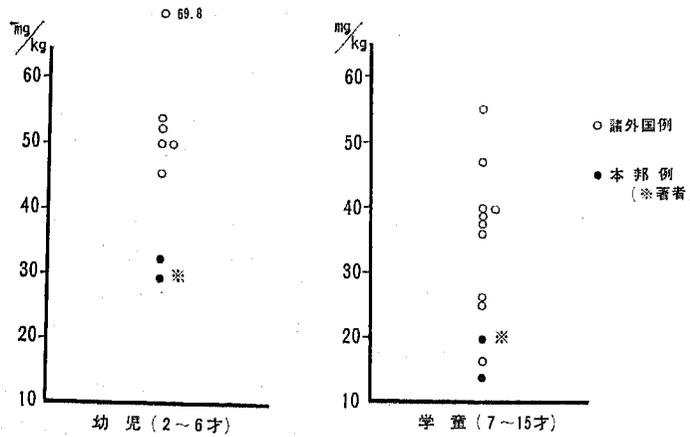


図 7 文献にみられた磷総排泄量 (mg/kg)

表 8 文献にみられた磷排泄量 (発表年次順)

報 告 者	年 令	例 数	尿中排泄量 (mg/kg/日)	糞便中排泄量 (mg/kg/日)	総排泄量 (mg/kg/日)
Schabad ⁴⁾	4 j ~ 5 j	3	44.9	24.9	68.9
	7 j 1m~13 j 5m	4	26.9	9.2	36.0
Herbst ⁵⁾⁶⁾	6 j 5m	1	34.5	11.0	45.5
	7 j 6m~13 j 7m	3	27.9	9.6	37.5
	13 j 4m~14 j 3m	2	17.9	7.2	25.1
Sherman and Hawley ⁷⁾	3 j 7m~ 6 j 0m	5	30.4	19.8	50.2
	7 j 4m~13 j 6m	7	16.5	9.9	26.4
Willard and Blunt ⁸⁾	3 j ~ 4 j	2	26.9	23.2	30.1
	8 j ~ 12 j	2	25.6	13.2	38.8
Burton ¹⁰⁾	3 j ~ 5 j	4	32.1	22.0	54.1
	12 j ~ 13 j	2	13.5	3.0	16.5
Wang, Kern and Kaucher ¹¹⁾	7 j ~ 12 j	15	35.0	20.0	55.0
Wang, Kaucher and Wing ¹⁴⁾	12 j ~ 15 j	23	26.0	14.0	40.0
Macy ¹⁵⁾	4 j ~ 6 j	-	35.6	16.9	52.5
	7 j ~ 9 j	-	29.1	17.7	46.8
	10 j ~ 12 j	-	26.0	14.2	40.2
高井・武知 ¹⁾	幼 児	7	*22~330	*40~460	*290~700
	学 童	6	*130~410	*50~270	*270~610
	思 春 期 前	4	*200~310	*100~360	*330~670
合 志 ²⁾	2 j 4m~ 6 j 6m	7	13.6	18.9	32.5
	3 j 0m~14 j 7m	8	9.2	5.0	14.2
著 者	5 j ~ 6 j	6	17.3	12.0	29.4
	7 j ~ 13 j	6	11.5	8.1	19.7

* 実測値 (mg/日)

mg及び14.2mgで、著者と同じく比較的低い値がえられている点より、これは主として内外における摂取食餌の質の差によるものであらうと思われる。この推定は、参考として調べた著者の平均摂取量が幼児33.4mg (29.2~39.5)、学童28.7mg (13.8~51.3)であり、海外の発表のそれぞれの値が57.8~91.3mg, 22.6~63.0mgであったことによっても裏づけられるように思う。なお尿中排泄量と糞便中排泄量を比較すると、後者に比べて前者が多く、またこれを年令的にみると、乳児では一般に尿中排泄量が多かった。これらの点についての著者の成績は、内外の多くの成績と一致している(表8)。

次に発育異常小児についての結果につき考察したい。単純性肥胖症は、小児の栄養障碍の一つとして最近注目されている。著者は、本症と同じく肥胖を来たすが、肥胖の成立機序にはおそらく大きな差を有すると思われる Laurence-Moon-Biedl 症候群とともに、その排泄状況を検討した結果、いずれの場合も体重当kg宛には比較的低値を示すものが多く、ことに単純性肥胖症では、健康対照と有意の差を示した。しかし実測値についてみると、いずれの場合においても健康対照と大差はえられなかった。これら2疾患のP代謝を、排泄量から検討した報告は手許にはえられなかったが、この著者の成績は、従来窒素やカルシウム代謝について教室の同僚が¹⁶⁾¹⁷⁾述べたところと全く同一の傾向であり、両種の肥胖症のP代謝には著しい差はないと思われる。体重宛換算値においてえられた比較的低値は、これらの小児では体重が重く、かつこの体重増加は主としてP代謝と関係の少ない脂肪の蓄積に基づくためと思われる。

小人症のうち、下垂体性小人症には多くの内分泌的要因が関与している。即ち成長ホルモン欠乏のほか、他の tropic ホルモン、insulin、甲状腺、副甲状腺、性腺、副腎皮質ホルモン等の異常を合併してくる場合がある。従って、P代謝を含めて本症の代謝障碍は多岐複雑である¹⁸⁾。例えば臨床的に、成長期の小児や先端肥大症の活動期には血清無機P値は高値を示すが、下垂体成長期からステロイド成長期に交替するところの思春期や、先端肥大症の停止期には正常となる¹⁹⁾²⁰⁾こと、血清無機P値が成長ホルモンの指標として利用しうること、さらに実験的には、下垂体摘出による血清無機P値²¹⁾、骨アルカリフォスファターゼ²²⁾²³⁾の減少、骨形成とりわけ軟骨形成の阻害²⁴⁾、成長ホルモン投与によるその回復、成長ホルモン測定法にこの骨発育を指標としうることなどは何れも周知の事実である。Shepard等²⁵⁾は、実際に下垂体性小人症の小児

につきP出納を調べている。その結果によると、出納は正であったが同年令の健康小児に比べて低値を示し、これに成長ホルモンを投与したところ、糞便、尿中のP排泄が減少し、蓄積が増加したという。Nadler等²⁶⁾の例の尿中P排泄量においても同様の結果がえられている。成長ホルモンのP代謝に及ぼす影響についてはなお幾つかの報告がみられるが^{27)~32)}、その投与は尿中P排泄量を減じ、蓄積量を増加させるというのが大勢である。この機序に関してはまだ定説はなく、窒素、カルシウム代謝を介しての影響も当然予想されるが最近 Courvilain等³²⁾は成長ホルモンの腎尿細管に対する直接作用を改めて強調し、成長ホルモンが従来認められているGFR、RPFのみでなく、T_{mp}の増加をひき起す結果、Pの腎クリアランスを低下させ尿中Pを減少させるといっている。一方原発性小人症では、下垂体性小人症と異り一般に骨年令の遅れや性発育の遅延はみられず、著明な内分泌機能異常を認めることもないのであるが、その身長年令の遅れは、P代謝における何らかの異常を想定させる。しかし手許の文献ではP代謝に関する詳しい報告をみだしえなかった。ただ Vest等³¹⁾の症例中に本症の1例が含まれており、成長ホルモンの投与で尿中P排泄が減じたと記載されている。著者の成績において、尿崩症を伴った下垂体性小人症(症例21)の尿中P排泄量は、当kg宛には明らかな異常高値を示した。実測値においても健康対照の変動範囲を上まわり、また尿糞便中P排泄比も著しく高かった。本例の尿中P排泄量増多は、上述した成長ホルモンの不足とともに多尿(3,400~4,600ml/日)が大きく関与しているものと思われた。また他の1例においても、当kg宛糞便中及び総排泄量は極めて多かった。本例の糞便量、血清無機P値、腎機能に異常は認められなかったが、他の3例に比し、小人症の程度の強い点が注目され、何らかの理由によるP吸収の阻害が考えられた。なお原発性小人症では1例を除いて排泄量、排泄比ともに著しい異常を認めなかった。而して両種小人症につき総排泄量を比較すると、下垂体性小人症では全例健康学童平均値を上まわる値を示したのに対し、原発性小人症では平均値以下の値を示すものもみられ、その結果両者の平均値は推計学的にも有意の差を示した。

甲状腺機能異常例のP代謝に関する報告は従来から比較的多数みられる。即ちその機能亢進時には、P排泄、とりわけ尿中P排泄が増加し、出納は負に傾くという^{33)~38)}。逆に機能低下時のP出納は正の方向に傾くという³³⁾³⁶⁾。また甲状腺ホルモンを投与すると尿中P排泄は一般に増し^{34)39)~41)}、これは主としてPタリ

アランスの増加によるが³⁷⁾⁴¹⁾, Phosphocreatin の崩壊及びATP転換率の亢進も関与するという³⁹⁾⁴²⁾⁴³⁾。著者の甲状腺機能低下症の6例では明らかな異常値はえられなかったが、対象の一部の尿中または総排泄量は正常範囲の下限に近い値を示した。またこのうち4例につき甲状腺剤を投与してその前後の排泄量を比較したところ、尿中排泄量、総排泄量は全例で、また糞便中排泄量は1例を除いて投与後増加した。この際の尿中及び総排泄量における増加は、推計学的にも有意であった。またこの総排泄量増加は尿中排泄量増加に負うところが大きく、1例は正常範囲上限をこえて、1例は上限近くまで達した。

進行性筋萎縮症は、小児期にしばしばみられる遺伝性の原発性筋疾患で、進行性の筋萎縮及び筋力の低下を特徴とする。本態はなお不明であるが、筋代謝障害説は一般に多くの支持をうけ⁴⁴⁾⁴⁵⁾、罹患筋では筋収縮に重要なクレアチン磷酸やATPの如き高エネルギーP化合物が減少しているとされ、Pを含む代謝異常が強調されている⁴⁶⁾。本症のP代謝を排泄量から検討した報告は、手許の文献にはみだしえなかったが、著者は4例に糞便中排泄量の異常な高値をえた。これらの症例では、その実測値においても健康学童の変動範囲を上まわった値を示していた。逆に尿中P排泄量は比較的低位を示すものが多く、実測値には全例健康学童の変動範囲を下まわっていた。肥胖症の場合と異なりこの成績は本症患者にみられる体重の減少のみでは説明されず、本症における先天的なP代謝の異常、殊に吸収不全を示唆するよう思う。ただし著者の対象とした症例のうち本症のみは某施設に収容されていたものであるため食餌組成の差も考慮にいれる必要があり、今後例数を重ねて検討したい。なお著者の扱った症例は全例典型的なDuchenne型で、半数のものが当試験施行後1年程で独力起立不能となっている。疾患進行度とこれら異常値の間には相関は認められなかったが、上述した異常例5例は全例男児であった。

腎性P尿崩症の本態については腸管よりのカルシウム吸収障害に基く上皮小体機能亢進説と腎尿細管よりのP再吸収障害説があるが⁴⁷⁾、著者の成績をみると、当々宛の尿中P排泄量は異常高値を、糞便中排泄量は比較的高値を示し、総排泄量も異常高値を示した。また同僚の測定した糞便中カルシウム量は明らかに異常な高値を示していた¹⁷⁾。遺伝性仮性欠乏性クル病(hereditäre Pseudomangel-Rachitis)は1961年Praderによりはじめて詳細に記載されたD抵抗性クル病の一特殊型である⁴⁷⁾⁴⁸⁾。Praderは常染色体優性

に遺伝するらしく、発症機序は不明であるが、Vitamin Dと骨カルシウム量の間を規制する代謝環のどこかに障害があるのだらうと述べている。P出納の成績はまだみられないようであるが、Praderの記載によるとPクリアランスが著明に増加することがあるという。著者の例では、当々宛にみて尿中、糞便中、総排泄量のすべてに異常高値がえられ、実測値にても正常学童の変動範囲を上まわった。即ちその機序には、腸管よりのP吸収不全とともに腎尿細管再吸収不全の関与を思わせた。なお著者はこれらの2例(腎性P尿崩症、遺伝性仮性欠乏性クル病)にVitamin D剤の大量を投与してその影響をみたところ、尿中排泄量はほとんど不変か軽度に増加したのみであるが、糞便中排泄量は著明に減少し、結果として総排泄量も減少した。これらの例で、は大量のVitamin D投与が臨床的に有効であるとされてきたところと一致した。

V 結 語

健康な幼児、学童並びに発育異常小児合計56例を対象として尿及び糞便中のP排泄量を検索した。

1) 健康幼児、学童における成績：幼児(6例)、学童(6例)につき検索した結果、棄却限界(危険率5%)をもって正常範囲とみなした際の正常範囲(体重1kg/日)は次の如くになった。

i) 幼児、尿中排泄量：9.8~24.8mg、糞便中排泄量：4.8~19.2mg、総排泄量：19.4~39.4mg。

ii) 学童、尿中排泄量：1.8~21.2mg、糞便中排泄量：2.3~13.9mg、総排泄量：7.5~31.9mg。

2) 発育異常小児における成績：単純性肥胖症(12例)、Laurence-Moon-Biedl症候群(6例)、下垂体性小人症(4例)、原発性小人症(7例)、甲状腺機能低下症(6例)、進行性筋萎縮症(7例)、腎性P尿崩症及び遺伝性仮性欠乏性クル病(Prader)(各1例)につき検索し、上述の正常範囲と比較した。

i) 尿崩症を伴った下垂体性小人症、原発性小人症、腎性P尿崩症及び遺伝性仮性欠乏性クル病の各1例において尿中排泄量は明らかに異常の高値を示した。

ii) 下垂体性小人症、遺伝性仮性欠乏性クル病の各1例及び進行性筋萎縮症の4例において糞便中排泄量は明らかに異常な高値を示した。

iii) その他肥胖症における各排泄量の比較的低位、甲状腺機能低下症などの一部の例に、甲状腺ホルモン剤あるいはVitamin D剤を投与した際の排泄量の変動について述べ、これらの成績につき簡単な考察を加えた。

御校閲をいただいた恩師吉田教授に深謝致します。検体採取に御協力いただいた松本市岡田保育園並びに原、馬場両博士に感謝致します。本稿の要旨は第8回中部日本小児科学会(昭38)、第26回日本小児科学会甲信地方会(昭39)、第166回日本小児科学会東京地方会(昭40)において発表した。

文 献

- 1) 高井俊夫・武知久幸：小児における水と電解質の代謝(2)，小児科，3：1，昭37
- 2) 合志長生：小児のカルシウム，磷代謝について，阪市大医誌，9：2301，昭35
- 3) Fanconi, G., and Wallgren, A. : Lehrbuch der Pädiatrie, 8. Auflage. Schwabe and Co. Verlag, Basel/Stüttgart, 1967
- 4) Schabad, J. A. : cit. from 7)
- 5) Herbst, O. : Beiträge zur Physiologie des Stoffwechsels im Kanbenalter mit besonderer Berücksichtigung einiger Mineralstoffe, Jahrb. f. Kinderh., 76 : 40, (Juli) 1912
- 6) Herbst, O. : Calcium und Phosphor beim Wachstum am Ende der Kindheit, Z. Kinderheilk., 7 : 161, 1913
- 7) Sherman, H. C., and Hawley, E. : Calcium and Phosphorus Metabolism in Childhood, J. Biol. Chem., 53 : 375, 1922
- 8) Willard, A. C., and Blunt, K. : A Comparison of evaporated with pasteurized Milk as a Source of Calcium, Phosphorus and Nitrogen, J. Biol. Chem., 75 : 251, 1927
- 9) Kramer, M. M., Latzke, E., and Show, M. M. : A Comparison of raw, pasteurized, evaporated and dried Milks as Sources of Calcium and Phosphorus for Human Subject, J. Biol. Chem., 79 : 283, 1928
- 10) Burton, H. B. : The Influence of Cereals upon the Retention of Calcium and Phosphorus in Children and Adults, J. Biol. Chem., 85 : 405, 1929-1930
- 11) Wang, C. C., Kern, R. and Kaucher, M. : Minimum Requirement of Calcium and Phosphorus in Children, Amer. J. Dis. Child., 39 : 768, 1930
- 12) Stearns, G. : The Significance of the Retention Ratio of Calcium : Phosphorus in Infants and Children, Amer. J. Dis. Child., 42 : 749, 1931
- 13) Daniels, A. L., Hutton, M. K., Knott, E. M., Wright, O., and Forman, M. : Calcium and Phosphorus Needs of Preschool Children, J. Nutr., 10 : 373, 1935
- 14) Wang, C. C., Kaucher, M., and Wing, M. : Metabolism of adolescent Girls. IV. Mineral Metabolism, Amer. J. Dis. Child., 52 : 41, 1936
- 15) Macy, G. I., and Kelly, J. H. : Chemical Anthropology. A new Approach to Growth in Children. The University of Chicago Press, Chicago, Illinois, 1957
- 16) 原正守：小児期における窒素代謝に関する研究，第Ⅱ編 健康な幼児学童並びに数種発育異常小児における窒素排泄量，信州医誌，14：21，1966
- 17) 馬場美智子：小児期におけるカルシウム代謝に関する研究，第Ⅱ編 健康な幼児学童並びに数種発育異常小児におけるカルシウム排泄量，信州医誌，15：175，1966
- 18) Seckel, H. P. G. : Concepts relating the Pituitary Growth Hormone to somatic Growth of the normal Child, Amer. J. Dis. Child., 99 : 349, 1960
- 19) Reifenshtein, E. C., Jr., Kinsell, L. W., and Albright, F. : Observations on the Use of the Serum Phosphorus Level as an Index of Pituitary Growth Hormone Activity. The Effect of Estrogen Therapy in Acromegaly, Endocrinology, 39 : 71, 1946
- 20) Kinsell, L. W., Michaels, G. D., Li, C. H., and Larsen, W. E. : Studies in Growth. I. Interrelationship between Pituitary Growth Factor and growthpromoting Androgens in Acromegaly and Gigantism. II. Quantitative Evaluation of Bone and soft Tissue Growth in Acromegaly and Gigantism, J. Clin. Endocr., 8 : 1013, 1948
- 21) Jones, L. M., and Shinowara, G. Y. : Serum inorganic Phosphate and "Alkaline" Phosphatase Activity in hypophysectomized Rats, J. Biol. Chem., 142 : 935, 1942
- 22) Mathies, J. C., and Gaebler, O. H. : The Effect of Growth Hormone Preparations on Alkaline Phosphatase of the Tibia, Endocrinology, 45 : 129, 1949
- 23) Buchwald, K. W., and Hudson, L. : The

- biochemical Effects of Injections of Sex Hormones into hypophysectomized Rats, *Endocrinology*, 41 : 111, 1947
- 24) Kaplan, S. A. and Shimizu : Growth Hormone Effects on Cartilage Amino Acid Composition, *Amer. J. Dis. Child.*, 105 : 576, 1963
- 25) Shepard, T. H., Nielsen, R. L., Johnson, M. L., and Bernstein, N. : Human Growth Hormone. I. Metabolic Balance Studies carried out in a hypopituitary Child., *Amer. J. Dis. Child.*, 99 : 74, 1960
- 26) Nadler, A. C., Sonenberg, M., New, M. I., and Free, C. A., Growth Hormone Activity in Man with Components of triptic Digests of Bovine Growth Hormone, *Metabolism*, 16 : 830, 1967
- 27) Shorr, E., Carter, A. C., Kennedy, B. J., and Smith, R. W. : Metabolic Effects of crystalline Growth Hormone in Man, *J. Clin. Endocr.*, 13 : 865, 1953
- 28) Ikkos, D., Luft, R., and Gemzell, C.A. : The Effect of Human Growth Hormone in Man, *Acta Endocr.*, 32 : 341, 1959
- 29) The Effectiveness in Man of Human Growth Hormone, By a Panel appointed by the clinical Endocrinology Committee of the medical Research Council, *Lancet*, 1 : 7, 1959
- 30) Henneman, P. H., Farbes, A. P., Moldawer, M., Dempsey, F. F., and Carroll, E. L. : Effects of Human Growth Hormone in Man, *J. Clin. Invest.*, 39 : 1223, 1960
- 31) Vest, M., und Girad, J. : Zur Stoffwechselwirkung menschlichen Wachstumshormons im Kindesalter, *Schweiz. M. Wschr.*, 92 : 29, 1962
- 32) Courvilain, J. C., and Abramow, M. : Some Effects of Human Growth Hormone on renal Hemodynamics and on Tubular Phosphate Transport in Man, *J. Clin. Invest.*, 41 : 1230, 1962
- 33) Aub, J. C., Bauer, W., Heath, C., and Ropes, M. : Studies of Calcium and Phosphorus Metabolism. III. The Effects of the Thyroid Hormone and Thyroid Disease, *J. Clin. Invest.* 7 : 97, 1929
- 34) Albright, F., Bauer, W., and Aub, J. C. : Studies of Calcium and Phosphorus Metabolism. VIII. The Influence of the Thyroid Gland and the Parathyroid Hormone upon the total Acid-Base Metabolism, *J. Clin. Invest.* 10 : 187, 1937
- 35) Cope, O., and Donaldson, G. A. : Relation of Thyroid and Parathyroid Glands to Calcium and Phosphorus Metabolism. Study of a Case with coexistent Hypoparathyroidism and Hyperthyroidism, *J. Clin. Invest.*, 16 : 329, 1937
- 36) Krane, S. M., Brownell, G. L., Stunbury, J. B., and Corrigan, H. : The Effect of Thyroid Disease on Calcium Metabolism in Man, *J. Clin. Invest.*, 35 : 874, 1956
- 37) Kleeman, C. R., Tuttle, S. and Bassett, S. H. : Metabolic Observations in a Case of Thyrotoxicosis with Hypercalcemia, *J. Clin. Endocr.*, 18 : 477, 1958
- 38) Cook, P. B., Nassim, J. R., and Collins, J. : The Effects of Thyrotoxicosis upon the Metabolism of Calcium, Phosphorus and Nitrogen, *Quart. J. Med.*, 28 : 505, 1959
- 39) Rawson, R. W., Rall, J. E., and Pearson, O. H., Robbins, J., Poppell, H. F. and West, C. D. : l-Triiodothyronine versus l-Thyroxine. A Comparison of their metabolic Effects in Human Myxedema, *Amer. J. Med. Sci.*, 226 : 405, 1953
- 40) Flach, F. F., Celian, C. I., Stokes, P. E., and Rawson, R. W. : The Influence of Thyroid Hormones on Metabolism in psychiatric Disorders. I. The Effects of 3 : 5 : 3'-Triiodothyronine on Calcium and Phosphorus Metabolism in Psychiatric Patients, *J. Clin. Endocr.*, 19 : 454, 1959
- 41) Danowski, T. S., Rodnan, G. D., Sarver, M. E. and Mases, C. : Hydrocortisone and / or desiccated Thyroid in physiologic Dosage. XII. Effect of Thyroid Hormone Excesses on urinary Solutes and Steroids, *Metabolism*, 13 : 729, 1964
- 42) Klemperer, H. G. : The uncoupling of oxidative Phosphorylation in Rat-Liver Mitochondria by Thyroxine, Triiodothyronine and related Substances, *Biochem. J.*, 60 : 122, 1955
- 43) Lamberg, B. A., and Ostling, G. : The Effect of Thyroxin on the Uptake of radioactive

- Phosphorus by Muscle and Thymus in the Mouse, *Acta Endocr.*, 24 : 255, 1957
- 44) Fitch, C. D., and Dinning, J. S. : Phosphate Metabolism in nutritional muscular Dystrophy and Hyperthyroidism, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 100 : 201, 1959
- 45) Calvert, C. C., Mouroe, R. A., and Scott, M. L. : Studies on Phosphorus Metabolism in dystrophic Chicks, *J. Nutr.*, 73 : 355, 1961
- 46) Sarkar, N. K., and Srivasta, U. : Biochemical Changes in progressive Muscular Dystrophy. II. Phosphorus Metabolism in normal, nutritional and hereditary dystrophic Muscles, Livers and Brains of Animals, *J. Nutr.*, 83 : 193, 1964
- 47) Fanconi, G. : Physiologie und Pathologie des Calcium und Phosphatstoffwechsels, *Helv. Paediat. Acta*, 16 : 293, 1961
- 48) Prader, von A., Ruth, I. und Heierli, E. : Eine besondere Form der primären Vitamin D-resistenten Rachitis mit Hypocalcämie und autosomal- dominantem Erbgang : die hereditäre Pseudo- Mangel Rachitis, *Helv. paediat. Acta*, 16 : 452, 1961