離乳白ネズミのカルシウム、リンおよびマグネシウム代謝

関 博 麿

金沢大学医学部衛生学教室

Calcium, Phosphorus and Magnesium Metabolism of Weanling Rats

Hiromaro Seki

Department of Hygiene, School of Medicine, Kanazawa University, Kanazawa

J. Jap. Soc. Food and Nutr., 24(7), 388~391 (1971)

Metabolism of calcium, phosphorus and magnesium in weanling period and the recovery of metabolic function of dams from lactating period were observed with primiparous albino rats fed on a basal diet containing 846 mg% of Ca, 622 mg% of P, and 93 mg% of Mg.

In the first 5 days of weanling, excretion of Ca, P and Mg in urine and in feces are higher than those of the following 5 days. After 6th day of the weanling, the excretion of salts begin to decrease and attains to respectively constant value.

The average amount of Ca retention in the first 5 days of the weanling was 18.8 mg per day and was higher than those of the after stage (13.0 mg per day).

The amount of P retention in the first and the middle stage was 9.9 mg and 9.5 mg per day respectively, while it decreased to 6.6 mg per day in the third stage.

As for the magnesium balance, it showed negative in the first stage, but after 6 days of weanling, it turned to positive balance.

From these results, it is assumed that after 6th day of weanling, the metabolic function of dams may recover to the level of normal state before pregnancy. (Received July 1, 1971)

妊娠、授乳ということは、哺乳動物の母親にとって生理的に大きな負担で、とくに骨形成のための主要成分である Ca および P などが、親の体内から損失される悪影響は避けられないことのようにある^{1)~3)}。ヒトの場合出産すると歯が悪くなるとの訴えはよく聞くところであるが、1 回のお産によってどの程度の Ca が失われるかという報告はない。そしてその失われた Ca が、妊娠前の体内保有量にまで回復されるかどうかということも不明である。母親にとって妊娠および授乳という過程において失われた体内 Ca および P が、また、その代謝機能が離乳後のどの時点で回復されるかは、非常に重要な事で、親はもちろん第 2 回以降の妊娠および授乳にも影響をあたえると思われるので、前報⁴⁾の実験において授乳が終わった親ネズミを使い、離乳後の Ca、P および Mg の出納実験を行ない、代謝機能の回復時点を観察した。

実験方法

哺乳仔が開眼したので離乳させた体重 240 g 前後の初

産ウイスター系親白ネズミ 4 匹に前報³⁾⁴⁾とおなじく Ca 846mg%, P 622mg% および Mg 93mg% を含む飼料を与えて飼育し、1 期間を 5 日間として 3 期間合計 15 日間の出納を観察した。実験方法はすべてこれまでの実験とおなじ方法³⁾で行なった。

実験結果

飼料摂取量と体重増を表 1 に示す。離乳期に入った直後では 1 日 30 g 前後飼料を摂取したが、3 日以降では 15 g 前後と低くなり、6 日以降では 1 日 17 g 前後で摂取量はほぼ一定したようである。摂取量の低下は、授乳も終わり母乳を分泌する必要がなくなり、ただ親自身の日常生活の必要量さえあればよいための低下と考えられる。

離乳時の親体重は平均 236 g であるが、この親ネズミは生後 100 日をこえ、受胎時より 60 g 前後の体重増があり、一応白ネズミとしては成熟したものであるため、体重増がみられないのが当然であろう。

Ca 出納を表 2、3 および図 1 に示す。離乳直後の摂取

Table 1. Diet intake and weight gain during weanling

(g/day/rat)

Period	1 st	2 nd	3 rd
Diet intake	20.0±0.6	16.5±0.8	17.0±0.7
Weight gain	0.8±0.4	0.6±0.5	1.1±0.2

Mean of 4 rats ± S. E.

Table 2. Calcium, phosphorus and magnesium balance during weanling

(mg/day/rat)

	Period	1 st	2 nd	3 rd
Ca	Intake	165.5± 4.7	136.1±5.8	141.0±6.3
	Feces	139.5±10.7	122.2±9.1	125.9±6.7
	Urine	7.0± 3.0	1.0±0.1	1.7±0.4
	Absorption	25.8± 7.3 (15.9± 4.8)	14.0±4.4 (10.5±3.5)	15.1±5.8 (10.6±3.7)
	Retention	18.8± 8.8 (11.8± 5.8)	13.0±4.5 (9.8±3.6)	13.4±5.3 (9.4±3.7)
P	Intake	122.4± 3.4	100.7±4.2	104.3±4.7
	Feces	78.4± 6.4	65.3±5.4	71.8±4.4
	Urine	34.1± 4.2	25.9±0.7	26.0±1.2
	Absorption	43.9± 4.7 (36.2± 4.2)	35.4±2.6 (35.5±3.3)	32.6±3.2 (31.2±2.8)
	Retention	9.9± 3.4 (8.4± 3.1)	9.5±2.3 (9.6±2.4)	6.6±3.2 (6.3±3.1)
Mg	Intake	17.9± 2.1	14.8±2.1	15.1±1.4
	Feces	13.2± 0.9	8.7±1.2	9.0±1.4
	Urine	5.8± 0.6	3.3±0.9	3.2±0.9
	Absorption	4.8± 1.5 (24.6±5.7)	6.1±1.3 (40.9±5.2)	6.1±1.8 (38.9±9.0)
	Retention	-1.0± 1.1 (-8.2± 7.3)	2.8±0.7 (19.9±4.6)	2.9±1.4 (19.9±7.8)

Mean of 4 rats ± S. E. (): % of intake

Table 3. Calcium retention of dam during pregnancy, lactation and weanling period

(mg/period/rat)

Rat No.	4	5	7	8
Pregnancy ³⁾				
Total retention	212.0		544.6	529.5
Found in new born rats	110.7		112.0	137.8
Excess stored	101.3		432.6	391.7
Lactation				
Excess stored ⁴⁾	-86.9	-212.4	+35.5	+14.2
Weanling				
Total retention 1st	200.5	122.9	-6.5	59.7
Total retention 2nd	90.0	113.9	15.0	40.4
Total retention 3rd	103.9	110.5	58.2	-4.2

Fig. 1. Calcium balance of mother rat.

Calcium balance of dams during pregnancy, lactation and weanling period.

The total bars represent intake, empty areas represent excretion and the drawing areas represent balance.

Period : P. P=Prepregnancy P=Pregnancy
L=Lactation W=Weanling

量、排泄量、吸収量および蓄積量はいずれも2、3期よりも多い。とくに尿中排泄量は、はじめの5日間の平均は7.0mg/日で、非妊時³⁾(2.3mg/日)よりも多く排泄しているが、6日以降では減少し、2つの試験期では平均して1日1.0mgと1.7mgとなり、ほぼ一定した排泄を示している。はじめの5日間の尿中排泄量の増加は、体内の代謝機能が、授乳時とおなじように働いてCaを吸収したが、離乳したため母乳中にCaを分泌する必要がなくなったので、母体の必要量以上のものを一時的に尿中へ排泄したものと考えられる。

妊娠³⁾、授乳⁴⁾および離乳時におけるCa蓄積(表3)をみると、妊娠中にCaの体内貯留の少ない4号は授乳時に脱Caを起こした(5号は妊娠確認を誤ったので妊娠時の観察をしなかった)が、離乳直後ではその脱Caを取り戻すための生理的調節が5日間に200.5mgと他の3匹よりも蓄積量が多く、授乳時に正出納を示した7号は負出納を示し、8号も59.7mgと少ない。妊娠から離乳までのそれぞれの親の蓄積量にバラツキはあるが、妊娠時に体内貯留があれば、授乳時に脱Caを起こさないが、離乳してからのCa出納は悪いようで、離乳後のCa出納は妊娠および授乳時における親の蓄積量に関係あると思われる。

授乳時に212.4mgという大量の脱Caがあった5号も、離乳後の10日間で236.8mgの正出納を得ているし、尿中排泄および吸収率の様相からみて離乳してからの6～10日以降には体内Caの代謝機能は一応安定するようである。

P出納を表2に示す。摂取量は1期は122.4mg/日と多いが、2期(100.7mg/日)と3期(104.3mg/日)は妊娠前³⁾(107.1mg/日)とおなじといってよい程であるが、尿中排泄量は1期(34.1mg/日)、2期(25.9mg/日)および3期(26.0mg/日)は妊娠前の17.6mg/日よりはるかに多い。そのため吸収量および吸収率は妊娠前の36.5mg/日および33.4%と大差はないが、蓄積量は10mg/日以下でかなり少なく妊娠前(18.9mg/日)の約半である。そして10日以降ではさらに低下した。妊娠および授乳時における親のP蓄積量はCaのごとく、負出納にはならなかったもので、成熟した離乳親ネズミでは1日10mg程度の蓄積量でもよいのかも知れない。

Mg出納を表2に示す。1期の尿、尿中排泄量は多く、したがって吸収は悪く、負出納を示したが、離乳後日時の経過にともなって吸収量および蓄積量は増し、2期および3期の吸収量はいずれも6.1mg/日、蓄積量は2.8mg/日と2.9mg/日で一応安定した値を示し、妊娠前の吸収量7.2mg/日、蓄積量2.9mg/日とおなじで、Mgの体内における代謝も6日以降には妊娠前の状態にまで回復したようである。

考 察

Ca出納：ヒトの場合⁵⁾でも、ネズミの場合⁶⁾でも授乳中の出納は正出納を示すが、母乳中に分泌する量を差し引けば、かなりの負出納となり体内Caを溶離して乳中に分泌しているが、産婦では出産後50～60週になると正出納を示すようになる。Gossら⁷⁾の白ネズミが20日間前後授乳したもの17例については、すべてが負出納であるが、離乳してからは、わずかながら正出納を示した。ネズミの場合は、離乳後間もなく正出納を示すようであるが、その量が問題で、親の平衡維持量以上の蓄積量があれば、失われたCa量を短日時のうちに取り戻すことが出来ると思われる。本実験においてはいずれの期も正出納を示したが、1日13.0～18.0mgの蓄積量は非妊時³⁾の蓄積量(23.8mg/日)、また五島ら⁷⁾のCa含量0.65%の飼料を与えた非妊時のものより少ない。授乳中の親のCa損失は授乳した仔数によるから⁴⁾、本実験においても、新生仔全部に授乳したものであれば、さらに脱Caを起こしたと思われるので、1日13.0mg程度の蓄積量では、授乳時にうけた脱Ca量を取り戻すには相当な日時を要する親もあると推定される。観察期間が15日間という短期間であり、また、例数も少ないので、この1日13.0mgという蓄積量が、授乳を終わった体重240g前後の親が示す妥当な値であるかどうかは、判明しないので今後更に検討したい。

P出納：離乳直後の尿中排泄量の多いことはCaとおなじく、母乳中にPを分泌する必要がなくなったために

増大したものと思われる。6日以降の尿中排泄量(26.0 mg/日)が、非妊時³⁾、また、五島ら⁷⁾がP含量0.46%の飼料を与えた非妊白ネズミの尿中排泄量10.1~11.2mg/日より多いことからみて、成熟した親ネズミではPはそれ程必要としないのかも知れない。Hunscher⁵⁾のヒトについての観察では、授乳婦のCa出納は50週以降で正出納になるが、P出納はそれよりも早く27週で正出納を示している。離乳6日以降に尿中排泄量が一定になること、蓄積量も授乳中に比べて激減し、体内にPを取り込む必要がないことからみて、Pの体内代謝機能もHunscher⁵⁾の報告のようにCaに比較して早く正常に復すようである。ただ体内の代謝出納の様相が正常に復したと思われるのに蓄積量が非妊時(18.9mg/日)の約 $\frac{1}{2}$ の10mgに満たないが、この値が正常なものであるかどうかは不明なので、Caとともに今後検討したい。

Mg出納：授乳中⁶⁾には脱Mgはみられなかったが、離乳直後に尿中排泄量が増し、負出納を示す親があり、CaおよびPとは逆に6日以降に蓄積量が増している。尿中排泄量の多いことはCaおよびPとおなじく、母乳中にMgを分泌する必要がなくなったための増大とも考えられるし、また、Forbes⁸⁾がMg代謝と乳糖の関係について、乳糖投与によってMgの尿中排泄量は増し、蓄積量が減少すると述べているごとく、母乳の分泌停止によって体内の乳糖が増し、Mgの尿中排泄量が増大して蓄積量が減少したとも考えられる。

6日以降の尿中排泄、吸収量(率)および蓄積量は非妊時に近い値を示してMgの体内代謝状態は、非妊時の状態にまで回復したとみられる。

親が4匹で観察期間が15日間なので決定的なことはいえないが、授乳した親のCa、PおよびMgの代謝機能は、離乳後6日以降において一応非妊時の状態にまで回復するようである。

要 約

授乳が終わった体重240g前後の初産の白ネズミに授乳時とおなじ飼料を投与し、離乳後のCa、PおよびMg出納を観察し、妊娠および授乳中に変動したと推察されるこれら無機質の代謝機能の回復について観察した。

離乳直後は体内の代謝機能が授乳時とおなじ働きを示したためか、いずれの無機質も吸収量は多いが、母乳中に分泌する必要がないために尿中に多く排泄している。CaおよびMgの尿中排泄量が多いことは、母乳の分泌停止によって体内の乳糖が作用して尿中への排泄が増したとも考えられる。尿中排泄および蓄積量の様相からみて離乳後6日前後で体内におけるCaおよびPの代謝機能は一応安定し、非妊時の状態にまで回復するようである。Mgは離乳直後に負出納を示したが、6日以降では妊娠前の代謝機能の状態にまで回復したといえるようである。

稿を終るに当たり、終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜った石崎有信教授に心から拝謝する。なお本研究は厚生省栄養所要等策定委員会ミネラル小委員会委員長国立栄養研究所速水決食品化学部長、同委員相模女子大学教授五島孜郎教授の研究費によるもので、多大な御便宜と御助言を賜ったことを感謝する。

文 献

- 1) Sherman, H. C. and MacLeod, F. L.: *J. Biol. Chem.*, **64**, 429 (1925)
- 2) Sherman, H. C. and Quinn, B. J.: *J. Biol. Chem.*, **67**, 667 (1926)
- 3) 関 博磨：栄養と食糧, **24**, 263 (1971)
- 4) 関 博磨：栄養と食糧, **24**, 287 (1971)
- 5) Hunscher, H. A.: *J. Biol. Chem.*, **86**, 37 (1930)
- 6) Goss, H. and Schmidt, L. A.: *J. Biol. Chem.*, **86**, 417 (1930)
- 7) 五島孜郎, 関 博磨：栄養と食糧, **17**, 188(1964)
- 8) Forbes, R. M.: *J. Nutr.*, **74**, 194 (1961)

(昭和46年7月1日受理)