

흰쥐의 전해질 전위에 미치는 마그네슘의 영향

정 영 태 · 남 현 근
광주보건전문대학
(1982년 2월 10일 수리)

Effect of Magnesium on the Electrolytes Distribution and Transport in Mice

Yung Tai Chung and Hyun Kean Nam.

Gwangju Health Junior College

(Received February 10, 1982)

Abstract

The effect of magnesium on the electrolytes distribution and transport in mice was studied using isocaloric and isonitrogenous diets added magnesium salt. The results are summarized as follows:

1. The body weight was the highest value in group C fed with basal diet and 0.4 mg of magnesium per day rather than others.
2. In blood plasma the content of sodium of group B was higher than others in both male and female. The content of potassium of group B was higher than others in female, and the content of calcium of group B in female and group D in male was higher than others in blood plasma.
3. In case of muscle the content of sodium of group B was higher than others in both male and female. The content of potassium of group B was higher than others in female, but of group C was higher than others in male. The content of calcium of group B was higher than others in female, but of group D was higher than others in male.
4. Magnesium effect on the distribution electrolytes such as sodium, potassium and calcium ions in muscle and blood vessel.

序 論

마그네슘(Mg^{++})은 동물의 炭水化合物 代謝에 중요한 요소일 뿐만 아니라 生體內 數種酵素들의 活性劑로서 작용하고 있음은 널리 알려져 있다.¹⁾ 이같은 마그네슘의 體內 機能에 관하여는 일찍부터 研究 報告되어 왔다. Kruse¹⁵⁾ 등에 의하여 마그네슘의 缺乏에 의한 동물의 體內 生理代謝의 異常이 報告되면서부터 研究가 활발히 진행되었다. Orent¹⁵⁾ 등은 개 (*Canis familiaris*) 에 있어 마그네슘 缺乏現象을 報告하였고 토끼 (*Ochotona hyperborea*)의 마그네슘 缺乏으로 인한 生理作用

에 관하여는 Kunkell과 Pearson¹⁷⁾, Aikawa¹⁾ 등, Bradbury⁴⁾ 등, Woodward와 Reed^{32,33)} 등에 의하여 研究 報告된 바 있다. 한편 Guinea pig의 마그네슘 缺乏現象은 O'dell²²⁾ 등에 의하여 發表되었는데 이들은 마그네슘 缺乏症에 미치는 칼슘(Ca^{++})과 인(P)의 영향을 調査한 바 있다. 그리고 Leeuwan³⁰⁾은 원숭이 (*Cercopithecus aethiops*)에서 마그네슘의 이온평형에 관하여 발표한 바 있고, Harrison¹³⁾, Lifshitz¹⁹⁾ 등이 쥐 (*Rattus norvegicus var albus*)의 마그네슘 대사와 비타민 D와의 관계를 보고하였으며 O'dell²³⁾이 동물의 마그네슘 요구량에 관하여 연구 보고한 바 있다. 또

한 人體生理에 있어 마그네슘과 血漿과의 관계가 Schain²⁷⁾, Shils²⁹⁾, Dun과 Walser³⁰⁾에 의하여 報告된 바 있다. 이와 같이 마그네슘의 缺乏에 따른 몇가지 電解質의 代謝生理에 관하여 報告되었으며 동물 組織내에 마그네슘 함량에 血清 칼슘에 미치는 영향은 Hooper¹⁴⁾ 등이 두꺼비(*Bufo asiaticus*)의 칼슘 전이현상에 관하여 Mackenzie²¹⁾가 報告한 바 있다.

한편 뇌 척수액에 있어 마그네슘의 분포상황과 활성 전이에 關하여는 Kemeny¹⁶⁾ 등, Glickman¹¹⁾ 등, Schain²⁷⁾, Pallis²⁵⁾ 등에 의하여 발표되었다. Suter²⁹⁾ 등은 大腦와 마그네슘과의 生理의 관계를 발표한 바 있으며, MacIntyre²⁰⁾ 등과 Ames²⁾ 등은 細胞內液과 細胞外液의 마그네슘에 관하여 研究 報告한 바 있다. 마그네슘과 칼슘, 마그네슘과 칼륨(K⁺)과의 相互關係에 관하여는 Lilienthal¹⁸⁾ 등, Baldwin³⁾ 등 Delcasfillo와 Engbeak⁶⁾, MacIntyre²²⁾, Harrison¹³⁾ 등에 의하여 보고된 바 있다. 그러나 편취의 體液과 筋肉에 있어 電解質의 분포와 이동에 미치는 마그네슘의 영향에 관한 研究는 報告된 바 없어 本 實驗을 시도하여 다음과 같은 結果를 얻었기에 이에 報告하는 바이다.

材料 및 方法

1. 動物

實驗動物은 ICR系 흰쥐를 암수 각각 15마리씩 생후 4주 된 것을 구입하여 표 1에 나타난 基本食餌로 1주간 굶여하여 환경에 적응시키고 各組는 3마리씩 5個 群으로 나누어 18일간 사육하였다.

飼料는 하루 한번 오전 8시에 굶여하고 물은 자유롭게 먹을 수 있도록 하였다. 實驗群은 對照群과 A, B, C, D 群으로 나누고 하루 15g씩 먹였다. 마그네슘은

Table 2. Body weight of mice (unit : g)

sex	3		6		9		12		15		18	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
control	33.13	30.60	32.33	28.50	31.97	31.63	32.93	31.40	34.47	31.57	35.33	32.00
A	33.23	30.70	32.10	29.70	31.73	29.40	31.77	30.67	33.60	31.33	34.20	32.43
B	30.37	29.10	30.90	30.30	30.07	30.33	29.77	29.93	31.27	29.80	31.70	29.87
C	32.73	30.33	33.30	29.90	33.27	29.37	32.23	29.30	33.33	30.73	34.10	30.87
D	30.30	30.13	28.67	30.50	29.73	30.90	29.30	31.30	30.43	31.97	30.90	32.40

는 하루에 암수 各各 0.02g 과 0.04g씩 증가하였는데 實驗群 A, B, D는 모두 對照群보다 작게 增加되었고, 實驗群 C만 對照群에 비하여 약 2倍程度 성장인 좋은 것으로 나타나 마그네슘이 동물의 成長生理에 중요한 관계가 있음을 나타냈다.

2. 血液分析

Flame photometry에 의하여 얻은 나트륨·칼륨과

Table 1. Composition of experimental basal diets for mice (unit:%)

Food	Ingredient	Protein	Fat	CHO	Ash
corn	20	7.95	3.23	1.91	1.41
Wheat	20	11.96	1.10	3.16	1.51
Wheat bran	20	11.35	2.28	13.88	4.29
Soybean rind	15	44.49	1.61	9.16	5.98
Rapseed rind	10	37.01	2.51	12.50	7.94
Soybeanmeal	11	18.65	2.41	11.43	11.79
Fish meal	4	47.24	2.92	1.25	25.53

하루 0.1mg, 0.2mg, 0.4mg, 0.8mg씩 먹였다. 18일간의 飼育이 다 끝난 다음 24시간 절식시킨 뒤 ether로 마취시켜 심장에서 채혈하여 heparin을 첨가하고 2000 RPM에서 혈장을 분리시켰고, 筋肉은 흉부와 대퇴부위를 적출 세분하여 脫脂시켜 사용하였다.

2. 方法

實驗期間 동안 每 3일 간격으로 飼料給與前에 무게를 측정하였고, 혈장과 근육으로부터 나트륨(Na⁺), 칼륨, 칼슘을 측정하였다. 칼슘은 ortho-cresol phthalein complexone(OCPC)변법¹²⁾으로 하였고, 나트륨, 칼륨은 flame photometry EEL⁵⁾으로 측정하였다.

筋肉은 잘 마쇄하여 500mg에 3M TCA와 같은 량의 빙초산을 혼합시켜 추출하고, tris buffer(pH 6.8) 5ml를 가하여 균질화 시킨 다음 遠心分離(2000RPM)한후 상층액을 취하여 血漿分析 방법과 같이 行하였다.

結果 및 考察

1. 成長率

飼育期間中 每 3일마다 측정된 성장율은 표 2와 같다.

표 2에서 볼 수 있는 바와 같이 대조군의 體重增加

OCPC法으로 얻은 칼슘의 함량은 표 3과 같다.

3. 筋肉內的 電解質

표 3,4에서 볼 수 있는 바와 같이 血漿속의 나트륨은 對照群이 암수 各各 175.4mg과 169.5mg인데 B 群의 숫컷만 190.4mg으로 높았고 나머지群은 모두 낮게 나타났으며, 칼륨에 있어서는 對照群이 암수 各各 12.5mg과 12.3mg인데 모든 實驗群은 낮게 나

Table 3. The content of Na⁺, K⁺ and Ca⁺⁺ in plasma of mice (unit : mg/100ml)

group	salt		Na ⁺		K ⁺		Ca ⁺⁺	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Control	169.5	175.4	12.3	12.5	14.5	19.6		
A	165.4	163.5	4.8	10.9	6.4	10.2		
B	190.4	174.3	8.4	11.9	5.6	15.5		
C	163.5	157.5	2.3	9.9	6.3	7.8		
D	160.3	166.5	10.4	7.2	16.2	6.3		

Table 4. The content of Na⁺, K⁺ and Ca⁺⁺ in muscle of mice (unit : mg 100ml)

group	salt		Na ⁺		K ⁺		Ca ⁺⁺	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Control	115.5	125.5	9.3	9.4	4.2	10.8		
A	105.5	105.5	3.6	8.4	2.8	4.1		
B	150.2	125.6	6.3	9.0	2.3	6.0		
C	105.4	95.8	9.3	7.5	2.6	3.4		
D	100.5	110.2	7.8	5.4	4.2	2.0		

타났다. 그리고 칼슘의 경우를 보면 對照群이 암수 각각 19.6mg 과 14.6mg 인데, D群的 수컷의 경우만 16.2mg 으로 다소 높았고, 나머지 群은 모두 낮게 나타났다. 이는 마그네슘을 基本飼料에 첨가하여 飼育했는데 마그네슘의 量이 증가함에 따라 칼슘의 量은 감소하였다. 그리고 血漿에서보다 筋肉의 경우에 그 함량이 낮은 값을 나타내었으며, 電解質의 이동에 마그네슘의 영향을 볼 수 있었다. 그러나 마그네슘의 量을 증가시키기에 따라 성장을 보면 C群만의 성장율이 좋게 나타나 基本飼料에 첨가시켜 주는 마그네슘의 量을 조절할 필요성을 알게 되었다. 즉 基本飼料 5g 당 마그네슘 0.4mg(8%) 정도가 成長이 가장 좋았다. 그리고 Na/K의 비를 보면 血漿에서는 14.0~23.1이었고 筋肉에서는 12.5~20.3을 보였다. 그런데 chaves와 Kratzer¹⁰⁾에 의하면 병아리(*Gallus domesticus*)의 腦筋에서 나트륨은 15~18mg, 칼륨은 28~37mg, 칼슘은 0.7~0.9(mg)을 나타냈는데, 本實驗과 차이는 그들은 칼륨을 첨가시켰고, 本實驗에서는 마그네슘을 첨가시킨 점과 동물의 種이 다른 것을 들 수 있다. 그리고 Woodward와 Reed³²⁾는 토끼(*Ochotona hyperborea*)에서 마그네슘의 영향을 보고하였는데 血漿에서는 나트륨이 140~152mg, 칼륨이 3.5~3.6mg을 보였고, 筋肉에 있어서는 나트륨은 14.86~16.7mg, 칼륨은 110~125mg을 보였다. 한편 Caddell⁹⁾에 의하면 마그네슘의 결핍은 protein calorie malnutrition이 일어난다고 발표한 바 있다. 이는 生體內 蛋白質合成 不均形으로 인하여 細胞의 滲透壓과 電解質의 이동에 크게 영향을 준다고 생각되어진다. 細胞內液의 최적 마그

네슘 농도는 RNA合成에 필요한 巨大分子合成에 절대적인 요소가 되며, 이로 인하여 칼슘의 감소 경향과 마그네슘의 농도는 깊은 관계가 있음을 알 수 있으며, 마그네슘의 농도에 따라서 電解質의 이동이 다르다고 생각된다. 이러한 사실은 Peterson²⁸⁾에 의하여 연구 발표되었는데 本實驗과도 일치된다고 생각된다. 즉 筋肉에서 추출한 나트륨과 칼륨, 血漿에서 측정된 나트륨과 칼륨 사이에 3:2의 관계가 있어 1/3 정도의 이상 전이가 생긴 것 같다. 그리고 Seeling²⁹⁾에 의하면 동물들의 性에 따른 마그네슘의 영향은 암컷보다는 수컷 쪽이 더 많이 요구되며 더 많은 영향을 받는다고 지적하였는데 本研究에서도 수컷에서 더 많은 영향을 볼 수 있다. 이는 副甲狀腺 호르몬의 영향에 의하여 生體 恒常性에 기여하고 있기 때문으로 생각된다. 한편 Bradbury⁴⁾ 등에 의하면 쥐(*Rattus norvegicus* var *albus*)의 血漿에서 칼슘은 10.4 mg, 筋肉에서 5.78mg, 토끼의 血漿에서 13.9 mg, 筋肉에서 3.88mg, 고양이(*Felis domestica*)의 血漿에서 9.4mg, 筋肉에서 4.2 mg을 보여 本實驗의 結果와 잘 일치됨을 알 수 있었다. 本實驗을 통하여 알 수 있는 것은 血漿에 나트륨의 量이 많이 나타나고 筋肉에서 나트륨의 量이 적은 것이다. 이로 인한 칼륨의 量에도 영향이 있는 것으로 나타났다. 그러나 마그네슘의 量이 증가하면서 칼륨은 감소하고 칼슘도 감소하여 이들의 細胞內의 평형에 마그네슘이 영향을 주는 것을 알 수 있다.

要 約

흰쥐에 마그네슘을 첨가 사육하여 전해질 분포에 미치는 영향을 조사하였던 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 성장은 對照群에 비하여 實驗群의 경우 마그네슘을 0.4 mg 첨가 사육시킨 C群만이 더 좋았고 나머지 群은 모두 낮았다.
2. 血漿을 분석한 結果 나트륨은 實驗群의 암수 모두 B群에서 높았으며 칼륨은 實驗群의 경우 암컷은 B群, 수컷은 C群에서, 칼슘의 경우 암컷은 B群, 수컷은 C群에서 각각 높게 나타났다.
3. 筋肉內 電解質 量은 나트륨의 경우 實驗群 B群에서 암수 모두 높았으며, 칼륨의 경우 암컷은 B群에서 수컷은 C群에서 높았으며, 칼슘의 경우 암컷은 B群에서 수컷은 D群에서 높은 함량을 나타냈다.
4. 흰쥐의 成長과 電解質分佈에 마그네슘이 영향을 주고 있음을 알 수 있다.

文 獻

1. Aikawa, J.K., Reardon, J.Z. and Harms, D.R.:

- J.Nutr., 76: 90(1962)
2. Ames, A.I., Tsukada Y. and Nesbett, F.B.: *J. Neuro. Chem.*, 14: 145(1967)
 3. Baldwin, D., Robinson, P., Zierler, K.I. and Lilienthal, J.L. Jr.: *J. Clin. Invest.*, 31: 850 (1952)
 4. Bradbury, M.W.B., Kleeman, C.R., Bagdoyan, H. and Berbarim, A.: *J. Lab. Clin. Med.*, 71: 884(1968)
 5. Brown, D.E.: *Am. J. Clin. Pathol.*, 26: 807 (1956)
 6. Caddell, J.L.: *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 162: 874 (1969)
 7. Cho, H.M.: *Anatomy and physiology*, Kai Moon Co., 141(1978)
 8. Delcasfillo, J. and Engbaek, L.: *J. Physiol.*, 124, 370(1954)
 9. Dunn, M.J. and Walser, M.: *Metabolism* 15: 884(1966)
 10. Eduards Chavez and Rratzer, F.H.: *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 161: 579(1979)
 11. Glickman, L.S., Schenker, V., Grolnick, S. and Schenker, A.: *J. Nervous Mental Disease* 134: 410(1962)
 12. Gitleman, H.J.: *Anal. Biochem.*, 18: 521(1967)
 13. Harrison, H.E. and Harrison, H.C.: *Metabolism* 13: 952(1964)
 14. Hoobler, S.W., Kruser, H.D. and McCollum, E.: *Am. J. Hyg.*, 25: 86(1937)
 15. Kruse, H.D., Orent, E.R. and McCollum, E.V.: *J. Biol. Chem.*, 96: 519(1932)
 16. Kemeny, A., Boldizar, H. and Pethed, G.: *J. Neuro. Chem.*, 7: 218(1961)
 17. Kunkell, H.D. and Pearson, P.B.: *J. Nutr.*, 36: 657(1948)
 18. Lilienthal, J.L. Jr., Zierier, K.L., Fold, B.P., Burka, R. and Riley, M.J.: *J. Biol. Chem.*, 182: 501(1950)
 19. Lifshitz, F.H., Harrison, H.C. and Harrison, H.E.: *Endocrinology* 81: 847(1969)
 20. Macintyer, I., Boss, I. and Troughton, V.A.: *Nature* 198: 1058(1963)
 21. Mackenzie Walser: *Am. J. Physiol.*, 218: 582 (1970)
 22. Mackintyer, I., Hanna, S., Booth, C.C. and Read, A.E.: *Clin. Sci.*, 20: 297(1961)
 23. O'Dell, B.L., Morris, E.R. and Reagan, W.O.: *J. Nutr.*, 70: 103(1960)
 24. Orent, E.R., Kruse, H.D. and McCollum, E.V.: *Am. J. Physiol.*, 104: 454(1932)
 25. Pallis, C., Macintyer, I. and Anstall, H.: *J. Clin. Pathol.*, 18: 762(1965)
 26. Peterson, V.P.: *Acta. Med. Scand.*, 174: 595 (1963)
 27. Schain, R.J.: *Arch. Neurol.*, 11: 330(1964)
 28. Seeling, M.S.: *Am. J. Clin. Nutr.*, 14: 342(1964)
 29. Shils, M.E.: *Am. J. Clin. Nutr.*, 15: 133(1964)
 30. Suter, C., Klingman, W.O., Boggs, D., Marks, R.D., Coplinger, G.B. and Randolph, V.: *Neurology* 8(suppl.1), (1958)
 31. Van Leeuwen, A.M.: *Acta. Med. Scand.*, 176: (suppl.442), 1(1964)
 32. Woodward, D.L. and Reed, D.J.: *Am. J. Physiol.*, 217: 1483(1969)
 33. Woodward, D.L. and Reed, D.J.: *Am. J. Physiol.*, 217: 1477(1969)