

食鹽添加食餌가 흰쥐의 血清 및 肝臟 中の 脂質成分에 미치는 影響

朴貴善·金碩煥·鄭正男*

東亞大學校 食品營養學科·東亞大學校 生物學科*
(1985년 9월 2일 접수)

Effect of Salt Diets on the Lipid Composition in Serum and Liver of Rats

Kui-Sun Park, Seok-Hwan Kim and Jeung-Nam Jeung*

Department of Food and Nutrition, Dong-A University

* *Department of Biology, Dong-A University*

(Received September 2, 1985)

Abstract

This experiment was undertaken to investigate and compare the effect of salt on the lipid composition in serum and liver of rats. The average body weight gains and food efficiency ratio were not affected by supplementation with salt in diet. Total cholesterol and free cholesterol levels in serum of all experimental diet group were slightly increased by supplementation with salt, while triglyceride levels were significantly increased. HDL-cholesterol levels of all salt supplementation groups were slightly lower than that of the control group, while LDL, VLDL-cholesterol levels of these groups were higher than that of the control group. The ratio of LDL, VLDL-cholesterol to HDL-cholesterol; so called, atherogenic index, in serum of salt diet groups was slightly higher than that of the control groups. The ratio of LDL, VLDL-lipoprotein to HDL-lipoprotein in salt diet group were significantly higher than that of the control group. The weight of the liver was not affected by diet, but total cholesterol and triglyceride levels of the liver in salt diet groups were higher than that of the control group.

序 論

最近 食品加工産業의 發達에 따라 점차 食鹽消費
量이 增加하는 傾向이 있고 이에 血液循環系疾患과
關聯된 體內代謝上의 많은 研究들이 이루어져 왔다.
1~4)

Ambard와 Beaujard는 食鹽과 血壓의 關係를 臨床
的으로 규명한 研究⁵⁾를 報告한 바있고, Louis는 흰
쥐에 高鹽食餌를 投與한 結果⁴⁾, 過量의 食鹽을 攝取
하면 大動脈壁에서 sodium potassium의 濃도가 增
加하는 傾向을 나타내다가 점차 減少하여 恒常性

(homeostasis)을 維持해 가는 現狀을 볼 수 있으며,
sodium 攝取量의 增加에 따라 高血壓 증상이 현저히
發現됨을 볼 수 있고²⁾ 또 高血壓患者라 하더라도 低
鹽食을 통해 일부의 高血壓이 調節될 수 있음을 報
告한 바 있다.³⁾

食鹽의 主成分인 sodiumchloride(NaCl)는 體內 電
解質成分의 하나로서 電解質相互間에 關聯性을 가지
고 있으며 營養生理의으로도 중요한 意義가 있다.
그리고 또 우리 食生活에 없어서는 안 될 調味料의
하나로서^{6~8)} 그 攝取量은 生理的 要求量 보다는 地
域, 文化, 食習慣 등에 依해서 달라지고⁹⁾ 이러한 食

鹽의攝取량은 6歲以前에 形成된다고 한다.¹⁰⁾

高血壓의 發生率이 낮은 에스키모人들은 食鹽을 전혀 使用하지 않고 있으며, 1日 1人當 美國人은 10~12.5g, 日本 秋田地方의 住民들은 26g, 우리 國家 사람들은 平均 20g의 食鹽을 攝取한다고 報告된 바 있다.^{3,11,12)} 특히 우리 國家에서는 貯藏食品中 간장 된장, 고추장, 김치類의 順⁷⁾으로 多量의 食鹽이 含有되어 있기 때문에 이들 食品의 攝取로 因한 高血壓과 高脂血症의 發生頻度가 增加하고 있으나⁶⁾ 이들의 發現도 여러 가지 複合的 要因의 相互作用이므로¹⁴⁾ 食鹽의 攝取量에 따른 發病기전에 對해서는 아직 완전히 규명되어 있지 못한 實情이므로 適切한 食鹽攝取量의 調節을 통한 高血壓의 豫防은 특히 成人健康問題로 대두되고 있다.

食鹽攝取가 높은 우리 國家 사람에게 바람직한 食鹽攝取 水準을 提示해 주고 高鹽食餌攝取로 因한 循環系 疾患의 發現을 낮추려는 데 對한 基礎研究가 必要하다고 보며 이 點에 착안하여 本實驗에서는 食鹽添加食餌가 血清 및 肝臟內의 脂質成分에 미치는 影響을 규명하고자 시도하여 그 結果를 報告하는 바이다.

材料 및 方法

1. 材 料

1) 動物飼育

實驗動物은 Sprague-Dawley系 흰쥐(雄)을 使用하였다. 體重 115±6g 되는 흰쥐 40마리를 10日間 順應시킨 뒤 난괴법(Randomized Complete Block Design)에 의해 10마리씩 4個群으로 나누어 45日間 飼育하였다.

2) 實驗食餌

本實驗에 使用한 食餌는 標準飼料(第一飼料 Co. 製)를 使用하였으며 Table 1과 같이 標準食餌에 食鹽濃度를 달리하여 自由롭게(ad-libitum) 給食시켰다.

Table 1. Classification on experimental group

Group	NaCl conc.	No. of rats
Standard(control)	Standard diet	10
0.0%	"	+0.03%
0.1%	"	+0.1%
0.3%	"	+0.1%

2. 血清採取 및 分析

1) 血清採取

實驗食餌로 45日間 飼育한 흰쥐를 解剖하기 16時

間에 絶食시켜 ether 麻醉下에 腹部의 大動脈으로 부터 採血한 다음 室溫에서 約 1時間 放置하여 血清이 分離되었을 때 3,000 rpm으로 15分間 遠心分離하여 그 上澄液을 取하였다.

2) 血清의 分析

(1) 總 cholesterol 含量

血清 總 cholesterol의 含量은 Lieberman-Burchard 法²⁵⁾에 依한 測定 Kit(韓國試藥 Co.)로 測定하였다. 즉, 血清 0.1 ml를 正確히 取하여 發色試藥 5 ml를 加한 後 잘 混合하여 37°C 恒溫槽에서 10分間 靜置한 다음 分光光度計(Shimadzu UV-240)로 625 nm에서 吸光度를 測定하여 算出하였다.

(2) 游離 cholesterol 含量

血清游離 cholesterol의 含量은 酵素法에 依한 測定 Kit(日本商事 Co.)로 測定하였다. 즉 血清 0.05 ml를 取하여 發色試藥 3.0 ml를 加한 後 잘 混合하여 37°C에서 15分間 靜置시킨 다음 分光光度計(Shimadzu UV-240)로 505 nm에서 吸光度를 測定하여 算出하였다.

(3) Triglyceride(TG)의 含量

血清 TG의 含量은 TG 測定 Kit(日本國際試藥 Co.)로 測定하였다. 즉 血清 0.02 ml를 取하여 酵素試液 0.5 ml를 加하여 잘 混合한 다음 37°C에서 20分間 靜置한 後 0.1 N-HCl溶液 3.0 ml를 넣어 505 nm에서 分光光度計로 吸光度를 測定하여 算出하였다.

(4) Lipoprotein의 含量

血清 Lipoprotein의 含量은 Corning의 Fat Red 7B 法에 依하여 電氣泳動(JSEK-233)을 使用하여 分割像을 얻고 이 分割像을 Densitometer(Beckman model 12-112)에 依해 얻어진 Quick Scangraph의 面積比로 百分率을 求하였다. 즉, agarose gel film 上에 血清 1 μl을 넣고 90 volt 電源에서 35分間 電氣泳動한 다음 agarose gel film을 乾燥시켜 Fat Red 7B 染色液에 2分間 染色한 다음 50% methanol 溶液으로 20秒間 脫色하고 乾燥하여 Densitometer로 500 nm에서 Quick scangraph를 그렸다.

(5) HDL-cholesterol의 含量

血清 HDL-cholesterol의 含量은 Heparin-Ca法에 依한 測定 Kit(日本商事 Co.)로 測定하였다. 즉 血清 0.1 ml에 2.0 ml의 沈降試液을 加하여 잘 混合한 다음 3,000 rpm에서 15分間 遠心分離하여 그 上澄液 1.0 ml를 取하고 여기에 呈色試液 2.0 ml를 넣고 잘 混合하여 37°C에서 20分間 靜置한 다음 分光光度計로 505 nm에서 吸光度를 測定하여 算出하였다.

結果 및 考察

1. 食鹽攝取量, 體重增加量 및 食餌効率

實驗食餌로 45日間 飼育한 後의 食餌攝取量, 體重增加量 및 食餌효율은 Table 2와 같다. 食餌攝取량은 標準食餌群에 비해 食鹽添加群이 약간 높은 경향을 보이고 있으나 有意성은 없었으며 食鹽濃도가 어느 일정 水準까지는 食餌攝取량을 증가시키나 濃도가 높아지면 오히려 減少시키는 것으로 생각된다.

體重增加量 및 食餌효율은 各群別로 보아 有意성은 없으나 標準食餌群에 비해 낮은 傾向을 나타내는 것으로 보아 짜게 먹는 食習慣은 食餌효율을 減少시키는 것으로 推定된다.

2. 血清中的 總 cholesterol, 遊離 cholesterol, Triglyceride의 含量

血清中的 總 cholesterol, 遊離 cholesterol, Triglyceride의 含量을 測定한 結果는 Table 3과 같다.

Table 2. Food consumption, body weight gains and feed efficiency ratio

	Food consumptions (g/45 days)	Body weight gains (g/45 days)	Feed efficiency ratio
Standard	884.2±66.0*	75.0±7.4	0.085±0.005
0.03%	936.8±54.8	77.8±2.8	0.083±0.003
0.1%	927.7±60.8	66.0±5.0	0.083±0.005
0.3%	797.5±3.7	64.8±9.3	0.070±0.005*

a). Mean±S.E * p<0.05 compared to standard group

Table 3. Effect of experimental diet on total cholesterol, free cholesterol and triglyceride in serum of rats

	Total cholesterol (mg/100 ml)	Free cholesterol (mg/100ml)	Triglyceride (mg/100ml)
Standard	1)36.7±5.5 ²⁾ .N.S.	16.4±3.3 ^{N.S.}	136±13.6 ^{N.S.}
0.03%	83.8±2.0	16.7±2.9	143.8±15.4
0.1%	39.3±3.6	18.5±4.1	151.8±37.6
0.3%	39.0±2.3	19.2±3.6	229.6±41.2

1). Mean± S.E. 2). Not significant at $\alpha=0.05$ level by Scheff's test

Table 4. Effect of experimental diet on HDL-cholesterol and VLDL, LDL-cholesterol in serum of rats

	HDL-cholesterol (A)	VLDL, LDL-cholesterol ¹⁾ (B)	B/A
Standard	2)21.0±1.7 ³⁾ .N.S.	15.7±3.7 ^{N.S.}	0.7±0.1 ^{N.S.}
0.03%	21.0±1.9	18.7±2.7	0.9±0.2
0.1%	21.3±1.4	18.0±3.6	0.8±0.2
0.3%	20.3±1.4	18.7±2.6	0.9±0.2

1) VLDL, LDL-cholesterol was calculated from the different between total cholesterol and HDL-cholesterol

2) Mean± S. E.

3) Not significant at $\alpha=0.05$ level by Scheffe's test

總 cholesterol, 遊離 cholesterol의 含量은 各群 間에는 有意성이 없으나 triglyceride의 含量에서는 標準食餌群에 비해 食鹽添加群이 높은 傾向을 보였으며, 특히 0.3% 食鹽添加群에서는 229.6 mg/100 ml로 標準食餌群 136.1 mg/100 ml보다 68% 增加하였다. 이는 Gofman¹⁵⁾, Kannel¹⁶⁾, Albrink¹⁷⁾ 등이 報告한 血清 TC, FC, TG 含量이 增加하면 冠狀動脈性 心臟疾患의 危險성이 增加된다는 研究과 比較된다. 또 微量의 食鹽添加도 冠狀動脈性 心臟疾患을 誘發할 可能性이 있음을 示唆해 준다.

3. 血清 HDL-cholesterol의 含量

血清 HDL-cholesterol의 含量과 血清 HDL-cholesterol의 값으로부터 算出한 LDL, VLDL-cholesterol의 含量은 Table 4와 같다.

이 結果에서 보는 바와 같이 HDL-cholesterol 含量은 標準食餌群과 食鹽添加群間에는 有意의인 差異는 없으나 LDL, VLDL-cholesterol의 含量은 食鹽添加群이 標準食餌群보다 약간 높은 傾向은 보였으나 역

시 有意性은 없었다. Chen²⁰⁾等에 依하면 血清 HDL-cholesterol의 減少는 冠狀動脈의 硬化等 心臟疾患의 危險要因의 하나라고 報告한 것과 比較해 볼 때 食鹽의 投與가 血清中の HDL-cholesterol의 含量에는 影響을 미치지 않는 것으로 사료되며, 動脈硬化指數인 B/A 즉 HDL-cholesterol에 對한 LDL, VLDL-cholesterol의 比는 食鹽添加의 濃度에 따라 增加하는 傾向을 보이므로 食鹽投與가 動脈硬化의 危險性을 內包하고 있다는 것을 示唆해 주고 있다.

3. 血清中の Lipoprotein의 含量

血清中の HDL, LDL, VLDL-lipoprotein의 電氣泳動上 分割像과 含量은 Fig.1과 Fig.2 및 Table 5와 같다.

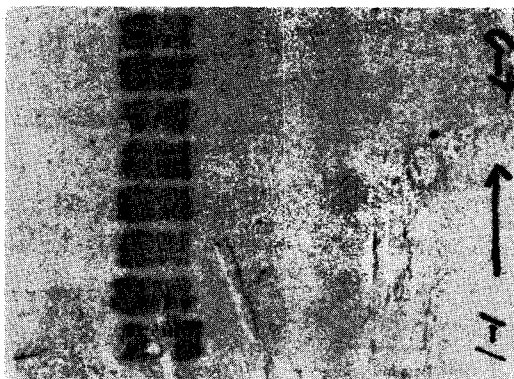


Fig. 1. The standard electrophoretic patterns of lipoprotein in standard group

HDL, LDL, VLDL-lipoprotein의 含有比率는 모두 標準食餌群과 比較해 볼 때 有意의인 差異는 없었으나 食鹽添加群이 標準食餌群에 比해 HDL-lipoprotein의 含有比率는 낮고 LDL, VLDL-lipoprotein의 含有比率는 높은 傾向을 나타내었다. HDL-lipoprotein에 對한 LDL, VLDL-lipoprotein의 比(B/A)는 標準食餌群에 比해 有意性을 보였다. 이는 Tavia²²⁾, Barbara²³⁾ 等이 報告한 血中 cholesterol이나 LDL-

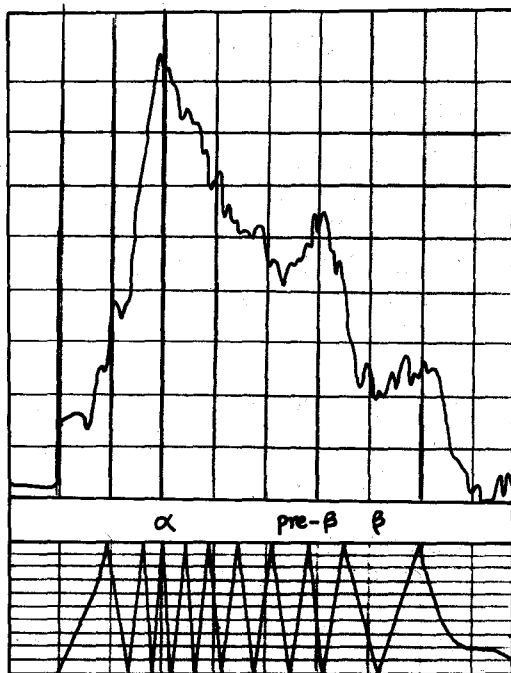


Fig. 2. Quick scan graph of lipoprotein in standard group

lipoprotein의 量이 增加하면 動脈硬化症의 發生頻度가 높아진다는 것과 比較할 수 있다.

4. 肝의 重量, 肝 總Cholesterol 및 Triglyceride의 含量

肝의 重量, 肝內의 總 cholesterol 및 triglyceride의 含量은 Table 6과 같다.

肝의 重量에 대한 變化는 標準食餌群과 食鹽添加群間에 有意性이 없었으며 總 cholesterol含量은 標準食餌群이 19.7mg/g, 0.3% 食鹽添加群이 50.0 mg/g으로 triglyceride 含量은 46.8 mg/g과 99.0 mg/g으로 有意의인 差를 나타내었다. 이는 Kuo²⁴⁾의 閉鎖性黃疸時에 TC, TG의 增加를 肝에서 觀察하였다는 報告와 比較할 수 있다. 따라서 食鹽投與에 따른 脂

Table 5. Effect of experimental diet on HDL and VLDL, LDL in serum of rats

	HDL(%):A	VLDL(%): B	LDL(%): B	B/A(%)
Standard	1)61.3±3.8 ²⁾ .N.S.	20.2±2.5 ^{N.S.}	18.5±3.5 ^{N.S.}	67.1±18.8 ³⁾ .a
0.3%	55.2±2.9	21.0±4.4	18.2±4.5	84.6±15.8 ^b
0.1%	54.2±5.0	24.4±2.9	24.2±2.5	99.4±16.3 ^b
0.3%	52.3±1.8	26.4±5.7	23.5±2.6	81.8±14.3 ^b

1) Mean±S.E.

2) Not significant at α=0.05 level by Scheffe's test

3) Values of within a column not followed by the same letter are significantly different at α=0.05 level by Scheff's test

Table 6. Effect of experimental diet on weight, total cholesterol and triglyceride in the liver of rats

	Weight (g)	Total cholesterol (mg/g wet tissue)	Triglyceride (mg/g wet tissue)
Standard	¹⁾ 11.7±3.1 ²⁾ .N.S.	19.7±2.0 ³⁾ .a	46.8±3.9 ^a
0.03%	9.8±2.8	34.1±5.3 ^{a,b}	90.7±2.4 ^b
0.1%	11.7±2.4	47.7±2.9 ^b	95.6±3.9 ^d
0.3%	12.0±2.6	50.0±3.2 ^c	99.0±2.1 ^b

1) Mean±S. E.

2) Not significant at $\alpha=0.05$ level by Scheffe's test

3) Values of within a column not followed by the same letter are significantly different $\alpha=0.05$ level by Scheffe's test

質의 成分變化는 血清에서 보다 肝에 影響을 미치는 인 差異를 나타내었다.
것으로 思料된다.

文 獻

要 約

食鹽投與가 흰쥐의 血清 및 肝의 脂質成分에 미치는 影響을 調査하고 이를 서로 比較하기 위하여 本 實驗에서는 흰쥐 40마리를 4個群으로 均分하여 標準食餌群, 0.03% 食鹽添加群, 0.1% 食鹽添加群, 0.3% 食鹽添加群으로 나누어 45日間 實驗食餌를 自由롭게 給食시켰다. 飼育한 後 흰쥐의 體重增加量, 食餌效率, 血清中的 總 cholesterol, 遊離 cholesterol, triglyceride, HDL-cholesterol의 含量, HDL과 LDL, VLDL-cholesterol의 比 및 肝의 重量, 肝內的 總 cholesterol, triglyceride의 含量을 測定, 考察한 結果는 다음과 같다.

1. 食鹽投與에 依한 食餌攝取量 및 體重增加, 食餌效率는 有意性이 없었다.

2. 血清 總 cholesterol, 遊離 cholesterol, 모두 標準食餌群에 比해 食鹽添加群의 높은 傾向이었으나 有意性은 없었고 triglyceride量은 0.3% 食鹽添加群이 229.6 mg/100 ml로 標準食餌群 136.1 mg/100 ml 보다 68% 增加하였다.

3. 血清 HDL-cholesterol은 食鹽添加群이 標準食餌群에 比해 낮은 傾向이었고, LDL, VLDL-cholesterol은 오히려 높았으나 有意性은 없었다.

4. 動脈硬化指數인 B/A는 食鹽投與濃度の 增加에 따라 높아지는 傾向을 나타내었다.

5. 食鹽投與가 血清 lipoprotein의 比(B/A)에 有意的인 差를 보였다.

6. 食鹽投與가 肝의 重量의 增加에는 有意性이 없었으나 肝內的 總 cholesterol과 triglyceride 含量에 있어서는 標準食餌群이 19.7 mg/g, 0.3% 食鹽添加群이 50.0 mg/g, 46.8 mg/g, 99.0 mg/g으로 有意的

- Swales J.D.: *The Lancet*, **2**, 1177 (1980)
- G. Schlierf, L. Arab, B. Schellenberg, P. Oster, R. Mordasini, H. Schmidt-Gayk, and G. Vogel: *The Am. J. of Nutr.*, **33**, 872 (1980)
- Louis T.: *The Am. J. of Clin. Nutr.*, **32**, 2739(1979)
- Louis T.: *The Am. J. of Clin. Nutr.* **32**, 2659 (1979)
- Ambard, L. and Beaujard: *Arch. Gen. Med.*, **1**, 520 (1904)
- 김기순·신동천·이숙재·김혜경: 한국영양학회지, **13**(4), 187 (1980)
- 김갑영·이기열·신태선: 한국영양학회지, **6**(4), 15 (1973)
- 이기열: 연세대학교 대학원 논문집 (1973)
- Meneely, G.R.: *Am. J. Med.*, **16**, 1(1954)
- 이세연: 대한내과학회지, **8**(12), (1967)
- Thomas W. A.: *J. A. M. A.*, **88**, 1559(1927)
- Meneely, G. R., and B., Lewisk: *Med. Clin. North Ann.*, **47**, 271(1961)
- 차경옥: 우석의대잡지, **7**(1), 184(1970)
- 홍명호·서순규: 고려의대잡지, **9**, 55(1972)
- Gofman J.W., W. Young and R. Jandy: *Circulation*, **34**, 679(1966)
- Kannel W.B., W. P. Castelli and T. Gordon: *Ann. Intern. Med.* **24**, 1(1971)
- Albrink M.J., J.W. Meigs and E. B. Man.: *Am. J. Med.*, **31**, 4(1961)
- Narayan K.A. and J.J. McMullen: *J. Nutr.*, **109**, 1836(1979)

19. Charles J. G. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**, 2703 (1979)
20. Chen, W.J.L and J.W. Anderson: *J. Nutr.*, **109**, 1028 (1979)
21. Esko A. N. : *The Lancet*, **2**, 320 (1976)
22. Tavia G. : *Am. J. Med.*, **62**, 7.7 (1977)
23. Barbara V. H., P. J. Savage, L. J. Bennion and P. H. Bennett: *Atherosclerosis*, **30**, 153 (1978)
24. Kuo, P.T. : *Ann.Int. Med.*, **68**, 449(1968)
25. Bauer, D.J. : In "*Clinical Laboratory Methods, 9th ed*", Mosby, St. Rouise, 448(1976)